XIX SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE

ZBORNIK RADOVA

PROIZVODNI PROCESI U INDUSTRIJI PRERADE METALA

PROIZVODNO MAŠINSTVO • JUGOSLAVIJA •

Kragujevac, septembra 1985.

XIX SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE

ZBORNIK RADOVA

PROIZVODNI PROCESI U INDUSTRIJI PRERADE METALA



Kragujevac, septembra 1985.

Z A J E D N I C A J U G O S L O V E N S K I H N A U Č N O I S T R A Ž I V A Č K I H I N S T I T U C I J A P R O I Z V O D N O G M A Š I N S T V A

Elektromašinski fakultet, Skoplje ● Fakultet za strojništvo, Ljubljana ● Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb ● LOLA-IAMA, Beograd ● Mašinski fakultet, Beograd ● Prvomajska-istraživanje i razvoj, Zagreb ● Institut za proizvodno mašinstvo-FTN, Novi Sad ● Institut za industrijske sisteme-FTN, Novi Sad ● Mašinski fakultet, Kragujevac ● Mašinski fakultet, Niš ● Mašinski fakultet, Sarajevo ● Mašinski fakultet, Zenica ● Tehnički fakultet, Titograd ● Mašinski fakultet, Mostar ● Mašinski fakultet, Banja Luka ● Tehnički fakultet, Priština ● Pedagoško tehnički fakultet, Čačak ● Tehnički fakultet, Rijeka ● Visoka tehnička škola, Maribor ● Fakultet za strojarstvo, Split

O R G A N I Z A T O R S A V E T O V A N J A

Mašinski fakultet u Kragujevcu
ul.Sestre Janjić 6
34000 Kragujevac
Tel. 034/67-500

M E S T O O D R Ž A V A N J A S A V E T O V A N J A

Hotel "ŠUMARICE"
Kragujevac, 26,27 i 28. septembar

O R G A N I Z A C I O N I O D B O R

Dr Branko Ivković, Mašinski fakultet, Kragujevac ● Dr Stevan Veinović, Mašinski fakultet, Kragujevac ● Dr Svetislav Zahar, Mašinski fakultet, Kragujevac ● Dr Ratko Mitrović, Mašinski fakultet, Kragujevac ● Dr Slobodan Tanasijević, Mašinski fakultet, Kragujevac ● Dr Miodrag Lazić, Mašinski fakultet, Kragujevac ● Dr Milentije Stefanović, Mašinski fakultet, Kragujevac ● Mr Miroslav Babić, Mašinski fakultet, Kragujevac ● Mr Milovan Šarenac, Mašinski fakultet, Kragujevac ● Nedeljko Djukić, Regionalna privredna komora Šumadije i Pomoravalja ● Mr Ljubomir Stefanović, Osnovna zajednica nauke regona Šumadije i Pomoravlja ● Dr Rodoljub Micić, Zavodi "Crvena Zastava", Kragujevac ● Dr Slobodan Smiljanić, Zavodi "Crvena Zastava", Kragujevac ● Branislav Pavlović, Zavodi "Crvena Zastava", Kragujevac ● Slobodan Tomović, Zavodi "Crvena Zastava", Kragujevac ● Živomir Veljković, Prva prtoletka, Trstenik ● Milutin Čaldović, "Prvi partizan", Titovo Užice ● Milivoje Vulović, Fabrika reznog alata, Čačak ● Vidoje Spasić, "14 Oktobar", Kruševac

I Z V R Š N I O D B O R

Dr Branko Ivković, predsednik
Dr Milentije Stefanović, sekretar
Dr Svetislav Zahar
Dr Ratko Mitrović
Dr Slobodan Tanasijević
Dr Miodrag Lazić
Mr Miroslav Babić
Mr Milovan Šarenac

N A U Č N I O D B O R

Dr B. Devedžić ● Dr V. Šolaja ● Dr V. Milačić ● Dr R. Zdenković ● Dr J. Peklenik ● Dr B. Ivković ● Dr D. Zelenović ● Dr B. Musafija ● Dr P. Popović ● Dr S. Trajkovski ● Dr V. Vujović ● Dr Z. Seljak ● Dr S. Sekulić ● Dr S. Urošević ● Dr V. Mečanin ● Dr D. Milikić ● Dr S. Djekić ● Dr E. Kuljanić ● Dr J. Rekecki ● Dr P. Šmarčan ● Dr Š. Šavar ● Dr V. Savić ● Dr V. Domazetović ● Dr S. Živanović ● Dj. Balabušić

Z B O R N I K U R E D I L I

Dr Ratko Mitrović
Mr Miroslav Babić

POKROVITELJ XIX SAVETOVANJA PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE

- Z A V O D I "C R V E N A Z A S T A V A" K R A G U J E V A C

U FINANSIRANJU ODRŽAVANJA XIX SAVETOVANJA PROIZVODNOG MAŠINSTVA UČESTVOVALI SU:

- REPUBLIČKA ZAJEDNICA NAUKE SR SRBIJE
- OSNOVNA ZAJEDNICA NAUKE REGIONA ŠUMADIJE I POMORAVLJA
- PRIVREDNA KOMORA REGIONA ŠUMADIJE I POMORAVLJA

NA IZLOŽBI SAVREMENIH PROIZVODA IZ OBLASTI MAŠINA, ALATA, PRIBORA I UPRAVLJAČKIH JEDINICA UČESTVOVALI SU:

- LIVNICA ŽELEZA I TEMPERA, KIKINDA
- ZAVODI "CRVENA ZASTAVA", RO ALATI I MAŠINE, KRAGUJEVAC
- "IVO LOLA-RIBAR", ŽELEZNIK
- SOUR "PRVI PARTIZAN", RO TVRDI METAL I RO PP CORUN
- FABRIKA REZNOG ALATA, ČAČAK
- "14 OKTOBAR", KRUŠEVAC
- "PRVA PETOLETKA", TRSTENIK

PRETHODNA SAVETOVANJA PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE

I	Beograd	1965.
II	Zagreb	1966.
III	Ljubljana	1967.
IV	Sarajevo	1968.
V	Kragujevac	1969.
VI	Opatija	1970.
VII	Novi Sad	1971.
VIII	Ljubljana	1973.
IX	Niš	1974.
X	Beograd	1975.
XI	Ohrid	1977.
XII	Maribor	1978.
XIII	Banja Luka	1979.
XIV	Čačak	1980.
XV	Novi Sad	1981.
XVI	Mostar	1982.
XVII	Budva	1983.
XVIII	Niš	1984.

Odlukom Zajednice jugoslovenskih naučno istraživačkih institucija proizvodnog mašinstva organizovanje XIX Savetovanja proizvodnog mašinstva Jugoslavije povereno je Mašinskom fakultetu Univerziteta "Svetozar Marković" u Kragujevcu

Koristimo priliku da se najtoplije zahvalimo autorima radova, radnim organizacijama, društveno političkim asocijacijama i organizacijama, kao i svima koji su doprineli održavanju XIX Savetovanja proizvodnog mašinstva Jugoslavije

ORGANIZACIONI ODBOR

ODLUKOM ZAJEDNICE JUGOSLOVENSKIH NAUČNO ISTRAŽIVAČKIH INSTITUCIJA PROIZVODNOG MAŠINSTVA 1983. GODINE USTANOVLJENA JE

PLAKETA "PROF. DR PAVLE STANKOVIĆ"

KOJA SE DODELJUJE SVAKE GODINE ISTAKNUTIM NAUČNO ISTRAŽIVAČKIM RADNICIMA IZ OBLASTI PROIZVODNOG MAŠINSTVA.

DOSADAŠNJI DOBITNICI OVOG ZNAČAJNOG PRIZNANJA SU:

ZA 1983. GOD.

- PROF. DR RUDOLF ZDENKOVIĆ, DIPL. ING.
- PROF. DR VLADIMIR ŠOLAJA, DIPL. ING.
- PROF. JULIJE KIMER, DIPL. ING.

ZA 1984. GOD.

- PROF. DR JANEZ PEKLENIK, DIPL. ING.
- PROF. DR BINKO MUSAFIJA, DIPL. ING.

BIOGRAFIJE DOBITNIKA PLAKETE IZ 1983. GOD. SA IZUZETKOM PROF. J. KIMERA OBJAVLJENE SU U ZBORNIKU RADOVA XVIII SAVETOVANJA PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE.

BIOGRAFIJE PROF. J. KIMERA I DOBITNIKA PLAKETE ZA 1984. GOD. OBJAVLJUJU SE U OVOM ZBORNIKU.

PROF. JULIJE KIMER, DIPL. MAŠ. ING.



Rodjen je 16.02. 1906. godine u Šibeniku, gde je završio osnovnu školu i realnu gimnaziju. Mašinski odsek Tehničkog fakulteta u Beogradu završio je 1929. godine. Državni ispit položio je 1934. godine.

Po odsluženju vojnog roka 1931. god. radio je dvadeset godina u Industriji motora u Rakovici. U početku je radio na opravci motora, zatim kao šef alatnice, šef fabrikacije i šef Biroa za pripremu proizvodnje. Posle rata obavlja dužnost šefa fabrikacije a zatim dužnost tehničkog direktora.

Godine 1951. dobija premeštenje u "Mašinoprojekt" u Beogradu, gde radi kao glavni projektant za investicione programe. Sredinom 1952. godine prelazi u fabriku motora "Dvadeset prvi maj" u Rakovici gde obavlja najpre dužnost šefa Biroa za postupke obrade i konstrukciju alata, zatim dužnost direktora civilnog sektora proizvodnje automobilskih motora i najzad dužnost višeg tehničkog savetnika.

Godine 1960. izabran je za redovnog profesora po pozivu na Mašinskom fakultetu u Novom Sadu, na kojem postavlja koncepciju i organizuje nastavu na proizvodnom odseku. Postavlja prva predavanja iz većine ključnih predmeta proizvodnog mašinstva. Osniva i rukovodi Katedrom za mašinsku obradu i mašine alatke. Vrlo aktivno učestvuje u radu Uprave, a docnije Veća i Saveta Mašinskog fakulteta. U dva mandata vrlo uspešno obavlja i dužnost prorektora Univerziteta. Više godina obavlja dužnost predsednika Investicione komisije Fakulteta. Jedan je od osnivača Instituta Mašinskog fakulteta i njegov prvi direktor.

Za svoj rad i zalaganje u radu odlikovan je Medaljom rada i Ordenom rada prvog reda. Dobitnik je Nagrade vlade FNRJ za 1949. godinu.

Četrdesetogodišnji stručni opus profesora Kimera izuzetno je plodan i vrlo značajan za razvoj proizvodnje i proizvodnog mašinstva u našoj zemlji. Tokom njegovog skoro tridesetogodišnjeg rada u industriji posebno se ističu radovi u Industriji motora u Rakovici na prijemu tehnološke dokumentacije i izradi alata za avionske motore tipa Ghome i Rhone; reorganizaciji proizvodnje automobila postavljanjem linija obrade motora i grupa mašina za ostale obrade; saradnja na prijemu tehničke i tehnološke dokumentacije za traktor guseničar Ansaldo sa motorom Alfa Romeo i postavljanje montaže traktora; postavljanje i organizacija proizvodnje domaćeg traktora Zadrugar, sa projektovanjem postupka obrade, konstrukcijom i izradom alata; postavljanje proizvod - nje, projektovanje postupaka obrade i konstrukcija i izrada alata, za benzinski bokser motor D-02 domaće konstrukcije. U "Mašinoprojektu" u Beogradu kao glavni projektant uradio je investicioni program fabrike automobila FAP u Priboju i investicioni program industrije automobilskog pribora u Brčkom. U fabrici motora "Dvadesetprvi maj" u Rakovici radio je na organizaciji pripreme proizvodnje, projektovanju postupaka obrade i konstrukciji alata za mlazni motor Pallas; vodio izradu investicionog programa za godišnju proizvodnju 12.000 automobilskih motora po licenci FIAT-a; postavio proizvodnju sa razradom postupaka obrade i konstrukcijom alata za godišnju proizvodnju od 6.000 automobilskih motora po licenci FIAT-a; vodio izradu investicionog programa za godišnju proizvodnju 30.000 automobilskih motora po licenci FIAT-a, itd.

Po svom radu i postignutim rezultatima u industriji profesor Kimer se svrstava u red pionira uvodjenja visokoserijske i masovne proizvodnje u našoj zemlji.

Tokom trinaestogodišnjeg rada na Mašinskom fakultetu profesor Kimer je dao izuzetan doprinos razvoju Univerziteta u Novom Sadu i Mašinskog fakulteta a posebno razvoju njegovog proizvodnog odseka. Došavši na Fakultet praktično odmah posle njegovog osnivanja, svojim nesebičnim radom utkao je svoje znanje i bogato industrijsko iskustvo u sve pore Fakulteta. Postavio je koncepciju predmeta i izvodio nastavu na predmetima Mašinska obrada I (odvojeno za proizvodni i termotehnički odsek), Tehnološki sistemi, Tehnološki pribori i provere, Mašinska obrada II i Tehnološki postupci. Posle prelaska sa stepenaste na jedinstvenu nastavu profesor Kimer je

postavio i razvio predmete Tehnološki postupci i alati i Tehnološki pribori i kontrola. Za većinu ovih predmeta pripremio je odgovarajuću udžbeničku bazu. Veliku pažnju posvetio je kadrovskom jačanju Katedre za mašinsku obradu i mašine alatke i razvoju asistentskog kadra. Posebno značajan doprinos dao je postavljanju, formiranju i opremanju Laboratorije za merenje i kontrolu i mašinske radionice kao osnove budućih laboratorija Katedre, a time postavljanju trajne osnove za razvoj naučno-istraživačkog rada na Katedri i Fakultetu. Svoje bogato industrijsko iskustvo profesor Kimer je preneo na niz generacija studenata. Veliki broj mašinskih inženjera koji su diplomirali kod profesora Kimera danas su nosioci proizvodnje i njenog razvoja širom zemlje. Takvim svojim radom profesor Kimer je doprineo da se proizvodni odsek jednog mladog fakulteta kakav je Mašinski fakultet u Novom Sadu, visoko ceni u industriji.

Za ono što danas predstavlja Institut za proizvodno mašinstvo Fakulteta tehničkih nauka (ranije Mašinski fakultet) u Novom Sadu i njegova katedra za obradu metala skidanjem strugotine, kako u pogledu kadrova tako i laboratorijske baze, upravo je najveća zasluga nesebičnog i samopregornog rada i angažovanja profesora Kimera.

U Zajednici naučno-istraživačkih institucija proizvodnog mašinstva Jugoslavije, profesor Kimer vrlo aktivno je radio od njenog osnivanja pa do odlaska u penziju (1973. godine), čime je značajno doprineo ugledu i afirmaciji Zajednice i rezultatima koje je postigao.

Svojim celokupnim radom u industriji, na Fakultetu i u Zajednici profesor Kimer je stekao opšte priznanje i poštovanje stručnjaka i istraživača iz područja proizvodnog mašinstva širom zemlje. Uz to i posebna činjenica da je profesor Kimer jedan od naših najiskusnijih i najeminentnijih stručnjaka iz oblasti proizvodnje a posebno iz mašinske obrade, koji je svojim dugogodišnjim radom u industriji doprineo rešenju najdelikatnijih problema proizvodnje i dao značajan doprinos razvitku proizvodnih sposobnosti naše industrije - motivisali su 1983. godine odluku o dodeljivanju profesoru JULIJU KIMERU, Povelju proizvodnog mašinstva Jugoslavije i Plakete sa imenom Prof. Dr Pavla Stankovića.

PROF. DR JANEZ PEKLENIK, DIPL. ING.



Rodjen je bil 11.6.1926. v Tržiču. Do leta 1941. je obiskoval nižjo gimnazijo v Ljubljani. Od l. 1941 se je učil orojarja v sedanji ISKRI Kranj, vstopil 1944 v Prešernovo brigado in bil l. 1946 demobiliziran iz KNOJ-a. Ko je služil vojsko je opravil še štiri razrede partizanske gimnazije.Leta 1946 se je vpisal na Fakulteto za strojništvo v Ljubljani, in diplomiral z odliko v letu 1954. V letih 1950 in 1952 je deloval kot konstrukter v industriji obdelovalnih strojev v Hamburgu in Biefeldu. Po diplomi je delal kot sodelavec Inštituta Jožef Štefan do leta 1955, ko je postal asistent na TH Aachen, Laboratorium für Werkzeugmaschinen und Betriebslehre. V letu 1957 je promoviral z disertacijo "Ermittlung von geometrischen und physikalischen Kenngrössen für die Grundlagenforschung des Schleifens" na TH Aachen in postal znanstveni sodelavec in vodja raziskovalne skupine za avtomatizacijo v navedenem inštitutu. V naslednjih letih je delal raziskovalno med drugim trudi na habilitacijskem delu "Genauigkeitsfragen in der automatisierten Fertigung", ki ga je zaključil v letu 1961 in s tem pridobil "venia legendi" na TH Aachen. V istem letu je bil imenovan za docenta za Avtomatizacijo proizvodnje. Na povabilo Garnegie Institute of Technology, Pittsburgh/ZDA je kot Visiting Assoçiate Professor v Mechanical Engineering Department te univerze v šolskem letu 1962/63 predaval "Teorijo tehnoloških procesov" na podiplomski šoli in vodil nekaj raziskovalnih del. Po vrnitvi iz ZDA je deloval do 1964 na TH Aachen, nakar je bil izvoljen za rednega profesorja na University of Illinois, ZDA in na University of Birmingham/Anglija, jer je v letu 1964 ustanovil prvo stolico za Obdelovalne sisteme v svetu. Na tem mestu je deloval do leta 1971. V letu 1965 ga je Fakulteta za strojništvo Univerze v Ljubljani izvolila za rednega profesorja za tehnično kibernetiko in obdelovalne sisteme, kjer je občasno predaval do leta 1969. V zimskem semestru je pričel z rednim delom na Fakulteti za strojništvo, ustanovil katedro za tehnično kibernetiko, obdelovalne sisteme in računalniško tehnologijo in jo vodil do 1973. ustanovil laboratorij LAKOS za navedeno področje, ki ga vodi še danse. V letu 1968 je bil povabljen kot gost-profesor na Technische Universität Berlin, kjer je predaval izbrana poglavlja iz teorije obdelovalnih sistemov. V letu 1972 ga je Univerza v Birminghamu izvolila za častnega profesorja (Honorary Professor) te ustanove. V letu 1979 je bil povabljen gost profesor v LR Kitajski, Nanking Aeronautical Institute, kjer je predaval "Obdelovalne sisteme" cca 100 profesorjem kit. univerz. V času svojega univerzitetnega delovanja je opravljal vrsto samoupravnih in upravnih funkcij; bil je imetnik stolice in laboratorija za obdelovalne sisteme in član senata Univerze v Birminghamu od 1964-1971; predstojnik katedre za tehnično kibernetiko FS od 1971-74; predstojnik podiplomske šole za avtomatizacijo, obdelovalne sisteme in računalniško tehnologijo in laboratorija LAKOS Fakultete za strojništvo od 1971 dalje. V letih 1974 do 1976 je opravljal dolžnosti dekana Fakultete za strojništvo, od 1976 do 1979 pa prodekana in deloma predsednika odbora za ZRD na Fakulteti za strojništvo.Član poslovodnega odbora URC od 1976 dalje.

Njegovo izven univerzitetno delovanje je pokrivalo različne dejavnosti, posebno na področju samoupravnega organiziranja znanstveno raziskovalnega dela na republiškem in zveznem nivoju. Leta 1970/71 je bil predsednik zveznega makroprojekta Razvoj in optimizacija, individualne, maloserijske in srednje-serijske proizvodnje. V letih 1971/72 je deloval kot član v Zveznem komiteju za tehnologijo, znanost, izobraževanje pri ZIS. Od 1972/73 je bil predsednik Zajednice Jugoslovenskih naučno istraživačkih institucija za proizvodno mašinstvo; od leta 1971-član Izvršnega odbora te zajednice; od 1971-74 je sodeloval v komisiji skupščine SRS za znanstveno raziskovalno delo. Predsednik področne komisije za strojništvo pri tehnični

sekciji RSS je bil od leta 1971-1973. nakar je bil izvoljen za predsednika tehničke sekcije RSS za obdobje 1973/75. Leta 1974 je bil delegat SFRJ na ustanovni konferenci Evropske asociacije za znanost v Strassbourgu. Od leta 1974 je predsednik komisije za strojništvo RSS. Član IO PRS-strojništvo ter delegat skupščine RSS v obdobju 1975-77. V 1. 1978. je bil izvoljen za predsednika IO PRS strojništvo. Delegat skupščine RSS 1978-1980. Od leta 1970. je član komisije za podeljevanje Kidričevnih nagrad za tehnične vede.

Na mednarodnem področju je deloval v različnih znanstvenih organizacijah kot predsednik in član. V času od 1965-1968 je bil znanstveni svetovalec pri OECD-Paris, član direktorija EXAPT asociacije za programske sisteme 1967-1972; ustanovitelj in predsednik mednarodnega seminarja CIRP-a "Manufacturing Systems" od 1969 dalje; predsednik znanstveno-tehničnega komiteja CIRP-a "Surfaces" od 1970-1973; član predsedstva CIRP-a 1973-1976; predsednik znanstveno tehničnega komiteja CIRP-a "Abrasive Processes" od 1977 dalje; član izvršilnega komiteja EARDHE (European Assoc. for Research and Development in Higher Education), član združenja evropske tehnološke banke podatkov INFOS od 1977, podpredsednik CIRP-a od 1978/79, predsednik CIPP-a 1979/80, član kuratorija Berlina za podelitev G. Schlesingerjevih nagrad za področje proizvodne tehnike, od 1980 dalje.

Aktivno je sodeloval na številnih mednarodnih konferencah in simpozijih kot povabljen referent in predsednik sekcij. Na povabilo univerz in inštitutov je predaval v krajših ciklih o področjih in rezultatih svojega raziskovalnega dela.

Je član naslednjih znanstvenih akademij in stokovnih združenj: v letu 1960 je bil izvoljen za dopisnega člana mednarodne akademije CIRP (College International pour l'etude scientifique des techniques de production mecanique), v letu 1966 pa za rednega člana; Slovenska akademija znanosti in umetnosti ga je v letu 1970 izvolila za dopisnega člana; leta 1979 pa za rednega člana; poleg tega je tudi Fellow of the Institution of Mechanical Engineers of Great Britain, od 1971; član VDI (Verein Deutscher Ingenieure), od 1956; član društva inženirjev in tehnikov od 1955; član ASME (American Society of Mechanical Engineers) od 1968.

Glavni in odgovorni urednik CIRP Proceedings on MANUFACTURING SYSTEMS od 1971; član izdajateljskega sveta International Journal on SYSTEM SCIENCE od 1970; član izdajateljskega sveta STROJNIŠKI VESTNIK od 1970; član izdajateljskega sveta INTERNATIONAL JOURNAL ON PRODUCTION ENGINEERING RESEARCH od 1972; član svetovalnega odbora monografij MATERIALS PROCEESSING-THEORY AND PRACTICES, McGraw Hill New York, 1977, član uredniškega sveta PRECISION ENGINEERING, London 1978, član izdajateljskega sveta, MANUFACTURING ENGINEERING, Boston, 1979.

Častni profesor Nankingškega Aeronautičnega instituta, Nanking, Kitajska, od 1971. Odlikovan s F.W. Taylorjevo medaljo SME, Detroit 1981 za posebne dosežke in raziskavah obdelovalne tehnologije. Koizdajatelj žurnala Manufacturing Systems, Detroit od leta 1981. Član izdajateljskega Advanced Manufacturing Processes, New York od leta 1985.

Za znanstvene dosežke je bil odlikovan s Taylorjevo medajo CIRP-a 1960; Kidričevo nagrado 1974. Okoshy medaljo 1974, plaketama SME 1970 in 1975. Dvakrat je za raziskovalna dela prejel kot študent Prešernovo nagrado Univerze v Ljubljani 1949 in 1952.

Odlikovan je bil z medaljo za hrabrost 1945, pismeno pohvalo komandanta Jeseniško-bohonjskega odreda za hrabrost 1945 in redom zaslug za narod III. stopnje 1949.

PROF. DR BINKO MUSAFIJA, DIPL. MAŠ. ING.



Dobitnik Povelje Zajednice Institucija proizvodnog mašinstva Jugoslavije u 1984. god. Dr Binko Musafija redovni profesor Mašinskog fakulteta u Sarajevu je jedan od naših prvih stručnih i naučnih pregalaca koji su u našoj zemlji dominantnu i kompleksnu problematiku obrade metala deformisanjem počeli da rešavaju uvodjenjem strogo naučne metodologije uz istovremeno ostvarenje sopstvenih doprinosa u njenom razvoju. Da bi se objektivno procenili stvarni dometi ovih poduhvata, koji su istovremeno značili i krčenje sasvim novih puteva, skoro bez prethodnih uzora (sa par izuzetaka a pre svega onih koji su ove zaista prvi počeli, kao što su profesori Stanković i Hribar), treba se setiti činjenice da je teorija plastičnosti,kao osnova Nauke obrade metala deformisanjem, relativno mlada naučna disciplina. Štaviše, prvi počeci njenog intezivnijeg korišćenja za rešavanje problema tehnologije obrade metala deformisanjem datiraju tek od treće decenije ovog veka, da bi sve do drugog svetskog rata industrija aplikacija stečenih saznanja i u razvijenim zemljama sveta bila veoma ograničena, a u nekim segmentima samo simbolična. Tek posle rata dolazi do intenzivne zamene ranijih pretežno empirijskih pokazatelja i kriterijuma obrade naučno-fundiranim podacima i rešenjima. U tom smislu posebno su karakteristične pedesete godine. A ujedno, to su godine kada svoj radni vek počinje, upravo u ovoj oblasti, tada mladi diplomirani inženjer mašinstva Binko Musafija. Verovatno da je i srećni spoj ovih okolnosti u mnogome doprineo da je jedna izuzetno stručno-naučna obdarenost i radna energija, kroz osmišljen dugogodišnji rad, preteče u stručno-naučni opis kojem današnje dodeljivanje visokog priznanja u potpunosti pristoje.

Profesor Dr Binko Musafija rodjen je 1929. godine u Sarajevu, gde se i školovao. Surovost ratnih godina nije ga mimoišla, pa je, kao dečak dve i po godine bio interniran u fašističkom koncentracionom logoru, da bi u drugoj polovini 1943. godine bio oslobodjen i do kraja rata proveo u NOP-u. Maturirao je 1947. godine,a fakultet za strojništvo u Ljubljani završio je 1952. godine. Po završetku studija radi u preduzeću "Tito" u Vogošći i to pretežno na rešavanju brojnih tehničkih problema obrade kovanjem, izvlačenjem, istiskivanjem i dr., a 1955. godine odbranio je specijalistički rad iz tematskog područja namenske proizvodnje.

Doprinos Dr Binka Musafije izgradnji vojne industrije i proizvodnih sredstava naoružanja i opreme za potrebe JNA u to vreme može se svrstati u tri osnovna područja koje obuhvataju:

a) Konkretne radove autora u oblasti tehnologije, konstrukcije alata, mašina, uredjaja, metoda ispitivanja, kontrole i osvajanje sredstava naoružavanja - vojne opreme.

b) Rad na obrazovanju kadrova zapotrebe vojne industrije i naoružanja.

c) Publicistička delatnost.

Lični pečat Dr Binka Musafije u tehnologiji vojne industrije predstavlja inuguracija analitičkog istraživačkog pristupa tehnološkim problemima, čime u znatnoj meri izbegnuta dugotrajna i skupocena empirijska istraživanja ovih veoma složenih i odgovornih proizvoda. Za ovaj rad dobio je i zvanična priznanja.

Njegova nastavna delatnost počinje 1961.g. kada je izabran za docenta Mašinskog fakulteta u Sarajevu, a 1963. god. odbranio je doktorsku disertaciju i postao prvi doktor nauka iz područja tehničkih nauka u SR BiH. Vanredni profesor postaje 1966. godine a redovni 1969. U toku svoje dugogodišnje nastavne delatnosti zasnovao je i predavao veći broj predmeta iz oblasti obrade metala deformisanjem i teorije plastičnosti na redovnim i poslediplomskim studijama u Sarajevu i drugim univerzitetskim centrima. Paralelno sa tim, radio je na osnivanju i razvoju Zavoda za alatne mašine i Laboratorije za obradu metala koju i danas vodi. Pored niza drugih priznanja, 1971. godine dobio je Dvadesetsedmojulsku nagradu SR BiH, a 1980. god. odlikovan je ordenom rada sa Zlatnim vencem. Od osnivanja je član Izvršnog odbora Jugoslovenske zajednice

naučno-istraživačkih institucija proizvodnog mašinstva. Obavljao je veći broj funkcija u samoupravnim telima i društveno-političkim organizacijama. U toku rata postao je član SKOJ-a a od 1948. godine je član KPJ.

Naučno-istraživačka delatnost Dr Binka Musafie odnosi se na šire područje mašinstva, sa posebnom orijentacijom na primenu matematičke teorije plastičnosti u tehnologiji obrade i projektovanja tehnoloških procesa, ona je rezultovana brojnim objavljenim radovima koji čine 146 bibliografskih jedinica (42 naučna rada, 5 monografija, 11 stručnih radova, 14 udžbenika, 26 referata, 22 tehnička rešenja i 26 važnijih recenzija i prikaza).

Ako bi se izvršila opšta klasifikacija čitave naučno-istraživačke delatnosti Dr Musafie, ona bi se mogla sažeti u sledećih pet tematskih celina.

1. Razvoj analitičkih metoda matematičke teorije plastičnosti u istraživanjima obrade deformisanjem, u cilju iznalaženja naponsko-deformacionih i dimenzionalno-konfiguracionih korelacija, sa primenom u projektovanju inženjerskih tehnoloških sistema.

2. Metodologija laboratorijskih ispitivanja reoloških osobina deformaciono-očvršćavajućih metala, nastanka plastičnog tečenja u realnim uslovima i ocene deformabilnosti i proizvodne obradivosti.

3. Generalizacija analize procesa plastične redukcije na osnovu modelske analogije ostvarene simuliranjem proizvodnih uslova u cilju skraćenja perioda osvajanja proizvoda.

4. Teorijske-eksperimentalne metode iznalaženja optimalnog obima zone deformacije zavisno od kvaliteta tehničkih performansi proizvoda sa primenom u konstrukciji alata i opreme proizvodnih mašina.

5. Kompletna analiza pouzdanosti i stabilnosti procesa dubokog izvlačenja i presovanja u uslovima proizvodnje pri minimiziranom energetskom bilansu u racionalnom i mini ciklusu proizvodnje.

Već ovaj sažet i svakako nepotpun pregled bogate i svestrane inženjerske, naučne i druge aktivnosti Dr Binko Musafije, od njegovih prvih inženjerskih dana do sada, nesumnjivo ukazuje da je reč o izuzetnom članu naše Zajednice Proizvodnog mašinstva, čovek koji je prvi u poslera tnoj generaciji inženjera smogao dovoljno energije i znanja da, zajedno sa par svojih pomenutih starijih kolega, zauzme časno mesto jednog od pionira uvodjenja i razvoja ove relativno mlade naučne oblasti u našoj zemlji i njenog dovodjenja do industrijske aplikacije. Stoga možemo biti sigurni da je i ova Povelja naše Zajednice došla u prave ruke.

S A D R Ž A J

A. OPŠTA PROBLEMATIKA PROIZVODNIH PROCESA

B. Ivković, PROIZVODNI PROCESI U INDUSTRIJI PRERADE METALA - OSNOVNE KARAKTERISTIKE, MOGUĆE PROMENE 1

J. Peklenik, KIBERNETIZACIJA DELA - STRATEŠKA SMER INDUSTRIJSKEGA RAZVOJA SLOVENIJE 9

B. Milčić, Dj. Jaković, M. Bačanek, SUVREMENA KONCEPCIJA SPECIJALNIH ALATNIH STROJEVA - RAZVOJ FLEKSIBILNE AUTOMATIZACIJE 20

M. Bućan, S. Nikolić, R. Drevenšek, PROJEKTOVANJE TEHNOLOŠKIH PROCESA ZA OBRADU DELOVA NA FLEKSIBILNIM TEHNOLOŠKIM SISTEMIMA 28

R. Catalo, J. Hodolić, M. Zeljković, V. Milošević, Z. Konjović, AUTOMATSKO PROJEKTOVANJE TEHNOLOŠKOG PROCESA ZA MAŠINE SA NUMERIČKIM UPRAVLJANJEM U SKLOPU TENDENCIJA RAZVOJA CAD/CAP/CAM SISTEMA 36

S. Smiljanić, V. Dimitrijević, S. Savić, P. Blagojević, UVOĐJENJE ROBOTIZACIJE I AUTOMATIZACIJE U PROIZVODNJU AUTOMOBILA JUGO U ZAVODIMA "CRVENA ZASTAVA" 43

V. Vujović, UTROŠAK MATERIJALA I ENERGIJE U PROIZVODNJI METALNIH DELOVA KAO FUNKCIJA PROJEKTNE KONCEPCIJE OBRADNOG SISTEMA 51

J.L. Burbidge, BUDUĆNOST SERIJSKE PROIZVODNJE 67

D. Zelenović, D. Šormaz, PRILOG RAZVOJU PROIZVODNIH STRUKTURA POVIŠENOG STEPENA EFEKTIVNOSTI 75

D. Zelenović, M. Ustić, Z. Tešić, OSNOVE SISTEMA ZA UPRAVLJANJE PROIZVODNJOM U USLOVIMA OPŠTEG MODELA TOKOVA MATERIJALA 88

S. Stojković, MODULARNI PRISTUP SINTEZI SISTEMA ZA MANIPULACIJU MATERIJALOM 95

V. Todić, AUTOMATIZACIJA RAZVIJENOG VARIJANTNOG SISTEMA OPTIMIZACIJE TEHNOLOŠKIH PROCESA OBRADE 100

R. Mitrović, B. Pavlović, VREMENSKO OPTEREĆENJE PROIZVODNIH KAPACITETA U DISKONTINUALNIM PROIZVODNIM PROCESIMA 106

B. Markov, CIKLUSI IZRADE DELOVA KAO BITAN ČINIOC U IMAX SISTEMU ZA PLANIRANJE PROIZVODNJE 115

V. Ognjanović, SAVREMENI PRISTUP ORGANIZACIJI PROIZVODNIH PROCESA I POVEĆANJU PRODUKTIVNOSTI RADA U MAŠINOGRADNJI 122

A. Polajner, NOVA METODA DELA V PRIPRAVI PROIZVODNJE ZA DVIG PRODUKTIVNOSTI PROIZVODNEGA PROCESA 131

B. Musafija, OSNOVNI FAKTORI MINIMIZACIJE 137

B. Devedžić, OKOLNOSTI KOJE OTEŽAVAJU ŠIRE KORIŠĆENJE KAROSERIJSKIH LIMOVA VELIKE ČVRSTOĆE I UPUĆUJU NA NOVA TEHNOLOŠKA REŠENJA 142

B. Ličić, NOVE TEHNOLOGIJE ZA POBOLJŠANJE SVOJSTAVA POVRŠINSKIH SLOJEVA METALA 151

A.I. Sviredjonok, V.A. Smurugov, N.N. Mihnevič, TRIBOLOŠKE KARAKTERISTIKE MAZIVA SA POLIMERNIM SADRŽAJEM 159

M. Djuričić, HLADNO SINTEROVANJE - NEDOVOLJNO KORIŠĆENA TEHNOLOGIJA 165

P. Leskovar, D. Zupančić, P. Žerovnik, OBRANI PROCESI PRI JEKLU IN JEKLENI LITINI 171

S. Urošević, Z. Nikić, M. Vlajić, ISTRAŽIVANJE PROCESA IZRADE KERAMIČKIH SEČIVA - PRILOG RAZVOJU DOMAĆE TEHNOLOGIJE OBRADE METALA REZANJEM 176

Z. Seljak, OBLIKOVANJE OBDELOVANCEV ZA AVTOMATIZIRANO PROIZVODNJO 180

Lj.Jacić S.Zarić, RAČUNARSKO PROJEKTOVANJE FLEKSIBILNIH INDUSTRIJSKIH AUTOMATA 191

M. Lazić, IZBOR OPTIMALNE VARIJANTE STRUKTURNOG DIJAGRAMA PRENOSNIKA ALATNIH MAŠINA 195

D. V. Berestnjev, PROGNOZIRANJE I PUTEVI POVEĆANJA POUZDANOSTI ZUPČASTIH PRENOSNIKA 203

B. OBRADA REZANJEM

S. Sekulić, IZBOR OPTIMALNE VARIJANTE TEHNOLOŠKOG PROCESA I TEHNOLOŠKOG POSTUPKA OBRADE 213

S. Sekulić, GRAFIČKI POSTUPAK ZA ODREDJIVANJE POUZDANOSTI REZNOG ALATA ZASNOVAN NA BROJU OBRADAKA OBRADJENIH POJEDINIM ALATIMA 218

B. Iskrin, OPTIMIZACIJA PLANA KONTROLE OBRADE KLIPA MOTORA SUS NA AUTOMATSKOJ OBRADNOJ LINIJI 223

A. Pavić, V. Vukić, J. Kralj, POBOLJŠANJE POSTUPKA OBRADE OTVORA ZA OSNOVNE LEŽAJEVE U KUĆIŠTU BRODSKOG DIESEL MOTORA 228

Z. Lajter, IZBOR OPTIMALNE VARIJANTE TEHNOLOŠKOG PROCESA I TEHNOLOŠKOG POSTUPKA IZRADE KOŠULJICE CILINDRA ("B-500") 232

M. Rančić, PRILOG OPTIMIZACIJI UPRAVLJANJA PRI OBRADI NA STRUGU 238

B. Nedić, A. Mišković, D. Vukelja, PRILOG STUDIJI OPTIMIZACIJE KONSTRUKCIJE ALATA ZA OBRADU REZANJEM 241

P. Dakić, Z. Jelić, OPTIMIZACIJA GEOMETRIJSKIH ELEMENATA KOD UREZNIKA ZA AUTOMATE 246

B. Sovilj, M. Jašćur, ODREDJIVANJE OPTIMALNIH REŽIMA REZANJA PRI ODVALNOM GLODANJU PRIMENOM ITERATIVNE METODE 250

A. Perić, TRIBOLOŠKI PROCESI NA ALATU U USLOVIMA KRATKOVREMENOG STRUGANJA 256

Nj. Manolov, TRIBOLOŠKI ASPEKTI PRIMENE PNEUMOHIDRAULIČKOG METODA U OBRADI METALA 261

J. Harasymowicz, C. Nizankowski, TRIBOLOŠKI I TEHNOLOŠKI PROBLEMI PRI BRUŠENJU LEGURA GVOŽDJA SA AUSTENITSKOM STRUKTUROM 267

M. Dimitrić, JEDNA METODA ZA INDIREKTNO MERENJE HABANJA GLODAČKIH ALATA ZA VREME PROCESA REZANJA 271

B. Kršljak, UTICAJ REŽIMA BRUŠENJA NA POSTOJANOST I REZNU SPOSOBNOST TOCILA 277

V. Krivokapić, MERENJE HABANJA KOD ZAVOJNIH BURGIJA KOJE SU PRETHODNO NITRIRANE U ELEKTRO-PLAZMI 282

Z. Seljak, M. Soković, OBDELOVALNOST OBRABNO ODPORNE MARTENZITNE KROMANITNE LITINE 289

Z. Seljak, S. Dolinšek, OBDELOVANOST AUSTENITNIH NERJAVNIH JEKEL Z VRTANJEM 295

J. Kopač, Z. Seljak, TRANSFORMACIJA MATERIJALA NA REZALNEM ROBU PRI STRUŽENJU AVSTENITNIH MANGANOVIH JEKEL 301

R. Djukanov, PROBLEMATIKA ISPITIVANJA OBRADLJIVOSTI NA NUMERIČKI UPRAVLJANIM OBRADNIM CENTRIMA 305

J. Grum, P. Leskovar, VPLIV BORA IN TELURJA NA OBDELOVANOST JEKEL ZA AVTOMATE 311

D. Milikić, P. Kovač, M. Gostimirović, NEKA RAZMATRANJA U VEZI SA DOBIJANJEM POVOLJNIH OBLIKA STRUGOTINE PRI OBRADI REZANJEM 320

V. Prusina, UTICAJ GRUDNOG UGLA ODVALNOG GLODALA NA NEKE POKAZATELJE TAČNOSTI IZRADE ZUPČANIKA 326

S. Djekić, TOPOGRAFIJA POVRŠINE OBRADJENE BRUŠENJEM BEZ ŠILJAKA U FUNKCIJI REŽIMA OBRADE I OCENA UTICAJA PRETHODNIH OPERACIJA 331

I.R. Górecka, METODA ZA ODREDJIVANJE PARAMETARA STOHASTIČKOG PROFILA POVRŠINSKE HRAPAVOSTI 336

M. Sarvan, JEDNO ISPITIVANJE UTICAJA VISINE POSTAVLJANJA OSLONOG NOŽA NA KVALITET OBRADJENE POVRŠINE KLIPNJAČE AMORTIZERA KOD BRUŠENJA BEZ ŠILJAKA 339

R. Cebalo, UTJECAJ POSMAKA DIJAMANTA, PRI PROFILIRANJU REZNE POVRŠINE BRUSA, NA SILE BRUŠENE I HRAPAVOST BRUŠENJA POVRŠINE 343

D. Milikić, P. Kovač, M. Rvović, PRILOG ODREDJIVANJU KONTAKTNIH TEMPERATURA PRI RAVNOM BRUŠENJU 353

Lj. Lukić, V. Šolaja, ISTRAŽIVANJE NORMALNIH REAKCIONIH SILA NA PERIFERNIM VODJICAMA U KONTAKTNOJ ZONI ALATA SA OBRADKOM U BTA PROCESU DUBOKOG BUŠENJA 357

J. Gawlik, J. Harasymowicz, PRIMENA POVRŠINSKE OBRADE JONIZACIJOM U CILJU POBOLJŠANJA TRAJNOSTI I POUZDANOSTI ALATA 364

R. Pantić, M. Vukotić, MOGUĆNOST PRIMENE NOVIH VRSTA KERAMIČKIH REZNIH ALATA U OBRADE STRUGANJEM KAO ZAMENA BRUŠENJA 367

Ž. Nikić, M. Djekić, E. Wantuch, ZAVRŠNA OBRADA U ELEKTROMAGNETNOM POLJU 371

P.I. Jašćericin, P.J. Skvorčevskij, V.L. Šaduja, NOVE METODE OBRADE ZASNOVANE NA KORIŠĆENJU MAGNETNIH I ELEKTRIČNIH POLJA 375

A. Mišković, J. Kevelj, D. Vukelja, IZRADA PRECIZNIH OTVORA PROVLAČENJEM I TEHNOLOŠKE MOGUĆNOSTI PRIMJENE U VAZDUHOPLOVSTVU 385

V. Stanojević, S. Jovičić, PROJEKTOVANJE I PROIZVODNJA PRIBORA NA OSNOVU TIPIZIRANIH I STANDARDIZOVANIH ELEMENATA 391

M. Rodić, OSNOVNE PODLOGE ZA AUTOMATIZOVANO PROJEKTOVANJE I IZBOR PRIBORA 395

N. Bradarić, UREDJAJ ZA GLODANJE ŽLJEBOVA NA OBRATCIMA VALJČASTOG I KONIČNOG OBLIKA S AUTOMATSKOM KRUŽNOM PODELOM 400

S. Trajkovski, M. Kuzinovski, KLASIFIKACIJA I ANALIZA NA SISTEMITE ZA AVTOMATSKA IZMENA NA REZAČKITE ALATI 405

A. Hriešik, A. Šestan, PRILOG PROBLEMU ISTRAŽIVANJA SPECIJALNOG STROJA ZA OBRADU TEMELJA BRODSKOG MOTORA 411

M. Drndarević, PRIMENA RAČUNARA NA IZRAČUNAVANJU REŽIMA I VREMENA IZRADE KOD UNUTRAŠNJEG BRUŠENJA TVRDOG METALA 417

P. Dašić, PRILOG RAZMATRANJU TEHNOLOŠKIH PODLOGA ZA NUMA ZA OBRADU STRUGANJEM 420

M. Dobovišek, F. Roethel, UPORABA RAČUNALNIKA PRI IZBIRI PREDPISOV ZA ELEKTROEROZIJSKO OBDELAVO 429

M. Radosavljević, DEFINISANJE GEOMETRIJE ALATA ZA IZRADU GLODALA SA LEDJNO STRUGANIM ZAVOJNIM ZUBIMA, POMOĆU RAČUNARA 435

M. Paunović, PRILOG DEFINISANJU GEOMETRIJE PROFILNOG BRUŠENJA NA PROVLAKAČIMA ZA OBRADU OŽLJEBLJENIH GLAVČINA 440

A. Perić, JEDAN NAČIN PRORAČUNA EKONOMSKOG PERIODA REZANJA ZA KONVENCIONALNE I NC REVOLVERSKE STRUGOVE 446

B. Nikolić, NEKI MATEMATIČKI MODELI FUNKCIJE TROŠKOVA ZAMENE REZNOG ALATA 450

E. Kuljanić, L. Kravanja, STVARNI I PROSJEČNI UČIN ODREZIVANJA PRI HORIZONTALNOM TRAČNOM PILJENJU 456

Lj. Zirojević, METODE ODSISAVANJA PRAŠINE I RASPLINJENOG SHIP-a STVORENOG U PROCESU OBRADE REZANJEM METALA I NEMETALA 463

A. Grželj, REZANJE MATERIALOV Z LASERSKIM SNOPOM 467

M. Kokić, PROBLEMI MEDJUSOBNE USKLADJENOSTI KAPACITETA I MOGUĆA REŠENJA U METALOPRERADJIVAČKOJ INDUSTRIJI SREDNJEG OBIMA 471

R. Milić, GEOMETRIJA RUPE KAO KRITERIJUM VREDNOVANJA ZAVOJNIH BURGIJA 477

C. OBRADA DEFORMISANJEM

M. Jurković, V. Mečanin, NOVA METODA ODREDJIVANJA KRAKA DEFORMACIONE SILE PRI VALJANJU KOMPAKTNIH PROFILA 485

M. Vukčević, V. Domazetović, PRIMJENA METODE IZRAŽENE ZONE DEFORMACIJE ZA ODREDJIVANJE SPECIFIČNOG DEFORMACIONOG OTPORA AT-LEGURE 492

V. Stoiljković, B. Dimitrov, B. Rančić, ODREDJIVANJE GRANIČNOG ODNOSA PRI IZVLAČENJU EKSPLOZIVOM 497

K. Kuzman, B. Cekuta, PORABA ENERGIJE PRI PROCESIH HLADNEGA MASIVNEGA PREOBLIKOVANJA 505

Ž. Popović, M. Jovičić, D. Jovanović, ODREDJIVANJE EKSPLOATACIJSKIH KARAKTERISTIKA ALATA ZA PROSECANJE I PROBIJANJE SA RADNIM ELEMENTIMA OD TVRDOG MATERIJALA PRI IZRADI DELOVA OD DINAMOLIMA 512

M. Plančak, ODREDJIVANJE NAPONA U PROCESIMA HLADNOG ISTISKIVANJA METODOM VIZIOPLASTIČNOSTI 517

V. Stoiljković, B. Rančić, M. Milenković, ODREDJIVANJE SILE ISTISKIVANJA PRI ISTOSMERNOM ISTISKIVANJU CEVI 522

V. Mitković, I. Pajić, K. Elez, O METODI ISTRAŽIVANJA SPECIFIČNOG DEFORMACIONOG OTPORA ČELIKA ZA KOVANJE VALJČIĆA ZA KOTRLJAJUĆE LEŽAJEVE 100 Cr6 (C4146) 530

V. Mitković, JEDNA OD MOGUĆNOSTI MOIRE METODA ZA ODREDJIVANJE ZASTOJNIH ZONA U PROCESU SABIJANJA 533

V. Marinković, ODREDJIVANJE GEOMETRIJE PRSTENA PRI SLOBODNOM SABIJANJU 536

D. Vilotić, PRIKAZ METODE EKSPERIMENTALNOG ODREDJIVANJA KONTAKTNIH NAPONA KOD SLOBODNOG SABIJANJA POLUCILINDRIČNIM ALATOM 542

I. Duplančić, TOK MATERIJALA PRI ISPREŠAVANJU CIJEVI POMOĆU KOMBINIRANOG ALATA 549

Ž. Tasić, M. Arsić, D. Temeljkovski, D. Domazet, ELEKTRONSKI UREDJAJ ZA MERENJE UGAONE BRZINE I NJEGOVA PRIMENA KOD ISPITIVANJA MEHANIČKIH PRESA 554

D. Lazarević, NAPONSKO-DEFORMACIONO STANJE SILE PRI ROTACIONOM IZVLAČENJU CILINDRIČNIH DELOVA SA REDUKCIJOM DEBLJINE ZIDA 558

M. Božić, M. Dinić, ISPITIVANJE POSTOJANOSTI I POUZDANOSTI MATRICA OD TVRDOG METALA PRI IZVLAČENJU BAKARNE ŽICE 564

Č. Veselinović, UTICAJ GEOMETRIJSKOG OBLIKA GLAVE ŽIGA NA HABANJE CILINDRIČNOG DELA GLAVE ŽIGA 566

D. Vukićević, P. Popović, UTICAJ CIRKONIJUM OKSIDA NA PONAŠANJE ALATNOG KOMPOZITNOG MATERIJALA FeCr 12Mo4,8 572

Lj. Bogdanov, P. Popović, PRILOG IDENTIFIKACIJI RASPOREDA NAPONA U PRAVCU DEJSTVA DEFORMACIONE SILE U GRAVURI OTVORENOG KALUPA 575

S. Živanović, DEFINICIJE POUZDANOSTI PROCESA IZRADE TANKOZIDNIH ELEMENATA 578

D. KOMPJUTERIZACIJA PROIZVODNIH PROCESA I SISTEMA

M. Perović, UTICAJ KOMPJUTERSKE TEHNOLOGIJE NA ORGANIZACIJU PROIZVODNIH PROCESA 585

Ž. Lukač, V. Petrović, M. Kangrga, FAMILIJA ILR - INDUSTRIJSKIH RAČUNARA U PROIZVODNIM PROCESIMA INDUSTRIJSKE PRERADE METALA 589

N. Dragaš, D. Marelj, B. Ilić, FUNKCIONALNE I TEHNOLOŠKE MOGUĆNOSTI LOLA - 30 CNC UPRAVLJAČKIH JEDINICA ZA OBRADNE CENTRE 593

V. Mečanin, M. Jurković, JEDAN MODEL KOMPJUTERSKOG UPRAVLJANJA AUTOMATSKOM LINIJOM ZA IZRADU OSNOSIMETRIČNIH PROFILA POVIŠENE TAČNOSTI 599

N. Dumanović, Lj. Petronijević, PROGRAMIRANJE NUMERIČKIH UPRAVLJANIH ALATNIH MAŠINA PO KONCEPTU GRUPNE TEHNOLOGIJE 604

P. Leš, A. Jezernik, Z. Živec, B. Voljč, MIKROPROCESORSKI MODEL ZA KRMLJENJE RAČUNALNIŠKO GRAFIČNIH ENOT VELIKEGA FORMATA 609

M. Benedetić, R. Drevenšek, V. Cvetković, V. Stojković, ILR - FAMILIJA VIŠENAMENSKIH INDUSTRIJSKIH ROBOTA 613

P. Ivanović, M. Ivanović, MOGUĆ PRILAZ ZA ANALIZU ZAVISNOSTI IZMEDJU PRODUKTIVNOSTI I VREDNOSTI OBRADE U SAVREMENIM OBRADNIM PROCESIMA 618

Ž. Srećković, M. Lazić, S. Milovanović, MOGUĆI PRILAZ PROBLEMATICI PROJEKTOVANJA PRODUKCIONIH GLODALICA "ZASTAVA" 624

S. Zrnić, ULOGA SENZORA KOD ADAPTIVNOG UPRAVLJANJA OBRADNIM SISTEMIMA 630

E. TRIBOLOGIJA I ODRŽAVANJE

R. Kovač, NEKE POJAVE PRI HABANJU PARA SIVI LIV-LEGURA ALUMINIJUMA 637

Lj. Kapsarev, M. Dragović, SUPSTITUCIJA MATERIJALA I DELOVA ZA ODRŽAVANJE - NEKA ISKUSTVA OOUR "OPREMA I REZERVNI DELOVI" SOUR MKS 643

M. Dragović, V. Vukićević, V. Šolaja, NEKA ISKUSTVA IAMA U IZRADI TEHNOLOŠKIH PROJEKATA POGONA ZA IZRADU REZERVNIH DELOVA I REMONT PROIZVODNJE OPREME 649

T. Šalipur, ISKUSTVA U PRIMENI DOMAĆIH TVRDIH METALA U REGULISANJU PROCESA DOBIJANJA POLIETILENA NISKE GUSTINE 654

P. Leskovar, D. Ferlan, M. Kovač, P. Žerovnik, ZAOSTALE NAPETOSTI V POVRŠINSKIH SLOJIH KOT POSLEDICA OBDELOVALNIH POSTOPKOV 660

F. OPŠTA PROBLEMATIKA INDUSTRIJSKIH SISTEMA

A. Čorkalo, STOHASTIČKO MODELIRANJE LJUDSKE POUZDANOSTI U SISTEMU ČOVJEK-STROJ 667

K. Völker, PROMENE U STRUTURI RADA KAO REZULTAT NAUČNOG I TEHNIČKOG PROGRESA I ZAHTEVI KOJI SE POSTAVLJAJU NAUCI O RADU 671

P. Nikšić, D. Erić, A. Trifunović, PRILOG OPTIMIZACIJI TEHNOLOŠKOG POSTUPKA PRIMENOM NOVE TEHNOLOGIJE IZRADE I STATISTIČKE KONTROLE U PROCESU PROIZVODNJE 676

I. Veža, M. Rovan, M. Bupić, PRILOG PRAKTIČNOJ PRIMJENI GRUPE PO SVRSI 682

S. Stojanovski, D. Jolevski, POVEĆANJE PROIZVODNOSTI POJEDINIH KAPITALNIH POZICIJA IZ PROIZVODNOG PROGRAMA RO "FABRIKA ALATA I MAŠINA" - SKOPLJE 686

Z. Lončar, M. Behmen, PRODUKTIVNOST LIVNICA U FUNKCIJI STEPENA MEHANIZACIJE I AUTOMATIZACIJE 691

M. Plančak, D. Vilotić, V. Vujović, SEKUNDARNA ZAŠTITA OD BUKE U PROIZVODNIM POGONIMA 695

S. Olević, ERGONOMSKE KARAKTERISTIKE KAO KRITERIJI ZA ROBOTIZACIJU PROIZVODNIH PROCESA 701

B. Popović, B. Kamberović, S. Kulagić, ODREDJIVANJE VREDNOSTI KVALITETA PROIZVODA 705

B. Marić, PRILOG PROUČAVANJU STRUKTURE RADA 710

N. Milovanović, NEKI PROBLEMI UPRAVLJANJA U RO 713

INFORMACIJE O RADNIM ORGANIZACIJAMA

1. POKROVITELJI 719

2. SUORGANIZATORI 723

A. OPŠTA PROBLEMATIKA PROIZVODNIH PROCESA

XIX SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE

Kragujevac, septembar 1985.

PROIZVODNI PROCESI U INDUSTRIJI PRERADE METALA - OSNOVNE KARAKTERISTIKE, MOGUĆE PROMENE

B.Ivković, Mašinski fakultet, Kragujevac

R e z i m e

U radu se razmatraju moguće osnovne karakteristike proizvodnih procesa u industriji prerade metala zasnovane na korišćenju istraživačkih rezultata iz oblasti produktivnosti proizvodnih procesa i industrijskih sistema u celini u svetu i kod nas. Izražava se mišljenje da upoznavanjem strukture utrošenog rada minulog i živog moguće je stvoriti uslove za izbor optimalnih pravaca uvodjenja izmena u proizvodne procese.

1. UVOD

Problemi sa kojima se suočava, poslednjih godina, jugoslovenska industrija prerade metala odnose se, kao i u privredi u celini, na njen dalji rast, na mogućnost modernizacije proizvodnih procesa, na nedovoljno intenzivan razvoj novih proizvoda i programa proizvodnje, na teškoće plasmana proizvoda na stranim tržištima, posebno konvertibilna i sl.

Navedeni problemi posledica su, u osnovi, nedovoljnog rasta društvenog proizvoda u industrijskim sistemima svih vrsta čiji je i apsolutni nivo znatno niži od nivoa ostvarenog društvenog proizvoda u industrijskim sistemima mnogih razvijenih zemalja i zemalja u razvoju.

Društveni proizvod kao rezultat rada industrijskih sistema zavisi od mnogo faktora medju kojima vrsta proizvoda (proizvodni programi), vrsta i nivo tehnoloških procesa i kvalitet upravljanja proizvodnim procesima zauzimaju značajno mesto.

U savremenim proizvodnim uslovima i u svetu i kod nas razlike u ostvarenom društvenom proizvodu po jedinici utrošenog ukupnog rada (minulog i živog) u industrijskim sistemima sa istim ili sličnim proizvodnim programima (npr. proizvodjači alatnih mašina, proizvodjači automobila, proizvodjači alata i sl.) su veoma veliki. Ove razlike su posledica različitog nivoa produktivnosti proizvodnih procesa u industrijskim sistemima.

Osnovne karakteristike proizvodnih procesa u savremenoj domaćoj industriji prerade metala kao i moguće promene tehnološkog nivoa u godinama koje dolaze radi podizanja produktivnosti sistema odnosno stvaranja većeg društvenog proizvoda po jedinici utrošenog minulog i živog rada predmet su razmatranja u ovom sistemu.

2. OSNOVNE KARAKTERISTIKE PROIZVODNIH PROCESA

Proizvodni procesi u industriji prerade metala ostvaruju se u industrijskim sistemima koji su danas organizovani kao osnovne organizacije udruženog rada, radne organizacije sa ili bez osnovnih organizacija udruženog rada i kao složene organizacije udruženog rada. Bilo kako da su industrijski sistemi organizovani proizvodni procesi u njima se, kao što je poznato, realizuju na dve vrste radnih mesta i to:

- radnim mestima na kojima se obavljaju poslovi direktnog karaktera,
- radnim mestima na kojima se obavljaju poslovi indirektnog karaktera.

Pod poslovima direktnog karaktera podrazumevaju se poslovi kojima se direktno upravlja procesom prerade materijala u polufabrikate i gotove proizvode uz korišćenje odgovarajućih sredstava rada (mašine, pribori, alati i sl.). Ovi poslovi se još uvek nazivaju "proizvodni poslovi" a radnici koji ih izvode u industrijskom sistemu "proizvodni radnici".

Ovaj naziv je u osnovi pogrešan jer sugerira mišljenje da su svi ostali poslovi u sistemu neproizvodni a radnici koji ih obavljaju neproizvodni radnici.

Pod poslovima indirektnog karaktera podrazumevaju se poslovi kojima se omogućava rad na radnim mestima prve vrste (direktni rad) odnosno kojima se stvaraju uslovi za preradu materijala u polufabrikate i gotove proizvode direktnim radom. Bez obavljanja poslova indirektnog karaktera u industrijskom sistemu realizacija proizvodnih procesa nije moguća. Ovo znači da su i poslovi indirektnog karaktera "proizvodni poslovi" a radnici koji ih izvode "proizvodni radnici".

Da bi se uočila razlika izmedju rada na upravljanju procesom prerade materijala i rada na stvaranju uslova za obavljanje poslova prve vrste u industrijskom sistemu uvedena je osnovna podela ukupnog rada koji se troši pri realizaciji proizvodnih procesa na direktni i indirektni rad. Šematski prikaz jednog proizvodnog procesa u industriji prerade metala prikazan je na sl. 1.

ULAZ	0	0	0	0	X	X	0	X	X	X	O	O	X
	M	R	PP	ISP	S	G	UP	G	G	B	K	T	Br

	0	X	X	O	O	
	K	Mo	P	OP	UF	IZLAZ

M - marketing

R - Razvoj proizvoda i tehnologija

PP - priprema proizvodnje

ISP - integralna sistemska podrška (nabavka,održavanje,komercijala i sl.)

UP - upravljanje proizvodnjom

UK - upravljanje kvalitetom

OP - opšti poslovi

UF - upravljanje finansijama

G - obrada glodanjem

S - obrada struganjem

B - obrada bušenjem

Br - obrada brušenjem

Mo - montaža

P - pakovanje

T - medjuoperacijski transport

K - medjuoperacijska kontrola

Sl. 1

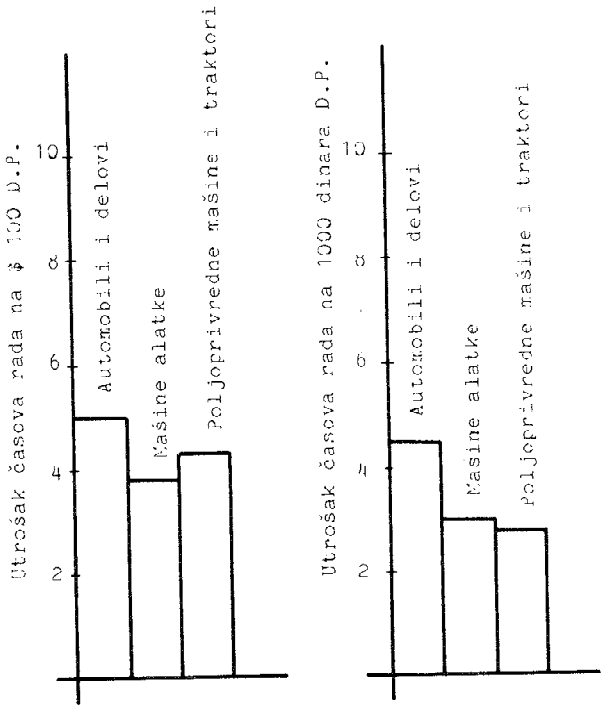
Proizvodi sa kojima je industrijski sistem razmenjuje svoj rad sa društvom odnosno društveni proizvod kao rezultat proizvodnih procesa i rada industrijskog sistema posledica su rada ne samo zaposlenih radnika u sistemu već i velikog broja radnika drugih sistema koji su mu stvorili uslove za postojanje i rad.

Rad kojim su stvoreni uslovi za postojanje industrijskog sistema kao i deo utrošenog rada koji omogućava odvijanje proizvodnog procesa a odnosi se na radni prostor, sredstva rada, energije, materijal predmeta rada i sl. pripada kategoriji minulog rada.

Rad zaposlenih u industrijskom sistemu bilo koje vrste (direktni ili indirektni) pripada kategoriji živog rada.

Rezultat rada industrijskog sistema odnosno društveni proizvod koji se u sistemu stvara zavisi od količine minulog i živog rada koji se troše u proizvodnim procesima.

Prva karakteristika proizvodnih procesa u industriji prerade metala govori o količini ukupno utrošenog rada pri stvaranju jedinice proizvoda odnosno jedinice društvenog proizvoda. Prema objavljenim podacima kod nas i u svetu za 1982. godinu mogu se formirati pokazatelji ove vrste za nekoliko vrsta industrijskih sistema (Sl. 2) . Ova prva karakteristika proizvodnog procesa govori očigledno o ostvarenoj produktivnosti u industrijskim sistemima.

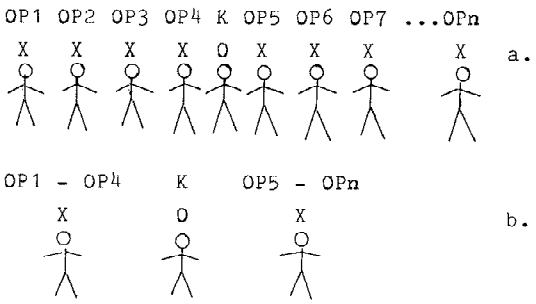


Sl. 2

Prva karakteristika proizvodnog procesa očigledno govori samo o rezultatima rada industrijskog sistema u kojima se oni obavljaju. Da bi se bliže upoznao proizvodni proces potrebno je poznavanje i drugih karakteristika.

Druga osnovnakarakteristika proizvodnih procesa u industriji prerade metala i privredi u celini je učešće minulog rada (ili učešće živog rada u stvaranju proizvoda odnosno društvenog proizvoda).

Klasičan proizvodni proces u maloserijskoj i serijskoj proizvodnji realizuje se na sredstvima rada koja omogućavaju da svaka operacija ima svoju mašinu i svog radnika (sl. 3a).



Sl. 3

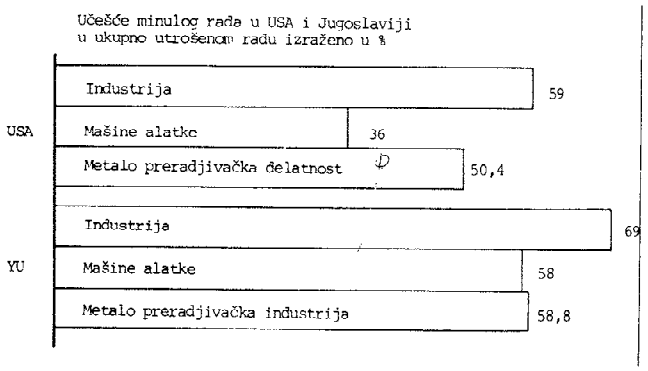
Klasičnih proizvodnih procesa u industriji prerade metala ima veoma mnogo i danas i u svetu i kod nas. Prema objavljenim podacima u 1982 godini, na primer, u američkoj industriji mašina alatki proizvedeno je:

produkcionih strugova
NC i CNC strugova
produkcionih glodalica
NC i CNC glodalica

Produkcioni strugovi, produkcione glodalice i slične mašine bez NC i CNC upravljanja namenjene su isključivo klasičnim proizvodnim procesima odnosno proizvodnim procesima sa klasičnom tehnologijom.

Savremene proizvodne procese karakterišu sredstva rada koja zahtevaju utrošak znatno manje količine živog direktnog rada jer se veći deo poslova oko rukovanja materijalom i alatom u procesu obrade obavlja automatski. Programske mašine sa NC i CNC upravljanjem kao i fleksibilni obradni sistemi smanjuju drastično utrošak direktnog živog rada u proizvodnim procesima povećavajući istovremeno i učešće indirektnog rada i učešće minulog rada. Pri tome se očekuje da ukupan utrošeni rad u proizvodnim procesima bude manji pri primeni savremenih sredstava rada odnosno savremene tehnologije zasnovane na korišćenju NC i CNC alatnih mašina i fleksibilnih obradnih sistema.

Minuli rad troši se u proizvodnim procesima u industriji prerade metala ne samo na sredstva rada (nije samo sadržan u njima) već i na energiju, materijale predmeta rada, radni prostor i sl. Ako se ukupan utrošeni rad po jedinici ostvarenog društvenog proizvoda označi sa 100% onda je utrošeni minuli rad iznosio u pojedinim vrstama industrijskih sistema u SAD i Jugoslaviji u 1982. godini izmedju 30 i 70% u proseku (sl. 4).



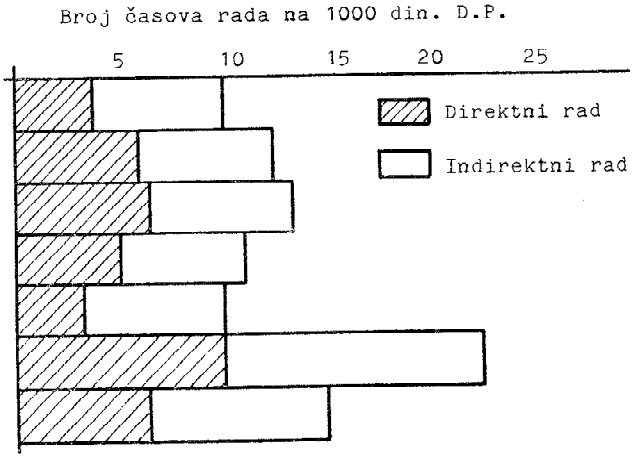
Sl. 4

Prema ovoj karakteristici rekih bitnih razlika u proizvodnim procesima u američkoj i jugoslovenskoj industriji prerade metala nema. Ne treba, medjutim, zaboraviti da u američkoj industriji postoje i takvi industrijski sistemi u kojima je učešće minulog rada i znatno veće iako postoje i oni slučajevi sa znatno manjim učešćem minulog rada. Mala razlika u učešću minulog rada u ostvarivanju proizvodnih procesa u domaćoj i američkoj industriji prerade metala govori o, u prvom redu, dobre opremljenosti savremenom opremom jugoslovenskih industrijskih sistema.

Treća karakteristika proizvodnih procesa govori o strukturi utrošenog živog rada odnosno

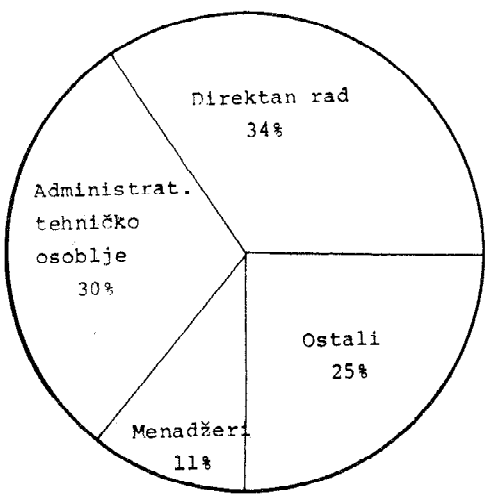
o procentualnom učešću direktnog ili indirektnog rada u ukupnom utrošenom živom radu po jedinici ostvarenog društvenog proizvoda.

Prema do sada obavljenim istraživanjima u okviru CPR-a Mašinskog fakulteta u Kragujevcu i Instituta za industrijske sisteme Fakulteta tehničkih nauka u Novom Sadu koja nisu bila dovoljno obimna da bi dala kompletnu sliku ove karakteristike za celu industriju prerade metala ali koja su obuhvatila veći broj naših poznatih industrijskih sistema struktura utrošenog živog rada u proizvodnim procesima u domaćim industrijskim sistemima je najčešće ona koja je prikazana na sl. 5.



Sl. 5.

Procenat učešća direktnog rada u industriji SAD prikazan je na sl. 6 sa strukturom indirektnog rada.



Sl. 6

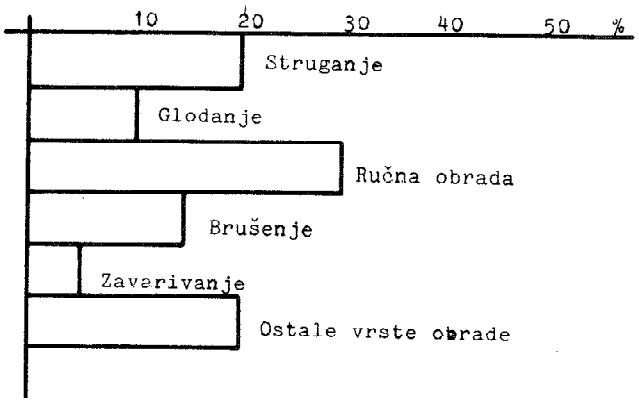
Fabrike budućnosti su fabrike bez direktnog rada. Danas one predstavljaju kap u moru industrijskih sistema u kojima se procesi proizvodnje realizuju korišćenjem obe vrste živog rada direktnog i indirektnog. Manji utrošak direktnog rada govori o nivou automatizacije sredstava rada, odnosno proizvodnih procesa i stepenu zamene ljudskog rada automatima i robotima. Gledano u celini prema ovoj karakteristici proizvodni procesi u savremenoj industriji prerade metala u Jugoslaviji ne zaostaju mnogo u pogledu tehnološkog nivoa od proizvodnih procesa u industrijski razvijenim zemljama Zapada. Medjutim, broj industrijskih sistema u kojima se učešće direktnog rada kreće od 15 do 25% od ukupnog utrošenog rada po jedinici ostvarenog društvenog proizvoda je svakim danom sve veći u industrijski razvijenim zemljama i Istoka i Zapada. Pri tome se i ukupan utrošeni rad po jedinici ostvarenog proizvoda ili jedinici ostvarenog društvenog proizvoda smanjuje odnosno povećava se produktivnost proizvodnih procesa i industrijskih sistema u celini.

Druga i treća karakteristika proizvodnih procesa kojima se realizuju programi proizvodnje u domaćim industrijskim sistemima ukazuje na činjenicu da je nivo projektovanja i izgradnje domaćih industrijskih sistema bio dovoljno visok i da obezbedjuje početne uslove rada koji se susreću u savremenim industrijama Zapada.

U osnovne karakteristike proizvodnog procesa u industriji prerade metala mogu se svrstati i veličine učešća pojedinih vrsta direktnog rada. Direktni rad se, po pravilu, razvrstava i na vrsti obrade koja se koristi u realizaciji proizvodnih procesa. U industrijskim sistemima razvijenih zemalja Zapada koristi se danas u proseku oko 75% mašina alatki na kojima se vrši obrada rezanjem i oko 25% mašina alatki na kojima se vrši obrada deformisanjem. U industrijskim sistemima u kojima se proizvodnja ostvaruje obradom metala rezanjem vrlo često se nailazi, u jugoslovenskoj praksi, na sledeću strukturu utrošenog direktnog rada (sl. 7).

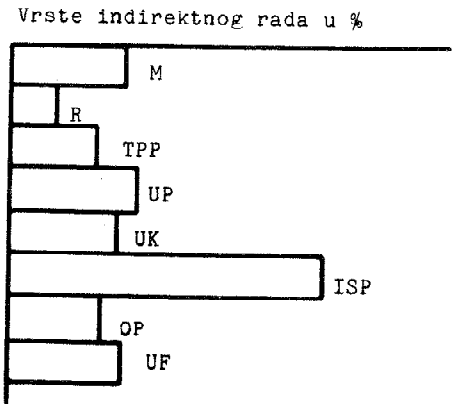
Struktura utrošenog direktnog rada govori dosta o nivou tehnološkog procesa. Prisustvo,na primer, veće količine rada na ručnoj obradi govori jasno i o mogućnostima postojećih sredstava rada (proizvodnih mašina) u pogledu tačnosti i kvaliteta obrade kao i o mogućnostima ostvarivanja potpune geometrije predmeta obrade na ma-

šinama.



Sl. 7

Struktura indirektnog rada takodje se može smatrati jednom od osnovnih karakteristika proizvodnih procesa u industriji prerade metala jer je ona zavisna u ogromnoj meri od tehnološkog nivoa proizvodnih procesa odnosno od vrste i stepena automatizacije sredstava rada na kojima se obrada predmeta vrši. U industrijskim sistemima u kojima se proizvodni procesi ostvaruju na, na primer, NC i CNC mašinama alatkama u većoj meri ili na obradnim centrima učešće rada na održavanju proizvodne i druge opreme je mnogo veće nego u slučaju korišćenja klasičnih proizvodnih mašina. Uvodjenjem automatizacije bilo koje vrste u proizvodne procese menja se struktura indirektnog rada. U domaćim industrijskim sistemima najčešće se susreće struktura indirektnog rada prikazana na sl. 8.



Sl. 8

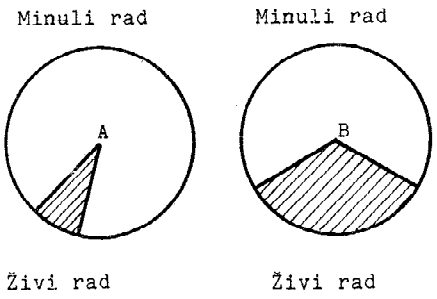
Učešće pojedinih vrsta indirektnog rada u ukupno utrošenom radu na indirektnim poslovima izračunato je na osnovu izračunate količine prostog rada utrošenog po svakoj navedenoj funkciji.

Funkcija kontrole učestvuje u ukupnom utrošenom indirektnom radu, na primer, sa značajnim procentom što govori o tome da u procesu kontrole nisu korišćena savremena sredstva rada i da postojeća sredstva rada koja se koriste u proizvodnim procesima ne omogućavaju dovoljno tačnu obradu i automatizovano podešavanje alata prema predmetu obrade pri pojavi odstupanja od zadatih mera. Prema dosadašnjim istraživanjima obavljenim u CPR Mašinskog fakulteta u Kragujevcu u proizvodnim procesima koji se realizuju u industrijskim sistemima domaće industrije prerade metala na funkciju kontrole odnosno na upravljanje kvaliteta troši se značajna količina indirektnog rada.

Struktura minulog rada takodje može da predstavlja jednu od osnovnih karakteristika proizvodnih procesa u industriji prerade metala. Doprinos drugih industrijskih sistema stvaranju proizvoda u posmatranom industrijskom sistemu nalazi se, kao što je već rečeno, u sredstvima rada (mašine, pribori, alati i dr., radnom prostoru, energiji, osnovnom materijalu, polufabrikatima, gotovim proizvodima i drugim elementima ukupnih troškova proizvodnje.

Struktura minulog rada koja se takodje može izraziti ili vrednošću novčanim jedinicama ili časovima prostog rada ukazuje na prirodu proizvodnih procesa sa gledišta njihovog doprinosa stvaranju novih proizvoda. Na primer u industrijskim sistemima u kojima se proces proizvodnje obavlja uglavnom montažom elemenata u podsklopove, sklopove i gotove proizvode, najveći deo minulog rada troši se na nabavku gotove robe, a veoma mali deo na energiju i korišćenje sredstava rada. Sasvim drugačija struktura minulog rada javlja se u proizvodnim procesima kojima se proizvode elementi proizvoda na primer, obrada metala rezanjem. U ovom slučaju minuli rad sadržan u materijalima predmeta obrade i gotove robe je relativno mali a najveći deo minulog rada odnosi se na sredstva rada. Na sl. 9 prikazane su dve strukture minulog rada sa dva industrijska sistema od kojih sistem A ostvaruje društveni proizvod kroz montažu proizvoda a

sistem B kroz proizvodnju elemenata proizvoda.



Sl. 9

Pri stvaranju društvenog proizvoda u sistemu A veoma je bitno upravljanje minulim radom sadržanim u gotovoj robi,dok je problem minulog rada koji se sadrži u sredstvima rada izuzetno značajan za industrijski sistem B.

Proces automatizacije proizvodnih procesa u industriji prerade metala odvija se već dugo vremena i to ne samo u industrijski razvijenim zemljama. Poslednjih godina sve više se govori o potrebi robotizacije proizvodnih procesa svih vrsta i to naročito onih procesa koji se odvijaju u uslovima koji se smatraju teškim ili čak nehumanim po čoveka. Povećanje vrednosti živog direktnog rada praćeno i pojavom nizom procesora omogućuje uvodjenje robota u one industrijske sisteme i proizvodne procese u kojima uslovi rada i nisu loši. Tehnološki nivo proizvodnog procesa u kojima su angažovani roboti ili sredstva rada sa visokim stepenom automatizacije smatraju se izuzetno visokim.

Tehnološki nivo proizvodnih procesa odražava se i na sve navedene osnovne karakteristike i to na sledeći način:

Veliki utrošak ukupnog rada po jedinici ostvarenog društvenog proizvoda govori o niskoj produktivnosti proizvodnih procesa koja može ali ne mora da bude samo odnos tehnološkog nivoa industrijskog sistema već i kvaliteta rada svih funkcija u sistemu kao i uticaja društvenih uslova pod kojima se proizvodni proces odvija.

Povećano učešće minulog rada u realizaciji proizvodnih procesa govori nesumnjivo o visokom tehnološkom nivou procesa ako ono nije posledica velikog utroška gotove robe i osnovnog materijala.

Veliko učešće direktnog rada govori o opremljenosti industrijskih sistema i tehnološkom nivou proizvodnih procesa.Manje učešće direktnog rada znači veći tehnološki nivo proizvodnog procesa i obrnuto.

Struktura direktnog rada kao karakteristika proizvodnih procesa govori o primeni savremenih metoda obrade materijala odnosno o nivou primenjene tehnologije obrade. Na primer, veliko učešće ručne obrade u proizvodnim procesima jasno ukazuje na nizak nivo tehnoloških rešenja proizvodnih procesa.

Struktura indirektnog rada kao karakteristika proizvodnih procesa govori više o industrijskom sistemu u celini nego o samom procesu proizvodnje. Na primer, malo učešće indirektnog rada u oblasti razvoja proizvoda ili tehnologije govori o tome da industrijski sistem zavistan od drugih i da predstavlja ustvari samo kariku u lancu proizvodjača odredjenog proizvoda.

Struktura minulog rada kao karakteristika proizvodnih procesa i industrijskih sistema u celini govori najviše o prirodi proizvodnih procesa (montaža, obrada rezanjem, obrada deformisanjem i sl.) i opremljenosti proizvodnih procesa savremenim sredstvima rada.

Broj karakteristika pojedinih procesa može da bude veoma veliki. Izabrane osnovne karakteristike medjutim daju, po mišljenju autora, dovoljno dobru sliku industrijskih sistema u celini i proizvodnih procesa u njima sa mogućnošću usmeravanja napora ka promeni postojećeg stanja.

3. MOGUĆE PROMENE U PROIZVODNIM PROCESIMA

Polazeći od osnovnog cilja postojanja svakog industrijskog sistema, koji se odnosi na stvaranje što većeg društvenog proizvoda po jedinici utrošenog ukupnog rada (minulog i živog) dolazi se do stava da i promene u proizvodnim procesima kojima se ostvaruje materijalna proizvodnja moraju u istom pravcu da budu usmerene.

Promene u proizvodnim procesima u budućnosti u domaćoj industriji prerade metala dovodiće i do promena u osnovnim karakteristikama procesa. Ovo znači da menjanje postojećeg stanja proizvodnih procesa nužno menja i njihove osnovne karakteristike.

Postojeće proizvodne procese u domaćoj industriji prerade metala karakteriše, pre svega,

izrazito niska produktivnost odnosno veliki utrošak ukupnog rada (minulog i živog) po jedinici ostvarenog društvenog proizvoda (dohodak + amortizacija). Promene u proizvodnim procesima očigledno moraju biti projektovane tako da se ova karakteristika izmeni odnosno da se utrošak ukupnog rada po jedinici ostvarenog društvenog proizvoda smanji.

Moguće promene u proizvodnim procesima nalaze se u oblasti minulog i u oblasti živog rada. Smanjenje utroška minulog rada u proizvodnim procesima je moguće ostvariti isključivo povećanjem obima proizvodnje odnosno brojem jedinica proizvoda koji se u toku godine obrade na sredstvima rada (deo koji se odnosi na mašine, pribore i sl.), smanji utrošak energije po jedinici proizvoda, smanji utrošak alata, poveća iskorišćenje osnovnog materijala itd. Promene u ovom pravcu moguće su u domaćoj industriji bez uvodjenja bilo kakve automatizacije ili novih savremenih sredstava rada već samo intenziviranjem dela živog rada u sistemu koji se bavi indirektnim poslovima odnosno koji upravlja proizvodnim procesima sa svih aspekata. Veoma nizak stepen iskorišćenja postojećih resursa potvrdjen je istraživanjima obavljenim u više istraživačkih centara u zemlji.

Manji utrošak minulog rada savremenim sredstvima rada i energiji moguće je postići i usporavanjem dugoročnih procesa na elementima osnovnih tribo-mehaničkih sistema kojima se u procesu proizvodnje vrši prenos energije i kretanja. Usporavanjem triboloških procesa u zonama kontakta osnovnih tribo-mehaničkih sistema povećava se vek trajanja sredstava rada, npr., odnosno stvara se mogućnost da njihova vrednost sa manjim iznosom opterećuje jedinicu proizvoda.

Promene koje bi dovele do povećanja učešća minulog rada u strukturi ukupnog utrošenog rada po jedinici ostvarenog društvenog proizvoda u domaćoj industriji prerade metala i na taj način izjednačila ovu karakteristiku domaćih proizvodnih procesa sa sličnim proizvodnim procesima u razvijenim zemljama zahtevale bi uvodjenje u proizvodne procese novu savremenu opremu (npr. proizvodne mašine sa NC i CNC upravljanjem u većoj meri) kao i veću automatizaciju procesa proizvodnje. Ove promene uslovile bi i smanjenje ukupnog direktnog rada pri stvaranju proizvoda što bi moglo da dovede i do smanjenje ukupnog utrošenog rada ako bi smanjenje direktnog rada bilo veće od povećanja minulog rada sadržanog u novoj opremi.

Proizvodnja savremene opreme u našoj zemlji je u prilično meri siromašna. Na primer, od 1981.-1983. god. proizvodnja mašina alatki za NC i CNC upravljanjem u domaćoj industriji prerade metala bila je:

Godina proizvodnje	Strugovi	Glodalice	Obradni centri i borverci
1981.	140	15	41
1982.	71	13	35
1983.	33	3	38

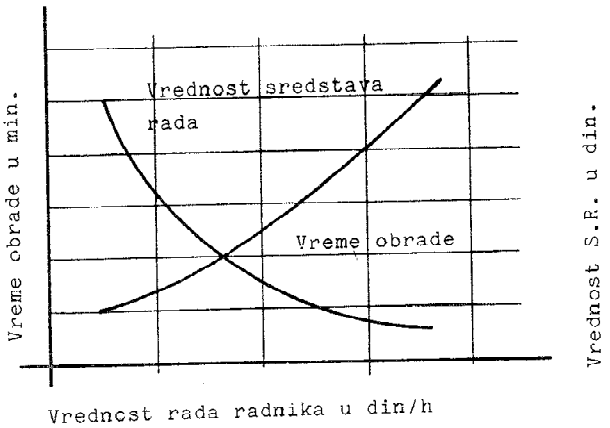
Sa ovako malim brojem proizvedenih mašina sa NC i CNC upravljanjem očigledno je da modernizacija proizvodnih procesa u industriji prerade metala kroz uvodjenje mašina alatki ove vrste ili čak kroz uvodjenje fleksibilnih obradnih sistema može da bude ostvarena samo uvozom ovih sredstava rada iz industrijski razvijenih zemalja. Kako je u ovim zemljama vrednost rada radnika koji proizvode mašine vrlo visoka (nekoliko puta veća od vrednosti rada radnika u domaćoj industriji prerade metala) to je veoma teško uvoditi promene ove vrste u proizvodne procese u domaćoj industriji prerade metala a da se pri tome ukupni utrošeni rad po jedinici ostvarenog društvenog proizvoda smanji.

Razmišljanja u ovom pravcu dovode do zaključka da su promene u proizvodnim procesima u domaćoj industriji prerade metala u pravcu smanjenja direktnog rada uvodjenjem automatizacije i alatnih mašina sa NC i CNC upravljanjem moguće tek u uslovima koje karakteriše visoka vrednost direktnog živog rada, daleko veći od one koju mi imamo danas.

Primer prikazan na sl. 10 jasno govori o vezi izmedju vrednosti sredstava rada odnosno proizvodnih mašina po jednom času rada i vrednosti jednog časa direktnog rada za slučaj da se vrednost obrade zadrži konstantnom.

Veći stepen automatizacije proizvodnih procesa koji omogućava kraće vreme izrade praćen je i većom vrednošću sredstava rada. Ovo povećanje troškova sredstava rada po jedinici vremena obrade korišćenja vremena može da bude neutralisano samo ako je vrednost direktnog rada velika. Zaključak koji se izvodi na osnovu ovakvih razmišljanja govori o neophodnosti drastičnog povećanja vrednosti direktnog rada koje je potrebno ostvariti kroz korišćenje postojeće proizvodne

opreme da bi se stvorili uslovi za njihovu izmenu u pravcu uvodjenja savremenijih i produktivnijih sredstava rada.



Sl. 10

Na sličan način može se razmišljati i o problemima vezanim za uvodjenje promena u proizvodne procese koji se odnose na rezne alate, na primer. Savremeni rezni alati sa višestrukim prevlakama omogućavaju značajno povećanje brzine rezanja i skraćenje vremena izrade. Poznat je podatak da obrada sa klasičnim pločicama od tvrdog metala koja je 1969. godine trajala 14 min. primenom pločica sa višestrukim prevlakama trajala je već 1979. godine samo 4 min. Medjutim, kao i u slučaju mašine tako i u slučaju alata promene u današnjim proizvodnim procesima moguće je izvesti samo ako smanjenje vrednosti direktnog rada koje se javlja kao posledica smanjenja vremena izrade može da pokrije povećanje vrednosti troškova savremenih reznih alata.

Promene koje se mogu očekivati u vremenu koja dolaze u proizvodnim procesima u domaćoj industriji prerade metala ne odnose se, po mišljenju autora, na značajne promene u vrsti korišćenih sredstava rada i alata kao ni druge opreme već će se nužno odnositi na vrstu i količinu korišćenih znanja u upravljanju procesima proizvodnje u industrijskim sistemima prerade.

4. ZAKLJUČAK

Proizvodni procesi u industriji prerade metala mogu biti definisani sa karakteristikama izgradjenim na različite načine. Autor je koristeći rezultate istraživanja u oblasti produktivnosti industrijskih sistema kod nas i u svetu pokušao da ukaže na mogućnost korišćenja nekoliko osnovnih karakteristika proizvodnih procesa koje daju jasnu sliku industrijskih sistema u kojima se stvara materijalna proizvodnja. Pomoću ovih karakteristika moguće je uporedjivati domaće industrijske sisteme medjusobno i sa odgovarajućim industrijskim sistemima u razvijenim zemljama da bi se izveli potrebni zaključci o daljim pravcima razvoja industrijskog sistema i neophodnosti uvodjenja promena u postojećim proizvodnim uslovima.

Sa odredjenom dozom straha da bude pogrešno shvaćen i ocenjen kao konzervativan autor ipak zaključuje da je osnovni uslov za modernizaciju postojećih proizvodnih procesa u industriji prerade metala drastično povećanje vrednosti živog rada posebno direktnog do koga može doći isključivo povećanjem iskorišćenja postojećih resursa kroz unošenje novih znanja i veće količine postojećeg u domaće industrijske sisteme.

LITERATURA

[1] B. Ivković: CPR - sistem za merenje, analizu i praćenje produktivnosti, Produktivnost u industriji, 4/82.

[2] J. L. Riggs: Productivity by Objectives, PRENTICE-HALL, ING. 1983.

[3] B.N. Colding: Productivity gains throught the realization integrated Manufacturing system today, Proceedings World Productivity Congress 1981.

B. Ivković

MANUFACTURING PROCESSES IN METAL WORKING INDUSTRY - MAIN CHARACTERISTICS AND POSSIBLE CHANGES

Abstract

Considered in the paper are possible main characteristics of the manufacturing processes in the metal working industry, based on the application of research results is the field of productivity of manufacturing processes and industrial systems in Yugoslavia and abroad. The opinion is presented that by knowing the structure of the total work it is possible to create conditions for the selection of optimal directions for introducing changes into production processes.

XIX SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE

Kragujevac, septembar 1985.

KIBERNETIZACIJA DELA - STRATEŠKA SMER INDUSTRIJSKEGA RAZVOJA SLOVENIJE

J.Peklenik, Fakultet za strojništvo, Ljubljana

Rezime

Prispevek obravnava izhodišča za posodobitev naše proizvodnje in inovacijo proizvodov strojne, elektro in drugih industrij. Z utemeljitvijo sistemske znanosti in kibernetike, razvojem računalniške tehnologije v smeri miniaturizacije ter koncepiranja samoupravljanja so bili ustvarjeni pogoji za skladen industrijski razvoj naše družbe na osnovi kibernetizacije dela. Ta zajema fleksibilno avtomatizacijo proizvodnje s pomočjo računalniške tehnologije, razvoj novih visokotehnoloških proizvodov z mikroprocesorskim krmiljenjem ter sodobno organizacijo proizvodnih sistemov za proizvodnjo z individualnim in maloserijskim karakterijem.

Podana je analiza razvojnih smeri v industrijski proizvodnji Slovenije, ki sloni na navedenih principih kibernetizacije dela v industriji.

1. UVOD

V zadnjih nekaj letih smo priča mrzličnemu razglabljanju na mnogih nivojih in v najrazličnejših sredinah o potrebi in možnosti prestrukturiranja naših proizvodnih industrij - strojne, elektro, kovinsko-predelovalne in drugih. Te namreč prispevajo s proizvodnjo izdelkov visokih vrednosti približno 75 % k celotnemu materialnemu bogastvu družbe. Namreč, le skozi proizvodni proces povečano vrednost osnovnih materialov o obliki proizvodov je mogoče ponuditi tržišču in s tem ustvarjati prihodek. Pri tem se pojavi pomembno vprašanje, ki je gotovo eno centralnih, in sicer:

KAKO PROIZVAJATI MATERIALNO BOGASTVO CENEJE?

Odgovor na to je nedvomno v inovaciji proizvodov, proizvodnih tehnologij in metod upravljanja proizvodnje. Če ocenjujemo današnjo situacijo v naših proizvodnih industrijah lahko ugotovimo, da smo v tem delu gospodarskih dejavnosti v kriznem položaju in sicer tako na področju razvoja novih proizvodov s konkurenčno sposobnostjo na svetovnih tržiščih, uvajanja novih računalniško podprtih tehnologij in ne nazadnje s sodobno organiziranostjo proizvodnih sistemov. Na to stanje naša znanost že dalj časa opozarja. Odgovori na ta opozorila so bili stihijski in na prostovoljni osnovi z dokaj eratičnim oscliranjem okoli - kam in kako! Šele v zadnjih dveh letih je čutiti več posluha za reševanje te nevarne krizne situacije na način, ki ga narekuje druga industrijska revolucija.

Inovacija proizvodnje in proizvodov seveda ni tako preprosta zadeva, ki bi jo bilo mogoče z nekaj takšnimi ali drugačnimi akcijami in kar tako realizirati. V prvi vrsti zahteva strateško orientacijo, sposoben razvoj, ki je možen le ob primerno razviti znanosti, kreativnih kadrih z vizijo razvoja, sredstvih za smiselne investicije v sodobno tehnološko opremo in kadre ter ne nazadnje odgovarjajočo družbeno klimo.

Najprej si poglejmo posamezne elemente strateške orientacije našega razvoja v naslednjih obdobjih.

2. NEKATERI ELEMENTI KIBERNETIZACIJE DELA V PROIZVODNJI

Razmišljanja o usmeritvi dolgoročnega razvoja proizvodnih industrij in racionalne odločitve, ki jih bomo morali sprejeti tako ali drugače, o teh usmeritvah bodo usodno vplivale na naš jutrišnji dan. Vplivale bodo na vrsto družbenih elementov sistema samoupravljanja, kot npr. politiko zaposlovanja, sestavo delovnih struktur, sistem izobraževanja, razvojnega in raziskovalnega dela, da naštejem le nekaj najvažnejših in ne nazadnje tudi na razvoj političnega sistema.

Odgovor na vprašanje, kam in kako usmeriti dolgoročen razvoj Slovenije kot dela SFRJ v industriji, je kompleksen in je izrazito strateškega značaja. Če pa govorimo o

strateških dimenzijah razvoja in projekcijah naše industrije kam in kako, se mi zdi koristno in potrebno, da pogledamo izhodišča in nekatere osnovne elemente, iz katerih bo izhajal industrijski razvoj naše samoupravne družbe.

TITO, KARDELJ, WIENER, SHANNON, von NEUMANN

Nekoliko nenavadna kombinacija imen, kreatorjev novih revolucionarnih idej in konceptov z izredno dalekosežnimi posledicami za razvoj človeške družbe pod skupnim imenovalcem! Morda se komu zdi to le prenapeto, preobsežno, univerzalno in manj pomembno. Utemeljitev te ocene bo vsekakor postavila te velikane družbene vizije in znanosti po njihovih dosežkih v isto vrsto.

Ideje in koncepti samoupravljanja, kibernetike in informatike so bile rojene v štiridesetih letih. To so bila kot vidimo izredno plodna leta, polna novih revolucionarnih idej in pogledov, katerih teža in pomen začenja zaznavati človeštvo na sploh in industrijska družba še posebej, šele v današnjih dneh v vsej širini, univerzalnosti in teži.

Poglejmo si nekoliko podrobneje te vizije, ideje in nova znanstvena odkritja, ki so začela vedno močneje vplivati na družbena dogajanja in tehnološki razvoj.

V štiridesetih letih sta Tito in Kardelj zasnovala in utemeljila sistem socialističnega samoupravljanja. Ta razvoj je v sedemdesetih letih kulminiral v pomembnih normativnih aktih, med katerimi je gotovo najpomembnejši zakon o združenem delu. Tako smo dosegli tisto stopnjo družbenega razvoja, ne samo v teoriji, temveč tudi v praksi, ki ga smatramo za potreben pogoj za nadaljnji razvoj družbenih, predvsem pa proizvodnih odnosov, kjer bo človek-delavec dosegel vso svojo veličino. Samoupravna organiziranost proizvodnih sistemov, ki se sestoje iz enakopravnih subjektov, ki odločajo o pogojih in rezultatih svojega dela, kot pravi prvi člen zakona o združenem delu, je eno izmed temeljnih izhodišč za nadaljnji razvoj in ga bo v vedno večji meri diktiral razvoj znanosti in tehnologije.

Sedaj si poglejmo nekoliko podrobneje drugo in tretjo komponento, ki sta pripeljali razviti industrijski svet v zadnjih desetletjih na pot globokih strukturnih sprememb na področju dela, še posebno pa proizvodnega dela.

V štiridesetih letih je ameriški matematik Norbert-Wiener /1/ utemeljil novo znanstveno disciplino - kibernetiko ali znanost o upravljanju strojev in živali. Poimenoval jo je po starem grškem izrazu - kybernetes - ki ga je več kot 100 let nazaj uporabil francoski fizik Ampere, vendar ne v tako širokem kontekstu. S fundamentalnimi deli o krmiljenju neživih naprav in živih organizmov je Wiener in njegova šola zgradil teoretične osnove te interdisciplinarne znanosti o sistemih. Pomembna komponenta tega teoeretičnega fundamenta predstavlja pojem informacije, ki jo je podrobneje raziskal in utemeljil drugi ameriški matematik Claude Shannon /2/. S tem so bile dane tiste osnove za razvoj novih principov metod in sredstev za opravljanje dela in vseh vrst človeške dejavnosti od tehniških, bioloških, ekonomskih, družbenih in ne nazadnje političnih. Tako je kibernetika kot nova sistemska znanost začela pronicati v pore drugih znanstvenih disciplin, tehnologije, proizvodnje, upravljanja, izobraževanja in družbe na sploh, čeprav zelo počasi, pa vendar!

Ob istem času, ko je Wienner utemeljeval kibernetiko, je Franz von Neumann /3/ razvil prvi digitalni računalnik s pomočjo kombinacij velikega števila elektromehanskih relejev, elektronskih cevi in drugih klasičnih elementov elektrotehnike. Ta ogromni stroj za izračun aritmetičnih operacij je postajal z iznajdbo Shockeyevega tranzistorja ter integracije in minituarizacije tega elementa v obliki integriranih vezij vedno manjši in manjši. Če bi primerjali računalniške sposobnosti von Neumanovega računalnika, ki je po velikosti presegel prostornino večjega prostora z današnjimi žepnimi računalniko nekoliko zahtevnejše izvedbe bi ugotovili, da so precej enake. Cene računalnikov so istočasno tudi dramatično padale in s tem so postali ti kot komponente v kibernetskih sistemih dostopni, ekonomsko upravičeni in s tem realno tudi uporabljivi v industrijski proizvodnji. S tem trendom, ki je v začetku sedemdesetih let kulminiral v razvoju mikroprocesorja, kot t.i. procesne enote, ki izvaja najrazličnejše logične operacije na ploskvi nekaj kvadratnih milimetrov, so bili ustvarjeni tudi materialni pogoji za kibernetizacijo dela.

Navedene tri prvine: kibernetika kot sistemska osnova, računalnik in mikroelektronika kot sredstvi ter samoupravljanje kot organizacijski sistem svobodnih subjektov predstavljajo tiste elemente, ki bodo odločujoče vplivale na strateško usmeritev razvoja proizvodnih industrij.

Če povzamemo zgoraj nanizana razmišljanja ugotovimo presenetljivo sočasnost izredne kreativnosti in inovativnosti v štiridesetih letih, tako na področju znanosti in tehnologije, kakor tudi razvoja novih konceptov družbenega razvoja. Posledice tega se kažejo in s tega stališča bomo razglabljali o strategiji našega bodočega razvoja.

Posledice teh dosežkov znanosti in tehnologije so očitne. Priča smo avtomatizaciji, robotizaciji, komputerizaciji, ki so sinonimi za delo brez sodelovanja človeka kot subjekta v delovnem procesu, v proizvodnji, administraciji in drugih dejavnostih, kjer avtomati, roboti in računalniki že prevzemajo marsikatere funkcije delavca. Izpodrivajo ga z delovnih mest, povzročajo vedno večje spremembe v zaposlitveni strukturi in močno vplivajo na oblikovanje in pogoje dela. Kot pozitivno komponento tega razvoja smatramo osvobajanje delavca od nevarnih del, del v zdravju škodljivem okolju, nadomeščanju človeka pri izvajanju stereotipnih in ponavljajočih se operacij. Vendar ne moremo si kaj, da ugotovimo, da pri vsem tem ostaja človek delavec objekt delovnega okolja oz. sistema, ne pa kot njegov gospodar. Tako se mu dogaja, da se kljub pomembni rasti družbenega produkta v kapitalističnih deželah veča nezaposlenost. Zakonitosti zaposlovanja v deželah realnega socializma pa v tem kontekstu niso primerljive.

Kot samoupravna družba, kjer naj delavec odloča o pogojih in rezultatih dela se ne moremo zadovoljiti s tem, da se opredelimo za stretegijo razvoja, ki nas bi vodila v nekakšno nedefinirano avtomatizacijo, robotizacijo in kompjuterizacijo proizvodnje. Takšna razvojna filozofija nas bi pripeljala natančno tja, kjer se nahajajo družbe z razvitimi visoko tehnološkimi proizvodi in proizvodnimi sistemi.

Smotrneje bo, če bomo koncipirali našo strategijo razvoja na osnovah kibernetizacije dela kot nove kategorije organiziranja in izvajanja proizvodnega procesa s pomočjo fleksibilne avtomatizacije in računalniške tehnologije, kjer bo delavec subjekt v sistemu, ne pa objekt manipuliranja. V tem je edinstvena prvina samoupravnega sistema, ki omogoča celovito koncipirati naš razvoj v industriji in gospodarstvu na stretegiji kibernetizacije dela. Njegova izhodišča in prvine bomo obdelali v naslednjih izvajanjih, ki temelje na osnovah nove znanstvene discipline "proizvodne kibernetike", ki jo je predlagal in utemeljil pred nekaj leti avtor /4,5/.

3. PROIZVODNI SISTEMI IN ELEMENTI RAZVOJA PROIZVODNJE

Da bi lahko smiselno razpravljali o kibernetizaciji dela v proizvodnji je potrebno prikazati:

- bistvene elemente proizvodnega sistema in njihove medsebojne povezave in
- zahteve, ki se postavljajo danes na razvoj in proizvodnjo novih izdelkov.

Slika 1 prikazuje delovne podsisteme proizvodnega nivoja na kibernetskem principu. Potem, ko je bilo odločeno na nivoju samoupravnih organov, kaj bo proizvajala DO, je podano izhodišče za planiranje obsega proizvodnje za določena planska obdobja in tržne razmere /4/. Iz blokovnega diagrama so razvidni sledeči proizvodni procesi z odgovarjajočimi povratnimi zvezami in bazo podatkov za proizvodni nivo, in sicer:

- razvoj, projektiranje in konstruiranje proizvodov s pomočjo računalnika (CAD). V zaprto zanko se vključuje konstruiranje za proizvodnjo, ki predstavlja stičišče med konstrukcijo in tehnologijo
- priprava proizvodnje in planiranje pretoka obdelovancev in komponent skozi obdelovalne sisteme. Pri tem se v sodobni proizvodnji avtomatizira priprava tehnološke dokumentacije, formiranje družin obdelovancev, izdelava krmilnih trakov za CNC-obdelovalni sistem in optimiranje tehnologije s pomočjo računalnika.

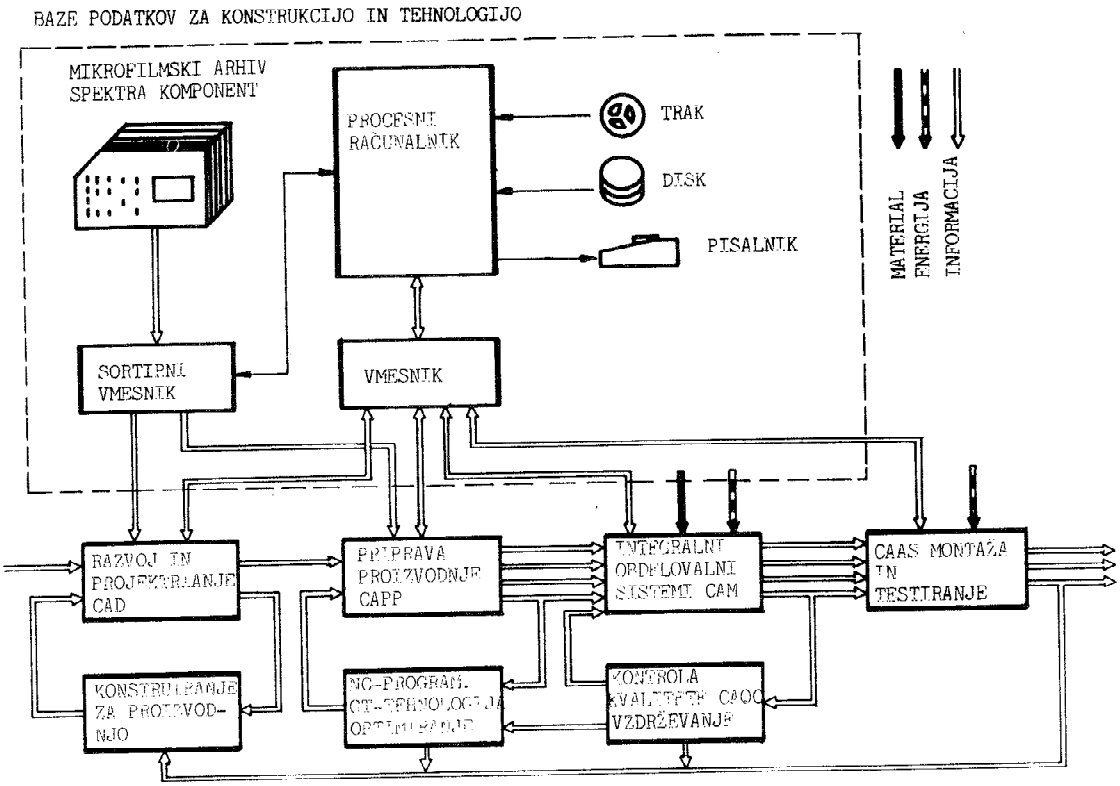
Tako pripravljeno dokumentacijo z odgovarjajočimi materiali vred se posreduje obdelovalnim sistemom in celicam. Kvaliteta kontrole ter vzdrževanje z orodno službo in transportnimi napravami za povezavo delovnih mest v bloku povratne zveze omogočajo računalniško podprto proizvodnjo komponent.

Tudi montažo in testiranje je možno avtomatizirati z računalniško vodenimi fleksibilnimi montažnimi sistemi.

Vse te dejavnosti zahtevajo informacijski sistem, ki vsebuje vse relevantne podatke za konstruiranje, izdelavo in montažo. Ti so na primeren način kompilirani v bazi podatkov.

Razvoj in projektiranje novih proizvodov zahteva torej ne samo izbiro optimalne rešitve iz številnih alternativ, temveč tudi hitro izdelavo kvalitetne delavniške dokumentacije.

Na osnovi teh se izdelajo tehnološki postopki za izdelavo komponent. Istočasno se izračuna in pripravi NC-trakove za krmiljenje numerično krmiljenih strojev, formira se družine obdelovancev za realizacijo grupne tehnologije in optimira tehnološke postopke ter pogoje obdelave. Sledi izdelava komponent v integriranih obdelovalnih sistemih, pri čemer pripada kontroli kvalitete poseben pomen. Montaža proizvodov iz izdelanih, kupljenih ali dobavljenih elementov in komponent ter njihovo testiranje zaključujejo proizvodni proces na tem nivoju.



Slika 1: Delovni podsistemi III. nivoja PS z datotekami za K in T-informacije

Osnovno vprašanje, ki ga moramo rešiti je, kaj moramo storiti, da bomo:

- hitro in učinkovito razvijali proizvode, ki jih tržišče zahteva, torej da bomo v razvoju novih proizvodov zelo fleksibilni
- z ozirom na pretežno individualno in maloserijsko proizvodnjo obvladovali te vrste proizvodnjo učinkovito in z najmanjšimi stroški
- upoštevali zahteve po novih materialih in visokih natančnostih v visokotehnoloških proizvodih in pri tem dosegli proizvodne standarde industrijsko razvitih sistemov

Če bomo ta problem uspešno reševali bomo dejansko realizirali zahtevo proizvajanja materialnega bogastva ceneje!

S temi ugotovitvami, ki nam določajo okvire diskusije okoli kibernetizacije dela v proizvodnji se lotimo osrednje problematike in sicer:

- inoviranja proizvodov
- inoviranje proizvodnih metod in
- organizacijskih rešitev v okviru proizvodnih sistemov

4. KIBERNETIZACIJA RAZVOJA NOVIH PROIZVODOV

Inovacija proizvodnega programa in razvoj novih proizvodov morata slediti stanju tehnike in zahtevam tržišča kar najbolj tesno in učinkovito.

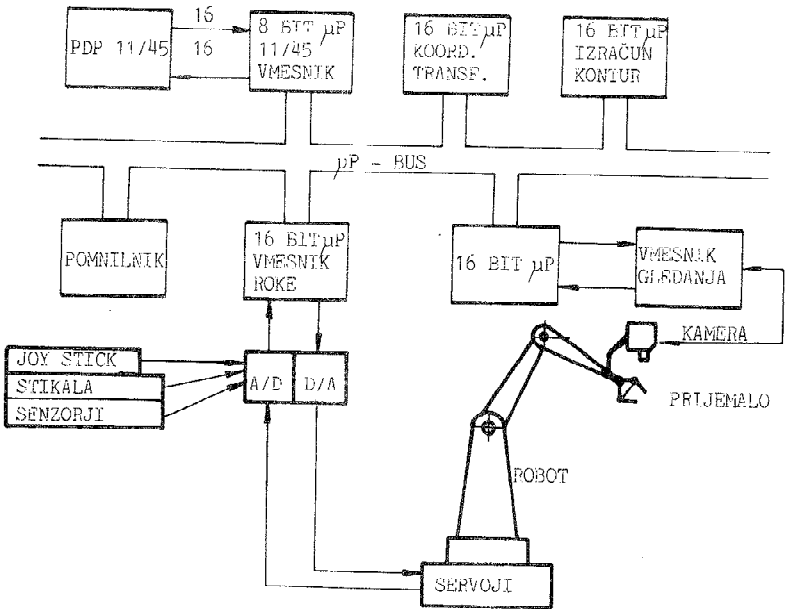
To pa pomeni, da je zahteva po hitri in zanesljivi tržni analizi za vodstvene organe imperativ, ki služi odločanju o proizvodnem programu. Pri tem so računalniško podprte metode analize in odločanja v tem kontekstu posebnega pomena. Te odločitve se posreduje razvoju, ki projektira nov proizvod z upoštevanjem vseh faktorjev tako, da bo uspešen na tržišču. To pa pomeni, da mora proizvajalec imeti na razpolago dvoje in sicer:

- organizirane in hitro dostopne informacije in podatke, ki jih pri projektiranju potrebuje ter
- sredstva za učinkovito projektiranje in izdelavo delavniške dokumentacije.

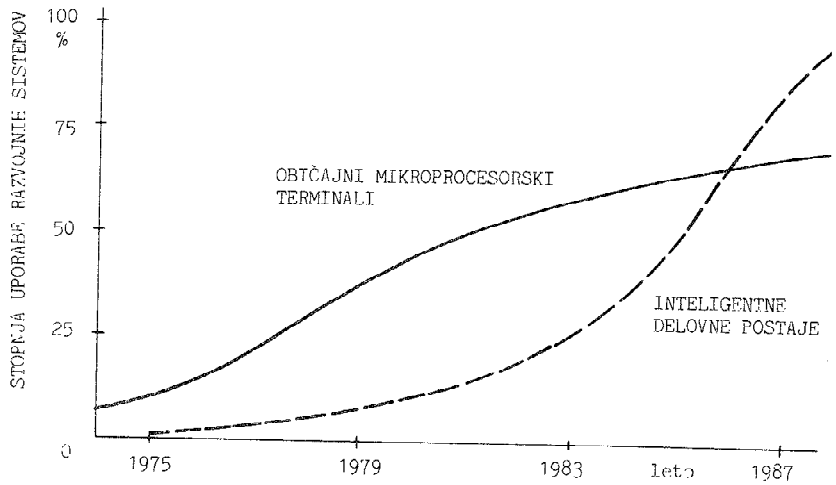
Da bi videli razsežnost problema projektiranja in konstruiranja novega visokotehnološkega proizvoda, si poglejmo kot primer razvoj mikroprocesorsko krmiljenega robota. To lahko razdelimo v tri dele in sicer:

- projektiranje, izračun in konstrukcijo mehanske

arhitekture robota z n-prostostnimi stopnjami
- projektiranje in izračun močnostnih krmilnikov
- razvoj algoritmov krmiljenja sistemske programske opreme in programiranje
- projektiranje in izračun hierarhičnega mikroprocesorskega krmilnika.



Slika 2: Mikroračunalniška mreža za hierarhično krmiljenje



INTELIGENTNE
DELOVNE POSTAJE:

- obdelava podatkov in informacij
- simulacije
- grafika
- prenos podatkov in poročil
- avtomatizacija projektiranja

Slika 3: Razvoj delovnih postaj in uporabe terminalov v razvoju

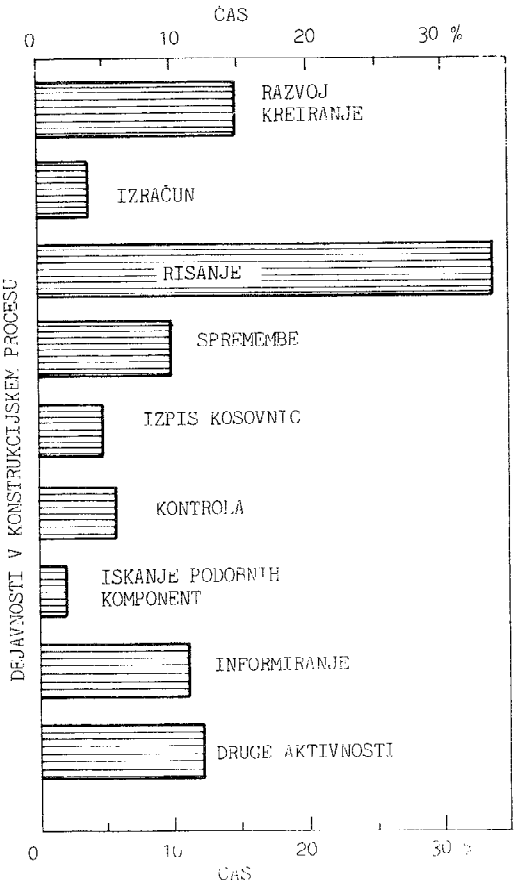
Na sliki 2 so shematično prikazani navedeni elementi robota s senzorji vida. Projektiranje in razvoj takšnega sistema zahteva v prvi vrsti odlično organiziran računalniško podprt informacijski sistem z relevantnimi podatki za izračun, kinematike, dinamike in trdnosti mehanske konstrukcije robota, modeliranje posameznih podsistemov robota in simulacijske procedure. Isto velja tudi za projektiranje močnostnih in μP-krmilnikov in druge dejavnosti pri projektiranju. za vse to mora biti na razpolago primerna računalniška in programska oprema (CAD). Projektantu mora biti na razpolago inteligentna delovna postaja, ki omogoča vrsto dejavnosti, povezanih s projektiranjem in sicer: obdelavo podatkov in izračune, simulacije, grafične prikaze, prenos podatkov in poročil ter avtomatizacijo izdelave projektne in delavniške dokumentacije. Zato se v zadnjih nekaj letih močno uveljavljajo inteligentne delovne postaje, ki prevzemajo naloge manj sposobnih mikroprocesorskih terminalov, kot kaže slika 3.

Izdelava delavniške dokumentacije s pomočjo računalnika je zaradi obsega dela v celotnem procesu projektiranja, ki znaša preko 30 % velikega pomena. Slika 4 ilustrira porazdelitev dejavnosti v tem procesu in kaže, da je pričakovati največje zvišanje produktivnosti konstrukterja ravno na tem segmentu dela.

Za uspešno delo na tem nivoju CAD-a je potrebno kot del info-sistema organizirati mikrofilmski arhiv spektra komponent vseh proizvodov (slika 1), ki jih neka do proizvaja. Urejene so po dveh načelih in sicer po identnih številkah in klasifikacijskih številkah. ID-številka pove, h kateremu proizvodu pripada določena komponenta. Klasifikacijska številka pa pove, v katero družino podobnih komponent je ta uvrščena /8/. Tako urejene in preko računalnika dostopne informacije služijo konstrukterju za izbiro ponovljivih komponent, planiranje in izdelavo družin komponent na osnovi grupne tehnologije (GT), smotrno organizacijo obdelovalnih sistemov ter optimalno investiranje v obdelovalne stroje z upoštevanjem spektra komponent v DO.

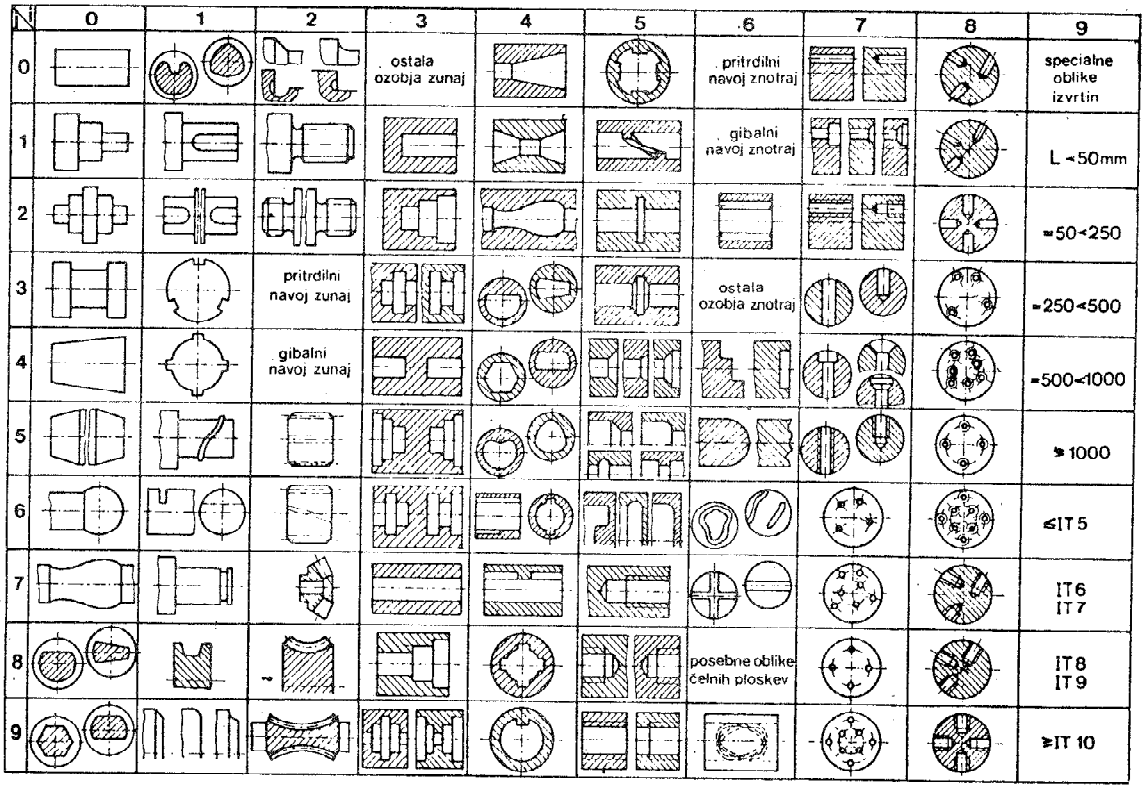
K tem informacijam in podatkom je potrebno dodati še druge, ki so pomembne za razvoj in konstrukcijo proizvodov in sicer: materiale, tolerance, polproizvode, kupljene komponente, standardne elemente itd.

Ta Simpozij bo podal vrsto pogledov in rešitev na vprašanje računalniško podprtega projektiranja in konstruiranja ter organizacije baze podatkov in informacij za CAD. Posebno pozornost smo namenili razvoju formiranja družin komponent, kjer smo klasične klasifikacijske sisteme, kot so jih predlagali S.P.Mitrofanov /6/, H.Opitz /7/ in drugi avtorji nadomestili z novim pristopom ocenjevanja podobnosti obdelovancev s pomočjo izračuna potencialnih nivojev /8,9/. S tem se prenese postopek klasificiranja v konstrukcijo, kjer konstrukter uporablja oblikovno binarno matriko, tako za računalniško podprto risanje delavniške dokumentacije, kot za računalniško podprto klasificiranje komponent.



Slika 4: Analiza dejavnosti v konstrukcijskem procesu

Slika 5 kaže oblikovno binarno matriko za rotacijske komponente. Konstrukter samo pokaže na oblikovni element, ki se nahaja v matriki in, ki ga želi uporabiti na komponenti, ki jo riše in iz računalnika pokliče podprograma za narisanje in izračun potencialne funkcije za klasifikacijo komponent v določeno družino (CAGT). Binarne matrike predstavljajo oblikovne primitive, iz katerih se sestavljajo komponente in so sestavni deli baze podatkov, tako za konstrukcijo, kot za planiranje tehnologije (CAPP).



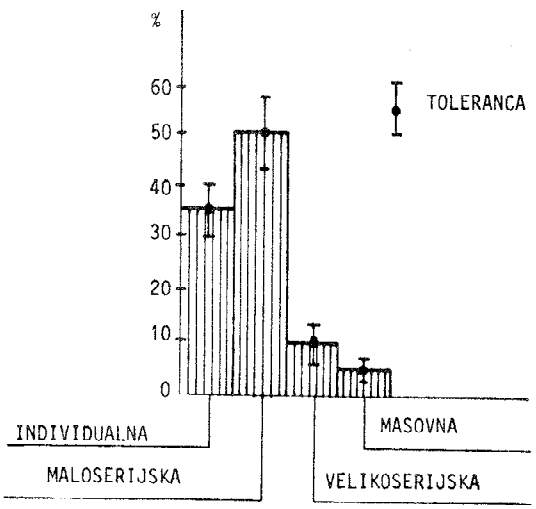
Slika 5: Matrika primitivnih obdelovalnih površin - primitivov

5. KIBERNETIZACIJA PROIZVODNIH PROCESOV IN OBDELOVALNIH SISTEMOV

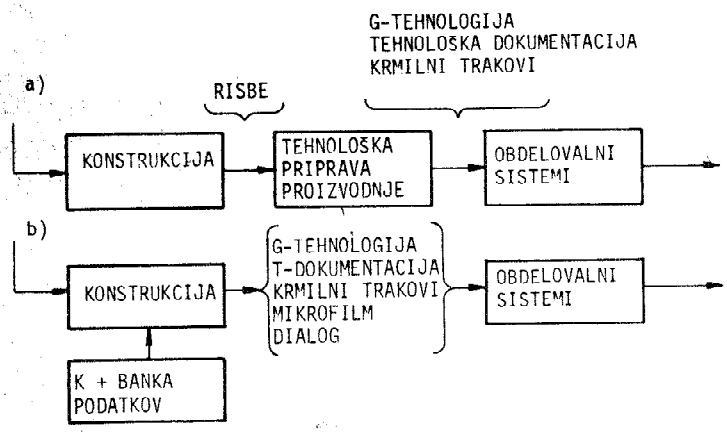
Z ozirom na karakter naše proizvodnje, ki je izrazito individualna in maloserijska, kot kaže slika 6, je potrebno uvajati v tehnološko pripravo proizvodnje in izdelavo komponent v integriranih obdelovalnih sistemih GT-principe.

Raziskave so pokazale, da je izdelovalni čas komponent na NC-obdelovalnih strojih največkrat bistveno krajši od časa, ki ga potrebujemo za tehnološko planiranje procesov za izdelavo teh komponent. Zaradi pogostega menjavanja obdelovancev v pogojih individualne in maloserijske proizvodnje prihaja v proizvodnji ali do zastojev zaradi pomanjkanja planersko-tehnoloških kapacitet ali je pa potrebno veliko število tehnologov, ki pripravijo tehnološke podloge in ročno programirajo luknjaste trakove za krmiljenje NC-strojev.

Iz teh razlogov je smiselno uvesti računalniško podprto načrtovanje tehnoloških postopkov (CAPP) in ga integrirati z računalniško podprto grupno tehnologijo (CAGT) ter računalniško podprto programiranje in izdelavo (CAM). Na sliki 7 je prikazana povezava konstrukcijskega in proizvodnega procesa, enkrat konvencionalno (slika 7a), drugič pa na sodoben način (slika 7b), kjer je klasična tehnološka priprava proizvodnje integrirana v proces konstruiranja.



Slika 6: Karakteristična porazdelitev vrst proizvodnje



Slika 7: Povezava konstrukcijskega in proizvodnega procesa

Takšna integracija je pa možna samo tedaj, če informacijski sistem z bazo podatkov (slika 1) vsebuje poleg geometričnih še tehnološke podatke.

Tehnološka baza podatkov mora vsebovati za računalniško podprto planiranje tehnologije (CAPP) in obdelave (CAM) naslednje elemente:

- sistematiko in klasifikacijo tehnoloških postopkov
- obdelovalnost materialov v najrazličnejših kombinacijah z orodnimi materiali
- metode optimiranja tehnoloških postopkov
- datoteke orodij
- datoteke delovnih sredstev in obdelovalnih strojev
- datoteke vpenjalnih in strežnih naprav
- datoteke merilnih sredstev
- programsko opremo za CAPP oz. računalniško izdelavo tehnološke dokumentacije
- programsko opremo za CAM oz. računalniško izdelavo trakov
- in druge podatke

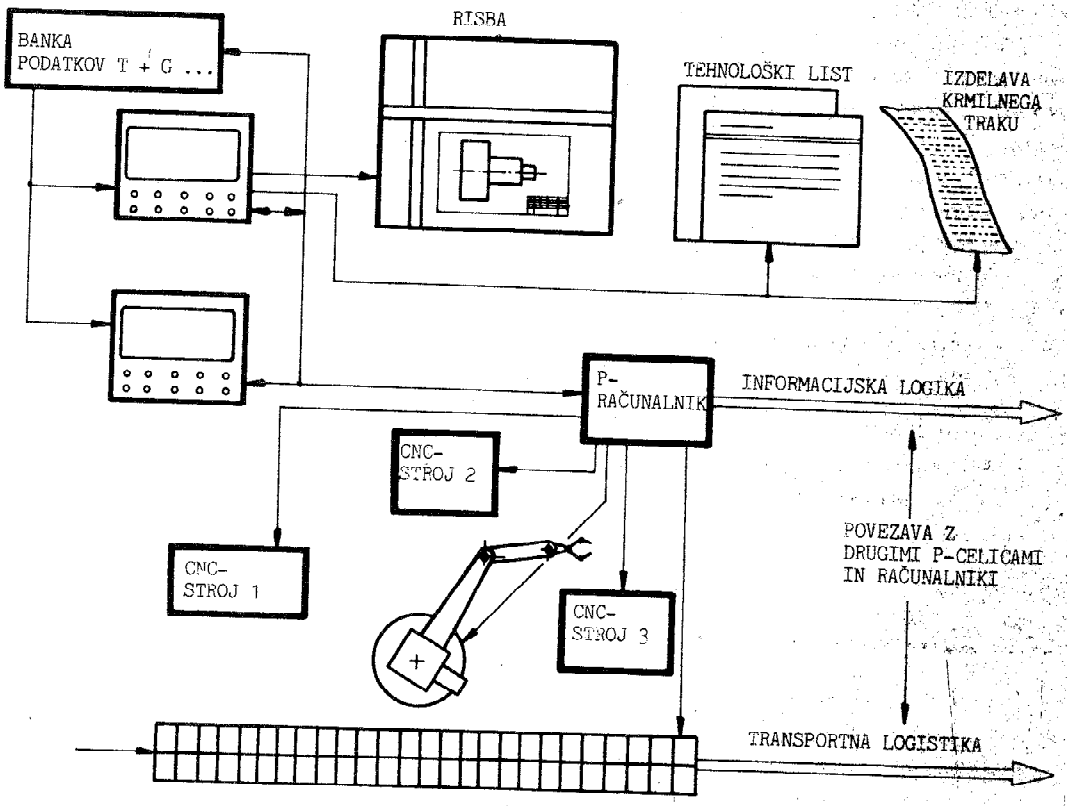
Programska oprema mora biti izdelana tako, da jo bo možno integrirati v en programski paket za CAD/CAPP/CAM na osnovi grupne tehnologije.

Zahteva po integraciji pa ni samo na področju programske opreme, temveč tudi na področju računalniškega integriranja NC-strojev v integrirane obdelovalne sisteme.

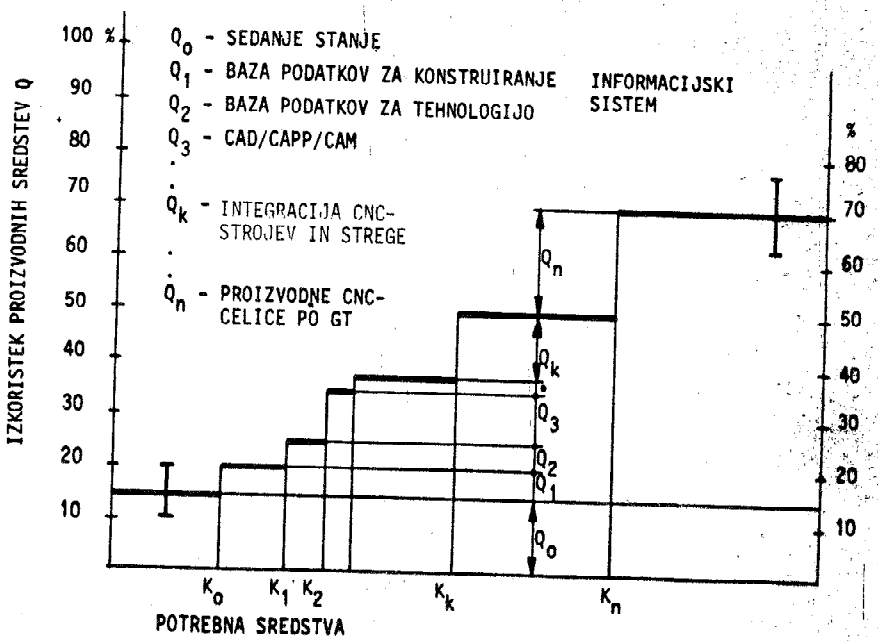
D.T.N.Williamson je v letu 1968 razvil koncept integriranega obdelovalnega sistema MOLINS 24 /10/, ki ga je na osnovi analize integracije sistemov posplošil J.Peklenik /11/. Dramatični ekonomski učinki so bili doseženi na takšen način, kot kaže slika 8. Danes se jasno kažejo oblike bodoče organizacije in krmiljenja delovnih sredstev, integriranih v fleksibilne obdelovalne sisteme oz. celice. Slika 8 kaže obdelovalno celico "LAKOS", ki smo jo začeli graditi v letu 1978 na Fakulteti za strojništvo. Ta služi za raziskave krmiljenja in struktur kompleksnih sistemov v obdelovalni tehniki in za razvoj odgovarjajoče programske opreme, integrirane v enotni programski paket CAD/CAPP/CAM.

Namen takšne integracije je, da uskladi in avtomatizira izdelavo delavniške dokumentacije, tehnološko pripravo dela, izdelavo NC-krmilnih trakov za fleksibilno obdelovalno celico, ki lahko izdela nekaj družin obdelovancev s ciljem, da bo ta operativna 24 ur. To pomeni, da bo sistem izkoriščen vsaj 75 % celotnega časa, ki je na razpolago.

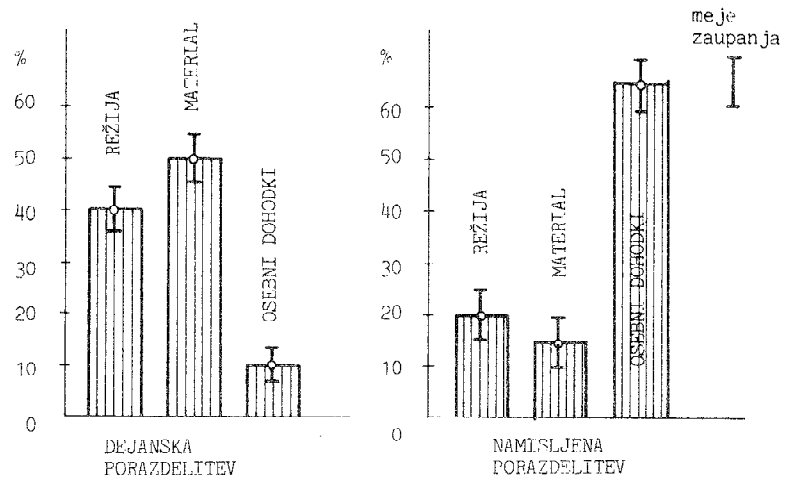
Za zaključek naj ugotovimo, da je za uspešno in učinkovito inovacijo proizvodnih metod in procesov s sredstvi kibernetizacije dela potrebno izvesti vrsto ukrepov, da bi povečali izkoristek delovnih sredstev do maksimalne možne mere. Slika 9 kaže integracijske učinke kibernetizacije dela z ozirom na izkoristek proizvodnih sredstev. Če je danes izkoristek teh enak Q_0 ali ca 15 % se bo ta povečal z uvajanjem baze podatkov za konstruiranje Q_1 in tehnologijo Q_2, nadalje z uvajanjem (CAD/CAPP/CAM) Q_3, integracijo CNC-strojev in strege Q_k ter uvajanjem fleksibilnih proizvodnih celic po principih grupne tehnologije Q_n na ca 75 % - 80 %. To pa pomeni, da moramo reševati probleme razvoja delovnih sredstev in metod večplastno in usmerjati naše raziskovalno in razvojno delo na teh področjih v smeri razvoja posameznih elementov kibernetizacije dela $Q_1 \ldots Q_n$ in seveda njihove integracije. Le na tak način nam bo uspelo najti pot in načine, kako proizvajati bogastvo ceneje!



Slika 8: Proizvodna celica LAKOS kot avtonomni modul (1978)



Slika 9: Faktorji kibernetizacije dela v proizvodni tehnologiji



Slika 10: Porazdelitev stroškov v proizvodnji

Pri tem pa moramo seveda postaviti prave akcente na naše raziskovalno in razvojno delo. Kriterij za to so pa stroški v proizvodnji. Slika 10 kaže, kako danes nerealno ocenjujemo te stroške. V teh ocenah znašajo režijski stroški ca 20 %, materialni ca 15 %, osebni dohodki pa ca 65 %. Ta porazdelitev je osnova vodstev za ukrepanje.

V resnici je pa dejanska porazdelitev stroškov povsem drugačna in sicer znašajo: režijski stroški ca 40 %, stroški materiala ca 50 % in osebni dohodki ca 10 %.

Torej moramo usmeriti napore v zmanjšanje stroškov režije in materiala. To pa pomeni kibernetizirati delo do najvišje možne mere s sredstvi in metodami, ki smo jih opisali dovolj podrobno.

6. KIBERNETIZACIJA DELA V PROIZVODNIH INDUSTRIJAH SLOVENIJE

Slovenska industrija se je v okviru dosedanjega srednjeročnega plana že usmerila v prestrukturiranje, tako proizvodnje, kakor tudi proizvodnih sredstev. Delovne organizacije uvajajo sistematično v svoje obrate CNC-strojev (CAM), fleksibilne strežne naprave, računalniško podprto projektiranje in konstruiranje (CAD).

Trendi razvoja proizvodov kažejo močno na njihovo inovacijo s pomočjo računalniške tehnologije, kot npr. na področju vrste kapitalnih, kakor tudi potrošniških artiklov. Lasten razvoj CNC-obdelovalnih strojev, robotov tretje generacije, CNC-merilnih sistemov, specialnih računalniško krmiljenih delovnih sistemov za proizvodnjo določenih proizvodov v elektroindustriji itd., kaže v smer intenzivnega prestrukturiranja dosedanjih proizvodov v visoko tehnološke. To bo pa pomembno prispevalo h kibernetizaciji dela in hkrati omogočilo prodor novih proizvodov na svetovna tržišča.

V okviru projekta "Obdelovalni sistemi in proizvodna kibernetika" se izvajajo raziskave iz področij, ki so za kibernetizacijo dela relevantne. O rezultatih teh raziskav in transfera znanja v DO bodo poročali posamezni prispevki na tem seminarju. V tej zvezi želim poudariti nekatere principe in vodila za naše raziskovalno delo, v katerem sodelujejo poleg Fakultete za strojništvo še TF-Maribor - Oddelek za strojništvo, Inštitut Jožef Stefan, TAM, Železarna Ravne, Iskra Kibernetika in druge DO.

Za uspešno kibernetizacijo dela v proizvodnji je v prvi vrsti potrebno, da izgradimo skupno bazo podatkov za konstruiranje in tehnologijo. To delo je izredno zahtevno in obširno in predstavlja izhodišče za vsakršno uvajanje grupne tehnologije, računalniško podprtega konstruiranja in tehnološke priprave dela ter računalniške izdelave krmilnih trakov za CNC-obdelovalne stroje.

Pomembno je, da razvijemo skupno programsko opremo za CAD/CAPP/CAM, ki bo temeljila na računalniško podprtem grupno tehnološkem pristopu. Pomembno je tudi, da razvijemo in osvojimo enoten programski sistem za izdelavo NC-krmilnih trakov in tega integriramo v skupno programsko opremo za računalniško izdelavo delavniške dokumentacije. Tako bomo s skupnimi napori prišli do kvalitetne lastne programske opreme, ki je za kibernetizacijo dela na proizvodnem nivoju imperativ.

Na žalost na tem področju v OZD vlada velika stihija. Anketa, ki smo jo izvedli v ZD kaže, da DO kupujejo za CAD najrazličnejše programske pakete (Computervision, Anvil, HP, Elan, Applicon itd.). Ti software-ski paketi, ne da so izredno dragi, tudi niso vezani na baze podatkov za konstrukcijo in tehnologijo in zato samo parcialno rešujejo nekatere probleme v proizvodnji. Podobna situacija vlada tudi na področju programiranja NC-obdelovalnih strojev.

Skrajni čas je, da združimo naše sile, napore in sredstva in ustvarimo osnove in pogoje za učinkovito reševanje problemov v zvezi s kibernetizacijo dela v proizvodnji.

LITERATURA

/1/ WIENER,N.: Cybernetics or Control and Communication in the Animal and the Machine, The M.I.T. Press, Cambridge, Mass. 1984.

/2/ SHANNON,C.E.: The Mathematical Theory of Communication, Bell System J.Vol.27, 1984.

/3/ NEUMANN,J.: The Computer and the Brain, Yale University Press, New Haven, Conn. 1958.

/4/ PEKLENIK,J.: Proizvodna kibernetika - njen vpliv na tehnični in tehnološki razvoj in produktivnost. Zbornik X. Posvetovanja proizvodnega strojništva, Beograd 1975, Okt. S.PK.01.1-53.

/5/ PEKLENIK,J.: Avtomatizacija proizvodnje v naslednjih 20 letih. Kibernetizacija dela v industriji in gospodarstvu. Zbornik - Avtomatizacija proizvodnje, Ljubljana, 1981, s.26-29, Izdali RSS, Komite za kulturo in znanost in GZS.

/6/ MITROFANOV S.P: Naučnie osnovy gruppovoj tehnologii. Lenizdat 1959.

/7/ OPITZ,H.: Klassifizierungssystem, Ind.Anz. 1965, s. 457-468.

/8/ PEKLENIK,J.,GRUM,J.: A New Development to Part Classification for Group Technology. Proc. of Int. Conf. on Manufacturing Eng., Australia National Conference Publication No. 80/5, pp. 279-285. Melbourne 1980.

/10/ WILLIAMSON,D.T.N.: System 24 - A New Concept of Manufacturing, Proc. 8th Intn. MTDR Conference University of Manchester, sept.1967. Pergamon Press 1968, pp. 327-376.

/11/ PEKLENIK,J.: Manufacturing System Concept Development and Integration. Proceedings of the 10th MTDR Conference, Manchester 1969, Pergamon Press, Oxford, pp. 583-600.

J.Peklenik

WORK CYBERNATION - THE STRATEGIC DIRECTION IN THE INDUSTRIAL DEVELOPMENT IN SLOVENIA

Abstract

The paper deals with bases for the modernisation of our industry, and inovation of the products in the metalworking, electrical, and other industries.With the establishment of the systems science and cybernetics, the development of the computer technology toward miniaturisation, and the conceiving of the self-management, conditions have been created for a harmonious industrial development of our society, on the basis of work cybernation. This encompasses the flexible automation of the production by means of the computer technology, the development of new high-technology products with microprocessor control, and modern organisation of the manufacturing systems for individual or small-batch manufacture.
An analysis is presented of the development directions in the industry of Slovenia, which are based on the above mentioned principles of work cybernation in industry.

XIX SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE
Kragujevac, septembar 1985.

SUVREMENA KONCEPCIJA SPECIJALNIH ALATNIH STROJEVA - RAZVOJ FLEKSIBILNE AUTOMATIZACIJE

B. Milčić, SOUR "Prvomajska", Zagreb
Dj. Jaković , SOUR "Prvomajska", Zagreb
M. Bačanek, SOUR "Prvomajska", Zagreb

Rezime

Primjena numeričkog upravljanja na sve većem broju alatnih strojeva, te razvoj obradnih centara omogućili su razvoj fleksibilnih proizvodnih sistema. Tako je primjena numeričkog upravljanja donijela visok nivo automatizacije u pojedinačnoj i maloserijskoj proizvodnji. Posljednjih međutim nekoliko godina počela je primjena numeričkog upravljanja i kod strojeva za velikoserijsku i masovnu proizvodnju. Koje prednosti donosi takova primjena kod specijalnih i transfer linija opisano je u ovom saopćenju.

1.0. UVOD

Prije nešto više od 200 godina počeo je intenzivniji razvoj alatnih strojeva, zapravo početkom prve industrijske revolucije, time da oni danas pružaju neslućene mogućnosti, posebno korištenjem rezultata druge i treće industrijske revolucije. Važnost alatnih strojeva za razvoj industrijske proizvodnje u svijetu, kao i u našoj zemlji, nebismo trebali posebno isticati. Uočljivo je u svijetu, da su najrazvijenije industrijske zemlje ujedno i najveći proizvođači i potrošači alatnih strojeva, jer jedino interakrivno djelovanje industrijske proizvodnje na razvoj alatnih strojeva može dati dobre rezultate. U našoj zemlji na toj osnovi razvilo se nekoliko proizvođača alatnih strojeva, a među njima svakako je i danas najveći proizvođač alatnih strojeva "PRVOMAJSKA" iz Zagreba. "Prvomajska" je proizvođač strojeva za tokarenje, glodanje i bušenje, strojeva za odrezivanje, oštrilica i brusilica te specijalnih strojeva. Veliki i značajan korak učinjen je usvajanjem proizvodnje specijalnih alatnih strojeva, jer je to bio veliki doprinos daljnjem razvoju industrijske proizvodnje, posebno kada je riječ o proizvodnji složenih i veoma složenih izradaka u serijskoj i veliko serijskoj proizvodnji uz korištenje visokog stupnja automatizacije. Od 1965 godine, kada su isporučeni prvi specijalni strojevi, pa do danas ukupno je proizvedeno preko 260 specijalnih strojeva i transfer linija. U proteklih 20 godina prosječno oko 13 strojeva godišnje.

Do sada je od ukupno 261 isporučenih specijalnih strojeva izvezeno ukupno 84 specijalna stroja i to u 5 zemalja / Poljska, ČSSR, DDR, SSSR, Rumunjska /., 36 korisnika u domaćoj industriji preuzelo je u ovih 20 godina 177 specijalnih strojeva i transfer linija. Da bi se dobila bolja slika o području primjene specijalnih alatnih strojeva navest ćemo pregled industrijskih grana u kojima se koriste spomenuti specijalni strojevi kako slijedi:

1.	Motorna industrija	26,5%
2.	Automobilska industr.	18,6%
3.	Traktorska industrija	15,8%
4.	Elektro industrija	12,5%
5.	Kamionska industrija	8,5%
6.	Proizvodnja armature	8,5%
7.	Strojogradnja	6,7%
8.	Industrija građ.stroj.	2,3%
9.	O s t a l o	0,6%

Ovaj pregled pokazuje da je to veliki poduhvat

posebno kada se zna, da su svi specijalni st strojevi, projektirani i konstruirani u vlastitim konstrukcionim biroima, kao i zadnja isporučena fleksibilna transfer linija. U nastavku bit će prikazano dosadašnje iskustvo u gradnji specijalnih alatnih strojeva, kao i osnova za daljnji razvoj, usko vezan uz razvoj fleksibilne automatizacije.

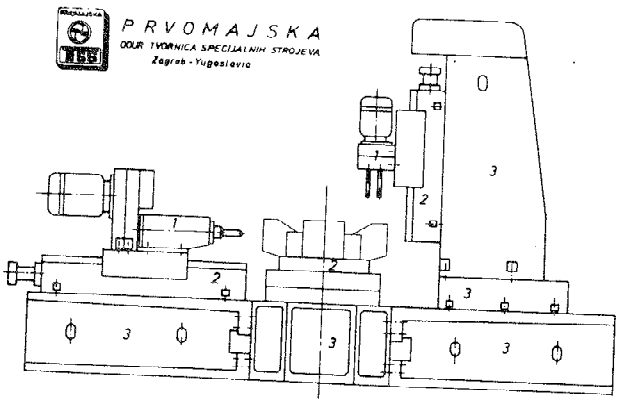
2. SADAŠNJA ISKUSTVA U GRADNJI SPECIJALNIH STROJEVA I TRANSFER LINIJA

2.1. Modularna gradnja specijalnih alatnih strojeva

Temelj gradnje specijalnih alatnih strojeva i transfer linija u "Prvomajskoj" predstavlja modularni način gradnje. On se temelji na širokoj paleti tipiziranih jedinki i sklopova, što omogućuje u najvećoj mogućoj mjeri brzo i racionalno rješavanje najraznovrsnijih zahtjeva postavljenih od strane korisnika. Specijalnim izvedbama pribjegava se samo u slučajevima, kada izbor tipiziranih jedinki ne omogućava optimalno konstruktivno i tehnološko rješenje stroja.
Prikaz jedne izvedbe specijalnog stroja sa rotacionom taktnim stolom dat je na slici 1. Na tom prikazu vidljivi su moduli odnosno tipizirane jedinke od kojih je izgrađen spomenuti specijalni stroj.
Tipizirane jedinke, kao osnovni ugradbeni moduli specijalnog stroja dijele se na :

1. Radne jedinke - koje osiguravaju glavna radna gibanja na stroju /tokarenje,glodanje, bušenje /
2. Posmične jedinke - koje ostvaruju pravocrtna ili rotaciona gibanja / klizne i transportne jedinke, te okretni stolovi /
3. Pomoćne jedinke - koje služe kao baza gore navedenim jedinkama / bočna i srednja postolja, stupne jedinke /

Istim brojevima naprijed spomenute jedinke označene su i na slici 1.



Slika 1. Specijalni stroj sa rotacionim stolom

Familije tipiziranih jedinki konstantno se dopunjavaju i proširuju novim jedinkama, kako bi se moglo zadovoljavati sve raznovrsnim zahtjevima, koje suvremeni načini proizvodnje postavljaju pred proizvođače alatnih strojeva.

2.2. Hidraulička oprema

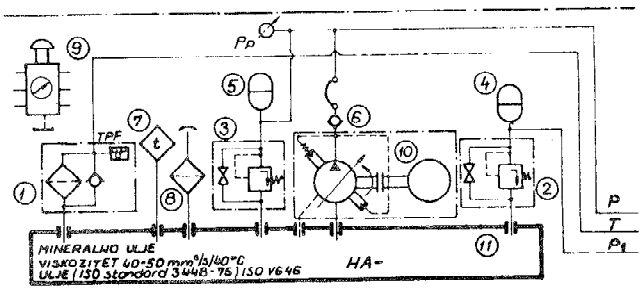
Modularni način gradnje specijalnih alatnih strojeva primjenjuje se i kod gradnje hidrauličke opreme za specijalne strojeve, čime se skraćuje vrijeme izrade, a isto tako i vrijeme projektiranja. Osim toga korištenjem tipiziranih odnosno standardnih rješenja poboljšava se i kvalitet i pouzdanost upravljanja.
Hidraulička oprema dijeli se u tri osnovne skupine:

1. Hidraulički agregat
2. Uređaji za upravljanje
3. Izvršni uređaji

Hidraulički agregat, kao izvor i pretvarač energije predstavlja jednu funkcionalnu cjelinu, koja je tipizirana u 5 različitih veličina. Praksa je pokazala, da se kombinacijom tih pet veličina mogu zadovoljiti potrebe svakog specijalnog stroja. Svaka veličina agregata dimenzionirana je tako da pruža optimum u pogledu zagrijavanja, buke i stabilnosti hidrauličkog sistema.Hidraulička shema hidrauličkog agregata prikazana je na slici 2., sa pregledom osnovnih elemenata. Krilna pumpa promjenljive dobave, uvjetuje veličinu rezervoara, time da je volumen rezervoara četiri puta veći od minutnog kapaciteta pumpe. Ovakovim dimenzioniranjem rezervoara izbjegnuta je opasnost od

POZ.	NAZIV	OZNAKA
11.	HIDRAULIČKI REZERVOAR	HR-
10.	PUMPNI AGREGAT	PAV4-
9.	MANOMETARSKI RAZVODNIK	134-28 100
8.	ULJEVAK SA FILTEROM	204 9997
7.	TERMOMETAR	544 120
6.	NEPOVRATNI VENTIL	131-0500
5.	AKUMULATOR	2,5-160 TGL 10843
4.	AKUMULATOR	2,5-160 TGL 10843
3.	RAZVODNI VENTIL	34-0100
2.	RAZVODNI VENTIL	34-0100
1.	POVRATNI FILTER	39-0800-2

MJERNO MJESTO	PRITISAK MPa
Pp	

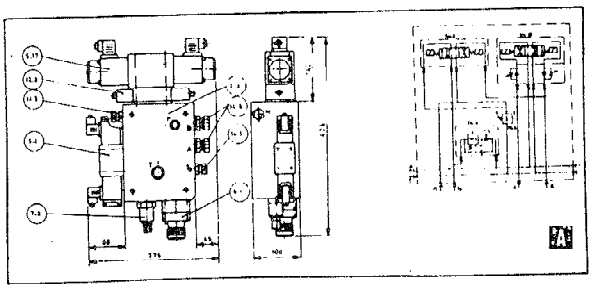


Slika 2. Shema hidrauličkog agregata

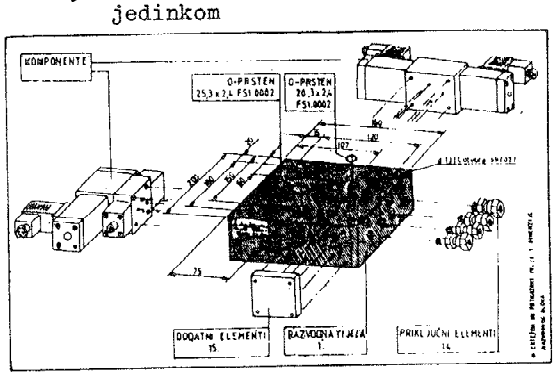
pregrijavanja ulja, a buka pri radu smanjena je na minimum. Osim toga rezervoar je opremljen manometrom i termometrom, uljevak sa odzračivačem te povratni filter.
U sistem su uključena i dva akumulatora jedan membranski postavljen je na glavni hidraulički vod i služi kao pomoćni izvor energije, pri naglim i vršnim opterećenjima. Osim toga ovaj akumulator služi i kao regulator vlastite frekvencije sistema, što se postiže promjenom pritiska dušika iznad membrane. Drugi akumulator spojen je u krug stezanja obratka, pa je na taj način osigurana stegnutost obratka u nepredvidivim slučajevima / nestanak električne energije /. Oba akumulatora su snabdjevena sigurnosnim ventilima. Uređaji za upravljanje, predstavljaju sklop hidrauličkih elemenata, prigušivača, elektromagnetskih i tlačnih ventila, međusobno povezanih tako, da odgovaraju pojedinoj funkciji stroja. Povezivanje elemenata ostvareno je pomoću provrta izbušenih u razvodnom bloku. Razvodni blok prikazan je na slici 3 i predstavlja jednu nezavisnu cjelinu za obavljanje neke određene funkcije na stroju. Razvodni blokovi pružaju niz prednosti u odnosu na klasični način povezivanja hidrauličkih elemenata:

- smanjuju se troškovi montaže
- smanjeni su gabariti ugradnje
- jednostavno održavanje i servisiranje
- pogodan estetski izgled

Na blokovima je primjenjen modularni način ugradnje elemenata, čime je omogućena laka i jednostavna modifikacija količine i pritiska



Slika 3. Razvodni blok za upravljanje kliznom jedinkom



Slika 4. Izvedba upravljačkog sklopa

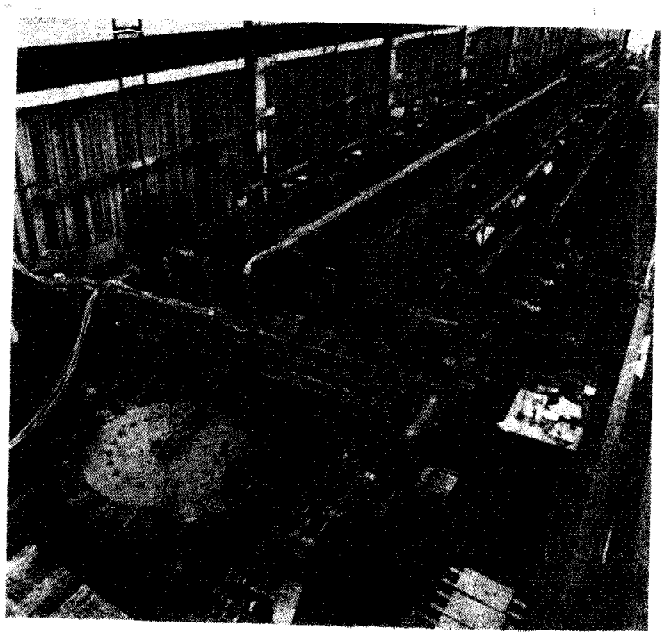
tekućine. Prikaz na slici 4.
Izvršni uređaji, na specijalnim alatnim strojevima su uglavnom hidraulički cilindri i hidro-motori uz obavezno prigušenje na kraju hoda. Upravljanje hidrauličkim sistemom, predstavlja hidraulički automat sa samo jednim programom, koji je električki ugrađen u sklopovskoj opremi.

2.3. UPRAVLJANJE SPECIJALNIM ALATNIM STROJEVIMA

Kako je već kod upravljanja hidrauličkim sistemom navedeno, da je upravljanjem specijalnim strojem u stvari upravljanje sa samo jednim programom. To upućuje na izvedbu sa fiksnim ožičenjem i kontaktnim upravljanjem. Svaki sklop ima svoje standardizirano upravljanje, dok upravljanje sa strojem projektira se na osnovu dijagrama i dotjeruje za vrijeme testiranja specijalnog stroja.
Na takav način nije moguće uspješno riješiti baš sve probleme vezane uz upravljanje, no bez svake sumnje u periodu testiranja specijalnog stroja mogu se najpovoljnije varijante usvojiti. Tim putem moguće je upravljanje razložiti na niz sekvenci, tako da svaka poznata sekvenca može biti realizirana na osnovu tipiziranog rješenja fleksibilne transfer linije primjenjeno i programbilno upravljanje. Mikroprocesorsko upravljanje do sada je primjenjeno i kod nekoliko klasičnih specijalnih strojeva.

3.0. FLEKSIBILNA TRANSFER LINIJA ZA OBRADU TIJELA HIDRAULIČKOG RAZVODNIKA

Tokom 1984 godine završena je i isporučena prva fleksibilna transfer linija, koja po svojim karakteristikama predstavlja najsuvremeniji i najkompleksniji do sada proizvedeni specijalni alatni stroj u Prvomajskoj, a vjerojatno i u našoj zemlji. Linija je projektirana i konstruirana u tehničkom birou Tvornice specijalnih strojeva, i gotovo u cijelosti izrađena od domaćih materijala i opreme, time da je udio uvozne opreme sveden na svega 2,3%. Pogled na liniju dat je na slici 5. Dimenzije linije iznose 42 x lo metara i masa iznosi oko 250 tona, a ukupno instalirana snaga je oko 650 kW.
Za posluživanje linije u radu potrebna su dva radnika, a u odnosu na klasične načine obrade istih proizvoda linija zamjenjuje rad 130 radnika. Kapacitet linije je 60 izradaka na sat kod 80% iskorištenja. Na liniji su zastupljene gotovo sve vrste obrade skidanjem strugotine glodanje, bušenje, proširivanje, razvrtavanje, tokarenje te rezanje navoja, a duž linije po radnim stanicama razmješteno je 260 različitih alata.



Slika 5. Pogled na fleksibilnu transfer liniju

Fleksibilnost linije ogleda se u mogućnosti da obrađuje 6 različitih tipova izradaka istovremeno bez posebnih priprema za obradu određenog tipa izratka. Obrada se vrši na 40 radnih stanica, koje su izvedene na način da mogu obrađivati nekoliko tipova izradaka. Za svaki tip izratka postoje odgovarajuće stezne naprave postavljene na palete, na kojima izratci putuju duž linije od stanice do stanice. Da bi pojedina radna stanica mogla vršiti obradu različitih tipova izradaka primjenjena su nova tehnička rješenja. Zakretne glave, vertikalno zakretni bubnjevi, koje na sebi nose dvije standardne glave za bušenje, i križne klizne jedinke koje horizontalno pomiču alat u željeni položaj, omogućuju da se na jednoj stanici mogu obrađivati 2, 3 i više tipova izradaka. Identifikacija izratka na stanici se vrši sistemom mikroprekidača nakon čega se ove jedinke postavljaju u položaj koji zahtjeva izradak i vrše odgovarajuću obradu. Duž linije instalirani su uređaji za stalnu kontrolu obrađivanih provrta. Na stanici za završno fino tokarenje instaliran je uređaj za aktivnu kontrolu obrađenog provrta, automatski se vrši mjerenje i korekcija položaja tokarskog noža, ukoliko je izmjereni promjer van zadane tolerancije. Linija ima tri načina rada, automatski,poluautomatski i ručno. Automatski rad je predviđen za normalnu

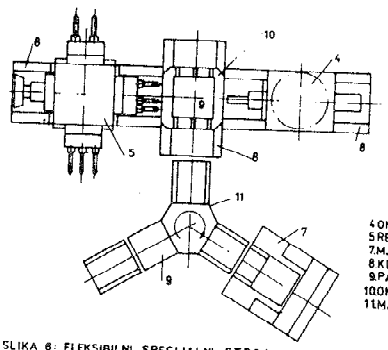
eksploataciju linije u proizvodnji i u tom slučaju sve se radnje odvijaju potpuno automatski, od faze uleganja do faze skidanja gotovih izradaka s linije. Poluautomatski rad namjenjen je za brže i lakše dovođenje linije odnosno njenih funkcionalnih cjelina, u takve položaje da se nakon zastoja ponovo u najkraćem vremenu uspostavi automatski rad. Ručni rad je predviđen za početna ispitivanja podešavanja jedinki, izmjene reznog alata itd., i u tom slučaju rada moguće je svakom radnom jedinkom posebno upravljati.
U automatskom radu linija može raditi u 6 različitih programa, i u 2 potprograma za slučaj izmjene alata. Odvijanje procesa rada na liniji prati mikroprocesor, koji od momenta uključenja i primanja naloga za početak rada kontrolira i upravlja svim glavnim funkcijama linije, kontrolira pojedine faze rada, lokalizira i signalizira eventualne greške i zastoje. Nakon odabiranja određenog programa, mikroprocesor na radni dio linije dovodi palete sa steznim napravama, potrebnim za taj program, a nepotrebne naprave odlaže na posebna spremišta pomoću manipulatora, vodi proces rada te automatski zaustavlja liniju u momentu kad je obrađen unaprijed zadani broj izradaka. Kompletno programiranje mikroprocesora obavljeno je u vlastitom odjelu upravljanja Tvornice specijalnih strojeva.

4.0. RAZVOJ SPECIJALNIH STROJEVA I FLEKSIBILNE AUTOMATIZACIJE

Numeričko upravljanje sve češće se koristi kod upravljanja specijalnim strojevima (odnosno automatskim i transfer linijama). U stvari elektroničko računalo postalo je osnov za upravljanje specijalnim alatnim strojevima, automatskim i transfer linijama. Tu pojavu svakako je interesantno razmotriti kako bi se dobila predodžba o tome, što se postiže novo i značajno u eksploataciji inače ovih visoko produktivnih strojeva podesnih za velikoserijsku i masovnu proizvodnju. Istraživanja ove pojave dovela su do niza saznanja, koja omogućavaju da se planira razvoj specijalnih strojeva za slijedećih 10 godina. Osnovni poticaji za primjenu fleksibilne automatizacije kod alatnih i specijalnih alatnih strojeva u industrijskoj proizvodnji bili bi slijedeći:

- potreba za brzim preuređenjem specijalnog stroja odnosno automatske ili transfer linije, proizlazi iz značajnog proširenja asortimana elemenata, koji se koriste u motornoj, automobilskoj i avioindustriji danas.
- vijek trajanja novih proizvoda znatno se smanjio, bilo zbog dizajna ili tehnološkog zastarjevanja, tako da nova kontrukciona rješenja treba brzo usvojiti, na automatskim ili transfer linijama, no brže se to može provesti, ako su ti strojevi izvedeni tako da se mogu brzo preurediti i osposobiti za novu proizvodnju.
- upotrebom fleksibilnih specijalnih strojeva, postiže se daljnja koncentracija operacija, time da su na radnim stanicama omogućene brze izmjene alata ili viševretenih glava. Korištenjem bušne motke sa numeričkim upravljanjem omogućena je daljnja koncentracija obrade kod fleksibilnih specijalnih strojeva i linija mogu se u toku procesa mijenjati i baze pojedinih obradaka, što omogućava potpunu obradu složenih obradaka. Mogućnost pružaju fleksibilne stezne naprave.
  - korištenje elektroničkih računala za upravljanje fleksibilnim specijalnim strojevima kao što su: dijagnosticiranje stanja alata, ocjena kvalitete obrade, dijagnosticiranje u procesu obrade.
  - uključivanjem aktivne kontrole procesa, stanja alata omogućava postizanje visoke kvalitete obrade, koja je osnov za automatiziranu montažu proizvoda.
  - povećava se ukupno efektivno iskorištenje specijalnih strojeva.

Bazirajući se na prethodnim istraživanjima, kao i zahtjevima korisnika specijalnih alatnih strojeva izrađen je program razvoja fleksibilnih specijalnih strojeva (FSS).
Kako je već niz godina u Tvornici specijalnih strojeva usvojena modularna gradnja, to je kao prvi korak predviđen razvoj modula od kojih se mogu raditi FSS. Da bi moduli mogli biti sposobni da se povežu u složeni fleksibilni sistem, potrebno je da imaju slijedeće karakteristike:



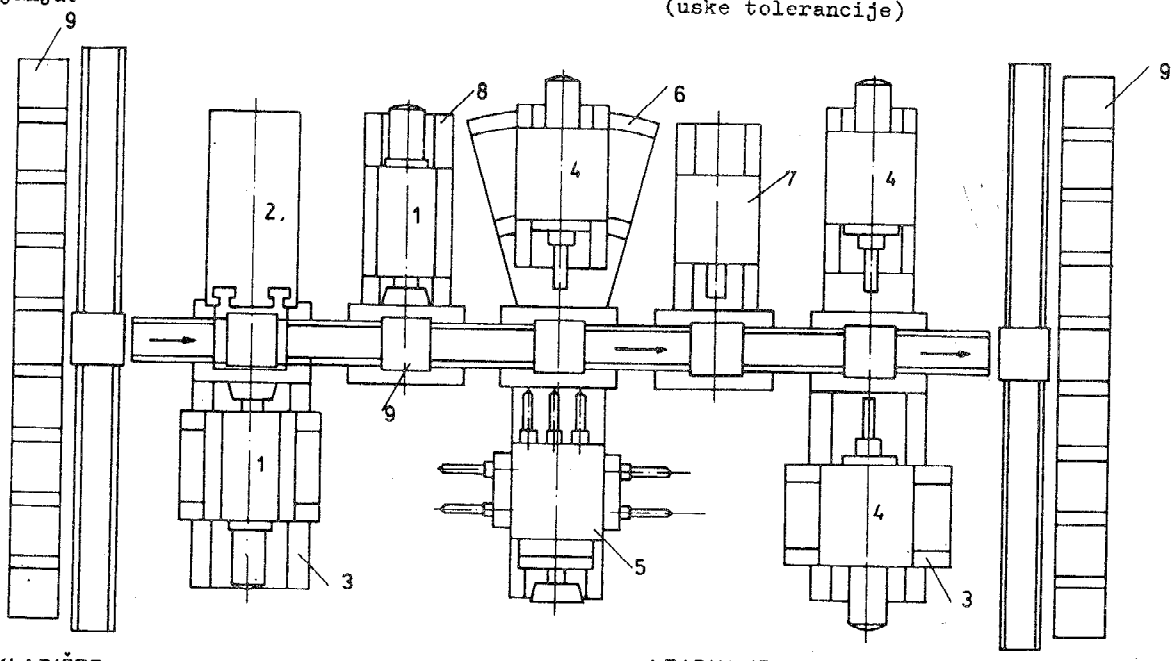
SLIKA 6: FLEKSIBILNI SPECIJALNI STROJ
OBRADNA STANICA

- klizne jedinke trebaju imati upravljanje u osi kretanja, koje se temelji na numeričkom upravljanju uz pogon sa istosmjernim motorima
- križni stolovi nužni su radi premještanja radne jedinke u traženi položaj obrade. U tom slučaju upravljanje obim osima treba se temeljiti na numeričkom upravljanju.
- Okretni stolovi sa numeričkim upravljanjem
- zakretni stolovi sa numeričkim upravljanjem
- radne jedinke za tokarenje, glodanje, bušenje uz pogon glavnog vretena putem reguliranog istosmjernog motora. Mogućnost izmjena alata ili viševretenih glava.
- okvirne jedinke radne za istokarivanje, glodanje i bušenje uz mogućnost automatske izmjene alata i viševretenih glava.

Osim osnovnih modula potrebno je razviti module za transport paleta, skladišta obradaka i izradaka, te priručna skladišta za rješavanje protoka kroz fleksibilnu liniju, automatska manipulacija obratcima i automatsko stezanje i otpuštanje obradaka.

Poseban naglasak treba biti stavljen na određene funkcije, koje treba ugraditi u FSS, kao što su:

- automatska korekcija alata na osnovu izmjerenih vrijednosti kritičnih dimenzija (uske tolerancije)



SKLADIŠTE PRIPREMAKA

SLIKA 7: FLEKSIBILNA TRANSFER LINIJA

1. RADNA JED. ZA GLODANJE
2. VERTIKALNA JED. ZA GLODANJE
3. KRIŽNI STOL
4. OKVIRNA JED.
5. REV. GLAVA
6. ZAKRETNO POSTOLJE
7. MJERNI UREĐAJ
8. KLIZNA JED.
9. PALETA

SKLADIŠTE IZRADAKA

- nadzor nad opterećenjem stroja (obrade)
- nadzor loma alata
- indentifikacija obradaka i alata

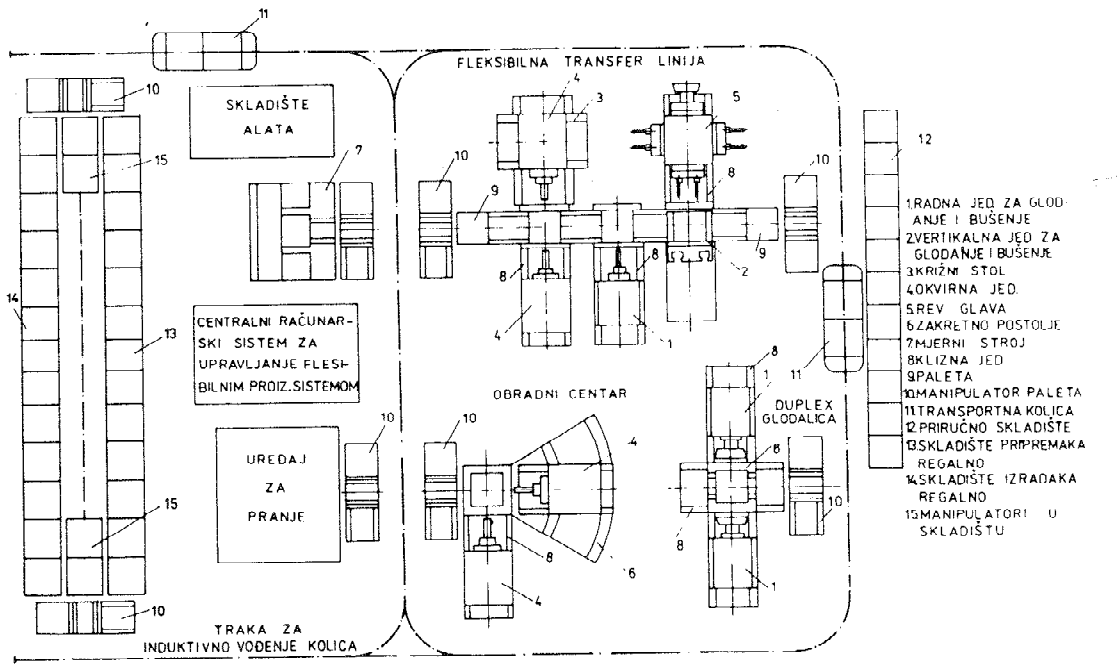
Iz navedenih zahtjeva na module, koje treba uključiti u FSS vidljivo je, da se u danim momentima koristi i adaptivno upravljanje specijalnim strojevima.

Ne govoreći puno o pojedinim modulima, težnja nam je da prikažemo mogućnosti, koje nam FSS donose na nekoliko idućih shema, gdje će biti prikazane stvarne mogućnosti fleksibilne automatizacije.

Na slici 6 prikazan je jedan fleksibilni specijalni stroj za koji bez daljnjega možemo kazati da je jedna obradna stanica u nekom složenom proizvodnom sistemu. Obrada se obavlja na izradku kutijastog oblika, koji je smješten na paleti. S jedne strane okretnog stola imamo revolversku glavu sa većim brojem viševretenih glava, a s druge strane okvirnu jedinku, koja može obavljati i vertikalno kretanje po osi Y. Na taj način možemo sa sve četiri strane obraditi spomenuti izradak.

Uz obradnu stanicu postavljen je i automatski mjerni stroj, tako da se nakon obrade mogu provjeriti i ključne dimenzije i tolerancije na izradku. Zavisno o načinu upravljanja, koje ovdje svakako mora biti bazirano na korištenju elektroničkog računala, možemo rezultate mjerenja koristiti direktno za korekciju obrade.

Na slici 7 prikazano je idejno rješenje fleksibilne transfer linije za obradu familije kutijastih elemenata, gdje se provode obrade glodanja, bušenja i istokarivanja na svih 5 stranica spomenutih obradaka. Na početku i kraju linije postoje regalna skladišta iz kojih se izuzimaju pripremci pričvršćeni na odgovarajućim paletama i upućuju na obradu kroz fleksibilnu transfer liniju. Ovdje se javlja i problem vezan uz indentifikaciju obratka, što može biti na razne načine riješeno, no u svakom slučaju prije ulaska obratka na fleksibilnu transfer liniju mora se znati koji je obradak upućen na obradu, kako bi se program rada mogao odvijati na osnovu podataka za dotični obradak. Čim obradak na paleti krene po transportnom putu transfer linije tada se u svim stanicama automatski mijenjaju alati prema programu i omogućava se obrada zadanog obratka. Za svaki novi obradak linija se može reprogramirati, a u magazine alata i viševretenih glava potrebno je staviti nove



SLIKA 8: FLEKSIBILNI PROIZVODNI SISTEM

potrebne komplete alata.
Kako sve probleme u proizvodnji složenih elemenata nije moguće riješiti samo nekom vrstom strojeva, veće je potrebno često puta formirati složeni fleksibilni proizvodni sistem. Tako koncipirani sistem prikazan na slici 8 omogućava povezivanje nekoliko fleksibilnih specijalnih strojeva (obradnih stanica) transfer linija i klasičnih obradnih centara u jednu cjelinu, tada se problemi vezani uz različito trajanje operacije, razne vrste obrada i često po kvaliteti obrađenih površina mogu uspješno riješiti. Na slici 8 prikazan je fleksibilni proizvodni sistem sastavljen od obradnog centra, fleksibilne transfer linije i fleksibilne dupleks glodalice. Kao pomoćni uređaji dograđeni su i strojevi za pranje, strojevi za automatsko mjerenje, regalna skladišta, priručna skladišta, transportna kolica vođena indukcionom trakom, te manipulatori za paletе. Posebno može biti organizirano snabdjevanje sa alatima, bilo ručno ili potpuno automatizirano. Centralni računarski sistem u tom slučaju koordinira rad sa svim proizvodnim podsistemima, nadzire odvijanje programa, upravlja transportnim sistemom, skladištima i optimira lansiranje obradaka u vremenu za koje se traži određeni opseg proizvodnje dijelova predviđenih za proizvodnju u tom fleksibilnom proizvodnom sistemu. Isto tako kao što su u ovom prikazu dati specijalni strojevi i obradni centri za obradu kutijastih elemenata, isto tako fleksibilni proizvodni sistem može biti dopunjen i obradnim centrima na bazi tokarilica, brusilica ili strojeva za štancanje. Ovaj prikaz daje osnovnu ideju o programu razvoja, fleksibilnih specijalnih strojeva, fleksibilnih transfer linija i automatskih linija i fleksibilnih proizvodnih sistema, koji su zacrtani u programskoj orijentaciji PRVOMAJSKE uz sudjelovanje svih OOUR-a proizvođača fleksibilnih obradnih stanica (čelija), fleksibilnih proizvodnih sistema, baziranih pretežno na obradnim centrima za glodanje, bušenje i tokarenje. Realizacija ovog programa započeta je izgradnjom prvih obradnih stanica što se očekuje već koncem ove godine.

Prema tome fleksibilna automatizacija postala je stvarnost i slijedeći petogodišnji period dat će prve rezultate i iskustva u primjeni iste.

LITERATURA:

/1/ B.I. Čerpakov, V.V. Zemljanoj : Ispoljzovanie ustrojstv CPU v specijalnih stankah i avtomatičeskih linijah masovogo i krupnoserijnogo proizvodstva. STANKI I INSTRUMENT No. 1 1985 godine str. 4-6.

/2/ A.I.Daščenko, A.P. Bjelousov: Projektiravanije avtomatičeskih linij. Moskva, Višaja škola 1983 godine.

/3/ G.Spur, G.Stute, M.Weck: Reshnergeführte Fertigung - Forzschritte der Fertingung auf Werzeugmaschinen, 4 - München, Hanser Verlag 1977.

/4/ H.J.Warnecke, R.Steinhilper: New concept of a manufacturing cell for unmanned production. Manufacturing systems Vol.12 No. 1 od 1983 godine. Faculty for Mech. Eng. Ljubljana

/5/ B.Gerlach: Entwichlaungsstand der spanenden Sonderwerkzeugmaschinen. TECHNISSHE ZEITSCHRIFT (TZ7 für praktische Metallbearbeitung, 64 godište, veljača 1970, broj 2: ožujak 1970 broj 3, svibanj 1970 broj 5.

/6/ E.Eckert: Flexible Transferstrasse bearbeitet Motorträger, INDUSTRIE ANZEIGER Nr. 47/48 1983 godine.

B.Milčić, Dj.Jaković, M.Bačanek

MODERN CONCEPT OF SPECIAL MACHINE TOOLS - THE DEVELOPMENT OF FLEXIBLE AUTOMATION

Abstract

The application of numerical control to an ever increasing number of machine tools, and the development of manufacturing centres enabled the development of flexible production systems.In this way the application of numerical control brought about a high level of automatisation in the single-unit and small-series production.However, in the last few years numerical control has been implemented to the machines for large-series and mass production.The advantages brought about by this development to the special and transfer lines are discussed in this paper.

XIX SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE

Kragujevac, septembar 1985.

PROJEKTOVANJE TEHNOLOŠKIH PROCESA ZA OBRADU DELOVA NA FLEKSIBILNIM TEHNOLOŠKIM SISTEMIMA

M. Bućan, Ivo Lola Ribar, Beograd
S. Nikolić, Ivo Lola Ribar, Beograd
R. Drevenšek, Ivo Lola Ribar, Beograd

Rezime

Posle iskustava stečenih u realizaciji fleksibilnih tehnoloških ćelija, počev od 1982.godine ILR je u toku 1984.plasirao prve ponude za realizaciju fleksibilnih tehnoloških sistema.

Početkom 1985.godine ugovorio je prvu fazu realizacije fleksibilnog tehnološkog sistema za jednu domaću fabriku.

U referatu se na primeru delova za familiju kućište malolitražnih motora prikazuje metodologija projektovanja i optimizacije tehnoloških procesa za fleksibilne tehnološke sisteme.

1. UVOD

Razvoj automatizacije alatnih mašina i druge proizvodne opreme se kreće u pravcu izgradnje fleksibilno automatizovanih fabrika. Prema predvidjanjima eksperata u visokorazvijenim zemljama 1990.godine će više od 50% proizvedenih alatnih mašina raditi u sastavu fleksibilnih tehnoloških sistema [1].

Na "FMS - Show" 1983.godine izneta je procena da samo u Japanu ima u primani oko 100 fleksibilnih tehnoloških sistema [2]. Tada je prezentirana i visokoautomatizovana "fabrika 21. veka" - fabrika sa spektakularnim efektima automatizacije, koju je izgradila firma Yamazaki. O značaju koji visokorazvijene zemlje pridaju fleksibilnoj automatizaciji govori i podatak da je Sovjetski Savez uvodjenje fleksibilnih tehnoloških sistema u svoju industriju (planira 2000 sistema do 1990.) postavio kao najprioritetniji razvojni zadatak (zajedno sa nuklearnom energijom, laserskom tehnologijom i novim materijalima.

ILR je posle sopstvenog razvoja i osvajanja proizvodnje obradnih centara, industrijskih robota, CNC-upravljačkih sistema, kao i realizacije prve domaće fleksibilne tehnološke ćelije FLEXI-101 1982.godine (sl. 1) pristupio razvoju dopunskih modula za realizaciju:

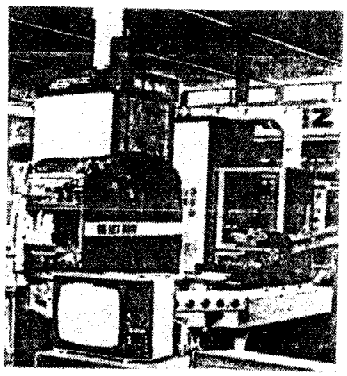
- fleksibilno automatizovanih sistema za visokoproduktivnu proizvodnju složenih delova u mašinogradnji, industriji motora, naoružanja, i dr.,
- fleksibilno automatizovanih linija za zavarivanje, montažu i farbanje u industriji vozila (automobila, kamiona), elektronskoj industriji (bela tehnika, računari, zabavna tehnika) i dr.,
- sistema tehnološke manipulacije i transporta u crnoj i obojenoj metalurgiji,

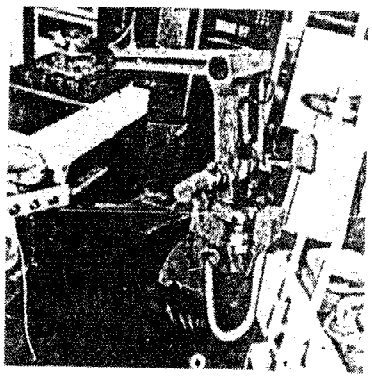
nuklearnim elektranama i drugim teškim i opasnim radnim uslovima.

Posle plasiranih prvih ponuda za fleksibilne tehnološke sisteme u zemlji i inostranstvu ugovorena je I - faza realizacije sistema za obradu delova kućišta dvotaktnih i četvorotaktnih malolitražnih motora. Takodje u toku je realizacija eksperimentalnog dela linije za zavarivanje karoserije automobila.

mera. U drugom slučaju radi se o delovima sa medjusobno sličnim oblicima i tehnološkim operacijama, ali sa varijacijom odredjenih dimenzija i dopunskih funkcionalnih površina. Ovi delovi se obično proizvode u velikim serijama.

Kao tehničko rešenje za obradu širokog asortimana, tzv. "otvorenih" familija delova koriste se Fleksibilni tehnološki sistemi (FTS). Za visokoserijsku obradu delova užeg asortimana geo-





Sl. 1 Detalji fleksibilne tehnološke ćelije FLEXI-101 za obradu složenih delova težine do 5 kg. Strukturu ćelije čine: obradni centar sa 20 alata, vertikalna CNC-bušilica-glodalica, industrijski robot, transportni sistem, stanica za kontrolu, TV-kamera za prepoznavanje delova i LOLA-računarski upravljački sistem.

2. IZBOR KONCEPCIJE FLEKSIBILNOG TEHNOLOŠKOG SISTEMA (FTS)

Pri izboru koncepcije FTS polazi se od analize delova koji će se obradjivati na FTS. Ova analiza obuhvata:

- dimenzije i oblike delova i porvšina za obradu,
- vrstu i redosled operacija za obradu delova,
- formiranje GT-familija,
- veličinu serija i ponovljivost delova,
- težinu delova, i dr.

U zavisnosti od asortimana i veličine serija delova pojavljuju se dva osnovna slučaja (sl. 2):

- "otvorene" familije delova, i
- "zatvorene" familije delova.

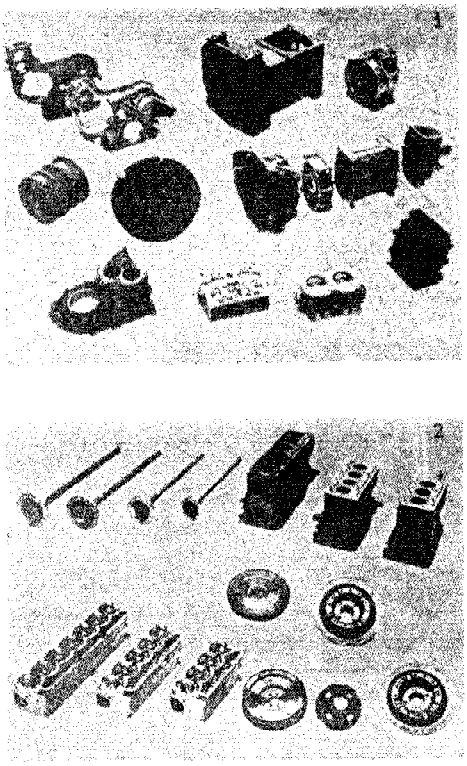
U prvom slučaju radi se o familijama delova veoma različitih oblika, ali sa homogenim asortimanom tehnoloških operacija i gabaritnih

metrijski veoma sličnih delova, tzv. "zatvorenih" familija delova savremeno rešenje su Fleksibilne transfer linije.

3. PROJEKTOVANJE TEHNOLOŠKIH PROCESA

Projektovanje tehnološkog procesa za izabrane reprezentante familije delova obuhvata:

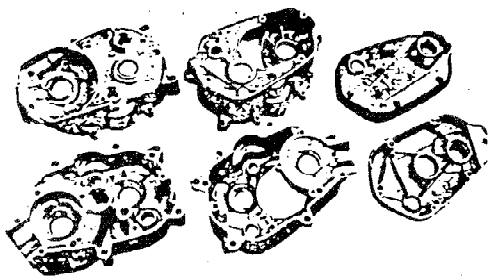
- izbor operacija koje će se izvoditi na FTS (gruba obrada polufabrikata ili specifične tehnološke operacije u odredjenim slučajevima povoljnije je izvoditi izvan FTS);
- izbor koncepcija steznih alata, broja delova po paleti,
- raspodelu operacija po stezanjima i stanicama obrade s obzirom na ukupna vremena po stezanjima, odnosno ukupan broj alata po stanici obrade,
- unifikaciju alata i analizu postojanosti najviše korišćenih alata u kompletima alata u cilju ujednačavanja postojanosti za ceo komplet alata (uključivanjem



Sl. 2 Primer grupisanja delova u "otvorene" (1) i "zatvorene" familije (2) za oblast automobilske industrije [3]

u komplete više istih alata i dr.), i
- izbor sistema kontrole (sl. 8).

Za izabrani primer projektovanja tehnologije obrade delova kućišta za familiju malolitražnih motora (sl. 3), kao reprezentanti familije uzeti su delovi za jedan tip dvotaktnog i jedan tip četvorotaktnog motora. Materijal delova je silumin liven u kokili sa dodatkom od 1-1,5mm.



Sl. 3 Delovi kućišta dvotaktnih motora

Opštim tehnološkim tokom predvidjeno je da se glodanje baznih površina vrši na specijalnoj visokoroduktivnoj glodalici izvan FTS. Takodje, pranje i izduvavanje delova se vrši izvan FTS.

Obrada svih ostalih površina se vrši na FTS. Za stezanje delova dvotaktnog motora koristi se pet tipova stega. Na sl. 4 prikazane su skice stezanja sa vremenima i brojem alata za obradu u svakom stezanju delova kućišta dvotaktnog motora.

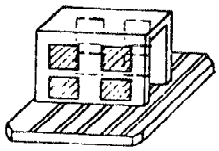
Ukupno vreme za obradu delova za jedan motor iznosi 17,62 min, prosečno vreme po paleti (stegi) iznosi 20,15 min, i ukupan broj različitih alata iznosi 23.

Obrada delova četvorotaktnog motora zahteva po dva stezanja za blok i glavu motora. U svakom stezanju se obradjuje po 2 kom. Prosečno vreme po stezanju iznosi 28 min. Ukupan broj alata je 39. Pri izboru alata koristi se ILR-sistem alata i jedinica viševretene obrade za primenu na obradnim centrima (sl. 5, 6 i 7). Za obezbedjenje neprekidnog, najmanje 8-časovnog rada obradnih stanica bez zamene alata, u magacine alata obradnih stanica se postave duplikati (triplikati) alata, koji imaju ukupno vreme rezanja veće od postojanosti ovih alata. Svakako postoje i drugi, ali znatno skupiji načini za obezbedjenje minimalnog zastoja FTS zbog zamene alata.

Tabelarno se navode alati sa najvećim vremenom rezanja u toku 16-časovnog rada za 1-komplet alata (alati za obradu delova za dvotaktni motor).

Iz tabele 1. se vidi da u magacin alata obradne stanice treba postavljati po dva alata br.1 i br.12 i tri alata br.2. Redosled korišćenja alata definisan je planom obrade i planom alata za svako stezanje.

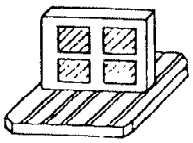
PALETA 1: Levo kućište, I-stezanje, 2x4 kom.



Tok procesa:

- stanica za pripremu: stezanje sirovih komada, T=8`
- obrada na CO sa 4 alata, T=30,58`
- stanica za pripremu: skidanje delova i priprema PALETE 2. —

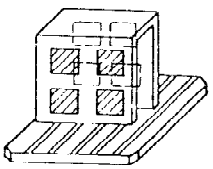
PALETA 2: Levo kućište, II-stezanje, 4 kom.



Tok procesa:

- stanica za pripremu: skidanje delova I-stezanje i postavljanje za II-stezanje, T=5min
- obrada na CO sa 15 alata, T=22,54`
- stanica za pripremu: skidanje, izduvavanje i ručna kontrola gotovih delova. T=5min

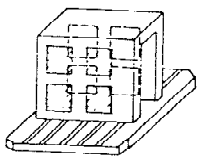
PALETA 3: Desno kućište, I-stezanje, 2x4 kom.



Tok procesa:

- stanica za pripremu: stezanje sirovih komada, T=8min
- obrada na CO sa 4 alata, T=24,02`
- stanica za pripremu: skidanje delova i priprema PALETE 5. —

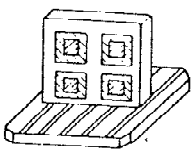
PALETA 4: Poklopac, I-stezanje, 2x4 kom.



Tok procesa:

- stanica za pripremu: stezanje sirovih komada, T=8`
- obrada na CO sa 2- alata, T=8,44`
- stanica za pripremu: skidanje delova i priprema PALETE 5. —

PALETA 5: Desno kućište i poklopac, obrada u sklopu, 4 kom.



Tok procesa:

- stanica za pripremu: skidanje delova sa PALETE 3. i PALETE 4, montaža i priprema PALETE 5. T=10`
- obrada na CO sa 16 alata, T=16,4`
- stanica za pripremu: skidanje bez razdvajanja, izduv.i ručna kontrola gotovih delova T=6`

Sl.4 Skice postavljanja delova za dvotaktne motore

I SET ALATA za obradu delova za dvotaktni motor

Br. al.	Oznaka i dimenzije	Vreme rezanja u dve smene (min) Pal.1* 7 kom	Pal.2 13 kom	Pal.3 7 kom	Pal.4 7 kom	Pal.5 13 kom	Ukup. vreme rez. za 2 smene	Broj istih u mag.
1	Burgija Ø6,3/Ø12	19		23		28	7o	2
2	Nosač noža za Ø9,8H8	27	23	18		49	117	3
5	Nosač noža za Ø9oJ8/Ø 35x0,7/30°		39				39	1
12	Nosač noža za Ø55R9/ Ø47H8	15		19		37	71	2
23	Nosač noža za Ø23,9H9/ Ø2oH7					25	25	1

*PAL.1 (Tip stege 1), 7 kom. se obradi za dve smene,itd.

Tabela 1

4. OPTIMIZACIJA TEHNOLOŠKOG PROCESA

Na osnovu projektovane tehnologije obrade reprezentativnih delova, godišnjeg obima proizvodnje i raspoloživog ILR-fonda modula vrši se definisanje koncepcije FTS (Slučaj projektovanja tehnoloških procesa za FTS - koje prethodi realizaciji FTS), odnosno izbor:

- vrste i rasporeda stanica obrade (opšta struktura),
- sistema transporta i izmene delova i alata,
- sistema pripreme i odlaganja delova i alata,
- sistema kontrole delova, i
- sistema upravljanja i dijagnostike FTS (H/S-konfiguracija).

Optimizacija tehnološkog procesa, odnosno strukture FTS, se vrši u cilju izbora:

- tehnologije obrade delova,
- načina lansiranja delova (sastav i veličine serija),
- strukture FTS (vrsta i broj stanica obrade, karakteristike transportnog sistema, broj stanica za pripremu paleta i dr.),
- režima rada FTS (sa/bez-poslužioca u II ili III smeni),

koji će omogućiti rad FTS sa najvišim stepenom iskorišćenja stanica obrade, odnosno sa najvećim brojem obradjenih kompleta delova u datom periodu.

Optimizacija se vrši primenom posebno razvijenog simulacionog programa "FLEXI". Na sl. 9 dat je primer rezultata simulacije rada FTS za obradu delova kućišta malolitražnih motora, prema koncepciji datoj na sl. 10 (stepen iskorišćenja stanica obrade, broj uradjenih delova i ciklusna vremena u toku prvih 29 h rada). Zbog kratkog vremena po stezanju (T_{sr}=23 min) usvojen je sistem šinskog transporta. Prosečan stepen iskorišćenja po stanici obrade iznosi 90% (bez zastoja zbog otkaza sistema).

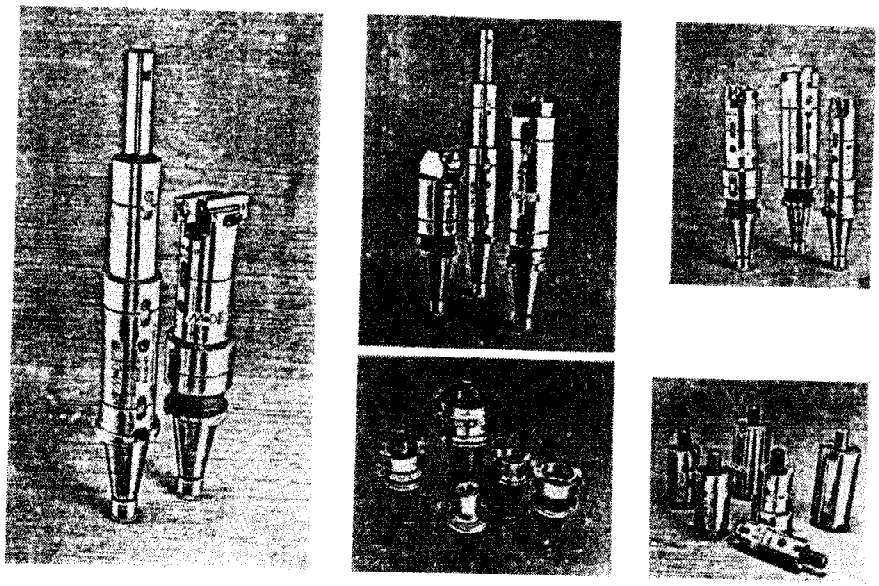
FLEXI-103 se sastoji od 5 obradnih centara sa po 40 alata i zaštitnom komorom (sl. 11), šinskog transportera sa 2 ose

kretanja, automatskog magacina sa 78 mesta za palete (rad u III smeni bez poslužioca na pripremi palete), centralnog sistema za hladjenje i odvod strugotine, stanice za pripremu palcta i centralnog komandnog pulta.

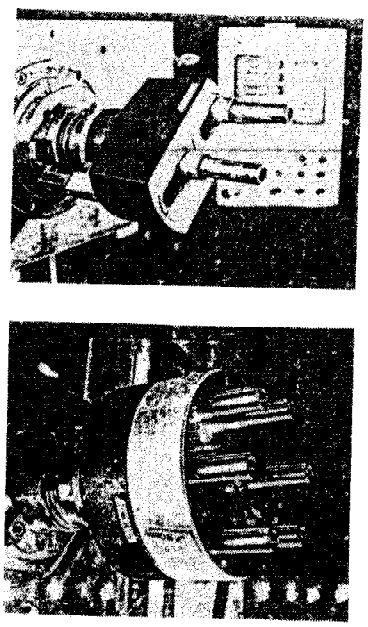
Tehnoekonomska optimizacija FTS se izvodi na osnovu analize sledećih kvalitativnih i kvantitativnih faktora za različite varijante rešenja sistema:

a) kvantitativni faktori

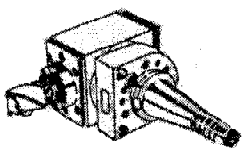
- investiciona ulaganja u opremu,
- investiciona ulaganja u prostor,
- troškovi radnika,
- iskorišćenje radnog vremena;



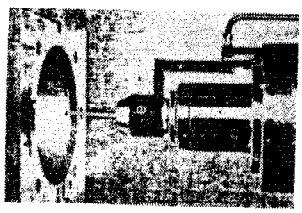
Sl. 5 Deo ILR-modularnog sistema alata (sistem MOD)



Sl. 6 ILR-jedinice viševretene obrade u radu



Sl. 7 Ugaona glava



Sl. 8 Merna sonda u primeni

```
*** GPSS FORTRAN simulacioni program ***
=========================================

Verzija od  : 13 - April - 1982.
=========================================

Ulazni parametri:
-----------------

N       - vremensko ograničenje
ZTR     - ograničenje broja transakcija
(***    - korisnikovi parametri)
IPRINT  - kontrola štampanja toka simulacije
READY   - kontrola početka simulacije

-----------------------------------------------

        (I10)      11520

ZTR     (I10)        400

KOMB    (I10)          3

IPAL    (I10)          9

Vreme obrade za paletu   1 :                          55 *
Vreme pripreme palete    1 :                          16
Vreme skidanja delova sa palete   1 :                  0
Vreme obrade za paletu   2 :                          45
Vreme pripreme palete    2 :                          10
Vreme skidanja delova sa palete   2 :                  10
Vreme obr
Vreme pri
Vreme ski
Vreme obr
Vreme pri
Vreme ski
 eme obr
Vreme pri
Vreme ski
Vreme obr
Vreme pri
Vreme ski
Vreme obr
Vreme pri
Vreme ski
Vreme obr
Vreme pri
Vreme ski
MB

IPRINT

 XR

READY ?
```

III VARIJANTA PLANA RADA FLEXI-103

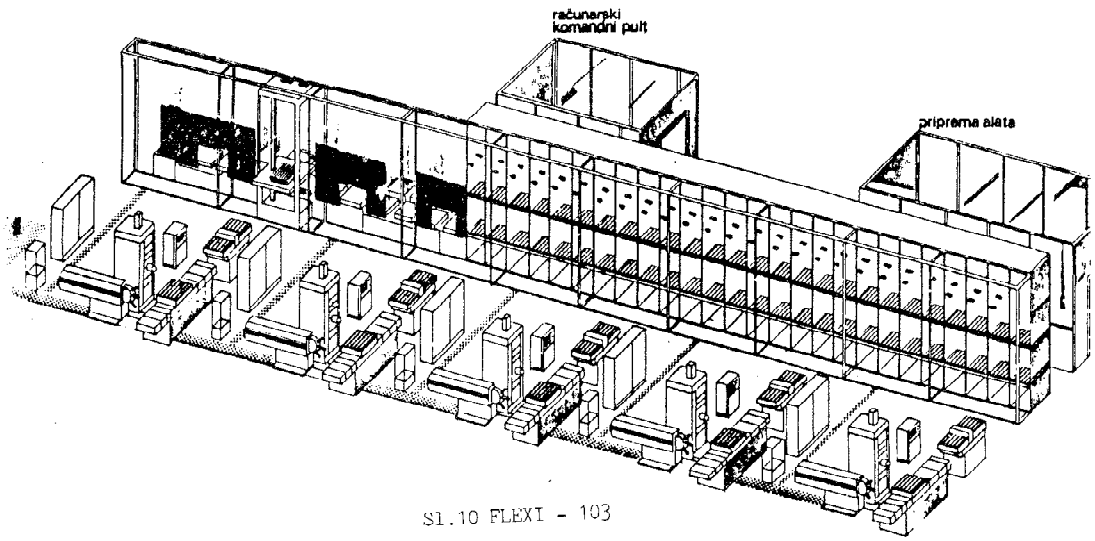
- 3 OBRADNE STANICE-obradjuju delove za dvotaktni motor
- 2 OBRADNE STANICE-obradjuju delove za četvorotaktni motor

22.11.84.

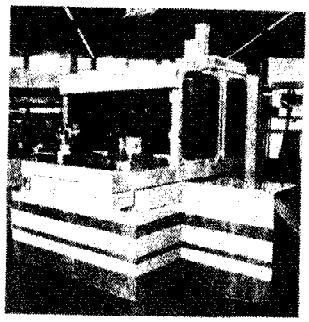
```
***  UKUPNO VREME RADA SISTEMA JE    29.10 CASOVA  ***
                                                                  III-12
-----------------------------------------------------------------------------
Obradjeno je   24 paleta tipa  1 - prosecno ciklusno vreme je   46.40 minuta*
Obradjeno je   52 paleta tipa  2 - prosecno ciklusno vreme je   45.76 minuta
Obradjeno je   26 paleta tipa  3 - prosecno ciklusno vreme je   38.85 minuta
Obradjeno je   23 paleta tipa  4 - prosecno ciklusno vreme je   30.15 minuta
Obradjeno je   55 paleta tipa  5 - prosecno ciklusno vreme je   43.80 minuta
Obradjeno je   55 paleta tipa  6 - prosecno ciklusno vreme je   41.63 minuta
Obradjeno je   50 paleta tipa  7 - prosecno ciklusno vreme je   53.38 minuta
Obradjeno je   25 paleta tipa  8 - prosecno ciklusno vreme je   53.34 minuta
Obradjeno je   24 paleta tipa  9 - prosecno ciklusno vreme je   42.19 minuta
-----------------------------------------------------------------------------
Iskoriscenje obradnog centra br.  1                                0.913
Iskoriscenje obradnog centra br.  2                                0.850
Iskoriscenje obradnog centra br.  3                                0.821
Iskoriscenje obradnog centra br.  4                                0.934
Iskoriscenje obradnog centra br.  5                                0.812
Iskoriscenje transportne jedinice                                  0.575
Iskoriscenje pripremne stanice  1                                  0.913
Iskoriscenje pripremne stanice  2                                  0.850
-----------------------------------------------------------------------------
```

* Vremenska jedinica "minuta"- iznosi 30 sec.

Sl.9 Primer rezultata simulacije FLEXI - 103



Sl.10 FLEXI - 103



Sl. 11 Obradni centar sa 40 alata, paletnim sistemom i zaštitnom komorom u izvodjenju kao stanica obrade u FTS

b) kvalitativni faktori
- kvalitet obradjenih delova,
- mogućnost organizovanja III-smene i rada nedeljom
- mogućnost integralne automatizacije.

Na osnovu analize kvantitativnih faktora prostom računicom se dolazi do cene po komadu za svaku varijantu rešenja sistema.

5. ZAKLJUČAK

Prikazani pristup projektovanju tehnoloških procesa omogućuje dobijanje polaznih projektnih veličina za:
- projektovanje fleksibilnog tehnološkog sistema (projektovanje tehnologije prethodi projektovanju FTS)
- detaljnu tehnološku razradu za svaki deo koji će se obradjivati na FTS (projektovanje tehnoloških procesa za postojeći FTS).

Detaljna tehnološka razrada i optimizacija tehnologije obuhvata:
- izradu NU-programa za svako stezanje
- optimizaciju NU-programa na nekoj od stanica FTS ili na obradnom centru izvan FTS
- konstrukciju svih steznih alata.

6. LITERATURA

[1] Merchant,E : Current Status of, and Potential for, Automation in the Metalworking Manufacturing Industry, Key-Note Paper, Annals of the CIRP, Volume 32/2/ 1983.

[2] Steinhilper,R: Nene Fertigungssysteme in Japan, VDI-Z, 1984, Nr 1/2.

[3] COMAU: Flexible production lines: present Trends and Solutions

[4] Ivo Lola Ribar: Interna projektna dokumentacija.

M.Bućan, S.Nikolić, R.Drevenšek

DESIGNING TECHNOLOGICAL PROCESSES FOR PARTS MACHINING IN FLEXIBLE TECHNOLOGICAL SYSTEMS

Abstract

After the experiences gained in the realistion of flexible technological cells since 1982, during 1984 ILR has placed first offers for the realisation of flexible technological systems. At the beginning of 1985, the contract was signed for realising the first phase of a flexible technological system for a domestic customer The aim of the paper is to present the methodology for the design and optimisation of technological processes for flexible technological systems, using the parts for the family of small engine crankcases as an example.

XIX SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE

Kragujevac, septembar 1985.

AUTOMATSKO PROJEKTOVANJE TEHNOLOŠKOG PROCESA ZA MAŠINE SA NUMERIČKIM UPRAVLJANJEM U SKLOPU TENDENCIJA RAZVOJA CAD/CAP/CAM SISTEMA

R.Gatalo, J.Hodolić, M.Zeljković, Institut za proizvodno mašinstvo, FTN, Novi Sad
V.Milošević, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb
Z.Konjović, Institut za mernu tehniku i upravljanje Fakulteta tehničkih nauka, Novi Sad

R e z i m e

U radu se polazi od potrebe integralnih prilaza u razvoju programskih sistema za automatizovano projektovanje, i prisutnih tendencija u svetu. Izlaže se koncepcija SAPOR programskog sistema za automatizovano projektovanje tehnološkog procesa obrade rotacionih delova i koncepcija njegovog dovodjenja na nivo integralnog CAD/CAP/CAM sistema. Ukratko se ukazuje na dostignuća u razvoju odredjenih sistema koji treba da predstavljaju osnovu integralnog sistema, kao i na ključne elemente za povezivanje pojedinačnih sistema u integralnu celinu.

1. UVOD

Integralni prilazi u razvoju programskih sistema za automatizovano projektovanje sve su prisutniji u svetu. Čak se i kod pojedinačnih CAD, CAP i CAM** sistema koji se već godinama koriste u proizvodnim pogonima i projektnim biroima, pojavljuje težnja za njihovim uzajamnim povezivanjem. Na taj način, pored povećanja nivoa automatizovanosti ukupnog programskog sistema, želi se značajno smanjiti pa i potpuno eliminisati dupliranje postupaka unošenja potrebnih ulaznih informacija te time smanjiti subjektivni uticaj čoveka na proces projektovanja.

Kako je razvoj sistema za automatizovano (ili automatsko) programiranje numerički upravljanih (NU) mašina alatki, prethodio razvoju ostalih sistema za automatizovano projektovanje i konstruisanje (CAD sistemi) i sistema za automatizovano projektovanje tehnološkog procesa (CAP sistemi), logično je što najveće teškoće predstavlja uključenje upravo tih sistema u integralnu celinu. Pri tome je naročito zbog različitih koncepcionih prilaza u gradnji procesora ovakvih sistema a delimično i zbog primenjenog principa formalizovanja ulaznih informacija, kod velikog broja razvijenih sistema, vrlo teško ili potpuno nemoguće ostvariti povezivanje sa nekim od sistema za automatizovano konstruisanje. Kod takvih sistema jedino rešenje je unošenje značajnih intervencija u organizaciju procesora a često i razvoj posebnog pred-procesora.

Ako se prethodnom dodaju i opšte težnje da se automatizovani postupci projektovanja povežu u jedinstveni informacioni sistem zajedno sa postupcima planiranja i upravljanja proizvodnjom, onda zadatak povezivanja programskih sistema različite namene u integralni sistem postaje praktično nesavladiv.

U domaćim pogonima industrije prerade metala sve više su prisutne numerični upravljane mašine alatke. Za efikasnu eksploataciju ovih mašina sve više se nameće potreba primene efikasnijih metoda njihovog programiranja, odnosno projektovanja tehnološkog procesa izrade delova na njima. Domaća rešenja programskih paketa i kompletnih sistema za automatizovano programiranje sve su prisutnija, čak šta više i sistema koji pokušavaju da objedine fazu konstrukcionog projektovanja sa projektovanjem tehnološkog procesa i automatizovanog programiranja.

Sistem SAPOR-S razvijen je tokom niza godina na Institutu za proizvodno mašinstvo Fakulteta tehničkih nauka u Novom Sadu. Namenjen je za automatsko projektovanje tehnološkog procesa (i programiranje) NU mašina za obradu struganjem odnosno tehnološkog procesa obrade rotacionih delova. Sistem je razvijen kao deo integralne koncepcije ukupnog SAPOR programskog sistema, koji za rotacione delove uključuje proračun, konstruisanje dela i projektovanje tehnološkog procesa njegove izrade kako na konvencionalnim tako i na NU mašinama. Osim toga u novije vreme razvoj SAPOR sistema usmerava se i na nove pravce. Zato se u radu polazi od opšte poznatih tendencija u razvoju sistema za automatizovano programiranje a zatim se na primeru SAPOR sistema ukratko razmatraju koncepcije i dostignuća u razvoju pojedinih sistema unutar njegove integralne koncepcije, sa akcentom na odredjenim elementima bitnim za integritet koncepcije.

2. TENDENCIJE RAZVOJA PROGRAMSKIH SISTEMA ZA AUTOMATIZOVANO PROGRAMIRANJE

Razvoj sistema za automatizovano programiranje u suštini se može posmatrati kroz tri pravca i to:

1. razvoj novih sistema,
2. dalje usavršavanje postojećih sistema i
3. povezivanje u integralne sisteme i razvoj sistema za automatske fleksibilne tehnološke sisteme.

Na prva dva pravca ovde se ne zadržavamo jer su detaljnije obradjena u ranijim radovima [1] [2]. Pomenimo samo da se kod *prvog pravca* radi o sistemima koji se pojavljuju u vidu novih koncepcionih rešenja kako u postupcima obrade i postupcima merenja u kojima su oni već od

*) *Saopštenje iz Instituta za proizvodno mašinstvo Fakulteta tehničkih nauka u Novom Sadu, Saopštenje je proizašlo iz istraživanja u okviru podprojekta "Automatizacija postupaka projektovanja" koji finansira SIZ za naučni rad Vojvodine.*

**) CAD - Computer Aided Design
CAP - Computer Aided Planning
CAM - Computer Aided Manufacturing

ranije prisutni, tako i u postupcima obrade kod kojih je i samo uvodjenje numeričkog upravljanja novijeg datuma. Kod *drugog pravca* u suštini se radi o težnjama da se postojećim sistemima poveća nivo automatizovanosti, poboljšaju njihove eksploatacione karakteristike, kao i da se poboljša kvalitet izlaznih informacija iz sistema, što treba da doprinese efikasnijoj eksploataciji NU mašina u pogonu.

Treći pravac odnosi se na povezivanje pojedinačnih sistema kako po horizontali tako i po vertikali - u integralne sisteme. Pri tome povezivanje po vertikali podrazumeva povezivanje sistema za automatizovano programiranje NU mašina za obradu delova sa sistemima koji automatizuju proces projektovanja u fazama koje logično prethode fazi programiranja NU mašina. To su faze projektovanja kompletnog tehnološkog procesa izrade dela, konstruisanje delova i njihov proračun, projektovanja sklopova i sl. Takodje, ovde se podrazumeva povezivanje i sa sistemima koji su "paralelni" sa fazom programiranja ili slede iza nje. To npr. mogu da budu sistemi za projektovanje alata za oblikovanje pripremka i programiranje NU mašine za izradu osnovne forme odgovarajućeg alata za oblikovanje, ili pak sistem za planiranje i upravljanje proizvodnjom. Pri ovome je od posebnog značaja da ovakvo povezivanje stvara uslove za formiranje jedinstvene informacione baze delova, postupaka obrade, normativa, upravljačkih programa za NU mašine itd.

Tako zaokružene integralne sisteme moguće je koristiti kao integralnu celinu a isto tako na nivou jednog dela integralne celine kao i na nivou svakog pojedinačnog sistema.

Povezivanje sistema po horizontali od posebnog je značaja zbog intenzivnog razvoja automatskih fleksibilnih tehnoloških sistema, kod kojih pored više vrsta obrade postoje i operacije manipulacije sa izradkom, alatom i sl., merno-kontrolne operacije itd. To znači da odgovarajući sistem za automatizovano projektovanje celokupnog procesa (obrade i rada ostalih elemenata tehnološkog sistema) i odgovarajućih upravljačkih informacija, mora predstavljati programski sistem integrisan po horizontali. Pored toga ON-LINE povezivanje takvog sistema u tehnološki sistem zahtevaće visok stepen integracije, ali po vertikali i sa sistemom za upravljanje celokupnim tehnološkim sistemom i njegovim elementima.

3. OPŠTA KONCEPCIJA SAPOR PROGRAMSKOG SISTEMA

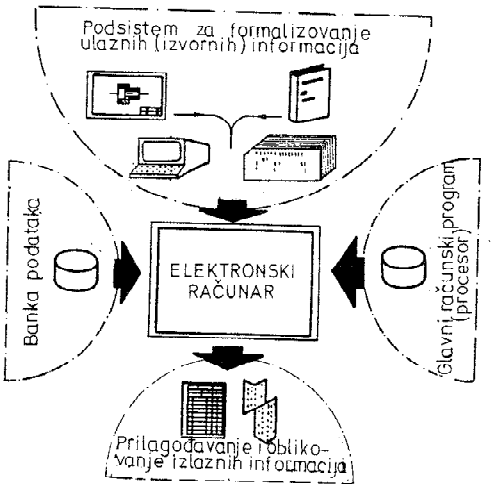
Polazna koncepcija SAPOR sistema za automatizovano projektovanje (Sistem za Automatizovano Projektovanje u području Obrade Rezanjem) oslanjala se na jedinstvenom pristupu u projektovanju tehnološkog procesa izrade za numerički upravljane i konvencionalne mašine alatke [3] [4] [5]. Pri tome je orijentacija bila isključivo na rotacione oblike izradaka kao oblike čija je učestanost pojavljivanja u proizvodnji i najveća.

Ceo programski sistem u suštini sačinjavaju četiri celine (slika 1) i to:

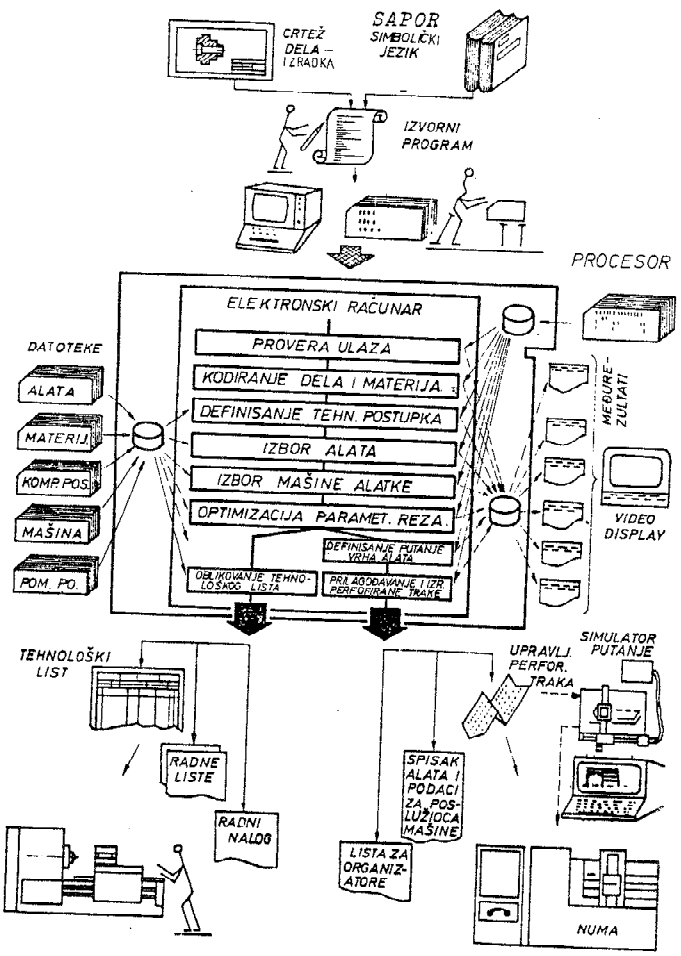
- podsistem za formalizovanje ulaznih (izvornih) informacija (simbolični jezik; princip modeliranja) o izradku (i eventualno pripremku) za koji se želi projektovati proces izrade;
- podsistem informacionih prodloga u vidu banke podataka (datoteka informacija) neophodnih za uspešno odvijanje procesa projektovanja;
- glavni računarski program (procesor) u kojeg je ugradjena logika projektovanja;
- podsistem za prilagodjavanje i oblikovanje nosioca izlaznih informacija (tehnološka karta, perforirana traka za upravljanje NU mašinom, spisak alata i sl.)

Konkretno rešenje SAPOR sistema, čiji je model prikazan na slici 2, bazirano je na posebno projektovanom SAPOR simboličkom programskom jeziku [12] [6] [13] koji omogućava lako, brzo i jednostavno formalizovanje izvornih (ulaznih) informacija o izradku i pripremku.

Ceo sistem tehnološki je orijentisan i kao takav zahteva datoteke informacija o alatima, materijalima, kompleksnim postupcima, mašinama i sl.



Sl.1 Uprošćeni model SAPOR sistema za automatizovano projektovanje tehnološkog procesa



Sl.2 Model SAPOR sistema za automatizovano projektovanje tehnološkog procesa za rotacione oblike izradka

Procesor sistema baziran je na modularnom principu. Pojedini moduli u suštini odgovaraju fazama projektovanja koje su većinom prisutne i pri ručnom projektovanju odnosno projektovanju od strane tehnologa.

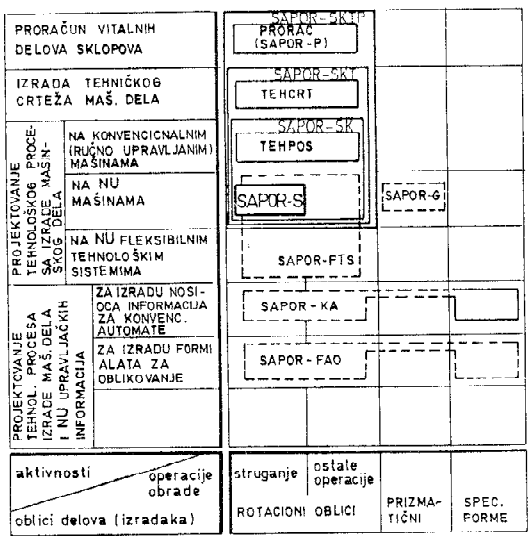
Izlazne informacije iz sistema u opštem slučaju sadrže tehnološku dokumentaciju za slučaj korišćenja konvencionalnih mašina alatki. Za operacije obrade struganjem izlazne informacije se oblikuju u formi i na odgovarajućem nosiocu, za upravljanje NU mašinama alatkama.

Razvoj ovako koncipiranog SAPOR sistema zahtevao je odgovarajuće, ne male, istraživačke kapacitete, što u konkretnom slučaju nije bilo moguće obezbediti. Zato je napor usmeren na suženu varijantu sistema nazvanu SAPOR -S sistem koji se odnosi na automatizovano projektovanje tehnološkog procesa i programiranje NU mašina za obradu struganjem*.

Pri razvoju SAPOR-S sistema strogo je vodjeno računa da se on uklapa u opštu koncepciju SAPOR sistema, odnosno da se kroz kasniju nadgradnju i proširenje može doći do kompleksnog sistema.

U toku rada na razvoju SAPOR-S sistema i kompleksnog SAPOR sistema, pored niza dilema, problema i teškoća javljao se i niz ideja vezanih za stvaranje koncepcije, kako o mogućem usavršavanju i proširenju sistema tako i nadgradnji sistema u cilju povišenja nivoa automatizovanosti sistema. Ovde se ne zadržavamo detaljnije na pitanjima koja imaju karakter usavršavanja. Pomenimo samo usavršavanje u smislu uvodjenja alfa-numeričkog 3 i/ili grafičkog dijaloga pri sastavljanju izvornih (ulaznih) informacija o delu- izradku i grafičke simulacije u cilju provere kako ulaznih tako i izlaznih informacija iz sistema projektovanja.

Za koncepciju ovog rada ovde je daleko značajnije zadržati se na pitanjima proširenja kompleksnog SAPOR sistema kako po horizontali tako i po vertikali. U tom smislu na slici 3 prikazana je koncepcija proširenja SAPOR sistema i njegovog dovodjenja do integralne koncepcije.



Sl.3 Integralna koncepcija SAPOR sistema

Prikazana integralna koncepcija podrazumeva da se najpre povezivanjem SAPOR-S sistema sa TEHPOS sistemom dodje do kompleksnog SAPOR sistema. Istovremeno paralelno sa SAPOR-S sistemom predvidja se razvoj SAPOR-G sistema za automatizovano programiranje NU mašina za obradu prizmatičnih izradaka. Pri tome se ne predvidja procesorsko povezivanje ova dva sistema već samo korišćenje osnove SAPOR simboličkog jezika i za opis prizmatičnih izradaka. Ovo posebno potiče iz saznanja da se i kod prizmatičnih izradaka najčešće pojavljuju upravo takve rotacione površine koje odgovaraju prvostepenim i drugostepenim oblicima iz SAPOR simboličkog programskog jezika |3|. U skladu stim došlo se do zaključka da je moguće, uz odredjena proširenja postojećeg simboličkog jezika, stvoriti mogućnost za opis geometrije prizmatičnih izradaka. Ta proširenja posebno se odnose na jednoznačno definisanje: ravnih površina u prostoru, osa funkcionalnih cilindričnih površina u prostoru, položaja otvora po osi, pomoćnih otvora i njihovog rasporeda u prostoru, ravnih i drugih žljebova i njihovog rasporeda u prostoru i sl.

Dalje povezivanje u integralnu koncepciju podrazumeva da se za rotacione delove kompleksni SAPOR sistem (SAPOR-SK) integriše sa sistemom TEHCRT za izradu tehničkog crteža dela a zatim i sa sistemom PRORAC za proračun vitalnih delova, u integralni sistem (SAPRO-SKTP). Takva integralna koncepcija SAPOR programskog sistema podrazumeva formiranje ulaznih (izvornih) informacija o delu - delovima odmah pri projektovanju sklopova što s obzirom na koncepciju SAPOR simboličkog jezika ne predstavlja nikakav poseban problem |6|.

Sa druge strane predvidjeno je proširenje SAPOR-S sistema za potrebe numerički (i kompjuterski) upravljanih fleksibilnih tehnoloških sistema, odnosno za automatizovano projektovanje tehnološkog procesa i upravljačkih informacija za takve sisteme.

Posebne celine predstavljaju sistemi SAPOR-KA i SAPOR-FAO čija veza sa integralnim SAPOR sistemom nije naznačena na slici 3, iako su po svojoj koncepciji vrlo bliski kompleksnom SAPOR sistemu, Naime, sistem SAPOR-KA, namenjen za projektovanje tehnološkog procesa, upravljačkih informacija i nosioca informacija za mehaničke jednovretene automate, bez bitnijih izmena može da koristi odredjeni broj modula SAPOR-S sistema, kao i SAPOR simbolički jezik |3|. Ono što ovaj sistem čini kompleksinijim nego što se na prvi pogled čini jeste njegovo proširenje sa modulom za definisanje upravljačkih informacija za izradu vodećih - bregastih ploča kao nosioca upravljačkih informacija za automat, na NU glodalicama.

Sistem SAPOR-FAO treba prktično da omogući pored projektovanja tehnološkog procesa izrade dela i projektovanje pripremka, alata za njegovu izradu kao i definisanje upravljačkih informacija za obradu odgovarajuće forme alata za oblikovanje, na NU glodalici ili obradnom centru.

Od pojedinačnih programskih sistema pored SAPOR-S sistema do sada su značajniji rezultati postignuti u razvoju TEHPOS, TEHCRT i PRORAC sistema,Trenutno se intenzivno radi na razvoju SAPOR-FTS sistema, dok su za ostale sisteme do sada postignuti samo početni rezultati bitni za proveru postavljene koncepcije.

4. PRIKAZ KONCEPCIJE NEKIH OD POJEDINAČNIH PROGRAMSKIH SISTEMA

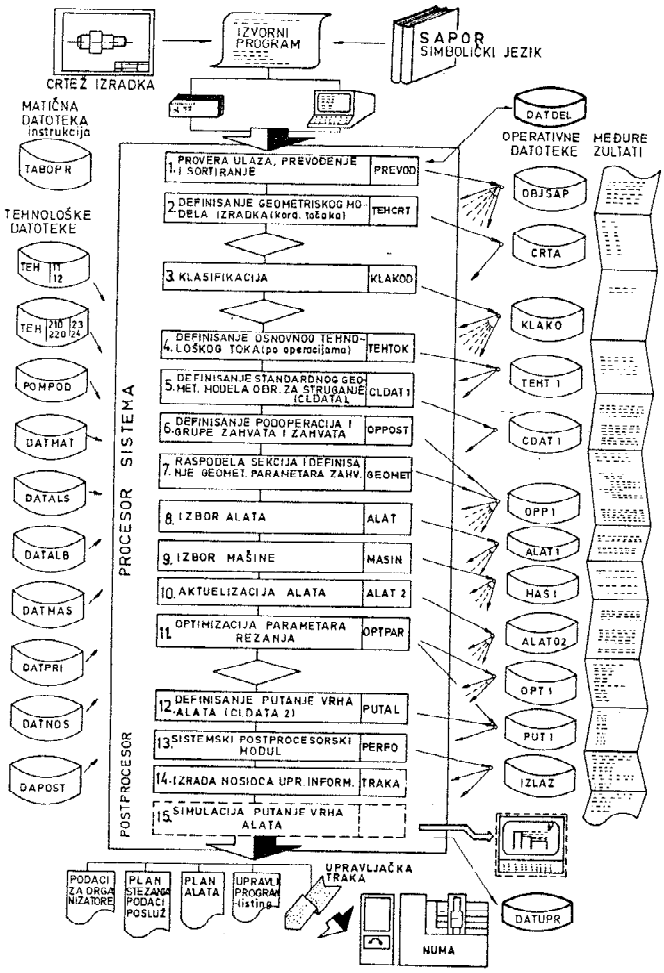
S obzirom na prethodna izlaganja u nastvku se ukratko zadržavamo na razmatranju koncepcije odredjenih programskih sistema. Pri tome se razmatranje izvodi sa stanovišta zadovoljavanja jedinstvene SAPOR koncepcije u pogledu korišćenja SAPOR simboličkog jezika, tehnoloških datoteka, modula procesora, operativnih (radnih) datoteka i matičnih datoteka.

4,1 SAPOR-S programski sistem za automatizovano projektovanje tehnološkog procesa i upravljačkih informacija za NU mašine za obradu struganjem |13|

Sistem SAPOR-S, čiji je model prikazan na slici 4,

*) Sistem SAPOR-S zaokružen je kao celina 1980,godine a uveden u industrijsku primenu u FAMIL "POTISJE" u Adi, krajem 1984, godine.
Sistem je do sada prilagodjen za računarske sistema VARIAN '73, Ei-HONEYWELL 6 modeli 43, 53 i 57, VIDEOTON R-10.

u ovoj fazi koristi osnovnu verziju SAPOR simboličkog jezika, koji omogućava lako, brzo i jednostavno formiranje ulaznih informacija u vidu izvornog programa dela-izradka.



Sl.4 Model SAPOR-S sistema (verzija 3.0 instalisana u FAMIL "POTISJE" u Adi)

Moduli procesora SAPOR-S sistema su tako koncipirani da se mogu koristiti i u drugim programskim sistemima bez ikakvih izmena ili uz odredjena podešavanja. Otvorene veze izmedju odredjenih modula (izmedju modula; 2 i 3; 3 i 4; 11 i 12) omogućavaju da se kroz razvoj u narednom periodu dodje do kompleksnog SAPOR sistema prikazanog na slici 2, za automatizovano projektovanje tehnološkog procesa izrade rotacionih delova (kroz sve operacije obrade) bez obzira da li se obrada izvodi na NU mašinama ili konvencionalno upravljanim mašinama. U tom smislu već razvijeni moduli SAPOR-S sistema od broja 4 do broja 10 mogu da se primene i kod projektovanja procesa za slučaj obrade i na konvencionalnim mašinama za obradu struganjem.

Od tehnoloških datoteka za integralnu koncepciju SAPOR sistema od posebnog su značaja datoteke kompleksnih i tipičnih tehnoloških redosleda (TEH) čija je koncepcija postavljena univerzalno a uz to omogućavaju relativno jednostavno proširenje.

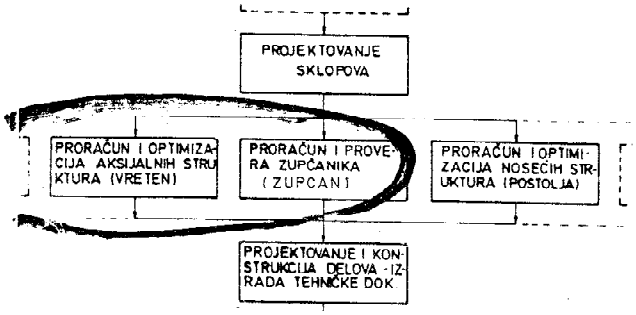
Od operativnih (radnih) datoteka koje u prvom redu omogućavaju povezivanje modularnog procesora ukazuje se na datoteke OBJSAP, CRTA, KLAKO i TEHT 1. Datoteka OBJSAP sadrži sve podatke izvornog programa dela - izradka u tzv.objektnom obliku. Organizacija datoteke je takva

...e omogućava direktan pristup svakoj instrukciji iz izvornog programa, te na taj način i svakoj informaciji iz izvornog programa. Datoteka CRTA sadrži geometrijske informacije o delu-izradku u kompaktnoj formi - tzv.osnovnog geometrijskog modela, na osnovu kojeg je relativno lako ostvariti izradu tehničkog crteža dela. Datoteka KLAKO sadrži klasifikacioni broj dela - izradka a datoteka TEHT 1 osnovni tehnološki redosled izrade dela.

Na prikazanom modelu SAPOR-S sistema posebno je naznačena matična datoteka delova DATDEL, koja u suštini sadrži informacije o delovima - izradcima i vidu njihovih izvornih programa. Navedena forma zapisa informacija o delu-delovima pokazala se kao najkompaktnija. Korišćenje ove datoteke, kao i matične datoteke projektovanih upravljačkih programa za NU mašine - DATUPR, od posebnog je značaja pri korišćenju programskog sistema u konkretnim pogonima kao i pri povezivanju sistema u integralnu celinu sa drugim programskim sistemima za automatizovano projektovanje.

4.2 PRORAC programski sistem za automatizovani proračun vitalnih delova rotacionog oblika [8]

Opšti sistem za automatizovani proračun namenjen je za proračune i provere vitalnih mašinskih delova (slika 5). Za rotacione delove on obuhvata proračun delova oblika vretena (aksijalnih struktura) i oblika zupčanika.



Sl.5 Koncepcija opšteg sistema za automatizovani proračun vitalnih delova

Za proračun aksijalnih struktura do sada je razvijen podsistem VRETEN, čiji je model prikazan na slici 6. Koristi osnovnu verziju SAPOR simboličkog jezika, za opis rotacionih delova, proširenu sa segmentom za definisanje podataka bitnih za proračun.

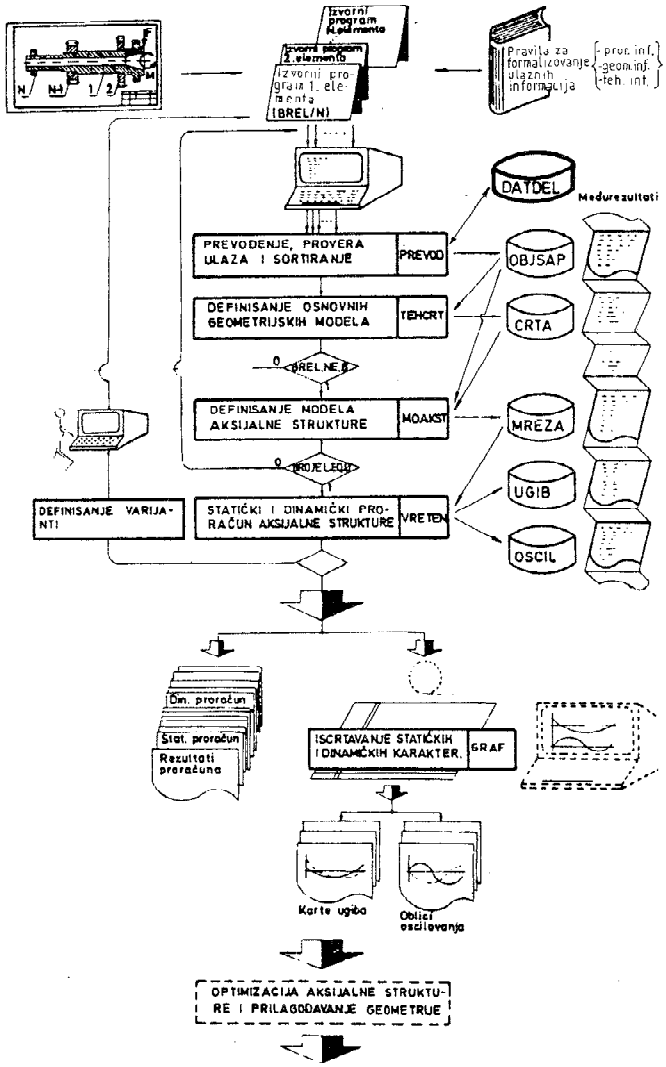
Koristi prva dva modula (PREVOD, TEHCRT), iz SAPOR-S sistema, kao i operativne datoteke OBJSAP, CRTA i matičnu datoteku DATDEL.

4.3 TEHCRT programski sistem za automatizovano konstruisanje delova rotacionog oblika [6] [7]

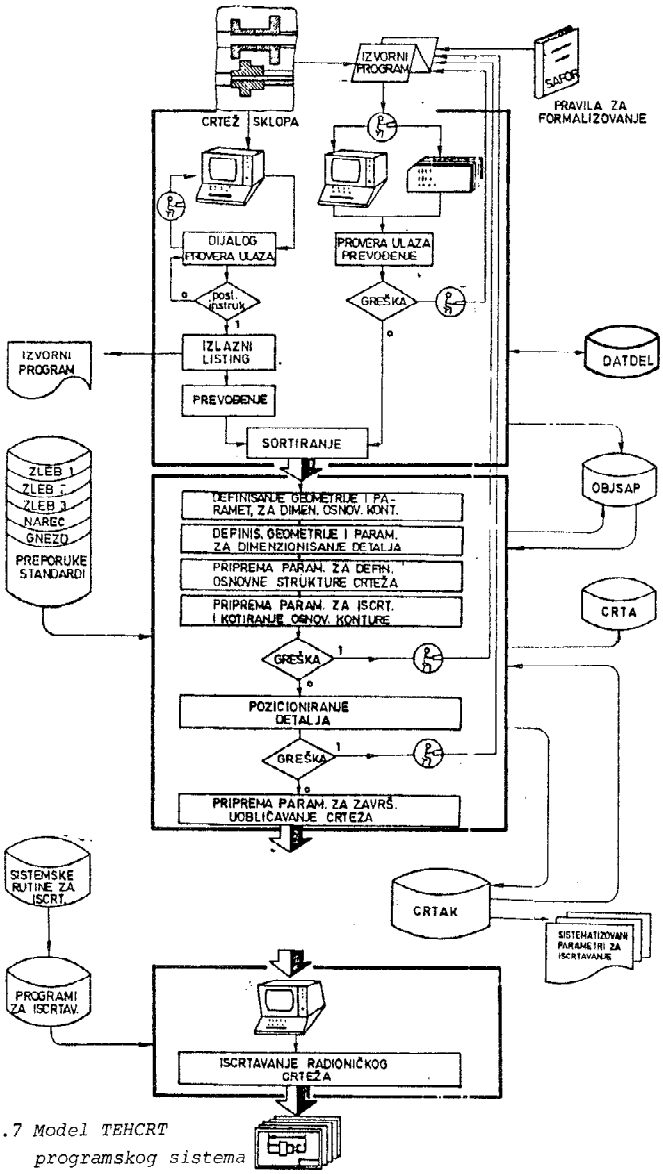
Sistem TEHCRT, čiji je model prikazan na slici 7, koristi osnovnu verziju SAPOR simboličkog jezika, proširenu sa segmentom za projednostavljeno definisanje standardizovanih oblika u vidu žljebova, obaranja i zaobljavanja ivica, gnezda i sl.

Procesor sistema koristi prva dva modula (PREVOD, TEHCRT) SAPOR-S sistema. U narednoj fazi njima će se dodati i treći - modul KLAKOD.

Na isti način i operativne datoteke OBJSAP, CRTA i KLAKO u potpunosti odgovaraju tim datotekama iz SAPOR-S sistema. Isto je i sa matičnom datotekom delova DATDEL.



Sl.6 Model programskog pod sistema VRETEN



Sl.7 Model TEHCRT programskog sistema

4.4 TEHPOS programski sistem za automatizovano projektovanje tehnološkog procesa izrade rotacionih delova [3] [10]

TEHPOS sistem u suštini predstavlja dosadašnju fazu razvoja kompleksnog SAPOR sistema prikazanog na slici 2. Jedna verzija TEHPOS sistema prikazana je na slici 8. Navedena verzija prilagodjena je korišćenju odredjenog klasifikacionog sistema (u konkretnom slučaju klasifikacionog sistema u FAMIL "POTISJE" u Adi) za projektovanje osnovnog tehnološkog redosleda izrade rotacionih delova.

Sistem je koncipiran tako da može koristiti dve varijante zadavanja ulaznih informacija. Prva varijanta zasniva se na korišćenju SAPOR simboličkog jezika i prvih modula SAPOR-S sistema (PREVOD, TEHCRT) kao i posebno prilagodjen modul za automatsko definisanje klasifikacionog broja prema konkretnom klasifikacionom sistemu u fabrici. Iz toga proizilazi i korišćenje operativnih datoteka OBJSAP, CRTA, KLAKOD (AKLAKO) i matične datoteke DATDEL.

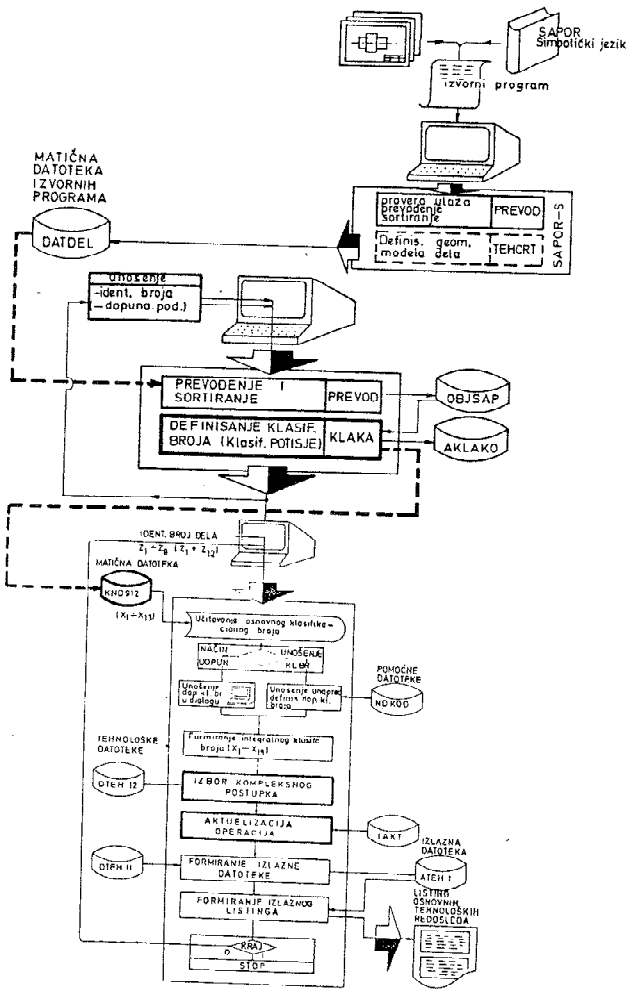
Druga varijanta korišćenja podrazumeva korišćenje postojeće matične datoteke KND912 koja u suštini sadrži ident.broj dela sa klasifikacionim brojem, za sve delove u fabrici.

Ostali ključni segmenti TEHPOS sistema u potpunosti koriste logiku iz njima odgovarajućeg modula SAPOR-S sistema. Slično je i sa datotekama tipičnih tehnoloških redosleda (D-TEH), kao i sa izlaznom datotekom ATEH 1 (u SAPOR-S sistemu TEHT 1).

4.5 SAPOR-FTS sistem za automatizovano projektovanje tehnološkog procesa i upravljačkih informacija za NU fleksibilne tehnološke sisteme [9]

Koncepcija informacionih tokova kod ovog sistema prikazana je na slici 9. Koncepcija bazira na korišćenju osnovne verzije SAPOR simbolikog jezika i korišćenju modula PREVOD, KLAKOD a po potrebi i modula TEHCRT iz SAPOR-S sistema. Na isti način predvidja se korišćenje matične datoteke DATDEL kao i operativnih datoteka OBJSAP i KLAKOD.

Pored toga od posebnog je značaja naglasiti da razvoj sistema bazira na korišćenju svih modula, tehnoloških



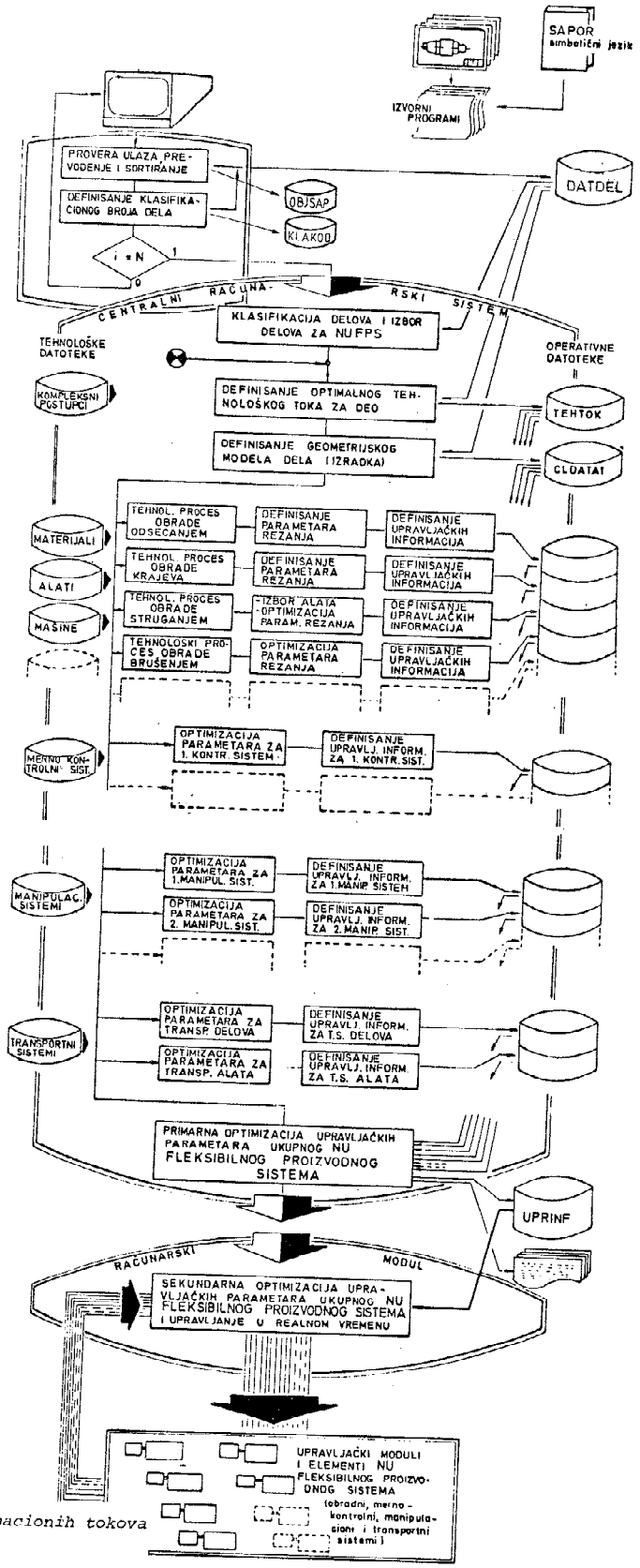
Sl.8 Model TEHPOS programskog sistema za automatizovano projektovanje

i operativnih datoteka. To znači da se ceo programski sistem razvija po principu proširenja SAPOR-S sistema.

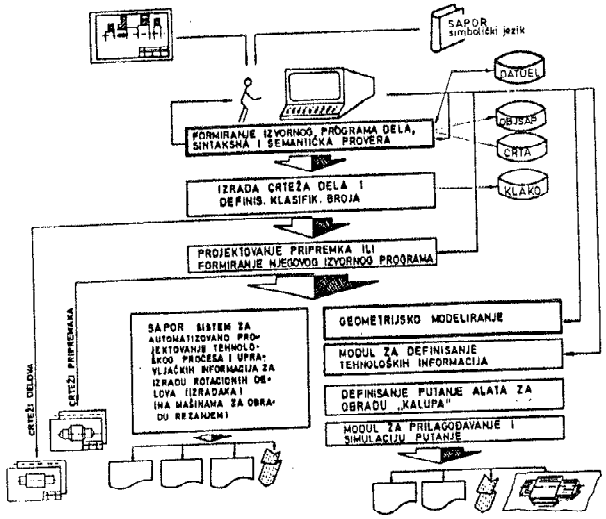
4.6 SAPOR-FAO sistem za automatizovano projektovanje pripremka, (alata za njegovu izradu) i definisanje upravljačkih informacija za obradu odgovarajuće forme alata za oblikovanje [11]

I pored toga što su rezultati u razvoju sistema SAPOR-FAO, čiji je model prikazan na slici 10, još uvek na početnom nivou, u razmatranjima se zadržavamo i na njemu zbog proširenja cele koncepcije programskih sistema i na projektovanje upravljačkih informacija za obradu specifičnih oblika-formi, na NU glodalicama ili obradnim centrima.

I kod ovog sistema polaznu osnovu čini osnovna verzija SAPOR simboličnog jezika, kao i korišćenje prvih modula (PREVOD, CRTA, KLAKOD) SAPOR-S sistema. Slično je i sa operativnim datotekama OBJSAP, CRTA, KLAKOD i sa matičnom datotekom delova DATDEL. Model prikazan na slici 10, obuhvata i izradu crteža dela kao i projektovanje pripremka. Zasad ne obuhvata projektovanje alata za oblikovanje pripremka, već samo projektovanje upravljač-



Sl.9 Uopštena blok šema koncepcije informacionih tokova kod SAPOR-FTS programskog sistema



Sl.10 Uprošćeni model SAPOR-FAO programskog sistema

kih informacija za izradu odgovarajuće forme alata na NU mašini.

5. UMESTO ZAKLJUČKA

Rad predstavlja pokušaj da se na ograničenom prostoru u kondenzovanom obliku ukaže na prilaze u razvoju sistema za automatizovano projektovanje sa ciljem da se u dogledno vreme dodje do odredjenih integralnih sistema.

U konkretnom slučaju SAPOR sistema ili SAPOR koncepcije, osnovu za integraciju pojedinačnih sistema čine jedinstvena koncepcija formalizma za definisanje ulaznih informacija (SAPOR simbolički jezik), organizacija operativnih (radnih) datoteka i matične datoteke delova kao i organitacija odredjenih tehnoloških datoteka.

LITERATURA

[1] R.Gatalo: Numeričko upravljanje mašinama alatkama i NU tehnologija-stanje i tendencije razvoja;Zbornik radova XVI Savjetovanja proizvodnog mašinstva Jugoslavije, Mostar, 1982, 293-326.

[2] R.Gatalo: Stanje i tendencije razvoja NU tehnologije; Zbornik radova VII Seminara BIAM'84, Zagreb, 1984, A1÷A24.

[3] J.Rekecki, R.Gatalo, Lj.Borojev, J.Hodolič, M.Zeljković: SAPOR sistem za automatizovano projektovanje - - stanje i perspektiva razvoja; VI Jupiter konferencija, Cavtat, 1980.

[4] R.Gatalo, J.Rekecki: Uopštavanje prilaza problemima automatizacije postupaka projektovanja; Zbornik radova II n.s. skupa MMA'79, Novi Sad, 1979, 231-252.

[5] R.Gatalo: CAD i CAM koncepti u sklopu ukupnih aktivnosti iz domena automatizacije postupaka projektovanja-sa posebnim osvrtom na neke domaće rezultate u vezi sa razvojem integralnog CAD/CAM sistema; Zbornik radova II n,s, skupa PPS'80, knjiga 1, Novi Sad 1980, 69-106,

[6] R.Gatalo: Prilog razvoju integralnog sistema za automatsko projektovanje rotacionih izradaka i njihove tehnologije izrade u metalopreredjivačkoj industriji, doktorska disertacija, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 1978.

[7] S,Navališić, R,Gatalo: Neki od rezultata istraživanja u razvoju sistema za automatizovano projektovanje delova rotacionog oblika, čiji je izlaz radionički crtež, vezani za razvoj integralonog SAPOR sistema; Zbornik radova II z.s. Skupa o konstruiranju, knjiga II, Zagreb, 1984.

[8] M.Zeljković, R.Gatalo, D.Kukolj, D.Marjanović: Programski sistem za automatizovano modeliranje i proračun aksijalnih struktura; Zbornik radova II z,s, Skupa o konstruiranju, knjiga II, Zagreb, 1984,

[9] J.Rekecki, R.Gatalo, J.Hodolič, Lj.Borojev, M.Zeljković: Prilog razvoju koncepcije NU fleksibilnih proizvodnih sistema za obradu rotacionih delova; Zbornik radova Instituta za proizvodno mašinstvo, Novi Sad, God.1, 1984, br.1, 237-254.

[10] R.Gatalo, J.Hodolič, V.Milošević, M.Zeljković, J.Rekecki, Z.Konjović, Lj.Borojev, L.Tasić, F.Homolja: Uvodjenje SAPOR-S sistema za automatizovano projektovanje tehnološkog procesa za NU mašine za obradu struganjem u proizvodni pogon FAMIL "POTISJE" u Adi, elaborat projekta, Institut za proizvodno mašinstvo FTN Novi Sad, 1984.

[11] V.Milošević, R.Gatalo, J.Hodolič: Geometrijsko modeliranje kao osnova za CAD/CAM integracije u SAPOR sistemu; Zbornik radova II z.s, Skupa o konstruiranju knjiga II, Zagreb, 1984.

[12] R.Gatalo, J.Hodolič, M.Zeljković, Lj.Borojev, J,Rekecki: Formalizacija geometrijskih , proračunskih i tehnoloških informacija kao osnova za pojedinačne i integralne programske sisteme za automatizovano projektovanja-I.deo; Zbornik radova Instituta za proizvodno mašinstvo FTN, Novi Sad, God,1, 1984, No 1, 13-43.

[13] R.Gatalo, J.Rekecki, J.Hodolič, Lj,Borojev, M.Zeljković, V.Milošević, Z.Konjović, D.Malbaški: Automatic design of the technological process for NC lathes by the use of SAPOR-S system; Int.Journal Prod.Research, 1983, vol.21, No2, 197-213.

R.Gatalo, J. Hodolić, M. Zeljković , V. Milošević, Z. Konjović

AUTOMATIC DESIGN OF TECHNOLOGICAL PROCESS FOR NC MACHINES FOLLOWING CURRENT TRENDS IN DEVELOPMENT OF CAD/CAP/CAM SYSTEMS

Abstract

The basic concept of the paper is integral approach in development of the program system for automatic design and curren trends in this field in the world. The concept of the SAPOR system for automatic design of technological process in the area of cutt machining is given, as well as the concept of the development of complex CAD/CAP/CAM system.

Very briefly are described the results in development of particular subsystems which should represent the basis of complex system and the crucial elements linking the single subsystems in the complex system, to.

XIX SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE

Kragujevac, septembar 1985.

UVODJENJE ROBOTIZACIJE I AUTOMATIZAZIJE U PROIZVODNJU AUTOMOBILA JUGO U ZAVODIMA "CRVENA ZASTAVA"

S. Smiljanić, V. Dimitrijević, S. Savić
P.Blagojević, Zavodi "Crvena Zastava"

R e z i m e

Rad se bavi konkretnim problemom uvodjenja robotizacije i automatizacije u proizvodne pogone Fabrike automobila Zavoda "Crvena zastava" u Kragujevcu. Globalno i indikativno se prikazuju opredeljenja u raznim vrstama tehnologija koja se inače pojavljuju u proizvodnji automobila, a detaljnije se daje prikaz rešenja koje se tek izradjenim projektom predvidjaju za aplikaciju u proizvodnji školjke (karoserije) automobila JUGO.

1. POSTOJEĆE STANJE

Zavodi "Crvena zastava" (ZCZ) danas (godine 1985.), su složeni poslovni sistem u kome je organizovana proizvodnja oružja, automobila, kamiona, mašina, alata, uglja i drugo i u kome radi preko 50.000 radnika.

Najznačajniji proizvodni program je proizvodnja automobila (RO Fabrika automobila) koja čini 42,12% od ukupnog prihoda, odnosno 26,36% od dohotka koji se ostvaruje u SOUR ZCZ.

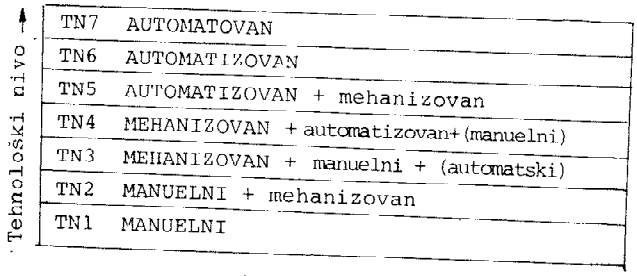
Razvijeni su kapaciteti za proizvodnju 220.000 putničkih automobila modela 750/850, 101/128 i JUGO. Moguće je ostvariti dnevnu proizvodnju od 900 automobila. Proizvodni kapacitet za automobil JUGO je instaliran na nivou 50.000 kom/god. ili 200 kom./dnevno.

Osnovne tehnologije, kako je šire poznato, koje se primenjuju u proizvodnji automobila su: (1) mehanička obrada, (2) presovanje, (3) sklapanje podsklopova i montaža školjke, (4) lakiranje i (5) montaža automobila.

Tehnološki nivo instaliranih kapaciteta u naznačenim tehnologijama je različit, i on je pretežno u funkciji vremena instaliranja raspoloživih kapaciteta. Tako, sredstva rada za model 750/850 su instalirana 1962. god. i dopunjavana i osavremenjavana 1965, 1968 i 1976. godine. Za automobil 101/128 su instalirana 1972. godine i dopunjavana i osavremenjavana 1979. godine a za model JUGO su instalirana 1979.god.

Nivo postojeće tehnologije je u najvećoj meri determinisan veličinom serija pojedinih modela automobila koje su, po pravilu, sve u rangu malih serija. Otuda u proizvodnji dominiraju specijalne mašine koje su retko poluautomatizovane i vrlo retko automatizovane (tzv. transver mašine). U ograničenom broju primenjuju se mehaničke ruke i mehanizacija. Robota nema.

Za potrebe ovog rada autori su se odlučili da uvedu sledeće konvencionalne termine i oznake tehnološkog nivoa, kako to pokazuje šema 1.



Šema 1.

Koristeći se prethodnom konvencijom (koja je u osnovi pretežno kvalitativnog karaktera) identifikovan je postojeći nivo tehnologije u proizvodnji automobila JUGO po pojedinim vrstama tehnologija i dobijen sledeći rezultat: (1) mehanička obrada TN3, (2) presovanje TN2, (3) sklapanje podsklopova i montaža školjke TN2, (4) lakiranje TN3 i (5) montaža automo-

bila TN2.

Posebno je interesantno i značajno komparirati postojeći nivo tehnologija u ZCZ sa odgovarajućim nivoima tehnologija koje se koriste kod velikih svetskih proizvodjača automobila. Autori ovog rada imali su priliku da se nedavno upoznaju sa dostignutim nivoom tehnologije u pojedinim vrstama tehnologija u proizvodnji automobila u FIAT-AUTO, Torino-Italija i RENO (RENAULT), Pariz i Due-Francuska.

Aktuelno stanje nivoa tehnologija (početak proleća 1985. godine) kod obe naznačene firme je sledeće: (1) mehanička obrada TN4, (2)presovanje TN3, (3) sklapanje podsklopova i montaža školjke TN5 (FIAT) i TN4 (RENO), (4) lakiranje TN4 i (5) montaža automobila TN3 (krajem 1985. god. u FIAT-u će biti TN4).

Zapaža se da su u pojedinim vrstama tehnologija kod ove dve firme tehnološki nivoi približno isti sa evidentnom prednošću FIAT-AUTO.

Kako se vidi aktuelni nivoi tehnologija u ZCZ su po pravilu niži od onih koje ostvaruju veliki svetski proizvodjači automobila uopšte (ovo pogotovu kad se uzme u obzir široko poznati nivo tehnologije koji su razvili i koriste japanski proizvodjači automobila) što znači da u ovom trenutku postoji izvesno zaostajanje u aplikaciji postojećih tehnologija u proizvodnji automobila JUGO u ZCZ.

Ne analizirajući na ovom mestu glavne uzroke i razloge za ovakvo stanje nedvosmisleno se mora zaključiti da su neophodne organizovane i smišljene promene u nivoima tehnologija koje se danas primenjuju u ZCZ u pravcu primene viših tehnoloških nivoa, u svetu široko korišćenih koji daju niz praktičnih koristi (smanjenje troškova, stabilnost poboljšanog kvaliteta u odnosu na niže tehnološke nivoe, povećanje humanizacije rada i dr.).

2. INDIKATIVNI OPIS ZADATKA

Srednjoročnim planom razvoja ZCZ za period 1986. do 1990. god., predvidja se proizvodnja automobila JUGO po godinama: 130.000 (1986.g.), 160.000 (1987.g.), 210.000 (1988.g.) i po 220.000 komada (1989. i 1990. god.). Odmah se uočava da radni kapacitet sredstava rada treba povećati od 50.000 kom/god. na 220.000 kom/god. ili 4,4 puta, i to za period od 2 godine. Pri tome treba obezbediti i povećanje tehnoloških nivoa u svim vrstama i tehnologija u cilju postepenog pristizanja već ostvarenih tehnoloških nivoa kod većih svetskih proizvodjača automobila, a sve u cilju postizanja medjunarodne konkurentnosti automobila JUGO, čak i na najtežim svetskim tržištima, kao što je tržište USA, Zapadne Evrope i dr.

Uvodjenje viših nivoa tehnologija od postojećih dovešće do smanjenja manuelnog rada a to znači da će se smanjiti broj potrebnih radnika u neposrednoj (direktnoj) proizvodnji.

Istovremeno, ZCZ se nalaze pred primenom Zakona o radnim odnosima SR Srbije od 21. juna 1984. god. (glava III-radno vreme, pod 3, čl. 43) koji u većoj meri nego do sada preferira skraćenje radnog vremena (npr. zbog rada u smenama). U okviru ova dva u osnovi suprotna smera dejstva treba naći rešenje za "oslobodjene" radnike, jer, praktično, ustupanje neangažovanih radnika drugim organizacijama udruženog rada u aktuelnim uslovima nije realno.

3. GLOBALNA KONCEPCIJA REŠAVANJA ZADATKA

Sam zadatak koji je indikativno prikazan u prethodnoj tački u velikoj meri odredjuje strukturu, sadržaj i dinamiku rešavanja zadatka, odnosno u visokoj meri odredjuje koncepciju rešavanja zadatka.

Već i kraća analiza ukazuje na potrebu da se krupniji i brži koraci u postizanju viših tehnoloških nivoa moraju realzovati u onim vrstama tehnologije gde je utvrdjeno najveće zaostajanje za aktuelnim postignutim tehnološkim nivoima u svetu. To se u prvom redu odnosi na tehnologiju sklapanja podsklopova i montaža školjke automobila, a zatim na: presovanje, montaža automobila, mehanička obrada i najmanje na lakiranje.

S obzirom na svrhu i ciljeve ovog rada, i njegov obim, na ovom mestu neće biti moguće prikazati sve postupke i procese uvodjenja robotizacije i automatizacije u svim vrstama tehnologija automobila JUGO, već će se glavna pažnja koncentrisati na uvodjenje robotizacije i automatizacije u sklapanju podsklopova i montaži školjke automobila JUGO. Tom pitanju biće posvećena cela naredna, četvrta,tačka ovog rada a na ovom mestu ćemo samo indikativno naznačiti kvalitet promene u odnosu na postojeće tehnološke nivoe u pojedi-

nim vrstama tehnologija

Presovanje

Predvidja se da se na velikim i srednjim presama uvede visoka mehanizacija,korišćenje polufleksibilnih ili fleksibilnih mehanizovanih sistema elektro-mehaničkih ili pneumatskih (marke SCHULLER, RENAULT AUTOMATION i sl.) za alimentiranje presa i transport medju presama. Ne dolazi u obzir upotreba bilo kog rigidnog sistema npr. tipa tracobar (zbog čestih promena alata).

Promeni alata na velikim i srednjim presama posvetiće se velika pažnja. Uvešće se sistem brzog menjanja alata u cilju da se radikalno smanji vreme zamene alata (od 3-4 sata na 15-30 min). Primeniće se prese sa bočnim otvorima (u stubu prese), uredjaji za brzo stezanje alata na bazi elektropneumatika, ploče alata istih dimenzija sa maljem prese, na jednoj kranskoj stazi dva krana i dr.

U pripremi lima će se koristiti kontinualni proces "razvijenog stanja" iz kotura lima.

Krajem ove decenije predvidja se uvodjenje robota (tip elektromehanički marke SMART, ACMA i sl.), najpre na ulazu čeone prese, a zatim i iza zadnje prese u liniji. Po mogućnosti, povećavaće se fleksibilnost manipulacije izmedju presa zamenom mehanizovanih sistema robotima za medjupreserski transport.

Montaža automobila

Prvi, sledeći, korak u razvoju tehnološkog nivoa u montaži automobila je povećano mehanizovanje procesa montaže i dolaženje na TN3. Predvidja se uvodjenje manipulatora za ugradnju teških podsklopova i sklopova automobila (npr. zadnje vešanje), zatim primena viševretenih stezača sa automatskom regulacijom momenta stezanja, primena pouzdanih i efikasnih sistema za doziranje fluida (tečnosti, ulja, gorivo), uvodjenje automatizovane linije za pripremu točkova automobila, instaliranje uredjaja za pouzdanu kontrolu pojedinih podsklopova i sklopova automobila, pa i gotovih automobila i dr.

Krajem decenije investicije će biti usmerene ka uvodjenju poluautomatizacije i automatizacije i uvodjenje robota u montaži.

Mehanička obrada

U ovoj vrsti obrade će se povećati upotreba specijalnih mašina za kombinovanu obradu,linijskih transvera, mašina opremljenih punjačima za automatski dotur delova i sl. Za sada se ne predvidja veće uvodjenje automatizacije i robotizacije, a definitivne odluke u ovom pogledu će biti donete tek kada bude konsolidovana gama motopropulzivnih grupa za buduće modele automobila "zastava" koji će biti aktuelni u poslednjoj deceniji ovog veka.

Posebna pažnja će se posvetiti uvodjenju automatskih uredjaja za kontrolu kvaliteta delova i mehaničkih sklopova automobila JUGO.

Lakiranje

U ovoj vrsti tehnologije potrebne su manje intervencije u pogledu podizanja tehnološkog nivoa. Ipak, neophodna su investiciona ulaganja: u izgradnji dve nove savremene linije za pokrivnu boju, za postavljanje uredjaja za automatsko nanošenje pokrivne boje najpre korišćenje rotacionih zvona a zatim robota, uvodjenje robota za nanošenje PVC masa, zaštitu teško pristupačnih (kutijastih) prostora i dr.

Već u 1988. god. očekuje se dostizanje TN4 uvodjenje automatskog upravljanja, kako pripremom i nanošenjem boje, i kontrolom procesa lakiranja, preko relevantnih parametara (temperatura, provodljivost, koncentracija, viskozitet, pH vrednost i dr.), kontrolom kvaliteta zaštite i neutralizacije otpadnih voda.

4. UVODJENJE ROBOTIZACIJE I AUTOMATIZACIJE U PROIZVODNJI ŠKOLJKE AUTOMOBILA JUGO

4.1. Postojeće stanje

Podsklopovi, sklopovi i školjke automobila JUGO proizvode se u OOUR-u "Karoserija", RO Fabrika automobila. Ovaj OOUR zauzima pokrivenu površinu od 49.000 m^2 i ima instalirano 400 aparata za tačkasto zavarivanje, 220 alata za sklapanje i 9 podnih transportera za sklapanje školjke.

Proizvodnja školjke automobila JUGO je organizovana u tzv. proizvodnim zonama kojih ima 11 i to:

1. Zavarivanje podsklopova poda i školjke

2. Zavarivanje podsklopova prednjeg poda i prednje obloge.

3. Sklapanje i zavarivanje prednjeg poda i prednje maske.

4. Sklapanje i zavarivanje poda školjke.

5. Sklapanje i zavarivanje podsklopova stranica.

6. Sklapanje i zavarivanje kompletne stranice.

7. Sklapanje i zavarivanje kostura školjke.

8. Kompletiranje zavarivanjem kostura školjke.

9. Završna obrada školjke

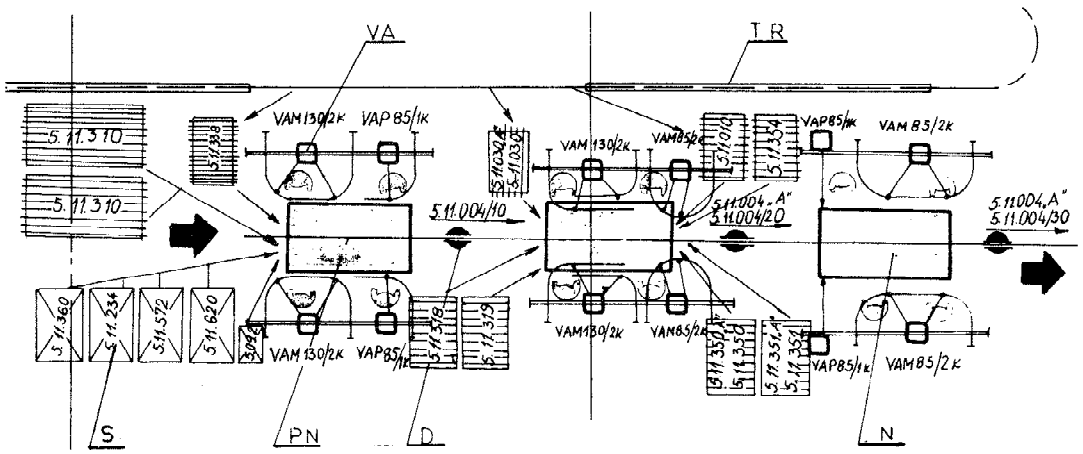
10. Sklapanje i zavarivanje podsklopova pokretnih delova školjke.

11. Zavarivanje i pertlovanje pokretnih delova.

Tehnološki nivo u svim ovim zonama je TN2, tj. dominira manuelni rad uz primenu mehanizacije. Zapravo, otpresci se manuelno predstavljaju u alate, koji se koriste za graničenje i stezanje pri zavarivanju. Stezanje se obavlja pretežno mehanizovano (pneumatski), a zavarivanje se obavlja aparatima za tačkasto zavarivanje manuelno - tačka po tačka vara. Ilustracije radi izabrane su tri zone i to: zona 4, zona 6 i zo-

Postojeće stanje

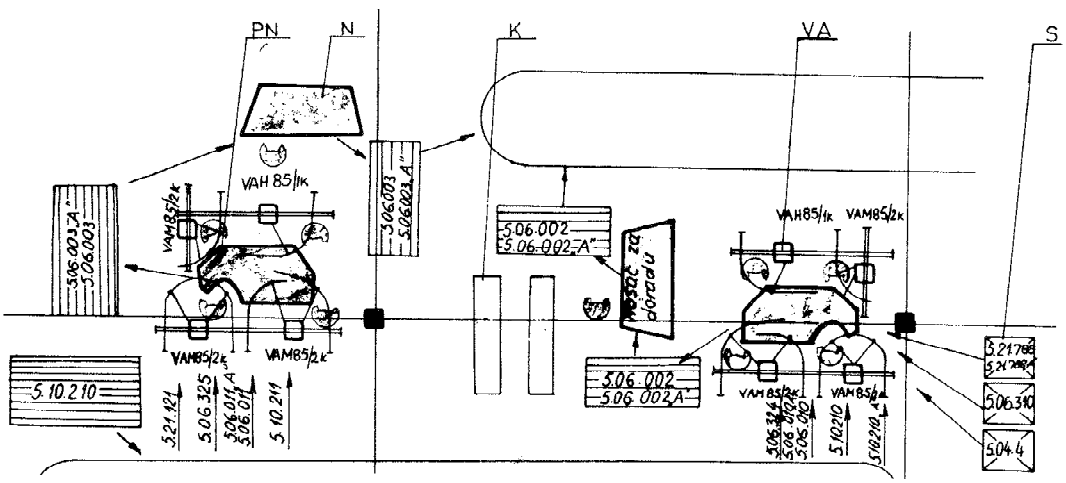
ZONA 4



Skica 1

Postojeće stanje

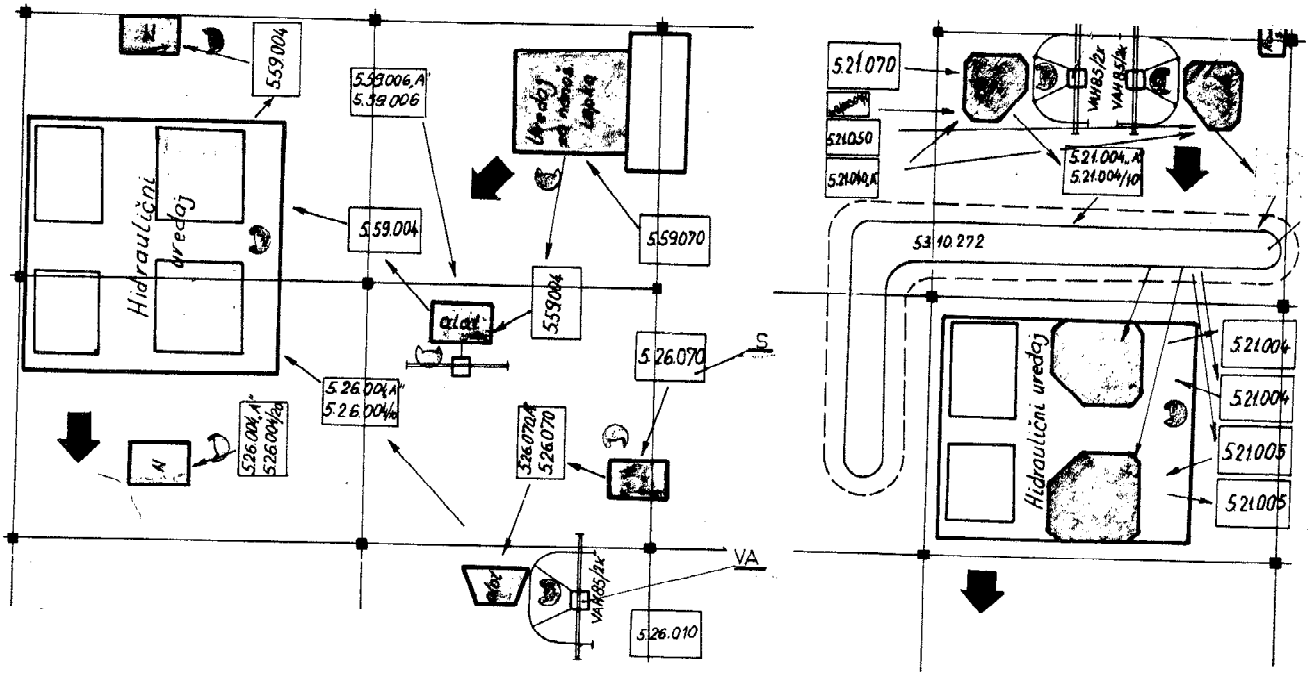
ZONA 6



Skica 2

Postojeće stanje

ZONA 11



Skica 3

ona 11 i na skicama 1, 2 i 3 prikazan je raspored sredstava rada i medjuoperacijskog kretanja delova ovim zonama.

Objašnjenje upotrebljenih skraćenica na ovim skicama se nadalje daje: VA - viseći aparat, VR - viseći transporter, S - sabirno sredstvo, PN - pneumatski alat, D - dizalica, N - nosač, 5.11.310, 5.11.360, 5.05.000... - brojevi delova, K - kontrolni alat, - radnik.

Karakteristike postojećeg nivoa tehnologije u navedenim zonama su:

- uzimanje sklopova nižeg nivoa ugradnje sa transportera ili iz sabirnog sredstva i njihovo manuelno postavljanje u alat,
- pneumatsko stezanje i otpuštanje radnih komada,
- manuelno uzimanje sklopova iz alata i njegovo stavljanje u sabirno ili transportno sredstvo,
- medjuoperacijski transport se obavlja visećim i podnim transporterima i viljuškarama.

Ovakav nivo tehnologije je prihvatljiv za manje serije do pedesetak hiljada komada automobila godišnje,ali se ne može smatrati optimalnim za veće serije.

Osnovni nedostaci postojećeg nivoa tehnologije TN2 su:

a) relativno veliko ukupno vreme izrade školjke - 13,5 sati,

b) velika upotreba proizvodnog prostora po školjki,

c) presudan uticaj subjektivnog faktora na postignuti nivo kvaliteta,

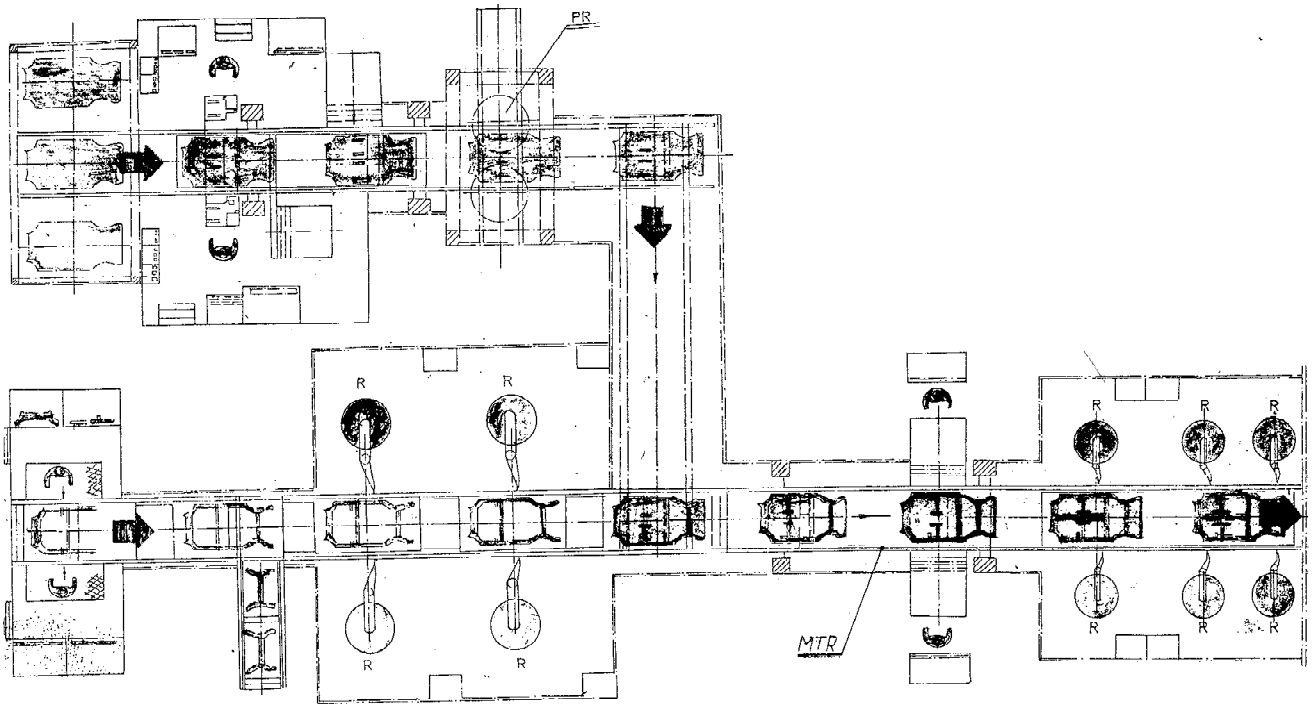
d) neujednačen kvalitet pojedinih operacija zavarivanja i školjke u celini i dr.

4.2. Projektno rešenje

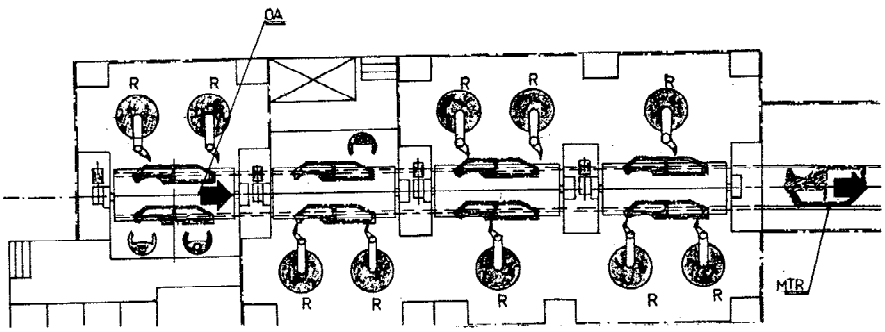
Rešavajući postavljeni zadatak čiji je indikativni opis dat u tački 2.projektanti-tehnolozi OOUR "Karoserija" su predvideli da se tehnološki nivoi u pojedinim zonama povećavaju sukcesivno iz godine u godinu i različito za svaku proizvodnu zonu.

Na šemi 2 prikazana je transformacija tehnoloških nivoa po godinama i zonama. Dato je predvidjanje tehnoloških nivoa koje treba dostići do 1995. godine.

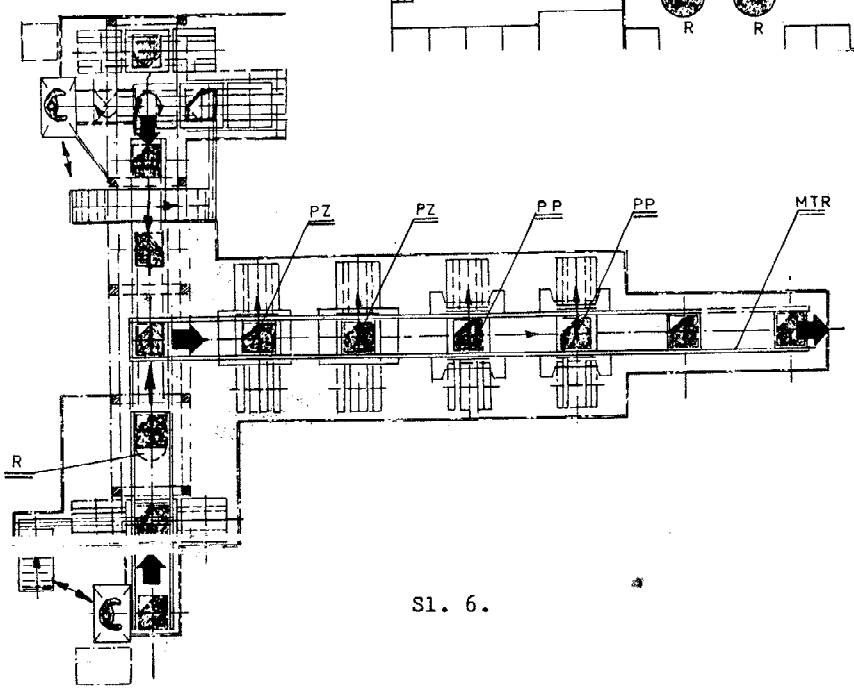
Lako je uočljivo da tehnološki nivoi u pojedinim zonama gledajući po zonama nisu istovetni, već se razlikuju za dva do tri nivoa. Ovakva opredeljenja projektanata su motivisana željom da se, s jedne strane odloži upotreba akumulacije (smanji početno investiranje) i, s dru-



Sl. 4.



Sl. 5.



Sl. 6.

Transformacija tehnoloških nivoa

1995.	TN4	TN4	TN5	TN7	TN5	TN7	TN7	TN7	TN3	TN6	TN7
1990.	TN4	TN4	TN5	TN6	TN4	TN6	TN6	TN6	TN3	TN5	TN6
1989.	TN3	TN3	TN4	TN5	TN4	TN5	TN5	TN5	TN3	TN4	TN5
1988.	TN2	TN2	TN4	TN4	TN3	TN4	TN4	TN4	TN3	TN3	TN4
1987.	TN2	TN2	TN3	TN3	TN3	TN3	TN3	TN3	TN3	TN3	TN3
1986.	TN2	TN2	TN2	TN2	TN2	TN2	TN2	TN2	TN2	TN2	TN3
1985.	TN2	TN2	TN2	TN2	TN2	TN2	TN2	TN2	TN2	TN2	TN2
Godine	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	PROIZVODNE ZONE										

Šema 2

ge strane, optimizira zbig troškova proizvodnje i bruto ličnih dohodaka radnika u neposrednoj proizvodnji. Projektanti su takodje uvažili potrebu za posebnim ovladavanjem pravilne i potpune upotrebe automatskih uredjaja i robota kao i za organizovanjem efikasnog održavanja novih, savremenih sredstava rada.

Osnovne karakteristike projektantskog rešenja mogu se sažeti u sledećem:

a) dominirajuća primena višetačkastog zavarivanja u odnosu na postojeće jednotačkasto,

b) pretežna upotreba robota za zadatke zavarivanja, a vrlo retko za zadatke manipulacije,

c) medjuoperacijski transport je podignut na visok stepen mehanizacije, ponegde je i automatizovan,

d) bitno smanjen proizvodni prostor po jednoj školjki,

e) smanjen broj radnika u neposrednoj proizvodnji,

f) smanjeno vreme izrade školjke na 10,5 sati,

g) omogućena fleksibilnost sredstava rada u svim zonama gde su upotrebljeni roboti i dr.

Da bi se čitaocu omogućila komparacija postojećeg i budućeg stanja na skicama 4, 5 i 6 daje se prikaz projektnog rasporeda opreme u već prethodno izabranim i prikazanim zonama 4, 6 i 11.

Objašnjenje upotrebljenih skraćenica na ovim skicama se nadalje daje: R - robot, PR - portalni robot, MTR - mehanizovani transportni sistem, OA - okretni alat, PZ - presa za zavarivanje i PP - prese za pertlovanje.

Poslednjih godina se u nas mnogo piše i govori o robotima i robotizaciji. Govori se i o potrebi što veće primene robota u nas, ali i što veće sopstvene - domaće proizvodnje. No, istini za volju, robota je u nas još uvek jako malo, a dileme su još uvek brojne.

Tako, na primer, još uvek su intenzivne diskusije o tome da li imaju prednost roboti sa hidrauličnim ili elektromehaničkim pogonom. Odgovor projektanata OOUR-a "Karoserija" je sledeći: u prvoj fazi 1977. godine biće instalirano 23 robota, a zatim će se broj postepeno povećavati do kraja ove decenije do oko 70 robota.

Izabrani su elektromehanički roboti sa šest stepeni slobode kretanja, nosivosti 60 i 90 kg. i sa mogućnošću brze automatske zamene kliješta za zavarivanja. Konkurentni su roboti većeg broja svetskih proizvodjača npr. ASEA (Švedska), COMAU (Italija), RENAULT (Francuska), KUKA (SR Nemačka), SCIAKY (Francuska) i dr.

Projektanti ZCZ posebno očekuju da će domaći proizvodjači biti u stanju i mogućnosti da proizvode robote za potrebe ZCZ. U tom smislu ZCZ zadnjih godina sve više razvijaju saradnju sa ILR - Železnik i Institutom "Mihajlo Pupin" iz Beograda. Krajem 1985. godine se očekuje isporuka prva četiri robota za zavarivanje proizvodnje ILR, a u postupku instaliranja nalazi se jedan hidraulični robot za manipulaciju sa užarenim čeličnim komadima u medjuoperacijskom transportu izmedju rotacione peći i prese u OOUR-u "Kovačnica" ZCZ (proizvodnje "Prva petoletka" - Trstenik po konstrukciji Instituta "Mihajlo Pupin" - Beograd).

5. ZAKLJUČCI

1. Povećanje proizvodnje automobila JUGO u ZCZ omogućava prelazak sa proizvodnje malih serija na proizvodnju srednjih serija što generiše mogućnost bitnog smanjenja manuelnog rada, rapidno povećanje nivoa mehanizacije i uvodjenje automatizacije i robotizacije u pojedinim delovima procesa.

2. Tehnološkim projektom koji se nalazi pred realizacijom, predvidja se uvodjenje automatizacije i robotizacije u svim baznim tehnologijama proizvodnje automobila JUGA. Na ovaj način se bitno povećava ukupna konkurentnost automobila JUGO, čak i na najtežim svetskim tržištima.

3. Najveći tehnološki skok se ostvaruje u sklapanju školjke, tj. u OOUR-u "Karoserija" ZCZ koji je i tehnološki, trenutno, u najvećem zaostajanju.

S obzirom da će se realizacija skoka odvijati u fazama, biće neophodno da projektanti i nadalje budno prate progres u proizvodnji automobila u svetu i pre ulaska u svaku sledeću fazu verifikuju današnja projektantska rešenja.

4. Posebno zadovoljstvo predstavlja činjenica o bitnom povećanju humanizacije rada.Na ovaj način se ide u susret društvenim intencijama i postepeno zadovoljavaju sve jači socijalni zahtevi za humanizacijom rada.

5. Ukupna produktivnost u proizvodnji automobila će porasti. To treba da obezbedi znatno povećanje akumulacije za buduća proširenja i poboljšanja tehnoloških procesa i dalje stvaranje akumulacije.

6. Autori očekuju da će savetovanje potpomoći da se obave one intervencije u projektu, koje će poboljšati ukupnu tehničko-tehnološku i društvenu efektivnost investicija koje predstoje.

LITERATURA

[1.] T. TRIVUNAC: "Automatizacija i kibernetika - ekonomsko-socijalni aspekti", Beograd, 1984. god.

[2.] B. IVKOVIĆ, "Produktivnost u industriji" br.1 1985. god. Kragujevac (periodična publikacija).

S. Smiljanić, V. Dimitrijević, S. Savić
P. Blagojević,

INTRODUCTION OF ROBOTS AND AUTOMATION INTO THE PRODUCTION OF YUGO CARS IN ZAVODI "CRVENA ZASTAVA"

Abstract

Concrete problems of the introduction of robots and automation into the plants of Zavodi "Crvena zastava" are delt with in the paper. Outlined globally are soulticns in various technologies appearing in car production, and detailed overview is given of the solutions adapted in the just completed project, for application to the body production of "Yugo" cars.

XIX SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE
Kragujevac, septembar 1985.

UTROŠAK MATERIJALA I ENERGIJE U PROIZVODNJI METALNIH DELOVA KAO FUNKCIJA PROJEKTNE KONCEPCIJE OBRADNOG SISTEMA

V. Vujović, Fakultet tehničkih nauka, Naučno-obrazovni institut za proizvodno mašinstvo, Novi Sad

Rezime

Ubrzani tempo potrošnje materijala i energije u svetu doveo je do značajne promene pariteta njihovih cena.Ta promena se nastavlja. Metalopreradjivačka industrija i mašinogradnja značajni su potrošači materijala i energije. Konkurentska borba na tržištu omogućava prodor samo onih proizvoda koji su izradjeni sa manjim utroškom materijala i energije - sa nižom cenom koštanja. U radu se ukazuje na mogućnosti kreiranja konstrukcija proizvoda i tehnologija proizvodnje sa manjim utroškom materijala i energije. Za osnov se uzima moguće ponašanje metalnih materijala u obradnom sistemu i u funkciji proizvoda. Prezentiraju se neki trendovi razvoja obrade deformisanjem.

1. U V O D

Saznanje da su na planeti ograničene količine zaliha metalnih materijala u rudama i da je većina izvora energije takodje ograničenog potencijala s jedne strane i činjenica neprekidnog ubrzanog rasta potrošnje materijala i energije dovelo je sedamdesetih godina do skokovitih promena pariteta cena materijala i energije. Zatim se proces neprekidnog menjanja pariteta cena nastavlja u korist materijala i energije. Metalopreradjivačka industrija, odnosno obrada metala troši ogromne količine metalnih materijala i energije. U konkurentskoj borbi na tržištu sniženju cene koštanja proizvoda posvećuje se u svetu velika pažnja. Materijal i energija zbog menjanja pariteta postaju sve značajnije stavke u formiranju cene koštanja. Radi toga se kreativni i stručni potencijali usmeravaju na iznalaženje konstruktivnih rešenja proizvoda i takvih tehnologija proizvodnje koji omogućavaju sniženje utroška materijala i energije. Uspesi u ovim aktivnostima mogući su samo uz unošenje znatno više suptilnog znanja iz područja tehnologije namene proizvoda i svakog njegovog dela i iz područja ponašanja materijala u obradnom sistemu u fazi obrade i u funkciji proizvoda - u toku njegove eksploatacije. Rezultati istraživanja i razvoja na ovim područjima u svetu su veoma značajni u poslednjih deset do petnaest godina i saznanja se neprekidno uvećavaju. Posebno je ubrzan razvoj tehnologija obrade metalnih materijala, koji neprekidno nudi nove mogućnosti za projektna i konstrukciona rešenja proizvoda i njegovih elemenata uz manje utroška materijala i energije. Sve su veće potrebe za povezivanjem projektovanja i konstruisanja proizvoda sa projektovanjem i korišćenjem obradnih sistema s obzirom na potencijalne mogućnosti materijala. Mogući broj varijacija korišćenja potencijalnih svojstava materijala u kombinaciji sa mogućim rešenjima obradnog sistema u sprezi sa zadovoljavanjem funkcije proizvoda, odnosno potreba tehnologije namene, veoma je velik sa različitim ekonomskim efektima. Zbog ovoga se problem optimiranja svih uticajnih faktora postavlja kao posebno značajan. Pri ovome se uslovljava dublje poznavanje različitih tehnologija obrade i potencijalnih karakteristika materijala. Različiti obradni sistemi omogućavaju različito ponašanje materijala, odnosno različito ispoljavanje potencijalnih karakteristika. U savremenim uslovima traži se takvo ispoljavanje karakteristika materijala,koje će omogućiti njegov minimalni utrošak, kao i što manji utrošak energije.

U radu se ukazuje na neke mogućnosti boljeg korišćenja materijala i manji utrošak energije

uz dublje poznavanje ponašanja materijala u obradnom sistemu i u funkciji proizvoda. Osim toga, posebno se ukazuje na mogućnosti kreiranja racionalizacije utroška materijala i energije u fazama projektovanja i konstruisanja proizvoda i posebno u fazi projektovanja obradnog sistema. Karakteristični trendovi razvoja obrade deformisanjem razmatraju se sa ovih aspekata.

Istaknuta problematika za Jugoslaviju ima poseban značaj, obzirom da se kasni sa uvodjenjem u primenu takvih tehnologija koje omogućavaju manji utrošak materijala i energije kao i da su stručno-kreativni kadrovski potencijali nedovoljni. Pored ovoga, bila bi nužna i značajnija reforma obrazovnih programa u smislu osposobljavanja tehničara i inženjera da stvaraju tehnološčne konstrukcije i dublje znaju i osećaju značaj i potencijalne mogućnosti metalnih materijala kako u fazama obrade tako i u fazama eksploatacije proizvoda. S tim u neposrednoj vezi je i utrošak energije u fazama obrade metalnih materijala. Stavke materijala i energije u kalkulaciji cene koštanja proizvoda u budućnosti će biti sve značajnije.

2. POZNAVANJE PONAŠANJA MATERIJALA U OBRADNOM SISTEMU I U FUNKCIJI PROIZVODA - OSNOV ZA KREIRANJE MANJEG UTROŠKA MATERIJALA I ENERGIJE

Sa projektantsko-inženjerskog stanovišta značajno je suptilno i sveobuhvatno poznavanje potencijalnih mogućnosti ispoljavanja "skrivenih" svojstava metalnih materijala u različitim uslovima obrade, odnosno raznim obradnim sistemima i u različitim uslovima funkcionisanja proizvoda i svih njegovih elemenata. Povezivanje mogućeg ponašanja materijala, projektne koncepcije obradnog sistema i konstrukcionih rešenja proizvoda ima fundamentalni značaj u kreiranju konstrukcija i tehnologija koje omogućavaju manji utrošak materijala i energije.

Predvidjanje mogućeg ponašanja metalnih materijala, odnosno mogućeg ispoljavanja njegovih karakteristika za praktične projektantsko-inženjerske potrebe moguće je pomoću krivih deformacionog ojačavanja i krivih granične deformabilnosti, a ne kao što se to najčešće u praksi radi, korišćenjem samo dijagrama istezanja, odnosno rezultata dobijenih iz dijagrama istezanja u obliku standardizovanih nominalnih veličina. Korišćenje i podataka o tvrdoći, odnosno žilavosti, predstavlja napredak u konvencionalnim pogledima na ponašanje materijala u fazama obrade i fazama funkcije proizvoda, ali sasvim nedovoljno za korišćenje mogućih, potencijalnih svojstava materijala, koja dozvoljavaju radikalnije smanjenje utroška materijala i energije. Istovremeno ove krive predstavljaju početak, odnosno kraj plastične - trajne promene oblika materijala u različitim uslovima.

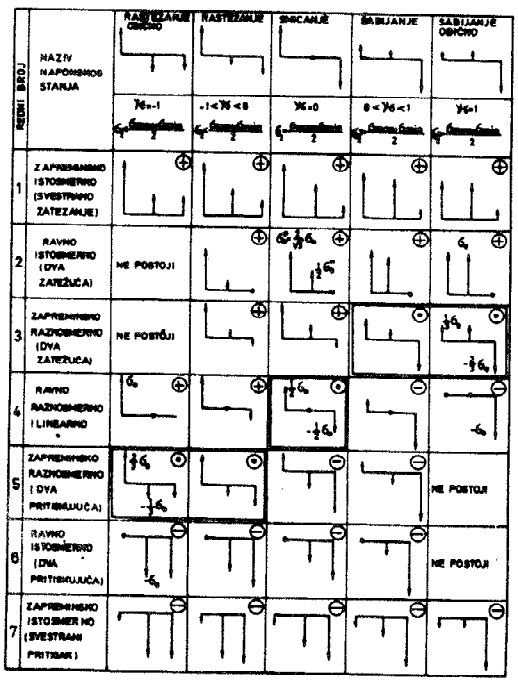
Ključnu ulogu u ovim razmatranjima ima naponsko stanje u materijalu kao posledica spoljneg delovanja na materijal, koje se može izraziti pomoću tenzora napona u obliku

$$T_\sigma = \begin{pmatrix} \sigma_{xx} & \sigma_{xy} & \sigma_{xz} \\ \sigma_{yx} & \sigma_{yy} & \sigma_{yz} \\ \sigma_{zx} & \sigma_{zy} & \sigma_{zz} \end{pmatrix} = D_\sigma + T_{sf}. \qquad (1)$$

Za razmatranje ponašanja materijala u različitim uslovima važne su sve komponente tenzora napona i posebno je važno njegovo razdvajanje na devijatorski deo - D_σ i na tzv. sferni tenzor - T_{sf}. Prvi deo izraza (1) ima posebnu ulogu u pojavi početka plastičnog deformisanja, a drugi deo je odlučujući za nastanak pukotina u materijalu. U tabeli na sl.1 prikazane su veze mogućih deformacija u uslovima plastičnog tečenja i naponskih komponenata za glavne pravce, čime je dobijen veliki broj mogućih šema napona. Njihov broj mogao bi biti još mnogo veći ukoliko bi se detaljnije analizirao odnos izmedju veličina naponskih komponenata. Iz ovog pregleda naponsko-deformacionih šema vidi se da se menjanje šema - prelazak od prethodne na sledeću vrši putem menjanja sfernog tenzora od njegove pozitivne vrednosti preko nule do negativne vrednosti. U svakoj od naznačenih šema napona, a i onih koje nisu prikazane, materijal različito ispoljava svoja "skrivena" svojstva - različito se ponaša. Naponske uslove odredjuju projektanti i konstruktori i proizvoda i tehnologija, odnosno obradnih sistema. Kao što se naslućuje ima mnogo mogućih kombinacija naponskih i deformacionih komponenata, što znači da ima veoma mnogo različitih mogućnosti i za ispoljavanje, odnosno korišćenje svojstava materijala sa vrlo različitim efektima u odnosu na utrošak materijala i energije.

Pomoću krivih deformacionog ojačavanja (sl.4) koje predstavljaju funkcionalnu vezu izmedju skalarnih invarijanti defijatora napona - σ_e i

tenzora deformacija ϕ_e, odnosno vezu efektivnih napona i efektivnih deformacija, iskazuje se u osnovi pozitivno svojstvo metalnih materijala, da se snažnije opiru spoljnem opterećenju ukoliko je to opterećenje veće (razumljivo do odredjene granice). Treba shvatiti da materijal u različitim uslovima spoljneg opterećenja aktivira različite svoje unutrašnje mehanizme u cilju adaptacije spoljnem opterećenju. Vidljivi efekti tog prilagodjavanja su ispoljavanja elastičnih deformacija, zatim plastičnih deformacija i na kraju lom - nastajanje pukotina.



Sl.1-Naponsko-deformacione šeme
+ - dodatak pozitivnog sfernog tenzora
- - dodatak negativnog sfernog tenzora
o - devijatorski napon ($T_{sf}=0$)

Kriva granične deformabilnosti (sl.2) predstavlja dalju značajnu ilustraciju ponašanja materijala u različitim naponskim uslovima, odnosno u različitim obradnim sistemima.

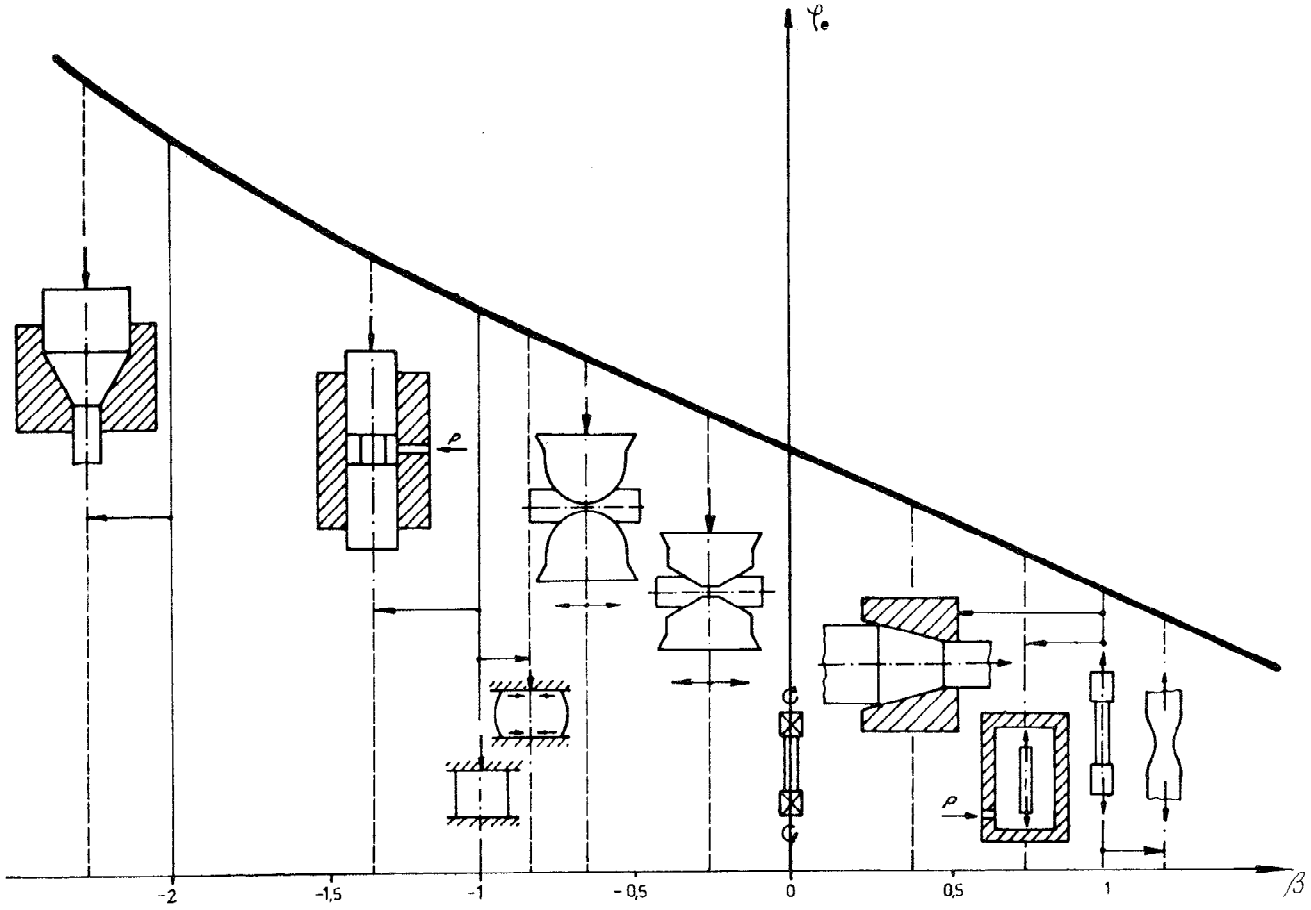
Implicitno se deformabilnost materijala može iskazati u obliku

$$F_D = F_D(H_M, S_M, P_M, \phi, \dot{\phi}, T_f, T_o, T_\sigma) \qquad (2)$$

U izraz (2) uključuje se veliki broj kompleksnih uticajnih faktora na deformabilnost materijala, pa time i na ponašanje materijala. H_M - hemijski sastav materijala, S_M-polazno strukturno stanje materijala i P_M-stanje površina materijala, čine faktore materijala, a ϕ-deformacija, $\dot{\phi}$-brzina deformacije, T_f-tribološki faktori obradnog sistema, T_o-temperatura obrade i T_σ-tenzor napona čine uslove obrade. Veoma je značajna ova podela uticajnih faktora na faktore materijala i na faktore uslova obrade (ili u krajnjoj liniji i faktora eksploatacije). Na prvu grupu faktora mogu uticati, pre svega, metalurzi u fazama dobijanja poluproizvoda, dok na drugu grupu faktora utiču projektanti i konstruktori, dakle, pre svega, mašinci. Za uslove hladne deformacije, kvazistatičke obrade i uz pretpostavku da se triboloski faktori mogu delimično iskazati preko naponskog stanja (u krajnjoj konsekvenci utiču na veličinu tangencijalnih napona), uslovi obrade mogu se sumarno iskazati preko naponskog stanja. Na taj način došlo se do krivih granične deformabilnosti (sl.2) koje predstavljaju funkcionalnu vezu izmedju graničnih efektivnih deformacija i tzv. pokazatelja napona - β_σ

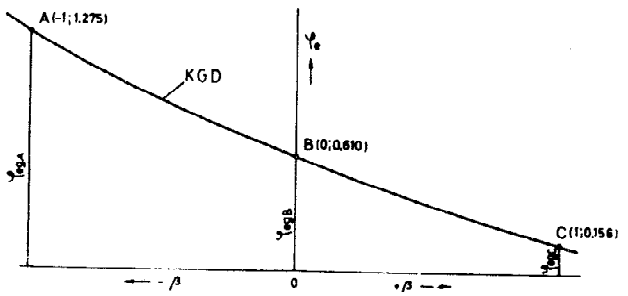
$$\phi_{eg} = \phi_{eg}(\beta_\sigma) = \phi_{eg}\left(\frac{\sigma_1+\sigma_2+\sigma_3}{\sigma_e}\right) \qquad (3)$$

Na apscisnoj osi svaka tačka predstavlja posebno naponsko stanje, odnosno poseban obradni sistem. Na sl.2 šematski su prikazani položaji nekih karakterističkih obradnih sistema. Tačka sa vrednošću $\beta=0$ predstavlja čisto devijatorsko naponsko stanje. Veličina granične deformacije raste sa povećavanjem negativne vrednosti sfernog tenzora. Kriva granične deformabilnosti nedvosmisleno ukazuje na koji način je moguće veće korišćenje potencijalnih mogućnosti deformabilnosti pukotine u materijalu javljaju se na znatno nižem nivou deformacije u obradnim sistemima koji nude pozitivne vrednosti sfernog tenzora. U La-



Sl.2- Kriva granične deformabilnosti prema |75|

boratoriji za obradu deformisanjem Instituta za proizvodno mašinstvo u Novom Sadu postavljena je metodologija odredjivanja krivih granične deformabilnosti |72| pomoću tri različita naponska stanja za vrednosti β_σ=1, 0 i -1. U ovom intervalu utvrdjena je promena vrednosti granične deformacije preko osam puta - sl.3. Vrednosti pokazatelja napona ispod -1 ostvaruju se hladnim istiskivanjem, kovanjem u kalupu i sl., a znatno manje vrednosti pokazatelja napona moguće je ostvariti pomoću hidrostatičke obrade. Obradni sistemi u kojima se realizuju velike negativne vrednosti pokazatelja napona koriste se za obradu teško deformabilnih materijala.



Sl.3-Kriva granične deformabilnosti za materijal Č.1530, prema

Krive granične deformabilnosti sadrže informacije o mogućim varijacijama ponašanja materijala zavisno od koncepcije obradnog sistema.Na osnovu njih pri projektovanju i konstruisanju metalnih delova moguće je predvidjanje koncepcije obradnog sistema, odnosno uslovljavanje ispoljavanja odredjenog nivoa deformabilnosti materijala ili drugim rečima upravljanje ponašanjem materijala u obradnom sistemu.

3. PROJEKTOVANJE I KONSTRUISANJE METALNIH DELOVA I PROIZVODA I UTROŠAK MATERIJALA I ENERGIJE

Utrošak materijala i energije u metaloprerađivačkoj industriji i mašinogradnji je u najvećoj meri posledica projektno-konstrukcione kreacije. Pri ovome se polazi od činjenica da je za vršenje iste funkcije proizvoda (dela, sklopa, mašine, uredjaja) moguće primeniti mnoštvo različitih oblika, različitih dimenzija i vrlo različitih materijala, uz primenu različitih tehnologija i njihovih kombinacija pri izradi, uz različitu ekonomsku efikasnost. Sve ovo izražava se zahtevom za kreiranjem tehnologičnih konstrukcija. Tehnologičnost konstrukcije u odnosu na neku tehnologiju obrade znači adekvatnu primenu: oblika, odnosa dimenzija, apsolutnih veličina dimenzija, tolerancija, kvaliteta obradjenih površina i materijala s obzirom na postizanje povoljnih ekonomskih rezultata u odnosu na troškove obrade pri zadatim veličinama proizvodnih serija. Svaka od navedenih stavki pojavljuje se u velikom broju varijacija za istu funkciju. Pri ovome pitanje izbora vrsta tehnologija spada u domen koncepcijskog odlučivanja. Različite tehnološke metode obrade metalnih materijala uključivo i različite mogućnosti izbora polufabrikata, omogućavaju različite utroške materijala i energije. Zbog ovoga veliki značaj ima suptilno poznavanje razvijenih tehnologija obrade metala i ponašanja materijala još u fazi konstruisanja, odnosno projektovanja. Zbog ovoga bi morao svaki projektant i konstruktor imati značajna saznanja iz područja tehnologija obrade metalnih materijala, što je praktički nemoguće, zbog veoma široke razvijenosti mnoštva tehnologija koje su medjusobno raznorodne i sa nizom specifičnosti. Niz tehnologija uslovljava stvaranje specijaliziranih stručnjaka za samo neke delove pojedinih tehnologija. Kao primer mogu se navesti neka tehnološka područja obrade metala:

- Obrada skidanjem strugotine. Ovde se uključuje niz tehnoloških metoda.
- Obrada deformisanjem. Veoma široko i razgranato područje obrade metala kako u proizvodnji polufabrikata tako i u proizvodnji finalnih delova.
- Tehnologija obrade livenjem. I u ovom području postoji niz tehnoloških metoda koje se koriste kako za proizvodnju polufabrikata tako i za izradu niza gotovih delova.
- Tehnologija termičke obrade. Sa nizom tehnoloških metoda omogućava u prvom redu menjanje strukturnih karakteristika materijala a ponekad i hemijskog sastava materijala u blizini površine.
- Tehnologija zavarivanja.

Naznačene osnovne tehnološke oblasti obrade metala u savremenim uslovima se vrlo često kombinuju u cilju dobijanja proizvoda sa što nižim troškovima proizvodnje. Očito je nemoguće projektantima i konstruktorima proizvoda detaljnije poznavanje tehnoloških metoda navedenih tehnoloških područja. Reč je o više stotina tehnoloških metoda obrade metala. Rešenje ovoga problema treba tražiti u organizovanju timskog rada još u fazi projektovanja i konstruisanja proizvoda. Nužno je uključivanje specijalizovanih stručnjaka za pojedine tehnološke oblasti. U nedostatku ovakvog načina rada neophodna je u fazi projektovanja tehnologije proizvodnje posebna analiza tehnologičnosti konstrukcije.

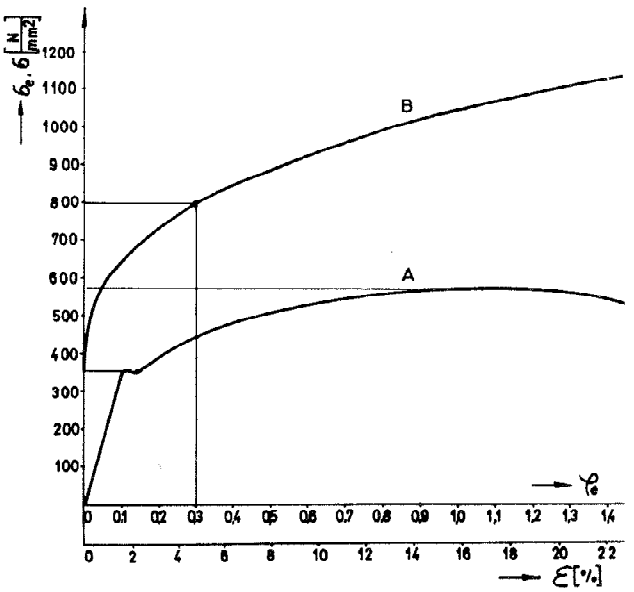
Odlučujući uticaj kako u fazi projektovanja i konstruisanja tako i u fazi projektovanja tehnologije proizvodnje ima veličina serije. Sasvim je različito konstruisanje za pojedinačnu proizvodnju u odnosu na velikoserijsku proizvodnju. Drugi važan faktor čine gabaritne dimenzije i složenost oblika.

U odnosu na bolje korišćenje svojstava materijala u konstrukcijama postoje značajne mogućnosti smanjenja utroška materija. To se, pre svega, odnosi na karakteristike nosivosti metalnih materijala. Za ovo je potreban nov pristup u dimenzionisanju elemenata konstrukcija kao i konstrukcija kao celina. Reč je o korišćenju deformacionog ojačavanja metalnih materijala u svrhu nosivosti. Ovo se ponekad naziva dimenzionisanje uz korišćenje svojstava materijala iza granice tečenja (početne), odnosno uz korišćenje plastičnih svojstava materijala.

Na sl.4 prikazane su dve krive za isti materijal (Č.1530).

Kriva A predstavlja nominalne napona - σ i deformacije - ε posle snimanja na kidalici. Kriva B

predstavlja krivu deformacionog ojačavanja za isti materijal, dobijenu eksperimentalnim putem - aksijalnim sabijanjem uzorka po metodi Rastegajev-a. Uobičajeno je da se za dimenzionisanje pri projektovanju i konstruisanju koriste nominalni podaci o materijalu, dobijeni na osnovu podataka i informacija koje daje kriva A. Iz ove krive najvažniji podaci su granica tečenja - σ_v i jačina materijala σ_M. U ovom slučaju za dimenzionisanje koristi se samo područje elastičnih deformacija, pošto se na osnovu koeficijenta sigurnosti i jačine materijala odredjuje dopušteni napon u materijalu, pomoću koga se vrši proračun konstrukcija. Poznato je da stepen sigurnosti zavisi,pre svega, od vrste opterećenja i namene konstrukcije. Takav pristup vrlo je površan u odnosu na respektovanje potencijalnih svojstava nosivosti materijala. Informacije o tim svojstvima daje kriva B - kriva deformacionog ojačavanja. Ona predstavlja vezu izmedju skalarnih invarijanti naponskog i deformacionog sistema $\sigma_e=f(\phi_e)$ i sadrži podatke o plastičnom ponašanju materijala.



Sl.4-Dijagram istezanja i kriva deformacionog ojačavanja za materijal Č.1530
- A - dijagram istezanja
- B - kriva deformacionog ojačavanja

Ti podaci odnose se na moguće opiranje materijala spoljnem opterećenju u zavisnosti od veličine plastične deformacije. Karakter toka ove krive ukazuje na mogućnost da se relativno malim plastičnim deformisanjem materijala može povećati njegova granica tečenja. Na slici 4 naznačen je primer u kome plastična deformacija od $\varphi_e=0,3$ omogućava povećanje deformacionog otpora za čitavih 40 dAN, odnosno za čitavih 100%. Te potencijalne mogućnosti čeličnih materijala po pravilu se ne koriste. Posebno se naglašava da se deformacionim ojačavanjem može povećavati nosivost niskougljeničnih čelika koji se ne mogu obradjivati klasičnim postupcima termičke obrade. Jasno je da se za približno isti procenat može smanjiti utrošak materijala za koji se putem plastičnog deformisanja poveća nosivost. To u svakom slučaju predstavlja značajnu mogućnost smanjenja utroška materijala u nizu slučajeva, ali se uslovljava bolje poznavanje ponašanja materijala i njegovih potencijalnih svojstava.

Prema izloženom, za projektovanje lakih i ekonomičnih mašina i konstrukcija, za značajnije smanjenje utroška metalnih materijala potrebno je razmatrati deformaciju elementa iza granice elastičnosti [74]. To omogućava otvaranje dopunskih resursa otpornosti konstrukcije. Medjutim, očevidno je da u slučajevima neravnomernog naponskog stanja, nastajanje plastičnih deformacija u jednoj tački s najvećim naponima još ne znači dostizanje graničnog stanja konstrukcije u celini. Po nastupanju tečenja u lokalnoj zoni deo se može još suprotstavljati povećanjima spoljnih sila do te mere dok plastična deformacija ne zahvati značajniji deo zapremine konstrukcije. Dakle, koeficijent sigurnosti odredjen kao odnos granice tečenja (ili jačine materijala) i maksimalnog ekvivalentnog napona ne omogućava korišćenje raspoloživih resursa otpornosti materijala.

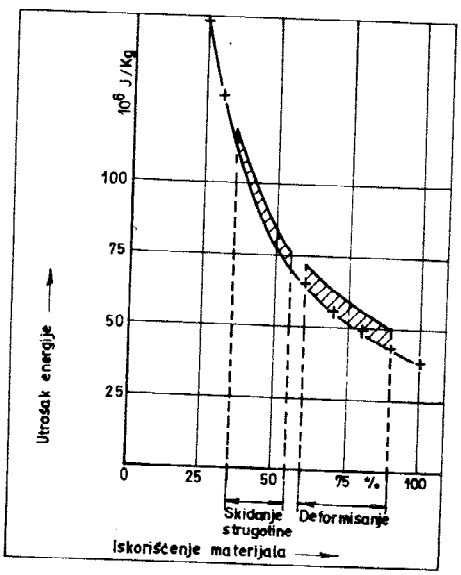
Granično stanje konstruicije za elemente iz plastičnog materijala treba odredjivati ne na osnovu napona, već na osnovu veličina takvih pomeranja, pri kojima se narušavaju uslovi eksploatacije, ili pak opterećenjima pri kojima se konstrukcija prestaje opirati dejstvu spoljnih sila (masovno tečenje, ili se razara). Proračun na osnovu graničnog stanja konstrukcije obuhvata prvo odredjivanje veličina graničnog opterećenja, a zatim se odredjuje koeficijent sigur-

nosti kao odnos grnaičnog opterećenja i stvarnog. Takvim načinom se granično stanje odredjuje kao stanje pri kome se iscrpljuje noseća sposobnost elemenata. Obzirom da granično stanje nastaje posle stvaranja plastičnih deformacija u lokalnim oblastima pojedinih elemenata, treba znati proračun iza granice elastičnosti - treba poznavati elemente teorije plastičnosti. U tehnološkim procesima proizvodnje nekih elemenata moguće je predvidjanje posebnih operacija koje plastičnim deformisanjem omogućavaju povećavanje noseće sposobnosti do granice elastičnosti. Naime, plastičnim deformisanjem zbog deformacionog ojačavanja povećava se granica elastičnosti. Na primer, debelozidne cevi plastičnim deformisanjem posle izrade (pomoću unutrašnjeg pritiska) povećavaju noseću sposobnost, tako da se mogu upotrebiti za veći radni pritisak. Povećanja nosivosti turbinskih diskova vršena su prethodnim plastičnim deformisanjem opterećujući ih iza granice elastičnosti. Prema izloženom, za radikalnije prodore u području smanjenja utroška materijala nužno je unošenje više znanja. U ovom slučaju potrebno je poznavanje teorije plastičnosti za proračun mašina i konstrukcija. Kao što je poznato, mi inženjere takvim znanjima na fakultetima ne snabdevamo.

4. PROJEKTOVANJE TEHNOLOGIJE PROIZVODNJE I UTROŠAK MATERIJALA I ENERGIJE

Od tehnološke koncepcije proizvodnje, odnosno od projektne koncepcije primenjenih obradnih sistema veoma zavisi utrošak materijala i energije u metalopreradjivačkoj industriji i mašinogradnji. U prethodnom delu navedena su osnovna tehnološka područja ovih oblasti: obrada skidanjem strugotine, obrada deformisanjem, obrada livenjem, termička obrada i obrada zavarivanjem. Svaka od navedenih tehnoloških oblasti sadrži više desetina tehnoloških metoda obrade. Tehnološku metodu obrade po pravilu karakteriše proces obrade kome su prilagodjeni poseban alat i posebna mašina. Tehnologije obrade metala razvijaju se veoma ubrzano upravo u cilju smanjenja utroška materijala i energije, povećanja kvaliteta proizvoda i smanjenja učešća ljudskog, živog rada. Optimalan izbor tehnoloških područja i tehnoloških metoda obrade, odnosno njihovo optimalno komponovanje u stvaranju proizvoda veoma je složena i odgovorna problematika koja se uspešno može rešavati uključivanjem aktuelnih saznanja koja se neprekidno obogaćuju i timskim radom više uže specijalizovanih stručnjaka. Uspešnost rešavanja ove problematike može se jedino ceniti izlaznim parametrima proizvoda: cenom koštanja i kvalitetom funkcionisanja. Veoma zaoštrena konkurencija na svetskom tržištu dozvoljava prodor samo najuspešnijim proizvodima. Vrhunski uslovi brzo se nameću ostalima kao uslovi opstanka na tržištu. Vrlo ilustrativan primer nalazi se u području automobilske industrije. Neki naši kooperanti svetski poznatih firmi prosto su dobili zadatak da svojim elementima, koje proizvode za njih, moraju sniziti težinu za odredjeni iznos. To im je u nekim slučajevima bilo moguće, ali u nekim i nije, pa su za te elemente isključeni iz dalje kooperacije. Drugim rečima, tehnološki razvoj ide odredjenim tempom i bez milosti odbacuje one proizvodnje koje mu se ne mogu prilagoditi, koje nemaju svoj kontinualni razvoj.

Dobra projektno-konstrukciona dokumentacija proizvoda obično precizira koja tehnološka područja treba uključiti u proizvodnju (npr. zavarivanje, livenje, termička obrada). Ipak se konačno ova pitanja rešavaju tehnološkom koncepcijom proizvodnje. U nastavku izlažu se karakteristike nekih tehnoloških metoda obrade iz područ-



Sl.5-Prikaz odnosa utroška energije i iskorišćenja materijala za područja obrade skidanjem strugotine i obrade deformisanjem

ja obrade deformisanjem i područja obrade skidanjem strugotine u odnosu na utrošak materijala i energije i moguće tačnosti izrade.

Na osnovu istraživanja izvršenih u Istočnoj Nemačkoj prema [89] na sl.5 prikazana je opšta zavisnost utroška energije i iskorišćenosti materijala za tehnološka područja obrade skidanjem strugotine i obrade deformisanjem. Dijagram na sl.5 nedovsmisleno pokazuje da se utrošak energije po kilogramu obradjenih delova kreće u granicama:

- za obradu skidanjem strugotine

$$75 \cdot 10^6 \div 115 \cdot 10^6 \ \frac{J}{kg}$$

- za obradu deformisanjem

$$40 \cdot 10^6 \div 70 \cdot 10^6 \ \frac{J}{kg}.$$

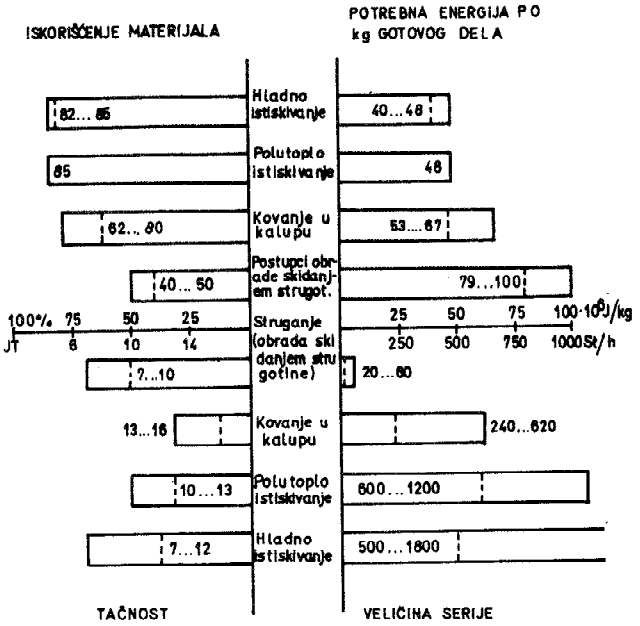
Iz ovih podataka izvodi se zaključak da je znatno manji utrošak energije po kilogramu obradjenog proizvoda u procesima obrade deformisanjem nego u procesima obrade skidanjem strugotine. Ako se ima u vidu da se u području obrade metala troše značajne količine energije (u Sjedinjenim američkim državama prema [12] od ukupno potrošene energije, 8,5% troši se samo za obradu deformisanjem), onda je veoma značajno da se u svim mogućim slučajevima primenjuju tehnologije sa nižim nivoom trošenja energije.

Sa sl.5 se takodje uočava da je iskorišćenje materijala u granicama:

- za obradu skidanjem strugotine izmedju 35-55%
- za obradu deformisanjem izmedju 60-90%.

I ovi podaci jasno govore da tehnološko područje obrade deformisanjem omogućava znatno niži nivo trošenja materijala. Ovi podaci se mogu uočiti iz grafičkog prikaza na sl.6 [89] za nekoliko metoda obrade deformisanjem i za obradu skidanjem strugotine. Postoje i podaci o stepenu tačnosti koji se može ostvariti primenom pojedinih metoda obrade metala.

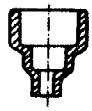
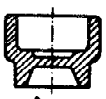
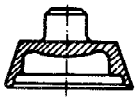
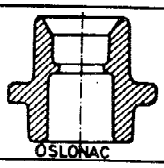
Izloženi podaci o karakteristikama prikazanih tehnoloških područja upućuju na nedvosmisleni zaključak: u cilju smanjenja utroška energije i materijala treba primenjivati tehnološke metode obrade deformisanjem gde je god moguće umesto tehnologija obrade skidanjem strugotine. Prirodno se ovde nameću pitanja gde je sve moguće supstituisati obradu skidanjem strugotine obradom deformisanjem? Šta ograničava primenu obrade deformisanjem?



SL.6

U narednom delu će se nešto više reći o trendovima razvoja obrade deformisanjem. Ovde se ukazuje na neke elemente postavljenih pitanja. Granice primene obrade deformisanjem odnose se na veličinu serije, stepen tačnosti, kvalitet obradjenih površina, dimenzije obradaka, složenost oblika i deformabilnost primenjenog materijala. Te granice se, medjutim, neprekidno menjaju. Snažan razvoj saznanja o ponašanju materijala i njegovim potencijalnim mogućnostima, omogućava neprekidno stvaranje novih tehnoloških metoda obrade deformisanjem kao i usavršavanje postojećih. Razvijaju se vrlo brzo novi obradni sistemi sa znatno većom ekonomskom efikasnošću. Neki primeri moguće supstitucije tehnologije obrade skidanjem strugotine tehnologijom obrade hladnim deformisanjem sadržani su u tabelarnom prikazu T2. U tabeli su navedeni podaci o racionalizaciji utroška materijala i vremena izrade. Tim podacima trebalo bi priključiti i podatke o racionalizaciji utroška energije pri obradi. Primerima iz tabele T2 mogao bi se priključiti niz novih vrlo karakterističnih i ilustrativnih. U takve primere spada proizvodnja tela svećica za motore sa unutrašnjim sagorevanjem. Klasična tehnologija obrade skidanjem strugotine zamenjena je tehnologijom hladnog oblikovanja pomoću automatskih

T2 |69|

R. BR.	SKICA OBRATKA	težina gotovog dela (g)	težina pripremka (g) skidanjem strugotine	težina pripremka (g) hladna deform.	materijal pretvoren u strugotinu (g)	materijal pretvoren u strugotinu %	ušteda materijala pri obradi hladnim deformis. (g)	ušteda materijala pri obradi hladnim deformis. (%)	glavno vreme izr. (sec) skidanjem strugotine	glavno vreme izr. (sec) hladna deform.
1	 KAPA LEŽAJA	0,9	8,54	1,08	7,61	88	7,45	87	114	16
2	 GLAVČINA TOČKA	1,07	9,12	1,22	8,06	88	765	82	136	24
3	 PRIČVRŠĆIVAČ	0,55	2,26	0,81	1,7	76	1,65	73	44	4
4	 KLIP	0,42	2,50	0,47	2,08	83	1,72	69	58	6
5	 OSLONAC	1,77	7,95	2,25	6,16	78	5,88	72	128	12

visokoproduktivnih mašina. Isti slučaj odnosi se i na supstituciju tehnologije proizvodnje elemenata pokretača automobilskog motora.

Razvoj teorije i primene obrade deformisanjem neprekidno razrešava probleme ograničenja primene ove tehnologije.

Veoma značajno ograničenje primene obrade deformisanjem odnosi se na veličinu proizvodne serije istih delova. Klasičnim procesima obrade deformisanjem nije moguće zameniti obradu skidanjem strugotine sa povoljnim ekonomskim efektima u uslovima maloserijske i pojedinačne proizvodnje. Visoke cene specijalnih alata vezanih za oblik i dimenzije obratka nije moguće preneti na mali broj obradaka. Ovaj problem u novije vreme uspešno se rešava razvojem posebnih obradnih sistema sa parcijalnim zahvatom alata. Naime, uobičajeno je da se obrada deformisanjem realizuje pomoću specijalnih alata čiji oblik odgovara obliku dela. U tom slučaju reč je o alatima kompletnog zahvata. Takvo rešenje ne odgovara uslovima maloserijske i pojedinačne proizvodnje. Univerzalnim alatima sa percijalnim zahvatom moguće je obradjivati mnoštvo različitih delova, slično kao kod obrade skidanjem strugotine. Na ovom principu razvijen je niz posebnih tehnoloških metoda obrade deformisanjem kao što su npr.:

- orbitalno kovanje
- rotaciono tiskanje
- uvaljivanje površina
- poprečno valjanje
- razdvajanje seckanjem.

Na taj način u savremenim uslovima bilo bi pravilno podeliti celo područje obrade deformisanjem na:

- obradu deformisanjem sa kompletnim zahvatom i
- obradu deformisanjem sa parcijalnim zahvatom.

Ovo drugo područje namenjeno je za maloserijsku i pojedinačnu proizvodnju.

Detaljnim izučavanjem ponašanja materijala u obradnom sistemu omogućeno je proširenje primene obrade deformisanjem na teško deformabilne materijale. U tom pogledu postoje neka značajna iskustva stečena u Laboratoriji za obradu deformisanjem u Novom Sadu. Prvi primer odnosi se na izradu alata iz alatnog čelika (prokron) tehnologijom hladnog utiskivanja gravura. Uspešno je izradjeno nekoliko hiljada takvih alata. Alati služe za oblikovanje dugmadi iz plastike. Drugi primer odnosi se na izradu žigova za utiskivanje krstastog oblika u glavi vijaka putem tehnologije hladnog utiskivanja. Alati se izradjuju iz brzoreznog čelika. U oba slučaja u pitanju je bilo oslobadjanje od uvoza predmetnih alata, u prvom slučaju iz Italije, a u drugom iz Zapadne Nemačke.

Iz ovih primera jasno proizlazi da je moguće plastičnom deformacijom obradjivati i materijale kao što su alatni i brzorezni čelici.

5. TRENDOVI RAZVOJA OBRADE DEFORMISANJEM

Ako bi se postavilo pitanje kuda ide razvoj obrade deformisanjem, najkraći odgovor bio bi da se ovo tehnološko područje razvija u pravcu stvaranja uslova za njegovu širu primenu. Istovremeno to znači i u pravcu značajnog racionalisanja utroška materijala i energije u metalopreradjivačkoj industriji kao i povećanja pro-

duktivnosti rada. Snažan razvoj teorijskih i posebno analitičko-eksperimentalnih istraživanja neprekidno omogućava akumulisanje novih saznanja. Na osnovu ovih saznanja razvijaju se novi procesi obrade, a oni uslovljavaju kreiranje novih alata, novih mašina sa često novim rešenjima problematike tribološkog sistema. Dakle, u pitanju je ubrzan razvoj obradnih sistema u ovom području. U protekloj godini održan je prvi svetski kongres ili naučna konferencija iz područja tehnologije obrade deformisanjem, koji je okupio najpoznatije stručnjake iz celog sveta. Kongres je održan u Tokiju septembra 1984. godine. Radovi sa ovog svetskog naučnog skupa objavljeni su u Zborniku na 1389 strana. To je najznačajniji dogadjaj ovog tehnološkog područja, koji je uglavnom dao presek stanja razvoja. Ovde se najkraće ukazuje na područja i radove koji su dominirali i koji ukazuju na moguće pravce razvoja područja. Prirodno,uključen je osvrt i na niz drugih objavljenih radova u časopisima. Na iscrpnost u ovakvim prikazima ne može se računati.

U objavljenim radovima,moglo be se rezimirano reći, dominiraju sledeća područja istraživa nja:

1. Razvoj primene numeričkih i analitičko-eksperimentalnih metoda istraživanja procesa obrade deformisanjem.
2. Deformabilnost materijala.
3. Tribologija u procesima obrade deformisanjem.
4. Oblikovanje delova iz metalnog praha.
5. Orbitalno oblikovanje.
6. Visokobrzinsko oblikovanje.
7. Superplastično oblikovanje.
8. Primena lasera u obradi razdvajanjem.
9. Poprečno valjanje.
10. Kovanje u zatvorenom kalupu i usavršavanje procesa toplog i hladnog kovanja.
11. Rotaciono tiskanje.
12. Fino razdvajanje.
13. Uzdužno oblikovanje rotacionim alatima
14. Kombinacija raznih tehnologija: kovanje i termička obrada, kovanje i livanje, kovanje i zavarivanje, zavarivanje i hladno oblikovanje i dr.
15. Kompjuterska podrška projektovanju, konstruisanju i proizvodnji - sistemi CAD, CAM i dr.
16. Projektovanje fleksibilnih proizvodnih sistema.
17. Primena industrijskih robota.

Detaljnije prezentiranje radova iz navedenih područja zauzelo bi veoma mnogo prostora, što ovde nije moguće, zbog toga će se dati samo najkraće napomene.

Stvaranje novih znanja u oblasti analize procesa obrade deformisanjem odnosi se na primenu numeričkih i analitičko-eksperimentalnih metoda. Najviše radova posvećeno je primeni metode konačnih elemenata [2,55,56,57,58,59,61]. Ova metoda sa razvojem primene kompjuterskih sistema postaje dominantna i u području analize procesa plastičnog deformisanja. Osim toga, važnu ulogu igra primena metode linije klizanja [60] za dvodimenzionalno naponsko stanje kao i metode gornje granice [63].

Deformabilnosti materijala posvećeni su radovi [1,22,41,44,45,53,66,70,71,72,73] i drugi. Još uvek se istraživanju ove problematike pristupa sa dosta različitih aspekata i na razne načine. Ipak nazire se da je osnova ovih istraživanja usmerena u dva osnovna pravca: istraživanje faktora materijala i istraživanje uticajnih faktora koji su posledica uslova obrade. U izgradjivanju opšte praktično primenljive metodologije nije se otišlo daleko. U području obrade lima, zbog jednostavnijeg osnovnog pristupa, otišlo se znatno dalje. Granična deformabilnost kao ograničavajući faktor primene obrade deformisanjem još nije prevedena na priručno praktični jezik kojim bi se služili projektanti tehnologije i konstrukcije pri kreiranju utroška materijala i energije. Odredjeni pokušaj u tom pravcu učinjen je u radu [72].

Tribološkim problemima u novije vreme, u ana lizi procesa obrade deformisanjem, posvećuje se velika pažnja. Vrlo značajni radovi iz ove oblasti su objavljeni. Navode se samo neki: [5,11, 12,13,14,15,16,17]. Važnu napomenu u savremenim uslovima treba istaći u vezi sa smanjenjem utroška energije za obradu putem odgovarajućeg rešenja triboloških problema. Tribološka problematika u obradi deformisanjem uključuje sledeća pitanja [11]:

- Zaštitu od hladnog zavarivanja površina.
- Poboljšanje kvaliteta završno obradjenih površina.
- Zaštita habanja alata.
- Upravljanje veličinom trenja u procesu u cilju osiguranja kvalitetnog oblikovanja.
- Smanjenje utroška energije putem smanjenja potrebne deformacione sile.

Naznačena pitanja predstavljaju suštinu procesa obrade deformisanjem, zbog čega istraživanja ovog područja dobijaju na značaju.

U obradi deformisanjem uobičajeno je da se kao polufabrikat koriste razni šipkasti ili pločasti materijali zavisno od oblika i veličine pripremka. U novije vreme sve više se koristi prah metalnih materijala kao polufabrikat. Na taj način razvijaju se novi procesi obrade deformisanjem koji se nazivaju oblikovanje delova iz praha. Ovoj problematici posvećen je veliki broj radova. Navode se neki od njih: [18,19,86, 93]. Korišćenje praha kao polufabrikata omogućava značajno smanjenje utroška materijala i energije. Smatra se da delovi dobijeni kovanjem praha postaju kompaktni kao i oni iz šipkastog čelika, pošto kovanjem dobiju potrebnu gustinu. Smatra se da su prednosti korišćenja praha u sledećem [18]:

1. Dobra dimenzionalna tačnost koja eliminiše potrebu naknadne obrade.
2. Lakše upravljanje rasporedom mase i težine materijala.
3. Visoka jačina izradjenih delova, kao i iz kompaktnog čelika.
4. Smanjuje se utrošak energije.

U svetu postoji vrlo detaljna analiza troškovnih odnosa i cena delova izradjenih iz kompaktnog materijala i iz metalnog praha. Tako npr. odnos cene praha prema punom materijalu je sledeći:

	ugljenični čelik	legirani čelik
Japan	1,50	1,80
U.S.A.	1,25	1,40

U radu [18] kao i drugim objavljen je niz rezultata istraživanja i iskustava u području oblikovanja metalnog praha. Po pravilu ekonomski je rentabilno koristiti prah ako se time uklanja značajnije naknadna obrada, čime se kompenzira skuplji polazni materijal. Za slučaj izrade klipnjače motora za automobil tipa "Tojota" polazni materijal se smanjuje od 1,2 kg šipke na 0,7 kg praha, a utrošak energije na 50% pri prelasku od tehnologije toplog kovanja pripremka iz šipke na tehnologiju kovanja praha. Osim toga, navodi se niz delova automobila "Tojota" koji se izradjuju kovanjem praha.

Orbitalnom oblikovanju toplom i hladnom deformacijom poklanja se značajna pažnja. Tom području posvećeni su radovi [23,42,52,102,103, 104]. Ovo je tehnološka metoda obrade deformisanjem novijeg datuma, ali se njena primena veoma brzo širi. To je jedna od tehnoloških metoda sa parcijalnim zahvatom sa svim prednostima takvog načina oblikovanja. U novije vreme dat je niz analiza ovog procesa sa solidnim teoretsko-eksperimentalnim osnovama.

Visokobrzinsko oblikovanje (VBO) smatra se već standardnom tehnologijom obrade metala deformisanjem sa nizom prednosti u odredjenom domenu primene. Zajednička karakteristika svih vrsta visokobrzinskog oblikovanja jeste da se deformisanje vrši pod dejstvom udarnog talasa pritiska koji se prostire kroz obradjivani materijal. Taj talas aktivira posebne mikromehanizme deformisanja u strukturi materijala (pretežno je zastupljen mehanizam dvojnikovanja). Time se omogućava obrada deformisanjem teško deformabilnih materijala. Pored ostalih i u radovima [20,21,22,93,100] obradjuje se problematika ovog tehnološkog područja. Zavisno od načina formiranja udarnog talasa i medija preko koga se talas prenosi do obratka, razvijen je niz metoda VBO. Najveća pažnja u objavljenim radovima poklonjena je elektromagnetskoj visoko brzinskoj obradi. Ova metoda u odredjenom području namene nudi niz prednosti u odnosu na ostale. Zbog toga npr. u poznatom časopisu "Kuznječno-štampovočnoje proizvodstvo" br.7 iz 1984 objavljeno je 17 radova iz područja elektromatnetske visokobrzinske obrade. U novije vreme ova metoda VBO uspešno se primenjuje za obradu razdvajanjem (razdvojnim deformisanjem).

Superplastično oblikovanje nalazi se u industrijskoj primeni od 1970. godine. U radu [7] prezentira se istraživanje granice tečenja i naponsko-deformacionih odnosa u stanju superplastičnosti materijala. To se vrši pomoću posebno razvijene metode na uzorku u obliku cevi sa opterećenjem na zatezanje i sa unutrašnjim pritiskom. Istraživanja su vršena na autektikumu legure Sn-Pb. Zbog vrlo male deformabilnosti - titanovih legura njihvoa obrada se prema [8] vrši u stanju superplastičnosti toplim kovanjem u kalupu. To su legure: Ti-6Al-4V i Ti-6Al-2Sn--4Zr-6Mo. U radu [80] prezentirana je izrada alata u stanju superplastičnosti.

U radu [34] prezentira se novi način proizvo dnje alata za obradu deformisanjem pomoću slaga

nja lamela iz lima. Rezanje lamela (velika količina) vrši se pomoću CNC lasera. Ovaj način znatno ubrzava izradu alata i snižava troškove proizvodnje alata.

Poprečno valjanje kao tehnološka metoda obrade deformisanjem sa parcijalnim zahvatom sve više se širi u primeni pri izradi delova vrlo različitog oblika hladnom deformacijom kao završna obrada. Razvijaju se posebni obradni sistemi za primenu ove tehnologije. Slična situacija je i sa oblikovanjem nazubljenih i ožljebljenih vratila.

Veoma veliki broj radova posvećen je kovanju. Neki od njih su: [29,46,47,48,50,79,83,84,87, 105]. Deo radova usmeren je na smanjenje utroška materijala pri kovanju i to putem razvoja primene kovanja u zatvorenom kalupu, čime se smanjuje utrošak materijala za 25 do 30% kao i optimiranjem veličine venca pri kovanju u otvorenom kalupu. Preciznom kovanju i hladnom kovanju posvećuje se posebna pažnja [46], pošto se ovim putem dobijaju finalno obradjeni delovi. Kombinovanje kovanja i livenja, kovanja i termičke obrade kao i kovanja i zavarivanja omogućavaju značajnu racionalizaciju materijala i energije.

Rotaciono tiskanje bez promene debljine materijala i sa promenom debljine materijala omogućavaju obradu delova iz lima sa značajnom tačnošću izrade. I ova tehnologija spada u područje tehnologija parcijalnog zahvata.

U novije vreme najveća pažnja posvećena je: problematici primene kompjuterske podrške (sistemi CAD, CAE,CAM), razvoju fleksibilnih proizvodnih sistema i primeni industrijskih robota u području obrade deformisanjem. NC i CNC mašine u području obrade deformisanjem grade se već relativno duže vreme. Ova primena ima najviše osnova kod svih procesa obrade deformisanjem sa parcijalnim zahvatom alata, pošto se ti procesi bitno ne razlikuju od procesa obrade skidanjem strugotine. Upravo ti procesi se u novije vreme veoma intenzivno razvijaju u cilju proširenja primene obrade deformisanjem na maloserijsku i pojedinačnu proizvodnju.

Procesi obrade deformisanjem odlikuju se velikom raznolikošću i oni nemaju isti publicitet kao procesi obrade skidanjem strugotine, pa projektanti nemaju u toj meri potrebne informacije za konstrukciju [28]. U ovom radu posebno se analiziraju podaci o proizvodu (vrsta, oblik dimenzije, obradjene površine, brzina proizvodnje) i podaci o mogućim procesima obrade (sve karakteristike procesa). Na osnovu takvih ulaznih podataka pomoću kompjutera vrši se optimalni izbor procesa prema proizvodu. U radu je data šema programa. Kompjuteri svakim danom igraju sve veću ulogu u životu. U tehnologijama njihova primena koncentriše se na konstruisanje razvoj, proizvodnju i upravljanje. Teško je naći područje u kome ne bi mogla da se uključi podrška kompjutera. Medjutim, ima razloga i za povećanu zabrinutost zbog povećanja nesigurnosti posla, koja je intenzivirana pojmovima kao što su: "kompjuterski sistemi eksperata" i "veštačka inteligencija". Da li će kompjuter zameniti čoveka u proizvodnji, konstrukciji i planiranju? Da li će kompjuter zameniti čoveka bez osiguranja nekih drugih polja aktivnosti ili će čoveku pokazati nove dimenzije proizvoda sa karakteristikama koje se ovog trenutka ne mogu sagledati [30]. U okviru sistema CAM u obradi deformisanjem može se uključiti planiranje toka materijala, osigurati dispoziciju proizvodnje u vezi sa geometrijskim, tehnološkim i organizacionim podacima. Opisivanje procesa vrši se u tri nivoa: osnovni podaci procesa (f,F,W,σ_e) opisivanje lokalnih karakteristika i uključivanje karakteristika materijala. Kompjuterskim sistemima mogu se planirati i simulirati procesi obrade deformisanjem. U ovom radu ([30]) detaljno je obješnjena terminologija koja se koristi u vezi sa primenom kompjutera. Rad [31] prezentira primenu sistema CAD-CAM u obradi rotacionim tiskanjem bez promene debljine materijala, [32] primenu kompjutera za projektovanje (CAD) sistema uzdužnog profilisanja lima pomoću rotacionih alata, a [33] rešenje istog problema na savremeniji način. Rad [35] analizira primenu sistema CAD u proizvodnji delova finim razdvajanjem. Veoma opsežan rad [36] analizira primenu CAD/CAM sistema u procesima obrade deformisanjem. Daje se pregled hardwerske i softwerske opreme za sisteme CAD/CAE/CAM sa posebnim osvrtom na primenu u područjima:

- alata za istiskivanje

- uzdužno valjanje rotacionim alatima i sl. procesi
- konstrukcija alata za medjufazno i završno oblikovanje
- kovanje spiralnih zupčanika
- simulacija tečenja metala pomoću metode konačnih elemenata.

Konstatuje se da do sada nema potvrdjenog razvijenog metoda koji bi mogao opisati, odnosno simulirati tordimenzionalno tečenje metala imajući u vidu neke praktične tehnološke metode obrade deformisanjem. Navode se i podaci o racionalizaciji troškova proizvodnje primenom kompjuterske podrške. Radovi |38,39| obradjuju problematiku projektovanja operacija hladnog istiskivanja i konstrukcije alata za ovu tehnologiju uz primenu CAD sistema. Analiza procesa poprečnog valjanja metodom konačnih elemenata uz pomoć kompjutera daje se u radu |51|.

Fleksibilni proizvodni sistemi u području obrade deformisanjem detaljno se prezentiraju u radovima |25,26,67|. Fleksibilnost procesa obrade deformisanjem zavisi od tipa i oblika obratka i adaptabilnosti alata obratku. Numerička kontrola uslovljenih kretanja i drugih funkcija kao što je automatika izmena alata u fleksibilnoj mašini kao i kontrola periferne opreme vrši se kompjuterom. Navode se primeri izvedenih fleksibilnih sistema u radi deformisanjem. U radu |26| prezentiraju se rezultati razvoja integrisanog kompleksnog fleksibilnog proizvodnog sistema u okviru posebnog projekta. Projekat je započet 1978. godine, a 1984. nalazi se u završnoj fazi izvedbe. U projekat su uključeni centri za istraživanja iz 20 firmi i 3 nacionalna istraživačka instituta. Projekat je vodjen od strane agencije za industrijsku nauku i tehnologiju i finansiran sa 13 milijardi jena. Projektom je predvidjeno da se obradjuju delovi manji od 500 kg težine, maksimalna dimenzija 1000 mm i za 300 delova. Vreme izrade je 50% od vremena konvencionalne obrade, a broj operacija 60% od konvencionalne obrade. U sistem su uključena i dva lasera. Od tehnologija, odnosno, namena uključene su: obrada deformisanjem, automatska tehnologija montaže, tehnologija kontrole proizvoda, laser za tehnološke procese, projektovanje tehnologija, termička obrada, zavarivanje i još neke operacije su uključene. Prikazane su karakteristike i mogućnosti ovog ogromnog kompleksnog fleksibilnog obradnog centra.

Primena industrijskih robota u području obrade deformisanje ima veliki značaj. To se odnosi na transfer linije, pogone i tehnologije sa relativno teškim uslovima rada. Veliki broj radova posvećen je problematici primene robota. Samo neke od njih navodim |27,90,91,97|.

L I T E R A T U R A*:

1. Marciniak,Z.: Assessment of Material Formability. Advanced Technology of Plasticity, vol.I, Tokyo, 1984, str.685-694.
2. Rowe,G.W.: Problems Involved in the Numerical Analysis of Plastic Working Processes for New Materials. Advanced Technology of Plasticity (ATP), Vol.I, str.27-38, Tokyo 1984.
3. Schroeder,G. i dr.: Forging and Thermomechanical Treatment of ODS-Nickel-Base Alloys. Advanced Technology of Plasticity, Vol.I, str.39-44, Tokyo, 1984.
4. Sherif,D.: A Model Study of Metal Forming in the Mushy State. Advanced Technology of Plas ticity, Vol.I, str.45-49.
5. Taha,M.A. i dr.: Extrussion Behaviour of Semi-Solid Alloys and its Improvement by Rheocasting. A.T.P. Vol.I, str.50-54.
6. Yoshihiro,N. i dr.: Tandem Multi Drawing of Seam-Welded Metallic Tube Containing Optical Fiber. A.T.P. Vol.I, str.58-59, Tokyo, 1984.
7. Wang,Z.R.: An Experimental Study of Superplastic Deformation under Combined Stresses. A.T.P. Vol.I, str.60-65, Tokyo, 1984.
8. Atsushi,H. i dr.: Superplasticity in α-β Titanium Alloys and Deformation in Hot Die Forging. A.T.P. Vol.I, str.66-71, Tokyo,1984
9. Masonobu O. i dr.: Apparatus for Testing Materials Under High Hydrostatic Pressure an and High Deformation Speed and Some Experimental Results of Zinc. A.T.P. Vol.I, str. 72-77, Tokyo, 1984.
10. Erich,G. i dr.: Dynamic Recovery Durign Deformation of a Medium Carbon Steel. A.T.P. vol.I, str.84-89, Tokyo, 1984.
11. Nozomu,K. i dr.: Tribology in Metal Forming Processes. A.T.P. Vol.I, str.145-155, Tokyo 1981.
12. Tripathi,K.C.: Tribological Approach to Materials Processing. A.T.P. Vol.I, str.192--199, Tokyo, 1984.
13. Avitzur,B. i dr: A Model for the Simulation of Friction between Dies and Workpiece. A. T.P. Vol.I, str.200-207, Tokyo, 1984.
14. Doege,E. i dr.: Wear, Friction and Lubricants in Hot Forging. A.T.P. Vol.I, str.214--218.
15. Felder,E. i dr.: The Tribology of a Simple Hot Forging Process: Influence of Lubrication and Nitriding Treatment. A.T.P. Vol.I str.231-234, Tokyo, 1984.
16. Azushima,A. i dr.: Fundamental Tribology in Cold Sheet Rolling-Development of Methods for Evaluating the Lubricity of Lubricant. A.T.P. Vol.I, str. 241-246, Tokyo, 1984.

17. Nakamura,T. i dr.: Investigation into Seizure Mechanism by Means of Extrusion - Type Friction Testing Machine. A.T.P. Vol.I, str. 267-272, Tokyo, 1984.

18. Tsumuki Ch. i dr.: Aplication of Powder Forging to Automative Parts. A.T.P. Vol.I, str. 339-346, Tokyo, 1984.

19. Yoshida,F. i dr.: Effect of Hydrostatic Pressure on the Deformation of Sinte ed Metals. A.T.P. Vol.I, str.361-366, Tokyo, 1984.

20. Suzuki,H.: Finite Element Analysis of Tube Deformation under Impulsive Internal Pressure. A.T.P. Vol.I, str.367-372.

21. Neubauer,A. i dr.: New Processes for Explosive Metal Forming of Sheet Parts in Batch Production. A.T.P. Vol.I, str.379-384.

22. Behera T. i dr.: Forming Limit Criteria and Formability of Alu inium Sheet in Explosive Forming. A.T.P. Vol.I, str.385-390, Tokyo, 1984.

23. Hayama,H. i dr.: Approach to the Theoretical Analysis in Rotary Forming Process of Cylindrical Roads. A.T.P. Vol.I, str.391-400, Tokyo, 1984.

24. Agarwala,B.K.: The Shear Spinning Technology of Tubes with High Dimensional Precision. A.T.P. Vol.I, str.401-410, Tokyo, 1984.

25. Lange,K.: Flexible manufacturing Systems for Plastic Working. A.T.P. Vol.I, str.434-448, Tokyo, 1984.

26. Soda,C. i dr.: Metal Forming Machinery Developed in the National Project of FMSC (Flexible Manufacturing System Complex). A.T.P. Vol.I, str.449-460, Tokyo, 1984.

27. Semenov,Yev. i dr.: Transfer Lines for Multistep-Metal Stamping with Industrial Robots. A.T.P. Vol.I, str.466-470, Tokyo, 1984.

28. Triouleyre,J.: Contribution to Automatic Selection of Processes Application to Axislymmetric Formed Parts. A.T.P. Vol.I, str. 471-476, Tokyo, 1984.

29. Taura,Y. i dr.: Precise Forming with a Multi--Action Press. A.T.P. Vol.I, str.477-482, Tokyo, 1984.

30. Koop,R. i dr.: The Application of CAD/CAE/ /CAM from the Viewpoint of Plastic Working Technology. A.T.P. Vol.I, str.489-497, Tokyo, 1984.

31. Triouleyre,J.: CAD-CAM and Spinning. A.T.P. Vol.I, str.498-502, Tokyo, 1984.

32. Ona,H. i dr.: A Computer Aided Design for Cold Roll Forming. A.T.P. Vol.I, str.508--513, Tokyo, 1984.

33. Yuen,W.Y.D. i dr.: New Developments in CAD for Roll Forming. A.T.P. Vol.I, str.514-520.

34. Kunieda,M. i dr.: Manufacturing of Laminated Deep Drawing Dies by Laser Beam Cutting. A. T.P., Vol.I, str.520-525.

35. Jingrong,X. i dr.: Computer Aided Design and Manufacture of Fine-Blanking Tool. A.T.P. Vol.I, str.526-530, Tokyo, 1984.

36. Altan,T. i dr.: CAD/CAM of Tooling and Process for Plastic Working. A.T.P., Vol.I, str.531-544.

37. Gotoh,R. i dr.: Application of CAD System to Hot Forging. A.T.P. Vol.I, str.545-550, Tokyo, 1984.

38. Davison,T.P. i dr.: Computer Aided Process Design for Cold Forging Operations. A.T.P. Vol.I, str.551-556, Tokyo, 1984.

39. Lee Rong Shean: Computer Aided Design of Extrusion Tooling. A.T.P. Vol.I, str.557--562.

40. Yoshida,K.: Trends in Forming Technology for Car Body in Japan. A.T.P. Vol.I, str. 729-734, Tokyo, 1984.

41. Novikov,I. i dr.: Electrostimulating Plasticity of Metals. A.T.P. Vol.II, str.787--792, Tokyo, 1984.

42. Meszumansi,R. i dr.: A Nes Technology of Pulsatory Forming and the Technological Tool to Carry it out. A.T.P. Vol.II, str. 793-798.

43. Murakowa,M.: Burr-Free Shearing. A.T.P. vol II, str.805-814, Tokyo, 1984.

44. Havranek,J.: The Effect of Pre-Drawing on Strength and Ductility in Cold Forging. A.T.P. vol.II, str.845-850, Tokyo, 1984.

45. Sekiguchi,H. i dr.: Criterion of Ductile Fracture of Carbon Steel for Predicting Cold Forging Limit. A.T.P. Vol.II, str.851--856.

46. Kondo,K.: Developments of New Precision Cold Die Forging Processes. A.T.P. Vol.II, str.878-887, Tokyo, 1984.

47. Grover,O.P. i dr.: Analysis of Closed-Die Forging of Gear-Like Elements. A.T.P. Vol. II, str.888-893, Tokyo, 1984.

48. Takahashi,W. i dr.: Warm Forging og Automobile Small Gears, A.T.P. Vol.II, str.894--899, Tokyo, 1984.

49. Hawkyard,J.B.: Optimisation Shrink Ring Interference Configuration for Metal Forming Die. A.T.P., Vol.II, str.912-917, Tokyo, 1984.

50. Tuncer,C. i dr.: Precision Forging Hollow Cylinders, A.T.P. Vol.II, str.924-929, Tokyo, 1934.

51. Maekava,Y. i dr.: Modeling and Numerical Analysis of Cross Rolling and Prifile Ring Rolling Processes. A.T.P. Vol.II, str.930--935, Tokyo, 1984.

52. Standring,P.M.: Rotary Forging - A New Approach. A.T.P., str.942-947, Tokyo, 1984.

53. Avitzur,B.: Analysis of Flow Trough Conical Converging Dies-Update 1984. A.T.P. Vol.II, str.948-960, Tokyo, 1984.

54. Wanheim,T. i dr.: The Physical Modelling of Plastic Working Processes. A.T.P. Vol.II str.984-996, Tokyo, 1984.

55. Mori,K. i dr.: Simulation of Three-Dimensional Deformation in Metal Forming by the Rigid-Plastic Finite Element Method. A.T.P. Vol.II, str.1009-1014, Tokyo, 1984.

56. Tatenami,T.: F.E.M. (Finite Element Method) for Rigid Plastic Material Using Dependant Nodal Point Displacement with Consideration of Frictional Force. A.T.P. Vol.II, str. 1015-1020, Tokyo, 1984.

57. Sato,K. i dr.: Numerical Simulation System for Plastic Metal Forming Process Based on a FEM Introducing Slide Between Elements. A.T.P. Vol.II, str.1021-1026.

58. Kobayashi,Sh.: The Role of the Finite Element Method in Metal Forming Technology. A.T.P. Vol.II, str.1035-1040, Tokyo, 1984.

59. Zienkiewicz,O.C. i dr.: Finite Elements in Forming Processes. A.T.P. Vol.II, str.1041--1050.

60. Colling,I.F.: Slipline Field Analysis of Forming Processes in Plane Strain and Axial Symmetry. A.T.P. Vol.II, str.1074-1083, Tokyo, 1984.

61. Kiefer,B.V.: Three-Dimensional Finite Element Prediction of Material Flow and Strain Distribution in Rolled Rectangular Billets. A.T.P. Vol.II, str.1116-1125, Tokyo, 1984.

62. Tozawa,Y.: Analysis for Three-Dimensional Deformation in Strip Rolling Taken Deformation of Roll into Consideration. A.T.P. Vol. II, str.1151-1160, Tokyo, 1984.

63. Saito,Y. i dr.: Deformation Analysis in Shape Rolling Using an Upper Bound Method. A.T.P. Vol.II, Str.1190-1199, Tokyo, 1984.

64. Malinin,N.N.: Prikladnaja teorija plastičnosti i polzučjesti. Mašinsostrojenije, Moskva, 1975.

65. Lee,R.S.: Mechanical Properties of a Composite Wax Model Material Simulation Plastic Flow of Metals. Jor.of Mech.Working Techn. Vol.9, N3, May, 1984.

66. Rowe,G.W.: Material Properties Reconsidered. J.of M.W.T. Vol.11, N°1, March, 1985.

67. Kaiser,H.: Umformende Bearbeitung in flexiblen Fertigungssystemen. Berichte aus dem Institut für Umformtechnik,Stuttgart, 1977, Girardet.

68. Burakovski,T. i dr.: Richtungen der Rationalisierung des Energieverbrauchs bei der Wärmebehandlung von Metallen. Fertigungstechnik und Betrieb. Br.5,1985.

69. Vujović,V.: Obrada deformisanjem u mašinstvu, I deo, Univerzitet u Novom Sadu, 1977.

70. Vujović,V.: Istraživanje uticaja različitih stanja jednog domaćeg čelika na obradivost hladnim zapreminskim deformisanjem. Dokt. disertacija, FTN, Novi Sad, 1976.

71. Vujović,V.: Stanje i perspektive razvoja obrade deformisanje. Zbornik radova sa XIII sav.proizv.maš. Jug,,Banja Luka, 1979.

72. Vujović,V.: Odredjivanje krivih granične deformabilnosti pomoću tri različita naponska stanja. Zbornik radova sa XVIII savet.proizmašin., Niš, 1984.

73. Vujović,V.: Istraživanje uticaja strukturnog stanja čelika Č.5421 na obradivost hladnim zapreminskim oblikovanjem. Zbor.radova Naučno-stručnog skupa obrade deformisanjem, Banja Luka, 1977.

74. Vilotić,D.: Prilog istraživanju uticaja naponskog stanja na obradivost čel.mat. hladnim zapreminskim oblikovanjem. Mag.rad., Fakultet tehn.nauka, Novi Sad, 1980.

75. Vilotić,D.: Identifikacija položaja pojedinih modela deformacije u dijagramu obradivosti. II savj. o plastičnosti i otporu deformaciji metala, II deo, Igalo, 1982.

76. Plančak,M.: Naponsko deformaciono stanje u procesima hladnog istiskivanja čelika. Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 1984.

77. Brezler,R.: Making Sence of Warm Rolling. Amer.Mach. 124(1980) 12, str.129-140.

78. Hirschvogel,M.: Kombination von Warm-Halbwarm-und Kaltumformenin der Praxis. VDI 1980. str.8.1 do 8.20. 6.Int.Tagung Kaltumformung.

79. Sessions,T.M.B.: Cold Forging and Extrusion -Present Position and Future Prospects. Metalurgia 48(1981) br.3 s.110-112, 114--116.

80. Miller,E.W.J. i dr.: Superplastisches Hobbing Metalurgia, 48(1981) br.5, str.206, 208, 210.

81. Kloos,K.H. i dr.: Optimirung von Schwingfestigkeitseigenschaffen beim Oberflächendrücken gewerbter umlaufbiege Proben unter Berücksichtigung Probengrösse. Z.Werkstoftechn. 12(1981) br.10, s.359-365.

82. Astrop,A.: Squeeze Forming Aluminium Alloys Machinery 139(1981) 3585, s.30-32.

83. Isamu,T.: Gesenschmiedete Autoteile Gegenwertige Tendenzen und zukünftige verbesserungsmassnahmen. 10.Inter. Gesenkschmiedetagung, London, 2-12, s.18/1-18/25, 1980.

84. Randolph,G.: orging Technologies of Twenty -First Centuru. Prex.Megal 36(1978) 11, s.40-43.

85. Vaccari,J.A.: Cuts Cost in Making Metal Parts. Prod.Eng. 50(1979)1, s.41-44.

86. Wirth,G.: Anwendung der Pulver metallurgie in der Luftfahrt. DGLR-Symposium "Wirtschafliche Herstelltechniken", 28 März, 1979, Vortrag, br.79-002.

87. Vieregge,K.: Kontruieren-Optimieren-Schmieden. Massnahman zur Kostensenkung bei Schmiedestücken. VDI-2, 121(1979), s.513--514.

88. Stenger,H.: Über die Abhängigheit des Formänderungsvermögens metallischer Stoffe vom Spannugszustand. T.H. Aachen, 1965.

89. Rötz,L. i dr.: Grundrichtungen der weiteren Entwicklung der Umformtechnik. Fertigungstechnik und Betrieb, br.4, str.198-201, 1984, VEB Verlag Technik, Berlin.

90. Braun,R. i dr.: Einsatz zweiarmiger Einlegegeräte zur Pressenbeschickung im VEB Vereinigte Metall Warenfabrik Bad Köstritz. Fertigungstechnik und Betrieb, br.5, 1984, str. 276-280.

91. Kanajev,E.M.: Steuerung roboterbeschichter Technologisher Einheiten für die Metallbearbeitung. Fert. und Betrieb, br.3, 1984, str.137-140.

92. Goljavin,K.A.: Razvitije tjehnologiji dlja izgatavljenije djetaljej iz poroškov.K.Š. P., br.5, 1984, str.15-16.

93. Gluščenkov,V.A.: Magnitno-impuljsnaja abrabotka metalov. K.Š.P. br.7, 1984. str.2-3.

94. Miropoljskij Jk.A. i dr.: Mnogoprohodnaja prodolnaja nakatka šlicev na valah. K.Š.P. br.8, 1984, str.32-33.

95. Vostrov,V.N. i dr.: Holodnoje nakativanije vnutrenih evoljventnih zubjev. K.Š.P. br.12, 1984, str.10-11.

96. Kazanskaja,I.I. i dr.: Stani dlja praizvodstva točnih zagotovok mašinostroiteljnik detaljej. K.Š.P. br.4, 1984, str.5-8.

97. Arhipenko,H.A. i dr.: Metodika viborastrukturi robotizirovanoj sistemi štampovki,K.Š. P. br.1, 1984, str.34-36.

98. Falke,J. i dr.: Umformtechnische Herstellung einteiliger Riemenscheiben aus stahlblech. Umformtechnik br.5, 1984, str.183-187.

99. Raskazov,A.F. i dr.: Stand und Perspektiven der Herstellung gegossener Werkzeuge für die Warmumformung. Umformtechnik, br.3, 1984, str.96-101.

100. Berman,I. i dr.: Near-Contact Explosive Forming. Trans. ASME, br.4, 1981, str.366--372.

101. Shabaik,A.H.: Mechanics of Plastic deformation in Metal Forming Processes: Experimental and Numerical Methods. 1st Ing.Conf. Cairo, 1979, Oxford e.a. 1981, 447-147.

103. Nakane,T. i dr.: Deformation Behaviour in Simultaneous Backward Extrusion-Upsetting by Rotary Forging. Proc. 2nd Int.Conf. Rotary Metalwork. Kempston, 1982,str.59--71.

104. Hinghua,P. i dr.: Some Basic Problems of the Rotary Forging and its Application. Proc. 2nd Int.Conf.Rotary Metalwork. 1982, Kempston, str.81-90.

105. Morquardt,B.: Ein Beitrag zur Optimierung der Gratspaltabmessungen von rotationssymmetrischen Schmiedegesenken, Dis.1981.

106. Bogon,P. i dr.: Anwendungsbezogene matematische Beschreibung von Fliesskurven metallischen Werkstoffe. "Draht", 1983. br.10, str.483-487.

107. Eckart,D. i dr.: Ein Blick in die Zukunft der Weiterverarbeitenden Umformtechnik, VDI-2 125(1983), br.20, str.861-865.

*Napomene:

ATP=Advanced Technology of Plasticity

K.Š.P.=Kuznječno-štampovočnoje proizvodstvo

Podvučeni autori označavaju radove koji su imali karakter uvodnih referata.

V.Vujović

THE EXPENDITURES OF MATERIAL AND ENERGY IN THE PRODUCTION OF METAL PARTS AS A FUNCTION OF THE DESIGNED CONCEPT OF THE MACHINING SYSTEM

Abstract

The accelerated rate of material and energy spending in the world brought about significant changes in their price ratio; and this change is ongoing.Metal and machine building industries are large consumers of materials and energy,The competition on the market allows sales only of those products that are made with less materials and energy, costing less than the others.Possibilities for the design of products and manufacturing technologies requiring less materials and energy are dealt with in the paper.The basis for these considerations is possible behaviour of metallic materials in the menufacturing system, and in the product function.Some development trends in metal forming are presented.

XIX SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE

Kragujevac, septembar 1985.

BUDUĆNOST SERIJSKE PROIZVODNJE

J.L. Burbidge, England

R e z i m e

U ovom radu se daje strategija za dugoročan razvoj serijske proizvodnje. Opisana je veoma uspešna strategija masovne proizvodnje koju je razvila Tojota. Preporučuje se veoma sličan prilaz serijskoj proizvodnji, pri čemu se organizacija po redosledu operacija (Line Flow) zamenjuje grupnom tehnologijom, a Kanban "potezni" (Pull) sistem zamenjuje periodičnim upravljanjem serijama.

1. UVOD

Putevi razvoja procesne industrije i masovne proizvodnje u budućnosti potpuno su jasni. Nije, medjutim, jasno kako se može poboljšati serijska proizvodnja.

Procesna industrija proizvodi jednostavne proizvode u velikim količinama, koristeći relativno jednostavne procese i kontinualni protok materijala. Njena budućnost leži u totalnoj automatizaciji proizvodnje i kontrole kvaliteta. Glavni problemi su u oblastima distribucije proizvoda i održavanja opreme.

U masovnoj proizvodnji proizvode se kompleksni proizvodi u velikim količinama, koristeći kompleksne procese i kontinualni protok materijala, barem u montaži i proizvodnji glavnih komponenata. Njena budućnost, na primeru Tojote u Japanu, zavisi od razvoja visoko-automatizovanih, jednostavnih sistema protoka materijala sa totalnom kontrolom kvaliteta i JIT (Upravo na vreme) "poteznih" sistema upravljanja proizvodnjom, kao što je Kanban metod, čiji je cilj postizanje veoma visokih koeficijenata obrta zaliha. Glavni problemi u masovnoj proizvodnji su automatizacija montaže i kontrole kvaliteta, a takodje i distribucija proizvoda i održavanje proizvodne opreme.

Izmedju ova dva ekstrema leži širok opseg vrsta proizvodnje koji se može obuhvatiti terminom "serijska proizvodnja". Ta vrsta industrije proizvodi širok opseg proizvoda u malim količinama, od jednostavnih do kompleksnih, koji se traže kontinualno, sa prekidima, ili pojedinačno - kao specijalne porudžbine.

Komponente od kojih se takvi proizvodi sastoje ne mogu se proizvoditi kontinualno, već se rade sa prekidima, u serijama, koristeći mašine koje se za svaki novi deo podešavaju i koristeći procese koji mogu da variraju od jednostavnih do veoma kompleksnih. Ako usvojimo da serijska proizvodnja uključuje i proizvodnju malih količina medjusobno sličnih delova, a takodje i granični slučaj gde je veličina serije jednaka jedinici, tada napred navedene kategorije procesne, masovne i serijske proizvodnje pokrivaju ceo opseg mogućih vrsta proizvodnje.

U ovom radu se tvrdi da postoji jednostavna strategija za razvoj serijske proizvodnje, koja može biti isto tako efikasna kao i one usvojene za procesnu industriju i masovnu proizvodnju. Ona je slična strategiji masovne proizvodnje, sa kojom se i preklapa, ali se umesto jednostavnog protoka materijala i Kanban sistema |1| koriste grupna tehnologija (GT) |2| i periodično upravljanje serijama (Period Batch Control-PBC) |3|.

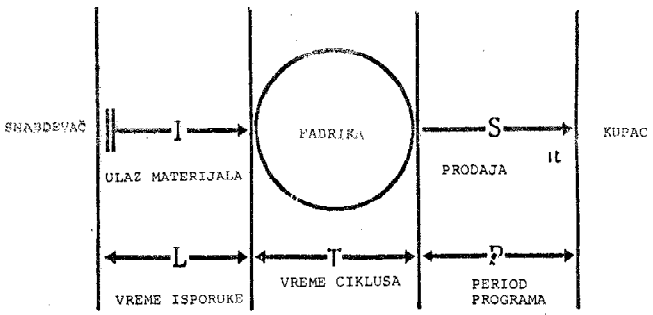
2. OPŠTI PROBLEM

Tradicionalni proizvodni sistemi su u opštem slučaju bili zasnovani na procesnoj organizaciji i upravljanju zalihama. Drugim rečima, svaka njihova organizaciona jedinica bila je specijalizovana za ograničen opseg tesno povezanih

procesa, pokušavajući da održi snabdevanje delovima i materijalom putem naručivanja odredjenih količina delova kada zalihe padnu na unapred odredjeni nivo.

Velike brzine promena u današnjim proizvodima i zahtevima tržišta učinile su ovaj postupak zastarelim |4|. Današnji trend ide prema organizaciji na bazi proizvoda (Product Organisation), kojom se pojednostavljuje sistem toka materijala i smanjuje vreme prolaza, kao i prema pripremi proizvodnje na bazi upravljanja tokom, u kome se odredjene količine za izradu dobijaju iz stvarnih porudžbina gotovih proizvoda ili na bazi njihovih predvidjanja.

Sl. 1 ilustruje prirodu problema u korišćenju pripreme upravljane tokom (Flow Control Ordering). Krug predstavlja fabriku koja prima materijal i delove od snabdevača, i isporučuje gotove proizvode kupcima. Vreme trajanja ciklusa proizvodnje (T) predstavlja vreme potrebno za proizvodnuu skupa delova u fabrici, njihovu montažu u prizvod, testiranje, pakovanje i isporuku gotovog proizvoda. Vreme isporuke pri nabavci (L) je vreme koje protekne od porudžbine delova do prijema skupova materijala i delova potrebnih za proizvodnju.



sl.1. Upravljanje tokom

Posmatrajmo, na primer, slučaj jedne metalske fabrike koja proizvodi sedam proizvoda sa 121 varijantom, gde je vreme trajanja ciklusa proizvodnje 6 meseci, vreme isporuke pri nabavci takodje 6 meseci, a kompanija je donela odluku da bazira proizvodnju na šestomesečnim programima prodaje. Ako radni nalozi i isporuke kupljenih delova treba da se zasnivaju na programu prodaje, oni moraju da prikažu sve različite proizvedene delove i količine koje treba isporučiti kupcima svakog, recimo, dvonedeljnog perioda, tokom šestomesečnog programskog perioda. Programi se moraju izraditi najmanje godinu dana (L + T) unapred.

Industrijsko iskustvo pokazuje da uprkos široke primene ovog metoda, ovo predstavlja nemoguć uslov. Ljudima nije dato da predvide budućnost do detalja 18 meseci unapred. Fabrike koje pokušavaju da rade na ovaj način obično postaju groblja, puna delimično obradjenih šarži materijala, napuštenih ili zakasnelih zbog izmena programa.

3. SMANJENJE VREMENA TRAJANJA CIKLUSA PROIZVODNJE (T)

Relativno je jednostavno skratiti vreme prolaza materijala, ako se učini odredjeni napor. Medju mogućim metodama su:

1. Pojednostavljenje metoda obrade (manje operacija po delu).
2. Pojednostavljenje sistema toka materijala.
3. Efikasno delegiranje odgovornosti.
4. Pojednostavljenje upravljanja proizvodnjom.

Najznačajniji od napred navedenih metoda je pojednostavljenje sistema toka materijala. On zahteva promenu organizacije od procesne u proizvodnu, tako da sve organizacione jedinice, na svim nivoima, kompletiraju sve proizvode koje izradjuju i da budu opremljene svim različitim tipovima mašina i drugom opremom kako bi to mogle da ostvare.

Sl. 2. prikazuje efekte na sistemu toka materijala posle prelaza sa procesne na proizvodnu organizaciju u fabrici, i na nivou odeljenja i na nivou grupa. Ovaj tip organizacije se ponekad naziva grupnom tehnologijom ili ćelijskom proizvodnjom. Glavni direktan efekat te promene je znatno smanjenje vremena trajanja ciklusa proizvodnje.

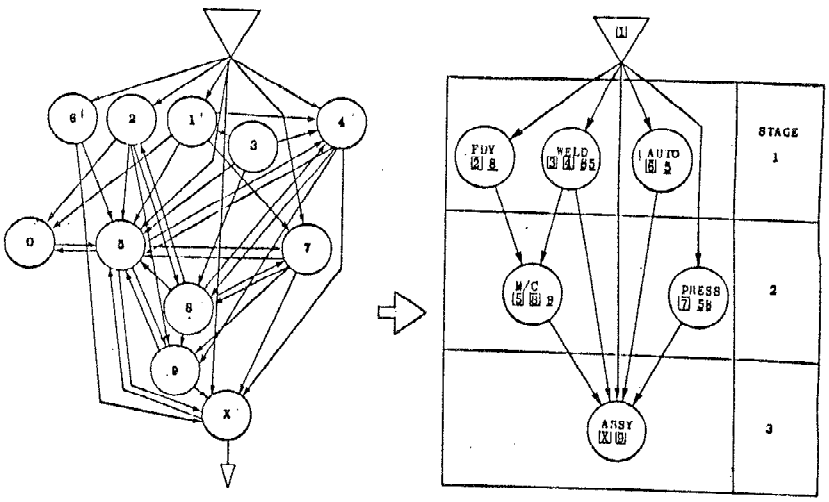
Druga prednost zamene procesne organizacije proizvodnom je efikasno delegiranje (sistem odgovornosti). U proizvodnoj organizaciji, poslovodja svake grupe upravlja svim procesima potrebnim da se urade svi delovi u njegovoj grupi. Prema tome, on se može u dobroj meri smatrati odgovornim za kvalitet, cenu i završavanje svih poslova u odredjeno vreme. Ovo je nemoguće u procesnoj organizaciji, jer organizacione jedinice i njihovi rukovodioci u tom slučaju ne završavaju delove.

Relativno je jednostavno isplanirati zamenu procesne organizacije proizvodnom, koristeći se tehnikom analize tokova materijala (PFA)|5|. Glavne prednosti koje se na taj način ostvaruju su:

1. Smanjenje vremena trajanja ciklusa. Jedan poslovodja upravlja svim procesima i mašinama koje se nalaze u blizini, što dovodi do:

2. Smanjenja investicija u zalihe i proizvodnju u toku.

MREŽA TOKOVA U FABRICI



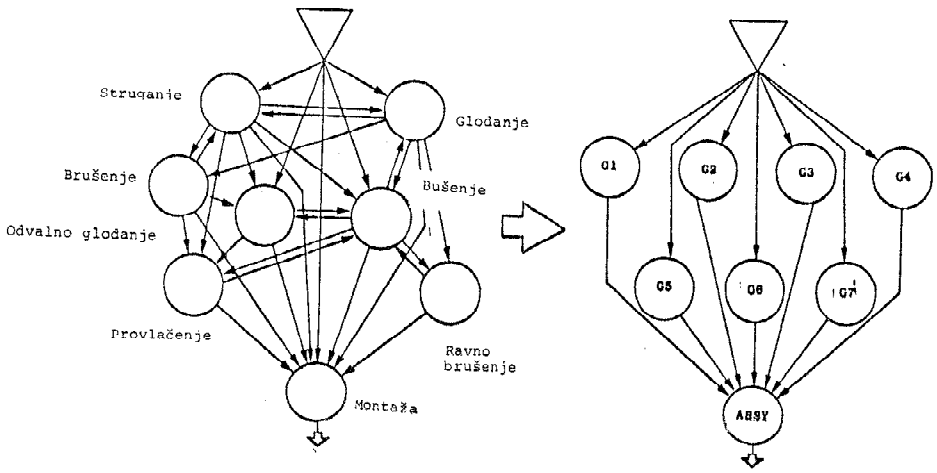
A: POSTOJEĆI SISTEM TOKA

1. Sirovi komadi
2. Livenje
3. Kovanje
4. Zavarivanje
5. Obrada rezanjem
6. Automati
7. Prese
8. Term. obrada
9. Bojenje
X. Montaža

B. POJEDNOSTAVLJENI SISTEM

- Glavni korisnici reznih alata
- Nekoliko jedinica iz 5

GRUPNI SISTEM TOKA ZA ODELJENJE



A. Postojeći sistem toka

B. Pojednostavljeni sistem

sl.2. Tok materijala

3. Smanjenje troškova, uključujući skladištenje, držanje zaliha, rukovanje materijalom i troškove zastarevanja.

4. Poboljšanje kvaliteta - jedan rukovodilac upravlja svim procesima.

5. Povećanje proizvodnosti - smanjeno mrtvo vreme i vreme podešavanja (moguće je sekvenciranje).

6. Moguće je poboljšano delegiranje odgovornosti, koje dovodi do:

7. Povećane motivacije i zadovoljstva radnim mestom.

4. UPRAVLJANJE PROIZVODNJOM U SERIJSKOJ PROIZVODNJI

Sledeći način za smanjenje vremena ciklusa materijala je pojednostavljenje upravljanja proizvodnjom.

Upravljanje proizvodnjom može se definisati kao funkcija uprave kojom se planira, dirigiuje i upravlja snabdevanjem materijalom i proizvodnim aktivnostima u preduzeću [3]. Ono funkcioniše na tri glavna nivoa:

1. Programiranje, kojim se planira izlaz gotovih proizvoda iz fabrike. Svoje planove izradjuje u vidu programa proizvodnje.

2. Priprema, kojom se planira proizvodnja komponenata koje se izradjuju u fabrici i isporuka kupljenih delova od isporučilaca. Priprema izdaje svoje planove u vidu radnih naloga, ili porudžbina.

3. Operativno planiranje, kojim se planira izvršavanje radnih naloga u fabrici.

U proizvodnom upravljanju koriste se tri glavna kola povratne sprege radi "ograničavanja dogadjaja u cilju izvršavanja tih planova". To su "Progres", koji poredi stvarni i planirani izlaz, "Upravljanje zalihama", koje poredi stvarne i planirane nivoe zaliha, i "Opterećenje", koje poredi opterećenje sa kapacitetom.

Metod proizvodnog upravljanja, koji se ovde preporučuje za serijsku proizvodnju, poznat je kao periodično upravljanje serijom (PBC). On se zasniva na nizu kratkoročnih programa od, recimo, jedne do dve nedelje, i sledi sledeće principe:

1. U ovom periodu montirati proizvode koji će biti isporučeni kupcima u narednom periodu.

2. Proizvesti u ovom periodu delove potrebne za montažu u narednom periodu.

3. Primiti u ovom periodu od isporučilaca delove i materijal potrebne za obradu ili montažu u narednom periodu.

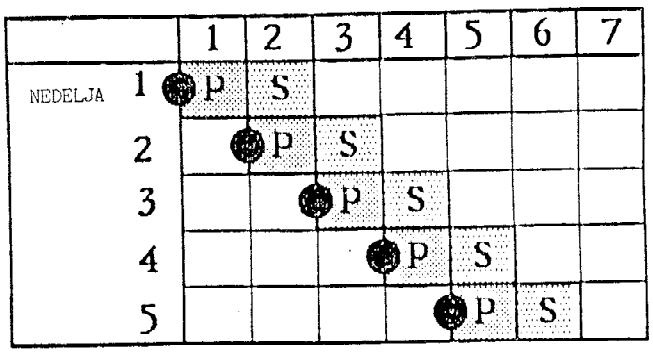
PBC je razvio pokojni R.J. Gigli tridesetih godina. Uveo ga je u tridesetak fabrika, ali je najveći uspeh doživeo tokom zadnjeg rata kada je primenjen u Britaniji za upravljanje proizvodnjom lovačkog aviona tipa "Spitfajer". Proizvodnja je bila povećana korišćenjem svih nedovoljnih kapaciteta i svih nedovoljnih izvora materijala za izradu aviona, a ne za nagomilavanje zaliha delova za neizvesnu budućnost.

PBC je do sada iskorišćen za precizne proizvode - avione, avionske radare i mašine alatke, za jednostavne mehaničke proizvode - centrifugalne pumpe i ventile, za upravljanje malim radionicama, za hemijske proizvode - dekorativne laminate, itd. Sa manjim varijacijama, izgleda da bi bio pogodan za skoro sve vrste serijske proizvodnje.

5. FLEKSIBILNO PROGRAMIRANJE

Programiranje koje se koristi uz PBC ponekad se naziva fleksibilnim programiranjem. Na sl. 3 prikazano je dijagramski. Godina se deli na periode dužine, recimo, 2 nedelje za komplikovane proizvode ili dužine jedne nedelje za jednostavnije.

FLEKSIBILNO PROGRAMIRANJE



Legneda:

- Programski sastanak
- S — Program prodaje
- P — Program Proizvodnje

sl.3. Fleksibilno programiranje

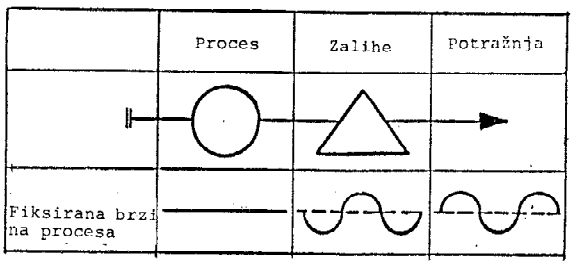
Na kraju svakog perioda održava se programski sastanak, na kome direktor prodaje izlaže nacrt programa prodaje proizvoda koje želi da isporuči kupcima u periodu koji počinje posle narednog perioda.

Na istom sastanku planira se i program proizvodnje, u kome su prikazani proizvodi koje

treba kompletirati u periodu koji upravo počinje i koji pokušava da zadovolji program prodaje, opterećujući istovremeno ravnomerno fabriku.

Sl. 4 prikazuje kako se male varijacije u zalihama dovršene proizvodnje najpopularnijih proizvoda mogu upotrebiti za izravnavanje proizvodnje, kompenzujući stohastičke varijacije u potražnji.

Fleksibilno programiranje se lako uspostavlja, koristeći na početku postojeće metode za naručivanje materijala i delova. U opštem slučaju, u početku će biti prednosti zbog pouzdanijih isporuka kupcima, smanjenja zaliha gotove proizvodnje i smanjenja gubitaka zbog zastarevanja proizvoda.



sl.4. Izravnavanje

6. PRIPREMA PROIZVODNJE SA PBC

Metod pripreme proizvodnje koji se koristi sa PBC prikazan je na sl. 5. Vidi se da se on zasniva na proširenju fleksibilnog programiranja, čime se dobijaju dopunski periodi za izradu delova i pripremu naloga. U izvesnim slučajevima dopunski periodi se mogu dodati standardnom rasporedu za proizvodnju materijala, livenje, kovanje, itd. ili, na primer, za ispitivanje, ali se pritom nastoji da vremensko trajanje rasporeda bude što je moguće kraće.

U proizvodnoj organizaciji u grupnoj tehnologiji, svaka grupa izradjuje familiju delova. Čim se usvoji periodični plan proizvodnje, on se dalje razradjuje pomoću računara u cilju izrade naloga za svaku grupu, u kojima se precizira koje delove i koje količine tih delova treba pojedina grupa da proizvede u narednom periodu.

Razradom i sažimanjem istog programa, takodje se dobijaju nalozi za odlivke i otkovke (ako ih ima), liste materijala po vrstama (šipkasti, lim, ploče) koje treba izdati pojedinim

PBC je proširenje fleksibilnog programiranja

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
NEDELJA 1	0	M	P	S					
2		0	M	P	S				
3			0	M	P	S			
4				0	M	P	S		
5					0	M	P	S	

sl.5. Priprema proizvodnje uz PBC

grupama, nalozi magacinima za izdavanje montaži gotovih kupljenih delova, kao i obaveštenja isporučiocima delova koji koriste ovaj metod.

Sistem je veoma elastičan. U njemu se mogu predvideti mogućnosti za dodavanje rezervnih delova i škarta, za održavanje rezerve kritičnih pozicija koje imaju dugo vreme ciklusa, kao i za podešavanje bilansa zaliha kada to postane neophodno.

Prva reakcija svakog iskusnog organizatora proizvodnje je da PBC sistem ne može da funkcioniše. U sistemu postoji prividan rizik da se povećanjem frekvencije izdavanja naloga na 52 ili čak 26 puta godišnje do te mere povećava vreme pripreme, da to može da ugrozi kapacitet i smanji proizvodnju. R.J. Gigli je objašnjavao kako je taj strah nestajao tokom prve godine primene PBC. Tada je registrovano sledeće:

1. Serije delova na kritičnim mašinama već su bivale deljene u manje količine radi isporuke montaži. Stvarne veličine upotrebljenih serija bile su znatno manje od nominalnih.

2. Različiti proizvodi su se pojavljivali u programu samo 5 do 12 puta godišnje (sr. vrednost = 7).

3. Neke od mašina su bile veoma jednostavne za pripremu i njihovo vreme podešavanja nikada nije bilo kritično.

4. Neke od mašina su bile veoma malo opterećene i njihovo vreme pripreme nikada nije bilo kritično.

5. Bilo je relativno jednostavno smanjiti vreme podešavanja ako je učinjen odgovarajući napor. Ovo je tim jednostavnije kod današnjih NC mašina, nego što je bilo u Gigli-jevo vreme.

U pogonu može i da postoji jedna ili dve kritične mašine sa veoma dugim vremenom podeša-

vanja, kao što su, na primer, viševreteni automatski strugovi, koje se ne mogu odmah uključiti u sistem. U takvim slučajevima možda će biti neophodno korišćenje nekog drugog metoda pripreme za upravljanje proizvodnjom grupe u kojoj se nalaze te mašine. Treba, medjutim, imati u vidu da Tojota u svojoj veoma velikoj fabrici nema ni jednu mašinu za čije je podešavanje potrebno deset minuta. Uvek je moguće i isplativo smanjivanje vremena podešavanja mašina, ako se u to uloži odredjeni napor.

7. POVRATNA SPREGA

Tri sistema povratne sprege koji su ranije pomenuti (progres, upravljanje zalihama i opterećivanje), znatno su jednostavniji u slučaju PBC i GT nego u drugim sistemima upravljanja proizvodnjom.

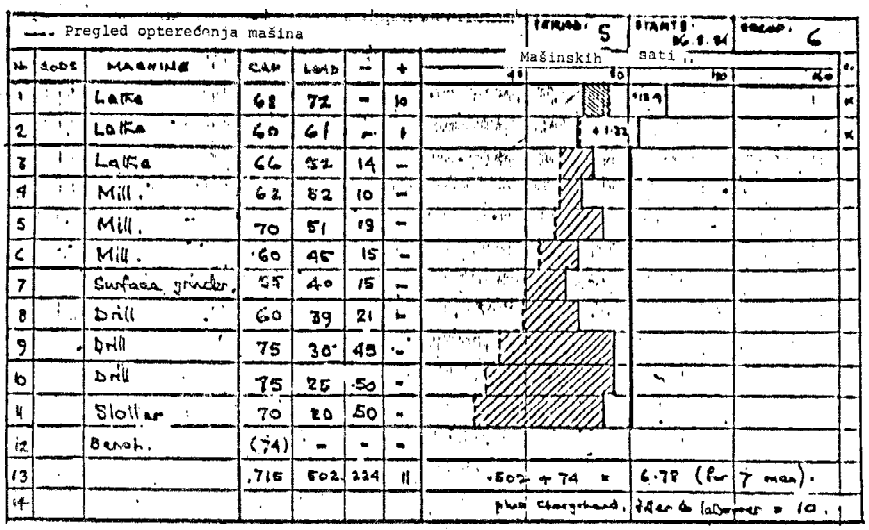
Odgovornost za proizvodnju dodeljena je rukovodiocu grupe. Sve što je potrebno za ostvarenje upravljanja progresom proizvodnje je poredjenje postignutog sa nalozima na kraju svakog perioda.

Upravljanje zalihama je takodje jednostavnije jer su nivoi zaliha niži, a nije potrebno ni knjigovodstvo zaliha izradjenih delova, osim rezervnih.

ove predvidjaju različite količine i frekvencije. To stvara velike i nepredvidive varijacije opterećenja. Sve što se u takvim okolnostima može uraditi je odredjivanje razlike izmedju opterećenja po izdatim nalozima i raspoloživih kapaciteta, kako bi se unapred odredilo vreme zauzetosti kapaciteta. Ovo, medjutim, ne pomaže rukovodstvu fabrike pri planiranju kapaciteta, jer se ne zna koji deo opterećenja predstavlja privremenu varijaciju, a koliko je zauzeto povećanim potrebama, kao ni da li ima na raspolaganju kapaciteta za realizaciju planiranog proizvodnog programa.

U slučaju GT i PBC, neto opterećenje (ili suma svih vremena operacija) izazvano novim periodičnim proizvodnim programom u svakoj grupi, lako se izračunava pomoću računara. Na taj način se dobija zbirni periodični pregled opterećenja, u kome se uporedjuje neto opterećenje svake mašine sa njenim kapacitetom, korigovanim za iznos srednjeg vremena stajanja usled kvara, praznim hodom i umanjenim ili povećanim performansama. Tipičan pregled opterećenja ilustrovan je na sl. 6.

Ovaj prilaz daje rukovodiocu informacije koje su mu potrebne radi donošenja odluka o ostvarivosti naloga koje izdaje, eventualnom pov-



Sl.6. Pregled opterećenja

Konačno, opterećivanje je istovremeno jednostavnije i efikasnije. Tradicionalni sistemi za upravljanje proizvodnjom zasnivaju se na više-cikličnoj pripremi, gde se za različite delećanju kapaciteta, prekovremenom radu, novom zapošljavanju, novim mašinama, ili pak o smanjivanju opterećenja ustupanjem dela posle drugoj firmi.

8. OPERATIVNO PLANIRANJE

Operativno planiranje je takodje znatno jednostavnije u slučaju PBC i GT, nego u drugim metodama upravljanja proizvodnjom. Poslovi kao što su podešavanje mašina, kontrola, rukovanje materijalom i magacinom alata sada se izvršavaju unutar pojedinih grupa, i rukovodilac grupe ne mora da se nadmeće sa drugim rukovodiocima grupa za dobijanje napred navedenih suluga. Terminiranje operacija je takodje veoma jednostavno. Poslovodja grupe dobija pre početka svakog perioda pregled delova koje njegova grupa treba da izradi i pregled opterećenja koji pokazuje koliko će njegove mašine biti opterećene. Na osnovu toga on će zaključiti:

1. Koji su delovi kritični, bilo zbog dugih vremena trajanja operacija na pojedinim mašinama, ili zbog dugog vremena trajanja ciklusa, a moguć je i slučaj da za neke od delova zbir vremena trajanja operacija bude duži od standardnog perioda.

2. Koje su mašine kritične, jer će biti preopterećene.

Strategija koju poslovodja ima na raspolaganju je jednostavna:

1. On mora precizno da rasporedi rad na kritičnim delovima, započinjući naredne operacije pre nego što su prethodne završene. To je lako u grupnoj tehnologiji jer su mašine blizu jedna drugoj u istoj grupi.

2. Mora da obezbedi neprekidan rad kritičnih mašina i da pokuša da poveća njihov kapacitet tako što bi se delovi sa sličnim podešavanjem mašine obradjivali jedan iza drugog, čime se smanjuje vreme podešavanja. Ovo ja lako izvesti u PBC jer se istovremeno naručuje mnogo delova.

3. Za rasporedjivanje obrade preostalih, jednostavnijih delova mogu se upotrebiti jednostavnija pravila za opterećivanje mašina.

Ako je na raspolaganju dovoljan kapacitet, poslovodja uvek može da definiše takav raspored koji obezbedjuje završavanje cele porudžbine u jednom periodu.

Generacije rukovodilaca, studenata i, u novije vreme, programera bile su fascinirane ovim problemom terminiranja operacija. Činjenica je da ako su sistem protoka materijala i sistem za upravljanje proizvodnjom pojednostavljeni, poslovodja grupe može uvek da izvrši svoj zadatak efikasnije, brže i znatno jeftinije nego u bilo kojoj varijanti centralizovanog upravljanja.

9. ISPORUKA KUPLJENIH DELOVA - SMANJENJE VREMENA ISPORUKE

Ako se isporukama kupljenih delova može upravljati pomoću proizvodnog programa, kao i radioničkim nalozima, moguće je postići dalja smanjenja investicija u zalihe i troškove držanja zaliha.

Metod koji se ovde koristi sastoji se od dugoročnog ugovaranja nabavki delova sa isporučiocima i "povlačenja" (Call-off) isporuka u svakom periodu po tim ugovorima, u količinama potrebnim za obradu ili montažu. Te količine se odredjuju razradom proizvodnog programa.

Rizik povećanja transportnih troškova se izbegava kupovinom više od jedne pozicije od istog isporučioca, ili organizovanjem prikupljanja periodičnih isporuka jednim vozilom od više različitih snabdevača u istom regionu.

Relativno je jednostavno uključiti metod "povlačenja" delova koji se nabavljaju od distributera, ili delova koji se proizvode za zalihe. Ima takodje izvesnih industrija u kojima su vremena pripreme takodje kratka, pa se male serije mogu ekonomično proizvoditi. U tom slučaju i isporučilac delova ima koristi od ovog metoda.

Pitanje prednosti - šta isporučilac dobija od metoda "povlačenja" - predstavlja srž problema. Za mnoge tipove proizvoda u industriji, proizvod jedne firme je materijal za drugu firmu. Ako je filozofija "upravo na vreme" ("Just-in-time") korisna za jednu kompaniju, ona mora takodje da bude od koristi i njenim snabdevačima.

U oblasti masovne proizvodnje postoji mnogo dokaza da je metod "povlačenja" isplativ. Tojota je verovatno jedina kompanija koja je proširila metod na sve svoje kooperante, zašto im je bila potrebna 21 godina.

Sa serijskom proizvodnjom to će ići teže, ali su dobici toliko važni da se isplati započeti bar sa jednostavnim pozicijama. Nema potrebe da se menjaju svi metodi nabavke odjednom. Korist će se povećavati progresivno, u funkciji broja delova na sistemu "povlačenja".

10. AUTOMATIZACIJA

Automatizacija je otežana u slučaju serijske proizvodnje, ali je svakako od koristi. U suštini, grupa predstavlja ručno upravljani fleksibilni proizvodni sistem (FMS). Stepen automatizacije u grupi može se postepeno povećava-

ti sledećim merama:

1. Prelaskom na NC obradu.

2. Korišćenjem obradnih centara gde je to moguće, radi smanjenja broja operacija.

3. Korišćenjem robota za jednostavno programirane manuelne operacije, kao što su bojenje i zavarivanje, i za prenos materijala izmedju mašina.

4. Razvojem potpuno automatizovanih grupa FMS za jednostavnije vrste delova.

U najvećem broju proizvoda metalne industrije oko 60% delova dobija se jednostavnim kombinacijama operacija na strugovima, glodalicama ili bušilicama. Koristeći postojeće obradne centre sa bankama alata, mogu se postaviti fleksibilni proizvodni sistemi sa po jednom mašinom koja se može programirati za izradu sto i više jednostavnih delova, koristeći samo alate iz zajedničke banke alata, i koji će biti u stanju da proizvedu bilo koju kombinaciju delova u bilo kom redosledu i u bilo kojoj količini pri jednom podešavanju.

Kao što je već pokazano, obrada podataka je druga oblast u kojoj je moguća automatizacija |6|.

11. ZAKLJUČCI

Firma Tojota iz Japana postigla je velika povećanja u masovnoj proizvodnji, profitu i kvalitetu proizvoda čvrsto prihvativši sledeću jednostavnu strategiju:

1. Totalna kontrola kvaliteta. Nulti defekt. Svi delovi i proizvodi moraju da odgovaraju prihvatljivim standardima kvaliteta.

2. Jednostavan protok materijala. Proizvodna oprema mora se organizovati i postaviti tako da se obezbedi jednostavan redosle operacija.

3. Proizvodnja "upravo na vreme". Delovi i proizvodi se izradjuju samo kada su neophodni za dalju obradu ili isporuku kupcima.

4. "Potezni" proizvodi sistem /7/. Povlačenjem materijala iz prethodnih procesa izaziva automatsku zamenu novim materijalom, npr.Kanban.

5. Delegiranje. Kad god je moguće, donošenje svih operativnih odluka treba prepustiti radionici.

6. Zalihe i nedovršena proizvodnja se nikada ne isplate. Zato ih treba eliminisati.

U ovom radu opisana je slična stratetija za serijsku proizvodnju. Ona se razlikuje od Tojotine strategije samo u sledećem:

1. U slučaju malih količina i/ili velikog broja različitih varijanti, serijska prizvodnja ne može u opštem slučaju efikasno da iskoristi organizaciju tipa redosleda operacija, pa se umesto nje koristi grupna tehnologija.

2. Iz istih razloga, ne može se efikasno upotrebiti "potezni" (pull) sistem. Umesto njega koristi se periodično upravljanje serijama.

LITERATURA

1. SUGIMORI, Y et al. 1977. Toyota Production System and Kanban system. W.J. Prod. Res. Vol. 15 No. 6, 553. 564.
2. BURBIDGE. J.L. 1975. Book. The Introduction of Group Technology. Heineman, London.
3. BURBIDGE, J.L. 1978. Book. 4th Ed. The Principles of Production Control. Macdonald & Evans. Plymouth. U.K.
4. BURBIDGE. J.L. 1970. The Case Against Stock Control. Proceedings BPICS Conference. Edinburgh.
5. BURBIDGE J.L. 1975. Production Flow Analysis. Transactions ICPR 85 Conference. Stuttgart.
6. BURBIDGE J.L. 1985. Automated Production Control - IFIP. WG 5-7. Working Conference.Copenhagen - Modelling Production Management Systems. Ed. P. Falster et Al. North Holand.
7. KIMURA. O. 1979. Design and Analysis of PULL system. Transactions Vth ICPR. Conference.

J.L. Burbidge

THE FUTURE FOR BATCH PRODUCTION

Abstract

This paper submits a strategy for the long term development of Batch Production.It describes the highly successful strategy developed by Toyota for Mass Production. It recommends a very similar approach for Batch Production, but substitutes Group Technology for Line Flow and Period Batch Control for the Kanban "Pull" System.

XIX SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE

Kragujevac, septembar 1985.

PRILOG RAZVOJU PROIZVODNIH STRUKTURA POVIŠENOG STEPENA EFEKTIVNOSTI

D.Zelenović, Fakultet tehničkih nauka, Institut za industrijska sesteme, Novi Sad
D.Šormaz, Fakultet tehničkih nauka, Institut za industrijske sisteme, Novi Sad

Rezime

U predmetnom radu je izložen prilaz razvoju proizvodnih struktura povišenog stepena efektivnosti. Za postavljeni opšti model tokova materijala u proizvodnim sistemima izvršena je analiza statičkih i dinamičkih karakteristika datih varijanti. Na osnovu dobijenih saznanja o karakteristikama varijanti razvijen je postupak za oblikovanje proizvodnih struktura povišenog stepena efektivnosti.

1. UVODNA RAZMATRANJA

Razvoj proizvodnih struktura u vremenu je u osnovi bio uslovljen:

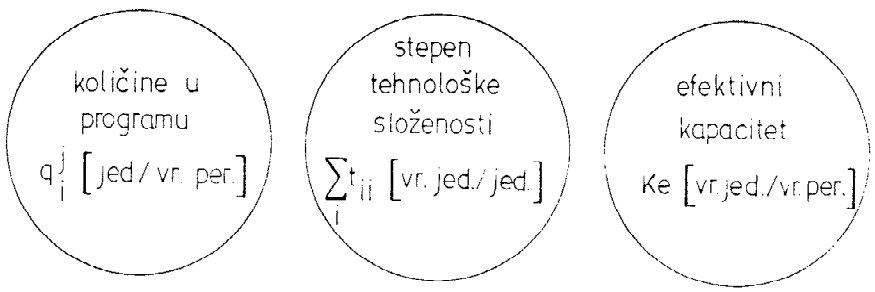
- potrebama tržišta,
- sposobnošću predvidjanja dogadjaja
- efikasnošću uvodjenja tehnoloških poboljšanja,
- kvalitetom organizovanja,
- efektivnošću integralne sistemske podrške, i
- jačinom, pravcem i smerom dejstva uticaja okoline i poremećaja u procesima rada proizvodnih sistema u vremenu.

Analiza osnovnih, karakterističnih veličina veze sistem okolina (sl. 1) je, kako je izveštavano u |6|, |7|, |8| ranije, omogućila razvoj OPŠTEG MODELA TOKOVA MATERIJALA u proizvodnim sistemima (sl. 2) na osnovama primene postupaka grupisanja i odnosa OPTEREĆENJE/EFEKTIVNI KAPACITET u obliku stepena serijnosti - k_{ser} koji je, u opštem slučaju, dat odnosom:

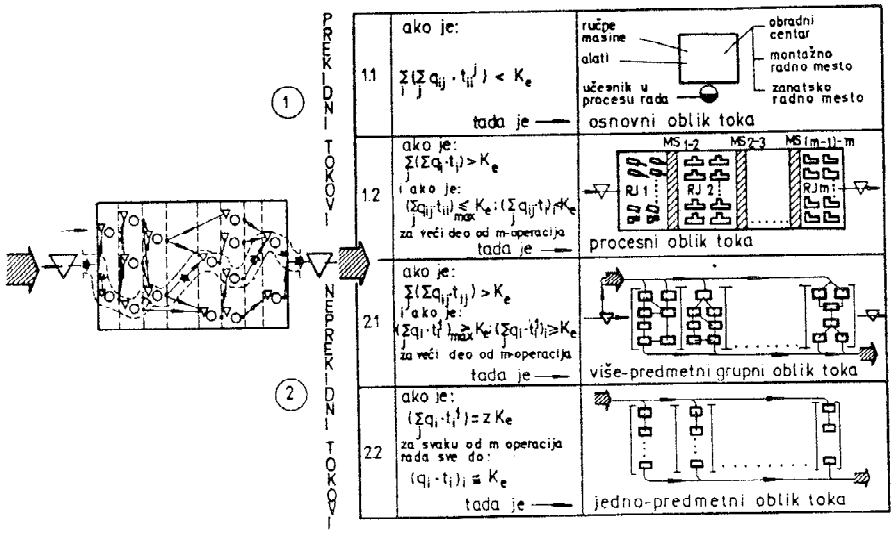
$$k_{ser} = \frac{\sum_i \left(\sum_j q_j^{(j)} \cdot t_{ii}^{(j)}\right)}{K_e} \gtrless 1$$

i koji, na iskazani način povezuje odnos sistem okolina - $q_i^{(j)}$, kvalitet tehnološkog rada - $\sum_i t_{ii}^{(j)}$ i kvalitet procesa odlučivanja - K_e.

Opšti model tokova materijala, dat u obliku prema sl. 2, predstavlja osnovu istraživanja karakteristika i razvoja proizvodnih struktura.



Sl. 1



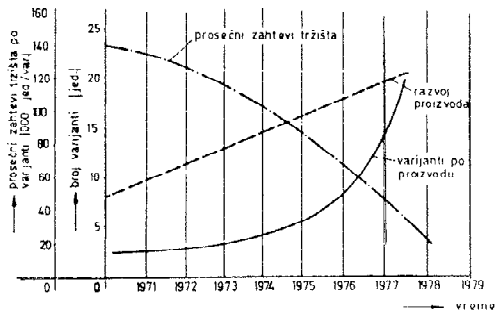
Sl. 2

2. ANALIZA KARAKTERISTIKA OPŠTEG MODELA TOKOVA MATERIJALA

Istraživanja karakteristika odnosa sistem - okolina, proizvodnih struktura i postupaka upravljanja u prvom redu pokazuju u području:

2.1 Odnosa sistem - okolina,

promene koje prema |1|, imaju karakteristične tendencije prikazane na sl. 3.



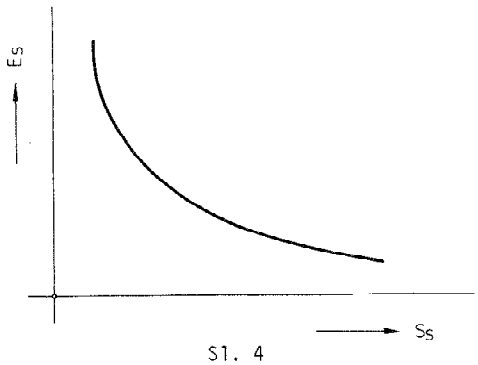
Sl. 3

2.2 Proizvodnih struktura,

različit nivo radnih karakteristika, pogodnosti organizovanja i upravljanja i naročito fleksibilnosti pa prema tome i osetne razlike u ukupnoj efektivnosti proizvodnih sistema. Proučavanja proizvodnih struktura opšteg modela tokova materijala prema sl.2. daju mogućnost ocene nekih osnovnih karakteristika struktura i njihovog uticaja na nivo radnih karakteristika i pogodnost organizovanja i upravljanja kao što su:

2.2.1 Složenost struktura,

istraživački zahvati u području pouzdanosti i ukupne efektivnosti elemenata proizvodnih sistema i proizvodnih sistema u celini pokazuju da porast stepena složenosti struktura odredjen prilazom u projektovanju, položajem elemenata u strukturi i relacijama izmedju elemenata i njihovih karakteristika, pri istim ostalim uslovima, uzrokuje, u najvećem broju slučajeva, eksponencijalan pad ovih veličina (sl. 4).



Sl. 4

Pod pojmom STEPEN SLOŽENOSTI PROIZVODNIH STRUKTURA podrazumevamo prema |4| odnos:

$$\kappa = \frac{\sum_i m_i}{m}$$

pri čemu je:

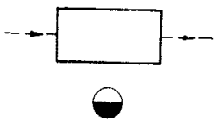
m_i - broj elemenata strukture sa kojima je elemenat "i" u neposrednoj vezi, i

m - ukupan broj elemenata - tehnoloških sistema u datoj radnoj jedinici.

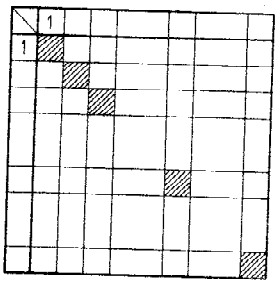
Analiza opšteg modela tokova materijala (sl.2) sa stanovišta medjusobne uslovljenosti tokova i stepena složenosti - κ pokazuje:

varijanta 1.1 (sl. 5).

prostorna struktura



matrica uslovljenosti



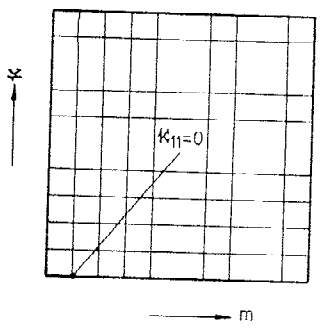
stepen serijnosti

$$k_{ser} = \frac{\sum_i T_i}{Ke} = \frac{\sum_i (\sum_j q_i^{(j)} t_{ii}^{(j)})}{Ke} < 1$$

stepen složenosti

$$k_{11} = \frac{\sum_i m_i}{m} = \frac{0}{1} = 0$$

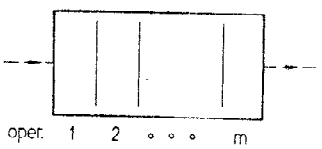
odnos k, m



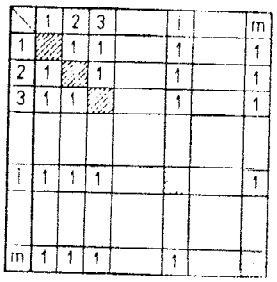
Sl. 5

Varijanta 1.2 (Sl. 6)

prostorna struktura



matrica uslovljenosti



koeficijent serijnosti

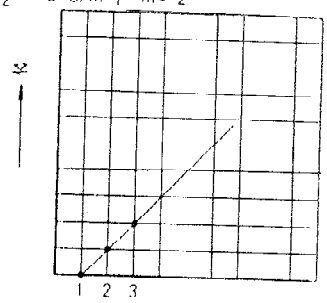
- $\sum_i T_i > Ke$
- $T_{imax} \geq Ke$
- na većem delu od m operacija $\sum_j (q_i^{(j)} t_{ii}^{(j)}) < Ke$

stepen složenosti

$$k_{1,2}^{(g)} = (\sum_i m_i)_{max} / m = m(m-1)/m = m-1$$

$$k_{1,2}^{(d)} = \sim 5-8/m \quad ; \quad m > 2$$

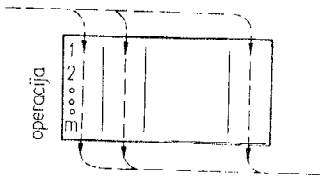
odnos k, m



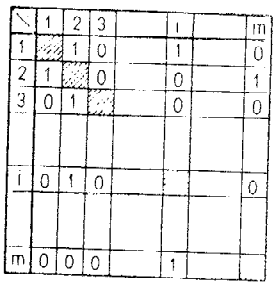
Sl. 6

Varijanta 2.1 (Sl. 7)

prostorna struktura



matrica uslovljenosti



koeficijent serijnosti

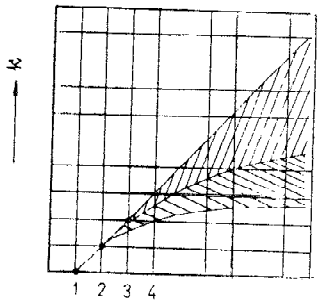
- $T_{imax} > Ke$
- na većem delu od m operacija $(\sum_j q_i^{(j)} t_{ii}^{(j)}) > Ke$

stepen složenosti

$$k_{2,1}^{(g)} \cong 5-8/m \qquad m \geq 2$$

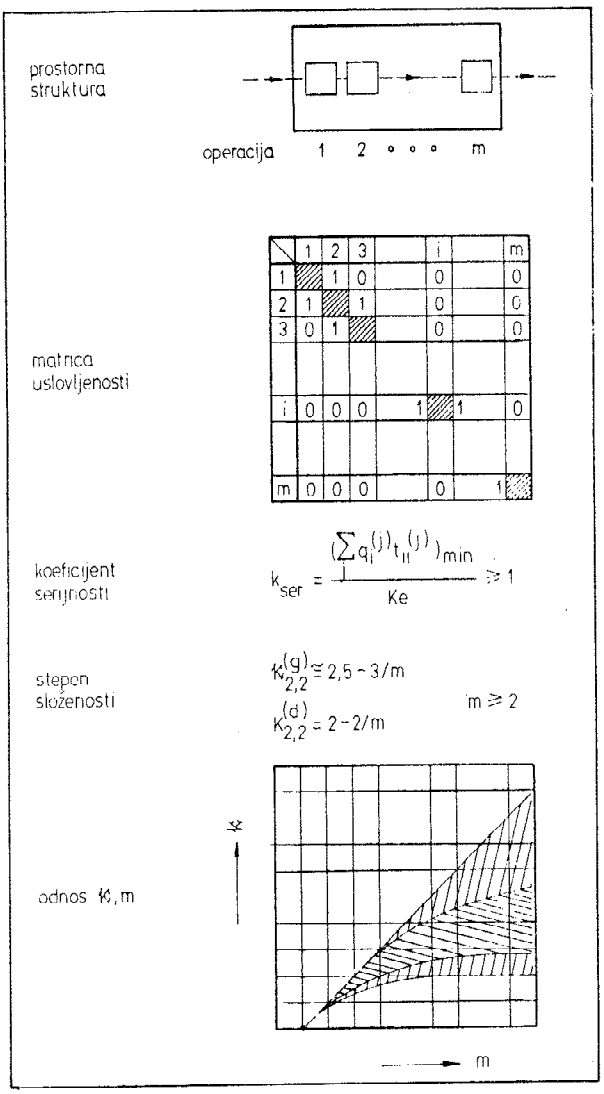
$$k_{2,1}^{(d)} = 2{,}5-3/m$$

odnos k, m



Sl. 7

Varijanta 2.2 (Sl. 8)



Sl. 8

Stepen složenosti struktura odredjen na dati način predstavlja:

- . meru uslovljenosti - medjuzavisnosti elemenata strukture,
- . model za izbor tipa i ocenu osnovnih karakteristika strukture,
- . podlogu za ocenu sličnosti struktura.

Uporedjivanjem stepena složenosti "κ" uvedenog u |4| i stepena serijnosti "k_{ser}" razvijenog u |6| dobija se izraz:

$$\kappa_p = \frac{2.j.(\bar{i}-1)}{\alpha \cdot k_{ser}}$$

gde je:

j - broj delova koji podležu procesu obrade u datoj radnoj jedinici,

$\bar{i}$ - srednja vrednost broja operacija obrade delova u predmetnom programu,

α - stepen sličnosti redosleda operacija u tehnološkom postupku koji se dobija iz

$$\alpha = \frac{\sum_i m_i}{(\sum_i m_i)_p}$$

gde je:

p - broj paralelnih veza,

koji pokazuje:

- . da rast strukture (asortimana) j- u programu i stepena podele rada - i uslovljavaju izbor struktura povećanog stepena složenosti, i
- . da rast stepena sličnosti redosleda i stepena serijnosti uslovljavaju izbor struktura nižeg stepena složenosti.

2.2.2 Fleksibilnost struktura,

Uslovi razvoja proizvodnih struktura odredjeni potrebom stalnog razvoja programa i opstanka u vremenu postavljaju zahtev kvalitetnog rešenja suprotnosti izazvane:

- . statičkim karakterom strukture - ugradjeno ograničenje, i
- . dinamičkim ponašanjem okoline - uslovljeno, dejstvom realnih uticaja, ograničenje

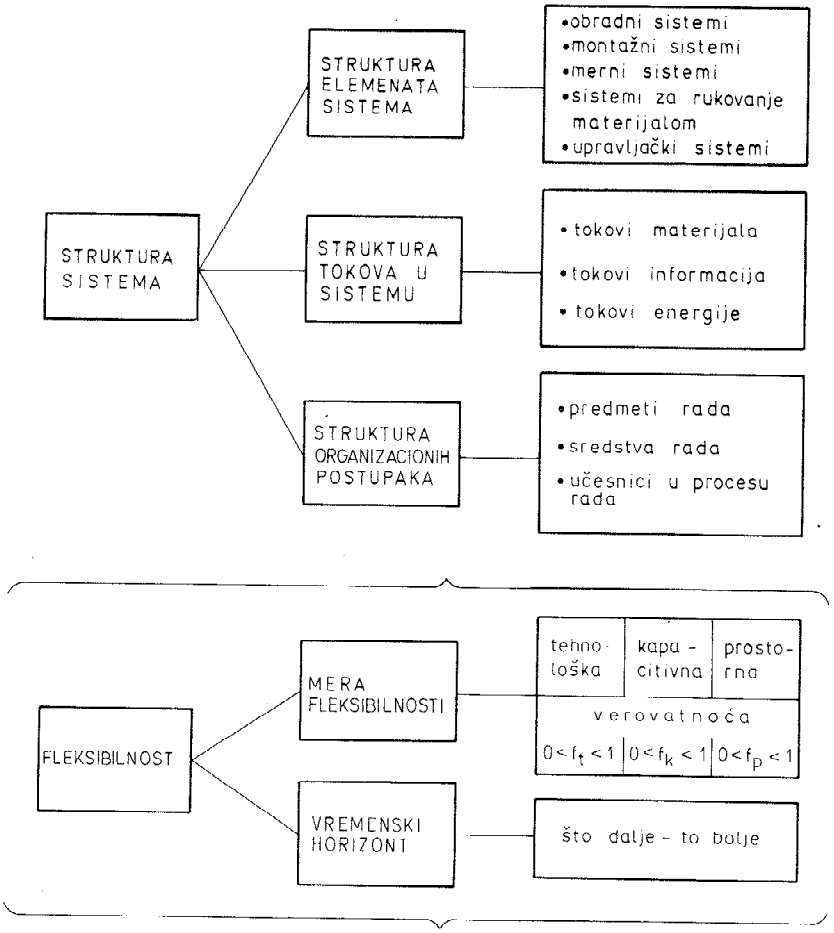
što uslovljava potrebu razvoja struktura povišenog stepena fleksibilnosti.

Pod pojmom fleksibilnost podrazumevaćemo, u predmetnom području, SPOSOBNOST PRILAGODJAVANJA struktura sistema uslovima okoline i poremećajima u procesu rada u datom - projektovanom vremenu trajanja sistema.

Pojam fleksibilnost se podjednako odnosi na sve elemente strukture proizvodnog sistema (sl. 9) oblikovane na način da obezbede ostvarenje postavljene funkcije cilja u datom vremenu i datim uslovima okoline.

.1 STRUKTURA KOMPONENTI FLEKSIBILNOSTI

Fleksibilnost strukture sistema se može posmatrati sa stanovišta:



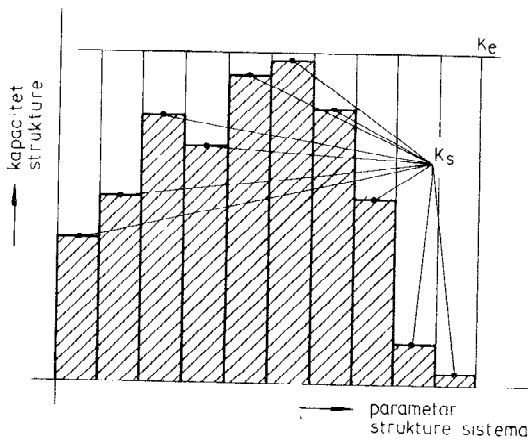
Sl. 9

- parametara tehnoloških sistema, TEHNOLOŠKA FLEKSIBILNOST,
- kapaciteta elemenata sistema - KAPACITIVNA FLEKSIBILNOST, i
- protoka predmeta rada u procesu - PROSTORNA FLEKSIBILNOST.

Pri datom podrazumevamo:

.1.1 TEHNOLOŠKA FLEKSIBILNOST,

posmatranog elementa sistema je uslovljena sposobnošću elementa sistema za prihvatanje predmeta rada iz programa proizvodnje predmetne radne jedinice. Za odredjivanje fleksibilnosti elemenata sistema u navedenom smislu od značaja je utvrdjivanje relevantnih parametara sistema - mogućnosti prihvatanja, režima rada i snage potrebne za izvodjenje operacija rada. Pri ovom, različiti predmeti rada različito opterećuju strukturu posmatranog elementa u području predmetnog parametra (sl. 10).



Sl. 10

Tehnološka fleksibilnost elementa sistema je, kako pokazuje sl. 10 promenljiva veličina u funkciji:

- posmatranog parametra,
- promena programa rada.

U datom smislu uporedjenje elemenata proizvodnih sistema sa stanovišta fleksibilnosti

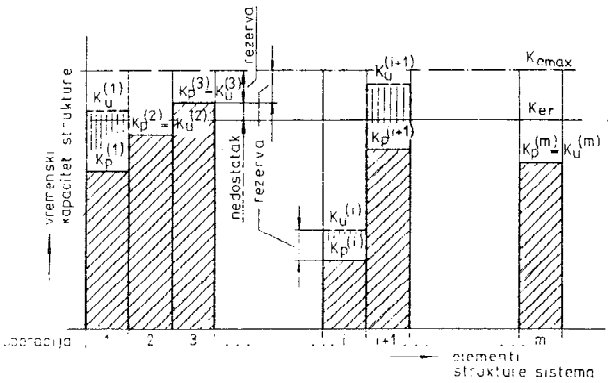
je moguće samo uz uslov veze na isti program rada. Povećanjem struktura programa rada u smislu povećanih zahteva smanjuje fleksibilnost strukture predmetnog elementa proizvodnog sistema.

.1.2 KAPACITIVNA FLEKSIBILNOST,

odredjenog elementa strukture proizvodnog (radnog) sistema je uslovljena sposobnošću vremenskog izvršenja predvidjenog programa rada predmetne radne jedinice. Za odredjivanje fleksibilnosti elemenata strukture sistema u datom smislu potrebno je utvrditi:

- razliku izmedju proračunatog i ugradjenog broja jedinica elemenata strukture sistema,
- stepen iskorišćenja efektivnog kapaciteta predmetnog elementa strukture sistema za date uslove, i
- mogućnosti eksploatacije izvan nominalnog režima rada,

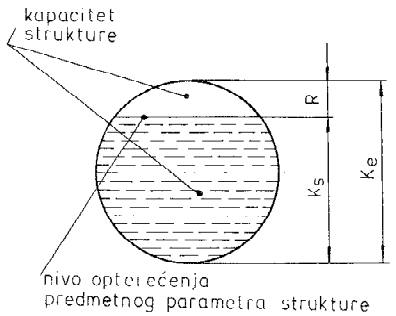
na način prikazan na sl. 11.



Sl. 11

.1.3 PROSTORNA FLEKSIBILNOST,

odredjenog toka proizvodnog sistema je uslovljena sposobnošću strukture sistema da izvrši obradu predvidjenog programa rada u datom vremenu i datim uslovima okoline u ovom smislu može se smatrati strukturom višeg stepena fleksibilnosti ona struktura proizvodnog sistema koja sadrži veći broj veza izmedju različitih elemenata - radnih mesta strukture odnosno struktura za koju je stepen složenosti - uslovljenosti veza veći. U odredjenom smislu prostorna fleksibilnost struktura sistema odgovara procesnoj fleksibilnosti odredjenoj mogućnošću prolaza predmeta rada kroz odgovarajući deo toka - izmedju radnih mesta - i, i+1 u toku. Očito je, iz izloženog, da postoji najuža veza izmedju fleksibilnosti strukture sistema i stepena iskorišćenja parametara strukture datim programom rada (sl. 12).



Sl. 12

Iz datog ne treba izvući zaključak da mogućnost povećanja stepena fleksibilnosti elementa strukture sistema treba tražiti u izboru strukture povišenih mogućnosti već u postupku uredjivanja skupova veličina u procesu na osnovama grupnih prilaza i izboru elemenata strukture i njihovih parametara u funkciji potreba programa rada, promena u okolini i poremećaja u procesu rada sistema.

.2 MERE FLEKSIBILNOSTI

Mera fleksibilnosti strukture sistema može biti iskazana kao:

.2.1 FUNKCIONALNA PODOBNOST,

koja predstavlja verovatnoću da će dati elemenat strukture biti u stanju da prihvati predmet rada i izvrši odredjenu funkciju, radni postupak ili deo procesa rada u okviru odredjenog područja mogućnosti u datom vremenu i datim uslovima rada. Tako imamo:

. TEHNOLOŠKA FLEKSIBILNOST

predstavlja, u opštem slučaju odnos mogućih pojava prema ukupnom broju pojava u radnoj jedinici u vidu:

$$f_T = \frac{N_m}{N_u}$$

gde je:

N_m - broj mogućih pojava,

N_u - ukupan broj pojava,

tako na primer ako se posmatra struktura od k - predmeta rada u odredjenom preseku siste-

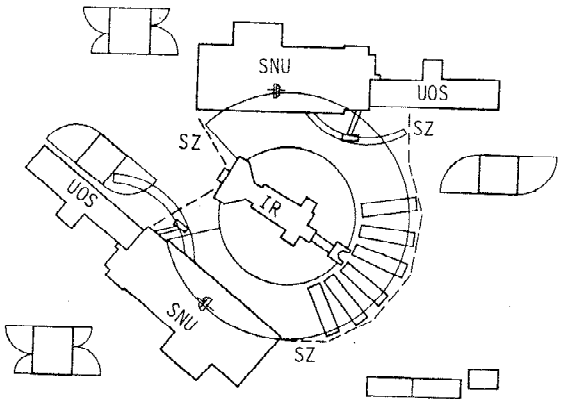
ma od ukupne strukture od P - predmeta rada u programu odredjene radne jedinice fleksibilnost elementa "i" strukture iznosi:

$$f_T^{(i)} = \frac{k}{P}$$

što znači da će odredjen deo - k strukture -P, proći kroz presek sistema "i" sa verovatnoćom od k/P i da u ovom smislu postoji pozitivna/negativna rezerva:

$$R_T = P - k$$

koja predstavlja posebnu meru fleksibilnosti: U ovom smislu (sl. 13) izgradnja višepozicionih struktura, grupni pribori i ugradjena skladišta većeg broja alata povećavaju fleksibilnost struktura sistema.



Sl. 13

. KAPACITIVNA FLEKSIBILNOST,

predstavlja, u opštem slučaju odnos količina koje može da obradi predmetna struktura i ukupnih količina predvidjenih za obradu u datoj radnoj jedinici u smislu:

$$f_k = \frac{q}{Q_n}$$

gde je:

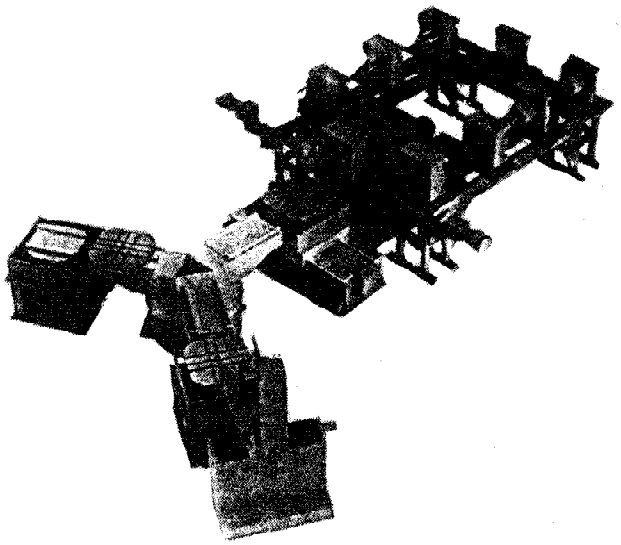
q (jed.pr.r./vr.per.) - količina delova koju prihvata predmetna struktura,

Q_n (jed.pr.r./vr.per.) - ukupna količina delova predvidjenih za obradu u datoj radnoj jedinici i datom vremenskom periodu.

Dati odnos pokazuje da u odredjenoj strukturi postoji verovatnoća q/Q_n da će predmetni deo programa biti izvršen odnosno da postoji pozitivno/negativna razlika

$$R_k = Q_n - q$$

koja na poseban način pokazuje kapacitivnu fleksibilnost predmetne strukture. U datom smislu projektantski zahvati pri razvoju složenih sistema (sl. 14) omogućavaju povećanje kapacitivne fleksibilnosti strukture.



Sl. 14

.PROSTORNA FLEKSIBILNOST,

predstavlja u opštem slučaju odnos stepena uslovljenosti - složenosti projektovane i strukture maksimalnog stepena složenosti u smislu:

$$f_p = \frac{\kappa_p}{\kappa_u}$$

gde je:

κ_p - stepen uslovljenosti - složenosti projektovane, i

κ_u - stepen uslovljenosti struktura maksimalne fleksibilnosti.

Dati odnos pokazuje da će projektovana/izabrana struktura sa verovatnoćom κ_p/κ_u izvršiti dati program rada odnosno da će odredjeni predmet rada sa datom verovatnoćom biti obradjen u procesu rada predmetnog sistema. Kako je:

$$\kappa_p = \frac{2.j(\bar{i}-1)}{\alpha \cdot k_{ser}} \quad \text{i} \quad \kappa_u = \frac{\sum_{i=1}^{i=m} m_i}{m} = \frac{m(m-1)}{m} = m-1$$

to je:

$$f_p = \frac{\kappa_p}{\kappa_u} = \frac{2.j(\bar{i}-1)}{\alpha \cdot k_{ser} \cdot (m-1)}$$

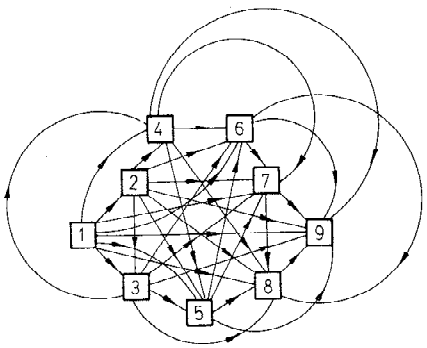
što znači da fleksibilnost prostornih struktura raste sa brojem delova i brojem operacija po delu, a opada porastom stepena slič-

nosti redosleda izvodjenja operacija rada, stepena serijnosti i broja elemenata strukture.

Rezerva

$$R_p = \kappa_u - \kappa_p$$

predstavlja posebnu meru funkcionalne podobnosti prostorne strukture (sl. 15).

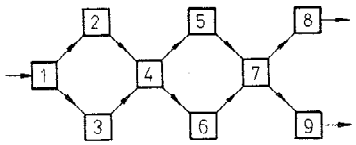


	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1		1	1	1	1	1	1	1	1
2	1		1	1	1	1	1	1	1
3	1	1		1	1	1	1	1	1
4	1	1	1		1	1	1	1	1
5	1	1	1	1		1	1	1	1
6	1	1	1	1	1		1	1	1
7	1	1	1	1	1	1		1	1
8	1	1	1	1	1	1	1		1
9	1	1	1	1	1	1	1	1	

$$\kappa_u = \kappa_{max} = \frac{\sum m_i}{m} = \frac{m(m-1)}{m} = m-1$$

(za dati slučaj $\kappa_u = 8$)

a) sistem maksimalnog stepena uslovljenosti.



	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1		1	1	0	0	0	0	0	0
2	1		0	1	0	0	0	0	0
3	1	0		1	0	0	0	0	0
4	0	1	1		1	1	0	0	0
5	0	0	0	1		0	1	0	0
6	0	0	0	1	0		1	0	0
7	0	0	0	0	1	1		1	1
8	0	0	0	0	0	0	1		0
9	0	0	0	0	0	0	1	0	

$$\kappa_p = \frac{\sum m_i}{m} = \frac{5.2+2.4+2.1}{9} = \frac{20}{9}$$

(za dati slučaj $\kappa_p = 2{,}23$)

b) projektovan sistem

$$f_p = \frac{\kappa_p}{\kappa_u} = \frac{2{,}23}{8} = 0{,}28$$

Sl. 15

tema etalona u smislu:

$$f_v = \frac{t_{ps}}{t_{se}}$$

gde je:

t_{ps} (vr.jed.) - vreme podešavanja predmetnog sistema pri promeni uslova rada, i

.2.2 VREME TRAJANJA POSTUPAKA PODEŠAVANJA

Izvodjenje projektovanih postupaka rada zahteva povremeno podešavanje svakog elementa strukture proizvodnih sistema u smislu izmene alata, promene položaja predmeta rada, podešavanja režima rada, prelaza na drugi predmet obrade, zamene upravljačkog programa i drugih sličnih elemenata.

Zahvati podešavanja se vrše, u funkciji stepena savremenosti elementa strukture, ručno, mehanizovano i automatski i traže odredjen utrošak vremena. Iz ovih razloga se kao mera fleksibilnosti - prilagodjavanja predmetnog sistema promeni uslova rada uzima odnos vremena trajanja postupaka podešavanja predmetnog i sistema etalona u smislu:

t_{se} (vr.jed.) - vreme podešavanja optimalno izabranog sistema etalona pri promeni uslova rada.

.2.3 TROŠKOVI POSTUPAKA PODESAVANJA

za meru fleksibilnosti mogu biti uzeti ukupni troškovi podešavanja sistema pri promeni uslova rada u smislu:

$$f_{T_r} = \frac{T_{ps}}{T_{se}}$$

gde je:

T_{ps} (novč.jed.) - troškovi podešavanja predmetnog sistema, i

T_{se} (novč.jed.) - troškovi podešavanja optimalno izabranog sistema etalona.

Kako je u prethodnim razmatranjima jasno istaknuto, fleksibilnost sistema treba razmatrati u uslovima maksimalnog stepena iskorišćenja parametara struktura sistema.

Na taj način se dolazi do potreba kvalitetnog rešenja problema:

- OBLIKOVANJA TOKOVA u sistemu koji će, u datim uslovima, omogućiti dobijanje: maksimalnog stepena iskorišćenja parametara struktura sistema i postizanje maksimalnog stepena fleksibilnosti za date uslove okoline.
- PROJEKTOVANJA STRUKTURA SISTEMA prilagodjenih potrebama, na dati način, oblikovanih tokova, i visokog stepena POGODNOSTI ODRŽAVANJA.
- IZBORA REŽIMA RADA - prema potrebama programa proizvodnje i realnih uslova rada,
- PROJEKTOVANJA PROSTORNIH STRUKTURA - u skladu sa zahtevima tokova u sistemu,
- ORGANIZOVANJA elemenata proizvodnih sistema u skladnu celinu sa ciljem ostvarenja potrebnih i dovoljnih efekata.

Postavljanje proizvodnih sistema sa elementima koji proizlaze iz razmatranja fleksibilnosti i ostvarenja potrebnih efekata u datim uslovima okoline upućuje na primenu:

- standardizacije elemenata,
- grupnog prilaza u procesu oblikovanja tokova,
- tehnoloških sistema većeg stepena automatizacije postupaka upravljanja,
- kompjuterizovanih tokova informacija i
- savremenih postupaka u procesu donošenja odluka,

što je i podloga za oblikovanje savremenih proizvodnih sistema.

2.3 Postupaka upravljanja

Istraživanja postupaka upravljanja u smislu:

- načina prelaza predmeta rada sa operacije na operaciju,
- utvrdjivanja redosleda ulaza, prolaza i izlaza jedinica plana u/kroz/iz procesa rada,
- uravnoteženja procesa rada,
- utvrdjivanja dijagrama rada i količina nedovršene proizvodnje

pokazuju za:

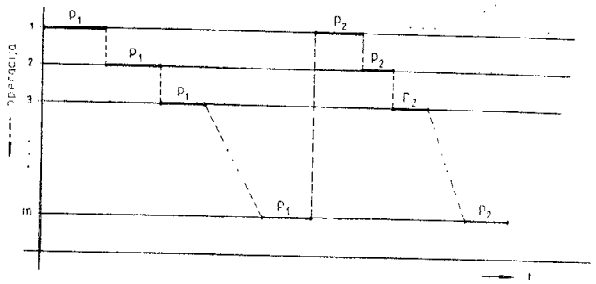
varijantu 1.1

. u varijanti 1.1 predmeti rada se obradjuju na jednom radnom mestu (sl. 16) i ulaze u proces redno, a operacije obrade na predmetnom proizvodu izvode takodje redno.

. redosled ulaza predmeta u proces se odredjuje na osnovu redosleda pristizanja porudžbina sa kriterijumom zadovoljenja rokova isporuke;

. u proces rada ulazi celokupna količina q_j (j.pr./vr.per.) predmeta rada i ostaje u procesu do završetka svih operacija tako da je količina nedovršene proizvodnje jednaka

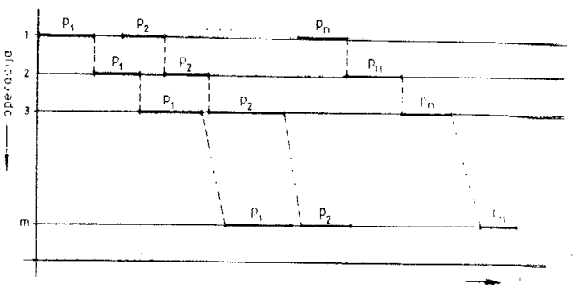
$$Q_n = q_j \text{ (j.pr.reda/vr.per.)}$$



Sl. 16

varijantu 1.2

. u varijanti 1.2 način prelaza predmeta rada sa operacije na operaciju prikazan je slikom 17, pri čemu se serije predmeta rada kreću paralelno kroz proces, a operacije se izvode redno;

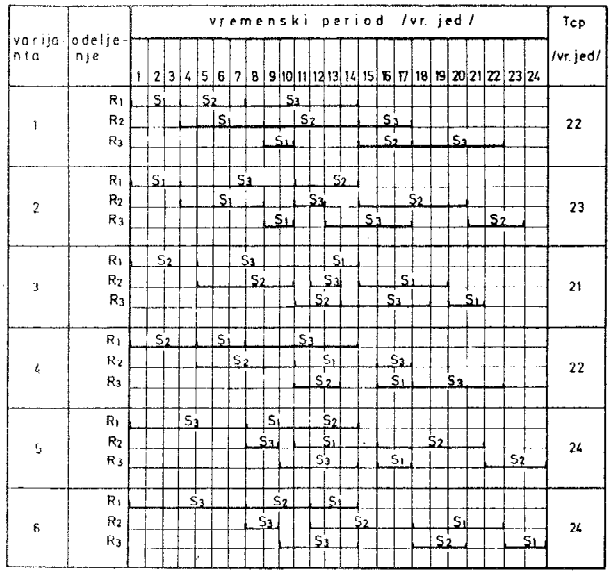


Sl. 17

. redosled ulaza predmeta rada u proces odredjen je na način prema slici 18, prema kriterijumu najvećeg iskorišćenja tehnoloških sistema:

$$\max_{r \in \pi} \bar{\eta} \rightarrow R = \{j_1, j_2, \ldots, j_k, \ldots, j_n\}$$

gde je:



Sl. 18

r - redosled

π - skup permutacija

$\bar{\eta}$ - prosečan stepen iskorišćenja tehnoloških sistema,

$j_1, j_2, \ldots, j_n$ - niz indeksa

. postupci uravnoteženja procesa rada izvode se za serije predmeta rada koje ulaze u proces u okviru operativnog plana, pri čemu se količina nedovršene proizvodnje za dve uzastopne operacije rada odredjuje prema izrazu:

$$i_{n_{i;i+1}} = T_{cu}\left(\frac{K^{o}_{ii+1}}{T_{coi+1}} - \frac{K^{o}_{ii}}{T_{coi}}\right)$$

gde je:

$i_{n_{i;i+1}}$ - količine serije izmedju i-te i i+1-ve operacije rada,

T_{cu} - vreme trajanja ciklusa uravnoteženja,

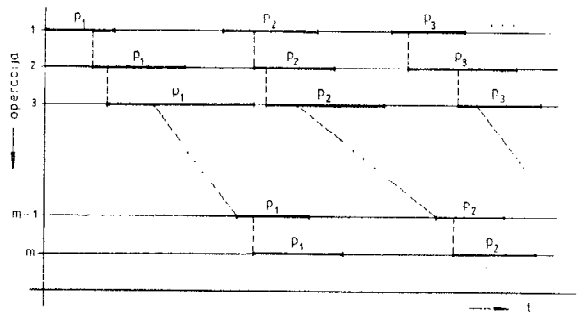
K^{o}_{ii} - koeficijent neprekidnog rada na i-toj operaciji

T_{coi} - vreme trajanja operativnog ciklusa na i-toj operaciji.

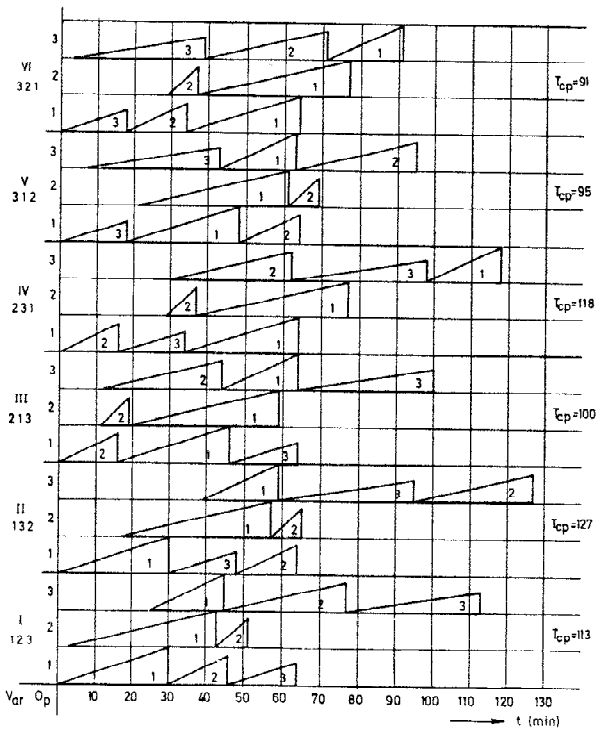
varijantu 2.1

. u varijanti 2.1 sa neprekidnim tokovima materijala predmeti rada se obradjuju u transportnim partijama i kreću se kroz proces redno-paralelno na način prikazan slikom 19.

. redosled ulaza predmeta u proces rada (slika 20) odredjuje se u uslovima redno-paralelnog načina prelaza po kriterijumu duži-



Sl. 19



Sl. 20

ne trajanja proizvodnog ciklusa u obliku:

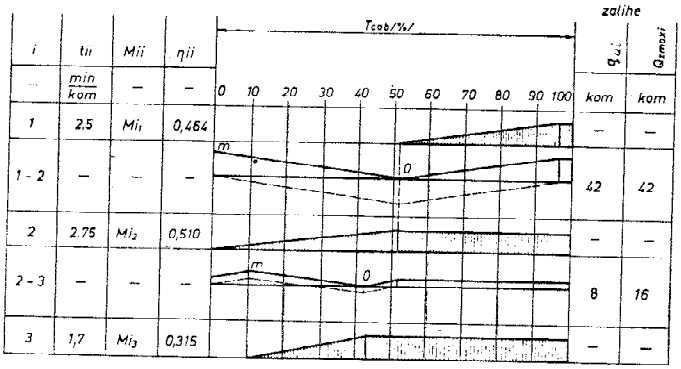
$$\min_{r\in\pi}\left(T_{cp} = \sum_{i=1}^{m} q_j t^{j}_{ii} + \sum_{i=1}^{m} t_{m_{oi}}\right) \rightarrow R = \{j_1, j_2, \ldots, j_k, \ldots j_n\}$$

gde je: t_{moi} - medjuvreme izmedju početka i-te i i+1-ve operacije rada,

. odredjivanje dijagrama rada (uravnoteženje procesa proizvodnje) i količina nedovršene proizvodnje izvodi se na način prikazan slikom 21, pri čemu se dijagram rada odredjuje postupcima dinamičkog programiranja uz uslov što manjih redova čekanja po izrazu:

$$z_o = \min_{t_{oi}} Q_{xi} = \min\left(q_{xi,i+1} + q_{xi-1,i}\right) \rightarrow t_{oi_{opt}}$$

$i = 1, \ldots, m,$



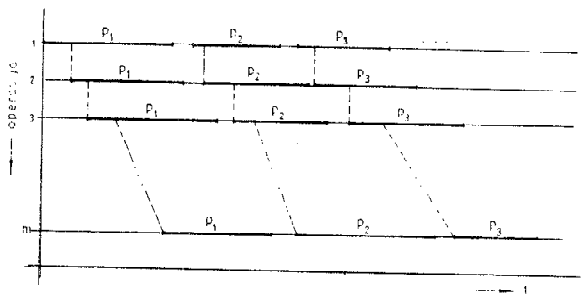
Sl. 21

a količina nedovršene proizvodnje po izrazu:

$$q_u = T_{cu} \left(\frac{K^o_{i,i+1}}{t_{ii+1}} - \frac{K^o_{ii}}{t_{ii}} \right)$$

varijantu 2.2

. u varijanti 2.2 u uslovima manjeg broja predmeta rada u radnoj jedinici (u graničnom slučaju ovo je jednopredmetni tok) i uravnoteženja vremena trajanja operacija rada prelaz jedinica predmeta rada sa operacije na operaciju izvodi se paralelno na način prikazan slikom 22.



Sl. 22

. redosled ulaza predmeta u proces rada odredjen je kombinacijom kriterijuma za prethodne dve varijante, pri čemu je zbog manjeg broja predmeta rada u radnoj jedinici ovo problem manje složenosti,

. postupci uravnoteženja procesa izvode se do ujednačavanja vremena trajanja operacija rada, što omogućuje smanjenje trajanja ciklusa uravnoteženja na jednu smenu i primenom postupka iz prethodne varijante dobija se dijagram rada sa minimalnom količinom nedovršene proizvodnje.

3. PRILAZ RAZVOJU PROIZVODNIH STRUKTURA POVIŠENOG STEPENA EFEKTIVNOSTI

U okviru programa istraživanja izvedenih na FTN-IIS*) razvijen je prilaz oblikovanju prostornih struktura povišenog stepena efektivnosti zasnovan na analizi tokova materijala, predmetnom prilazu u oblikovanju tokova i primeni postupaka grupisanja odredjenih posebno razvijenim sistemom klasifikacije. Postupak oblikovanja proizvodnih struktura povišenog stepena efektivnosti je odredjen blok dijagramom**) prema sl. 23 i sadrži sledeće faze:

faza 1: oblikovanje modula
faza 2: oblikovanje operacijskih grupa
faza 3: oblikovanje RJ

pri čemu je:

- Oblikovanje modula faza u kojoj se spajaju delovi u obradi ili podsklopovi, sklopovi i gotovi proizvodi u montaži u cilju oblikovanja skupa DELOVA sa istim klasifikacionim brojem koji nazivamo MODUL.

- Oblikovanje operacijskih grupa zasnovano na grupisanju modula sa sličnim klasifikacionim brojem u jednu grupu. Postupak se izvodi do:

. zadovoljenje odnosa opterećenje/kapacitet:

$$T_i \tilde{=} z \cdot K_e$$

za svaku od operacija rada, ili

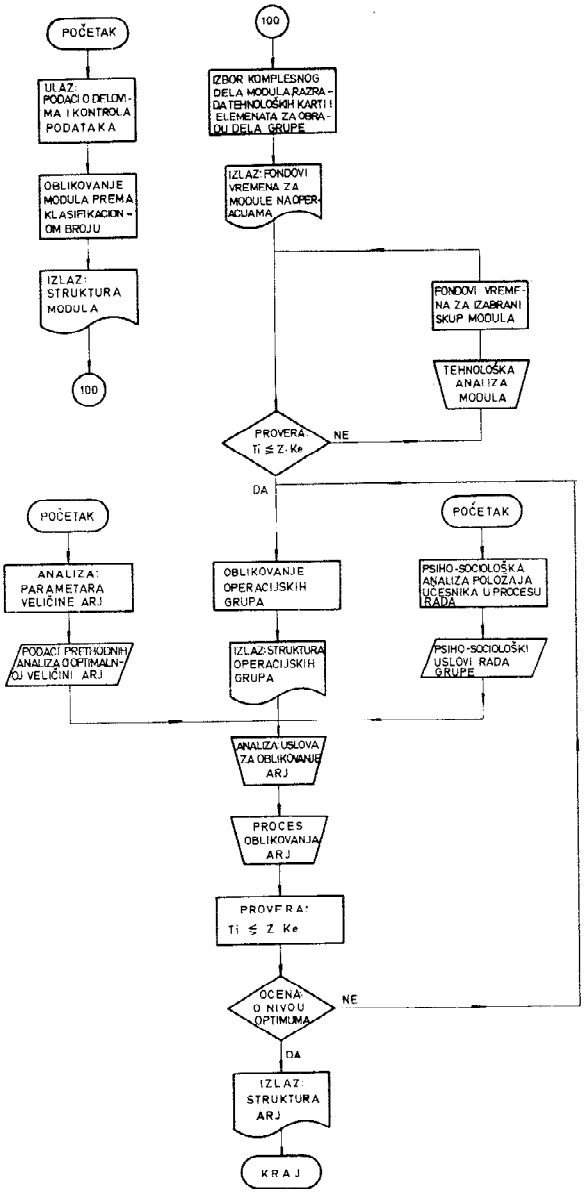
. ograničenja uslovljenih parametrima tehnoloških sistema.

- Oblikovanje radnih jedinica proces zasnovan na ulaznim podacima u smislu:

.1 podaci iz postupka oblikovanja operacijskih grupa,
.2 podaci vezani za postupak analize RJ kao tehno-sociološko-ekonomskog sistema u smislu pogodnosti upravljanja i medjuljudskih odnosa,
.3 podaci vezani za psiho-sociološke faktore i ponašanja učesnika u procesu rada u grupi.

*) FTN - Institut za industrijske sisteme, 21000 Novi Sad, V. Vlahovića, br. 3.

**) Automatizovani postupak za oblikovanje proizvodnih struktura se može dobiti uz odgovarajuću naknadu, na: FTN - IIS, 21000 Novi Sad, V.Vlahovića br. 3.



Sl. 23

Na osnovu izloženih podataka postupak oblikovanja RJ se izvodi kako sledi:

.1 utvrdjivanje osnovnih tokova u sistemu, potrebe i mogućnosti spajanja modula u operacijske grupe i operacijskih grupa u RJ,

.2 provera odnosa opterećenje/kapacitet za sva radna mesta (operacije) do zadovoljenja uslova

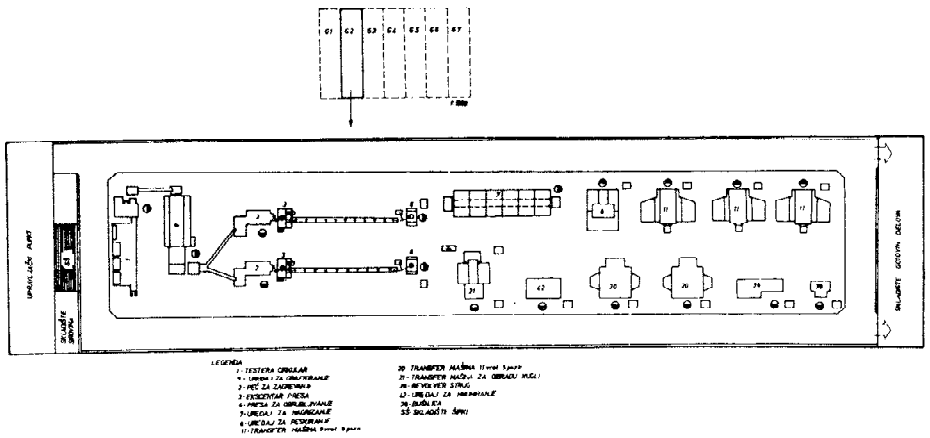
$$T_i \tilde{=} z \cdot K_e$$

Rezultat postupka oblikovanja RJ za realan proizvodni sistem je prikazan na sl. 24.

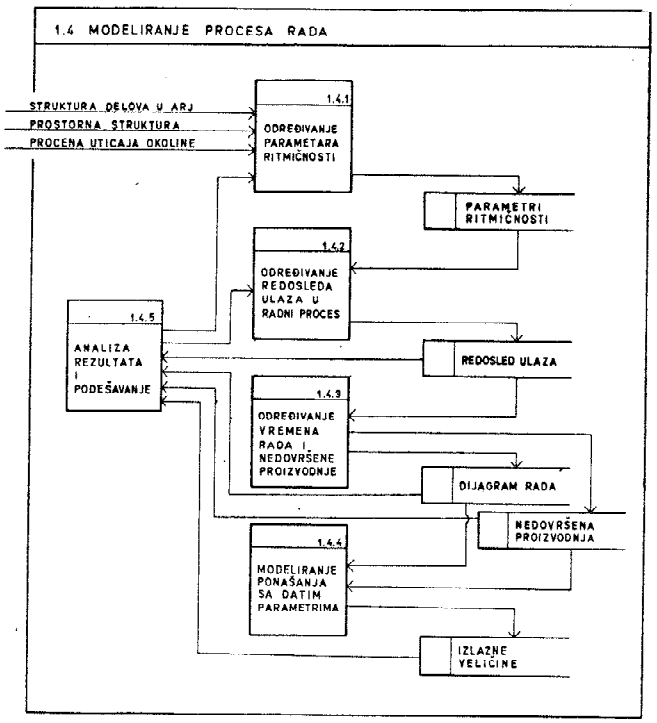
Za, na prikazani način, odredjenu strukturu i dati prostorni razmeštaj elemenata - tehnoloških sistema vrši se predvidjanje procesa rada osnovnih organizaciono-upravljačkih parametara i ispitivanje (simulacija) ponašanja sistema za razne vrednosti tih parametara, pri čemu se vrši (slika 25):

* Odredjivanje redosleda ulaza predmeta rada u proces, pri čemu se odredjuje najbolji redosled s obzirom na kriterijume smanjenja vremena trajanja ciklusa proizvodnje i količine nedovršene proizvodnje u uslovima ograničenja vezanih za načine prelaza predmeta rada sa operacije na operaciju, izbor vremena trajanja operativnog plana, nivo obrtnih sredstava i poremećaje iz okoline različitog intenziteta,

* Odredjivanje trenutaka ulaza predmeta u proces rada s obzirom na smanjenje zaliha predmeta rada (uravnoteženja) izmedju radnih mesta u datoj varijanti opšteg modela tokova materijala,



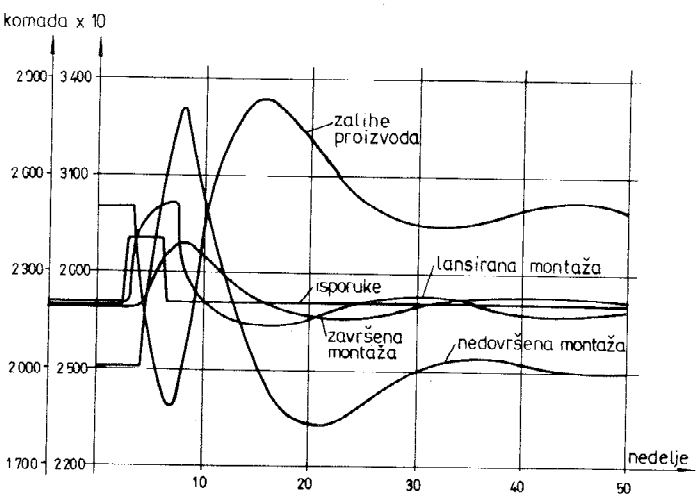
Sl. 24



Sl. 25

* Simuliranje ponašanja radnih jedinica u uslovima projektovanih parametara ponašanja iz prethodnih faza i ocenjivanje potreba za promenama organizaciono-upravljačkih parametara u uslovima poremećaja iz okoline (nagle promene u potražnji pojedinih proizvoda i ponudi ulaznih materijala) i unutar sistema (povećanje ili smanjenje vremena u otkazu sredstava rada i učesnika u procesu rada).

Izlazne informacije, kao rezultat ovog postupka (sl. 26), sadrže podloge za podešavanje strukture proizvodnog sistema već u fa-



Sl. 26

zi projektovanja (novog sistema ili rekonstrukcije) s obzirom na očekivana kretanja i informacije o uticajima poremećaja iz okoline i sistema u budućnosti. Na ovaj način se već u fazi projektovanja sistema vrši ugradjivanje u sistem struktura koje će biti sposobne da prime poremećaje u okolini u vremenu rada sistema i na taj način imati povećanu fleksibilnost i efektivnost u vremenu rada.

4. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA,

U predmetnom radu je izložen prilaz razvoju proizvodnih struktura povišenog stepena efektivnosti zasnovan na analizi tokova materijala, predmetnom načinu u oblikovanju tokova i primeni postupaka grupisanja za postavljeni opšti model tokova materijala u proizvodnim sistemima izvršena je analiza statičkih i dinamičkih karakteristika varijanti. Na osnovu dobijenih saznanja o karakteristikama varijanti razvijen je postupak za oblikovanje proizvodnih struktura povišenog stepena efektivnosti.

5. LITERATURA

1. Bullinger, H.J.: The Future of the Work-Technological, Economic and Social Changes, VIth ICPR, Novi Sad, 1981.

2. Burbidge, J.L.: The Introduction of Group Technology, Heinemann, London, 1975.

3. Radaković, N., Šormaz, D., Maksimović R.: Analiza varijanti pri projektovanju proizvodnih struktura tipa autonomnih radnih jedinica, Sedmi stručni skup, Transportni procesi u industriji, Beograd, 1983.

4. Schmigalla, H.: Methoden zur optimalen Maschinenanordnung, VEB Verlag Technik, Berlin, 1970.

D.Zelenović, D.Šormaz

A CONTRIBUTION TO THE DEVOLOPMENT OF PRODUCTION STRUCTURES WITH HIGHER EFFECTIVENESS LEVELS

Abstract

Presented in the paper is an approach toward the development of production structures with higher effectiveness levels.On the basis of a general model of material flow in production systems, an analysis of the static and dynamic characteristtics is performed of the given alternatives.Based on the knowledge of the characteristics of the alternatives, an algorithm is developed for designing production system structures with higher effectiveness levels.

XIX SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE

Kragujevac, septembar 1985.

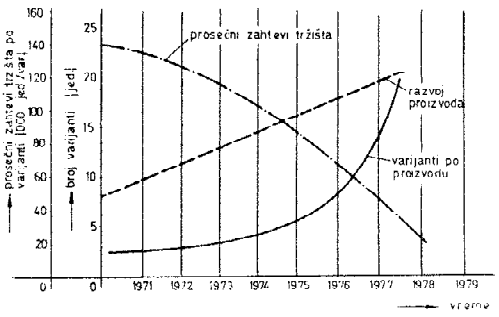
OSNOVE SISTEMA ZA UPRAVLJANJE PROIZVODNJOM U USLOVIMA OPŠTEG MODELA TOKOVA MATERIJALA

D.Zelenović, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad
M.Ustić, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad
Z.Tešić, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad

Rezime

U radu su prikazani nedostaci koji se javljaju kod klasičnog načina oblikovanja tehnoloških struktura (na procesnom principu i na predmetnom principu), a zatim je dat kratak prikaz oblikovanja tehnoloških struktura postavljenih na predmetnom principu u uslovima primene postupaka grupisanja. Za, na dati način, oblikovane tehnološke strukture, dat je prikaz osnova sistema za upravljanje proizvodnjom sa posebnim osvrtom na efekte koji se na dati način dobijaju.

Poznata je činjenica da se prosečni zahtevi tržišta u vremenu ponašaju kao prema sl. 1, što ima značajan uticaj na postupke upravljanja procesima rada.



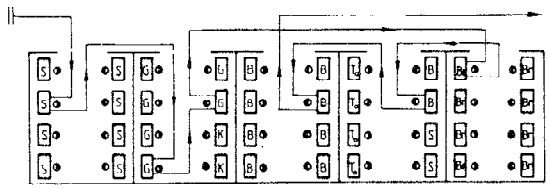
Slika 1.

S druge strane u praksi su uobičajena dva osnovna načina oblikovanja tehnoloških struktura, i to:

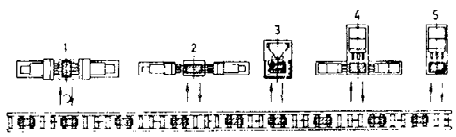
1. Oblikovanje tehnoloških struktura na principu vrste obrade - procesnom principu, (sl. 2), i
2. oblikovanje tehnoloških struktura na principu redosleda operacija - predmetnom principu (sl. 3).

Istraživanja vršena u Institutu za industrijske sisteme su pokazala, da se kod tehnoloških struktura oblikovanih kao pod 1. pokazuju sledeći nedostaci:

- Odnos $T_{cp}/\Sigma t_{ij}$ je značajno veliki sa tendencijom porasta u vremenu, što ima za



Slika 2.



Slika 3.

posledicu porast nivoa nedovršene proizvodnje, koji zbog porasta kamata na obrtna sredstva umanjuje ukupnu efektivnost sistema.

- (%) završenih u odnosu na broj planiranih naloga se smanjuje,
- koeficijenat obrtanja je relativno nizak.

U datim uslovima postupci upravljanja su znatno otežani, pa dolazi do povećanja gubitka kontrole nad procesom rada, što sa druge strane negativno utiče na motivaciju učesnika u procesu rada. Pored toga na dalji pad motivacije učesnika utiče i

nemogućnost sagledavanja ličnog doprinosa u ukupnim izlaznim efektima i nepostojanje uslova za aktivno učešće u planiranju upravljanju i kontroli procesa rada.

Kod oblikovanja tehnoloških struktura na principu redosleda operacija, prethodno iskazani nedostaci su izraženi u manjoj meri ali je prisutan znatno manji stepen fleksibilnosti takvih struktura, uz povećani stepen otudjenosti, monotonije i nezadovoljstva učesnika u procesima rada.

Pored iskazanih javljaju se i zajednički nedostaci, kao što su:

- teškoće u planiranju zbog veličine procesa (veliki broj proizvoda i delova), veliki broj sredstava rada i veliki broj uticajnih parametara, medju kojima je veoma teško izdvojiti najvažnije,
- teškoće u izvodjenju procesa rada zbog velikog broja radnih naloga, koje je nemoguće optimalno rasporediti po radnim mestima i odrediti njihov optimalan redosled ulaza u proces (N radnih naloga moguće je na N! načina pustiti u proces, a samo jedan, ili veoma mali broj varijanti, daje optimalno rešenje);
- problemi u kontroli odvijanja procesa rada, zbog neuredjenih tokova materijala i informacija.

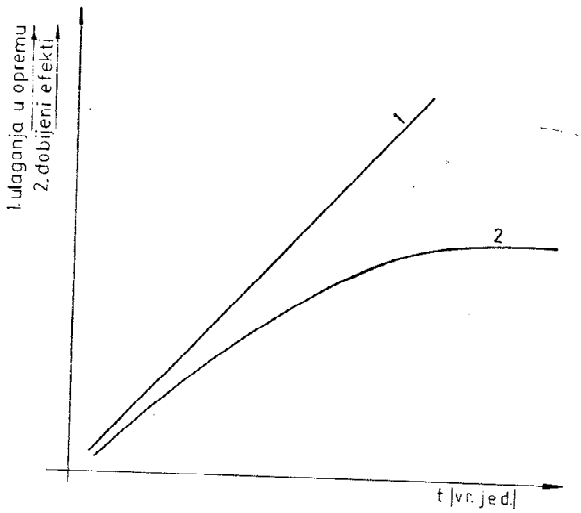
Izlaz iz datih teškoća je tražen u pravcu osavremenjavanja sredstava rada u postupcima upravljanja (nabavka nove savremenije opreme), što nije dalo odgovarajuće rezultate. Istraživanja su pokazala da ima smisla ulagati u opremu za upravljanje samo do odredjene granice, sl. 4.

Date analize pokazuju da je efektivnost sistema za proizvodnju suštinski uslovljena:

- ugradjenim ograničenjima, vezanim za kvalitet procesa projektovanja, upravljanja i eksploatacije,
- ponašanjima učesnika u procesu rada, uslovljenih odgovornošću, stepenom dobrote, uslovima rada i sistemom motivacije,

što odredjuje nivo i kvalitet izlaznih veličina procesa rada sistema u vremenu.

Na bazi datih zaključaka razvijen je predmetni prilaz u postavljanju proizvodnih struktura



Slika 4.

u cilju pojednostavljenja tokova i povećanja stepena pogodnosti izvodjenja procesa rada, koji je baziran na primeni postupaka grupisanja. Za dati prilaz je usvojeno da je radna jedinica odredjenog stepena autonomnosti osnova postavljanja tokova. Iskustva u primeni date vrste tehnoloških struktura i neka iskustva u primeni KANBAN sistema, za upravljanje proizvodnjom, omogućila su razvoj sistema za upravljanje proizvodnjom, modularne strukture, kako se vidi sa slike 5. Posebnosti datog sistema se ogledaju kroz funkcije modula |1| 3, 5, 6 i 7 u sledećem:

- modul 3: Planiranje

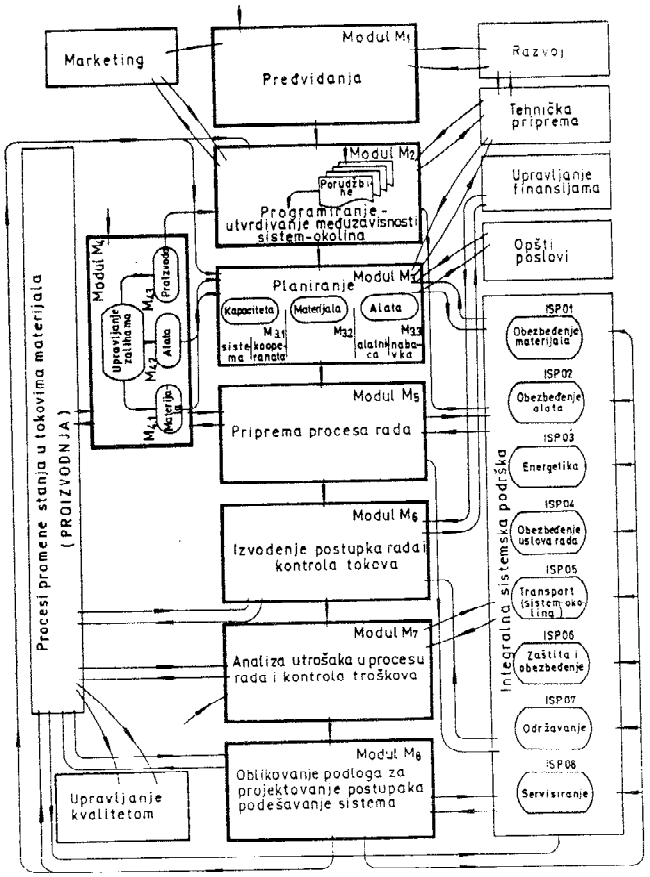
Operativni plan utvrdjen na relaciji sistem - okolina a na bazi predvidjanja, tekućih porudžbina i potencijala sistema, se u postupku planiranja razmatra posebno sa stanovišta:

- obrada grupa delova po ARJ,
- montaža podsklopova, sklopova i proizvoda,

što u osnovi daje strukturu procesa u dva osnovna dela, sl. 6.

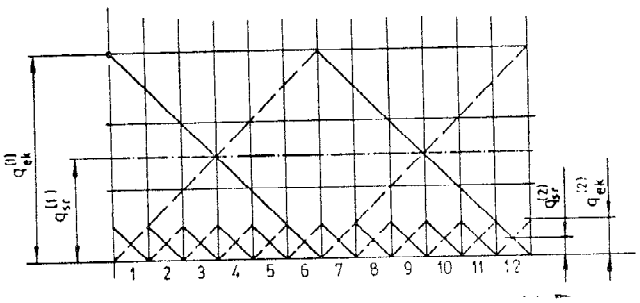
Postupak dalje predvidja podelu usvojenog plana na kraće vremenske jedinice kao što su nedelje ili dekade, a u cilju:

- mogućnosti lakšeg iznalaženja optimalnog redosleda ulaza radnih naloga u proces rada,
- olakšane kontrole tokova serija u procesu rada,
- minimiziranja zaliha nedovršene proizvodnje, sl. 7.



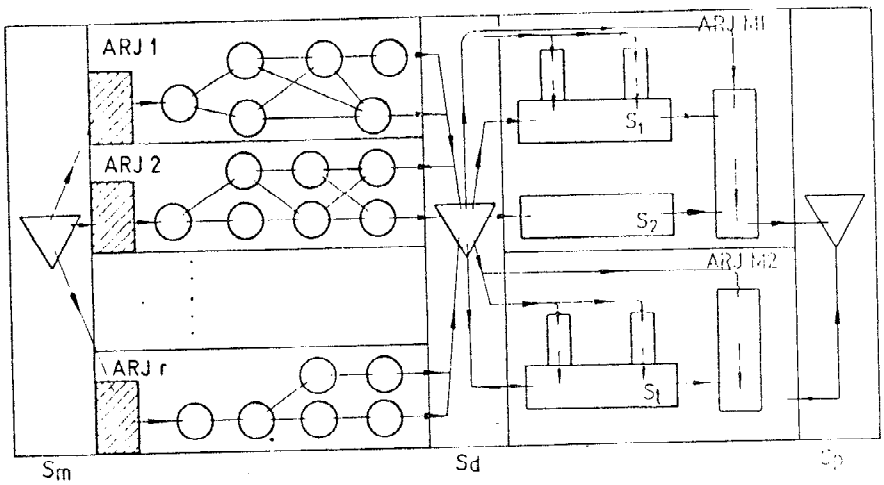
Slika 5.

je i inače prisutan u svim sistemima za upravljanje procesima rada. Rešenje ovog problema je bazirano na boljoj opremljenosti tehnoloških sistema na osnovama sličnosti predmeta obrade na način prikazan na sl. 8, putem grupnih alata i pribora.



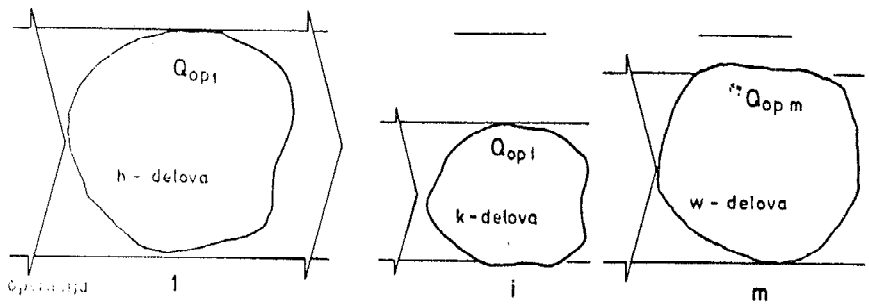
Slika 7.

Neka je u operacijskoj grupi na operaciji - i ukupno k - delova sličnih u granicama određenim sistemom klasifikacije i neka je po definiciji moguće sve delove obraditi na tehnološkom sistemu - T_{si} uz jednu pripremu alata i pribora. Pripremno-završno vreme utrošeno na navedenu pripremu tehnološkog sistema T_{si} je k-puta manje od pripremno-završnog vremena pri pojedinačnoj obradi serija svakog od k-predmeta rada u grupi



Slika 6.

U datom prilazu se u rezultatu smanjenja vremenskih intervala operativnog plana javlja potreba povećanog broja priprema tehnoloških sistema odnosno povećanog utroška pripremno-završnih vremena, za onoliko puta koliki je broj podela osnovnog operativnog plana. Taj problem što predstavlja osetno smanjenje i neutrališe negativan efekat višestrukog lansiranja. Kako se ipak pri prelazu sa obrade jednog na obradu drugog dela grupe gubi određeno vreme na podešavanje položaja radnih delova alata i pribora to se na osnovno vreme t_{pz} dodaje deo vremena u iznosu



Slika 8.

cca 22%, pa je stvaran utrošak vremena za pripremu grupe delova

$$t_{pz}^{(g)} = 1 - t_{pz}^{(1)} \quad (vr.jed.)$$

gde je:

$t_{pz}^{(g)}(vr.jed.)$ - osnovno pripremno završno vreme za slučaj grupne obrade.

Imajući u vidu da razrada grupnih postupaka zahteva produbljenu studiju postupaka pripreme i podešavanja alata i pribora moguće je na ovaj način pripremno-završno vreme svesti na minimum što obezbedjuje osetno povišenje stepena fleksibilnosti procesa rada u sistemu. Pored izloženog i tendencije u razvoju tehnoloških sistema su takve da se ide na povišene nivoe automatizacija pa se pripremno završno vreme znatno skraćuje i odvija izvan same mašine, što u znatnoj meri eliminiše problem većeg broja lansiranja.

Za utvrdjenu strukturu p_{opi} i količine q_{opi} u operacijskoj grupi se istavlja grupni radni nalog sl. 9. (operacijska grupa 1 grupni radni nalog) koji predstavlja grupnog nosioca troškova sa jedne i podlogu za podešavanje strukture i količine u narednim operacijskim grupama predmetnog toka sa druge strane.

Elementi operacijske grupe p_{opi} ulaze u proces rada prema utvrdjenom redosledu u količinama q_j (j=1,2,3,...,k) i prolaze kroz proces u skladu sa tehnološkim postupkom (tehnološka karta i karta za obradu dela grupe) do skladišta delova, sl. 10.

Svaki j-ti deo iz grupnog radnog naloga prati posebna IDENT KARTA, (sl. 11), koja sadrži neophodne tehnološke informacije o delu. Ident karta se po, ulazu partije delova u skladište delova vraća putem sistema za upravljanje proizvodnjom do sistema za upravljanje finansijama i spaja sa osnovnom kopijom grupnog radnog naloga, čime se dobijaju podloge za potrebne analize. Ident karta istovremeno služi planeru za kontrolu tokova.

- modul 5: Priprema procesa rada

vrši pripremu podloga za delove operativnog plana za svaki vremenski interval (na primer za svaku nedelju) u smislu:

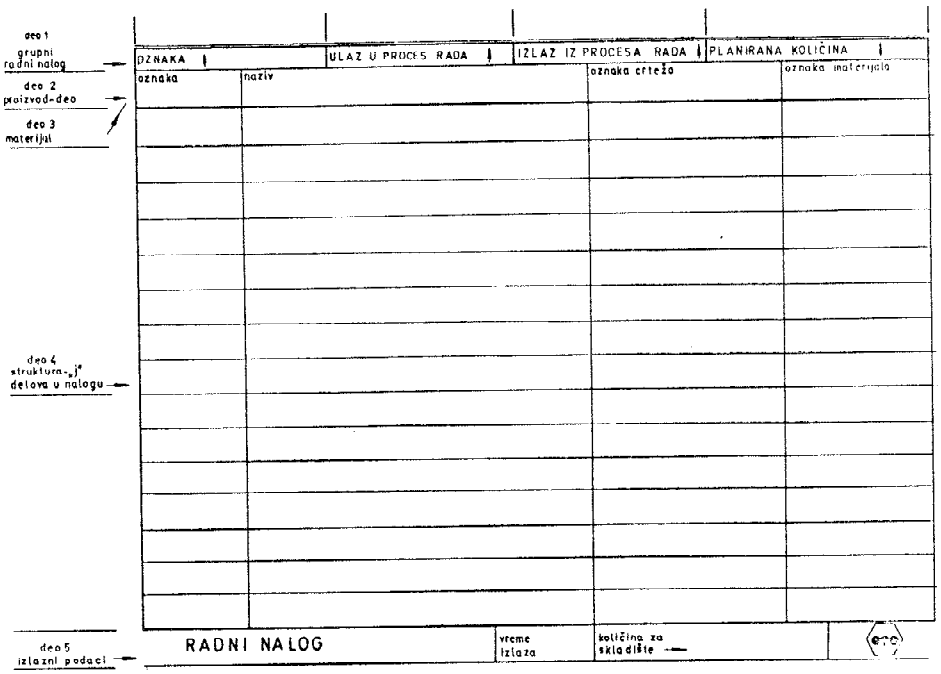
- izrade nosilaca procesnih informacija,
- provere raspoloživosti materijala,
- provere raspoloživosti alata,

i dostavlja skupove nosilaca informacija za svaki vremenski interval operativnog plana u izdavaonice naloga radnih jedinica. Dostavljanje naloga se vrši u utvrdjenim standardnim rokovima za svaki vremenski interval operativnog plana, prema sl. 12.

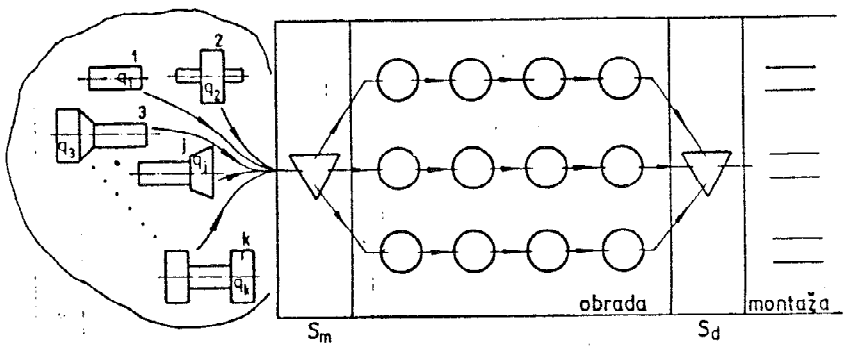
Sa minimiziranim pripremno-završnim vremenima i jednonedeljnim delovima operativnog plana dobija se dovoljno osetljiv i fleksibilan sistem povišenog stepena pogodnosti upravljanja.

- modul 6: Izvodjenje procesa rada i kontrola tokova

Izvodjenje operativnih planova za dati vremenski interval je delegirano ranoj jedinici. Iskustva pokazuju da bez učešća svih učesnika u procesima rada radne jedinice i visokog stepena motivacije i zadovoljstva na radu nije na nikakav način moguće ostvariti potrebne i dovoljne efekte u radu sistema ma kako centralizovani sistemi bili automatizovani. Izdavalac naloga i poslovodja uz saradnju svih učesnika u izvodjenju operacija rada iznalaze izborom najpovoljnijih početaka, najpo-



Slika 9.



Slika 10.

voljniji odnos opterećenje/kapacitet, za svaki tehnološki sistem u radnoj jedinici i povlače materijal sa prethodne operacije za svaki slobodan tehnološki sistem na sledećoj operaciji sl. 13. Kontrola tokova procesa rada daje podloge za analizu i podešavanje procesa rada.

- modul 7: Analiza utroška i kontrola troškova

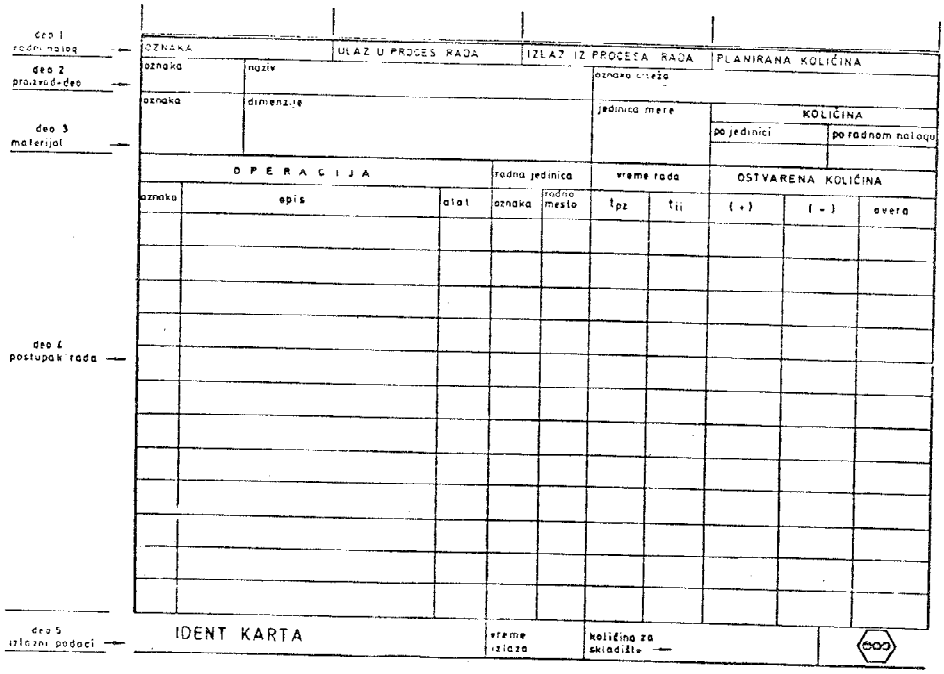
Grupni radni nalog, ident karta i radne liste sa ostalim nosiocima informacija omogućavaju detaljnu analizu:

- ulaznih,
- procesnih, i
- izlaznih

veličina procesa rada i oblikovanje podloga za podešavanje delova procesa i držanje sistema u granicama dozvoljenih odstupanja.

Primena izloženog sistema omogućuje rešenje osnovnih problema u upravljanju procesima rada i to:

- proizvodnju u regularnim vremenskim intervalima od 1,2 i 4 nedelje,
- efikasno regulisanje odnosa opterećenje/kapacitet za relativno male celine tipa ARJ u rezultatu sličnosti predmeta rada,
- značajno smanjenje pripremno-završnih vremena na osnovama primene postupaka grupisanja,
- primenu na sve slučajeve varijanti toka opšteg modela tokova materijala u sistemu,



Slika 11.

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ciklus	5		P	O	MS	M	PL					
II	6			P	O	MS	M	PL				
II	7				P	O	MS	M	PL			
II	8					P	O	MS	M	PL		
II	9						P	O	MS	M	PL	

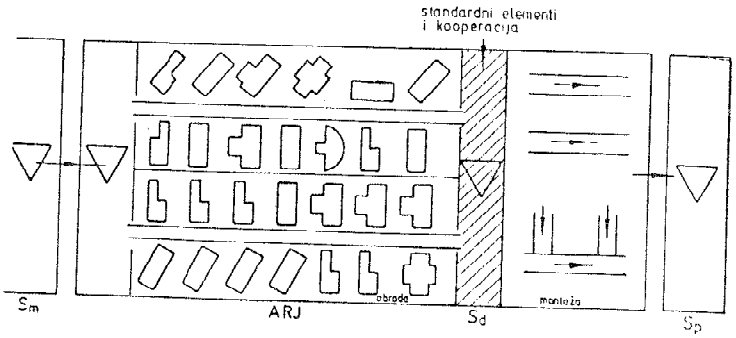
P - priprema, O - obrada, MS - međuskladište, M - montaža
PL - plasman

Slika 12.

- jednostavan postupak kontrole tokova, i
- motivaciju učesnika u homogenoj radnoj jedinici u kojoj se "oseća" ritam toka i uloga pojedinaca,

što ga čini pogodnim za primenu u industrijskim sistemima različite vrste. Neophodna priprema za primenu predmetnog sistema u industrijskim sistemima se svodi na:

- rekonstrukciju struktura prekidnih procesa zasnovanu na predmetnom principu,
- označavanje činilaca poslovanja na osnovama jedinstvenog sistema klasifikacije,



Slika 13.

- uredjivanje baze podataka, i

predstavlja deo opštih napora za racionalizaciju procesa rada i uslov je ostvarenja kvaliteta u radu sistema.

LITERATURA

1. D.M. Zelenović: Upravljanje proizvodnim sistemima, Naučna knjiga, Beograd, 1984.
2. FTN - IIS: Organizacija i upravljanje proizvodnjom, Projekat finansiran od SIZ-a za NR: SAP Vojvodine za period 1981-1986. god.
3. M. Ustić, D. Zelenović: Jedan prilaz upravljanju procesima proizvodnih sistema u uslovima primene postupaka grupisanja, Projektovanje proizvodnih sistema, PPS'80., Novi Sad, 1980.
4. M. Ustić, D. Zelenović; Neki aspekti upravljanja proizvodnjom u uslovima postavljanja autonomnih radnih jedinica; 14. Simpozijum "Upravljanje proizvodnjom u industriji prerade metala", Beograd, 1984.
5. FTN - IIS: Projekat sistema za upravljanje proizvodnjom u radnoj organizaciji "Majevica", Novi Sad, 1981-1985. god.
6. M. Ustić, J. Zurovac, V. Vrsajkov: Sistem za upravljanje proizvodnjom u MI "Majevica" u uslovima primene ARJ, Naučno-stručni skup "Industrijski sistemi" IS'84, Novi Sad, 1984.
7. D. Zelenović: Proizvodni sistemi, Naučna knjiga, Beograd 1973.
8. Burbidge J.L: The principles of Production Control, MacDonald and Evans, Estover, Plymouth, 1978.

D.Zelenović, M.Ustić, Z.Tešić

THE BASES FOR PRODUCTION CONTROL IN THE CONDITIONS OF GENERAL MATERIAL FLOW MODEL

Abstract

Presented in the paper are the shortcomings appearing in the classical way of technological structures design (the functional layout, and the line layout principles) followed by a short survey of technological structures design based on the line layout principle in the conditions of grouping procedures application.For technological structures designed in the presented way, bases for production control system are reviewed, considering especially the effects obtained thereby.

XIX SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE

Kragujevac, septembar 1985.

MODULARNI PRISTUP SINTEZI SISTEMA ZA MANIPULACIJU MATERIJALOM

S. Stojković, Lola Institut za alatne mašine
i alate, Beograd

R e z i m e

U radu je razradjen jedan od mogućih pristupa sintezi sistema za manipulaciju materijalom koji bazira na modularnom pristupu: ceo sistem je sveden na ispunjavanje dva osnovna kretanja: translacije i rotacije, modul za hvatanje i upravljački modul. Dati su principi komponovanja sistema kao i potrebni proračuni za izbor vrsta i veličina komponenata. Rad je dakle usmeren kako stvaranju preduslova industrijske proizvodnje manipulatora tako i omogućavanju inženjering pristupa njihovoj primeni.

Mada bazirajući se na istim teorijskim osnovama, nezaobilaznim pri sintezi moćnih robota sa šest i više stepeni slobode ovom ćemo se prilikom zadržati na jednom rešenju sistema za manipulaciju materijalom mnogo manje raskošnom po svojim kinematskim karakteristikama ali veoma aplikativnom na ceo skup operacija pri industrijskom tretmanu materijala a posebno u metalo-preradjivačkom kompleksu.

Osnovne karakteristike posmatranog sistema su:

a) Modularna struktura
b) Fleksibilna struktura
c) Tri stepena slobode
d) Servo sistemi procesorski konstrolisani
e) Minimalni koeficijent pasivne angažovanosti prostora
f) Maksimalni prostor opsluživanja
g) Široki asortiman hvatača
h) Široki asortiman veličina
i) široki asortiman nosivosti
j) Velika brzina rada
k) Visoka dinamička stabilnost.
l) Mogućnost industrijske proizvodnje
m) Jednostavan inženjering konkretne primene

Budući da na ovom mestu nije moguće detaljnije objasniti sve karakteristike sistema rad pretstavlja ilustraciju strukture, kinematike i upravljanja.

Tri osnovna modula od kojih se sastoji manipulator su vertikalni hidro upravljani modul translatornog kretanja i dva elektro upravljana modula rotacije. Ova TRR struktura posmatrana je u projektivnom prostoru: ako pretstavimo neku tačku u sistemu koordinata i-tog modula vektorom R_i, to odnos izmedju koordinatnih sistema modula i i i-1 može mo izraziti na sledeći način:

$$R_{i-1} = A_i \times R_i$$

gde je R_i (4x1) vektor, a A_i matrica

$$A_i = \begin{vmatrix} \cos\theta_i - \cos\alpha_i \sin\theta_i & \sin\alpha_i \sin\theta_i & a_i\cos\theta_i \\ \sin\theta_i \quad \cos\alpha_i \cos\theta_i & -\sin\alpha_i \cos\theta_i & a_i\sin\theta_i \\ 0 \quad \sin\alpha_i & \cos\alpha_i & S_i \\ 0 \quad 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

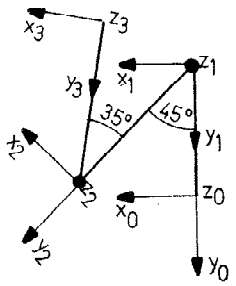
a u odnosu na modul translacije, odnosno sistem koordinata modula o

$$R_o = T_i \times R_i = A_1 \times A_2 \times \ldots \times A_i \times R_i$$

gde su θ_i, α_i, a_i, S_i = generalisane koordinate.

Posmatraćemo nekoliko konfiguracija manipulatora upravo u cilju omogućavanja lakšeg inženjering pristupa. Konfiguracija 1 praktično pretstavlja početni položaj (na visini 100). Ova je konfiguracija i potvrda karakteristike e). Konfiguracije 2 i 3 potvrdjuju karakteristiku f), a konfiguracija 3 pretstavlja granični položaj na visini 0. (T_3 je matrica transformacije hvatača pa svaka njena kolona ima i posebno značenje: četvrta kolona definiše položaj ose hvatača (u odnosu na bazu manipulatora), druga kolona definiše smer ose y hvatača, pa se naziva vektorom orjen-

tacije, treća kolona pretstavlja vektor prilaza hvatača (u našem slučaju ovaj je vektor-vertikalan) a prva kolona pretstavlja rezultat vektorskog proizvoda vektora orjenta cije i vektora prilaza)



KONFIGURACIJA 1
(R1:10)

Konfiguracija 1

$$A_1 = \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & -250 \\ 0 & 0 & 1 & 100 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

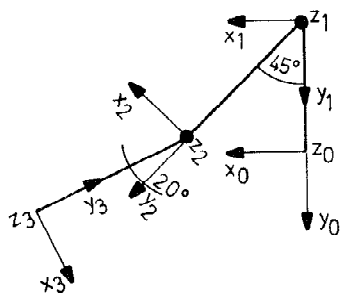
$$A_2 = \begin{vmatrix} 0,707 & 0,707 & 0 & 222,738 \\ -0,707 & 0,707 & 0 & 222,738 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

$$A_3 = \begin{vmatrix} 0,819 & 0,573 & 0 & 180,676 \\ -0,573 & 0,819 & 0 & -258,032 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

$$T_1 = A_1 = \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & -250 \\ 0 & 0 & 1 & 100 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

$$T_2 = A_1 \times A_2 = \begin{vmatrix} 0,707 & 0,707 & 0 & 222,738 \\ -0,707 & 0,707 & 0 & -27,262 \\ 0 & 0 & 1 & 100 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

$$T_3 = A_1 \times A_2 \times A_3 = \begin{vmatrix} 0,174 & 0,984 & 0 & 168,048 \\ -0,984 & 0,174 & 0 & -337,428 \\ 0 & 0 & 1 & 100 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$



KONFIGURACIJA 2
(R1:10)

Konfiguracija 2

$$A_1 = \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & -250 \\ 0 & 0 & 1 & 100 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

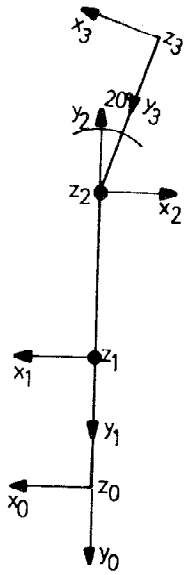
$$A_2 = \begin{vmatrix} 0,707 & 0,707 & 0 & 222,738 \\ -0,707 & 0,707 & 0 & 222,738 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

$$A_3 = \begin{vmatrix} -0939 & 0,342 & 0 & 107,736 \\ -0,342 & -0,939 & 0 & 296,003 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

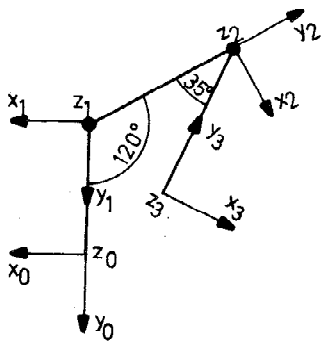
$$T_1 = A_1 = \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & -250 \\ 0 & 0 & 1 & 100 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

$$T_2 = A_1 \times A_2 = \begin{vmatrix} 0,707 & 0,707 & 0 & 222,738 \\ -0,707 & 0,707 & 0 & -27,262 \\ 0 & 0 & 1 & 100 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

$$T_3 = A_1 \times A_2 \times A_3 = \begin{vmatrix} -0,904 & -0,222 & 0 & 508,181 \\ 0,222 & -0,904 & 0 & 105,843 \\ 0 & 0 & 1 & 100 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$



KONFIGURACIJA 3
(R1:10)



KONFIGURACIJA 4
(R1:10)

Konfiguracija 4:

$$A_1 = \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & -250 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

$$A_2 = \begin{vmatrix} -0,5 & -0,866 & 0 & -272,798 \\ 0,866 & -0,5 & 0 & -157,5 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

$$A_3 = \begin{vmatrix} -0,939 & 0,342 & 0 & 107,736 \\ -0,342 & -0,939 & 0 & -296,003 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

$$T_1 = A_1 = \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & -250 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

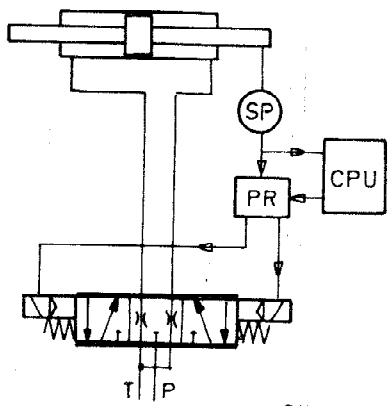
$$T_2 = A_1 \times A_2 = \begin{vmatrix} -0,5 & -0,866 & 0 & -272,798 \\ 0,866 & -0,5 & 0 & -407,5 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

$$T_3 = A_1 \times A_2 \times A_3 = \begin{vmatrix} 0,765 & 0,642 & 0 & -70,328 \\ -0,642 & 0,765 & 0 & -166,2 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

Kao što je već rečeno, TRR strukturu čine modul translacije i dva modula rotacije. Osnovne komponente modula translacije su nosač sa kliznim vodjicama hidro cilindar, blok za servo upravljanje i procesorski regulator.

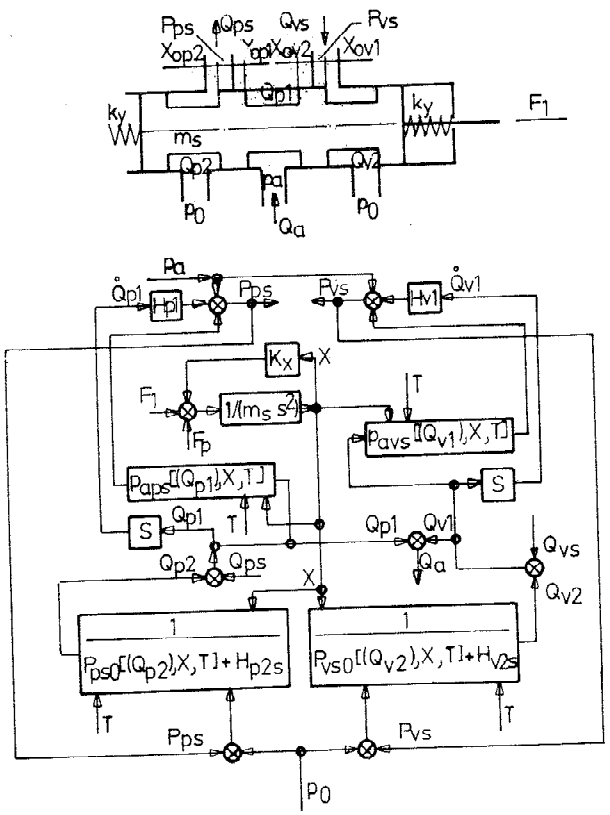
Osnovne komponente modula rotacije su nosač, istosmerni DC motor, servo pojačivač i procesorski regulator.

Upravljački servo sistem sa elektro-hidrauličkim servo razvodnikom i elektro pozicionom povratnom spregom vertikalnog modula translacije možemo prikazati na Sl. 1.



Slika 1

Blok šema servo razvodnika prikazana je na Sl. 2.



Slika 2

Dok je proračun sledeći:

Jednačine kretanja klipa

$$m_s \ddot{x} = F_1 - k_x \cdot x - F_p$$

F_p - sila predsabijanja opruge

k_x - krutost opruge

F_1 - upravljačka sila

(zanemarujemo silu trenja i hidrodinamičku silu)

Jednačina razlika pritisaka

$$p_1 - p_2 = p_3 + p_d$$

p_s - hidraulički pad pritiska

p_d - inercioni gubici pritiska

$p_a - p_{ps} = p_{aps}\ (Q_{p1}), x, T\ \ Q_{p1} + H_{p1}\ Q_{p1}$

$p_a - p_{vs} = p_{avs}\ (Q_{v1}), x, T\ \ Q_{v1} + H_{v1}\ Q_{v1}$

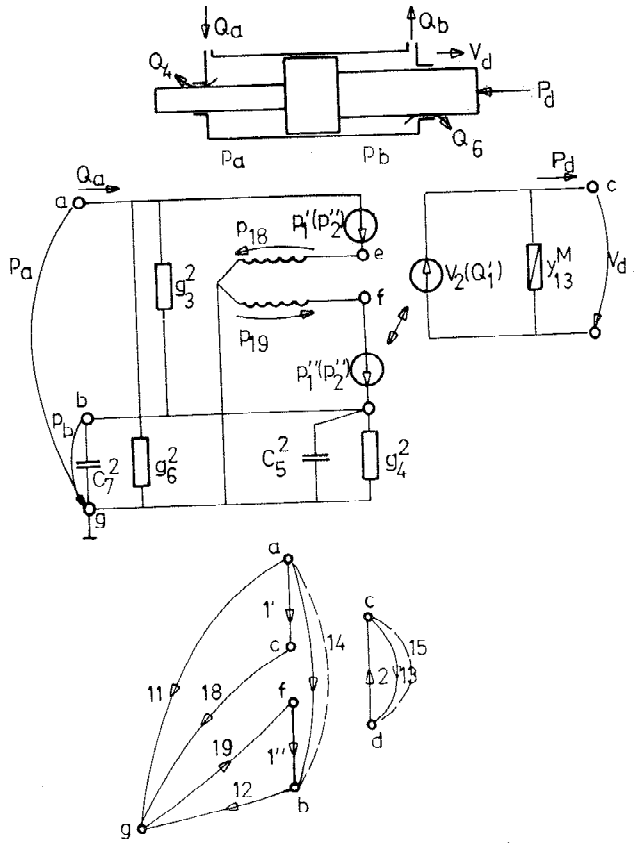
$p_{ps} - p_o = p_{pso}\ (Q_{p2}), x, T\ \ Q_{p2} + H_{p2}\ Q_{p2}$

$p_{vs} - p_o = p_{vso}\ (Q_{v2}), x, T\ \ Q_{v2} + H_{v2}\ Q_{v2}$

Jednačine rashoda

$$Q_{ps} = Q_{p1} - Q_{p2}$$
$$Q_{vs} + Q_{v1} = Q_{v2}$$
$$Q_{p2} = Q_{ps} + Q_{p1}$$
$$Q_{vs} = Q_{v1} - Q_{v2}$$
$$Q_a = Q_{p1} + Q_{v1}$$

Proračun hidrauličkog cilindra ovog modula izveden je na osnovu Sl.3.



Slika 3

Efektivne površine klipa sa obe strane cilindra su različite.

Pretpostavimo da se sila cilindra stvara u obe njegove komore padom pritisaka p_1' i p_1''. U tom se slučaju cilindar posmatra kao složeni girator:

$$\begin{matrix} Q_1' \\ Q_1'' \\ P_2 \end{matrix} = \begin{matrix} 0 & 0 & Fa & p_1' \\ 0 & 0 & Fb & p_1'' \\ Fe & Fb & 0 & v_2 \end{matrix}$$

Neka su $p_{18} = p_a - p_1'$ i $p_{19} = p_1'' + p_b$

Tada se veza izmedju njih može predstaviti u vidu qnerel isanog transformatora

$$\begin{matrix} p_{18} \\ Q_1' \end{matrix} = \begin{matrix} i_{ba} & 0 \\ 0 & i_{ab} \end{matrix} \begin{matrix} p_{19} \\ Q_1'' \end{matrix}$$

gde je $i_{ba} = F_b/F_a$

Ostale grane topološke šeme uzimaju u obzir unutrašnje gubitke, elastičnost tečnosti u komorama cilindra i tre nje klipa i klipnjače u vodjicama.

Pri formiranju polovnog grafo paralelne grane 4 i 5,6 i 7 objedinjene su pri čemu je

$$y_{11}^g = g_\xi^g + C_{7s}^g \quad ; \quad y_{12}^g = g_4^g + C_{6s}^g \ .$$

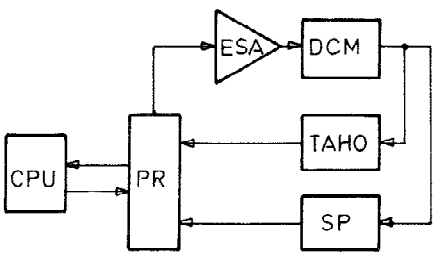
Tako dobijamo polovne jednačine diferencijalnog cilindra

$$p_d = -y_{13}^M \, Q_a/F_a + F_a + (g_3^g + y_{11}^g) y_{13}^M/F_a \quad p_1 - (F_b + g_3^g \, y_{13}^M/F_a) \, p_b$$

$$v_d = 1/F_a \, Q_a - (g_3^g + y_{11}^g) \, 1/F_a \, p_a + g_3/F_a \cdot p_b$$

$$Q_b = i_{ba} \, Q_a + (1 - i_{ba}) g_3^g - y_{11}^g \, i_{ba} \, p_a - (1 - i_{ba}) g_3^g + y_{12}^g \quad p_b .$$

Modul rotacije kontroliše elektro servo sistem sa poceso rskim regulatorom



Slika 4

Primenjen je DC motor proizvodnje INDA sa taho generato rom kao i pozicioni merni sistem mini rod firme HEIDEN HAIN (sa frekventnim izlazom).

Procesorski sistemi baziraju na primeni mikroprocesora Z80 i izvedeni su minimalnom hardverskom podrškom.

Centralna procesorska jedinica kontroliše sve kinematske parametre sistema, a uloga procesorskih regulatora je da kontrolišu dostizanje parametara zadatih od strane CPU i da je o tome informišu.

LITERATURA:

J.Irig: Projektirovanije gidrovličeskih i pneumatičeskih sistem, Mašinostrojenije, Lenjingrad 1983

R.Pol: Modeliranje, planiranje trojektorije i upravljanja kretanjem robota-manipulatora, Nauka, Moskva 1976

V.V. Berdnikov: Prikladnaja teorija gidrovličes kili cepej. Mašinostrojenije, Moskva, 1977

S.Stojković

MODULAR APPROACH TO THE SYNTHESIS OF MATERIAL MANIPULATION SYSTEMS

Abstract

One of possible approaches to the synthesis of material manipulation systems is worked out in the paper, which is based on the modular approach.The entire system is reduced to fulfilling two basic motions, i.e. translation and rotation and two modules: the catching module, and the control module.Principles of system composition are given, as well as the calculations necessary for selecting types and sizes of the components.The paper is therefore aimed at creating the conditions for industrial production of manipulators, and enabling the engineering approach to their use.

XIX SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE
Kragujevac, septembar 1985.

AUTOMATIZACIJA RAZVIJENOG VARIJANTNOG SISTEMA OPTIMIZACIJE TEHNOLOŠKIH PROCESA OBRADE

V. Todić, Fakultet tehničkih nauka, Naučno-obrazovni institut za proizvodno mašinstvo Novi Sad

Rezime

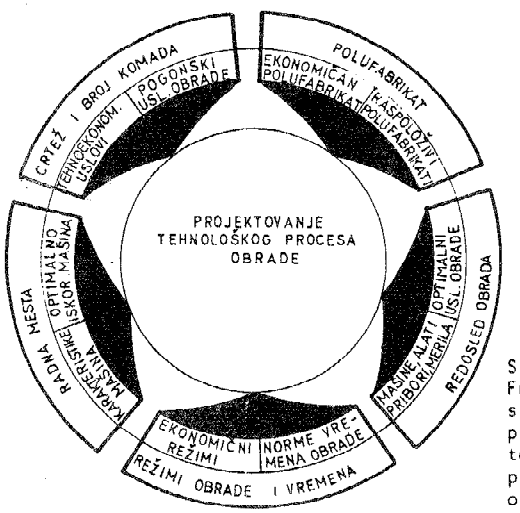
U radu se iznose rezultati koji su postignuti u razvoju automatizacije razvijenog varijantnog sistema optimizacije tehnoloških procesa obrade metala skidanjem strugotine na bazi analitičkih modela optimizacije za karakteristične zahvate i operacije. Razvijeni sistem računarskih programa optimizacije za karakteristične zahvate i operacije uz odgovarajuću tehnološku banku podataka omogućava odredjivanje optimalne varijante tehnološkog procesa obrade na principu dijaloga.

1. UVOD

Projektovanje tehnoloških procesa obrade u industriji prerade metala obuhvata rešavanje vrlo kompleksnih tehničkih i ekonomskih zakonitosti koje nameću savremene tendencije razvoja ove industrijske grane.

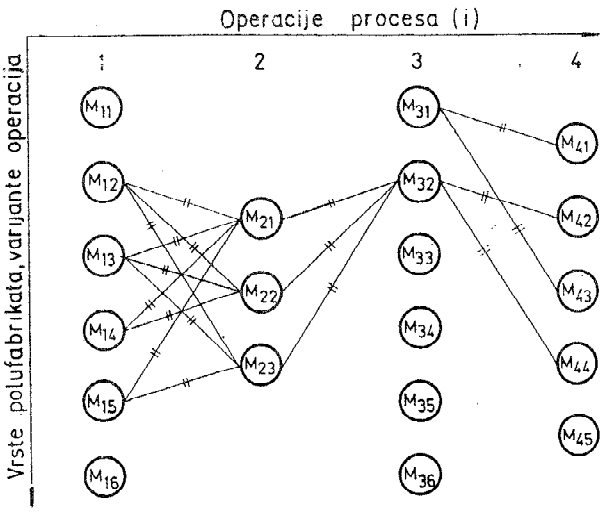
Stalni napredak u razvoju modernih obradnih i tehnoloških sistema i neprekidno podizanje kriterijuma tržišta u pogledu raznovrsnosti, kvaliteta i cene proizvoda, zahtevaju stalno razvijanje savremenih a isto tako poboljšanje i usavršavanje postojećih tehnoloških procesa obrade. Iznalaženje najracionalnijih tehnoloških rešenja,kako kod projektovanja novih tako i kod usavršavanja postojećih tehnoloških procesa obrade, mora obezbediti najveće tehnoekonomske efekte.

Kod projektovanja tehnoloških procesa obrade metala rezanjem moraju se respektovati svi nivoi odgovarajućeg funkcionalnog sistema projektovanja, sl.1, koji zahteva odredjeni broj iteracija na osnovu kojih se može odrediti najpovoljnije tehnološko rešenje za date uslove.



Sl.1. Funkc. sistem projekt. tehnolož. procesa obrade

Kompleksnost odredjivanja najpovoljnijeg tehnološkog procesa obrade proširena je višestrukom varijantnošću celokupnog tehnološkog procesa obrade, najčešće u svim njegovim fazama odnosno operacijama, uključujući i moguće vrste polufabrikata |2,3|. Tako, naprimer, za tehnološki proces obrade koji se sastoji od četri operacije a svaka od njih iz odredjenog broja mogućih varijanti, sl.2, broj mogućih varijanti tehnološkog procesa obrade je sto trideset osam.



Sl.2. Matrica varijanti tehnološkog procesa obrade |2|.

Precrtane linije izmedju pojedinih operacija na sl.2 označavaju da tehnološki prelaz izmedju odgovarajućih operacija nije moguć.

U opštem slučaju broj varijanti tehnološkog procesa obrade nekog dela sa (N) operacija može se odrediti prema |2|:

$$Z_k = Z^{(1)} Z^{(2)} \ldots . Z^{(N-1)} \qquad (1)$$

gde su $Z^{(1)}$, $Z^{(2)}$, $Z^{(N-1)}$ - matrice prelaza izmedju susednih operacija posmatranih varijanti tehnološkog procesa obrade.

Na osnovu iznetog mpže se zaključiti da odredjivanje najpovoljnije varijante tehnološkog procesa obrade predstavlja obiman zadatak, čije rešavanje zahteva korišćenje velikog broja podataka i informacija.

Imajući ovo u vidu u Institutu za proizvodno mašinstvo FTN u Novom Sadu u proteklih deset godina razvijen je analitički sistem optimizacije obradnih, odnosno tehnoloških procesa obrade metala struganjem, brušenjem, glodanjem i brušenjem. Ovaj sistem optimizacije zasnovan je na analitičkim modelima optimizacije za karakteristične operacije i zahvate pomenutih obradnih procesa, koji omogućavaju njihovu unutrašnju i spoljašnju optimizaciju usmerenim iterativnim i iterativnim postupkom potpunog pretraživanja odgovarajućih radnih režimskih prostora.

Da bi se ovaj sistem mogao efikasno i racionalno koristiti za odredjivanje optimalne varijante tehnološkog procesa obrade razvijena je i usvojena koncepcija njegove automatizacije na principu dijaloga.

2. VARIJANTNI SISTEM OPTIMIZACIJE TEHNOLOŠKIH PROCESA OBRADE

Tehnološki procesi obrade metala rezanjem predstavljaju sintezu pojedinih operacija, koje nose obeležje diskretnosti |2,3|. Na osnovu toga se može zaključiti da se optimalni tehnološki proces obrade može odrediti na bazi optimizacije njegovih pojedinih operacija.

Pošto operacije predstavljaju jedan ili sintezu više zahvata, to su za razvoj sistema optimizacije tehnoloških procesa razvijeni analitički modeli optimizacije za karakteristične zahvate, odnosno operacije pomenuta četiri obradna procesa koji imaju najveću zastupljenost u tehnologiji obrade metala rezanjem.

Na osnovu analitičkih modela optimizacije za pojedine karakteristične operacije i zahvate moguće je, osim unutrašnje optimizacije, pojedinih obradnih procesa, odrediti optimalne varijante komponenata tehnološkog procesa obrade kao što su |2,3,11|:

- obradni procesi
- obradni sistemi
- alati i pribori
- polufabrikati
- redosled zahvata u operacijama
- struktura operacija

Ako se troškovi obrade usvoje kao funkcija optimizacije, tada optimalni tehnološki proces obrade odredjuje ona varijanta za koju je ispunjen uslov |2|:

$$C_p + \sum_{i=1}^{N} U_{i,j_i} = MIN \qquad (2)$$

$$i = 1 \ldots . N; \; j_i = 1 \ldots . M_i$$

gde je N - broj operacija tehnološkog procesa obrade M_i - broj varijanti pojedinih operacija, Cp - cena polufabrikata.

Tok odredjivanja optimalne varijante tehnološkog procesa obrade primenom ovog sistema optimizacije prikazan je na slici 3.

Na osnovu crteža dela i ostalih potrebnih podataka za projektovanje tehnoloških procesa obrade vrši se projektovanje varijanti tehnološkog procesa u svim, ili samo u njegovim pojedinim fazama, odnosno operacijama, sl.3.

Izbor optimalnih varijanti pojedinih operacija vrši se na osnovu analitičkih modela optimizacije za karakteristične zahvate, odnosno operacije, uporedjivanjem troškova obrade i uslova (2).

Da bi se ovaj sistem mogao koristiti u optimizaciji tehnoloških procesa obrade razvijeni su analitički modeli optimizacije za karakteristične operacije i zahvate obrade struganjem, bušenjem, glodanjem i brušenjem |9,10|.

Karakteristične operacije ili zahvati obrade STRUGANJEM za koje su razvijeni analitički modeli optimizacije su:

uzdužna obrada cilindrične površine
uzdužna obrada konusa
konturna obrada sfere
konturna obrada torusnih oblika
konturna obrada stepenastog cilindra
konturna obrada složenih oblika
poprečna obrada i otsecanje
izrada navoja nožem za navoj
profilno struganje
koncentrisana obrada alatima koji su postavljeni na jedan klizač
koncentrisana obrada alatima koji su postavljeni na više klizača
koncentrisana višepoziciona obrada

Za obradu BUŠENJEM razvijeni su analitički modeli optimizacije za sledeće karakteristične operacije:

bušenje i zabušivanje
proširivanje i upuštanje
razvrtanje
urezivanje navoja
koncentrisana jednopoziciona obrada
koncentrisana višepoziciona obrada

Karakteristične operacije GLODANJEM za koje su razvijeni analitički modeli optimizacije čine:

obrada obimnim glodanjem (ravno, profilno i testerasto)
obrada čeonim glodanjem
obrada odvalnim glodanjem

Karakteristične operacije obrade BRUŠENJEM za koje su razvijeni analitički modeli optimizacije su:

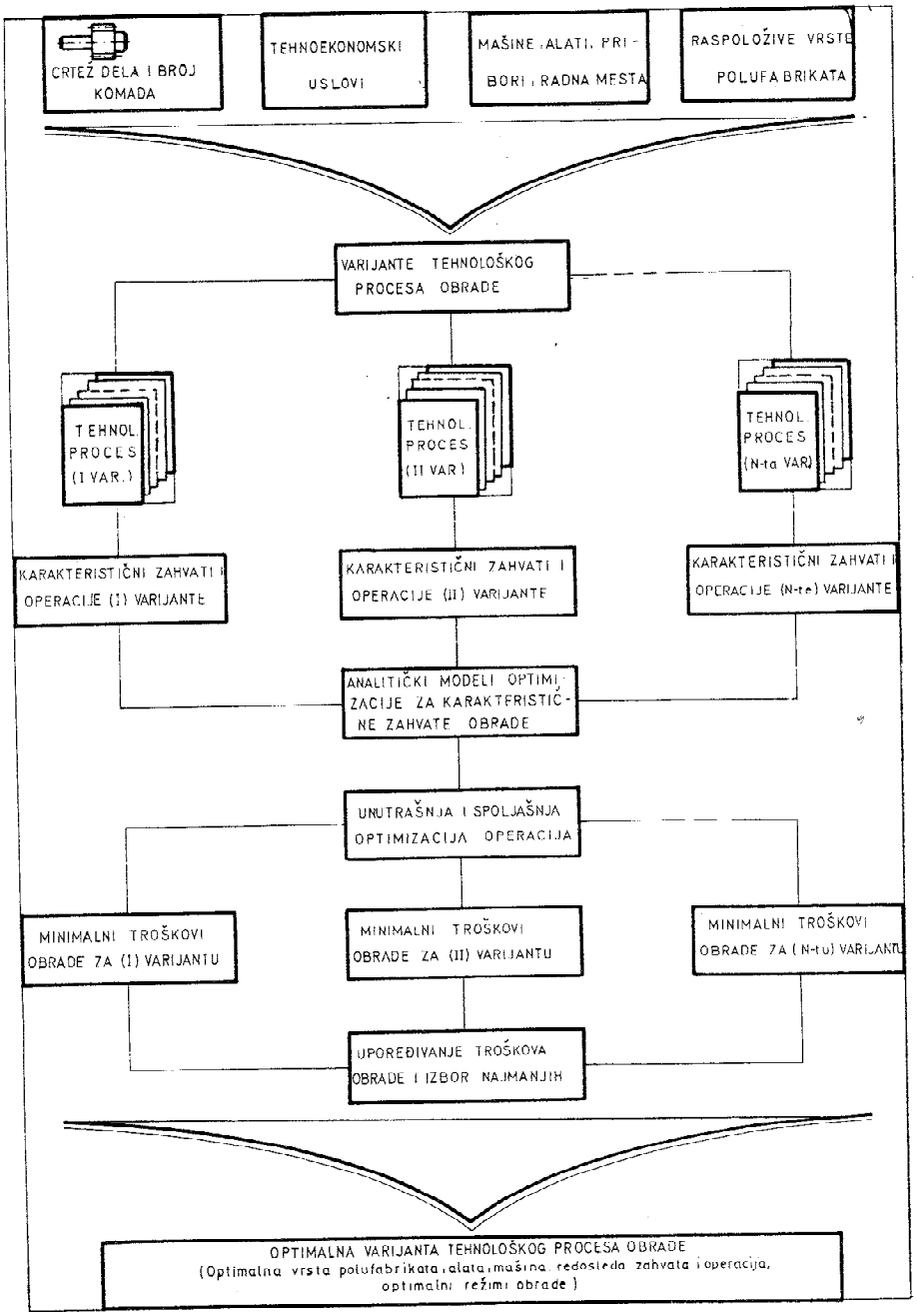
brušenje u šiljcima sa aksijalnim pomakom
brušenje u šiljcima sa radijalnim pomakom
brušenje bez šiljaka
ravno brušenje obimom tocila na brusilicama sa obrtnim stolom
ravno brušenje obimom tocila na brusilicama sa pravougaonim stolom
ravno brušenje čelom tocila na brusilicama sa obrtnim stolom
ravno brušenje čelom tocila na brusilicama sa pravougaonim stolom

Analitički modeli optimizacije za sve navedene karakteristične operacije i zahvate razvijeni su na osnovu jedinstvene metodologije |9,10|, koja će ukratko biti objašnjena.

3. OPŠTI KONCEPT ITERATIVNOG MODELA OPTIMIZACIJE

Pri razvoju iterativnog modela optimizacije pošlo se od matematičkog modela obradnih procesa |5,6|, koji zahteva razvoj funkcije optimizacije, definisanje odgovarajućih funkcija stanja i ograničenja i izbor strategije optimizacije.

Desetogodišnja istraživanja u oblasti razvoja sistema optimizacije obradnih i tehnoloških procesa su pokazala da je unutrašnju i spoljašnju optimizaciju moguće izvršiti jedinstvenom primenom usmerenog iterativnog ili iterativnog postupka potpunog pretraživanja oblasti radnih režima obrade, koju definišu odgovarajuće funkcije stanja i ograničenja pojedinih obradnih procesa |9,10|.



S1.3. Tok odredjivanja optimalne varijante tehnološkog procesa obrade.

Kao funkcije optimizacije na osnovu |9,10,6,4| razvijene su funkcije troškova i vremena obrade u obliku:

Za procese obrade jednim alatom:

$$U = \frac{U_{TP}}{Q} + \frac{U_{PS}}{Z} + t_g \left|C_1 + C_{TG} + \frac{1}{T}(C_1 t_1 + A_1)\right| + C_1 t_{PM} + C_{PH}\, t_{PH} \qquad (3)$$

$$t_k = t_g + t_1 \frac{t_g}{T} + t_p + t_d + \frac{T_{PZ}}{Z} \qquad (4)$$

Za procese sa koncentrisanom obradom:

$$U = \frac{U_{TP}}{Q} + \frac{U_{PS}}{Z} + C_1\left(t_{gm} + \sum_1^K \frac{t_{gi}}{T_i} + t_{PM}\right) + \sum_1^K A_1 i \frac{t_{gi}}{T_i} + C_{TG} \sum_1^K t_{gi} + C_{PH}\, t_{PH} \qquad (5)$$

$$t_k = t_{gm} + t_1 \sum_{1}^{K} \frac{t_{gi}}{T_i} + t_p + t_d + \frac{T_{PZ}}{Z} \qquad (6)$$

gde su uvedene konstante:

$$C_1 = \frac{S_p + S_R}{3600} + \frac{C_M\, p}{Fn\ 100} + \sum_{1}^{8} B_i \qquad (7)$$

$$C_{TG} = \frac{P_M\, c_E}{3600} \qquad (8)$$

$$C_{PH} = \frac{P_{MH}\, c_E}{3600} \qquad (9)$$

$$t_{PM} = t_p + t_d + \frac{T_{PZ}}{Z} \qquad (10)$$

a ostale oznake predstavljaju: U_{TP}, U_{PS} - troškovi jednostruke tehnološke pripreme i troškovi ponavljanja serije, Q,Z - obim proizvodnje i broj komada u seriji, tg, tp, td - glavno, pomoćno i dodatno vreme, t_1 - vreme zamene i regulisanja alata, T - postojanost alata, T_{PZ} - pripremno-završno vreme serije, Z -broj komada u seriji, A_1 - cena jedne postojanosti alata, S_p, S_R - satnina poslužioca mašine i reglera, t_{PH} - vreme praznih hodova mašine, C_M - cena mašine, p - amortizaciona stopa, F, η - godišnji kapacitet rada mašine i stepen iskorišćenja kapaciteta,

$\sum_{1}^{8} B_i$ - ostali direktni troškovi obrade |9|, P_M - snaga pogonskog motora mašine, P_{MH} - potrebna snaga praznog hoda mašine, c_E - cena električne energije.

Unutrašnja i spoljašnja optimizacija operacija projektovanih varijanti tehnološkog procesa vrši se minimiziranjem troškova ili vremena obrade (3), (4), odnosno (5), (6) u odgovarajućim oblastima radnih režima obrade. Razume se da u izrazima za funkcije optimizacije treba uvrstiti odgovarajuće izraze za (tg), (A_i) i (T), a za primenu iterativnog postupka minimizacije troškova i vremena obrade, koji je detaljno objašnjen u |8,9 10|, ograničenja za pojedine karakteristične operacije odnosno zahvate treba grupisati po parametrima režima obrade i u jednu posebnu grupu oblika $G(v,s,\delta)$. Unutrašnja optimizacija neke karakteristične operacije za posmatrane elemente obradnog sistema na kojem se ona izvodi može se izvršiti iterativnim postupkom bez obzira da li je postojanost alata poznata kao funkcija, oblika $T(v,s,\delta)$, ili je pak poznata kao diskretna vrednost sa odgovarajućim preporučenim režimima obrade |9,10|.

Očigledno je da ovaj sistem optimizacije tehnoloških procesa obrade rezanjem zahteva, osim razvoja analitičkih modela optimizacije za karakteristične operacije i zahvate pojedinih vrsta obrade, korišćenje velikog broja podataka, medju kojima značajno mesto pripada podacima o obradljivosti, mašinama, alatima, priborima, merilima, polufabrikatima, elementima troškova i vremena.

Efikasnost i racionalnost primene ovog sistema optimizacije može se očekivati samo u slučaju razvoja automatizacije sistema.

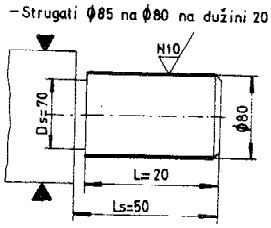
4. AUTOMATIZACIJA VARIJANTNOG SISTEMA OPTIMIZACIJE

Da bi se izvršila automatizacija ovog sistema optimizacije rezvijen je sistem računarskih programa za većinu pomenutih karakterističnih operacija obrade struganjem, bušenjem, glodanjem i brušenjem. Za automatizovano pozivanje odgovarajućeg programa, razvijen je sistem označavanja karakterističnih operacija simboličkim jezikom.

U drugom delu oznake karakteristične operacije sadržani su elementi geometrije obradka, dodatka za obradu, tačnosti obrade i načina stezanja.

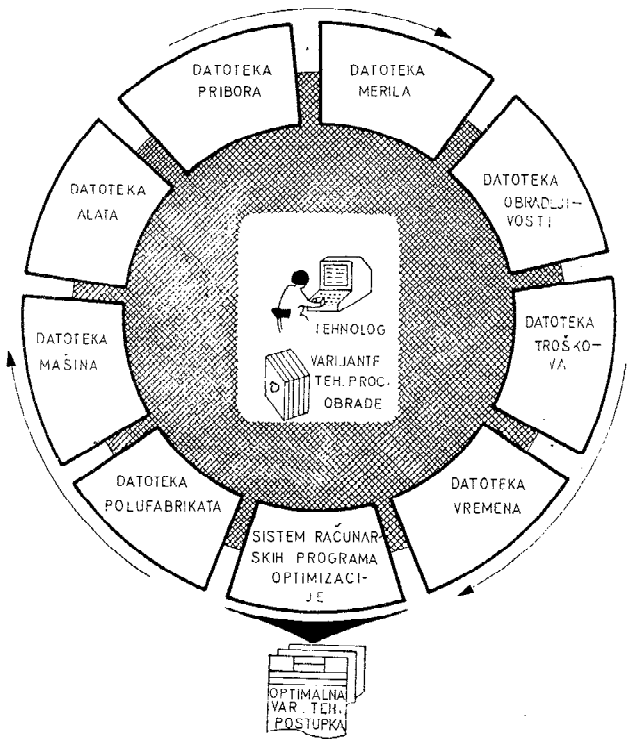
Ove podatke unosi tehnolog na osnovu projektovane varijante operacije ili zahvata. Tako, naprimer, za operaciju uzdužne obrade cilindra struganjem, sl.4, ova oznaka ima oblik:

$$SCILIN\ /D,L,\Delta,R_a,f,L_s,D_s,\mu/ \qquad (11)$$



Sl.4. Primer operacije uzdužnog struganja cilindrične površine

Ostali podaci koji su neophodni za automatizovanu unutrašnju i spoljašnju optimizaciju razvrstani su u odgovarajuće datoteke, sl.5, koje tehnolog poziva i zadaje na principu dijaloga.



Sl.5. Struktura tehnološke banke podataka za automatizovani varijantni sistem optimizacije

Na osnovu ovako razvijene i organizovane sistemske podrške na izlazu se dobijaju oni režimi obrade pri kojima su za posmatranu operaciju i zadate elemente obra-

dnog sistema na kojima se ona izvodi troškovi obrade minimalni. Oblik izlaza za primer operacije prema slici 4 prikazan je na slici 6, za koju, shodno (11), oznaka ima oblik:

$$\text{SCILIN} / 85\cdot10^{-3}, 20\cdot10^{-3}, 25\cdot10^{-4}, 5\cdot10^{-5}, 1\cdot10^{-5}, 50\cdot10^{-3}, 70\cdot10^{-3}, 33\cdot10^{-2} / \qquad (12)$$

Z	v	s	[illegible]	SMAX	SMIN	FT(V,S,Z)	T(V,S,Z)
1.	.15833E 03	.60000E 00	.23617E 03	.60000E 00	.60000E-01	.10155E 00	.15132E 02
2.	.23700E 03	.[illegible]E 00	.27742E 03	.30000E 00	.45000E-01	.30550E 00	.17406E 02
3.	.23700E 03	.20000E 00	.33978E 03	.20000E 00	.45000E-01	.90477E 00	.44410E 02
4.	.23700E 03	.15000E 00	.37748E 03	.15000E 00	.45000E-01	.15000E 01	.66000E 02
5.	.23700E 03	.12000E 00	.41196E 03	.12000E 00	.45000E-01	.19410E 01	.14377E 03
6.	.23700E 03	.10000E 00	.44178E 03	.10000E 00	.45000E-01	.23914E 01	.21063E 03
7.	.23700E 03	.85714E-01	.46730E 03	.85714E-01	.45000E-01	.28564E 01	.31167E 03
8.	.23700E 03	.75000E-01	.49045E 03	.75000E-01	.45000E-01	.33192E 01	.42387E 03
9.	.23700E 03	.66667E-01	.51053E 03	.66667E-01	.45000E-01	.37943E 01	.55001E 03
10.	.23700E 03	.60000E-01	.52977E 03	.60000E-01	.45000E-01	.40832E 01	.70702E 03

O P T I M A L N O R E S E N J E

Z	v	s	[illegible]	SMAX	SMIN	FT(V,S,Z)	T(V,S,Z)
1.	.15833E 03	.60000E 00	.23617E 03 5	.60000E 00	.60000E-01	.10155E 00	.15132E 02

Sl.6. Oblik i sadržaj izlaza automatizovane unutrašnje optimizacije za operaciju prema sl.4.

Uporedjivanjem minimalnih troškova ili vremena obrade za sve projektovane varijante operacija može se odrediti optimalna varijanta tehnološkog procesa obrade primenom izraza (2).

Na izlazu se za sve zadate dubine rezanja koje su odredjene dodatkom za obradu i brojem prolaza (Z) dobijaju odgovarajuće optimalne vrednosti brzine rezanja (v) i pomaka (s), vreme obrade pri minimalnim troškovima, FT (v,s,z) i postojanost alata, T(v,s,z). Optimalno rešenje sadrži optimalne režime obrade (v,s,z), granične vrednosti pomaka (s_{max}) i (s_{min}), podatak o ograničenju koje je uticalo na položaj optimuma, vreme obrade pri minimalnim troškovima i ekonomičnu postojanost T(v,s,z).

Ovakav oblik i sadržaj izlaza tehnologu pruža mogućnost odredjenih intervencija u cilju iznalaženja povoljnijih rešenja.

5. ZAKLJUČCI

Razvijeni varijantni sistem optimizacije koji se zasniva na analitičkim modelima optimizacije karakterističnih operacija i zahvata omogućava odredjivanje optimalne varijante tehnološkog procesa obrade metala rezanjem.

Izložena koncepcija razvoja automatizacije sistema koja je zsnovana na principu dijaloga obezbedjuje njegovu efikasnu i racionalnu primenu u praksi.

Automatizacija varijantnog sistema optimizacije zahteva razvoj odgovarajuće sistemske podrške,čija je struktura prikazana na sl.5.

Iterativni model unutrašnje i spoljašnje optimizacije obradnih procesa može se vrlo efikasno koristiti u optimizaciji tehnoloških procesa obrade.

6. LITERATURA

1. Gatalo R.; Prilog razvoja integralnog sistema za automatsko projektovanje rotacionih izradaka i tehnologije njihove izrade u metalopreradjivačkoj industriji, Doktorska disertacija, Novi Sad, FTN,1978,247 str.
2. Jacobs,H.,J.,Jacob,D.,Kochan,D.: Spanungsoptimierung, Berlin, Veb Verlag Technik, 1977,278 str.
3. Müller,G.: Technologische Fertigungsvorbereitung, Maschinenbau, Band 1, Berlin, Veb Verlag Technik, 1975,371 str.
4. Polajnar, A.: Poseben način oblikovanja optimalne ocene uvajanja numeričko krmljenih strojev v proizvodnjo, Doktorska disertacija, Maribor, VTŠ,1982,200str.
5. Stanić,J.: Matematičke osnove tehnoekonomske optimizacije obradnih procesa, II dopunjeno izdanje, Beograd, Mašinski fakultet, 1976, 99 str.
6. Stanić, J.: Uvod u teoriju tehnoekonomske optimizacije procesa, III izdanje, Beograd, Mašinski fakultet, 1983, 194 str.
7. Sekulić, S.: Opšta metodologija odredjivanja optimalnih režima obrade metodom modeliranja, XVI simpozij za računalniško tehnologijo in probleme informatike, Informatika 82, Ljubljana, 1982, 6 101.
8. Todić, V., Banjac, D., Malbaški, D.: Primena iterativne motode za odredjivanje optimalnih parametara režima rezanja pri obradi na strugu, Zbornik radova III Jupiter konferencije, Cavtat, 1977, Mašinski fakultet Beograd, 1977
9. Todić, V.: Odredjivanje optimalnih parametara režima rezanja pri obradi na strugu, Magistarski rad,Novi Sad, FTN, 1978, 146 str.
10. Todić,V., Banjac,D., Sovilj,B.: The universal iterative model of determining optimal machining conditions, VI International conference on production resea-

rch, Novi Sad, FTN, 1981, 137-141 str.
11. Todić, V.: Varijantni sistem optimizacije tehnoloških procesa obrade, XIV simpozijum Upravljanje proizvodnjom u industriji prerade metala, Beograd, 1984 Mašinski fakultet, 1984, 246-253
12. Vukelja, D., Stanić, J., Ivković, B., Šolaja, V.: Proračun optimalnih režima pri obradi metala rezanjem, Saopštenja IAMA, Beograd, Mašinski fakultet, 1971, 13 (1971).

13. Eversheim, W.: Arbeitsplanerstellung im Dialog mit System DISAP, Ind.-Anz., 1981, 103, 97, 29-32
14. Ermer, D., S.: Optimization of Multipass Turning With Constraints, Trans ASME J. Eng. Ind., 1981, 103, 4, 462-468

V.Todić

AUTOMATISATION OF THE DEVELOPED VARIANT SYSTEM FOR THE OPTIMISATION OF MACHINING PROCESSES

Abstract

Presented in the paper are the results achieved in the development of the developed variant system for the optimisation of metal machining processes, on the basis of analytical optimisation models for characteristic actions and operations.The developed system of optimisation computer programs for characteristic actions and operations, together with an appropriate technological data bank allows one to determine interactively optimal variant of the technological machining process.

XIX SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE

Kragujevac, septembar 1985.

VREMENSKO OPTEREĆENJE PROIZVODNIH KAPACITETA U DISKONTINUALNIM PROIZVODNIM PROCESIMA

R. Mitrović, Mašinski fakultet, Kragujevac

B. Pavlović, RO Alati i mašine, ZCZ, Kragujevac

Rezime

Kod upravljanja savremenim diskontinualnim proizvodnim procesima neophodna je efikasnost toka informacija i povratne sprege, čime se može brzo i kvalitetno reagovati na bitne stohastičke poremećaje nastale u samom proizvodnom procesu.

Medju najznačajnijim faktorima koji determinišu vremensko opterećenje proizvodnih kapaciteta tehnološkog nivoa pojedinačne i maloserijske proizvodnje jesu: neujednačenost ritma odvijanja procesa obrade, nepoznat obim i struktura predmeta obrade, nepoznato i neujednačeno vreme trajanja proizvodnih operacija kao i nepoznata struktura odgovarajućih poslova. Praćenja, analize i proučavanje informatične strukture navedenih faktora moguća su uz primenu stohastičkih procesa masovnog opsluživanja sa čekanjem a uz korišćenje savremenih računskih mašina.

Prijavljeni rad ima za cilj da pokrene zainteresovane upravljačke strukture odgovarajućih proizvodnih sistema u pravcu boljeg iskorišćenja proizvodnih kapaciteta a samim tim i smanjenje proizvodnih troškova.

1. UVOD

U okviru metoda operacionih istraživanja posebno mesto zauzima teorija redova čekanja koja je primenljiva i u diskontinualnim proizvodnim procesima tipičnim za tehnološke nivoe pojedinačne i maloserijske proizvodnje. Za ove slučajeve proizvodnih procesa posebno se ističu čekanja proizvodnih kapaciteta, prouzrokovana prirodom slučajnih pojava proizvodnih operacija koje determiniše stohastički karakter pristizanja predmeta obrade kao i stohastički karakter dužine trajanja pojedinih operacija.

Čekanja proizvodnih kapaciteta karakterišu dve suprotnosti. Prva je da naručioci posla žele da usluge traju što kraće, dok druga je da proizvodjaču proizvodni kapaciteti budu stalno u eksploataciji. Optimalno rešenje ovog problema, moguće je jedino uz primenu teorije redova čekanja koja u prvom redu zahteva ažurne i kvalitetne informatičke podatke.

Da bi informatički podaci bili upotrebljivi neophodno je bliže definisati sledeće postavke:

- Utvrdjivanje sistema evidencije i statističkog praćenja opterećenosti proizvodnih kapaciteta.
- Izradu statističke studije za utvrdjivanje zakonitosti u praćenju opterećenosti proizvodnih kapaciteta.
- Izradu programa za praćenje vremenskog opterećenja proizvodnih kapaciteta, i
- Izbor optimalnog programa praćenje vremenskog opterećenja proizvodnih kapaciteta.

Proces pristizanja zahteva za izvodjenjem odredjenih operacija i proces opsluživanja predstavljaju stohastičke procese masovnog opsluživanja sa čekanjem. U ovom slučaju mogu čekati pristigli predmeti obrade na izvršenje odgovarajućih operacija ili proizvodni kapaciteti na dolazak predmeta obrade.

Čekanje, da na predmetu obrade bude izvršena odgovarajuća operacija, može se podeliti na čekanje na red koje nastaje usled zauzetosti kapaciteta i čekanje za vreme trajanja operacije. U procesu proizvodnje postoji veći broj proizvodnih kapaciteta na kojima se pojavljuje čekanje. Ukoliko su proizvodni kapaciteti grupisani prema srodnosti onda je broj mesta na kojima se može pojaviti čekanje jednak broju srodnih grupa proizvodnih kapaciteta.

Bitno je napomenuti da svako čekanje prouzrokuje negativne ekonomske efekte i treba iz-

naći načine kojima se problem čekanja svodi na minimum što je i cilj ovog rada.

2. VAŽNIJI FAKTORI ZA PRAĆENJE VREMENSKOG OPTEREĆENJA PROIZVODNIH KAPACITETA

Najznacajniji faktori koji determinišu vremensko opterećenje proizvodnih kapaciteta u diskontinualnim proizvodnim procesima su: neujednačenost ritma odvijanja procesa obrade na proizvodnoj opremi, nepoznat obim i struktura predmeta obrade, nepoznato vreme trajanja proizvodnih operacija kao i nepoznata struktura odgovarajućih poslova. Praćenja, analize i proučavanje navedenih faktora moguća su uz primenu stohastičkih procesa masovnog opsluživanja sa čekanjem, odnosno razvijenih Markovljevih i Poasonovih procesa.

Aktivni činioci vremenskog opterećenja proizvodnih kapaciteta su predmeti obrade, trajanje procesa obrade i vrednost uloženog rada radnika. Praćenje i iskazivanje navedenih činilaca moguće je preko radnog naloga kao polaznog dokumenta lansiranja proizvodnje, koji sadrži sve karakteristike i faze procesa proizvodnje. Kako je broj informacija koje nose radni nalozi vrlo veliki to je za upravljanje radnim nalozima neophodna primena većih računskih sistema.

Neophodne informacije vezane za radne naloge, materijale, proizvodne operacije, porudžbine i rokove, škartove i dorade, mašine i radnike, moguće je smestiti na posebno pripremljena dokumenta kao nosioce informacija na osnovu kojih se formiraju odgovarajuće datoteke radnih naloga, operacija i materijala.

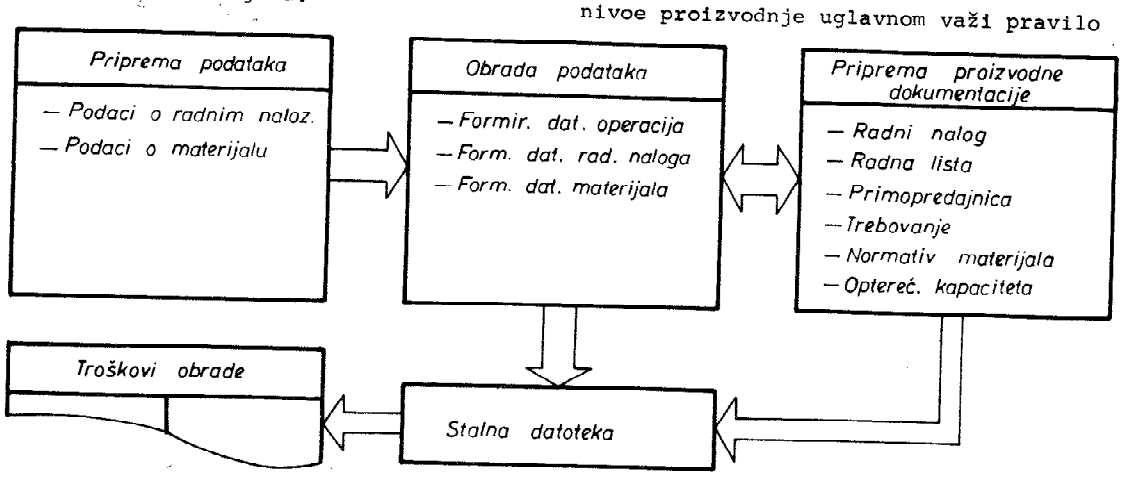
Organizacija, obrada i memorisanje podataka kao i priprema proizvodnje dokumentacije data je na sl. 1.

Za pripremanje, memorisanje i obradu podataka, neophodno je uvodjenje sistema šifriranja kojim se obuhvataju šifre radnih naloga, srodnih predmeta obrade, srodnih operacija, grupa mašina sa srodnim karakteristikama, grupa posla, radnih jedinica, naručilaca posla, materijala i sl. Čuvanje, ažuriranje i obrada šifriranih informacija kao i njihovo prevodjenje i štampanje na odgovarajućim dokumentima kao što su radne liste, radni nalzi, trebovanja, normativi materijala, troškovnici i dr., predstavlja zaokruženi tok kontrolisanih i svrsishodnih informacija.

Definisanje svih mesta na kojima je moguće čekanje, odnosno definisanje pojedinih "sistema čekanja", najjednostavnije je praćenje predmeta obrade kroz diskontinualni proizvodni proces posredstvom hodograma radnog naloga.

Polufabrikati ili predmeti obrade na kojima treba izvesti odgovarajuće operacije nalaze se u magacinu. Poštujući prioritete naručilaca, tehnička priprema i tehnologija definišu kompletan tehnološki ciklus i preko nabavne službe izveštavaju naručioca posla o ceni i dinamici izrade. Ako se naručilac posla složi, ispunjava se radni nalog a materijal predmeta obrade se nalazi u poziciji čekanja.

U proizvodnom ciklusu čekanje se može pojaviti na tačno odredjenim mestima. U uslovima pojedinačne i maloserijske proizvodnje mogu čekati predmeti obrade i mogu čekati mašine ukoliko predmeta obrade nema. Za ovakve tehnološke nivoe proizvodnje uglavnom važi pravilo da se



Sl. 1. Shema toka informacija

dolasci predmeta obrade kao i obrada na njima odigravaju u nepravilnim vremenskim intervalima. U proizvodnom diskontinualnom procesu postoji veći broj mesta na kojima se može pojaviti čekanje.

1. Prijem materijala predmeta obrade vrši se od strane prodajne i pripremne službe. Ukoliko se pojavi veći broj zahteva nego broj radnih mesta uključenih na obradi ponude pojavljuje se čekanje za ulazak u proizvodnju. U suprotnom slučaju radna mesta u ovim službama čekaju na zahteve. Ovaj vid čekanja može se označiti kao struktura čekanja I.

2. Preuzimanje materijala predmeta obrade iz magacina od strane radnika zaposljenog na odredjenom radnom mestu. Ukoliko ima više predmeta obrade predvidjenih za odgovarajuću grupu radnih mesta nego odgovarajućih radnih mesta dolazi do čekanja predmeta obrade. U suprotnom slučaju dolazi do čekanja radnih mesta na dolazak predmeta obrade. Pošto se radna mesta mogu razvrstati prema srodnosti mašine i opreme to se za svaku vrstu mašina može pojaviti po jedna struktura čekanja. Tako nastaju strukture čekanja prema tabeli 1.

Tabela 1.

Struktura čekanja	Radovi na radnom mestu
II	Sečenje materijala
III	Struganje
IV	Glodanje
V	Bušenje
⋮	⋮
X	Montaža

3. Preuzimanje gotovih proizvoda od strane naručilaca. Ukoliko postoji veći broj radnih naloga, koje treba obraditi, od broja radnih mesta na kojima se obradjuju radni nalozi, pojavljuje se čekanje radnih naloga odnosno proizvoda na preuzimanje. U suprotnom pojavljuje se čekanje radnih mesta na kojima se obradjuju radni nalozi. U ovom slučaju se formira struktura čekanja X+1.

Pored navedenih mesta čekanja postoje i druga za koja se mogu po istom principu definisati i druge strukture čekanja X+2, X+3, itd.

Za radove na predmetima obrade čija su vremena fiksna (čišćenje, odmašćivanje, bojenje, pranje, i sl.) problemi čekanja se rešavaju primenom jednostavnijih metoda čekanja te se isti isključuju iz daljeg razmatranja.

Neka su parametri za opisivanje sistema čekanja označeni sa:

n - broj jedne grupe sortiranih predmeta obrade u sistemu čekanja,

v - broj sortiranih predmeta obrade koji čekaju u redu,

w - broj sortiranih predmeta obrade u radu

r - broj srodnih radnih mesta

Uvodjenjem parametara za opisivanje pojedinih sistema čekanja formiraju se matematički modeli i programi odvijanja procesa čekanja. Opisivanje jednog sistema čekanja izgledao bi kako sledi.

Broj jedne grupe sortiranih predmeta obrade n u sistemu čekanja u toku vremena je različit pa isti može imati vrednosti

$$n = 0,1,2,3,\ldots,v,\ldots$$

Ako je broj jedne grupe sortiranih predmeta obrade posmatranog sistema manji ili jednak broju radnih mesta r, tj.

$$n = \leq r$$

tada predmeti obrade ne čekaju. Svaki predmet obrade koji pristiže odmah se uzima u rad. Za slučaj da je

$$n > r$$

predmeti obrade će čekati pri čemu se formira red čekanja. Broj predmeta obrade koji čekaju u redu v predstavljaju razliku

$$v = n-r$$

Dakle, dalje pristižući predmeti obrade moraće čekati u redu na preuzimanje u rad.

Potpuno ista analiza važiza sve pomenute sisteme čekanja.

Svaki sistem čekanja predstavlja proces koji se može razdvojiti na dva dela:

- proces dolazaka i
- proces trajanja rada

Proces rada istovremeno definiše i proces odlazaka.

Da bi se formirao matematički model kao i program odvijanja procesa čekanja, neophodno je najpre proučavanje prirode procesa dolazaka kao i prirode procesa trajanja rada za sve sisteme čekanja.

3. PRIRODA TOKOVA DOLAZAKA PREDMETA OBRADE NA STRUGOVIMA KLASE S1

Dolazak različitih predmeta obrade na kojima treba da se obavi operacija struganja na strugovima klase S1, kao i u drugim slučajevima, predstavlja slučajan i nezavisni dogadjaj iz razloga prisustva mnogobrojnih uzroka koje je nemoguće poznavati i za iste izvesti zakone koji upravljaju pojmom dogadjaja. Iz tih razloga niz dolazaka koji slede u toku vremena čine stohastički proces pri čemu svakom stanju procesa odgovara jedna verovatnoća.

Stohastičko praćenje dolazaka različitih predmeta obrade u sistemima čekanja diskontinualnih proizvodnih procesa predstavlja složen, dug i obiman posao. Organizovano praćenje i proučavanje dolazaka predmeta obrade na strugovima oznake S1, u vremenskom perioudu od godinu dana ilustrovano je u daljem izlaganju.

Pod dolaskom predmeta obrade u bilo kom sistemu čekanja podrazumeva se njegovo zauzimanje mesta u redu čekanja. Iskazivanje dolazaka vrši se u odredjenim vremenskim intervalima. Zbog različite frekvencije dolazaka usvajaju se dva vremenska intervala. Jedan vremenski interval čini jedan radni dan za sisteme sa malom frekvencijom dolazaka a drugi je jedan sat za sisteme sa većom frekvencijom dolazaka. U slučajevima kada jedan predmet obrade prolazi kroz više sistema čekanja, vreme prijema odredjuje dolazak jer se uglavnom u toku jednog radnog dana mogu da izvrše predvidjene vrste radova. Kada se u tim slučajevima izvrši odgovarajuća obrada u okviru jednog sistema čekanja radni nalog se dostavlja sledećem sistemu čekanja. Dostavljanje radnog naloga predstavlja dolazak predmeta obrade u sistem čekanja. Ako su sva radna mesta zauzeta predmet obrade se uključuje u sistem čekanja. Ako postoje slobodna radna mesta za obradu predmeta obrade isti se odmah uzima u rad.

Evidentiranje vremena dolaska svakog predmeta obrade zahteva posebnu organizaciju i predstavlja podatak van radnog naloga. Broj primljenih predmeta obrade tretira se kao broj dolazaka.

Pojam dolaska predstavlja samo dolazak predmeta obrade za koje se otvara radni nalog. Redosled dolazaka odredjuje i redosled preuzimanja predmeta obrade od strane radnog mesta.

Na osnovu analize proizvodnog procesa u kome se vrši obrada predmeta obrade može se smatrati da je proces dolazaka u toku vremena homogen i isti važi za duži vremenski period.

Iz tih razloga se može konstatovati da procesi dolazaka predmeta obrade u procesima obrade poseduju svojstva odsustva posledica, redosled dolazaka i svojstvo homogenosti u vremenu pa stoga i predstavljaju proste stohastičke procese dolazaka.

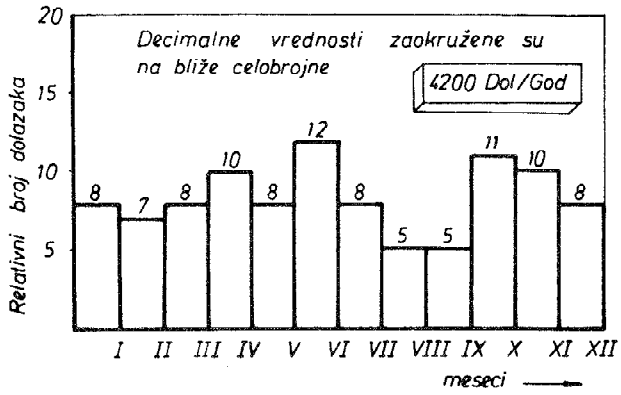
Na osnovu homogenosti u vremenu usvaja se da verovatnoća dolazaka predmeta obrade zavisi od veličine izabranog vremenskog intervala. Gradacijom ose vremena na jednake intervale, isti se mogu tretirati kao stohastičke jedinice a njihov zbir kao statistički skup. U tom slučaju dolasci u vremenskom intervalu predstavljaju statističko obeležje dato u vidu prethodno deformisane veličine n.

Bilo kojoj vrednosti $n=\nu$ odgovara jedna verovatnoća P_ν. Pošto je P_ν funkcija vremenskog intervala t, može se pisati relacija

$$P_\nu = P_\nu(t)$$

Za svaki sistem čekanja definiše se stohastička promenljiva odnosno dolazak u sistem čekanja. Teorijskom analizom moguće je doći do Poasonovog procesa u kome raspored intervala t ima Poasonov raspored a verovatnoća odredjenog broja dolazaka u intervalu t Poasonov zakon. Ovo tvrdnja biće pokazano na zakonitosti dolazaka predmeta obrade u sistem čekanja "strugovi klase S1".

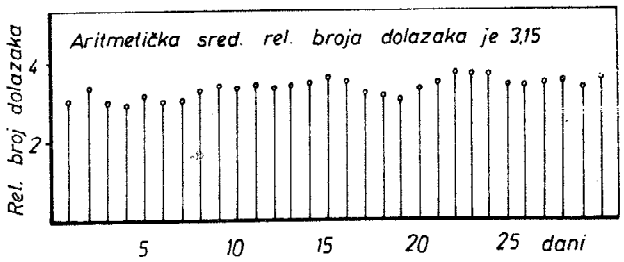
Dinamiku dolazaka predmeta obrade na strugovima S1 po mesecima u toku jedne godine za odgovarajući diskontinualni proizvodni proces ilustruje sl. 2.



S1. 2. Dinamika dolazaka predmeta obrade na grupu strugova S1

Prema prikazanoj dinamici dolazaka ne može se dokazati homogenost dolazaka u vremenu jer svi meseci nemaju isti broj radnih dana, a u julu i avgustu koriste se godišnji odmori.

Razvrstavanjem dolazaka predmeta obrade prema datumima u mesecu, a u toku cele godine, daje znatno bolju homogenost dolazaka u vremenu što je ilustrovano na sl. 3.

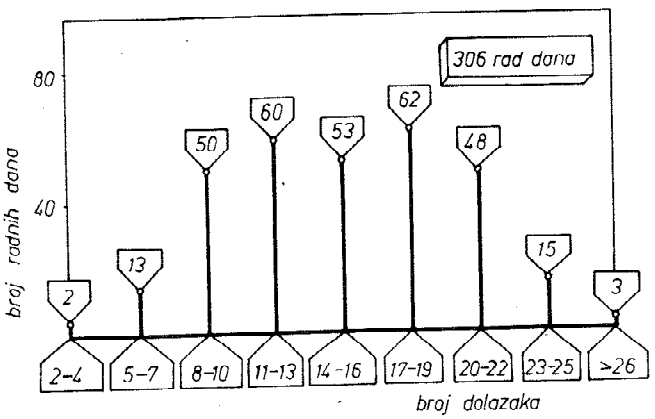


Sl.3. Dinamika dolazaka predmeta obrade po datumima u mesecu

Aritmetička sredina relativnog broja dolazaka po datumima u mesecu iznosi 3,15 a disperzija dolazaka ima znatno bolju homogenost u odnosu na onu prikazanu na sl. 2.

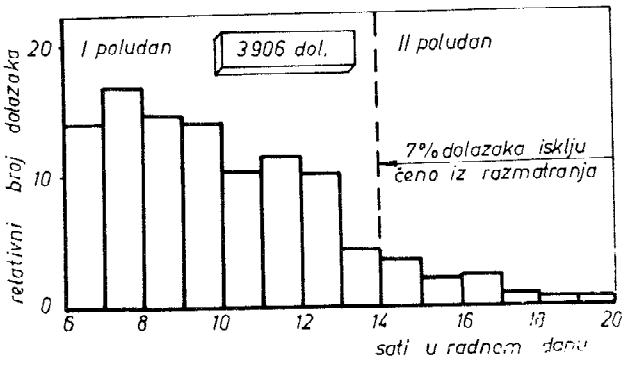
Ispitivanje dinamike dolazaka predmeta obrade na kojima treba vršiti obradu struganjem na mašinama Sl moguće je i u drugim vremenskim intervalima.

Broj dolazaka predmeta obrade u jednom radnom danu prosečno je iznosio 14, što je prikazano na sl. 4.



Sl. 4. Broj radnih dana u godini prema broju dolazaka

Da bi se imao uvid u vremensko opterećenje izabrane grupe strugova u toku radnog dana neophodno je proanalizirati dolaske po časovima. Kako se vidi na sl. 5 najveća frekvencija dolazaka je izmedju 7 i 8 sati a najmanja izmedju 19-20 sati.



Sl.5. Dolasci po časovima u radnom danu

U prvom delu dana od 6 do 14 sati nalazi se 93% svih dolazaka pa se iz daljeg razmatranja isključuje deo dana od 14 do 20 sati. Ovakvom intervencijom upadljivo je bolja homogenost dolazaka predmeta obrade u prvom poludanu a stim pre što se u drugoj smeni radi na manjem broju mašina Sl.

Godišnji broj radnih sati iznosi 2448 pri čemu se ostvari 3.906 dolazaka, odnosno 1,6 dolazaka na sat. Pošto se broj dolazaka u jednom satu smatra kao stohastička promenljiva n, ona mora da obuhvati sve vrednosti 0,1,2,3,... sa odgovarajućim prostim verovatnoćama p. Zakon verovatnoće stohastičke promenljive n u toku vremena predstavlja tzv. skup parova vrednosti $\{n_v, p_v\}$.

Raspored obuhvaćenih radnih sati u toku godine $\Sigma f = 2.448$ prema broju dolazaka sa raščlanjavanjem parova vrednosti $\{n_v, p_v\}$ dat je u tabeli 2.

Tabela 2.

n	f	p(f/27)	Σp_v	Dobijanje funkc. rasporeda
0	236	0,0964	0,0964	$F(0) = p_0 = 0,0964$
1	875	0,3574	0,4538	$F(1) = p_0 + p_1 = 0,4538$
2	1008	0,4118	0,8656	$F(2) = p_0 + p_2 + p_3 = 0,8656$
3	310	0,1266	0,9922	
4	10	0,0041	0,9963	
5	9	0,0037	1,0000	$F(n) = \Sigma p_v = 1$
$\Sigma f = 2448$		1,0000		

Funkcija rasporeda iz kolone 4 tabele 2

$$F(n) = P(N<n)$$

predstavlja monotono neopadajuću funkciju u granicama

$$0 \leq F(n) < 1.$$

Dužina intervala vremena izmedju dva dolaska predstavlja stohastičku neprekidnu promenljivu u intervalu

$$0 \leq F(n) \leq 1$$

Izmedju stohastičke promenljive n i verovatnoće p može se uspostaviti funkcionalna veza koja predstavlja model rasporeda u obliku

$$p_\nu = f(n_\nu)$$

Odredjivanjem aritmetičke sredine $\bar{n}$ i varijanse σ_n^2 utvrdjuje se povoljnost definisanosti prethodne funkcionalne veze. Naime, pošto su $\bar{n}$ i σ_n^2

$$\bar{n} = \frac{\Sigma f.n}{\Sigma f} = \frac{3906}{2448} = 1,59 \quad |\text{dolazaka/sat}|$$

$$\sigma_n^2 = \frac{\Sigma f.n^2}{\Sigma f} - \bar{n}^2 = \frac{8082}{2448} - 1,59 = 1,71$$

odnosno $\bar{n} \approx \sigma_n^2$, to se može zaključiti da funkcija $p_\nu = f(n_\nu)$ podleže Poasonovom modelu rasporeda, pa verovatnoća broja dolazaka zavisi od veličine izabranog vremenskog intervala u kome se dolasci posmatraju i može da se piše kao funkcija vremena t

$$p_n(t) = \frac{(\lambda.t)^n.e^{-\lambda.t}}{n!}$$

pri čemu je

$$\lambda.t = \bar{n} = \sigma_n^2 = 1,59$$

na osnovu čega konačno sledi

$$p_n(t) = \frac{(1,59)^n.e^{-1,59}}{n!}$$

Uporedjivanjem verovatnoće pretpostavljenog modela rasporeda p_ν sa teorijskim verovatnoćama p* Poasonovog rasporeda dolazi se do mere podudarnosti izmedju empirijski pretpostavljenih i teorijskih verovatnoća.

Izračunavanje teorijske verovatnoće p_ν^* vrši se posredstvom rekurentne formule

$$p_{\nu+1} = \frac{\lambda.t}{\nu+1} p$$

tako što je za

$$n = 0 \quad p_0^* = e^{-1,59} = 0,2039$$

$$n = 1 \quad p_1^* = \frac{1,59}{1} p_0^* = \frac{1,59}{1}.0,2039 = 0,3242$$

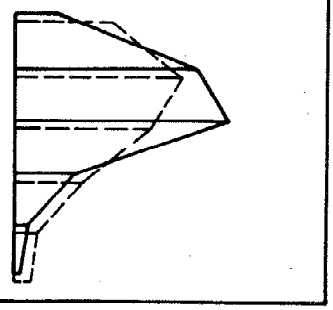
$$n = 2 \quad p_2^* = \frac{1,59}{2} p_1^* = \frac{1,59}{2}.0,3242 = 0,2577$$

itd.

Vrednosti p_ν i p_ν^* date su u tabeli 3.

Tabela 3.

n	p_ν	p_ν^*	p_ν ——— p_ν^* - - -
0	0,0964	0,2039	
1	0,3574	0,3242	
2	0,4118	0,2577	
3	0,1266	0,1366	
4	0,0041	0,0543	
5	0,0037	0,0172	



Analizirajući tabelu 3 uočava se bliskost empirijskih i teorijskih verovatnoća.

Testiranje modela pretpostavljenograspореда verovatnoće moguće je i posredstvom uporedjivanja empirijskih i teorijskih frekvencija dolazaka, posredstvom "HI KVADRAT TESTA" i sl.što se ovim radom nije moglo reprezentovati.

Na osnovu velikog broja posmatranih dolazaka predmeta obrade kao i velikog broja posmatranih časova, utvrdjeni Poasonov raspored verovatnoća dolazaka teži na normalnom rasporedu, što je primenljivo i za ostale dolaske u posmatranim sistemima čekanja.

Dakle, prosečan broj predmeta obrade koji na grupu strugova S1 dodje u toku jednog sata iznosi 1,59, što je u saglasnosti sa izračunatim prosečnim brojem dolazaka u toku radnog dana koji iznosi 14 dolazaka na dan.

Množenjem broja dolazaka u toku jednog sata 1,59, sa brojem sati 8 u toku smene dobija se

$$m = 1,59.8 = 12,72$$

što je nešto niže od prethodno dobijenog broja dnevnog dolaska 14.

Ova razlika je nastala što je analiza dolazaka, shodno sl. 5, vršena samo za I poludan koji obuhvata 93% od ukupnog broja dolazaka.

Analizirani model dolazaka predmeta obrade za srodne strugove S1 primenljiv je i na ostale grupe srodnih mašina.

4. PRIRODA DUŽINE TRAJANJA RADA NA PREDMETIMA OBRADE PRISPELIM NA STRUGOVIMA S1

Dužina trajanja rada na pojedinim predmetima obrade može da bude konstantna, različita ali odredjena i stohastička sa poznatim zakonima verovatnoće koja će u daljem tekstu biti razmatrana.

Dovoljan uslov za pojavu stohastičkog trajanja obrade je da se dolasci i usluge odvijaju u nepravilnim vremenskim intervalima.

Vreme trajanja obrade t predstavlja neprekidnu stohastičku promenljivu čija se vrednost nalazi u intervalu $(0 + \infty)$, pri čemu se nameće zaključak da trajanje obrade ne može biti nula a ukoliko je vreme trajanja obrade duže, broj takvih usluga opada.

Raspored dužine trajanja vremena obrade bazira samo na pretpostavci eksponencijalne zakonitosti čime se omogućava primena teorije redova čekanja.

Analizom jednog radnog mesta na kome se vrši obrada, mogu se izvesti dve konstatacije. Jedna je kada se na radnom mestu vrši obrada, sistem se nalazi u stanju Eo, i druga je kad se na istom ne vrši obrada, sistem se nalazi u stanju E_1. Ako se u nekom trenutku t sistem nalazi u stanju Eo, verovatnoća promene stanja sistema u sledećoj jedinici vremena zavisiće od dužine trajanja obrade, što znači da prošlost utiče na budućnost pa se proces ne može podvesti pod zakonitost Markovljevog procesa.

Da bi proces odgovarao tipu Markovljevog procesa, neophodno je pretpostaviti da se odluke o pojavi ili prestanku obrade donese u svakoj jedinici vremena. U tom slučaju se proces obrade može razmatrati kao niz Bernulijevih opita pri čemu prestanak obrade ima verovatnoću p a nastavak obrade verovatnoću q. Verovatnoća p predstavlja verovatnoću prelaza sistema Eo u E_1 dok verovatnoća q govori da sistem u sledećem trenutku sadrži stanje Eo. Ovakvom pretpostavkom dolazi se do konstatacije da verovatnoće p-q ne zavise od dužine vremena obrade.

Zbog neprekidnosti vremenske promenljive raspored vremena obrade se može predstaviti u vidu eksponencijalnog rasporeda Markovljevog tipa kod koga ne postoji veza sa prošlošću. Verovatnoća eksponencijalnog trajanja obrade oblika

$$p = e^{-\lambda t}$$

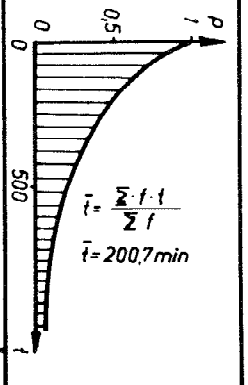
je u praksi potvrdjena a posebno u tehnološkim procesima popravke mašina.

Praćenjem dužine trajanja pojedinih obrada dolazi se do njihovog rasporeda. Uočavanjem neke dužine trajanja promenljive t, tzv. modalne grupe promenljive t dolazi se do rasporeda broja izvedenih obrada ili operacija. Posle toga odredjuje se tzv. kumulativ broja obrada koje su trajale duže od datih vremena kao i kumulativ broja obrade koje su trajale kraće od datih vremena. Relativno učešće broja izvedenih obrada svake kumulativne modalne grupe u odnosu na ukupan broj obrade pokazuje tendenciju kretanja funkcije rasporeda. Sa rastom vremena t,pr. kod $t \to \infty$ ekspomencijalna funkcija rasporeda verovatnoća $p \to 1$.

U narednom izlaganju biće prikazano utvrdjivanje konkretne zakonitosti trajanja obrade za slučaj obrade na sistem čekanja strugova grupe S1.

Utvrdjivanjem trajanja pojedinih operacija obrade i njihovim sredjivanjem dobija se raspored operacije prema trajanju obrade, tabela 4. Kumuliranjem frekvencija modalnih grupa (kumulativ iznad) dobija se brojoperacija na kojima je operacija trajala duže od posmatranog vremena. Deljenjem kumulativnih frekvencija f_k sa ukupnim brojem operacija Σf, dobijaju se verovatnoće trajanja obrade duže od posmatranog vremena $p(T>t)$.

Trajanje obrade t [min]	Broj operacija f	Kumulat „iznad" f_k	$p(T>t)$	$p(T>t) = p(t)$
0 - 100	1080	3258	1,0000	
101-200	885	2178	0,6685	
201-300	423	1293	0,3968	
301-400	538	870	0,2670	
401-500	172	332	0,1019	
501-600	95	160	0,0491	
601-700	53	65	0,0199	
>700	12	12	0,0037	
$\Sigma f = 3258$				



Na osnovu frekvencija f izračunava se vreme prosečnog trajanja operacije obrade E iz izraza

$$E = \frac{\Sigma f.t}{\Sigma f}$$

koje za dati slučaj iznosi E = 200,7 min, poz-navanjem aritmetičke sredine eksponencijalnog rasporeda dolazi se do veličine eksponenta

$$\mu = \frac{1}{E}$$

odnosno $\mu = 0,005$ |operacija/min.|

Pošto vreme trajanja operacije obrade ne može biti nula a broj operacija opada sa dužinom trajanja operacija zaključak je da raspored vremena operacija obrade ima eksponencijalni oblik. Funkcija rasporeda ima oblik

$$F(t) = 1-e^{-\mu t}$$

odnosno:

$$F(t) = 1-e^{-0,005t}$$

ili približno

$$F(t) = 1 - p(T > t)$$

pri čemu vrednosti $p(T > t)$ već postoje u prethodnoj tabeli.

Kako je funkcija F(t) primitivna funkcija funkcije f(t) to se vrednosti funkcije f(t) dobijaju kao prvi izvod funkcije rasporeda,tj.

$$f(t) = F'(t) = \mu.e^{-\mu.t}$$

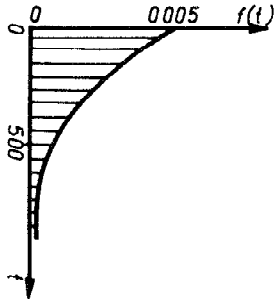
odnosno

$$f(t) = 0,005.e^{-0,005t} \approx 0,005.p(T>t)$$

Vrednosti funkcije F(t) i f(t) date su u tabeli 5.

Tabela 5.

t	F(t)	f(t)	p=f(t)
0	0,0000	0,0050	
100	0,3315	0,0033	
200	0,6032	0,0020	
300	0,7330	0,0013	
400	0,8981	0,0005	
500	0,9509	0,0002	
600	0,9801	0,0001	
700	0,9963	0,0000	



Ispitivanjem prilagodljivosti posmatranog rasporeda teorijskom, pomoću "HI KVADRAT" testa, utvrdjeno je da je trajanje operacija obrade na strugovima Sl eksponencijalno sa verovatnoćom od 0,92.

Dobijeni parametar μ predstavlja prosečan broj predmeta obrade ili broj operacija na kojima se vrši obrada u vremenu od jednog minuta pod uslovom da strug stalno radi. Prema tome,za vremenski interval od jednog sata dobija se broj operacija

$$\mu = 0,005.60 = 0,3 \text{ |operacija/sat|}$$

5. UMESTO ZAKLJUČKA

U osnovi prirode diskontinualnih proizvodnih procesa bitan pokazatelj je slučajnost pojave zahteva za pojedinim vrstama obrade, pri čemu se proučavanjem strukture takvog proizvodnog procesa, reprezentativnog obima, omogućava upoznavanje prošlog i predvidjanje budućeg odvijanja proizvodnog procesa. Ovo je jedan od razloga koji očito govori da je definisanje problematike rada diskontinualnih proizvodnih procesa veoma kompleksno i treba mu posvetiti punu pažnju, sa ciljem povećarja stepena vremenskog iskorišćenja a samim tim i povećanja produktivnosti rada.

6. LITERATURA

|1| Feller W. An Introductionto Probability Theory and its Applications, volume I, New York, 1960.

|2| Deleve G. Teorija operacionih istraživanja, Beograd, 1964.

|3| Gnedenko B.V., Kovalenko I.N., Vrdenie v teoriju massovogo obsluživania, Moskva,1966.

|4| Ivanović B., Teorijska statistika,Bgd.,1966.

|5| Šolak Nj., Teorija masovnog opslužívanja, Disertacija, Svetlost, Kragujevac, 1976.

R.Mitrović, B.Pavlović

TIME LOADING OF THE MANUFACTURING CAPACITIES IN DISCONTINUOUS MANUFACTURING PROCESSES

Abstract

In controlling modern discontinuous manufacturing processes the efficiency of the information feedback is essential for quick and appropriate reactions to important stochastic disturbances arising in the manufacturing process. Among the most important factors that determine the time loading of the manufacturing capacities in the individual and small-series production, encounters non-uniformities in the machining timing, unknown quantity and structure of the workpieces, unkown and non-uniform times of duration of the machining operations, and unknown structure of the relevant activities. The monitoring, analysis, and study of the information structure of the above mentioned factors are possible through the application of stochastic mass-service processes with queueing, and using modern digital computers.
The purpose of the paper is to initiate the interest in the manufacturing systems management structures for better exploitation of the manufacturing capacities, leading to smaller production costs.

XIX SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE
Kragujevac, septembar 1985.

CIKLUSI IZRADE DELOVA KAO BITAN ČINIOC U IMAX SISTEMU ZA PLANIRANJE PROIZVODNJE

B. Markov, Lola Institut za alatne mašine i alate, Beograd

R e z i m e

Osnovni zadatak savremenih sistema planiranja u proizvodnji prekidnim procesima, sastoji se u povećavanju njenog kontinuiteta. U tom pravcu, izmedju ostalog, veliki značaj imaju dužine ciklusa izrade delova proizvoda. Tokom izvodjenja većeg broja prelaznih IMAX.M sistema za planiranje, pripremu i upravljanje proizvodnje, izvršeno je snimanje ciklusa izrade izabranih grupa delova, u cilju njihovog sagledavanja i skraćivanja. U radu se, pored prikaza modela i primene IMAX sistema, iznose rezultati dobijeni analizom ciklusa izrade delova iz konkretnih uslova više proizvodnih sredina. Dužna pažnja poklonjena je i svim polaznim i drugim podacima koji su povezani ili imaju uticaja na cikluse izrade delova proizvoda. Na osnovu toga daje se i pregled nekih rezultata ostvarenih na tom području.

1. UVOD

Na radnu organizaciju deluje čitav niz činilaca kako unutrašnjih tako i spoljnih, zbog čega su napori u pravcu njenog boljeg organizovanja izloženi stalnom i snažnom pritisku najrazličitijih ometajućih uticaja. I samo funkcionisanje radnih organizacija zasniva se na usklađjivanju brojnih često suprotnosmernih činilaca i zahteva koji se nalaze u principima produktivnosti, ekonomičnosti i dohodnosti rada. Oni se mogu sažeti u jedinstveni cilj da se u uslovima postojanja ograničenosti, usaglašenosti i viškova raspoloživih resursa, ostvari maksimalno zadovoljavanje zahteva tržišta ili kupaca kao i odgovarajući tehnoekonomski i poslovni rezultati.

Poznato je da naša privreda pretežnim delom raspolaže savremenim i kvalitetnim aktivnim i pasivnim osnovnim sredstvima, tehnologijom i kadrovima. Sa druge strane, medjutim, očigledna je neracionalna podela rada, nizak nivo specijalizacije i kooperacije, zaostajanje proizvodnosti i efikasnosti rada i druge brojne smetnje u postavljanju i izvršavanju planiranih proizvodnih zadataka. U vezi sa ovim je i nedovoljan nivo sagledavanja potreba i obezbedjivanja sirovina i drugih materijalnih resursa a takodje i energije. Navedene pojave mogu se naći na svim nivoima organizovanja društvene proizvodnje i svojim ukupnim dejstvom, prvenstveno kroz previsoke troškove proizvodnje, predstavljaju glavnu smetnju našem ravnopravnijem uklapanju u medjunarodnu podelu rada. Visok nivo troškova bitno smanjuje veličinu ostvarenog dohotka a samim tim i ličnih dohodaka što dovodi do daljih nepovoljnih posledica-nedostatka stimulacije za proizvodni i kreativan rad, širenja uravnilovke, ekstenzivno upošljavanje, nezaposlenost, i drugo.

Izvesno je da raspolažemo potencijalima čijim se aktiviranjem i manjim dopunjavanjem u doglednom vremenu mogu zaustaviti nepovoljna kretanja i postepeno preusmeriti kriva ukupnih rezultata društvene proizvodnje u pozitivnom smeru. U tom cilju treba istaći potrebu za širom primenom naučne organizacije rada kao sveukupnosti mera kojima se obezbedjuje racionalno povezivanje i korišćenje raspoloživih ljudskih i materijalnih činilaca u ostvarivanju tekućih i razvojnih ciljeva. Pri tome se mora obezbediti neprekidno sagledavanje, planiranje, priprema i izrada artikala kako po postojećim granama i oblastima proizvodnje tako i po vremenu. Uslov je da se ukupne društvene potrebe na najbolji mogući način pokriju ukupnom društvenom proizvodnjom, imajući pri tome u vidu i uvozno-izvozne činioce.

Mora se istaći da u našoj dosadašnjoj praksi, podaci i zadaci koje su proizvodni sistemi mogli preuzimati iz društvenih planova viših nivoa, nisu mogli doneti više od suboptimalnih rezultata. Iz toga sledi značajan zaključak da je kapitalan preduslov za donošenje i sprovodjenje realnih planova radnih organizacija, postojanje kvalitetnih planova izradjenih po reprocelinama i proizvodnim oblastima uz puno poštovanje jedinstva jugoslovenskog tržišta.

Institut za alatne mašine i alate je kroz izvodjenje veli-

kog broja razvojnih, tehnoloških, organizacionih, inovacionih i drugih projekata prikupio masu podataka o nepovoljnom stanju na području planiranja i pripreme kao i praktički nepostojećem upravljanju proizvodnjom. Izmedju 1970. i 1973. godine razvijen je IMAX sistem i organizaciona oprema za planiranje, pripremu i upravljanje proizvodnje, koji se zasniva na savremenim manuelnim rešenjima. Rad na uvodjenju manuelnog IMAX sistema (IMAX.M) započet je 1973. godine uz stalno vodjenje računa o neophodnosti da kad se za to stvore uslovi predje na automatizovani IMAX.A sistem uz primenu računara. Na osnovu izvršenih priprema razvijene su izmedju 1981. i 1984. godine metode i tehnike za primenu IMAX.A sistema uz opšti uslov da se on uvodi u radnu organizaciju u kojoj je prethodno već izveden IMAX.M sistem.

II OSNOVNE KARAKTERISTIKE IMAX SISTEMA

1. Uvodne napomene

U okviru izvršavanja zadataka iz proizvodno-finansijskih planova naših radnih organizacija u sve većoj meri javljaju se ograničavajući činioci van tehničko-tehnoloških struktura. U tom pogledu na prvom mestu treba istaći nezadovoljavajući nivo planiranja, pripreme, praćenja i upravljanja proizvodnjom. Institut IAMA je, da bi doprineo rešavanju ovog značajnog problema naše privrede, razvio domaći - IMAX sistem za planiranje, pripremu i upravljanje proizvodnjom u čijem okviru se pored inženjerskih rešenja uvodi i organizaciona oprema za savremeno manuelno korišćenje i odlaganje planske i operativne dokumentacije. Treba posebno naglasiti da bilo koji sistem uvode, sprovode i svakodnevno koriste radnici odredjenih službi date radne organizacije te da od njihovog ukupnog angažovanja zavisi stepen i uspešnost njegove primene. Zbog navedenog je u toku realizacije svakog IMAX projekta stalno i sistematski radi na njegovom prihvatanju od strane svih službi radne organizacije-korisnika koje su neposredno ili posredno povezane sa planiranjem, pripremom, upravljanjem i realizacijom proizvodnih zadataka.

U prvim aktivnostima i fazama IMAX projekata se zbog svega već iznetog i posvećuje tako velika pažnja prikupljanju i obradi široke lepeze informacija iz raznih sektora date radne organizacije. Da bi se znalo kojim pravcem treba krenuti treba znati i gde se nalazimo, koji su nam ciljevi, sredstva i ograničenja svih vrsta. Kao izuzetno značajan zadatak treba navesti potrebu za menjanjem ustaljenih postupaka rada koji imaju svojstva navika, a poznato je da su navike veoma tvrdokorne i ozbiljna smetnja svakoj promeni. Postojeće nedovoljno organizovane aktivnosti na području planiranja, pripreme i upravljanja proizvodnjom imaju veoma nepovoljno dejstvo na svest i ponašanje radnika, stvaraju se uslovi u kojima preovladjuje napregnut, kampanjski i može se reći nervozan rad. Pod pritiskom navedenih činilaca javljaju se i idealističke predstave da će se samim uvodjenjem novog sistema planiranja i upravljanja rešiti brojni već nagomilani problemi u svim funkcijama radne organizacije a posebno proizvodnji. Stvar stoji upravo obrnuto - baš uvodjenje novog sistema planiranja i upravljanja u još većoj meri izbacuje na površinu sve slabosti postojećeg načina planiranja, organizacije i realizacije proizvodnje. Ukupno uzevši, znatno veći napor i rad treba uložiti oko sagledavanja i postepenog odstranjivanja navedenih slabosti nego samom razvoju i primeni novog sistema planiranja i upravljanja. Ako se ove slabosti, koje predstavljaju objektivno prisutne i istovremeno najvećim delom subjektivno obojene ometajuće uticaje, u potrebnoj i dovoljnoj meri ne sagledaju i razrešavanju, neizbežno dolazi do manje ili veće blokade novog sistema planiranja i upravljanja proizvodnjom. Treba posebno naglasiti da je sagledavanje ometajućih a isto tako i podržavajućih uticaja, metodika, postupci i tehnike njihovog eliminisanja odnosno korišćenja, u rukama projektanata sistema planiranja. Sa druge strane, medjutim, treba jednako snažno naglasiti da su procesi njihovog eliminisanja, uz donošenje odgovarajućim samoupravnih i poslovodnih odluka kao i operativnih rešenja, u rukama radne organizacije u kojoj se uvodi nov sistem planiranja i upravljanja.

U našim proizvodnim radnim organizacijama još uvek izrazito preovladjuje primena konvencionalnih postupaka planiranja proizvodnje tako da njihov udeo iznosi preko 95%. Broj uvedenih prelaznih ili manuelnih sistema u kojima se pored razvijenih metoda i tehnika koristi i organizaciona oprema u svakom slučaju ne prelazi više stotina, bilo bi veoma korisno kada bi se ova cifra tačnije odredila.

Uvodjenje novih metoda u velikoj, često odlučujućoj, meri zavisi od racionalnog pristupa i primene aparata organizacionih rešenja. Za slučaj uvodjenja IMAX sistema treba istaći sledeće:

1. Obezbedjenje pune informacione i materijalne pripremljenosti proizvodnje
2. Poštovanje principa permanentne evidencije i praćenja podataka kao kapitalnog preduslova za efikasno planiranje
3. Eliminisanje subjektivizma u radu posebno slobodnih procena, intervencija i nepoštovanja usvojenih procedura rada
4. Priprema odgovarajućih kadrova sa potrebnim statusom, znanjem i odgovornostima

5. Obezbedjivanje učešća pozvanih službi u odgovarajućim fazama procesa: kupac - proizvodnja - gotovi proizvodi
6. Jedinstven pristup svim aktivnostima unutar faza sistema: grubo planiranje - fino planiranje - raspodela rada.
7. Uvodjenje potrebnih organizacionih sredstava i opreme.

Polazeći od navedenog, IMAX sistem se u celini zasniva na integralnom posmatranju i usaglašavanju sledećih nivoa planiranja:

1. Srednjeročnih planova - najvećim delom kroz planove razvoja, projektovanja i osvajanja novih proizvoda
2. Godišnjih planova - u kojima se vrši prethodna raspodela, planiranje i sveobuhvatna priprema realizacije zadataka koji su postavljeni u proizvodno-finansijskom planu radne organizacije za datu godinu.
3. Operativnih planova, koji se dele na:

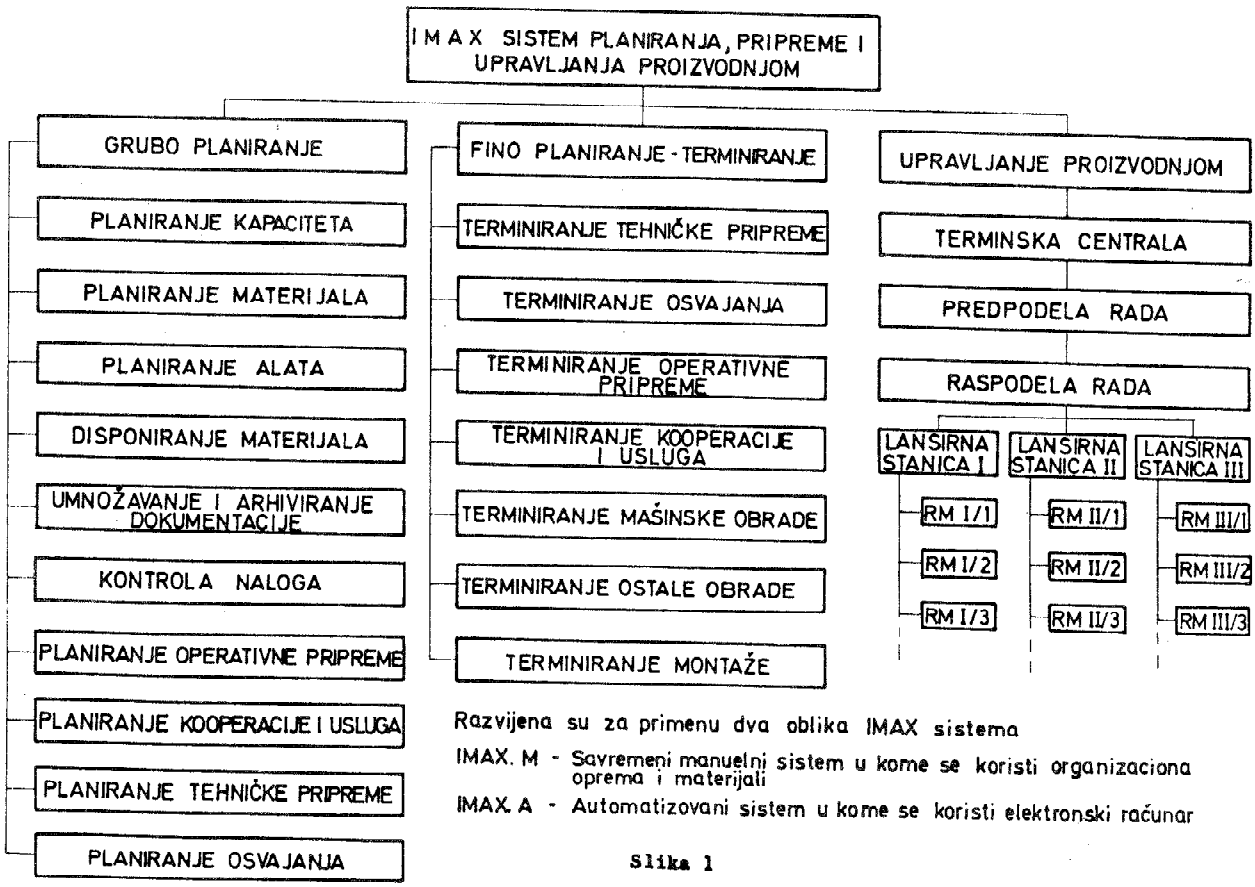
3.1. Kvartalne i mesečne planove, u okviru grubog planiranja

3.2. Sedmične planove, uz obaveznu podelu na dnevne zadatke i eventualno na smene, u okviru finog planiranja odnosno terminiranja.

3.3. Završni nivo planiranja, operativne pripreme i realizacije proizvodnih zadataka, predstavlja nedeljno - dnevni plan.

Podela godišnjeg plana u okviru grubog plana na tromesečne i mesečne planove, rezultat je zaključka da je to obzirom na dužine ciklusa izrade proizvoda najpodesnije za najveći deo radnih organizacija. U okviru godišnjeg plana rade se planovi tehničke pripreme, kapaciteta, materijala radne snage, modela i pomoćnih pribora, alata i drugi komponentni planovi. Što se tiče finog planiranja, kao terminska jedinica usvaja se nedelja tj. 5 radnih dana, a veza sa grubim planiranjem ostvaruje se preko tekućeg terminskog plana. Moraju se ostvariti uslovi u kojima se postiže obezbedjenost radnih mesta poslom za najmanje 1-3 dana unapred. Za radna mesta koja predstavljaju uska grla, jedinica planiranja će po potrebi iznositi i jedan radni dan, takodje uz moguću podelu na smene.

Na slici 1. prikazana je shema IMAX sistema planiranja, pripreme i upravljanje proizvodnjom, iz koje se vidi da se on sastoji iz 3 segmenta:



Razvijena su za primenu dva oblika IMAX sistema

IMAX. M - Savremeni manuelni sistem u kome se koristi organizaciona oprema i materijali

IMAX. A - Automatizovani sistem u kome se koristi elektronski računar

Slika 1

1. Grubo planiranje
2. Fino planiranje-terminiranje
3. Upravljanje proizvodnjom

Ovakva podela usvojena je na osnovu analiza izvršenih u okviru većeg broja izvedenih projekata IMAX sistema. Može se zaključiti da je najveći deo zatečenih problema u planskim službama posmatranih radnih organizacija nastao kao rezultat slabog rada grubog plana i upravljanja proizvodnjom. Zbog toga je kod razvoja i primene IMAX sistema u nizu radnih organizacija posvećena posebna pažnja jačanju i kvalitetnijem funkcionisanju ovih segmenata planske službe.

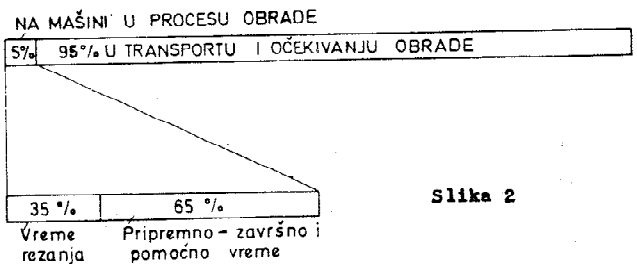
III ZNAČAJ CIKLUSA IZRADE U PROCESU PLANIRANJA PROIZVODNJE

1. Uvodne napomene

Ako bi se htelo da se čitav rad oko planiranja proizvodnje svede na jedan pokazatelj onda je to u svakom slučaju vreme. U njemu se vrši priprema proizvodnje na svim područjima, izrada delova i montaža proizvoda tj. ukupan ciklus njegove proizvodnje. Vreme treba posmatrati u dva osnovna oblika: kao protok odnosno trajanje rada zajedno sa prekidima i kao neprekidnost tj. udeo rada u tom trajanju, u svim proizvodnim sistemima. Bilo bi idealno kada bi vreme trajanje rada bilo jednako ukupnim protoku vremena za njegovo izvodjenje, to naravno nije moguće.

Sa druge strane vreme se javlja kao značajan činilac u nizu aktivnosti i praćenja - rok početka i završetka, udeo smena u radnom danu, broj norma časova po proizvodu, broj radnih dana u godini, kao osnova za obračunavanje kamata, itd.

Jedan od osnovnih zadataka a isto tako i merila uspešnosti rada planske službe sastoji se u obezbedjivanju kraćih ciklusa izrade delova i povećavanju stepena neprekidnosti proizvodnje. Izvršene su mnoge analize sa ciljem da se utvrdi udeo samog procesa obrade dela u kalendarski posmatranom ciklusu njegove izrade. One su pokazale da taj udeo do nivoa srednjih serijnosti u proseku iznosi oko 5%, što je prikazano na slici 2. U tom primeru faktor protoka



Slika 2

iznosi 20, on je naravno manji ako se umesto kalendarskih uzmu samo radni dani i smene, ali to sa ekonomskog stanovišta nije opravdano. Rezerve koje postoje na području smanjivanja ciklusa izrade su zaista ogromne te ovo područje mora da ima najveći značaj u radu svake planske službe. Zbog navedenog je i u toku izvodjenja projekta IMAX sistema predvidjeno stalno i sistematsko snimanje i analiza ciklusa izrade lansiranih serija delova.

2. Značaj snimanja ciklusa izrade u proizvodnji

U proizvodnji sa prekidnim karakterom rada, artikli se izradjuju u serijama odredjenih veličina i ritma ponavljanja. Sa stanovišta ciklusa izrade, javljaju se tri nivoa:

1. Ciklus izrade odredjene serije proizvoda koji se po pravilu deli na ciklus izrade originalnih delova i ciklus montaže. Treba naglasiti da paralelno sa ciklusom izrade delova teče proces obezbedjivanje delova koji se nabavljaju na tržištu. Pored toga ovde je od značaja i činjenica da se ciklusi izrade delova i montaže u odredjenoj meri preklapaju, veće preklapanje daje kraći ciklus izrade serije proizvoda.
2. Ciklusi izrade serija delova date serije proizvoda. U ovom slučaju se postavlja zahtev da se ciklusi izrade svih ostalih delova uklope u ciklus onog dela koji ima najduže trajanje.
3. Ciklus izvodjenja operacija predvidjenih u okviru izrade odredjene serije delova i s datim redosledom.

Treba reći da je od svih, ciklus izrade serija delova najznačajniji jer u sebe uključuje cikluse operacija a istovremeno i neposredno utiče na ciklus proizvoda. Njemu se prema tome poklanja posebna pažnja ali se pri tome ni u kom slučaju ne zanemaruju druga dva oblika ciklusa.

U radnim organizacijama kod kojih je uveden IMAX sistem gotovo po pravilu nije postojalo sistematsko snimanje i korišćenje podataka o ciklusima izrade serija delova i proizvoda a isto tako ni za operacije. Prilikom planiranja koriste se neki iskustveni podaci zasnovani pretežno na subjektivnim kriterijumima. Posledice ovakvog pristupa su veoma nepovoljne - ostvarivanje planiranih rokova se javlja kao izuzetak, visoka je nedovršena proizvodnja, dolazi do zastoja u montaži, rastu troškovi, itd. Zbog toga se u prvim fazama uvodjenja IMAX sistema ovom pitanju posvećuje najveća pažnja tako što se prema pripremljenoj metodologiji pristupa snimanju ciklusa izrade delova, počevši od izabranih uzornih skupova. Da bi se izbegao stalan proračun ciklusa izrade, odmah zatim se na osnovu prethodnog snimanja polaznih podataka, proračuna dužina ciklusa i njihove provere, i drugih uticajnih činilaca, odredjuju standardni ciklusi. Ovi ciklusi se postavljaju za uobičajene veličine lansirnih serija izradjiva-

nih delova i obradjuju u obliku tablica čime se omogućuje lako i brzo korišćenje.

Što se tiče strukture, ciklus izrade serije delova sastoji se u osnovi iz:

1. Vremena izrade delova, po operacijama
2. Vremena kontrole, po završenim operacijama
3. Vremena transporta izmedju, pre i posle operacija
4. Vremena čekanja, koja se javljaju izmedju ova tri navedena vremena

Prilikom snimanja podataka nisu posebno tretirani postupci izvodjenja operacija obrade utoliko pre što su se javljali svi oblici - redni, paralelni i kombinovani.

3. Prikaz izvršenih snimanja ciklusa izrade serija delova

Zbog ograničenog prostora, ovog puta će se prikazati ona snimanja ciklusa izrade serija delova koja su izvršena kao uzorna. Kod izbora delova u ovim uzorcima uzeti su u obzir svi glavni činioci koji ih čine reprezentativnim. Snimljeni podaci odnose se na 10 radnih organizacija koje pripadaju različitim oblastima mašinogradnje i metalske industrije, a nalaze se u tri republike. U cilju očuvanja tajnosti podataka, ove radne organizacije označene su velikim slovima: A,B,C,D,E,F,G,H,I i J.

Posle vrlo obimne obrade polaznih podataka, izračunate su vrednosti za izabrane veličine za uzorke iz svih 10 ra-

Tabela 1

Radna organizacija	Veličina uzorka (kom)	Izračunate vrednosti	Polazni podaci							Ciklus izrade i faktor protoka				Vreme izrade po 1 operaciji (čas)
			Broj operacija	T_{pz} (čas)	t_k (čas)	Veličina serije (kom)	t_{ik} (čas)	T_{is} (čas)	Udeo T_{pz} (%)	Ciklus serije (čas)	Faktor protoka	Ciklus serije delova (dana)	Ciklus operacije (dana)	
A	49	Prosek	17,59	8,83	1,35	50,31	1,62	81,57	25,60	2.184,2	87,85	116,02	7,09	3,93
		Max	32	27,00	3,93	450	7,83	709	56,15	7.656	321,23	278	18,22	23,63
		Min	4	1,80	0,04	2	0,08	4,02	2,97	408	5,00	17	1,64	0,54
B	61	Prosek	6,26	3,81	1,49	87	1,62	113,48	5,60	3.088,7	51,48	128,70	20,33	16,75
		Max	14	9,10	7,04	300	7,16	735,50	20,00	15.000	932	625	128,67	91,94
		Min	1	0,50	0,05	30	0,06	4,55	0,64	24	0,81	1	0,33	2,35
C	43	Prosek	9,51	5,89	3,01	70,98	3,16	139,93	7,86	1,164,8	13,38	48,30	5,42	13,34
		Max	18	15,60	23,94	360	24,98	718,33	34,15	3,816	43,03	159	20,40	41,33
		Min	4	2,10	0,20	4	0,21	10,04	1,58	72	1,77	3	0,38	1,43
D	73	Prosek	5,58	8,40	2,95	143,70	3,04	81,77	6,05	2,467	47,48	102,71	16,42	15,12
		Max	14	12,10	157,36	2.530	159,31	1.274,46	24,73	12.936	362,80	539	86	98,04
		Min	1	0,40	0,03	8	0,033	4,95	0,60	24	0,89	1	0,50	1,86
E	58	Prosek	9,60	3,26	0,73	694,16	0,77	219,50	1,78	1.141,7	8,71	47,67	5,77	28,83
		Max	22	11,50	5,50	4.040	5,67	2.169,10	11,90	4.584	42,20	191	25,60	125,00
		Min	3	1,00	0,02	50	0,022	8,40	0,20	120	1,08	3	0,40	2,10
F	73	Prosek	4,85	2,67	1,02	104,55	1,06	81,88	6,49	1.778,9	42,89	73,96	15,22	16,81
		Max	16	10,20	6,35	300	6,48	462,10	18,37	9.336	462,86	389	120,00	127,43
		Min	1	0,40	0,03	10	0,034	3,40	0,50	24	1,07	1	0,50	0,84
G	34	Prosek	8,30	3,89	2,74	42	3,00	125,96	7,70	1.970	93,67	82,30	12,85	11,68
		Max	20	17,17	20,38	100	20,76	934,40	30,30	3.552	745,53	148	41	46,72
		Min	3	0,91	0,13	23	0,19	4,40	1,44	504	1,85	21	2,33	0,52
H	73	Prosek	4,51	2,60	3,53	97,14	3,62	84,16	7,83	1.306	35,28	55,26	12,12	13,66
		Max	16	9,60	88,64	300	90,24	741,40	37,50	5.856	253,74	244	88	73,21
		Min	2	0,85	0,03	5	0,04	2,40	0,86	24	1,03	1	0,50	1,20
I	99	Prosek	2,63	2,32	1,40	32,81	1,67	20,03	18,29	231,5	39,47	9,38	2,12	7,91
		Max	10	7,50	7,93	400	13,25	159,20	86,20	720	1.280	30	24	83,10
		Min	1	0,45	0,04	1	0,05	0,45	0,60	24	1,30	1	1	0,28
J	57	Prosek	5,81	3,53	2,17	108,60	2,25	123,13	5,72	2.401,7	32,79	100,06	15,80	21,48
		Max	14	10,90	23,38	770	24,29	819,70	18,03	12.672	235,26	528	65,86	117,10
		Min	1	0,30	0,03	10	0,04	1,80	0,56	18	1,11	0,75	0,33	1,80
A do J	620	Prosek	5,24	5,38	2,32	140,62	2,77	101,20	9,79	1.683,5	42,52	72,16	10,12	14,83
		Max	32	27,00	157,36	4.040	159,31	2.169,10	86,20	15.000	1.280	625	128,67	127,43
		Min	1	0,40	0,02	1	0,022	0,45	0,20	18	0,81	0,75	0,33	0,28

dnih organizacija, čiji je prikaz dat u Tabeli 1. I ovoga puta se iskazala prednost koju daje izvedeni razvoj IMAX sistema po kome se pored planskih uzimaju u razmatranje i brojni tehnološki pokazatelji. U tabeli su izneti svedeni podaci za sve radne organizacije pri čemu su pored prosečnih date i ekstremne vrednosti-maksimalne i minimalne u cilju njihovog realnijeg sagledavanja.

Imajući u vidu da podaci iz tabele govore sami po sebi, izneće se samo kraći komentari podataka i proseka za sve radne organizacije:

1. Faktor protoka pri izradi serija delova kreće se od 0,81 do 1.280, prosečna vrednost mu je 42,52 - što znači da se delovi nalaze u procesu obrade oko 2,30% kalendarskog protoka vremena. U nekoliko slučajeva faktor protoka je manji od 1 jer su uzeta u obzir normirana a ne stvarno utrošena vremena obrade. Mogućnosti smanjivanja faktora protoka postaju očigledne ako se uoče njegovi podaci za radnu organizaciju E, uz napomenu da je kod snimanja ovih podataka već ostvarivano korišćenje prvih efekata IMAX sistema. Sa druge strane gornje vrednosti faktora protoka dostižu enormne razmere-najveća je 1.280!

2. Ciklus izrade serije delova, koji služi za izračunavanje faktora protoka, posmatran je kao kalendarski protok vremena. Prosečna vrednost se još i može prihvatiti za složene delove, jer iznosi oko 72 dana odnosno 2,4 meseca. Šta da se kaže za izradu serije delova koja je trajala 625 dana tj. 15.000 časova?!

3. Ciklus izvodjenja operacija, u proseku se za jednu operaciju troši nešto preko 10 dana što je u svakom slučaju previše. Kao dokaz ove tvrdnje stoji podatak da prosečno trajanje izvodjenja jedne operacije iznosi 14,83 časova tj. oko 2 smene odnosno 1 radni dan.

4. Treba imati u vidu da je u uobičajenoj radnoj sedmici udeo radnog vremena oko 50% u kalendarskom vremenu, ako se radi u dve smene.

5. Serijnost izrade posmatranih delova kreće se od 1 do 4.040 komada uz prosečnu vrednost koja iznosi 140,62 komada. Posle razmatranja serijnosti svih 620 delova iz ukupnog skupa, zaključeno je da kod oko 90% slučajeva on ima maloserijski karakter, pojedinačni oko 6,5% a srednjeserijski oko 3,5%. Prema tome, ukupno posmatrano, obradjeni podaci daju sliku o vrednostima svih parametara u uslovima maloserijske proizvodnje, koja u svakom slučaju i preovladjuje u mašinogradnji.

6. Broj operacija obrade po jednom delu kreće se od 1 do 32 a u proseku iznosi 5,24 što je takodje blisko uobičajenim vrednostima i maloserijskoj proizvodnji.

7. Vreme izvodjenja operacija obrade kreće se od 0,28 do 127,43 časova, u proseku iznosi 14,83 časova, čime se pokriva radno mesto radom u dve smene jednog radnog dana. Ako se ima u vidu da je u datim uslovima potrebno svako radno mesto pokriti radom u najmanje jednoj smeni, ovi podaci se mogu povoljno oceniti.

8. Vreme izrade jednog dela kreće se od 0,022 do 159,31 časova, u proseku iznosi 2,77 časova, iz čega sledi zaključak da se pretežno radi o manjim delovima. I u ovom slučaju, kao i kod drugih iznetih podataka, isključivanjem nekoliko najvećih gornjih i donjih vrednosti, dobija se zadovoljavajuća ujednačenost podataka.

9. Vreme izrade serije delova kreće se od 0,45 do 2.169,10 časova, prosek iznosi 101,20 časova.

Iz navedenog sledi zaključak da se vremenom izrade serija delova na svim operacijama(bez prekida rada) pokriva rad od oko 13 smena. Ovde treba uzeti u obzir opšti zahtev da se ciklus izrade serija proizvoda manjih i srednjih veličina, u datim uslovima proteže na period od oko 3 meseca. Od ovog vremena treba odbiti vreme nepokrivene montaže koje iznosi oko 15-30 dana, prema tome ciklus izrade najsloženijih delova ne sme da predje 60 do 75 dana.

10. Udeo pripremno-završnog vremena kreće se od 0,20 do 86,20%, prosečno 9,79%. Prosečna vrednost je na nivou uobičajenih za maloserijsku proizvodnju.

Na osnovu izvršene obrade iznetih i širih podataka, u svakoj radnoj organizaciji su preduzete brojne akcije u cilju njihovog poboljšavanja. Osnovni cilj je bio smanjivanje ciklusa izrade serija delova i osetno smanjivanje faktora protoka, uz aktivnosti oko odredjivanja optimalnih serija, poboljšavanje rada kontrole, snabdevanja radnih mesta, unutrašnjeg transporta, pratećih evidencija, itd. Ostvarena su vidna poboljšanja tako da se u pr. faktori protoka smanjivani od 15 do 830% uz eliminisanje neopravdano dugih ciklusa izrade, smanjivanja obima nedovršene proizvodnje, broj jedinica čija se izrada prati, itd.

Paralelno sa snimanjem i obradom podataka o ciklusima serije delova, sagledavani su i analizirani potrebni tehnološki pokazatelji. Pri tome je pokazalo da ne postoje ažurni a često ni tačni podaci o vremenima izrade delova po operacijama te su odmah preduzimane mere da se oni srede. Veliki značaj ima izračunavanja optimalnih serija izrade proizvoda i delova što je takodje izvršeno u prvim fazama izvodjenja projekata. U nekim slučajevima su serije povećavane i za dva puta čime je smanjen i broj lansiranja zajedno sa nizom pratećih aktivnosti. Pored toga povećavanjem broja delova u seriji smanjivan je i udeo pripremno-završnih vremena, tako da je on u kasnijim fazama rada na projektu smanjen na 5-7%.

Sve navedeno ne bi bilo moguće da nije prethodno ostvareno radikalno smanjivanje ciklusa izrade serija delova odnosno faktora protoka, o čemu su već izneti podaci. Aktivnim upravljanjem odvijanjem proizvodnje su u velikoj meri smanjeni medjuoperacijski prekidi. Pokazalo se da je bilo opravdano očekivanje prema kome je izmedju dve operacije obrade dovoljan, uz manje izuzetke, prekid od 1 do 2 radna dana. Dužina ovog prekida zavisi od veličina serije jer ona neposredno utiče na aktivnosti kontrole i transporta delova izmedju radnih mesta. Isto tako kod delova koji se rade u malim serijama a imaju i kratko vreme izrade, bilo je moguće da se kao najbolji ostvari ciklus izvodjenja operacije u trajanju od jedne radne smene.

Očigledan je izuzetan značaj i uticaj koji ima ciklus izrade serija delova na uspešno planiranje i upravljanje proizvodnje. U daljim sagledavanjima obuhvatiće se širi broj podataka koji će se potpuno analizirati prvenstveno u okviru odredjenih radnih organizacija. I ovi podaci će se kasnije zbirno i uporedno posmatrati čime će se stvoriti uslovi za uopštavanje i izvlačenje zaključaka koji su od šireg značaja za našu privredu.

IV ZAKLJUČAK

Tokom razvoja i izvodjenja brojnih IMAX projekata postavljena je takva metodologija, postupci, organizaciona oprema i nosioci informacija kojim se u našim uslovima s dobrim uspehom ovaj sistem uvodi u proizvodne radne organizacije. Najveći značaj ima ostvareno sagledavanje i rešavanje velikog broja ometajućih činilaca u radu planskih i drugih službi kao bitnog preduslova za ostvarenje postavljenih ciljeva. Poseban značaj daje se snimanju i analizi brojnih podataka u cilju otkrivanja i korišćenja unutrašnjih rezervi, posebno u radu planske službe. Pri tome je najveća pažnja poklonjena ciklusima izrade delova, njihovom skraćivanja i bržem protoku proizvodnje. U toku su dalja izučavanja u pravcu ostvarivanja boljeg korišćenja vremenske dimenzije u proizvodnji uz povećavanje kontinuiteta rada i smanjivanje troškova.

L i t e r a t u r a

/1/ Uroševič Sreten, IMAX sistem, Beograd, Institut IAMA i "Radulaška" Beograd, 1974.

/2/ Sofronić Aleksandar, Razvoj i primena IMAX sistema u OOUR SES-RO Rotacioni strojevi, "Rade Končar", Zagreb, Elaborat 521/79, Institut IAMA, Beograd, 1979

/3/ Markov Borivoj i dr., Poboljšavanje sistema organizacione pripreme i upravljanja proizvodnje u Mašinskoj obradi OOUR Kovačnice, RO Železara Zenica, Elaborat 546/79, Institut IAMA, Beograd, 1979

/4/ Markov Borivoj i dr., Razvoj i primena IMAX sistema za planiranje, pripremu i upravljanje proizvodnje u RO Sarlah-SOUR Tigar, Pirot, Elaborat 682/82, Institut IAMA, Beograd, 1982

/5/ Markov Borivoj i dr., Razvoj i primena IMAX sistema za planiranje, pripremu i upravljanje proizvodnje u RO FAM-SOUR MZ Tito, Skopje, Elaborat 683/82, Institut IAMA, Beograd, 1982

/6/ Markov Borivoj i dr., Razvoj i primena IMAX sistema za planiranje, pripremu i upravljanje proizvodnje u RO Learnica-SOUR MZ Tito, Skopje. Elaborat 689/82, Institut IAMA, Beograd, 1982.

/7/ Markov Borivoj, Neki rezultati ostvareni primenom IMAX sistema i opreme za upravljanje proizvodnje, Zbornik radova III Simpozijuma UPOS '83, Zagreb, 1983, strane 268-285

/8/ Markov Borivoj i dr. Razvoj i primena IMAX.M sistema za planiranje, pripremu i upravljanje proizvodnje u OOUR TAS-RO Dalmastroj, Split, Elaborat 752/84, Institut IAMA, Beograd, 1984

/9/ Markov Borivoj, IMAX.M sistem kao most izmedju konvencionalnih i automatizovanih sistema za planiranje, pripremu i upravljanje proizvodnje, Zbornik radova Naučno stručnog skupa IS '84, Novi Sad, 1984, strane 295 do 301

/10/ Markov Borivoj i dr., Istraživanje, razvoj i primena IMAX.M sistema za planiranje, pripremu i upravljanje proizvodnje u OOUR FMD-RO IMT, Boljevac, Elaborat 783/85, LOLA Institut IAMA, Beograd, 1985

/11/ Markov Borivoj i dr., Razvoj i primena IMAX.M sistema za planiranje, pripremu i upravljanje proizvodnje u RO FOP - SOUR MZ Tito, Skopje, projekat je u toku izrade

B.Markov

THE MANUFACTURING CYCLES AS AN ESSENTIAL FACTOR IN THE IMAX SYSTEM FOR PRODUCTION PLANNING

Abstract

Basic task of modern planning systems in the intermittent production is to increase the laters continuity. During the execution of a number of temporary IMAX.M systems for planning, preparing, and controlling the production, cycles of manufacturing chosen part groups were recorded for the purpose of analysis and reduction. In addition to outlining the models and application of the IMAX system, the paper also presents the results obtained by analysing manufacturing cycles in concrete conditions of several production environments.
Due attention is devoted to all the initial and other data that are related to, or affect the cycles of part production. On the basis of the above, a survey is given of some of the results achieved in this field.

XIX SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE

Kragujevac, septembar 1985.

SAVREMENI PRISTUP ORGANIZACIJI PROIZVODNIH PROCESA I POVEĆANJU PRODUKTIVNOSTI RADA U MAŠINOGRADNJI

V. Ognjanović, Mašinski fakultet, Niš

Rezime

Problem povećanja produktivnosti rada može se uspešno rešavati samo ako se poznaju faktori produktivnosti rada.

Faktore produktivnosti rada najlakše možemo uočiti u modelu prof. Stjepana Hane, koji je dekonponovanjem pojma produktivnosti formirao novu definiciju produktivnosti rada povezujući je sa pojmom proizvodnih snaga rada. Pored ovog modela prikazan je i integralni model organizacije proizvodnog procesa prof. Nenada Mileusnića.

Uspešno ostvarenje osnovnog cilja - povećanja produktivnosti proizvodnog procesa, obezbedjuje se paralelnom primenom prikazanih modela, kojom se istovremeno nauka o organizovanju rada i poslovanja afirmiše kao jedan od najznačajnijih faktora produktivnosti rada.

1. ZNAČAJ POVEĆANJA PRODUKTIVNOSTI RADA

Značaj povećanja produktivnosti rada nije potrebno posebno dokazivati jer se zna da je Nauka o organizovanju rada i poslovanja povećanje produktivnosti društvenog rada uvrstila medju svoje osnovne ciljeve a poznat je i stav da nema ispravne ekonomske politike koja u središte svojih trajnih ciljeva ne stavlja rast produktivnosti. Zbog toga su mere za podizanje produktivnosti rada zauzele prvo mesto medju bitnim komponentama programa povećanja efikasnosti privredjivanja OUR-a (u okviru Antiinflacionog proframa). Ovome se još može dodati da "od nivoa i dinamike produktivnosti jednoznačno zavise životni standard nacije, konkurentska sposobnost privrede na tržištima širom sveta i tempo ekonomskog rasta", /6/kao i to da se Dugoročni program ekonomske stabilizacije neće moći ostvariti "ako pored niza drugih zadataka, ne budemo uspešno rešili i zadatak postojanog i osetnijeg povećanja produktivnosti društvenog rada uz mnogo intenzivnije i ekstenzivnije korišćenje svih naših kapacitete". /6/

Medjutim, iako su ove činjenice poznate i priznate, izvesno je da nisu bile u dovoljnoj meri prihvaćene, jer smo suočeni, prema zaključku Skupštine Jugoslavije, sa dramatično niskim nivoom naše produktivnosti, kao i sa nezadovoljavajućom dinamikom njenog rasta. Podaci koji o ovome svedoče sadržani su u Analizi Saveznog zavoda za društveno planiranje uradjene 1981. godine za potrebe Skupštine Jugoslavije.

Društveni proizvod po stanovniku godišnje u SAD dolarima za 1976. godinu: /5/

Tab. 1

	$ stan/god.	Indeks
SR Nemačka	9 580	403
Francuska	8 260	347
DR Nemačka	5 710	240
S S S R	3 700	156
Madjarska	3 450	145
Jugoslavija	2 380	100

Prosečna stopa produktivnosti rada u Jugoslaviji iznosila je: /6/

- tokom perioda 1957 - 1960 +5,4%

- tokom perioda 1976 - 1980 +2,1%
- tokom perioda 1981 - 1985 -1,3%

a godišnje stope tokom poslednjeg petogodišnjeg perioda iznosile su: /6/

- za 1981. -1,6%
- za 1982. -2,3%
- za 1983. -3,2%
- za 1984. +0,2%
- za 1985.(procena) +0,8%.

Ostali podaci iz navedenih i drugih izvora u potpunosti potvrdjuju izrazito nizak nivo i višestruko zaostajanje naše produktivnosti u odnosu na razvijene zemlje sveta, što nas je svrstalo medju zadnjima na rang-listama produktivnosti.

U ovakvoj situaciji neophodno je sprovesti analize radi definisanja uzroka nezadovoljavajućeg stanja produktivnosti rada, što zahteva istraživanje brojnih faktora produktivnosti koji su negativno delovali. Na osnovi dosad izvršenih istraživanja, mogu se, kao primer navesti nekoliko razloga niske produktivnosti rada:

- slabo korišćenje fonda radnog vremena,
- nepovoljna struktura radne snage,
- korišćenje kapaciteta niskim stepenom ekstenziteta. /6/

Poznavanje faktora produktivnosti je bitna pretpostavka za uspešno rešavanje zadatka povećanja produktivnosti rada. Veliki broj ovih faktora, koji mogu delovati vrlo različito, otežava izvršenje ovog komplikovanog zadatka.

Krajnji ciljevi borbe za povećanje produktivnosti rada mogu se svesti na tri osnovna cilja koji se odnose na čovekov život i rad.To su: "postepeno skraćenje radnog dana, smanjenje radnih napora i mogućnost obavljanja rada pod uslovima i u odnosima koji su čoveka sve manje nedostojni". /1/ Ovi ciljevi se u organizacijama udruženog rada mogu ostvariti kratkoročnim i dugoročnim merama.

Kratkoročne mere za povećanje produktivnosti rada treba u današnjem trenutku da dobiju apsolutno prvenstvo, jer se ostvaruju bez većih, ili bez ikakvih investicija. Preme /6/, to su sledeće mere:

- pravilna organizacija udruženog rada,
- uvodjenje savremenih metoda upravljanja i rukovodjenja,
- izradjivanje i uvodjenje metoda za merenje produktivnosti rada i drugih kontrola efikasnosti poslovanja,
- bolje korišćenje postojećih kapaciteta,
- racionalnije korišćenje osnovnih sredstava,
- štednja sirovine i energije,
- kontrola i poboljšanje kvaliteta proizvoda,
- naučne organizacije proizvodnje i poslovanja
- stručno i opšte obrazovanje radnika,
- higijenska i tehnička zaštita radnika,
- poboljšanje odnosa medju ljudima na radu,
- usavršavanje sistema raspodele u cilju individualne i grupne stimulacije svih članova kolektiva za povećanje produktivnosti rada itd.

Dugoročne mere za povećanje produktivnosti sa većim investicijama su sledeće:

- uvodjenje moderne tehnike i savremenih tehnoloških postupaka,
- povećanje obima i delotvornosti sredstava za proizvodnju itd.

2. SUŠTINA PRODUKTIVNOSTI RADA

Iz istih razloga iz kojih je bilo potrebno isticati značaj povećanja produktivnosti rada, potrebno je vraćati se i raspravi o suštini pojma produktivnosti rada i to uglavnom s ciljem prevazilaženja protivurečnih i jednostranih tumačenja ove suštine, kao i radi preciznijeg identifikovanja, sistematizovanja i istraživanja interakcijskog delovanja najvažnijih faktora produktivnosti rada.

Opšte definicije koje su date u delima stranih i naših autora odredjuju produktivnost kao vrstu efikasnosti, korišćenje resursa, srazmeru ili merilo, ili kao odnos izmedju proizvodnje i zaposlenosti.

Ako bismo pokušali da formulišemo izvesnu zajedničku osnovu ovih definicija, onda bi se ona najpre mogla naći u postavkama prof. Stjepana Hana.

"Proizvodjenje dobara i pružanje usluga zahteva trošenje resursa. Produktivnost, koja je količnik kvantuma proizvodnih dobara (od-

nosno pruženih usluga) i količine resursa koje su u procesu proizvodnje (odnosno pružanju usluga) utrošene, ima strateški karakter, jer je opšti princip racionalnog dejstvovanja izražen stavom da odredjene ciljeve treba postizati minimumom resursa", odnosno "... sa raspoloživim količinama resursa treba proizvoditi maksimum proizvoda". /2/

"A to po svojoj suštini usmerava na ekspanziju, na stvaralački napor inventivnog poboljšanja proizvodnih procesa i celog poslovanja, a ne na restriktivnu štednju koja može učiniti više štete nego koristi". /2/

Navedene opšte definicije mogu se svesti na jednu, prema kojoj bi se produktivnost mogla shvatiti kao "sposobnost da se proizvodi, ili da se pružaju društveno korisne usluge". Ova sposobnost se meri odnosom izmedju količine proizvoda ili usluga, i količine rada utrošenog za njihovo proizvodjenje, odnosno pružanje. /5/

I ovako izrečena definicija produktivnosti može da izazove nesporazume, ukoliko se ne razgraniči pojam "produktivnosti živog rada" od pojma "globalne produktivnosti", koja podrazumeva srazmeru količine proizvoda i sume živog i minulog rada utrošenog za proizvodnju te količine proizvoda. Prema Marksu, produktivnost društvenog rada raste tako "- što se smanjuje udeo živog rada, a uvećava udeo minulog rada, ali tako da se smanjuje ukupna suma rada koja se nalazi u robi, dakle, da se živi rad smanjuje više nego što se minuli rad uvećava" ("Kapital, tom III", Kultura, Beograd, 1948, str. 210).

Medjutim, problem definisanja produktivnosti rada se ne rešava opštim definicijama, zbog toga što one "ne pružaju praktički nikakvih mogućnosti za sistematsku analizu stanja, i preduzimanje akcije za povećanje stepena efiksnosti društvenog praksisa". /5/ Opšte definicije se odlikuju "zbijenom zatvorenošću" /5/, koju je potrebno razbiti dekonponovanjem samog pojma produktivnosti. Originalan postupak dekonponovanja pojma produktivnosti rada delo je prof. Stjepana Hana. Uvodeći nas u ovaj postupak prof. Han je počeo sa konstatacijom "da je produktivnost rada, kakogod da je definisana, ex post kategorija u tom smislu što se o njoj može govoriti tek posle obavljenog čina proizvodnje, odnosno pružanja usluge, kao i o dokazanoj sposobnosti pojedinca, organizacije udruženog rada, ili celog društva". "Sposobnost proizvodjenja i pružanja usluga, medjutim, postoji i ex ante, kao potencijal da se proizvodi na odredjenom stupnju uspešnosti". /6/ "Tu potencijalnu, još ne dokazanu, ali postojeću sposobnost proizvodjenja i pružanje usluga odredjuju proizvodne snage rada na koje, po Marksu, pored ostalih činilaca, utiču, pre svega:

- prosečni stupanj umešnosti radnika,
- stupanj razvića nauke i njene tehnološke primenljivosti,
- društvena organizacija procesa proizvodnje,
- obim i delotvornost sredstava za proizvodnju, i
- prirodne okolnosti". /6/

Ovu grupu faktora proizvodnih snaga rada prof. Han je uporedio sa grupom faktora koju je Marks naveo u svom izlaganju o nadnici, ceni i profitu. /9/ Dati su u šemi koja sledi.

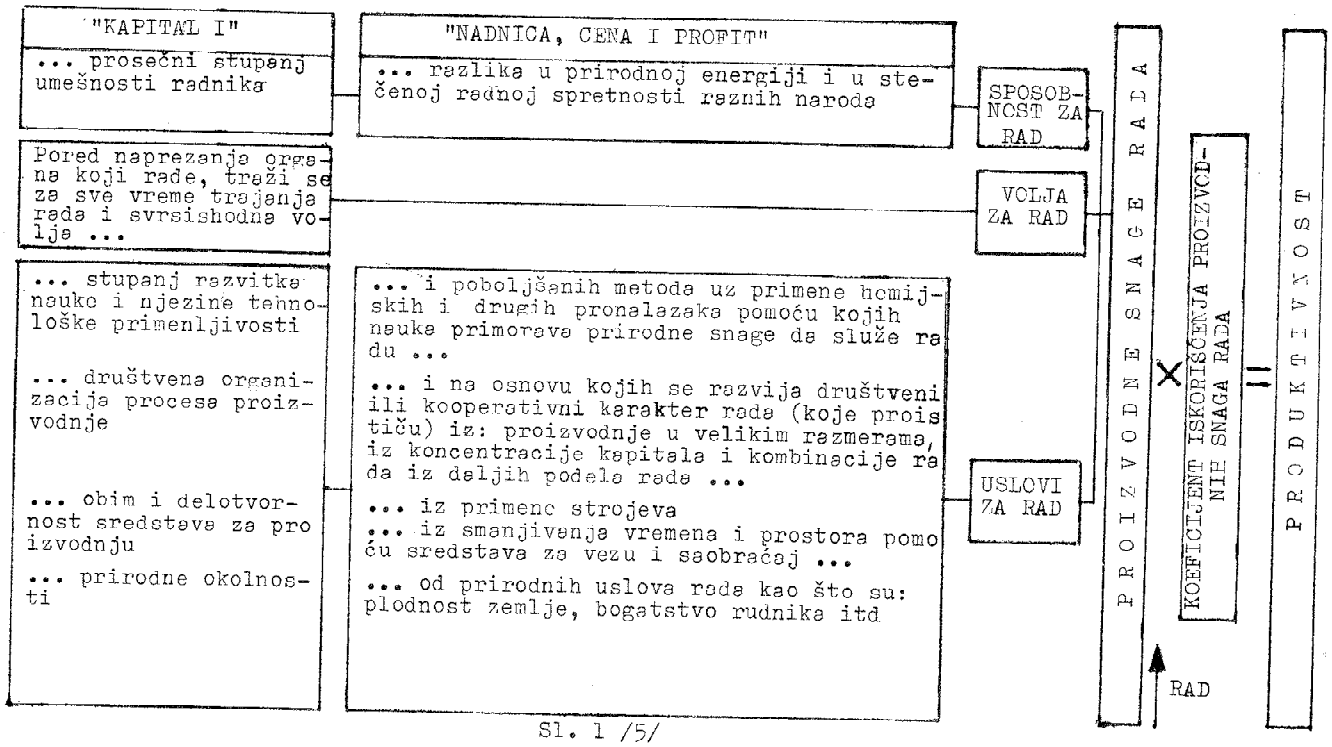
Poznati pasus o volji za rad prof. Han je uzeo iz prve knjige "Kapitala", iako ga Marks ni je izričito uključio u red činilaca koji na proizvodne snage rada utiču. (videti šemu).

Sve navedene faktore prof. Han je spojio u tri komponente proizvodne snage rada:

- sposobnost za rad,
- volja za rad, i
- uslovi rada.

"Ova podela je lakše shvatljiva, a sem toga eksplicitno vodi računa o psihosociološkim činiocima proizvodnih snaga, koji su u Marksovim definicijama implicitno sadržani". /2/ Vezu izmedju ove trojne podele i dveju Marksovih sistematizacija pokazuje šema na sl.1, koja još sadrži i vezu izmedju proizvodne snage rada i produktivnosti rada.

"Sinteza tih triju kategorija - koje su uostalom visoko interaktivne daje subjektivnu potencijalnu sposobnost proizvodjenja, to jest proizvodnu snagu rada. Aktivirana i oplodjena ljudskim radom, čiji intenzitet i kvalitet odredjuje koeficijent korišćenja raspoloživog potencijala, proizvodna snaga se "pretvara" u produktivnost". /5/



Sl. 1 /5/

Na ovaj način je pojam produktivnosti rada "otvoren", što znači da se lako mogu sagledati svi važni faktori od kojih zavisi nivo produktivnosti rada, i obezbediti uslovi za organizovano delovanje na njih radi povećanja produktivnosti rada.

3. KONCEPT INTEGRALNOG MODELA ORGANIZACIJE PROIZVODNIH PROCESA

Model organizacije proizvodnog procesa koji se može smatrati klasičnim, jeste model koji je formiralo društvo mašinskih inženjera Amerike 1947. godine, usvojivši "Standard za izradu karata operacija i toka proizvodnog procesa". Prema ovom standardu, aktivnosti proizvodnih procesa mogu se svrstati u pet grupa: ○ - operacija, ⇨ - transport, □ - kontrola, ▽ - skladištenje i D - zastoj ili čekanje, pri čemu su prve četiri aktivnosti elementarni procesi. Simboli ovih aktivnosti predstavljaju modifikaciju skraćene serije Gilbrethovih simbola utoliko što je strelica zamenila kružić, a dat je jedan nov simbol za označavanje zastoja. Ovi simboli bili su objavljeni 1949. godine u knjizi : "Operation and Flow Process Charts", a koriste se prilikom snimanja u pojednostavljenju rada, odnosno za prikazivanje toka rada. Karta proizvodnog procesa je grafički prikaz redosleda operacija koje se dešavaju u procesu.

Nešto kasnije, u redovima nekih naših poznatijih autora, javljale su se nove definicije proizvodnog procesa.

U delu: "Organizacija i ekonomika proizvodnje", Beograd, 1963, profesora dr Vukana Dešića, proces fabrikacije se raščlanjuje na sledeće osnovne faze:

1) Priprema proizvodnje, uključivo lansiranje;

2) Organizacija i neposredna priprema rada, sve do pojedinih radnih mesta (zadaci tehničke operative);

3) Rukovodjenje (uključivo naredjivanje) proizvodnjom (zadatak operativnog rukovodstva, personifikovanog u šefu fabrikacije , koje on prenosi, prema kompetencijama, na niže rukovodioce, sve do predradnika);

4) Usklađjivanje (regulisanje) proizvodnih procesa sve do osnovnih operacija (zadatak dispečera mreže, sa glavnim dispečerom na čelu, koji je podredjen šefu fabrikacije);

5) Kontrola kvaliteta proizvoda (procesualna), koja je u sastavu tehničke službe i završna kontrola, koju vrše organi nepo -

sredno podredjeni direktoru preduzeća.

U sastav dispečerske službe (tačka 4) ulaze:

a) Grupa transportnih radnika, sa dispečerom za transport na čelu (prenos materijala i ostalih potreba, prenos predmeta rada u toku obrade i sl.);

b) Grupa radnika za održavanje radne sposobnosti proizvodne opreme, sa dispečerom za održavanje na čelu; i

c) Poenteri.

Isti autor je 1966. godine u delu "Metode naučne organizacije rada" definisao kompleks poslova službe tehničke operative na sledeći način:

1) Razrada operativnih planova i terminiranje proizvodnje;

2) Podela zadataka po pogonima i radnim mestima;

3) Neposredno obezbedjenje radnih mesta i lociranje proizvodnje;

4) Regulisanje (dispečiranje) proizvodnje;

5) Kontrola kvaliteta proizvodnje (medjufazna kontrola);

6) Obezbedjenje mera HTZ;

7) Održavanje radne sposobnosti orudja za rad; i

8) Intervencije u slučaju eventualnih smetnji u toku proizvodnih procesa.

Godine 1975, autori dr Stevan Kukoleča i mr Božidar Stevrić, u delu "Osnovi ekonomike i organizacije proizvodnje", organizacijom procesa proizvodnje obuhvataju:

1) Organizaciju tehnološkog procesa, koje obuhvata:

   a) Rasporedjivanje poslova na radna mesta;

   b) Rasporedjivanje poslova na radnike;

   c) Obezbedjenje kvaliteta proizvoda;

   d) Obezbedjenje ritma proizvodnje; i

   e) Obezbedjenje ekonomičnog trošenja.

2) Organizaciju unutrašnjeg transporta;

3) Održavanje sredstava za rad; i

4) Operativnu evidenciju u proizvodnji.

Navedeni primeri ilustruju različitost koncepcija i shvatanja procesa proizvodnje tako da se u nedostatku precizne definicije procesa proizvodnje uočava i mešanje faze pripreme proizvodnje.

Profesor Vuksan Bulat u svojoj knjizi "Organizacija proizvodnje", Beograd, ICS, 1976, na strani 105 daje definiciju prema kojoj "Proizvodni proces obuhvata sve poslove i operacije proizvodnog i neproizvodnog karaktera". /12/

Prema istom autoru, tehnološki proces predstavlja nešto uži pojam u poredjenju sa proizvodnim procesom, s tim što se pod tehničkim procesom podrazumeva redosled i način izvršenja pojedinih operacija u cilju dobivanja proizvoda odredjenih svojstava i kvaliteta. /12/

Definicije tehnološkog i proizvodnog procesa date su i u Tehničkoj enciklopediji, knjiga 9 na str. 702. Prema ovom izvoru "Tehnološki proces u biti je samo proces preobrazbe, tj. obradbe i preradbe materijala promjenom njegovih fizikalnih, odnosno kemijskih svojstava, a svrha mu je izraditi proizvod odredjenih svojstava i kvalitete. Zapravo sadrži samo redoslijed i opis metoda rada radnih operacija. Može obuhvaćati i kontrolu kvalitete ako se želi utvrditi da li se operacija izvela u propisanim granicama koje osiguravaju upotrebnu vrijednost proizvoda". /15/

"Proizvodni proces je organizacijsko rješavanje tehnoloških procesa u prostoru, dakle, odredjivanje proizvodne prostorne strukture, što obuhvaća razmještaj radnih mjesta i svih potrebnih površina. Zato sadrži, osim radnih postupaka operacije, još i postupke kontrole, transporta, zastoja i uskladištenja, a sastoji se od više tehnoloških procesa". /15/

Na sasvim nov, originalan način profesor Nenad Mileusnić, u svom delu "Organizacija procesa proizvodnje", Beograd, 1977. definiše proces proizvodnje i njegove faze, odnosno elementarne procese, polazeći od podele procesa u proizvodnji, koje deli na proizvodne i tehnološke. Procesi u proizvodnji čine horizontalnu podelu rada koja ima zadatak da obezbedi izradu proizvoda. Prema ovom autoru, "pod proizvodnim procesom podrazumeva se sve ono što se zbiva sa predmetom rada od ulaska sirovina u proizvodnju do izlaska gotovih proizvoda iz proizvodnje". /11/

Ovaj proces se po klasičnoj podeli rada sastoji iz četiri elementarna procesa:

1. rad na proizvodnim radnim mestima;
2. kontrola kvaliteta;
3. unutrašnji transport;
4. skladištenje u proizvodnji.

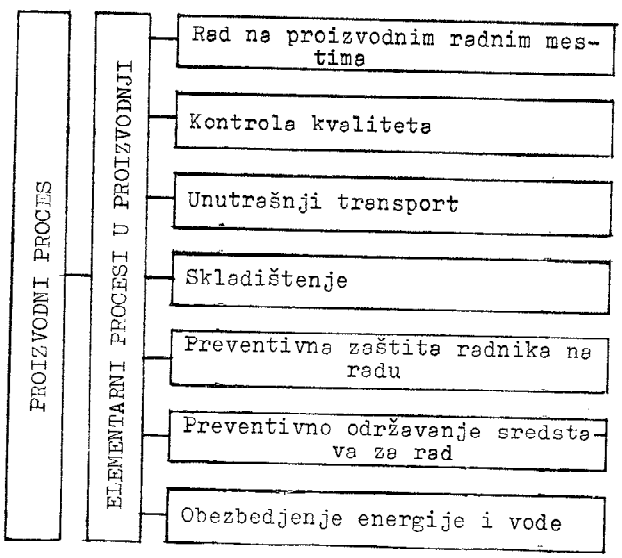
Medjutim, smatra prof. Mileusnić, klasična podela proizvodnog procesa ne obezbedjuje potpunu efiksasnost proizvodnje, sama proizvodnja neme brz i kvalitetan odnos uzajemnog delovanja se tržištem, a radna mesta u proizvodnji su,po pravilu, otvorenog tipa. Sem toga, u proizvodnji se tada javljaju zastoji, čekanja i drugi gubici koji bi u sistemski organizovanoj proizvodnji bili znatno smanjeni ili u potpunosti uklonjeni.

Prof. Mileusnić zbog toga, klasičnu strukturu procesa proizvodnje proširuje sa još tri elementarna procesa proizvodnje:

5. preventivna zaštita radnika na radu;
6. preventivno održavanje sredstava za rad; i
7. obezbedjenje energije i vode za proizvodnju.

Ovaj savremeni prilaz organizaciji proizvodnih procesa pretpostavlja da je navedenih sedam elementarnih procesa u sastavu proizvodnog procesa povezano u organizacionu i medjusobno zavisnu celinu, s tim što pojedini od njih imaju posebne oblike.

Kao posebno stanje procesa uzimaju se gubici u vremenu zbog zastoja i čekanja.



Sl. 2. Struktura proizvodnog procesa /11/

Osnovni razlog za ovu podelu na 7 elementarnih procesa je što radno mesto, kao osnovna ćelija proizvodnje, treba da bude zatvorenog ili stabilizacionog tipa, a to se može postići samo ako se optimalno organizuju svi elementarni procesi pojedinačno i kao celina, i ako sinhronizovano funkcioniše kompleksna priprema proizvodnje (istraživačko-razvojna, poslovna, operativna i radionička).

Elementarni procesi zaštite radnika na radu i održavanja sredstava za rad su preventivni u odnosu na radnika i mašinu.

U ovakvoj podeli proizvodnog procesa, prof.Mileusnić je odvojio tehnološki proces od proizvodnog procesa na taj način što ga je definisao kao deo proizvodnog procesa koji se odnosi na rad na proizvodnim radnim mestima, i to za pojedine radne procese. To je dakle, prvi elementarni proces.

"Tehnološki proces sadrži neposredan odnos i kretanje elemenata proizvodnje u njihovom uzajamnom delovanju na pojedinim proizvodnim radnim mestima, te zato sadrži: metode rada na tom radnom mestu, režim rada, vremena i složenost rada, koji se primenjuju za izradu tog proizvoda". /11/

Proizvodna radna mesta u savremeno organizovanom procesu proizvodnje treba da su zatvorenog ili stabilizovanog tipa, tako da radnik na radnom mestu bude u potpunosti opslužen potrebnim predmetima rada, zatim da je radno mesto opremljeno potrebnim sredstvima za rad i da je unutrašnja organizacija radnog mesta, uključujući i uslove radne sredine, optimalno sprovedena. /11/

Pri optimalizaciji organizacije proizvodnih radnih mesta primenjuju se pravila optimalne organizacije radnih mesta, koja se odnose na:

- snabdevanje radnih mesta predmetima rada i sredstvima za rad,
- obezbedjenost kadrova za radna mesta i opremljenost radnih mesta sredstvima za rad,
- racionalizaciju rada i prostora na radnim mestima,
- unapredjenje uslova radne sredine na radnim mestima, i na
- unapredjenje psiholoških i sociloških uslova rada na radnim mestima.

Uvodjenje zatvorenog tipa radnog mesta u proces proizvodnje zahteva dobro organizovanu poslovnu i proizvodnu pripremu (operativnu i ra-

dioničku), kojima takodje treba da predhodi istraživačko-razvojna priprema proizvodnje.

Stabilizovano radno mesto, pored navedenih uslova, zahteva i neke dopunske uslove.Pre svega, da na radnom mestu rad bude specijalizovan i organizovan na najracionalniji način,odnosno da su operacije na takvom radnom mestu ustaljene, to jest, da se ponavljaju, a to znači, treba da postoji velikoserijska ili masovna proizvodnja.

Kontrola kvaliteta treba da obezbedjuje projektovani kvalitet metodama preventivne kontrole kvaliteta proizvoda.

Unutrašnji transport treba da povezuje proizvodna i kontrolna radna mesta izmedju prijemnih i otpremnih skladišta na najkraći i najjeftiniji način sa najmanjim zastojima.

Skladištenje treba da bude tako postavljeno da isključivo služi snabdevanju i opremanju proizvodnje da ne bi došlo do zastoja i drugih gubitaka.

Preventivna zaštita na radu treba da obezbedi potpunu zaštitu radnika od povreda i profesionalnih oboljenja.

Preventivno održavanje sredstava za rad treba da obezbedi potpunu radnu sposobnost svih sredstava za rad u proizvodnji njihovim preventivnim operativnim i preventivnim investicionim održavanjem.

Energija i voda u savremeno organizovanom procesu proizvodnje treba da obezbedjuje nepreki dnost proizvodnog procesa.

Integralnost modela organizacije proizvodnog procesa ogleda se u tome, što on obuhvata,pored funkcionalnog i prostorno organizovanje elementarnih procesa i procesa proizvodnje kao celine i to u vidu pogona i fabrika. Isto tako, ovaj model se u potpunosti uklapa u model radne i složene organizacije udruženog rada, odnosno u podelu rada po funkcijama, koju je takodje definisao prof. Nenad Mileusnić.

4. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Prihvatajući stav da je naučna organizacija rada i poslovanje jedan od najznačajnijih faktora produktivnosti rada, kao i uverenje da to nije samo prazna fraza, ovim radom se čini pokušaj da se to i dokaže na primeru organizovanja proizvodnog procesa i povećanja njegove produktivnosti.

Osnovna ideja je bila da se ovakav cilj može postići paralelnom primenom prikazanih modela produktivnosti rada i organizovanja proizvodnih procesa. Takvim pristupom se na najbolji način može pokazati i interakciona veza izmedju osnovnih ciljeva naučne organizacije rada:

- povećanja produktivnosti rada i
- humanizacije rada.

Polaznu osnovu čini stav da se zadatak povećanja produktivnosti rada može rešavati samo ako se poznaju faktori produktivnosti rada. Drugi uslov je da se postigne preventivno usmeravanje ka pozitivnim načinima i oblicima delovanja tih faktora, ispunjavajući njihovu prirodu pravim sadržajima.

Identifikovanje, razgraničenje i sistematizovanje faktora produktivnosti rada ostvarujemo uz pomoć prikazanog modela produktivnosti, koji ustvari predstavlja novu definiciju na osnovi dekonponovanja pojma produktivnosti rada, i uspostavljanja veze izmedju faktora proizvodne snage rada i produktivnosti rada. Iz tog modela proizilazi da se povećanje produktivnosti rada može ostvariti povećanjem proizvodne snage rada delovanjem na tri grupe faktora: sposobnost za rad, volja za rad i uslovi rada.S druge strane, veću produktivnost možemo ostvarivati boljim korišćenjem potencijala - proizvodnih snaga rada. To znači da intenzitet i kvalitet uloženog rada treba da povećava koeficijent iskorišćenja proizvodne snage rada. Raščlanjivanjem ovih faktora dolazi se do većeg broja novih faktora produktivnosti pretežno organizacijskog karaktera. Na njih se može uticati jedino u sastavu organizacije proizvodnog sistema, čiju osnovu čini proizvodni proces.

Koncept integralnog organizovanja proizvodnog procesa, kojim se obezbedjuje preventivno delovanje na većinu faktora produktivnosti rada dat je prikazanim modelom prof. N. Mileusnića.

Osnovna koncepcija modela oslanja se na definiciju po kojoj je "organizacija proizvodnje sa stanovišta tehnike i tehnologije uzajemna zavisnost i povezanost elemenata proizvodnje, čovekovog rada, sredstava za rad i predmeta rada u racionalnu i ekonomski celishodnu proizvodnu celinu čiji je zadatak da stvara materijalna dobra". /11/

Društveno gledano, "organizacija proizvodnje treba da omogući da se sa postojećom tehnologijom racionalno iskorišćavaju prirodni izvori sirovina i energije i da se omogući racionalna prerada predmeta rada od sirovine do proizvoda krajnje potrošnje, s tim da se proizvodi uspešno prodaju na tržištu". /11/

"Pri svemu tome glavni nosilac organizacije je čovek kome treba da su podredjeni ne samo rezultati već i načini organizovanja proizvodnje". /11/

U strukturi prikazanog integralnog modela organizovanja proizvodnog procesa, proizvodni proces sadrži 7 elementarnih procesa, pri čemu osnovnu ćeliju proizvodnje čini prvi elementarni proces - proizvodno radno mesto, na kome se realizuje tehnološki proces. Cilj je da radna mesta u proizvodnji budu zatvorenog ili stabilizovanog tipa, da bi se realizovala proizvodnja sa što manje gubitaka. To se postiže optimalnom organizacijom proizvodnih radnih mesta primenom pravila optimalne organizacije radnih mesta, koja se odnose na: snabdevanje radnih mesta poslom; obezbedjenje kadrova i opremanje; racionalizaciju rada i prostora; unapredjenje uslova radne sredine; i na unapredjenje psiholoških i sociloških uslova rada. Istovremeno se optimiziraju i svi ostali elementarni procesi i proizvodni proces kao celina. Osim ovoga, potrebno je obezbediti učeše, na odgovarajući način organizovane pripreme proizvodnje, koja treba da obuhvati istraživačko-razvojnu, poslovnu, operativnu i radioničku pripremu proizvodnje.

Prikazani organizacioni model, u suštini predstavlja primenu "sistemskog pristupa" u organizovanju rada i poslovanja ali i u primeni pet osnovnih principa organizacionih nauka:

I Principa podele rada,
II Principa obezbedjenja psihofiziološkog optimuma,
III Principa obezbedjenja efikasne motivacije i integracije radnih ljudi,
IV Principa racionalnog pripremanja upravljačkih i rukovodnih odluka, i
V Principa samoupravnosti. /3/

Integrisanje prikazanih modela produktivnosti rada i organizovanja proizvodnih procesa i njihova paralelna primena, u rešavanju zadatka povećanja produktivnosti rada sigurno će obezbediti lakše i kvalitetnije ostvarenje tog veoma značajnog cilja.

L I T E R A T U R A

/1/ Prof. STJEPAN HAN: "Nauka o radu i njegovom organizovanju" (Beleške sa predavanja), Beograd, 1973.

/2/ Prof. STJEPAN HAN: "Značaj, suština i faktori produktivnosti rada". Referat na XXV sednici Saveznog ekonomskog saveta na temu "Produktivnost rada i efikasnost privredjivanja", Beograd, 1976.

/3/ Prof. STJEPAN HAN: "Epistemološki pristup organizacionim naukama". Referat na Drugom jugoslovenskom simpozijumu organizacionih nauka, Beograd, 1981. Časopis "Direktor", br. 11 - 12, 1981.

/4/ Prof. STJEPAN HAN: "Produktivnost i kultura rada", Časopis "Revija rada", Beograd, 1983, br. 3.

/5/ Prof. STJEPAN HAN: "Stanje produktivnosti rada u Jugoslaviji". Referat održan na naučnom skupu Srpske akademije nauka i umetnosti, 23. i 24. februara 1984.godine. Str. 3. do 16. Zbornika.

/6/ Prof. STJEPAN HAN: "Produktivnost rada i korišćenje kapaciteta", Referat na VII kongresu inženjera i tehničara Jugoslavije", Beograd, 12 - 14. april 1985.

/7/ DRAGUTIN RADUNOVIĆ: "Problemi i faktori produktivnosti rada", "Rad", Beograd,1963

/8/ K. MARKS: "Kapital", tom I, Kultura, Beograd, 1947.

/9/ K. MARKS:"Nadnica, cena i profit", Kultu-

ra, Beograd, 1948.

/10/ N. MILEUSNIĆ: "Planiranje i priprema proizvodnje", Privredni pregled, Beograd, 1974.

/11/ N. MILEUSNIĆ: "Organizacija procesa proizvodnje", Privredni pregled, Beograd, 1977.

/12/ VUKSAN BULAT: "Organizacija proizvodnje", ICS, Beograd 1976.

/13/ VUKSAN BULAT: "Organizacija rada i produktivnost", Referat održan na naučnom skupu Srpske akademije nauka i umetnosti, 23. i 24. februara 1984. godine, str. 58. do 68. Zbornika.

/14/ D. TABORŠAK: "Ergonomija", TE - 5, str. 349 - 352.

/15/ D. TABORŠAK: "Organizacija proizvodnje", TE - 9, str. 701 - 716.

V.Ognjanović

A MODERN APPROACH TO THE ORGANIZATION OF MANUFACTURING PROCESSES, AND TO INCREASING PRODUCTIVITY IN MACHINE PRODUCTION

Abstract

The problem of increasing work productivity can be successfully tackled only if all the factors of work productivity are known.
The factors of work productivity can be most conveniently observed within the framework of the model proposed by S.Han, who decomposed the notion of productivity, creating new definition by relating it to the notion of production forces.Beside this model, the integral model of production process organization of N.Mileusnić is also presented.
Successful realisation of the essential task - increasing productivity of a manufacturing process, is arrived at by a parallel application of the discussed models, in which manner the science of work organization and management is shown to be one of the most prominent factors of work productivity.

XIX SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE

Kragujevac, septembar 1985.

NOVA METODA DELA V PRIPRAVI PROIZVODNJE ZA DVIG PRODUKTIVNOSTI PROIZVODNEGA PROCESA

A. Polajner, Tehnička fakulteta Maribor,
VTO Strojništvo, Maribor

Rezime

Nekatere naloge s področja priprave proizvodnje smo rešili v večletnih raziskavah, pri katerih smo postavili tri osnovna področja: čas, stroške, organizacija dela, in na osnovi teh razvili model za celovito tehnoekonomsko analizo izdelkov v avtomatizirani in konvencionalni proizvodnji. S tako zasnovano raziskavo pa lahko rešujemo probleme kot so izbor uporabljenih strojev, izbor optimalnega postopka obdelave, izdelavo vrednosti strojne ure, določitev in minimiranje časov in stroškov, izdelavo ponudb, termine za proizvodnjo, zasedenost kapacitet in investicijsko utemeljenost. Celoten model za tehnoekonomsko analizo je prirejen za delo na računalniku.

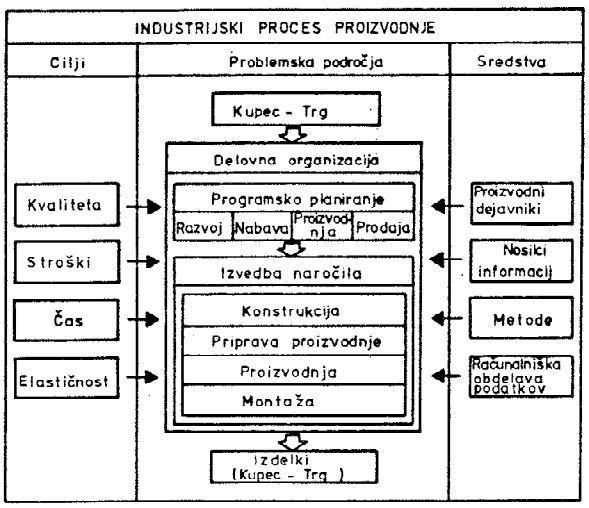
1. UVOD

Iz delitve industrijskega procesa proizvodnje - slika 1 /1/ - lahko ugotovimo, kakšne naloge moramo opraviti v okviru proizvodnega procesa v delovni organizaciji sami. Osnovni cilj proizvodne sistematike je racionalno razvijanje nalog, razvojnih metod in pomožnih sredstev za elastično, časovno in stroškovno optimalno vključevanje proizvodnih faktorjev. Obsega celotno upoštevanje tehniško organizacijskih nalog od razvoja proizvodov do izdelka za trg. Če hočemo doseči gospodarno in terminsko pravilno proizvodnjo, moramo izvesti naslednje naloge:

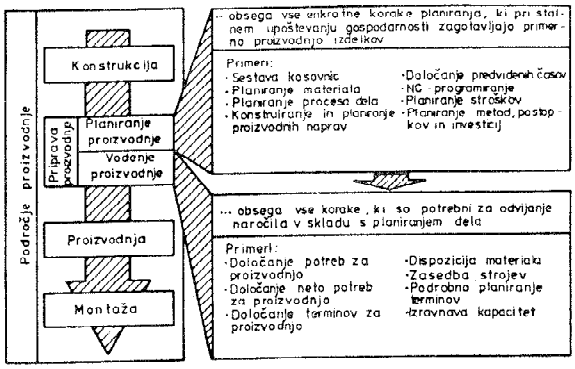
- obdelava in uporaba metod planiranja,
- analiza problemov na vseh področjih proizvodnega procesa,
- uporaba možnosti racionalizacije in avtomatizacije,
- izdelava metod in pripomočkov.

Zaradi specifičnih zahtev na različnih področjih proizvodnje je koristno, da reševanje teh nalog obravnavamo ločeno za področja konstrukcije, priprave proizvodnje in same proizvodnje z montažo.

Kakšne so naloge priprave proizvodnje kot izredno pomembnega področja dela znotraj proizvodnje, lahko vidimo na sliki 2 /2/. Prav to področje pa je predmet naših raziskav in samega referata, s katerim posegamo v reševanje problemov v zvezi s časom izdelave, planiranjem stroškov, planiranjem investicij, izbora optimalnega postopka obdelave in posredno še z določanjem zasedbe strojev in izravnavanjem kapacitet, določanjem terminov za proizvodnjo, podrobnim planiranjem terminov pri avtomatiziranih pogojih dela z NC-stroji.



Slika 1: Delitev industrijskega procesa proizvodnje



Slika 2: Dispozicija in naloge priprave proizvodnje

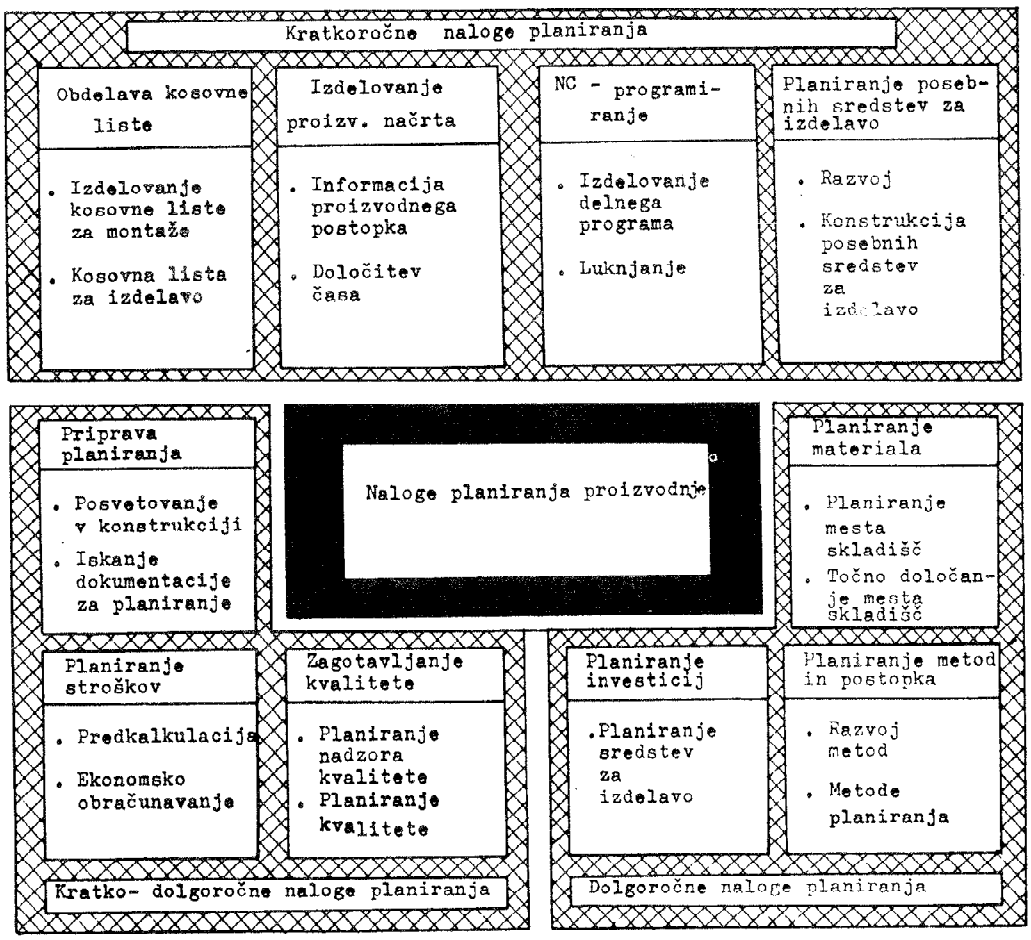
2. PROBLEMSKA PODROČJA V PRIPRAVI PROIZVODNJE KOT IZHODIŠČE ZA ISKANJE NOVIH REŠITEV

Dejavnosti planiranja proizvodnje so razčlenjene na kratkoročne in dolgoročne naloge. Medtem ko znotraj kratkoročnih nalog načrtujemo in določamo gospodarno odvijanje naročila na področjih izdelave in montaže, pa je cilj dolgoročnega planiranja razvoj primernih ukrepov za uspešnejši gospodarski položaj DO in njegovo razlago. Težišče nalog planiranja pa je izdelovanje delovnih načrtov na področju izdelave in montaže.

V okviru priprave planiranja je potrebno v konstrukciji naročene risbe in kosovne liste preveriti in dopolniti, če ne ustrezajo potrebam izdelave in montaže. Za grobo planiranje potrebne naloge lahko na novo sestavimo ali pa uporabimo že obstoječe plane za ponovno planiranje in kontrolo.

Z ozirom na naročilo moramo pravočasno pripraviti seznam sredstev in posebnih sredstev za izdelavo. Ker so razvoj, konstrukcija in nabava posebnih sredstev za izdelavo mnogokrat terminsko določeni pri začetku izdelave, imajo te naloge velik pomen, da se pravočasno izvršijo.

Naloga priprave kosovne liste je, da se iz funkcionalne konstrukcijske kosovne liste naredi tovarniška kosovna lista. To so posebej kosovne liste in navodila za dele



Slika 3: Naloge planiranja proizvodnje /3/

posebne izdelave, dele, ki jih je potrebno nabaviti, kosovne liste za delovne skupine in servisiranje itd. Delovni plan vsebuje logično zaporedje in opis operacij za obdelavo od začetnega stanja do predvidenega končnega stanja. Zato je pri izdelovanju delovnega načrta potrebno:

a) določiti oblike minimalnih stroškov in najprimernejših mer za izhodni izdelek,
b) določiti način izdelave, ki je najbolj ekonomičen,
c) določiti dodatni čas za ovrednotenje plače.

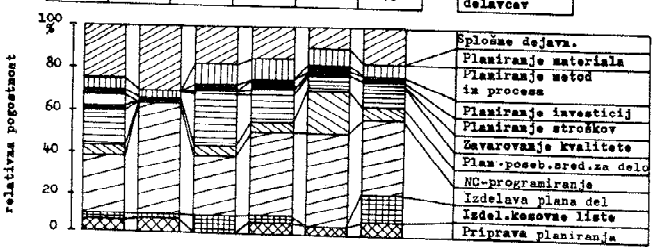
Če za izdelavo izdelka pride v poštev numerično krmiljeni stroj (NC stroj), moramo v okviru NC programiranja izdelati potrebne informacije krmiljenja za te stroje. Te pripravimo v specialnem krmilnem in strojnem kodiranju (npr. v obliki luknjanega traku). S čedalje večjim deležem NC tehnike v izdelavi dobiva ta naloga vedno večji pomen.

Z izdelovanjem delovnega načrta so prav tako tesno povezane naloge planiranja posebnih sredstev za izdelavo orodja in merilni pripomočki kakor tudi planiranje stroškov in zajamčenje kvalitete. Pri izdelavi delovnega načrta je potrebno določiti in vnaprej navesti predvidene stroške s pomočjo vmesnih kalkulacij.

Srednjeročni in dolgoročni cilji planiranja pomenijo planiranje investicij, metod, materialov, stroškov, zavarovanje kvalitete, priprave planiranja. Stroške, metode in priprave planiranja izdelamo v okviru npr. ekonomskega izračuna in izdelovanja podatkov za planiranje dela neodvisno od naročila. Pri planiranju metod in zavarovanju kvalitete razvijamo in testiramo nove metode in procese za izdelavo, montažo in kontrolo kvalitete. Pri planiranju investicij pa je glavna naloga, da izdelamo koncepte za tehnološko obrazložitev novih sredstev za izdelavo pomožnih naprav za načrtovano proizvodnjo. Planiranje materiala obsega preizkus vskladiščenih vrst materiala v določenih časovnih razmikih, da bi mogli pravočasno upoštevati spremembe proizvodnega spektra.

Opisane naloge priprave dela kažejo v svojem pomenu pri posameznih podjetjih res velike razlike. Povzetek dejavnosti v funkcionalnih oddelkih planiranja proizvodnje šestih podjetij odraža na tem področju takšno stanje:

A	B	C	D	E	F	Podjetje
23323	2453	7807	11899	2297	10670	poraba časa v urah
177	19	58	95	18	75	število delavcev



Slika 4: Razdelitev najpogostejših dejavnosti na področjih planiranja proizvodnje v šestih podjetjih

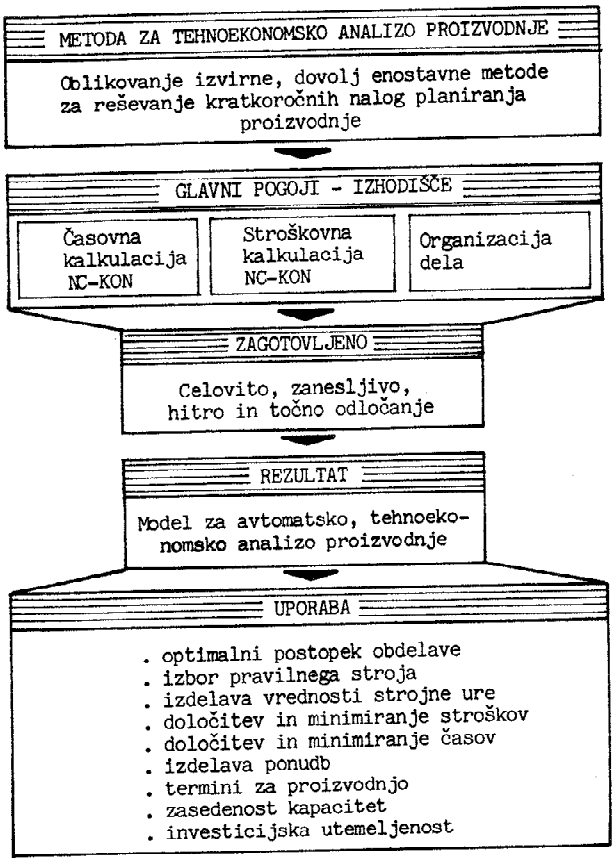
Izid analize nam pojasnjuje, da blizu 70 % dejavnosti odpade na kratkoročne naloge planiranja, zlasti za izdelavo delovnega načrta (približno 58 %). Razen velikega deleža za splošne dejavnosti (do 30 %), kot so: informacije, dopisovanje itd., je pomembno, da pripisujejo mali pomen funkcijam, ki imajo srednjeročni in dolgoročni značaj planiranja. Vzroki, da je celotna poraba v podjetjih tako različna, so med drugim tudi v dejstvu, da v posameznih podjetjih najdemo različne proizvodne programe in vrste izdelave, ki obsegajo izdelavo posebnih strojev po naročilu do serijske proizvodnje. Na temelju teh mejnih pogojev izhajajo za posamezna podjetja specifične zahteve, da je pri planiranju potrebno paziti na točnost in stopnjo detajliranosti.

Ravno rezultati takih analiz in dejanskih potreb so nas napeljali na to, da posvetimo posebno pozornost kratkoročnim nalogam planiranja proizvodnje, t.j. izdelavi delovnega načrta in NC-traku, v okviru katerih sta pomembna faktorja čas in strošek izdelave.

3. NOVA METODA DELA V PRIPRAVI PROIZVODNJE, KI REŠUJE NEKATERA PROBLEMSKA PODROČJA

Metoda dela, ki smo jo razvili v zadnjih letih in jo bomo še dopolnjevali, bazira na treh osnovnih področjih dela, ki s skupno uporabo daje zanesljivejše in hitro dostopne rezultate - slika 5. Ta področja so:

- področje časa, kjer smo na novo razvili metodo vnaprejšnjega določanja časa za obdelavo na avtomatiziranih NC-strojih oziroma pripravili metodologijo za vnaprejšnje določanje časov na KON-strojih in to za področja obdelave s struženjem, frezanjem in vrtanjem. S tem smo postavili prvi nivo, potreben za iskanje in določitev časovnega optimuma obdelave. Pri vsem je pomembno predvsem to, da lahko celotno časovno kalkulacijo izve-



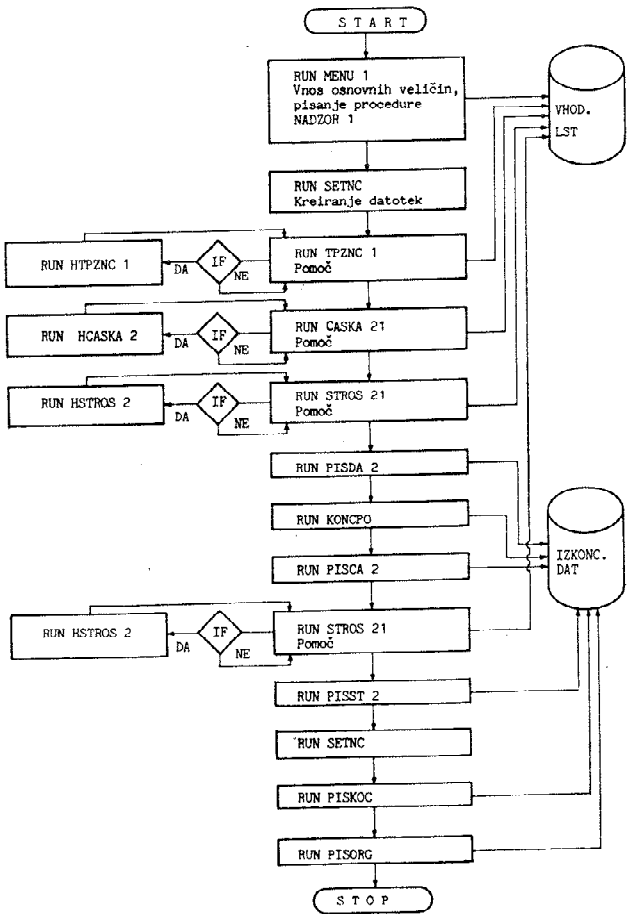
Slika 5: Zgradba in uporaba modela za tehnoekonomsko analizo proizvodnje

demo vnaprej in tako že na samem začetku proizvodnega procesa izberemo časovno najugodnejši postopek obdelave.

- področje stroškov, kjer smo pripravili dovolj natančno stroškovno kalkulacijo po predhodni analizi vseh stroškov, ki normalno nastopajo v proizvodnji. Z izvedeno stroškovno kalkulacijo za različne variante postopkov obdelave pa lahko pridemo do stroškovno optimalne variante postopka obdelave.
- področje organizacije dela, s katerim smo zgradili metodologijo ugotavljanja stopnje organizacije dela, ki zajema v sebi težko merljive, vendar stalne nevidne stoške. S pravilnim vključevanjem ugotovljene stopnje organizacije dela v stroškovno kalkulacijo smo bistveno popolneje ugotovili dejanske stroške.

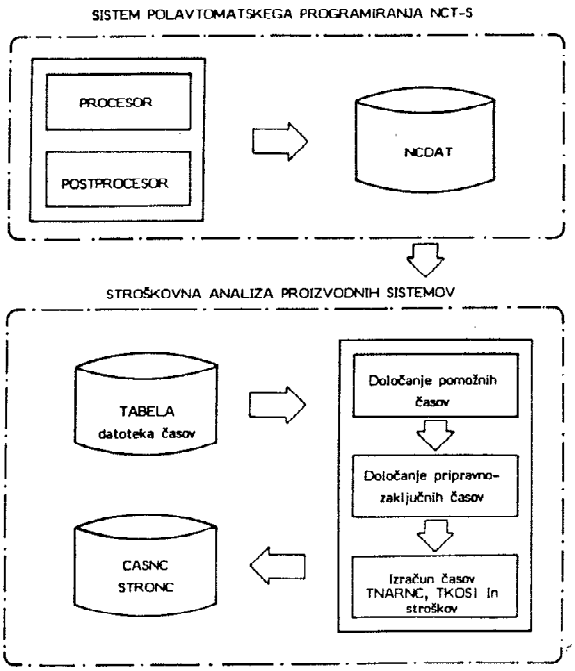
Podrobna izgradnja časovne in stroškovne kalkulacije, kakor tudi vpliv organizacijskih dejavnikov na celotno tehnoekonomsko analizo proizvodnje je obdelana v posameznih raziskavah in literaturi /5, 6, 7, 8, 9/.

Celotni sistem je razvit za vnaprejšnjo izvedbo kalkulacij predvidene tehnologije kakor tudi za primer avtomatizirane proizvodnje z NC-stroji za natančno kalkulacijo na osnovi avtomatsko izdelanega NC-programa - slika 6 in 7.



Slika 6: Avtomatsko določanje časov in stroškov vnaprej na osnovi predvidene tehnologije.

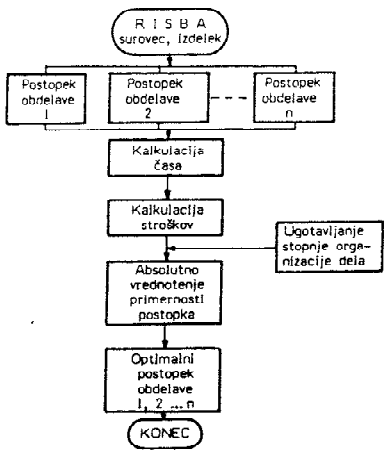
Rezultate shematsko prikazanega načina dela pa lahko uporabimo za uspešno in hitro reševanje nekaterih problemskih področij priprave proizvodnje, ki smo jih že omenili v uvodu.



Slika 7: Avtomatsko določanje časov in stroškov vnaprej na osnovi strojno izdelanega NC-programa

3.1 Optimalni postopek obdelave

Iz grobega diagrama poteka del pri avtomatskem izboru optimalnega postopka izdelave - slika 8 - je razvidna praktična uporaba razvitega modela v pripravi proizvodnje, ki ima pomemben vpliv na čim cenejši način proizvodnje.



Slika 8: Grobi diagram poteka del pri avtomatskem izboru optimalnega postopka obdelave

3.2 Izbor pravilnega stroja

Z možnostjo, ki nam jo daje razviti model, da lahko hitro vnaprej ugotovimo potrebni čas in stroške, ki nastajajo na določenem stroju za izvedbo potrebne operacije, lahko zanesljivo izberemo najprimernejši stroj.

3.3 Izdelava vrednosti strojne ure

S podrobno razdelano metodo obravnave stroškov lahko tudi hitro in zanesljivo določimo vrednost strojne ure, ki nam je lahko koristna osnova za mnoge obračune in postopke ter za primerjavo gospodarnosti.

3.4 Določitev in minimiranje časov in stroškov

Kako smo zasnovali določanje časov in stroškov za KON in NC-proizvodnjo je razvidno iz /5, 6, 8/. Z avtomatizacijo tega dela na računalniku, pa nam je dana možnost hitrega ugotavljanja časov in stroškov, možnost ugotovitve večjega števila alternativnih rešitev in s tem možnost minimiranja.

3.5 Izdelava ponudb

Bistvo celotne predstavljene metode je ravno v vnaprejšnjem ugotavljanju časov in stroškov izdelave. Torej je s tem dana možnost izdelave natančnih ponudb za postavljeno tehnologijo obdelave.

3.6 Termini za proizvodnjo in zasedenost kapacitet

Znano je, da je poznavanje realnega časa za izdelavo nekega izdelka bazični podatek. Razvita metoda določanja časa izdelave vnaprej za NC in KON-stroje nam daje dovolj zanesljive rezultate (do 7 % odstopanje). Zato je ugotovljeni čas lahko realna osnova za določanje potrebnih terminov v proizvodnji in za ugotavljanje zasedenosti kapacitet.

3.7 Investicijska utemeljenost

S časovno in stroškovno analizo proizvodnega programa za predviden nov stroj in obstoječi stroj lahko hitro in zanesljivo ugotovimo, ali je odločitev o nabavi novega stroja upravičena ali ne.

4. ZAKLJUČEK

Čedalje večja specializacija podjetij, uvajanje nove tehnologije, plačilo po učinku in ne nazadnje naraščajoča kompleksnost proizvodov je v začetku našega stoletja omejila preglednost izdelave "mojstru". Iz tega je nastala nujnost za podjetje "delo pripraviti" oziroma "načrtovati izvajanje dela". Naloge načrtovanja pa bo

predstavljeni model za tehnoekonomsko analizo proizvodnje spravil na bistveno kvalitetnejši nivo, upoštevajoč pri tem naše realne možnosti.

Literatura:

/1/ EVERSHEIM W.: Organisation in der Produktionstechnik, Band 1, VDI Verlag (1981)

/2/ MINOLLA W.: Rationalisieren in der Arbeitsplanung-Schwerpunkt Organisation, Dissertation, TH Aachen (1975)

/3/ EVERSHEIM W.: Organisation in der Produktionstechnik, Band 3, VDI Verlag (1980)

/4/ POLAJNAR A.: Priprava proizvodnje - skripta, VTŠ Maribor (1984)

/5/ POLAJNAR A.: Raziskave uporabe poznanih sistemov študija časa za organizacijo NC-proizvodnje, RN št. 785/5150-77 (1977)

/6/ POLAJNAR A.: Oblikovanje optimalne ocene vključevanja NC-strojev v proizvodnjo, RN-PORS 3/81-153 (1981)

/7/ POLAJNAR A.: Oblikovanje optimalne ocene vključevanja NC-strojev v proizvodnjo, RN št.: B785/131-79 (1980)

/8/ ŠOSTAR A.: Priročnik za vaje iz tehnološke priprave proizvodnje in tehnologije odrezavanja, VTŠ Maribor (1976)

/9/ POLAJNAR A.: Oblikovanje optimalne ocene vključevanja NC-strojev v proizvodnjo, RN-PORS 03-2131-1/795-83 (1983)

/10/ POLAJNAR A.: Oblikovanje optimalne ocene vključevanja NC-strojev v proizvodnjo, RN-PORS 03-2131/795-84 (1984)

A.Polajner

A NEW METHOD OF WORK IN THE PRODUCTION SCHEDULING FOR INCREASING PRODUCTIVITY OF THE PRODUCTION PROCESS

Abstract

Certain problems from the area of production scheduling have been resolved during several years long investigations, in which three essential fields were established: time, costs, and work organisation.On this basis, the model was developed for overall techno-economic analysis of products in the automated, and conventional production.On the basis of these investigations, one easily solves the problems such as the choice of the machinery to use, the shoice of optimal manufacturing procedure, the calculation of the value of the machine-hour, the determination and minimisation of time and costs, the preparation of invoices, the determination of the manufacture timing, the utilisation of the capacities,.and the investment justification.The entire model for techno-economic analysis is implementd on a digital computer.

XIX SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE

Kragujevac, septembar 1985.

OSNOVNI FAKTORI MINIMIZACIJE

B. Musafija, Mašinski fakultet, Sarajevo

Rezime

Osnovni faktori minimizacije dinamičkih pokazatelja procesa (pritisaka, sila i specifičnog deformacionog rada), za datu konstelaciju naponsko-deformacionih odnosa, zavise od kvaliteta kontaktnih uslova i direktne su funkcije oblika zone deformacije.

U radu su data teoretska i eksperimentalna istraživanja zavisnosti tehnoloških parametara procesa plastične redukcije od konfiguracije radne zone alata i kvaliteta kontakta.

BASIC FACTORS OF THE MINIMIZATION

Abstract

The basic factors in the minimization of the dynamic indicators of the process (pressures, forces and work per unit volume), in a given constellation of stress - deformation relations, depend on the quality of the contact conditions, and are direct funktions of the form shape of the deformation zone.

The paper presents theoretical and experimental research on the dependence of tehnological parameters of plastic reduction processes on the configuration of the tool work zone and the contact quality.

1. U V O D

Procesi presovanja istiskivanjem realizuju se u uslovima istoimene šeme naponskog stanja prostornog pritiska, pa su kod njih eliminisana ograničenja vezana uz kriterije stabilnosti.

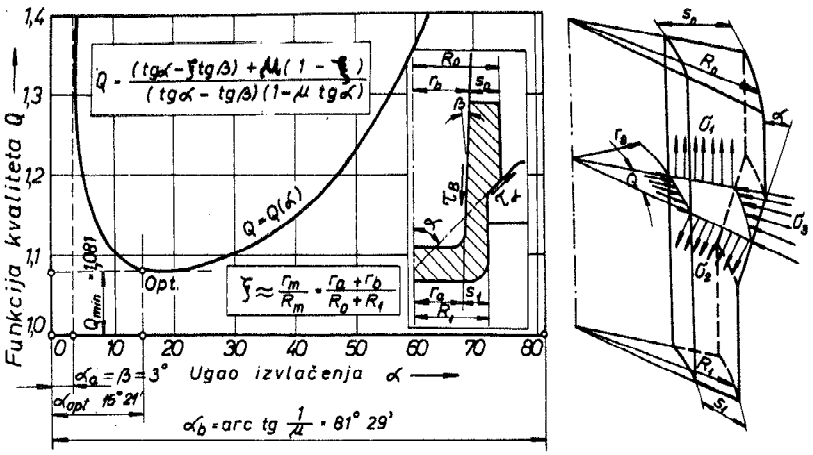
Upravo rad sa velikim stepenima redukcije, uslovljen povoljnim uplivom sferičnog tenzora napona uzrokuje visoka opterećenja preserskih alata [1]. Zbog toga minimizacija dinamičkih pokazatelja, a posebno radnih pritisaka, predstavlja prioritetnu komponentu kompleksnog istraživanja ovih procesa.

U procesima plastične redukcije sa istoimenom naponskom šemom (pri čemu su njihovi tipični predstavnici zastupljeni u raznim tehnologijama izvlačenja), ekstremizacija sila i deformacionog rada je u neposrednoj vezi sa definicijom potrebnog broja radnih operacija [2].

Na minimizaciju energetskog bilansa posebno utiču odnosi na kontaktnim površinama alata i radnog komada [3]. Pri povoljnoj tribološkoj konstelaciji kvalitet proizvoda zavisi prvenstveno od konfiguracije zone deformacije.

Korelacioni deformacioni parametri procesa izražavaju se odnosom izvlačenja i stepenom deformacije presjeka:

$$M = \frac{R_1^2 - r_m^2}{R_0^2 - r_m^2}, \quad \psi = 1 - M = 1 - \frac{R_1^2 - r_m^2}{R_0^2 - r_m^2} \qquad (3)$$



Sl. 1 Minimizacija parametara izvlačenja

2. PARAMETRI PROCESA IZVLAČENJA

Normalni pritisak alata (q) na konusnoj površini prstena za izvlačenje (sl. 1a) uslovljava pojavu tangencijalnog kontaktnog napona (τ_α), proporcionalnog po zakonu C,A. Coulomba koeficijentu trenja (μ), tako da je radijalni napon procesa:

$$\sigma_3 = -\left(q \frac{dz}{\cos\alpha} \cos\alpha - \tau_\alpha \frac{dz}{\cos\alpha} \sin\alpha \right) \frac{1}{dz} \qquad (1)$$

Kosinus ugla vida deformacionog stanja i Lode-Nadaijev koeficijent vida naponskog stanja ukazuje da se proces odvija u uslovima ravninskog deformacionog stanja [4], sa obimnim naponom (sl. 1b) jednakim polusumi ostala dva normalna napona:

$$\left.\begin{aligned} \cos 3\beta_\varepsilon &= \frac{4}{\varepsilon_i} \det \left| \varepsilon_{ij} - \varepsilon \delta_{ij} \right| = 0 \\ n_\varepsilon &= \frac{tg(\beta_\varepsilon - 30^\circ)}{tg\,30^\circ} = 0 \end{aligned}\right\} \qquad (2)$$

Analitika kompleksnog procesa rezultira aksijalnim naponom u izlaznom presjeku zone deformacije [5]:

$$G = A(1 - M^Q) - \left[B \frac{Q}{2-Q} (M^Q - M^2) + C \frac{Q}{3-Q} (M^Q - M^3) + D \frac{Q}{4-Q} (M^Q - M^4) \right] \qquad (4)$$

gdje su:

A,B,C,D - parametri mehaničkih osobina materijala i očvršćavajućih pokazatelja

Q - funkcija kvaliteta procesa

3. EKSTREMNE VRIJEDNOSTI

Analizom stanja u zoni deformacije može se ustanoviti da funkcija kvaliteta zavisi

od geometrijskih odnosa ove zone i kontaktnih uslova:

$$Q = \frac{tg\alpha}{t} + \frac{C}{t} = \frac{(tg\alpha + \varphi tg\beta) + \mu(1-\varphi)}{(tg\alpha - tg\beta)(1-\mu tg\alpha)} \qquad (5)$$

Trenje izmedju otpreska i prstena za izvlačenje (sa centralnim uglom α), te unutrašnje površine radnog komada i izvlakača (sa uglom konusa β), obuhvaćeno je tangencijalnim kontaktnim naponima (τ_α i τ_β),a upliv geometrije zone deformacije izražava se odnosom srednjih poluprečnika:

$$\left.\begin{aligned} t &= (tg\alpha - tg\beta)(1-\mu tg\alpha) \\ \varphi &= \frac{r_m}{R_m} = \frac{r_a + r_b}{R_o + R_1} \end{aligned}\right\} \qquad (6)$$

Ekstremne vrijednosti naponske funkcije (4), uslovljene su mimizacijom eksponenta izvlačenja (5), što znači da moraju biti zadovoljena sljedeća dva uslova:

$$\frac{dQ}{d\alpha} = \frac{1}{t^2}\left[t\,\frac{1}{\cos^2\alpha} - \frac{dt}{d\alpha}\,tg\alpha + t\,\frac{dc}{d\alpha} - C\,\frac{dt}{d\alpha}\right] = 0 \qquad (a)$$

$$\frac{d^2Q}{d\alpha^2} = \frac{1}{t^2\cos^2\alpha}\,\frac{2\mu}{\cos^2\alpha}\,(tg\alpha + C) > 0 \qquad (b)$$

Rješenjem jednačine (a) uz uslov minimuma (b) dobiva se optimalni ugao izvlačenja

$$\alpha_{opt} = arc\,tg(-C + \sqrt{C^2 + p}) \qquad (7)$$

pri čemu tribološko konfigurativni koeficijenti imaju vrijednosti:

$$\left.\begin{aligned} C &= \mu(1-\varphi) - \varphi tg\beta \\ p &= ctg\beta + \frac{tg\beta + c}{\mu} \end{aligned}\right\} \qquad (8)$$

Područje nedefinisanosti funkcije kvaliteta ($\lim Q \longrightarrow \infty$) zatvoreno je granicama intervala: od minimalne vrijednosti centralnog ugla izvlačenja (jednake uglu izvlakača), do njevog maksimuma ograničenog stanjem kontaktnog trenja:

$$\alpha = \alpha_o = \beta, \quad \alpha = \alpha_b = arc\,tg\,\mu^{-1} \qquad (9)$$

Relacije (9) predstavljaju ustvari jednačine asimptota funkcije (5)

4. ISTOSMJERNO ISTISKIVANJE

Procesi istoimenog naponskog stanja, sa tipičnim predstavnikom presovanja metodom istosmjernog istiskivanja, fungiraju kao racionalne tehnološke alternative u proizvodnji, samo pod uslovom da se realizuju sa velikim stepenima redukcije. Povoljna konstelacija naponskog stanja omogućava ispunjenje ovog zahtjeva, ali uz visoko opterećenje alata. Upravo taj fenomen implicira nužnost rada u uslovima minimalnog energetskog bilansa [6].

Kod osnosimetričnih procesa sa kinematikom radijalnog tečenja, komponente vektora pomjeranja tačaka tijela i komponentni naponi ne zavise od polarnog ugla.

Svakom stepenu redukcije odgovara jedinična vrijednost koeficijenta vida naponskog stanja:

$$\lambda = \frac{A_o}{A_1} = \frac{D_o^2}{D_1^2}, \qquad n_\sigma = \frac{2\sigma_2 - \sigma_1 - \sigma_3}{\sigma_1 - \sigma_3} = 1 \qquad (10)$$

Teorijsko-eksperimentalna istraživanja procesa istosmjernog istiskivanja metala sa linearno-očvršćavajućom funkcijom, pokazuju da se radni pritisak može izraziti eksplicitnom jednačinom parametara procesa i materijala u obliku [7]:

$$p = (1+Q)\left[\frac{\lambda^Q - 1}{Q}\left(\bar{k}_o - \frac{k_m}{1-\mu_m}\right) - \frac{1-\lambda^{Q-1}}{1-Q}\,\frac{k_m}{1-\mu_m}\right] \qquad (11)$$

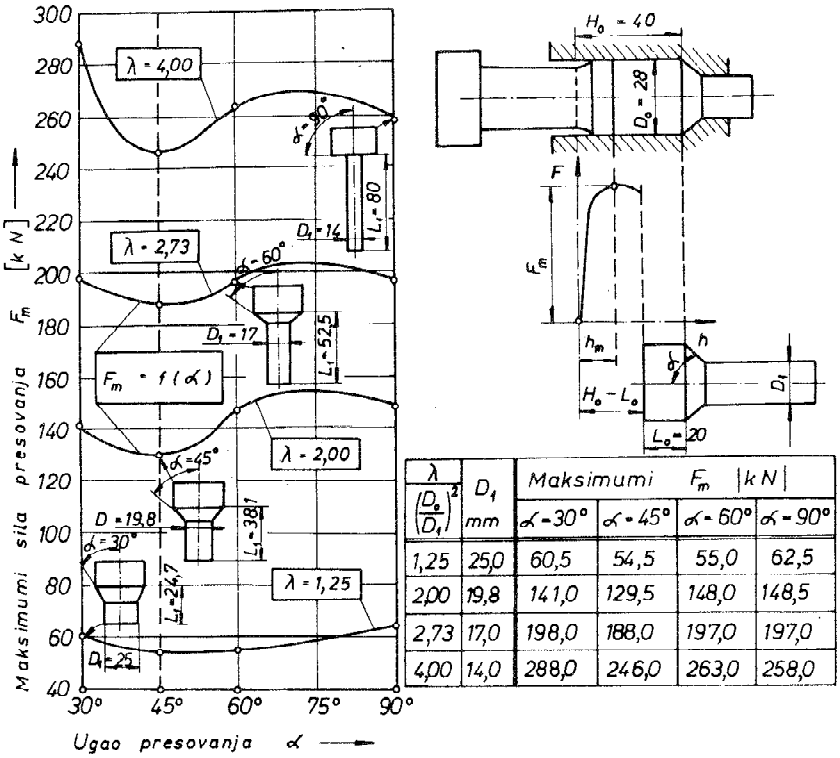
Funkcija kvaliteta (Q) kod ovog procesa, analogno kao i kod izvlačenja, zavisi od oblika zone deformacije i kontaktnih uslova. Minimum radnog pritiska (11) uslovljen je ekstremom funkcije kvaliteta procesa presovanja.

5. EKSPERIMENTI

Po fizičkom konceptu opita ostvaren je prvi vid deformacionog stanja kod kojega zona deformacije leži pri dnu kalupa za presovanje, tako da tiskač pomjera metal gredice kao elastično tijelo, pa koordinatna mrežica u

Kvalitetni otpresci stacionarnog istiskivanja (sl. 2) dobiveni su sa konstantnim presostatkom (L_0=2o).

Za sve opite [9] korišten je materijal sa linearnom očvršćavajućom karakteristikom (Al. 99,5) sa eksperimentalno odredjenim početnim



λ	D_1	Maksimumi F_m [kN]			
$\left(\frac{D_0}{D_1}\right)^2$	mm	α=30°	α=45°	α=60°	α=90°
1,25	25,0	60,5	54,5	55,0	62,5
2,00	19,8	141,0	129,5	148,0	148,5
2,73	17,0	198,0	188,0	197,0	197,0
4,00	14,0	288,0	246,0	263,0	258,0

Sl. 2 Eksperimentalni maksimumi sila presovanja

području glave otpreska ostaje skoro neizmjenjena [8]. Ovakav proces ostvaruje se kod rada u hladnom stanju, sa poliranim radnim površinama alata i uz adekvatno podmazivanje, čime su obezbjedjene niske vrijednosti koeficijenta kontaktnog trenja.

Nakon pojave maksimuma sile presovanja, njen dalji tok je prilično ravnomjeran, sa tendencijom blagog opadanja u fazi stacionarnog tečenja. Ponovni porast sile u fazi nestacionarnog tečenja izbjegava se graničnicima hoda pritiskivača prese ugradjenim u probni alat.

(granicom početka plastičnog tečenja i njenom ekstrapolacijom) i kritičnim vrijednostima u momentu lokalizacije deformacije probne epruvete:

$$\bar{k}_f = 81{,}4 \frac{N}{mm^2}, \quad \mu_m = 0{,}125, \quad k_m = 95 \frac{N}{mm^2}$$

Registrirajući eksperimentalne maksimume probnih sila (brojčano na mjernoj skali mašine i grafički na zapisanom indikatorskom dijagramu) uočava se njihov monotoni porast sa povećanjem stepena redukcije (sl. 2).

Probe su realizovane sa dvije matrice eksperimenata (2x16) u alatu sa poliranim radnim površinama, sa i bez podmazivanja. Uočen je nagli pad maksimuma probne sile pri adekvatnom podmazivanju, što ukazuje na bitan uticaj triboloških uslova na dinamiku presovanja.

Analognim postupkom kao i za proces izvlačenja, može se dokazati, da minimum funkcije kvaliteta procesa presovanja pada u područje optimalnog ugla kalupa za presovanje od 42^{0} 43' (teorijska vrijednost). Pri varijaciji centralnog ugla presovanja za svaki stepen redukcije (4x4 eksperimenta) zapaža se slabi minimum probne sile oko ugla od 45^{0}.

6. ZAKLJUČAK

Sezimirajući rezultate teorijskih i eksperimentalnih istraživanja uočava se da eksperimentalni maksimumi sila izvlačenja (presovanja) rastu kao monotone funkcije stepena deformacije izvlačenja (stepena redukcije presovanja).

Polarizacija dinamičkih pokazatelja procesa uslovljena je kontaktnim stanjima. Prelaskom sa suhog trenja na rad sa podmazivanjem (kao i povećanjem efektnosti maziva), pri istom kvalitetu obrade radnih površina alata, ustanovljeno je da efekti ovog fenomena kod procesa izvlačenja bitnije utiču na skraćenje proizvodnog ciklusa dok u procesima presovanja znatnije utiču na sniženje opterećenja preserskih alata.

Ekstrem funkcije kvaliteta kod procesa presovanja i izvlačenja, iz kojega rezultira rad sa minimimalnim radnim naponima, diktiran je optimalnim vrijednostima centralnog ugla alata.

7. LITERATURA

[1] Musafia B., Neke specifičnosti plastičnog stanja, Obrada deformisanjem u mašinstvu, UDK 621.7, broj 1-2, s. 9-22, Novi Sad, maj 1983.

[2] Lange K., Lehrbuch der Umformtechnik, Band 2, Massivumformung, s. 314-319, Springer Verlag, Berlin, 1974.

[3] Musafia B., Kontaktni uslovi u procesima sabijanja i istiskivanja, Zbornik radova BIAM '84, s. C1-C6, JUREMA, Zagreb, 1984.

[4] Thomsen E.G., Yang C.T., Kobayashi S., Mechanics of Plastic Deformation in Metal Processing, s. 91, 418-426, The Macmillan Company, New York, 1975.

[5] Musafia B., Komparativna analiza procesa presovanja i izvlačenja, Zbornik radova XIII Savjetovanje proizvodnog mašinstva Jugoslavije S. VI 1-VI 22, Banja Luka, 1979.

[6] Parkins C.F., The Extrusion of Metals, s. 201-221, Chapman and Hall Ltd., London, 1971.

[7] Musafia B., Naponsko-deformacioni odnosi procesa istosmjernog istiskivanja, Zbornik radova 3. Jugoslavenskog simpozija o teoriji plastičnosti, s. 83-90, Plitvička Jezera, 1983.

[8] Safarov J.S., Eksperimentaljnije metodi, Teorija plastičeskih deformaciji metallov, s. 425-449, Mašinostroenije, Moskva, 1983.

[9] Musafia B., Oblik zone deformacije kao element optimizacije procesa, Zbornik radova XVI Savjetovanja proizvodnog mašinstva Jugoslavije, s. 155-159, Mostar, 1982.

XXIV SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE

Kragujevac, septembar 1985.

OSOBENOSTI KOJE OTEŽAVAJU ŠIRU UPOTREBU [illegible] VELIKE ČVRSTOĆE I UPUĆUJU NA NOVA TEHNOLOŠKA REŠENJA

B. Devedžić, Rašinski fakultet, Kragujevac

Rezime

Postavljeno i razmotreno: kako se u našoj zemlji još ne primenjuju konstrukcioni čelični limovi velike čvrstoće, iako nije bilo moguće steći sopstvena iskustva i primeniti industrijska saznanja o njima. Dato su podaci i ilustrativni prikaz navedeni u ovom radu uglavnom zasnovani na objavljenim materijalima naznačenih inostranih autora, a pre svega [illegible] - a uz sopstveni kritički osvrt.

Postavljanje da se poveća čvrstoća najboljih konstrukcionih čeličnih limova datira još od II Svetskog rata. Ona su u početnom periodu bavela do mikro legiranih limova pogodnih za primenu u objektima kao što su: transportni uređaji, konstrukcije namenjene za pakovanje, normalna [illegible] kojih je od posebnog značaja ponašanje odnosno čvrstoće/žilavost. Ovi [illegible] (čisti, 'konvencionalni) limovi [illegible] bili [illegible] za [illegible]

[illegible] sredinom 70-ih godina, kada [illegible] energetska kriza, pojavom za [illegible] potrebnije motive za [illegible], što je, pored ostalog, uslovilo i potrebu [illegible] čeličnih konstrukcija, na [illegible] ušteda [illegible] mehaničkih svojstava [illegible] je od limova povećane čvrstoće [illegible] čijih [illegible] Slanski [illegible] upoznavanje [illegible] sa [illegible] obavezom da [illegible] smanjenje debljine ne povlači za [illegible] pogoršanje mehaničkih svojstava karoserije [illegible] na [illegible] koja karoserija [illegible] pri korišćenju [illegible] limova, uključujući [illegible], [illegible] sigurnost). Ipak, ispostavilo se [illegible] prelazak na [illegible] implicira [illegible] tehnološke i druge probleme čijim se rešavanjem [illegible] veoma [illegible]. Zato su [illegible] i rasprostranjenost [illegible] ovih limova [illegible] nada, još dosta ograničene.

2. KOJE [illegible] SU NOVIJE

2.1. Osnovne [illegible] HSS

Jedna od [illegible] mogućih podela ovih čelika bila bi sledeća:

- [illegible] mikro-legirani čelici [illegible] generacije;
- [illegible] (odnosno legirani fosforom) [illegible] mešovitih kristala;
- [illegible] dual-phase HSS.

[illegible] čelici dobijaju se dodavanjem [illegible] malih količina legirajućih elemenata [illegible] T_{ζ} i T_{ξ}, koji doprinose da se [illegible] dobije [illegible] struktura u kojoj su [illegible] raspoređena [illegible] karbida, nitrida, sulfida i dr. Tako nastali, na primer, [illegible] zrna [illegible] pri naknadnom valjanju se, [illegible] [illegible] ne [illegible] (ne formira se [illegible] [illegible] [illegible], pa na [illegible] do [illegible] [illegible] [illegible]

formaciono ojačavanje (n-faktor) i mala plastičnost. Zato se oni mogu evertualno koristiti samo za noseće delove karoserija i neke druge komponente automobila, ali ne i za spoljne delove karoserija.

Čelici legirani fosforom spadaju u novije HSS. Kod njih se fosfor javlja kao poželjan legirajući element (dodaje se u iznosu do 0,1%, jer bi veće količine jako pogoršale zavarivost). On omogućuje da se u strukturi formiraju čvrsti rastvori (mešoviti kristali) zamene. Naime, ovi čelici u širem smislu spadaju u grupu HSS kod kojih se očvršćavanje postiže, ili formiranjem mešovitih kristala zamene (pomoću Si; Mn; P), ili ispune (pomoću C).

Značajna karakteristika refosforisanih čelika je zadržavanje tzv. "pancake" strukture, pogodne za duboko izvlačenje. Ona, pored ostalog, doprinosi održavanju velikog iznosa r-faktora i pri povećanim vrednostima granice tečenja σ_T. Ipak, ovo ne važi u svim slučajevima, jer radi održavanja "pancake" strukture σ_T ne bi trebalo da bude veće od 280-300 MPa (obično je 250-270 MPa). Osim toga, povećanje σ_T dovodi i do opadanja eksponenta deformacionog ojačanja n o čemu takodje treba voditi računa.

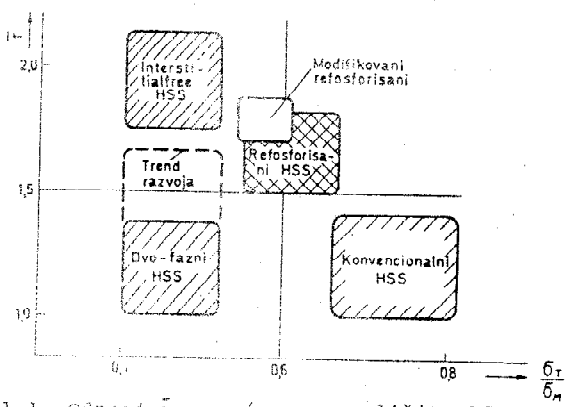
Treba napomenuti da se svojstva ovih čelika mogu znatno razlikovati u zavisnosti od toga da li se njihovo žarenje vrši kontinualno ili u peći (u koturovima). U prvom slučaju je, na primer, koeficijent r znatno niži. Zbog toga se,radi povećanja vrednosti ovog koeficijenta, smanjenja granica tečenja i poboljšanja sposobnosti naknadnog starenja mogu putem žarenja u peći dobiti tzv. modifikovani refosforisani čelici.

Ostali pomenuti HSS koji očvršćavaju kroz formiranje mešovitih kristala sa Si; Mn i dr. ("Interstitialfree") imaju izuzetno velike vrednosti r-faktora i mali odnos σ_T/σ_M, ali ne poseduju svojstvo naknadnog starenja, zbog čega je otpornost karoserijskih delova izradjenih od njih prema ulegnuću veoma mala. Mada im to otežava primenu, ipak se oni ponekad koriste pri vrlo teškim uslovima izvlačenja, s obzirom da im je: $\sigma_T \approx 140$-150 MPa; $r \approx 2$; $n \approx 0{,}23$ ($C \approx 0{,}02\%$).

Dvo-fazni HSS imaju strukturu koja se sastoji od oko 80-90% ferita i oko 10-20% mešavine martenzita i zaostalog austenita. Imaju svojstvo izraženog deformacionog ojačavanja (veliki n-faktor), što doprinosi i velikom izduženju pri prekidu (ono je nešto manje nego kod nelegiranih, ali je zato znatno veće nego kod ostalih mikrolegiranih HSS). Dalje,imaju mali odnos $\sigma_T/\sigma_M (<0{,}5)$ i izraženu sposobnost naknadnog starenja. Čvrstoća im je u opsegu: $\sigma_M \approx 400$-800 MPa a granica tečenja $\sigma_T \approx 200$-400 MPa.

Ipak, u poredjenju sa ostalim HSS oni su inferiorni u odnosu na koeficijent r, a i otpornost prema ulegnuću im je manja. Medjutim, ovo poslednje se može donekle kompenzirati naknadnim starenjem - v. sledeće poglavlje. Ako se pomenutim nedostacima doda i visoka cena ovih limova, onda postaje jasnije koje su osnovne prepreke njihovoj široj primeni.

Radi preglednije ilustracije navedenih medjusobnih odnosa relevantnih mehaničkih karakteristika pojedinih HSS, neki od njih su šematski prikazani na sl. 1. [1].



Sl.1. Odnosi $\bar{r}$ - σ_T/σ_M za različite HSS

2.2. Naknadno očvršćivanje starenjem (Backehardening)

Dvo-fazni i refosforisani (naročito modifikovani) HSS imaju svojstvo da se u njima posle izvlačenja karoserijskih delova, u toku i posle lakiranja (na temperaturama oko 200°C) intenzivno odvija proces starenja, praćen očvršćavanjem, tako da se vrednosti granice tečenja povećavaju za oko 20-60 MPa. Time se dobrim delom nadoknadjuje nedostatak onih HSS koji imaju nisku granicu tečenja, odnosno malu otpornost izvučenih delova prema ulegnuću, dok im svojstva pre starenje pogoduju boljoj obradivosti izvlačenjem.

3. PROBLEMI DEFLEKSIJE

Defleksione pojave spadaju u najkarakteristične probleme tehnologija obrade HSS.

Pod defleksijom se u ovom slučaju podrazumeva nastajanje površinskih geometrijskih defekata na izvučenim otpresцima u vidu ulegnuća, ispupčenja, blagih talasa, itd. Ove pojave nestabilnosti oblika površine pod dejstvom neostalih unutrašnjih napona i uopšte neravnomernog naponsko-deformacionog stanja u otpresku se izraženim zonama nastaju u oblasti elastičnosti, koji se u manjoj ili većoj meri oslobađaju pri uklanjanju otpreska iz alata. Ovome, u širem smislu, takođe treba dodati i druge vidove elastične nestabilnosti (na primer, elastični povratnost pri savijanju i dr.). U slučajevima relativno plitkih otpresaka defleksija se umanjuje korišćenjem limova sa niskom granicom tečenja σ_T dok je za dublje otpreske potrebno da lim poseduje i relativno velike vrednosti r-faktora.

Dalje, izbegavanju defleksija doprinosi takođe i veliko deformaciono očvršćavanje, a naročito u oblasti malih plastičnih deformacija ($\gtrsim$ 1-5%), koje se izražava preko eksponenta očvršćavanja n* (za razliku od običnog eksponenta deformacionog očvršćavanja n)[*]. Ovo treba dovesti u vezu sa činjenicom da intenzivno očvršćavanje uopšte dovodi do ravnomernije distribucije deformacija, kao i što se kod karakterističnih otpresaka na zakrivljenim delovima površina javljaju zapravo relativno male gradijentne deformacije.

Međutim, sa stanovišta σ_T ne može biti neograničeno, s obzirom na to da je za realizaciju neophodna otpornost prema istezanju, a pa se mora računati na [illegible] ovom smislu može poslužiti [illegible] stvo nakaznih [illegible].

Problem defleksije [illegible] da se održe tolerancije oblika i dimenzija kod serijskih delova (a time, posredno, ekonomski nesmetana proizvodnja), već i u mogućnosti da se deo uopšte može izraditi. Drugim rečima, uvođenje HSS najčešće zahteva bitnu modifikaciju konven-

*) Razlike između n i n^* proizilaze iz nedovoljne osetljivosti eksponenta n u oblasti malih deformacija, što se lako može zaključiti iz osnovne jednačine krive tečenja $\sigma = C\varepsilon^n$. Međutim, [illegible] biti [illegible] $n_{sr} \approx 0{,}23$ [illegible].

cionalnih tehnoloških rešenja, konstrukcije alata, pa i same konstrukcije karoserijskih delova (s obzirom na potrebu postizanja poseone tehnologičnosti). Upravo u tom domenu i leže najveće teškoće jer se, za sada, ne raspolaže svim podacima potrebnim za prakse modifikacije (ni fstrakivačkim, ni empirijskim).

Pogodno je da se otpornost, odnosno sklonost, materijala prema defleksiji posmatra kroz sledeća tri svojstva:

a) sposobnost zadržavanja oblika (shape fixability; shape fixation);

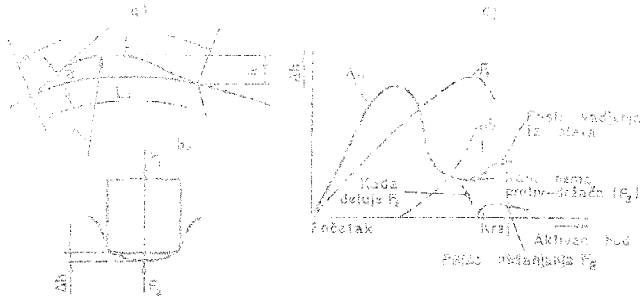
b) sposobnost prilagođavanja obliku alata (fittability i fitting behaviour);

Prva od ove dve pojma odnosi se na stepen sposobnosti materijala da po oblikovanju i rasterećenju iz alata zadrži u prihvatljivim tolerancijama onaj oblik i dimenzije koje je imao u završnoj fazi oblikovanja.

Pod drugim pojmom se podrazumeva (ne)sposobnost materijala da u toku oblikovanja naleže na sve kontaktne površine alata.

Na sl. 2. šematski su prikazana dva slučaja odstupanja oblika otpreska od potrebnog, kao i tzv. stepena prilagodljivosti pri izvlačenju (zavisnost visine neprilagođene zone Δh od hoda izvlakača) [9]. Inače, stepen defleksije u ovim slučajevima može se izraziti na različite načine - dalje će biti reči o [illegible] ε_1 [illegible] poluprečnika ρ, razlike Δh_{ε_1} itd. Na primer, [illegible] može bi biti

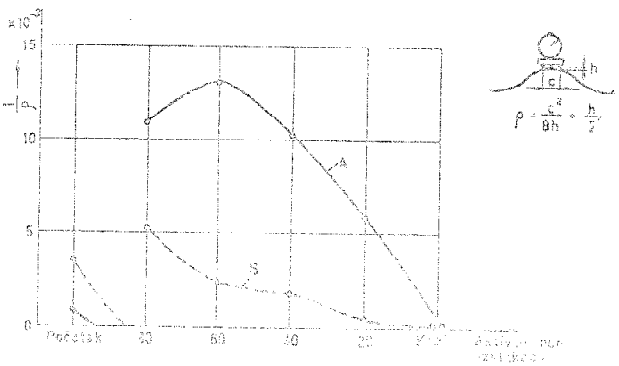
$$\varepsilon = \frac{1}{\rho} 100\%$$



Sl. 2. Šematski prikaz pojave defleksije (a) i dijagrama prilagodljivosti (c)

Sud [illegible] u istom smislu [illegible]

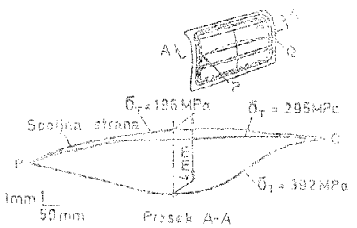
to za slučaj umirenog (A) i neumirenog (B) lima. Bolja svojstva u ovom slučaju poseduju limovi umireni pomoću Al i to prvenstveno stoga što oni uopšte imaju povećane vrednosti r-faktora. Osim toga, na ovoj slici šematski je prikazana jedna od daljih mogućnosti izražavanja deflekcije površine [9].



Sl. 3. Dijagram prilagodljivosti i jedan od mogućih načina izražavanja deflekcije površine karoserijskog dela

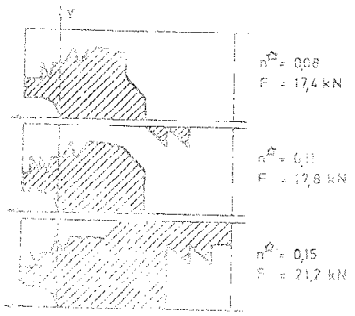
Osnovni činioci koji predodređuju ove pojave su sledeći: oblik i dimenzije otpresnaka i njegovog razvijanog stanja, sila na držaču, debljina lima i njegova mehanička svojstva (prvenstveno σ_T, R, r, n, n^*).

Sl. 4. prikazuje uticaj veličine granice tečenja na gubljenje oblika [illegible] spoljne obloge vrata automobila.



Sl.4. Gubljenje oblika pod uticajem prevelike granice tečenja

Kao ilustracija značaja, odnosno uticaja, eksponenta n^* na distribuciju plastičnih deformacija navodi se na sl. 5. rezultat jednog ispitivanja u Japanu [3]. Ono je vršeno zatezanjem uzoraka lima, ali tako da je zona stezanja (zahvatanja) stezačima mašine bila lokalizovana u uskom polukružnom centralnom delu (uopšte, način, položaj i uslovi stezanja pri ovome imaju bitan uticaj na razvoj deflekcionih pojava). Oštre granice deformacionih polja na ovim skicama rezultat su numeričke analize.



[illegible] deflekciji [illegible] plastičnih [illegible]

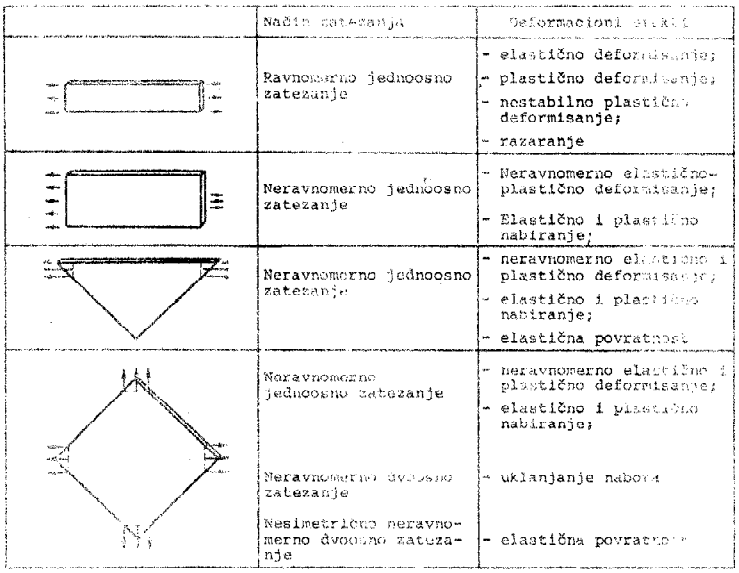
[illegible] ispitivanja [illegible] trouglaonog ili [illegible] nehomoge- [illegible] sl. 5) i [illegible] pri- [illegible] Ova veri- [illegible] ispitivanja.

Vidi se da se kvadratne epruvete mogu zatezati u jednom od dva pravca, a takođe i da ovo nehomogeno naponsko polje može ostvariti i neravnomernim raspoređajem zatežuće sile po širini epruvete.

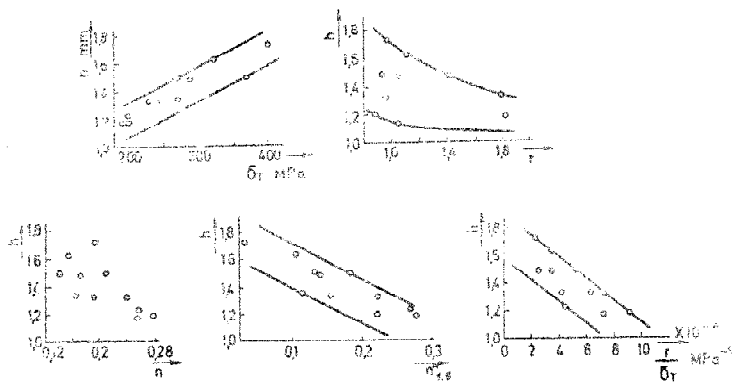
Takođe se mogu koristiti i epruvete drukčijeg oblika (romboskog ili dr.).

Najčešće su u primeni kvadratne epruvete, dok se trouglaone koriste, uglavnom, za simulaciju odnosa na ivicama otpresaka koji su locirani blizu oštrih ivica (na primer, na obodu dela).

Vršena su mnoga ispitivanja sa ciljem da se ustanovi korelacija između visine nastalih nabora i relevantnih mehaničkih karakteristika materijala. Na sl. 7. su navedeni rezultati jednog takvog [illegible] prema [3]. Naravno da



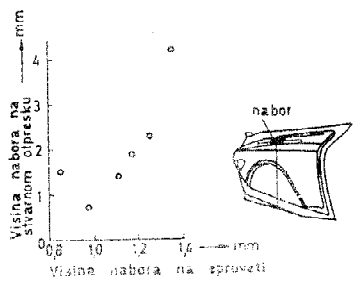
Sl. 6. Šematski prikaz različitih epruveta, načina zatezanja i deformacionih efekata



Sl. 7. Odnosi između visine nabora (pri Yoshida-opitu) i relevantnih mehaničkih karakteristika materijala

se ovi rezultati ne mogu direktno preneti na neki određen otpresak, već je za to potrebno da se uspostavi veza između visina h pri opitu i na stvarnom otpresku (odnosno grupe sličnih otpresaka), što takođe može biti predmet buduće istraživačke delatnosti u ovom području. Jedan primer takve zavisnosti prikazan je na sl. 8. [3].

Ispitivanja pojave i veličine defleksionih pojava na konkretnim karoserijskim otprescima pokazali su, pored ostalog, i sledeće: a) najveća visina defleksije h_{max} zavisna je, prvenstveno, od σ_T (sa porastom σ_T raste i h_{max});



Sl.8. Zavisnost visina nabora pri laboratorijskom ispitivanju pomoću kvadratne epruvete i na stvarnom otpresku

b) sa porastom r-faktora h_{max} opada, c) konačan rezultat zavisi i od σ_0 i $\bar{n}$, pa je za odnos r/σ_T pogodan parametar za procenu pojave defleksije; od izvesnog značaj ima i $\bar{n}^*$; e) defleksija opada sa porastom debljine lima.

4. O MOGUĆNOSTIMA PRIMENE KGS SA STANOVIŠTA OBRADIVOSTI

Još je svojevremeno Yoshida ograničavajuće faktore obradivosti limova namenjenih izradi većih delova, kao što su karoserijski, ilustrovao jednostavnom šemom prema sl. 5.



Sl. 5. Pojave koje ograničavaju obradivost karoserijskih limova [3]

Korisno je u vezi sa ovim podsetiti da je u prošlosti prevodna procena tehnološke kritičnosti pojedinih delova, odnosno operacija, bila bazirana najvećim delom na iskustvu, tj. upoređenju sa delovima sličnih konfiguracija koji se već uspešno izrađuju. To, očigledno, u slučaju primene KGS nije moguće, jer praktičnog iskustva skoro i nema. Za ekonomsku i opštu tehničku ovu problematiku veoma složenu. Korisno je da se pri njenom razmatranju razlikuju dva posebna slučaja:

a) mogućnost primene KGS u okviru postojeće tehnologije (korišćenjem postojećih alata i dr.);
b) predviđanje primene KGS pri konstruisanju i projektovanju tehnološkog procesa izrade karoserija novih vozila (kada je, očigledno, mogućnost pomenutih modifikacija veća).

U svakom slučaju, evidentna je potreba da se u budućnosti definiše pouzdanija metodologija za ocenu stepena tehnološke kritičnosti ("tehnološke težine") pojedinih otpresaka, kako bi on, zajedno sa mehaničko-tehnološkim karakteristikama limova, pružio sigurne podatke o obradivosti materijala u pojedinim konkretnim slučajevima.

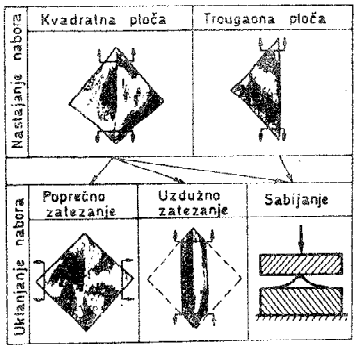
Ovde se ne može detaljno ulaziti u različite metodološke mogućnosti koje se u svrhu definisanja "tehnološke težine" mogu koristiti. Navešće se samo da među njih spadaju: korišćenje rezultata istraživanja za slučaj geometrijski pravilnih delova; analiza pola promene učešća na osnovu crtanih grafika karakteristične linije karakterističnog preseka (ili oblasti) obostranog kontakta lima sa alatom (dio impact line); korišćenje pomoćnih materijala od papira ili sl. radi izvođenja zaključaka o sklonosti ka nabiranju (paper folding analysis); kompjuterska grafika, metoda konačnih elemenata i dr.

S obzirom na karakteristična svojstva dvofaznih limova, treba konstatovati da se oni lakše mogu prilagoditi postojećoj tehnologiji nego ostali KGS, mada njihovi [illegible] kontakti ostaju kao problem.

Uproštćeno rečeno, najpotrebnije tehnološke mere koje otvaraju mogućnost za izbegavanje defleksije bile bi, ujedno, olakšano ostvarenje dodatnog zatezanja u kritičnim [illegible] povećanog pritiska u pravcu debljine lima, kontrola tečenja materijala, optimizacija oblika i veličine razvijenog stanja, promena oblika ivice izvlakača, promena pravca oblikovanja, primena zateznih rebara, podela na više operacija, podmazivanje i dr. Međutim, treba imati u vidu i to da se često pri izradi karoserijskih delova dozvoljavaju izvesni defleksioni defekti u prvoj fazi oblikovanja, jer bi oni ipak bili uklonjeni u završnoj fazi. U takvim slučajevima se, dakle, obradivost ne ograničava pojavom defleksije, već mogućnošću da se ona na kraju suzbije, ili redukuje na prihvatljivu meru. Neke opšte mogućnosti u tom smislu prikazane su na sl. 10 (zatezanje u pravcu poprečnom na formirane nabore; zatezanje u pravcu nabora, ali uz fiksiranje širine zone, pritiskivanje u pravcu debljine lima). Ovi elementarni postupci se eventualno mogu i kombinovati (što je posebno pogodno, jer se, na primer, pri čelnom pritiskivanju može, usled pritiskujućih bočnih napona, javiti tzv. sekundarno nabiranje, koje se može izbeći ako se istovremeno vrši i zatezanje).

Jasno je da postoje i brojna druga rešenja kojima se predupređuju neželjene defleksione pojave. Na primer, (ne)prilagodljivost (fittability) se rešava utoliko bolje, ukoliko se skraćuje vremenski razmak između prvog i konačnog dodira lima i matrice.

Što se tiče svojstava karoserijskih limova



Sl. 10. Načelni prikaz različitih mogućnosti za uklanjanje ili redukciju nabora

koja treba da dovedu do njihove zadovoljavajuće obradivosti, biće pogodno da se najznačajnije medju njima prikažu na jednom mestu, kao što je to učinjeno u tabeli 1.

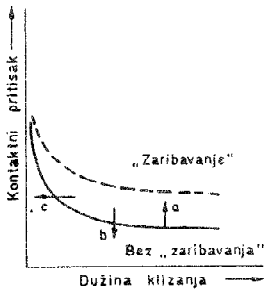
Tabela 1.

Obradivost	Najuticajnija svojstva	Manje uticajna svojstva
Dubokim izvlačenjem	r-faktor	n-faktor; σ_T/σ_M; σ_T
Razvlačenjem	n-faktor	r-faktor; σ_T; izduženje pri prekidu
Savijanjem	- izduženje pri prekidu, - r-faktor	- anizotropija u ravni
Prilagodljivost	$-\sigma_T$; $-r/\sigma_T$;	- r-faktor - n-faktor
Zadrzavanje oblika	σ_T	- r-faktor - n-faktor - n*-faktor - σ_T/σ_M

Navedenim problemima karakterističnim za obradu HSS treba dodati i povećanu mogućnost jačeg "zaribavanja" (galling) pod uticajem pogoršanih tribooloških uslova na kontaktnim površinama. Ovo stoga što su, usled povećanog deformacionog otpora, pojačani pritisci na tim površinama (pritisak i dužina puta klizanja osnovni su faktori koji predodredjuju stepen zaribavanja). Imajući ovo u vidu, može se reći da su osnovne mogućnosti za izbegavanje ove pojave sledeće:

a) podizanje granice od koje počinje zaribavanje (materijal i stanje alata, podmazivanje,...);
b) smanjenje kontaktnih pritisaka;
c) skraćenje puta klizanja.

Načelni prikaz odgovarajućih odnosa i trendova karakterističnih za zaribavanje dati su na sl. 11 |5|.

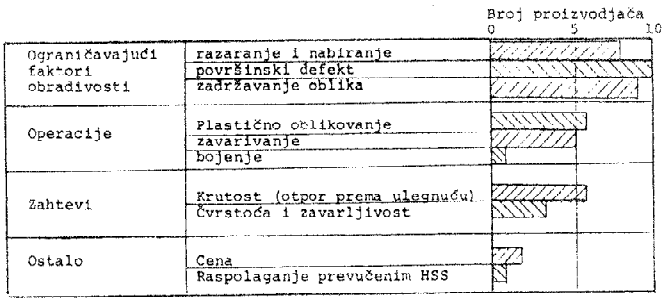


Sl. 11. Šematski prikaz različitih mogućnosti izbegavanja "zaribavanja"

Može se očekivati da će rešavanju ovog problema, pored ostalog, doprineti i dalji razvoj novih suvih maziva za HSS.

Ovim se specifičnosti HSS s obzirom na obradivost ne iscrpljuju. Na primer, jedna od njih se odnosi na optimizaciju veličine zazora izmedju noža i matrice pri presecanju i probijanju. On iznosi čak 10-15% od debljine lima što je znatno više nego kod klasičnih nelegiranih limova.

Radi upotpunjenja ovog kratkog osvrta na obradivost HSS, na sl. 12. se navode rezultati jednog anketnog ispitivanja u okviru japanske automobilske industrije |5| iz kojih proizilazi da je najznačajniji problem pri primeni HSS pojava defleksije, zatim gubljenje oblika, nabiranje, razaranje, itd.



Sl.12. Najznačajniji problemi pri korišćenju karoserijskih HSS

5. ZAKLJUČNI OSVRT NA OPŠTE KARAKTERISTIKE HSS

Iz izloženog proizilazi da ove limove odlikuju, pored povećane zatezne čvrstoće i granice tečenja, takodje i smanjena deformabiln - ost, smanjen iznos r-faktora i povećana sklonost na defleksiji u toku obrade i posle nje. U ovom zadnjem se zapravo i ogledaju najveće tehnološke teškoće, odnosno pogoršanje obradivosti do koje dolazi pri korišćenju HSS.

Izvesna komparativna nepovoljnost ovih limova proizilazi i iz činjenice da im je varijabilnost svojstava veća nego kod nelegiranih limova.

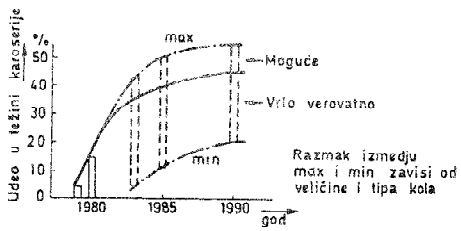
Sa stanovišta defleksije najpogodniji su dvofazni limovi, ali im je mala vrednost r-faktora za sada najveći nedostatak (slaba obradivost dubokim izvlačenjem).

Za karoserijske delove uglavnom se koriste limovi sa σ_M < 500 MPa (dakle, ne sa naročito velikom čvrstoćom), ali se pri tome uvek postavlja pitanje da li se time postiže dovoljna ušteda u materijalu da bi se nadoknadila povećana cena ovih limova i potrebnih tehnoloških modifikacija. Orijentaciono se može reći da dvostruko povećanje čvrstoće lima dozvoljava smanjenje njegove debljine za oko 20%. U tim okvirima moguće je ostvariti kompromis izmedju: redukcije težine, cene i eksploatacionih karakteristika.

Uzimajući u obzir specifična svojstva HSS, sa jedne strane, i tehnološka svojstva neophodna za uspešno oblikovanje karoserijskih delova, sa druge, može se zaključiti da se ocena njihovog kvaliteta može izvršiti preko sledećih relevantnih parametara:

- iznosi granice tečenja i zatezne čvrstoće (σ_T i σ_M);
- koeficijent normalne anizotropije (r);
- odnos σ_T/σ_M;
- eksponent deformacionog ojačavanja (n)-on je,inače, u izraženoj korelaciji sa prethodnim parametrom;
- procentualno izduženje δ;
- eksponent deformacionog ojačavanja pri plastičnim deformacijama $\gtrsim$ 1-5% (n*);
- odnos r/σ_T ili σ_T/r;
- sposobnost naknadnog očvršćavanja starenjem ("bakehardenability");
- otpor prema ulegnuću;
- prilagodljivost obliku alata ("fittability");
- sposobnost zadržavanja oblika ("fixability");
- cena.

Zbog napred naznačenih teškoća (tehnoloških i ekonomskih) HSS se, za sada, u Evropi primenjuju u dosta ograničenom obimu (za spoljne karoserijske delove), ali se za unutrašnje i noseće delove primenjuju znatno više (oko 20% od ukupne težine karoserije). U takvim okolnostima teško je činiti pouzdana predvidjanja daljih kretanja u ovom smislu. Zato se na ovom mestu umesto njih navode samo neka globalna predvidjanja izvesnih japanskih istraživača, koja se odnose na Japan, ali su interesantna kao ilustrativan prikaz - sl. 13.



Sl. 13. Predvidjanja u vezi sa daljom primenom HSS u Japanu [5]

Neka na kraju bude pomenuto i to da značajan pravac savremenih razvojnih napora čine nastojanja da se proizvedu i usavrše HSS sa prethodno prevučenim pogodnim antikorozionim prevlakama, kao i da se reše problemi njihove obradivosti, postojanosti i dr.

LITERATURA

1. H. Takechi i dr. - "High strength steel sheets in sheet metal forming" - Int. Symp. in new asp. on sh. m. form. (NASMF), 1981, Tokyo.
2. R. Hobls - "Developments in the assessment of sheet metal forming severity" - NASMF, 1981., Tokyo.
3. K. Yoshida i dr. - "Assessment of fitting behaviour and shape fixation by Yoshida buckling test" - NASMF, 1981., Tokyo.
4. C. Magee - "Automotive application and forming problems for new sheet materials" - NASMF, 1981., Tokyo.
5. S. Sato i dr. - "Problems of new sheets for automobile parts in Japan"-NASMF,1981,Tokyo.

6. J. Flipsen - "High strength hot rolled steel sheets from continuous casting" - IDDRG - WG II Conf., 1981., Tokyo.
7. Y.Tokunaga i dr.-"The product and properties of Si-Mn as-hot-rolled dual phase steel" - IDDRG - WG II Conf., 1981., Tokyo.
8. R. Hilsen i dr. - "Surface and galling characteristics of a series of high strength cold-rolled steels" - IDDRG - WG Cong.1981, Tokyo.
9. JDDRG - "Shematic data sheets in press forming of autobody panels (fitting behaviour)- IDDRG - WG Conf., 1981., Tokyo.
10. K. Yoshida i dr. - "Developments in research into sheet-metal-forming processes in Japan" - Sheet Metal. Ind., Dec., 1978.
11. G. Papp - "Warm-und kaltgewalzte Feinbleche für die Fertigung von Automobilkarosserien" - Ref. na Seminaru u "C. Zastavi",Dec. 1984.
12. G. Gerhard - "Neuere Entwicklungen bei kaltgewalzten Feinblechen für höchste Umformansprüche bzw. erhöhte Gestaltfestigkeit" - Ref. na Seminaru u "C.Zastavi", Dec., 1984.
13. R. Pearce, A. Mazhar - "High-strength low-alloy steels research at Cranfield" - Sheet Metal Ind., June, 1976.
14. M. Brezina, S. Graber, P. Mellor - "Production and formability of high - strenght low-carbon mild steel sheet" - Sheet Metal Ind., November, 1977.

B.Devedžić

THE CIRCUMSTANCES IMPEDING WIDER USE OF HIGH-STRENGTH CAR BODY SHEET METAL,AND POINTING TOWARD NEW TECHNOLOGICAL SOLUTIONS

Abstract

The application of high-strength steels for car body parts was initiated primarily by the energy crisis of the seventies.However, this application has been up to now rather limited by unavailability of larger quantities of these steels, but also by their unfavourable technological properties.Among the later one finds primarily increased tendency toward the deflection phenomena (fittability, shape fixability).The solution to this problem means in most cases brand new technological solutions, such as optimal choice of the material and the forming operations, adaptation of the tool design, etc, which hampers wider use of high-strength steels in the automobile industry.Nevertheless, their application has been growing during the recent years, and is predicted to grow the years to come.

XIX SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE

Kragujevac, septembar 198[illegible].

NOVE TEHNOLOGIJE ZA POBOLJŠANJE SVOJSTAVA POVRŠINSKIH SLOJEVA METALA

B. Liščić, Fakultet strojarstva i brodogradnje sveučilišta, Zagreb

Rezime

U ovom prikazu, dat je pregled novih tehnoloških postupaka, koji se odnose na površinske slojeve metala a srodni su toplinskoj obradi (Surface Engineering Technology as related to heat treating). Navedeni su postupci u ioniziranom plinu (plazmi); postupci za dobivanje tvrdih slojeva (CVD, PVD i TD) i postupci za otvrdnjavanje površinskih slojeva snopom LASERA. Prikazane su njihove bitne karakteristike, svrha i dobiveni rezultati. U Zaključcima su dani odgovarajući prijedlozi za uvodjenje tih tehnologija u našoj zemlji.

1.0. UVOD

Zahtjevi za produženje vijeka trajanja alata i strojnih dijelova izvrgnutih različitim naprezanjima i mehanizmima trošenja, ne mogu više biti zadovoljeni uvijek samo otvrdnjavanjem osnovnog metala klasičnim postupcima toplinske obrade. Zbog toga se u razvijenim industrijskim zemljama, u razvoju i primjeni sve brže širi koncepcija metalnih materijala - kompozita, pri čemu osnovni materijal (supstrat) sa naknadno treniranim površinskim slojem posjeduje takovu kombinaciju svojstava, koja se ne mogu postići ako se upotrebljava samo jedan materijal.

Sadašnje stanje u metalopreradjivačkoj industriji u razvijenim zemljama karakterizira pored ostalog i rastući broj novih tehnologija za obradu površinskih slojeva (pored već postojećih klasičnih postupaka toplinske obrade kao što su: cementiranje, nitriranje, indukcijsko kaljenje i dr.), koje iz faze istraživanja i razvoja, prelaze u industrijsku primjenu. Te se tehnologije mogu svrstati u nekoliko grupa fizikalno, odnosno kemijski srodnih postupaka:

- Postupci u ioniziranom plinu odnosno u plazmi (nitriranje u plazmi ili ionsko-nitriranje; pougljičavanje u plazmi; boriranje u plazmi).
- Tvrdi slojevi (karbida, nitrida, oksida), dobiveni: ili taloženjem iz plinske faze (CVD) ili uz električko ispražnjavanje u vakuumu uz pomoć magnetrona (PVD), ili u rastopljenoj mješavini boraksa i odgovarajuće fero-legure (TD-proces).
- Implantacija iona.
- Otvrdnjavanje površinskih slojeva snopom LASER-a (transformacijsko kaljenje, otvrdnjavanje rastaljivanjem; legiranje).

Postoji i mogućnost kombiniranja odnosno simultane primjene nekih od navedenih postupaka, kako pokazuje primjer iz japanskog vladinog istraživačkog instituta (GIRI = Government Industrial Research Institut). Tamo je kombinacijom implantacije iona dušika i postupka CVD dobiven super tvrdi sloj bor-nitrida na nekim metalima i na keramičkim materijalima.

Uopće uzevši, da postoji niz novih postupaka i mogućnosti varijacija za promjenu svojstava površinskih slojeva metalnih i drugih materijala - govori ja za stvaranje jedne nove naučno-tehničke discipline poznate pod nazivom "Surface Engineering" koja obuhvaća teoriju tj. fizikalne odnosno kemijske osnove procesa, poznavanje materijala supstrata, i poznavanje srodnih područja koje čine još: tribologija, korozija, analiza opterećenja u konkretnom slučaju (strojarstvo) i dr.

U širem smislu, pojam "Surface Engineering" obuhvaća i tehnologije površina u proizvodnji poluvodiča, kao i galvanske tehnologije i dr. Zbog toga je potrebno i u samom nazivu preciznije definirati područje na koje se odnosi ovo izlaganje, a to odgovara engleskom terminu: "Surface engineering technologies related to heat treating" (Strojarske tehnologije površinskih slojeva srodne toplinskoj obradi). Prema podacima iz najnovije literature, predvidja se, da će ta disciplina imati znatan uspon i predstavljati rastuće područje i daleko u slijedećem stoljeću.

2.0. POSTUPCI U IONIZIRANOM PLINU (PLAZMI)

Tri tehnologije za poboljšanje svojstava površinskih slojeva uz upotrebu plazme odnosno ioniziranog plina nalaze se u primjeni, odnosno djelomično još u fazi razvoja. To su:

- Nitriranje u plazmi (ionsko-nitriranje)
- Pougljičavanje u plazmi (ionsko-pougljičavanje-cementiranje)
- Boriranje u plazmi (ionsko-boriranje)

2.1. Nitriranje u plazmi (ionsko-nitriranje)

Ova tehnologija razvijana u zadnjih 3o-tak godina naročito u zap. Evropi je do sada najviše raširena u industrijskoj primjeni.

Karakteriziraju je osobito dvije prednosti

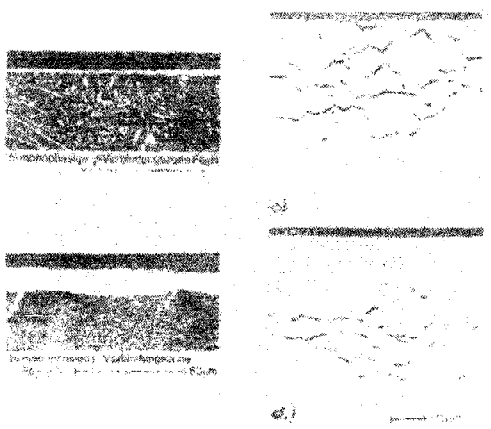
pred ostalim tehnologijama nitriranja, a to su:

a) Mogućnost regulacije više parametara procesa i na osnovu toga kontroliran utjecaj na svojstva dobivenih slojeva.

b) Mogućnost obrade predmeta velikih dimenzija.

a) Nitrirani slojevi, pa tako i ovi dobiveni ionskim nitriranjem, sastoje se - kao što je poznato, od tanke "zone spojeva" na samoj površini (debljine od cca 5 do 30 μm) i od tzv. "difuzione zone" koja se nalazi ispod nje.

Ovisno o vrsti opterećenja i mehanizmu trošenja i korozije - u konkretnom slučaju primjene, da bi se postigla najveća otpornost, važni su: strukturna gradja , debljina i žilavost zone spojeva te tvrdoća ali i žilavost difuzione zone. Ionsko-nitriranje - pri kojem je moguća ne samo kontrola temperature i vremena već i visine vakuuma, napona i jačine struje te izbor radnog plina, - omogućuje optimiranje nitriranog sloja prema uvjetima opterećenja. Tom tehnologijom je moguće proizvesti monofazne slojeve nitrida $\gamma'(Fe_4N)$ i ε $(Fe_{2-3}N)$, a također i utjecati na smanjenje izlučenih nitrida u difuzionoj zoni što znatno poboljšava njenu žilavost. Slika 1a) prikazuje monofaznu zonu spojeva $\gamma'(Fe_4N)$ nitrida debljine 5-8 μm kukva se primjenjuje za slučajeve gdje uz trošenje dolazi i udarno opterećenje. Slika 1b) prikazuje monofaznu zonu spojeva ε $(Fe_{2-3}N)$ nitrida, debljine oko 25 μm, kakva se primjenjuje za slučajeve gdje je važna otpornost na trošenje i koroziju - bez dinamičkih opterećenja. Slika 1c) prikazuje difuzionu zonu sa izraženim redovima nitrida, a slika 1d) difuzionu zonu sa djelomično suzbijenim redovima nitrida (posebno na dijelu bližem površini). Iz slike 1c) i d) vidljivo je koliko se odgovarajućim parametrima procesa ionskog nitriranja može utjecati na smanjenje izlučenih nitrida u površinskom dijelu difuzione zone i na taj način na povećanje njene žilavosti, što je veoma važno u slučajevima kad djeluje trajno dinamičko naprezanje (umor) materijala.



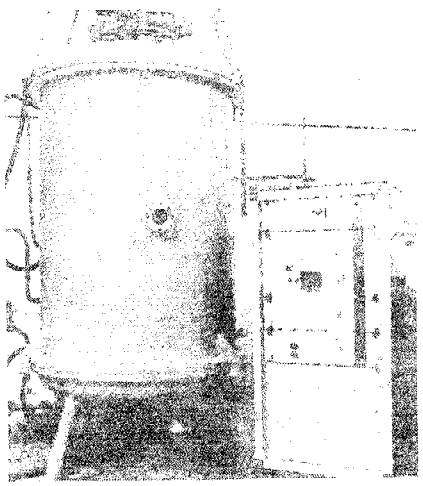
Slika 1

b) Druga prednost ionskog nitriranja prema ostalim tehnologijama nitriranja jest, da se peći (recipijenti), odnosno vakuumske komore (u kojima nema grijaćih tijela, jer se zagrijavanje vrši bombardiranjem ionima) grade u obliku standardnih elemenata (standardni promjer x standardna dužina). Takvi standardni elementi uredjaja mogu se jedan na drugog nadograđivati i time uredjaj prilagoditi dimenzijama obradjivanih predmeta. Na slici 2 prikazan je pužni vijak ekstrudera dužine 8 m prilikom šaržiranja u vakuumsku komoru uredjaja za ionsko nitriranje (KLÖCKNER-IONON).



Slika 2

Tehnologija ionskog nitriranja već je primijenjena u našoj industriji, a postoji i domaća proizvodnja uredjaja za ionsko nitriranje. Slika 3 prikazuje dio domaćeg postrojenja za ionsko nitriranje K-413 snage 45 KVA sa vakuumskom komorom Ø 750x1200 mm, koje je razvijeno na Elektrotehničkom fakultetu - Beograd.



Slika 3

Prema nedavno objavljenom izvještaju Kanetake-a pod nazivom "Surface engineering in Japan" [1] , u Japanu se momentano nalazi u upotrebi oko 250 postrojenja za ionsko nitriranje.

2.2. Pougljičavanje u plazmi (ionsko pougljičavanje odnosno cementiranje)

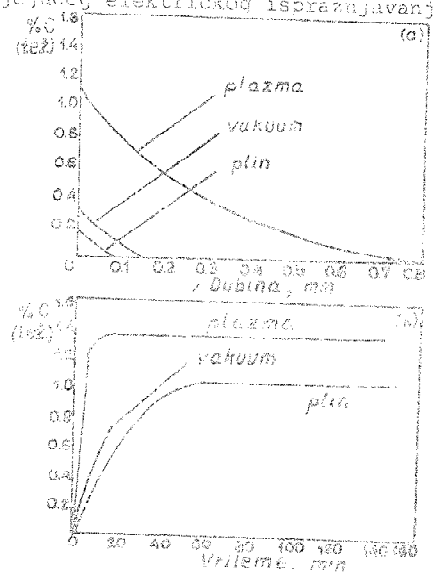
Prema najnovijoj literaturi [2] i [3]proces pougljičavanja odnosno cementiranja u plazmi je iz faze laboratorijskog razvoja prešao u primjenu u industriji. Činjenica je, da neki proizvodjači već nude odgovarajuću opremu.

To je proces pougljičavanja sa naknadnim

kaljenjem, koji u usporedbi sa dosadašnjim procesima pougljičavanja i kaljenja tj. cementiranja, nudi jednu superiorniju alternativu, posebno kad se radi o najvećim zahtjevima u pogledu produktivnosti i kvalitete cementiranih slojeva.

Najveća prednost tog procesa je bitno skraćenje ciklusa pougljičavanja. To skraćenje vremena postiže se simultanim djelovanjem nekoliko faktora:

- Ionizirani plin odnosno plazma transportira atome ugljika na površinu čelika brže nego ostali postupci pougljičavanja. To je vidljivo iz dijagrama na slici 4, gdje je u gornjem dijelu Slike 4 a) prikazan tok koncentracije ugljika u čistom željezu nakon 15 minutnog pougljičavanja pri temperaturi 950 °C u plinu (atmosfera na bazi endoplina sa C_p=0,9 %); u vakuumskoj peći (uz 400 mbar-a metana) i u plazmi (10 % metana u vodiku uz pritisak od 10 mbar-a). U donjem dijelu Slike 4 b) prikazan je tipičan porast koncentracije ugljika na površini čelika - ovisno o vremenu, za pougljičavanje u plinu, u vakuumu i u plazmi pri gore navedenim uvjetima. Iz ovog je vidljiv najbrži porast koncentracije ugljika pri pougljičavanju u plazmi, odnosno ubrzano zasićenje površine metala ugljikom zbog efekta tinjajućeg električnog ispražnjavanja.



Sl. 4

- Tako nastali visoki gradijent koncentracije ugljika na površini metala znatno povisuje pokretnu silu za transport mase ugljika (J) u unutrašnjost čelika prema izrazu:

$$J = -D\left(\frac{\partial c}{\partial x}\right)_s = K\,(C_p - C_s)$$ pri čemu znače:

D = koeficijent difuzije ugljika u čelik pri zadanoj temperaturi

$\left(\frac{\partial c}{\partial x}\right)_s$ = gradijent koncentracije ugljika na površini čelika

K = koeficijent prelaza mase

C_p = efektivni potencijal ugljika plazme

C_s = koncentracija ugljika na površini čelika

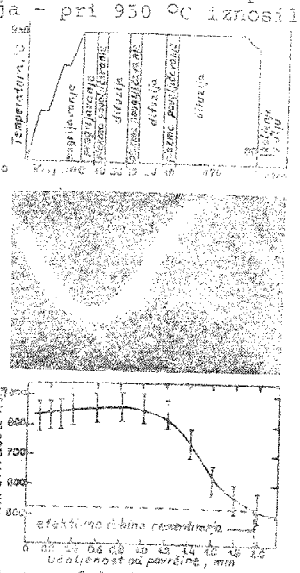
Dakle, visoki efektivni potencijal ugljika (C_p) plazme kao i visoka brzina difuzije ugljika (D) pri visokim temperaturama pougljičavanja - uvjetuju visoki gradijent koncentracije ugljika na površini čelika - zajedno doprinose velikoj brzini pougljičavanja.

- Osim toga, pougljičavanje u plazmi se provodi obično pri visokim temperaturama (sve do 1050 °C), što predstavlja daljnji faktor, koji povećava koeficijent difuzije ugljika u čeliku i sa svoje strane doprinosi skraćenju vremena pougljičavanja.

Pougljičavanje u plazmi se provodi u vakuumskoj peći uz relativno niski vakuum od 10^{-1} mbar-a. Nakon zagrijavanja predmeta grafitnim grijačima, slijedi period pougljičavanja uz tinjajuće električko ispražnjavanje (tj. ionizaciju plina), sve do zasićenja površine čelika ugljikom, a zatim period difuzije (bez tinjajućeg ispražnjavanja) u kojem koncentracija ugljika na površini postiže željenu vrijednost uz povećanje dubine difuzije u unutrašnjost.

Sve ostale funkcije peći kao što su: brzo stvaranje vakuuma; brzo zagrijavanje šarže na temperaturu pougljičavanja; hidraulički sistem transporta u peći; mikroprocesorsko upravljanje, - ostvarene su tako, da čitav radni ciklus može biti što kraći.

Na slici 5 a) prikazan je tipičan ciklus pougljičavanja u plazmi za velike debljine slojeva (više ponovljenih perioda pougljičavanje uz tinjajuće ispražnjavanje - difuzija). Slika 5 b) prikazuje snimku presjeka dobivenog cementiranog sloja, čija je efektivna dubina - kako pokazuje slika 5 c) 2,0 mm. Ukupno vrijeme pougljičavanja - pri 950 °C iznosilo je 5 h.



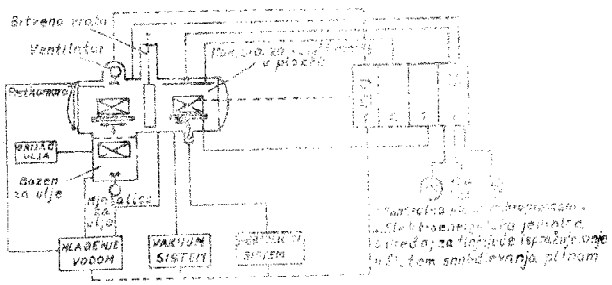
Sl. 5

Za dobivanje iste efektivne dubine cementiranog sloja bilo bi pri klasičnom pougljičavanju u plinu (na bazi atmosfere iz endogeneratora sa C_p=1,05 %) pri temperaturi 920 °C - potrebno 22 sata.

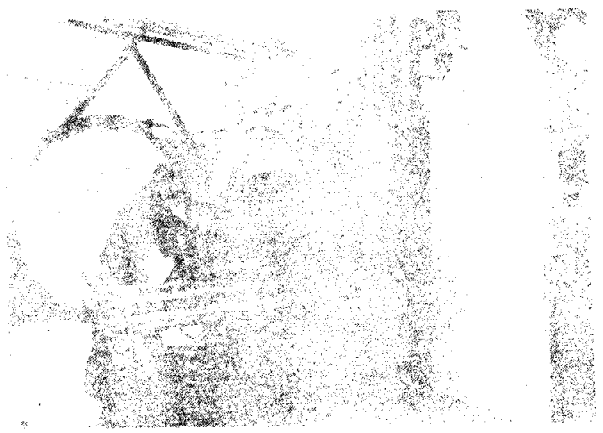
Daljnja značajna prednost pougljičavanja u plazmi jest to, da se zbog rada u vakuumiranom prostoru i palnjenc plinova bez kisika, dobivaju cementirani slojevi bez interne oksidacije (koja je inače normalna pri pougljičavanju u atmosferi koja sadrži i spojeve sa kisikom). To ima za posljedicu povećanu dinamičku izdržljivost (otpornost na umor) dijelova koji su pougljičeni u plazmi. Odsutnost interne oksidacije kao i karbida u tako dobivenom sloju (zbog visoke granične topivosti ugljika u austenitu pri visokim temperaturama pougljičavanja), u većini slučajeva čini nepotrebnim bilo kakvu obradu (brušenje) poslije cementiranja.

Na slici 6 prikazana je zbrana vakuumske peći sa predkomorom i integriranim bazenom za gašenje u ulju - za pougljičavanje-cementiranje u plazmi (postupak IONIT-SUDERNER IONEN), a na slici 7 prikazan je vanjski izgled iste peći u momentu šaržiranja.

Tehnologija pougljičavanja u plazmi u našoj zemlji još nije primijenjena



Slika 6



Slika 7

2.3. Boriranje u plazmi (ionsko boriranje)

Boriranje koje se u posljednjih 10-tak godina primjenjuje u industriji, i u našoj zemlji, vrši se u krutom sredstvu (prah, odnosno granulat). Ono je dalo površinske slojeve visokih tvrdoća, (1600-2100 HV) i velike otpornosti na trošenje - osobito abrazijom. Iskustvo u primjeni je pokazalo, da se najbolji rezultati postižu sa monofaznim slojem borida Fe_2B.

Tehnika rada sa krutim sredstvom (pakovanje u sanduke) nije prikladna za upotrebu u serijskoj proizvodnji, pa se zbog toga u razvoju tj. u laboratorijskim uvjetima nastoji razviti metoda boriranja u plinskoj atmosferi. Jedna od takovih varijanti je i boriranje u plazmi uz tinjajuće električko ispražnjavanje.

Kod boriranja u plinu - problem predstavlja izbor odgovarajućeg plina. Diboran (B_2H_2) kao moguća alternativa ne dolazi praktički u obzir zbog svoje izvanredno visoke otrovnosti. Istraživanja opisana u [4] pokazuju, da se uz primjenu mješavine bor-klorida i vodika (BCl_3/H_2) mogu dobiti trofazni slojevi na površini čelika (B, FeB i Fe_2B) ali ne i jednofazni slojevi Fe_2B borida.

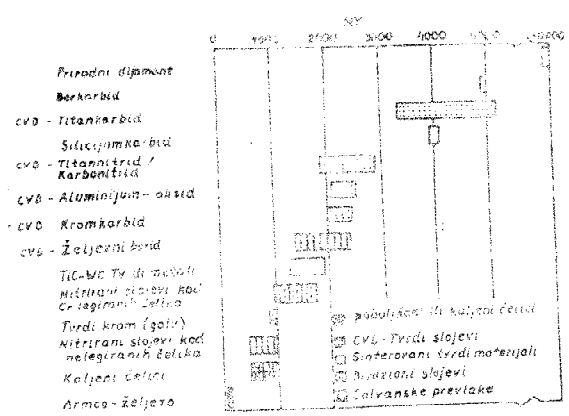
Prema sadašnjem stanju razvoja, jasno je, da se tehnologija boriranja u plazmi nalazi još u stadiju laboratorijskog istraživanja

3.0. TVRDI SLOJEVI (coatings)

Uvjetovani razvojem vakuumskih sistema, razvijeni su postupci CVD (Chemical Vapour Deposition = Kemijsko taloženje iz plinske faze) i PVD (Physical Vapour Deposition = Fizikalno taloženje iz plinske faze), na obradjivanim površinama, koji su se počeli industrijski primjenjivati najprije u području elektronike i optike. Tek kasnije je počela primjena tih tehnologija i u metalopreradjivačkoj industriji - zbog otpornosti tih slojeva na trošenje i na koroziju.

Budući da se npr. kod čelika udio njihove najtvrdje faze - a to su karbidi - ne može po volji povećavati - iz metalurških razloga, no može površina čelika nikada dostići tvrdoće čistih faza karbida, nitrida ili oksida. Posljedica toga jest, da je otpornost na trošenje a i na koroziju tih slojeva karbida ili nitrida mnogo veća nego kod čelika (makar on bio i toplinski obradjen klasičnim postupcima toplinske obrade), jer u površini čelika relativno mekane strukturne faze matice materijala (ferit, perlit, zaostali austenit) pri visokim lokalnim specifičnim pritiscima naginju tzv. "hladnom zavarivanju" koje dovodi do adhezijskog trošenja.

U slici 8 data je usporedba tvrdoća HV za različite materijale i tvrde slojeve (prevlake) - u rasponu od Armco-željeza sa najmanjom tvrdoćom do prirodnog dijamanta sa najvećom tvrdoćom.



Slika 8

Proizvodnja tvrdih slojeva je skupa, a zbog njihove visoke tvrdoće samostalno izdvojeni tvrdi slojevi su krhki i osjetljivi na lom. Zbog toga se oni primjenjuju samo kao relativno tanki slojevi na odgovarajućem osnovnom materijalu koji posjeduje dovoljnu potpornu čvrstoću

(tvrdoću), ali i odgovarajuću duktilnost.

Zbog visokih tališta tih materijala koji čine tvrde slojeve, ne dolaze u obzir metalurške metode njihovog nanašanja na osnovni materijal. Kao tvrdi slojevi odnosno slojevi sa osobitom otpornošću na trošenje dolaze u primjeni:

- Čisti metali: Ti, Ta, Nb, Cr, Mo, W
- Karbidi ovih metala: Ti, Cr, V, Mo, W, Ta, Nb, Si, B
- Nitridi ovih metala: Ti, Nb, Ta, B
- Boridi ovih metala: Ti, Fe
- Oksidi ovih metala: Al, Cr, Si, Zr
- Silicidi ovih metala: Ti, Zr, Mo, Fe

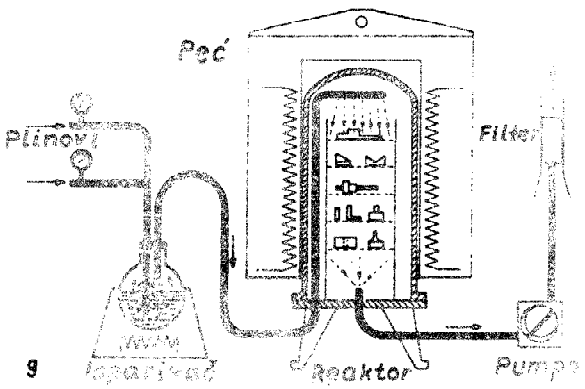
1. Postupak CVD - Kemijsko taloženje iz plinske faze

Princip postupka CVD, može se objasniti na primjeru taloženja titanovog karbida (TiC):

$$TiCl_4 + CH_4 \xrightarrow[\text{Pritisak, Temp.}]{H_2} TiC + 4\,HCl$$

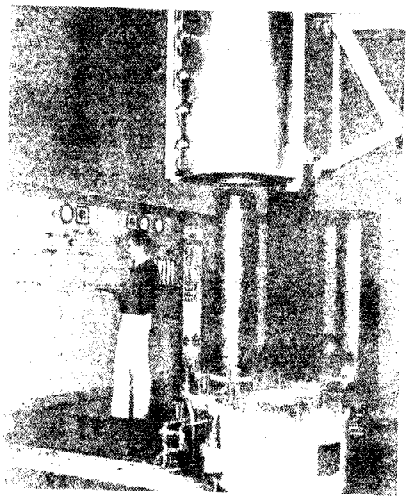
Kao davač titana dolazi plin titanov-klorid. On se uvodi u reaktor pomoću vodika kao plina nosača. Proces se odvija pri temperaturi oko 1000 °C (900-1100 °C). Kao rezultat procesa dobiva se istaložena kruta faza titanov-karbid i kao nusprodukt plin klorovodik. Važno je naglasiti, da ugljik iz osnovnog materijala (supstrata) - zbog svoje visoke aktivnosti kod iznad °C difundira u sloj (prevlaku) tj. on učestvuje pri stvaranju karbida. Zbog toga je važno pri ovom postupku, da osnovni materijal ima određeni minimalni sadržaj ugljika.

Na slici 9 prikazana je principijelna shema uredjaja za postupak CVD, a na slici 10 je prikazan takav uredjaj (Bernex-serije 325) koji može služiti za CVD proces pri visokim temperaturama, ali i za taloženje na pr. titanovog karbonitrida Ti(C,N) pri nižim temperaturama (700-900 °C).



Slika 9

Debljina slojeva istaloženih CVD postupkom je obično između 5 i 10 µm (jer se kod prekoračenja tih vrijednosti pri trošenju za neke primjene već prekoračuje i dozvoljena tolerancija mjera), a maksimalno do 20 µm. Jedna od najčešćih primjena postupka CVD odnosi se na izmjenjive pločice tvrdih metala kod alata za obradu rezanjem. Ove dobivaju slojeve TiC, TiN ili Ti(C,N) odnosno dvostruke slojeve TiC/TiN ili u zadnje vrijeme višeslojne prevlake: TiC/TiN/Al_2O_3 . Rezultat takove obrade tih pločica su velika povećanja vijeka trajanja i povećanje brzine rezanja.



Slika 10

Slika 11 prikazuje Scanning-elektronskumikrosnimku preloma pločice tvrdog metala sa prevlakom titanovog karbonitrida Ti(C,N) pri povećanju 2400x .



Slika 11

CVD postupak se primjenjuje kod raznih vrsta alatnih čelika u cilju produženja vijeka trajanje različitih alata pri raznim uvjetima trošenja. Tabela na slici 12 prikazuje prema [6] rezultate primjene slojeva TiC i TiN kod raznih vrsta alatnih čelika i alata na osnovu broja izradjenih dijelova.

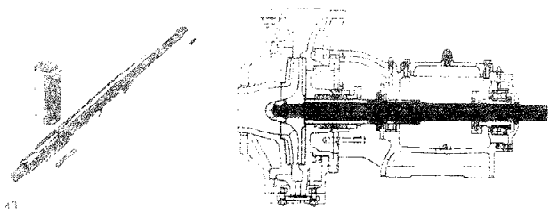
Slika 13 prikazuje primjenu sloja TiC/TiN (SOLO-Bidurit) za povećanje otpornosti od korozije osovine centrifugalne pumpe koja radi sa sumpornom kiselinom. Originalna osovina izradjena od nerdjajućeg čelika Č.4571, morala je zbog korozije biti izmijenjena nakon svakih 3 do 4 mjeseca. Nakon primjene sloja TiC/TiN osovina radi već dvije godine a da se ne mora mijenjati. Osim toga ona se više ne izradjuje iz skupog visokolegiranog nerdjajućeg čelika,

već iz mnogo jeftinijeg nelegiranog čelika Č.1730.

PERFORMANSE TVRDIH SLOJEVA PRI TIPIČNIM PRIMJENAMA — Tabela 1

Naziv tretiranog predmeta	Vrsta čelika	Vrsta tvrdog sloja	Primjena	Izradneno komada (ili operacija do ponovnog brušenja) Bez tvrdog sloja	Sa tvrdim slojem
Kalup za upsjecanje	Č.7680	TiN	Hladno upsjecanje klinova od nerdjajućeg čelika	10.000	40.000
Probojac	–	TiN	Hladno probijanje rupa u čeliku tipa AISI 8637	20.000	40.000
Alat za izrade zupčanika dubljenjem	DIN S-6-5-3	TiN	Dubljenje zupčanika iz čelika AISI-4630	1.500	4.500
Alat za valjanje navoja	Č.4880	TiC	Valjanje navoja na niskougljičnom čeliku	100.000	2,000.000
Cijevni urezuik 17 mm	Č.7680	TiN	Urezivanje navoja u sivom lijevu	3.000	4.000
Tvrdio 8 mm	AISI-M7	TiN	Bušenje rupa u niskougljičnom čeliku	1.000	4.000
Alat za rezanje	DIN S-12-1-4-5	TiC	vokaranje	4.500	20.000
Alat za odrezivanje	Č.7680	TiN	Rezanje niskougljičnog čelika	150	1.000

Slika 12



Slika 13

3.2. PVD-postupak – Fizikalno taloženje iz parne faze

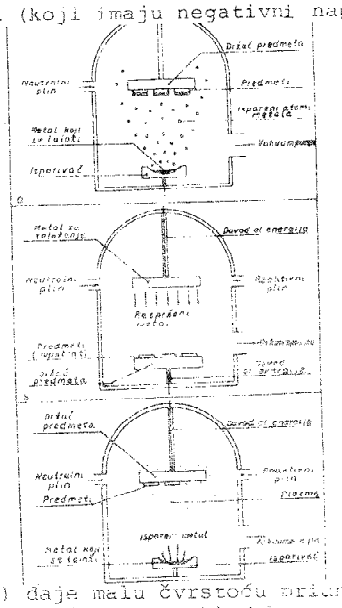
Za razliku od CVD-postupka pri kojem su svi partneri u reakciji plinovi, i do taloženja odnosno stvaranja sloja dolazi kemijskim reakcijama, – kod PVD-procesa dolazi metal potreban za reakciju u krutom obliku.

Da bi se taj metal pretvorio iz krute u parnu fazu (ispario), u tehnologiji PVD postupka dolaze uglavnom 3 slijedeća fizikalna procesa (moguće su i neke druge varijante):

a) – Isparivanje u vakuumu, slika 14 a). Dovodjenjem topline (isparivač ili snop elektrona) isparuje se dotični metal u vakuumu i taloži na supstrat tj. obradjivane dijelove.

b) – Reaktivno raspršivanje, slika 14 b). Pomoću tinjajućeg električkog ispražnjavanja udaraju pozitivni ioni na metal i raspršuju atome tog metala, koji reagiraju sa reaktivnim plinom stvarajući odgovarajući metalni spoj, koji se taloži na supstrat.

c) – Reaktivno ionsko platiranje, slika 14 c). Predmeti odnosno supstrat je izložen prije i za vrijeme taloženja bombardiranju iona. Ispareni metal se djelomično ionizira u tinjajućem ispražnjavanju neutralnog plina (plazma). Metalni ioni reagiraju sa reaktivnim plinom i bivaju ubrzani na površinu predmeta (koji imaju negativni napon).



Sl. 14

Dok proces a) daje malu čvrstoću prianjanju nataloženog sloja, daje proces b) dobro prianjanje, a proces c) još bolje prianjanje sloja. Brzina taloženja ovisi o materijalu koji se taloži i o parametrima procesa. Kod reaktivnog ionskog platiranja sa magnetronom, prema podacima Battelle-Instituta u Ženevi, ona iznosi za metale i legure izmedju 10 i 60 μm/h , a za nitride i okside izmedju 4 i 10 μm/h. Jedna od najvećih prednosti PVD postupka prema CVD postupku jesu niže temperature procesa. Kod procesa na slici 14 b) na primjer temperatura obradjivanih predmeta (supstrata) može biti ispod temperature popustanja brzoreznog čelika (tj. < 550 °C). Na taj način moguće je PVD tehnologijom dobiti tvrdi sloj bez da se kaljeni i popušteni osnovni materijal omekša.

3.3. Difuzijski proces u rastopljenoj kupki boraksa (TD-proces)

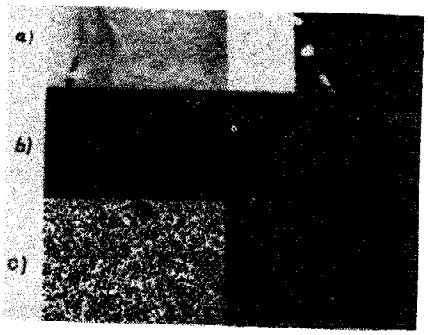
Od 1971. godine u japanskoj industriji koristi se proces koji je razvijen u centralnim razvojno-istraživačkim laboratorijima kompanije TOYOTA u Nagoyi, poznat danas u svijetu pod nazivom TOYOTA-Diffusion proces za kojega je dosad više zemalja otkupilo licencu.

Iskustvo je pokazalo, da se kompaktni površinski slojevi karbida (VC, NbC, TiC, Cr_7C_3) stvaraju na metalnim predmetima uronjenim u kupku rastopljenog boraksa u koju je dodan prah odgovarajuće fero-legure (fero-vanadija, fero-niobiuma, fero-titana ili fero-kroma), iznad 800 °C. Karbidi nastaju reakcijom izmedju odgovarajuće fero-legure otopljene u kupki i atoma ugljika koji difundira iz samog supstrata. Kaljenje osnovnog materijala (supstrata) može se izvesti direktno sa temperature procesa ili naknadno ponovnim zagrijavanjem na temperaturu austenitizacije.

Ovaj proces - za razliku od ostalih prethodno opisanih - ne zahtijeva specijalnu opremu niti velike investicije.

Zavod za materijale Fakulteta strojarstva i brodogradnje u Zagrebu, u suradnji sa Zavodom za raziskavo materijala in konštrukcij iz Ljubljane radi na razvoju domaćeg postupka dobivanja tvrdih (karbidnih) slojeva u kupki rastopljenog boraksa.

Slika 15 (povećanje ~1000x) prikazuje: u gornjem dijelu kompozicijsku scanning-mikrosnimku sloja niob-karbida debljine 20 µm na čeliku Č.1946. U srednjem dijelu slike je Röntgenska snimka rasporeda Nb, a u donjem dijelu Röntgenska snimka rasporeda Fe.



Niob-karbid - debljina sloja 20 µm
tvrdoća : 2800 HV
Supstrat : Č. 1946
a) Scanning - Compo snimka
b) Röntgen snimka rasporeda Nb
c) Röntgen snimka rasporeda Fe

Sl. 15

TD-proces je u primjeni pokazao vrlo značajna produženja vijeka trajanja obradjivanih dijelova i alata. Prema [9] medju 50-tak slučajeva primjene u Australiji opisan je i slijedeći primjer:

Složeni kalup za proširenje krajeva zavarene cijevi, izradjen od alatnog čelika Č.4850, mogao je prije obrade procesom TD izraditi 30 dijelova, nakon kojih je kalup morao biti očišćen od naljepljenih čestica metala i poliran. Nakon tretiranja kalupa procesom TD bilo je moguće izraditi 7500 dijelova bez da je kalup u toku rada bio čišćen i poliran.

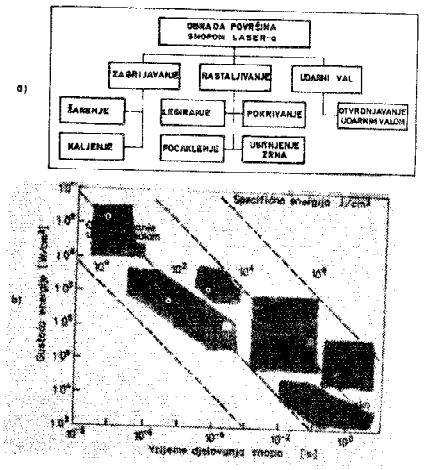
4.0. OTVRDNJAVANJE POVRŠINSKIH SLOJEVA SNOPOM LASERA

Industrijski LASERI, kao što je poznato, služe u metalopreradjivačkoj industriji za različite proizvodne operacije: precizno rezanje i oblikovanje materijala, bušenje, zavarivanje i za otvrdnjavanje površinskih slojeva. Sa razvojem kontinuiranih CO_2 LASERA velikih snaga (do 20 kW) tehnologije otvrdnjavanja površinskih slojeva doživjele su brzi rast i poboljšanje metoda.

Slika 16 a) prikazuje shemu metoda odnosno postupaka koje danas obuhvaća tretiranje površinskih slojeva snopom LASERA, a slika 16 b) prikazuje područja pojedinih postupaka u ovisnosti o gustoći prenesene energije (W/cm^2) i vremenu djelovanja snopa (s). Ovisno o tim parametrima, odnosno o brzini (cm/s) kojom snop LASERA prelazi preko površine dolazi do: zagrijavanja u područje austenita, ili do zagrijavanja površine preko točke topljenja materijala - ili čak do isparavanja tankih površinskih slojeva obradjivanog metala. Izborom tih parametara ostvaruje se pojedini od postupaka površinskog otvrdnjavanja:

- Transformacijsko kaljenje (Laser transformation hardening)
- Usitnjavanje zrna strukture (Laser Grain Refining)
- Pokrivanje površine (Laser Cladding)
- Legiranje površinskog sloja (Laser alloying)

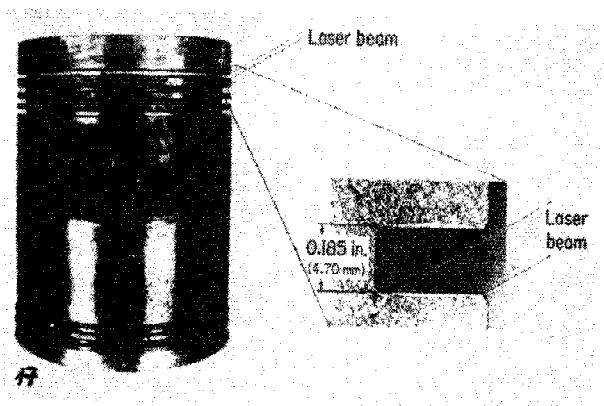
Iako je otvrdnjavanje općenita karakteristika kod primjene navednih postupaka, nije u svim slučajevima svrha dobiti samo povećanu tvrdoću na površini.



Slika 16

4.1. Transformacijsko kaljenje snopom LASERA

Ovim postupkom tretiraju se željezni metali (čelici i željezni lijevovi), koji u sloju određene dubine, koji se naglo zagrije iznad temperature austenitizacije i vrlo naglo ohladi - samozakaljivanjem, - dobijaju finozrnatu martenzitnu strukturu, koja daje povećanu otpornost na trošenje i povećanu dinamičku izdržljivost (otpornost na umor). Slika 17 prikazuje transformacijsko kaljenje bočnih strana utora na klipu motora,



Slika 17

pomoću snopa LASERA snage 3 kW. Ovaj primjer pokazuje mogućnost precizne lokalne primjene laserskog snopa.

4.2. Usitnjavanje zrna strukture snopom LASERA

Ljevane legure općenito sadrže oksidne i sulfidne nemetalne uključke, intermetalne spojeve i poroznosti. Sve to može negativno utjecati na otpornost trošenju, otpornost koroziji i smanjiti dinamičku izdržljivost. Zbog toga je na kritičnim mjestima na površini poželjna struktura sa usitnjenim zrnima i homogenim sastavom. To se upravo postiže zagrijavajući lokalno snopom LASERA tako, da se rastali materijal do željene dubine. Pri naknadnom brzom ohladjivanju (odvodjenjem malih količina topline u unutrašnjost materijala) brzina nukleacije krute faze iz taljevine je dovoljno velika, tako da prije nego zrna mogu porasti, - sva taljevina se skrutne, a posljedica je homogena finozrnata struktura.

4.3. Pokrivanje površine dodatnim materijalom pomoću snopa LASERA

Snop LASERA pruža mogućnost, da se površina materijala niskog tališta pokrije materijalom koji ima visoko talište. Takvi materijali za pokrivanje - u pravilu veoma tvrdi - su obično legure na bazi : Co, Ni ili Fe. Oni se široko primjenjuju za slučajeve: adhezivnog trošenja, udarnog opterećenja, erozije, korozije i abrazije. Pri topljenju tih materijala snopom LASERA topi se i vrlo tanki površinski sloj osnovnog materijala (supstrata). Oni zajedno pri skrućivanju stvaraju metalurški spoj izmedju pokrovnog materijala i supstrata.

Na taj način nanosi se, na primjer, sloj volframovog karbida (WC) na nelegirani niskougljični čelik, ili nekog keramičkog materijala na neku aluminijsku leguru.

4.4. Legiranje površinskog sloja pomoću snopa LASERA

Kontrolirano rastaljivanje površine supstrata do željene dubine, pomoću snopa LASERA i istovremeno dodavanje legirajućih elemenata u obliku praha, - dovodi do brze difuzije tih elemenata u supstrat. Na taj način se u vrlo kratkom intervalu (0,1 do 10 sek) mogu dobiti željene legure u traženoj dubini sloja. Kemijski sastav legure odredjuje mikrostrukturu, a parametri laserskog snopa odredjuju stupanj usitnjenja zrna strukture. Na taj način je moguće na primjer, na površini jednog jeftinog nelegiranog čelika dobiti sloj sa visokim postotkom kroma otporan na koroziju ili na oksidaciju pri visokim temperaturama.

5.0. ZAKLJUČCI

- Primjena novih tehnologija za poboljšanje svojstava površinskih slojeva pruža nesumljivo velike mogućnosti sniženja troškova u proizvodnji i u eksploataciji. U prvom redu, to se može postići značajnim produženjem radnog vijeka alata i strojnih elemenata. Drugi aspekt predstavlja mogućnost upotrebe jeftinih materijala supstrata. Odgovarajućim izborom materijala supstrata i primjenom odgovarajuće tehnologije površinskih slojeva mogu se postići optimalne kombinacije svojstava, koje se ne mogu ostvariti samo sa jednim materijalom.
- Obzirom na znatan broj postojećih postupaka i njihovih varijanti, vrlo je važan izbor optimalnog rješenja (uključivši i ekonomičnost postupka), za svaki konkretni slučaj.
  Analizu konkretnih uvjeta opterećenja, izbor odgovarajućeg postupka i relevantnih parametara, prenos potrebnog "know-how"-a, te ispitivanje dobivenih rezultata, budući da se radi o interdisciplinarnom području, moraju u timskom radu obavljati stručnjaci različitih profila: inženjeri strojarstva, fizičari, kemičari, metalurzi i specijalisti za materijale.
- Kako napred navedeno pokazuje, "Surface Engineering" ili Tehnologija površinskih slojeva je novo interdisciplinarno područje nauke i tehnike, koje će u budućnosti imati sve veći značaj za metalopreradjivačku industriju. Iz tog razloga treba već sada razmisliti o uključivanju tog područja na adekvatan način u programe obrazovanja i naučno-istraživačke radove na odgovarajućim fakultetima i u našoj zemlji.

LITERATURA:

[1] Kanetake, N, "Surface Engineering in Japan", Surface Engineering, 1985, Vol. 1, No 2, p. 77/78.

[2] Jacobs, M.H. ; Law, T.J.; Ribet F., "Plasma Carburizing: Theory, Industrial Benefits and Practices", Surface Engineering, 1985, Vol. 1, Number 2, p.105-112.

[3] Hombeck, F and Rembges W., "User Experience with an Integral Quench Plasma (ion) Carburizing Furnace", Proceedings Volume "Heat Treatment '84", The Metals Society, London, Sept. 1984.

[4] Filep E., Farkas Sz., Kolozsváry Z., Biró D., "A Few Aspects of Layer Formation in Plasma Boronizing", Proceedings Volume II of the 4th INTERNATIONAL CONGRESS ON HEAT TREATMENT OF MATERIALS, June 3-7.1985, Berlin, p. 926-932.

B.Liščić

NEW TECHNOLOGIES FOR IMPROVING THE PROPERTIES OF SURFACE LAYERS OF METALS

Abstract

In this paper, an overview is given of new surface engineering technologies related to heat treating.The technologies mentioned include ionised gas (plasma), hard layers (CVD,PVD,and TD), and surface layer hardening with lasers. Their essential characteristics are outlined, and also purposes and the results achieved. In the Conclusions, appropriate suggestions are given for introducing these technologies into practice in this country.

XIX SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE
Kragujevac, septembar 1985.

TRIBOLOŠKE KARAKTERISTIKE MAZIVA SA POLIMERNIM SADRZAJEM

A.I.Sviredjonok, IMMS AN BSSR, Gomelj
V.A.Smurugov
N.N.Mihnevič

R e z i m e

Savremenim uljima za podmazivanje često se dodaju polimeri, čime se postiže poboljšanje mazivih svojstava. Eksperimentalna ispitivanja prikazana u radu pokazuju da punjenje niza ispitivanih ulja dispergovanim polimerima znatno utiče na debljinu i sposobnost nošenja kontaktnog sloja maziva. Pri tome posebno izražen uticaj iskazuje površinska energija polimera, medjudejstvo polimera sa baznim uljem i pojedinim komponentama u ulju i adheziona sklonost polimera prema metalnim površinama. U skladu sa tim daje se i odgovarajuća klasifikacija polimera uz analizu mehanizma dejstva, u uslovima kontakta.

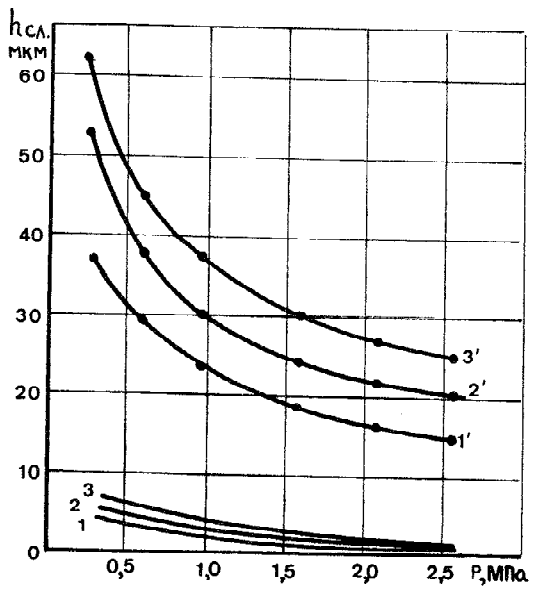
U radu se posebno razmatra pozitivno dejstvo polimernog sadržaja u uljima za podmazivanje u konkretnim operacijama obrade metala sabijanjem.

Na osnovu kompleksnog istraživanja može se zaključiti da se mehanizam i stepen uticaja polimernih dodataka na svojstva mazivih sredina mogu suštinski razlikovati u zavisnosti od tipa, karakteristika i količine dodatnog polimera i od uslova eksploatacije.

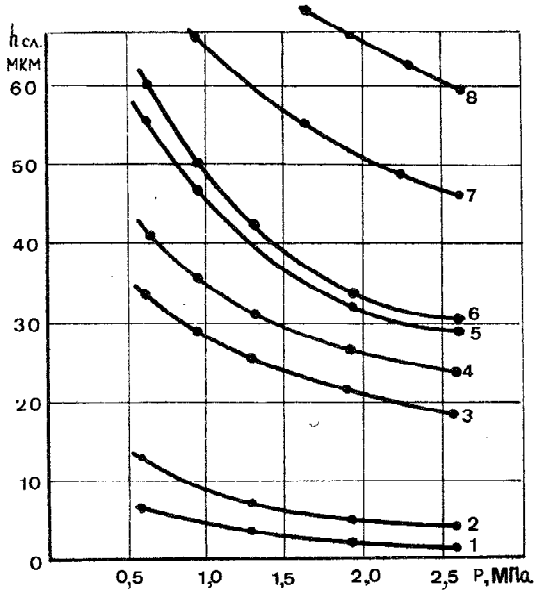
Da bi se povećala efektivnost i poboljšala svojstva mazivih sredina u današnje vreme se često vrši njihovo modifikovanje dodavanjem polimera. Najbolji rezultati pokazali su se u procesima obrade metala sabijanjem.

Prisustvo polimera u mazivu doprinosi ravnomernijoj raspodeli normalnih i tangencijalnih naprezanja u kontaktnoj zoni, dozvoljava inicijanje raznovrsnih fizičkih i mehaničkih procesa na površinama i smanjuje habanje alata i koeficijenta trenja |1-7|. Mehanizam i stepen uticaja polimernih dodataka na svojstva podmazujuće sredine mogu se suštinski razlikovati u zavisnosti od tipa, karakteristika i količine dodatog polimera i od uslova eksploatacije, o čemu svedoče rezultati dalje opisanih ispitivanja.

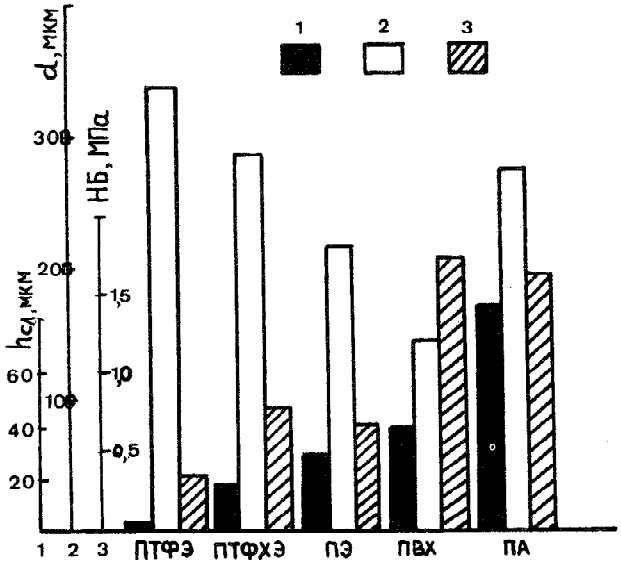
Važnu frikcionu karakteristiku maziva, vezano za procese obrade metala sabijanjem, predstavlja njegova sposobnost nošenja, tj. sposobnost polimernog podmazujućeg sloja da se ne deformiše pri delovanju normalnog opterećenja. Za izučavanje noseće sposobnosti maziva primenjen je metod oblivanja ploča |8|. U toku ispitivanja korišćeno je 150 bakarnih pločica prečnika 27,5 mm i debljine 50 μm, obradjenih do hrapavosti Ra = 0,2 - 0,3 μm.



Sl. 1. Zavisnost debljine preostalog sloja ulja od opterećenja: 1-vazelinsko ulje; 2- MS-20; 3-ricinusovo ulje; 1', 2', 3' - navedena ulja respektivno sa 10% polietilena



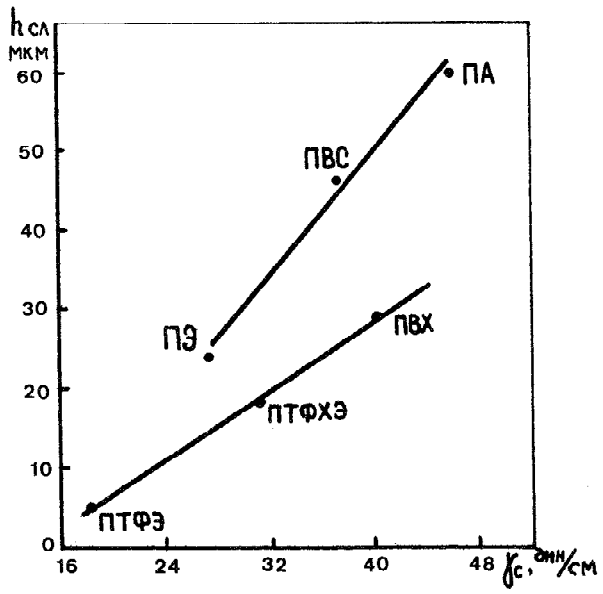
Sl. 2. Zavisnost debljine preostalog sloja ulja od opterećenja za ulje S-1 (1) i kompozicije ovog ulja sa 10% sadržaja politetrafluoretilena (2), politrifluorhloretilena (3), polietilena (4), polivinilbutirala (5), polivinilhlorida (6), polivinilnog alkohola (7), poliamida (8)



Sl.3. Uporedni prikaz debljine preostalog sloja ulja S-1 punjenog različitim polimerima (1) srednjih dimenzija čestica polimera (2) i tvrdoće po Brinelu (3)

Ispitivanja su pokazala (sl. 1,2) da punjenje niza izabranih maziva disperznim polimerima izaziva znatno povećanje debljine preostalih mazivih slojeva. Povećanje debljine slojeva maziva može biti povezano sa disperznošću i mehaničkim svojstvima polimera, mada analiza pokazuje (sl. 3) da nema korelacije izmedju disperznosti, mehaničkih svojstava i debljine slojeva. To pokazuje da u tom slučaju ne treba razmatrati podmazujući sloj sa sadržajem polimera kao kvazi jednorodnu sredinu - u kojoj se uloga polimera kao punioca svodi na izmenu samo takvih svojstava disperzne podmazujuće sredine kao što su viskoznost i plastičnost.

Jedan od najvažnijih faktora koji opredeljuje veličinu preostalog podmazujućeg sloja predstavlja površinska energija polimera (sl. 4).Pri punjenju baznog ulja organskog porekla S-1, na primer, politetrafluoretilenom (kritični površinski napon kvašenja γ_c = 40 din/cm) debljina preostalog sloja je 4 μm, politrifluorhloretilenom (γ_c = 31 din/cm) - 19 μm, polivinilhloridom (γ_c= 40 din/cm) - 30 μm (veličina kontaktnog pritiska je 2,6 MPa). Osim toga, može se primetiti da pri istim vrednostima površinske energije različiti polimeri mogu uzorkovati preostale slojeve veoma

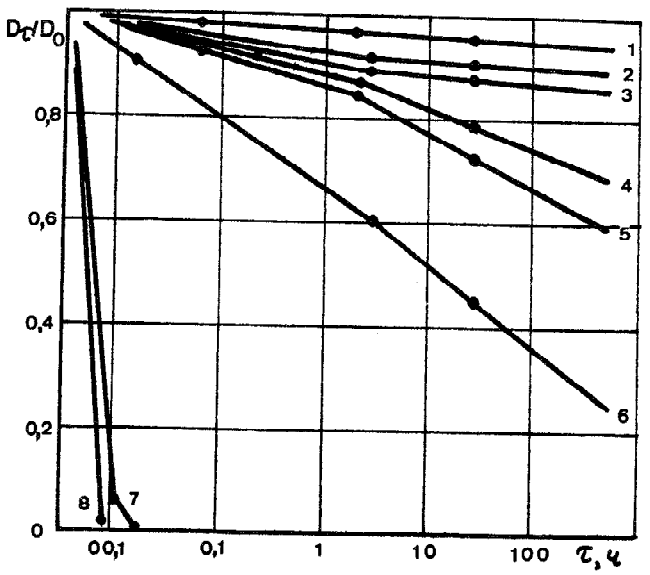


Sl. 4. Uticaj površinske energije polimera-punioca na debljinu preostalog sloja kompozicija koje sadrže polimere sa uljem S-1 kao osnovom

različite debljine. Tako, na primer, polietilen (PE), koji ima površinsku energiju približnu površinskoj energiji politetrafluoretilena (PTFHE) (γ_c = 27-31) din/cm) i manju tvrdoću (tvrdoća po Brinelu za PE je 0,45-0,58 MN/m^2, tvrdoća za PTFHE je 0,8 MN/m^2), doprinosi for-

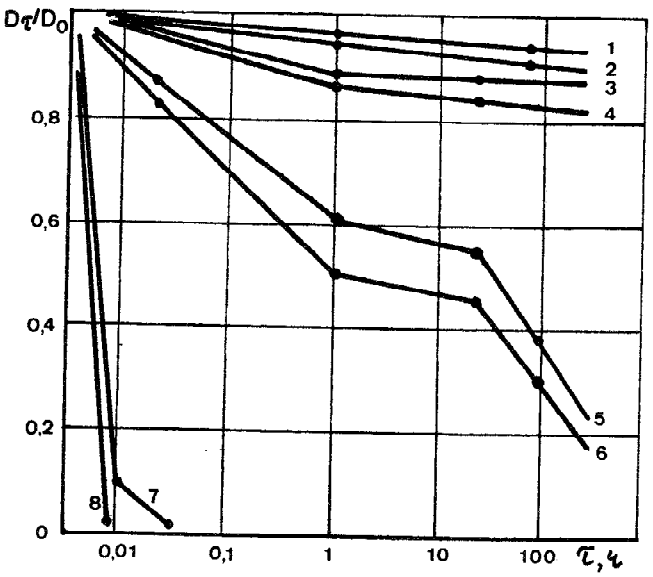
miranju debljih preostalih slojeva (sl. 2-4). U tom slučaju mogu se pretpostaviti dve šeme iskazivanja površinske aktivacije polimera. S jedne strane, podmazujući sloj može biti deblji a njegova otpornost deformisanju veća na račun direktnog adhezionog medjudejstva sa tvrdom površinom. S druge strane, povećanje debljine sloja može biti uslovljeno uzajamnim dejstvom punioca i baznog ulja i povećanjem na račun toga granice tečenja podmazujuće sredine.

S tim u vezi obavljena su ispitivanja adhezionog medjudejstva izabranih polimera i ispitivanih ulja, a takodje i pojedinih materija koje ulaze u sastav ulja. Ispitivanja su izvršena pomoću IK-spektroskopije: prema spektrima apsorbovanja odredjivana je kinetika oticanja ulja sa izabranih polimernih podloški. Kao podloške korišćene su polimerne pločice debljine 20-220 μm. Ispitivano ulje je u tečnom stanju nanošeno na površinu polimerne pločice, pločica je postavljena vertikalno u mernu posudu spektrofotometra, a zatim je u odredjenim vremenskim razmacima u izabranom dijapazonu talasnih brojeva registrovan spektar apsorpcije.



Sl. 5. Promena u toku vremena relativnih optičkih gustina pojaseva apsorpcije (kinetika slivanja) pri ν = 1710 cm^{-1} (krive 1-4, 6-8) ν = 2950 cm^{-1} (kriva 5) baznog ulja S-1, koje je naneseno na podlogu od: 1-PE; 2-PA-6; 3-PP; 4-PVB; 5-PETF, 6-PTFHE; 7-PBH; 8-PTFE

Na sl. 5. i 6 prikazana je promena u vremenu relativnih optičkih gustina pojaseva apsor-

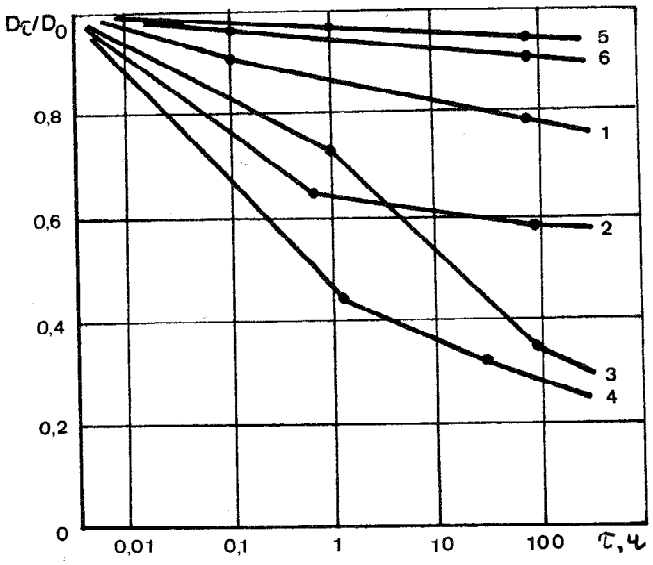


Sl. 6. Promena u toku vremena relativnih optičkih gustina pojaseva apsorpcije (kinetika slivanja) pri ν =1710 cm^{-1} (krive 1-4, 6-8) i ν = 2950 cm^{-1} (kriva 5) oleinske kiseline nanesene na polimerne podloge; 1-PA; 2-PE; 3-PP; 4-PVB; 5-PETF; 6-PTFHE; 7-PTFE; 8-PVB

pcije pri talasnim brojevima 1710 cm^{-1} i 2950 cm^{-1} u spektrima ulja S-1 i oleinske kiseline nananesenih na različite polimerne podloške. Dat je odnos optičke gustine D koja odgovara pojasu posle vremena τ i gustini tog opsega Do pri vremenu τ = 0. Sa slike se vidi da se površine politetrafluoretilena (PTFE) i polivinilhlorida (PVH) ulje S-1 i oleinska kiselina otiču dosta brzo, dok se na površinama poliamida (PA), polietilena (PE), polipropilena (PP), polivinilbutirala (PVB), polietilenterftlata (PETF), politriflucrhloretilena (PTFHE) oni čvrsto vezuju i zadržavaju još veoma dugo vremena (100 časova i više). Posle tretiranja površina polimera rastvaračem u spektrima PE, PP, PA, PVB ostaju pojasevi apsorpcije 1710 cm^{-1} i 2950 cm^{-1}, karakteristični za ispitivane sredine, dok istovremeno u spektrima PETF i PTFHE oni potpuno iščezavaju. To svedoči o tome da oleinsku kiselinu i ulje S-1 polimeri PE, PP, PA, PVB, upijaju dok polimeri PETF i PTFHE zadržavaju njihove slojeve samo na površini.

Pri uporedjivanju IK-spektara apsorpcije oleinske kiseline dobijenih na tabletama soli (Nacl) sa spektrima dobijenim na polimernim prevlakama, a takodje spektara polimernih prevlaka

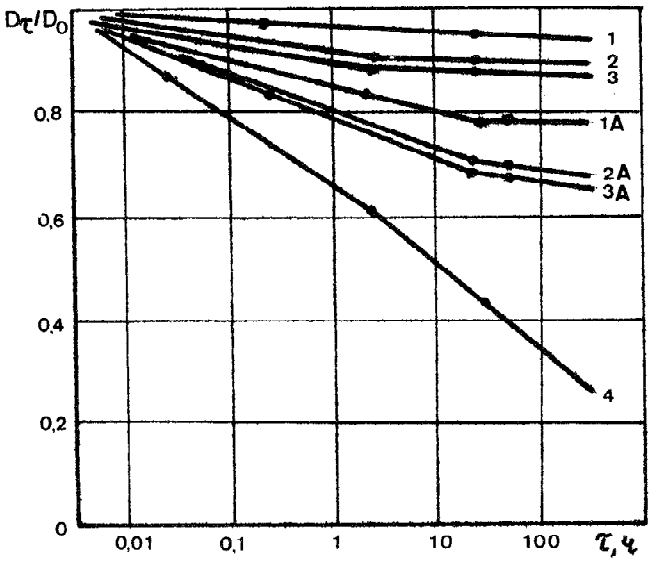
sa spektrima prevlaka koji sadrže oleinsku kiselinu nije uočena znatnija promena u karakteru apsorpcije, osim delimičnog pomeranja maksimuma karakterističnih pojaseva, što može govoriti o nepostojanju hemosorpcionog dejstva.



Sl. 7. Promena u toku vremena relativnih optičkih gustina pojaseva apsorpcije (kinetika slivanja) organskih ulja pri $\nu = 1710\ cm^{-1}$, nanesenih na polimerne podloge; 1-palmino na PE; 2-palmino ulje na PA; 3-kamforno ulje na PE; 4-ricinusovo ulje na PE; 5-oleinska kiselina na PE; 6-oleinska kiselina na PA

Na sl. 7 prikazani su rezultati ispitivanja kinetike oticanja sa polimernih površina niza biljnih ulja. Očigledno je za biljna ulja, koja predstavljaju estre glicerina i viših masnih kiselina, da su sile adhizionog dejstva sa polimerima slabije u odnosu na same masne kiseline. To se objašnjava većom površinskom aktivnošću kiselina u odnosu na estre. Karakter adhezionog dejstva zavisi, pri tome, od prirode podmazujuće sredine. Tako palmino ulje, koje se sastoji uglavnom od triglicerida zasićenih kiselina (laurinske, palmitinske i stearinske) i mononezasićene oleinske reaguje sa ispitivanim polimerima aktivnije nego ricinusovo ulje, koje sadrži 80% estara ricinusove kiselina (ona po sastavu predstavlja 12-oksioelinsku kiselinu).

U opitima sa uljem S-1 uočava se suštinska razlika u karakteru promena tokom vremena inteziteta pojasa apsorpcije za kiselu komponentu ($-CH_2-COOH$-opseg apsorpcije pri $\nu = 1710\ cm^{-1}$) i estarske komponente ($-CH_2-COOR$- opseg apsorpcije $\nu = 1710\ cm^{-1}$). Na sl. 8 prikazana je promena u toku vremena optičkih gustina tih pojaseva apsorpcije pri oticanju ulja sa površina PA, PE,



Sl. 8. Promena u toku vremena relativnih optičkih gustina opseqa apsorpcije (kinetika slivanja) kiselinske ($\nu = 1710\ cm^{-1}$) (krive 1-3) i etarske ($\nu = 1735\ cm^{-1}$) (krive 1a-3a) komponente ulja S-1 sa polimernim podlogama: 1, 1a- PE; 2, 2a-PA; 3, 3a-PP; 4-PETF

PP, PTFHE. Za PA, PE i PP karakteristično je brže smanjenje u toku vremena estarskog pojasa $1735\ cm^{-1}$ u poredjenju sa kiselinskim pojasom ulja $1710\ cm^{-1}$. Prema tome, visoka površinska aktivnost ulja S-1 obezbedjena je kiselinskom komponentom. Pri tome estarska komponenta ulja, koja ima manju površinsku aktivnost u odnosu na polimere ne stvara steričke smetnje za medjudejstvo kiselinske komponente sa polimerima. Prema tome, po intenzitetu medjudelovanja sa polimerima bazno ulje S-1 ne zaostaje praktično za čistim masnim kiselinama. Za polimere koji ne upijaju ulje S-1 (PTFHE) karakteristično je nepostojanje selektivnosti izmedju kisele i estarske komponente; krive menjanja optičke gustine opsega apsorpcije pri $1710\ cm^{-1}$ i $1735\ cm^{-1}$ potpuno se podudaraju (sl. 8.).

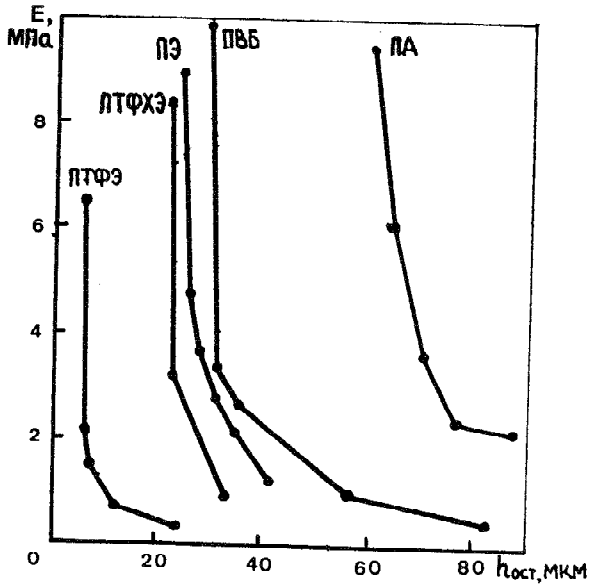
Ispitivanja koja su pokazala da se polimerne materije koje se koriste kao punioci po kar-

akteru medjudejstva sa baznim uljem S-1 mogu se uslovno razvrstati na tri grupe: a) polimeri koji se ne kvase baznim uljem - PTFE, PVH; b) polimeri čija se površina dobro kvasi uljem-PTFE, PETF; c) polimeri koji upijaju ulje - PE,PVB,PA.

Analizirajući rezultate eksperimenta moguće je pretpostaviti da u mehanizmu adhezionog dejstva ulja sa sadržajem polimera sa metalnim površinama u zoni kontakta postoje kompetitivni procesi. Tako, polimeri koji imaju nisku adheziju ka metalu i koji se slabo održavaju zajedno sa baznim uljem S-1 (npr. PTFE-polimer grupe a) lako se istiskuje iz zone kontakta izmedju naležućih metalnih površina, ustupajući mesto disperzionoj sredini koja ima veću adhezionu sposobnost ka površini kontakta. U tom slučaju uvodjenje polimera u podmazujuću sredinu slabo utiče na veličinu zaostalog sloja (sl. 2, ulje S-1, S-1 i PTFE) i svojstva podmazujućeg sloja u osnovi odredjena su svojstvima baznog ulja.

Polimeri koji imaju visoku energiju medjudejstva sa metalnim površinama (PA, PVH i dr.) lako sadejstvuju sa baznim uljem prema metalnoj površini, tj. pri približavanju površina prvo se istiskuje bazno ulje, čime se preostali podmazujući sloj obogaćuje polimernim puniocem.Pri odredjenim uslovima preostali podmazujući sloj može se skoro u celini sastojati od deformisanih polimernih čestica. U tom slučaju svojstva preostalog sloja u zoni kontakta u osnovi su odredjena svojstvima polimera - punioca i delimično od njegovih elastičnih osobina. Pri rasterećenju sloja, usled elastičnosti polimernih čestica, povećava se njegova debljina i podmazujuća sredina može se ponovo uvlačiti u zazor.Rastresiti polimeri koji upijaju bazno ulje (polimeri treće grupe) pri sabijanju kontaktnim površinama gube upijenu sredinu. Svojstva takvog sloja u zoni kontakta razlikuju se od svojstava polimera punioca i baznog ulja, jer ga odlikuje niz specifičnih karakteristika. Tako su na sl. 9. prikazane zavisnosti otpornosti podmazujućih slojeva deformisanju od njihove debljine, proračunate prema preporukama rada |9|. Vidi se da pri dostizanju odredjene debljine, čija veličina zavisi od površinske energije uvedenog polimera, nastaje naglo narastanje otpornosti podmazujućeg sloja daljem deformisanju.

Kompetitivni mehanizam medjudejstva sa površinama izmedju baznog ulja i punioca nastaje u praksi obrade metala sabijanjem. Tako, npr., primena polietilena u svojstvu granične sredine dozvoljava suštinsko poboljšanje pokazatelja tehnološkog procesa, mada stvara i odredjene poteškoće vezane za "zavarivanje" delova prevlake na



Sl. 9. Zavisnost otpornosti slojeva ulja S-1 deformisanju od debljine sloja pri punjenju sa: 1-bez punioca, 2-PTFE; 3-PTFHE; 4-PE; 5-PVB; 6-PVH; 7-PA

metalne površine i potrebu njihovog uklanjanja. Korišćenje sloja polietilena sa mineralnim i drugim uljima obezbedjuje veliko sniženje sile izvlačenja (tabela 1), povećanje stepena deformacije pri odgovarajućem izboru ulja, a takodje eliminisanje nepoželjnih procesa "zavarivanja" sloja polimera.

TABELA 1.

Vrsta maziva	Sila istezanja (kN)	Prečnik i debljina epruvete
Polietilen	34,0	80 x 0,5
Polietilen + ulje MS-20)	32,5	(nerdjajući čelik)
Polietilen + ulje S-1	31,0	

Primena mazivih sredina sa sadržajem polimera u konkretnim tehnološkim procesima obrade metala sabijanjem pokazuje važnu ulogu u pogledu debljine podmazujućeg sloja i njegove efektivnosti. Tako je poznato da fluoroplasti (PTFE, PTFHE i dr.) imaju mali koeficijent trenja. Ko-

eficijent trenja PTFE po poliranom čeliku iznosi 0,04 i najmanji je u odnosu na sve druge materijale. Pri deformaciji cilindričnih uzoraka maziva kompozicija na osnovu ulja S-1 punjena sa PTFE pokazuje najmanji koeficijent trenja samo pri deformisanju mekih čelika, dok pri deformisanju nerdjajućeg čelika ovoj kompoziciji odgovara najveći koeficijent trenja (tab. 2).

TABELA 2.

Vrsta podmazujuće kompozicije	Koeficijent trenja	
	Čelik 10KP	Čelik 12H18N10T
Ulje S-1 + 10% PE	0,027	0,033
Ulje S-1 + 10% PVB	0,027	0,037
Ulje S-1 + 10% PTFE	0,026	0,050
Ulje S-1 + 10% PA	0,027	0,038

Sabijano je po tri cilindrična uzorka (spoljašnji prečnik 40 mm, unutrašnji prečnik 24 mm, visine 10 mm) do visine 6,5-7 mm.

Pri oceni efektivnosti podmazujućih kompozicija u procesu izvlačenja cilindričnih posudica iz materijala u vidu folija (čelik 12H18N10T, koeficijent izvlačenja 0,5) utvrdjeno je da primena podmazujuće kompozicije na osnovu ulja S-1 sa puniocem PTFE smanjuje silu izvlačenja u poredjenju sa industrijskim uljima na bazi mineralnih ulja sa grafitom ili kredom kao puniocima za 12,3%, dok punjenje polietilenom izaziva smanjenje 16,2%, a polivinilbutiralom za 17,7%. Istovremeno može se utvrditi praktično linearna korelacija izmedju debljine preostalog sloja i veličine sile izvlačenja.

Obavljena kompleksna istraživanja potvrdjuju da specifičnosti tribološkog ponašanja mazivih sredina sa sadržajem polimera omogućavaju znatno povećanje efektivnosti i ekonomičnosti procesa obrade metala sabijanjem.

LITERATURA

1. Belyi W.A., Swiridjenok A.I., Petrokovec M.I., Savkin V.G.: Trenije i iznos materialov na osnove polimerov, Minsk, Nauka i tehnika, 1976, 432 str.
2. Belyi W.A., Swiridjonok A.I., Smurugow W.A., Stscherbakow S.W.: Stenering der tribochemischen Prozesse in Metall-polymer-Reibpaarungen, Schmierungs-technik, 1978, N 6, p. 166-168.
3. A. s. No 451735 (SSSR). Smazočnoe maslo./A. I. Swiridjonok, W.G. Sawkin, M.B. Kaplan i dr./Opubl. v B.I., 1974, No 44.
4. A. s. No 614127 (SSSR). Smazočnoe maslo dlja metalopolimernyh par trenija. / W.A. Belyi A.I. Sviridjonok, W.G. Sawkin i dr./Opubl. v B.I., 1978, No 25.
5. Fuks G.I.: Dobawki k plastičnym smazkam, M., Himija, 1982, 247 str.
6. Gorohowskij G.A.: Polimery v tehnologii obrabotki metallov, Kijev, Naukova dumka,1975, 224 str.
7. Soško A.I.: Mehanotermičeskaja obrabotka metalov, v kn.: "Polimery v tehnologičeskih processah obrabotki metallov", Kijev, Naukova dumka, 1977, str. 10-17.
8. Ahmatow A.S.: Mollekularnaja fizika graničnava trenija, M., Fizmatgiz, 1963,str.427.
9. Fuks G.I., Kawerina N.I.: Smazočnaja sposobnost i svoistva graničnyh slojev masel, v kn.: "Gidrodinamičeskaja teorija smazki, Opoty skoljženija, Smazka i smazočnye materialy", Tr. 3-j Vces. konf. po treniju i iznosu v mašinah, M. Izd-vo AN SSSR, 1960, Tom III, str. 397-407.

A.I. Sviridjonok, V.A. Smurugov, N.N. Mihnevič

TRIBOLOGICAL CHARACTERISTICS OF LUBRICANTS CONTAINING POLYMERS

Abstract

Polymers are often added to modern lubricationg oils to improve their lubricating properties. The experimental investigations reported in the paper show that adding dispersed polymers to the oils tested increases the thickness and load carrying capacity of the contact film.Three influences were found to be significant: the surface energy of the polymer, the interaction of the polymer with the base oil and some of its components, and the adhesion tendency of the polymer toward the metal surfaces.In accordance with this, classification of the polymers is proposed, along with an analysis of the action mechanism in the contact conditions.
Special consideration is devoted in the paper to the positive action of polymer additives in the conditions of metal working by copmression. On the basis of the complex research it may be concluded that the mechanism and the degree of influence of polymer additives upon the properties of lubricants can be essentially differentiated by the type, the characteristics, and the amount of polymer added, and by the service conditions.

XIX SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE

Kragujevac, septembar 1985.

HLADNO SINTEROVANJE - NEDOVOLJNO KORIŠĆENA TEHNOLOGIJA

M. Djuričić, Viša škola usmerenog obrazovanja,
Titovo Užice

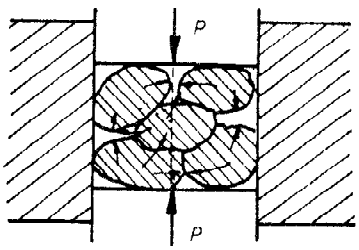
Rezime

U radu se razmatraju problemi materijala visokih mehaničkih osobina i velike gustine, dobijenih presovanjem. Osim toga razvijen je iriginalan uredjaj za istovremenu proveru procesa sinterovanja i elektronskih osobina. Izučene su mogućnosti primene hladnog sinterovanja. Posebna pažnja je posvećena dobijanju nerdjajućeg čelika. Data su i ograničenja u primeni ove tehnologije. Rezultati mogu dobro poslužiti i kod opredeljivanja za razvoj u oblasti metalurgije praha.

UVOD

Teorija presovanja prahova nalazi se u žiži interesovanja velikog broja istraživača sveta, koji se bave sintezom materijala sa unapred zadatim osobinama. Naročito se radi na iznalaženju novih metoda zgušnjavanja praha sa homogenom raspodelom nečistoća, proizvedenih pomoću nekoliko tehnika raspršivanja (WA), raspršivanjem u inertnom gasu (IGa) i centrifugalnim raspršivanjem procesom rotirajuće elektrode (REP)./1/

Intenzivan razvoj mašinogradnje doveo je do pojave presa velikih snaga, koje su stvorile nove tehničke mogućnosti za dobijanje kompaktnih proizvoda, visokih mehaničkih osobina, bez primene klasičnog procesa sinterovanja. Takav proces se odvija zahvaljujući visokoj energiji ostvarenoj pri velikim pritiscima procesa presovanja, pa ga je iz tog razloga E.Y.Gutmanas nazvao "hladno sinterovanje"./2/ Značajno je, pri tome, da pri manjem porastu pritiska sabijanja praškastih čestica materijala,sa visokim vrednostima temperature topljenja, plastični tok u gradijentima visokog pritiska (sl.1) dovodi do visoke gustine.



Sl.1. Plastični tok materijala u gradijentima visokih pritisaka

Za opisivanje procesa "hladnog sinterovanja" pogodna je sledeća diferencijalna jednači-

na /3/:

$$\frac{d\tilde{\tau}}{dt} = k_1\tilde{\tau}\cdot\theta - k_{-1}\tilde{\tau}^2 + k_2\theta \qquad (1)$$

gde je $d\tilde{\tau}/dt$ - brzina promene relativne gustine poroznog materijala u procesu sabijanja; $\tilde{\tau}$ - relativna gustina makrozapremine; θ -relativna poroznost makrozapremine, uz uslov da je $\tilde{\tau}+\theta=1$ k_1, k_{-1}, k_2 - fenomenološki koeficienti, koji zavise pre svega od temperature i primenjenog pritiska, kao i od reoloških parametara smeše praha. Integraljenjem izraza (1) dobija se jednačina stanja sistema.

Zgušnjavanje materijala pri presovanju praha pomoću visokih pritisaka odvija se deformacionim $\emptyset_1$ i termičkim mehanizmom $\emptyset_2$. Za postizanje apsolutno bezporoznog stanja materijala neophodno je utrošiti beskonačno veliki rad jer približavanjem materijala besporoznom stanju sve veći deo rada spoljašnjih sila troši se na povišenje vrednosti njegove elastične energije i u granicama, kada poroznost postaje jednaka nuli, ona raste do beskonačnosti./4/ Zaključujemo da se iz praha mogu dobiti proizvodi sa svakom malom poroznošću ali da je nikako ne možemo svesti na nulu.

Uslovi odvijanja procesa "hladnog sinterovanja" su veoma složeni, pa se pred uredjaje za visoke pritiske postavlja čitav niz zahteva. Razvoj takvih uredjaja je izazov za mnoge istraživače, jer se pomoću njih mogu sintetizovati mnogi novi materijali sa unapred zadatim osobinama.

Uredjaji za visoke pritiske

Uredjaji za visoke pritiske izradjuju se iz visokootpornih materijala i dovoljno masivni, jer jedino ~~tako se~~ može ostvariti efekat pritiska. U svetu je razvijeno više različitih tipova, ali najveću praktičnu vrednost su dobili: uredjaj cilindar - klip, "Belt" aparat, sistem sa više pritiskača i Bridžmenov nakovanj. Svaki od ovih uredjaja ima svoje specifičnosti u odnosu na oblik zaptivanja, vrednosti maksimalnog pritiska, mogućnosti dobijanja visokih temperatura, mogućnosti izvlačenja otpreska i prema drugim pokazateljima.

Do danas je razvijeno više tipova jednostepenog uredjaja tipa cilindar-klip /5,6,7/ i u njima je ostvarena maksimalna vrednost pritiska reda 5GPa, što uglavnom zavisi od čvrstoće pritiskivača i to onog njegovog dela, koji se nalazi van cilindra. Dvostepenim uredjajima cilindar-klip koji su razvili Bojd /8/, Kenedi i saradnici /9/ ostvaren je maksimalni pritisak do 8GPa i više.

Kod "Belt" uredjaja iskorišćeni su konični pritiskači i konični oblik cilindra za značajno proširenje mogućnosti dobijanja visokih pritisaks. Uz korišćenje serije prstenova - "belta" i vodenog hladjenja Hol je ostvario pritisak do 15 GPa pri temperaturi do 2000 K /10/. U svojim radovima Bandy /11/ je povisio radni pritisak do 20 GPa pri impulsnim temperaturama preko 4000 K.

Pritisci do 50 GPa ostvareni su u uredjajima tipa nakovnja /12,13,14/, a isti se obezbedjuju zahvaljujući masivnim držačima, koji mogu da izdrže znatno veće opterećenje, nego bilo koji cilindar. Danas postoji čitav niz različitih konstrukcija uredjaja tipa nakovnja, namenjenih kako za eksperimentalns ispitivanja tako i za sintezu nivih supertvrdih materijala. Sa druge strane Hol je dalje razvio uredjaje ti

pa nakovnja /15,16/ stvarajući višeklipne sisteme koji su omogućili povećanje tačnosti eksperimenata.

Uredjaj za visoke pritiske UVP - 1

Uvažavajući dosadašnja iskustva u razvoju uredjaja za visoke pritiske razvili smo sopstvenu konstrukciju UVP-1, kojom postižemo pritiske do 5 GPa. Posebna pažnja pri tome posvećena je izboru materijala, odredjivanju zazora izmedju prstenova pritiskivača, odnosno prstenova matrice.

Unutrašnji delovi pritiskivača, odnosno matrice izradjeni su od volfram karbida,zbog njegove visoke temperature topljenja i male kompresibilnosti. Da bi se isključila mogućnost raspadanja i prskanja volfram karbida pri visokim radijalnim gradijentima pritiska i pritiskivači i matrice uradjeni su u vidu serije prstenova upresovanih jedan u drugi, a sa postepenim smanjenjem tvrdoće materijala, tako da je radni deo pritiskivača od volfram karbida, a zadnji prsten je od mekog čelika.

Saglasno Holu/10/, a zatim Bandiju/19/, iskorišćen je konični oblik pritiskivača i složeni konični oblik matrice, što je obezbedilo značajno proširenje mogućnosti za postizanje visokog pritiska.

Oblik i uglovi prstena matrice od volfram karbida su odlučujući za izdržljivost uredjaja. Primenom pirofilita, kao kvazielektričnog materijala postiže se skoro hidrostatički pritisak na uzorak, koji se presuje. Korišćenjem više kompleta umetaka od pirofilita sa istim alatom vrši se više eksperimenata na tradicionalnoj proizvodnoj i laboratorijskoj opremi.

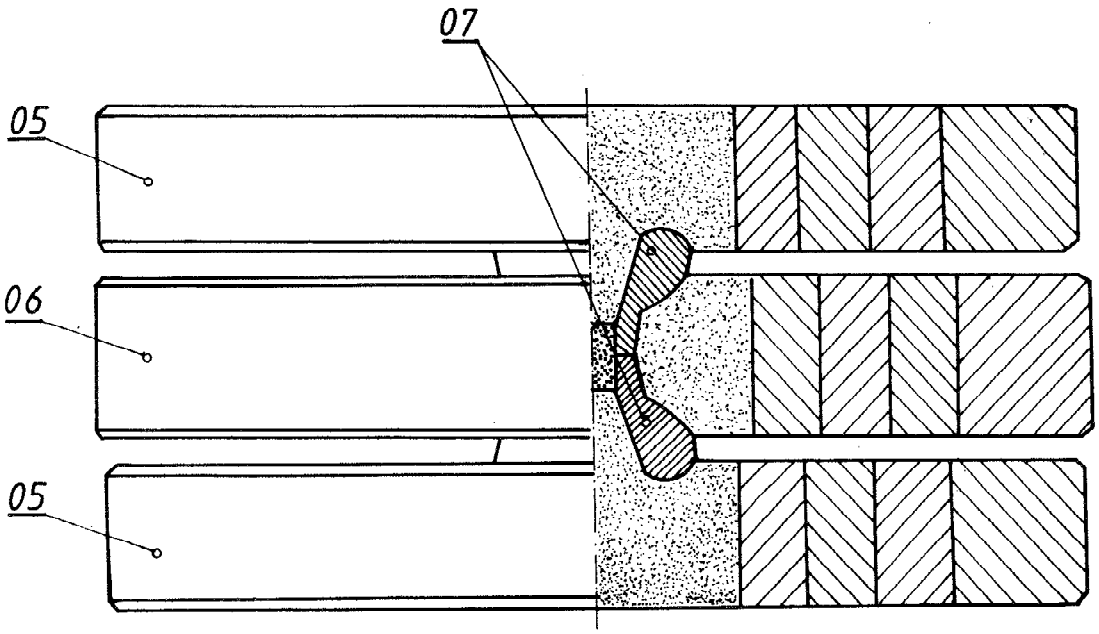
Uredjaj za visoke pritiske UVP-1 (sl.2) sastoji se od tri sklopa: dva pritiskivača (gornjeg 05 i donjeg 05), matrice 06 i dva umetka od pirofilita 07. Prilikom postavljanja na presu i izvodjenja eksperimenata merama zaštite na radu posvećivana je posebna pažnja i u tom cilju radna zona je ogradjivana nepomičnom zaštitnom napravom.

Ova prva varijanta uredjaja za visoke pritiske može se nadgradjivati uvodjenjem u njega dodatnog zagrevanja u radnu zonu, sistema za hladjenje prstenova matrice. S obzirom da je ova varijanta uredjaja UVP-1 namenjena za izradu uzoraka Ø10 x 10 kombinovanjem dimenzija uzorka mogu se proširiti mogućnosti da se istim silama pritiska prese sintetizuju različiti novi materijali sa unapred zadatim osobinama.

Mogućnosti primene hladnog sinterovanja u sintezi novih materijala

Hladnim sinterovanjem mogu se proizvesti takvi kompozitni materijali, koji se ne mogu ili ih je veoma teško dobiti nekim drugim tehnološkim postupcima. U odnosu na klasične postupke metalurgije i metalurgije praha kod hladnog sinterovanja je izbegnuto moguće raspadanje ili rastvaranje jedne od faza, a takodje više se zadovoljavaju strogi zahtevi obrade, što je za proizvodnu praksu izuzetno važno.

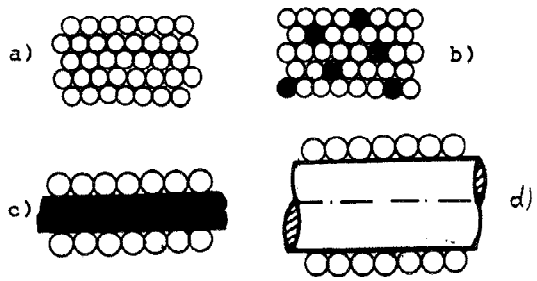
Hladno sinterovanje se odvija zahvaljujući velikoj plastičnoj deformaciji koja dovodi do koncentracije dislokacija oko pora materijala. To, sa druge strane, obezbedjuje da se termička obrada hladno sinterovanih komada odvija na nižim temperaturama, od onih koje se



Sl.2. Alat za visoke pritiske UVP-1 (sklop)
(05-pritiskači, 06-matrica,07-umetak)

koriste za sinterovanje sličnih sistema, što im obezbedjuje bolje mehaničke osobine. To je omogućilo da se razviju metodi difuznog legiranja i otvore široke mogućnosti za razvoj novih legura.

Shematski prikaz metoda za zgušnjavanje hladnim sinterovanjem prikazan je na sl.3.



Sl.3.Prikaz metoda za zgušnjavanje hladnim sinterovanjem pod dejstvom visokih pritisaka (a-jedna komponenta, b-mešavina prahova, c-ljuskasta struktura i d- prah šica sistem)

E.Y.Gutmanas i saradnici /17,18/ uspeo je hladnim sinterovanjem proizvesti metalnovezane kompozite tako visokih mehaničkih osobina matrice i sa tako dobrom vezom dijamanta sa matricom kod rudarskih burgija za kamen da je time izbegnuta delimična grafitizacija dijamanta či me je slabljena veza dijamanta i matrice, dobijene na visokim temperaturama sinterovanja ili toplog presovanja. Hladno sinterovanje primenjeno je za sintezu polikristala kubnog nitrida bora pri pritisku od 7,0 GPa i temperaturi preko 2500 K, a isti ima dobra abrazivna svojstva /20/. Takodje se ova tehnologija može primeniti u proizvodnji metalkarbida, metalnitrida i metal-oksid kompozita, kao i metal-metal kompozita, naročito u slučajevima kad komponente nisu medjusobno rastvorive. To je našlo i praktičnu primenu u proizvodnji, recimo,

visokonaponskih kontakata, elektroda za zavarivanje itd.

Hladno sinterovanje našlo je primenu i u proizvodnji frikcionih materijala.

E.Y.Gutmanas /2,21/ je izučavao "hladno sinterovanje velikog broja prahova čistih metala, intermetalida, oksida, karbida i drugih jedinjenja pri pritiscima do 4 GPa, a takodje i praha nerdjajućeg čelika. Uzorci, presovani od prahova Al, Cu, Nb, Ta posedovali su visoke mehaničke osobine i imali su relativnu gustinu veću od 98%. Uzorci dobijeni iz prahova Co, Fe, Ti, nerdjajućeg čelika imali su nešto niže mehaničke osobine, ali dovoljno visoke, a relativnu gustinu veću od 95%. Sa druge strane iz karbida titana i volframa uopšte nisu se mogli dobiti kampaktni otpresci. Kako vidimo, sklonost ka "hladnom sinterovanju" u mnogome je odredjena osobinama materijala. Uticaj dimenzija čestica praha na mehaničke osobine uzoraka autor vezuje sa postojanjem oksidnih slojeva na površinama čestica.

Posebnu pažnju privlači rad na "hladnom sinterovanju" nerdjajućeg čelika. Po tradicionalnoj tehnologiji prahovi takvih čelika se prethodno presuju pri pritisku od 0,4 - o,8 GPa a zatim se sprovodi sinterovanje po difuzionom mehanizmu na temperaturama od 1100 - 1300°C. Zaostala poroznost obično iznosi do 10%.

Primena "hladnog sinterovanja" za mnoge marke nerdjajućeg čelika omogućila je da se dobije relativna gustina od 96% pri pritisku od 4 GPa. Detaljno je izučen uticaj pritiska presovanja na mehaničke osobine otpreska (granica tečenja i dr.). Uradjena je zavisnost logaritma pritiska presovanja - relativna gustina, čijom ektrapolacijom su dobijene vrednosti pritiska za dostizanje 100% gustine kod različitih marki čelika (oko 6 do 10 GPa).

Dovoljno podrobno je istražen režim kasnije termičke obrade uzoraka nerdjajućeg čelika, a i drugih metala. U suštini za uzorke čelika je pokazano, da visokotemperaturno žarenje (1000°C u vakuumu, $1,3 \cdot 10^{-4}$Pa u trajanju od 5 sati) značajno poboljšava osobine uzoraka a kaljenje sa te temperature u ulju omogućava podizanje nivoa mehaničkih osobina (autor to vezuje sa obrazovanjem matrenzitne strukture).

E.y.Gutmanas je, takodje, izučavao mogućnost primene "hladnog sinterovanja" za dobijanje takvih kompozitnih sistema, čije dobijanje po tradicionalnoj tehnologiji presovanja _ visokotemperaturno presovanje je otežano ili nemoguće. U prahovima nerdjajućih čelika uvodjeno je do 25%V,C, TaC, WC,ili Al_2O_3.

"Hladno sinterovanje" se ne može uvek primeniti, a naročito kod proizvodnje nekih složenih oblika komada. Na tom planu je široko polje naučnoistraživačkog rada usmerenog na utvrdjivanje mogućnosti proizvodnje složenih oblika. Sa druge strane nisu još u dovoljnoj meri ispitani praktični učinci hladnosinterovanih elemenata složenog oblika u radnim režimima.

Zaključak

Na osnovu svega može se zaključiti:

1.Razvoj nauke i tehnike omogućili su pojavu "hladnog sinterovanja", kao vrlo progresivne tehnologije, koja donosi čitav niz mogućnosti u odnosu na konvencionalne: metalurške i metode metalurgije praha.

2.Uredjaji za visoke pritiske i mogućnost njihovog razvoja u velikoj meri su ograničenje razvoja novih materijala pa je originalna konstrukcija uredjaja za visoke pritiske

UVP-1 jedan od mnogobrojnih napora da se tehnologija "hladnog sinterovanja" šire koristi.

3.Analiza napred prikazanih radova daje mogućnost da se zaključi da je neophodno detaljnije izučavanje procesa, koji se odvijaju pri visokim pritiscima. Takve zakonitosti obezbedjuju da se odrede novi pravci u tehnologiji presovanja za uvećanje mehaničkih osobina tradicionalnih i razvoj novih materijala.

4.Mogućnoti primene tehnologije "hladnog sinterovanja" su nedovoljno istražene te na tom planu treba intenzivirati naučnoistraživački rad, što će obezbediti razvoj najrazličitijih novih materijala sa unapred zadatim osobinama.

Literatura

1.E.Y.Gutmanas, Cold Sintering Under High Pressure-Mechanisus and application, Powder metallurgy international vol.15, No 3, 1983, pp 129-132.

2.E.Y.Gutmanas, A.Rabikin, Cold Sintering under High Pressure, Scripts Metallurgica, v. 13, No 9. 1979, pp. 11-15.

3.A.N.Nikolenko, I.Sidorenko, K fenomenologičeskoj modeli processa pressovanij metaličeskih poroškov, Poroškovaj metallurgija, 1978 No 6. str. 17-21.

4.V.V.Skorohod, L.I.Tučinskii, K voprosy ob energozatratah na uplotnenie poristh tel, Poroškovaja metallurgiya, 1978, No 9, 189.

5.F.R.Boyd, J.L.Englond, J.Geophys, Res. 1968, 65,741

6.K.F.Sterrett, N.Klement, G.Kemmedy, J. Geophys, Res., 1965, 70, No 8, 1979.

7.V.P.Bytyzov, Kristalografiya, 1957, 2, No 4, 536

8.R.F.Boyd, Modern Very High Pressure Techniques, Ed. R.Ventorf, Washington, Butterworths, 1962, p. 151.

9.A.Jajaraman, W.Klement, R.Newton, G.Kennedy, J.Chem.Solids, 1963, 24, No 1, 7.

10.H.Racy, Hall. Metallurgy at High Pressures and High Temperatures, shap. 4. N.Y.Gordon and Breach Sci. Publ., 1964, p.133-179.Ren Scient. Instrum., 1960 31. No 2, 125, JžPhays. Chem. 1955, 59, 1144, Progress in Very High Presssure Research N.Y. Wiley, 1960.

11.C.B.Sclar, L.C.Carrison, C.M.Schwartr, High Pressure Measurement, Washington, Butter Worths, 1963.

12.K.A.Wilhelmi, W.Burger,Acta chem. scand., 1969, 23.414.

13.P.W.Bridgman, Proc.Roy Soc. London,1950 A 203.1.

14.A.S.Balshan, H.G.Drickomer, Rev. Scient. Instrum., 1960, 31. 51.

15.H.T.Hall. Rev.Scient. Instrum., 1958, 29, 267, 1969. 31, 125m Ren Phys. Chem. Japan, 1968, 37, No 2, 63.

16.H.T.Hall, L.Merrill, Inorg. Chem.,1963, 2, 618.

17.E.Y.Gutmanas, A.Rabikin and M.Ronberg, Mat. Sci.Eng. 45 (1980) 269.

18.E.Y.Gutmanas, Research project 040-250, Techunion, Research and Dev. Haifa, Annual Report (1981).

19.F.P.Bundi, High Pressure - Temperature Apparatus, Cordon and Breach Publ. New Yourk, 1964.

20.A.M.Mazurenko, A.N.Šibko, P.P.Šimanovič, M.A.Kozlovski, Isledovanie rabotya kamerya vyaskogo davleniya tipa nakovalen s uglubleniyami, Moskva, 1972.

21.E.Y.Gutmanas, High - Pressure Compaction and Cold Sintering of Stainless Steel Powders, Powder Metallurgy International, v.12, No 4, 1980, pp. 178-1982.

M.Djuričić

COLD SINTERING - INSUFFICIENTLY USED TECHNOLOGY

Abstract

The problems of materials with high mechanical properties and high density, obtained by pressing are considered in the paper.Original device for simultaneous tests of the sintering process and of the electronic properties was also developed, and the possibilities for cold sintering application are studied.Special attention is devoted to the production of stainless steels.Limitations in the application of this technology are pointed out.The results may be of use in decision-making for development in the powder metalurgy.

XIX SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE

Kragujevac, septembar 1985

OBRANI PROCESI PRI JEKLU IN JEKLENI LITINI

P. Leskovar, Fakultet za strojništvo, Ljubljana
D. Zupančič, Fakultet za strojništvo, Ljubljana
P. Žerovnik, Fakultet za strojništvo, Ljubljana

Rezime

Obraba je prav gotovo eden pomembnejših problemov, ki se pojavljajo med obratovanjem posameznih strojnih delov. Uvrščamo jo med tribološke procese in pomeni izgubo materiala s površine trdnega telesa, ki je posledica mehanskih vplivov, torej ob kontaktu in medsebojnim gibanjem trdnega, tekočega ali plinastega telesa (tribološka obremenitev). Obraba se izraža s pojavom odpadlih majhnih delčkov, kakor tudi v spremembi snovi in obliki tribološko obremenjene površinske plasti.
Mehanizmi obrabe pomenijo zaradi tega fizikalne in kemične procese, ki spremljajo postopke obrabe. Prispevek posreduje rezultate raziskav obrabnih procesov oziroma obrabno obstojnost jeklene litine NGJL 300 v prvem in vplive toplotne obdelave in bogatenje površine z žveplom na obrabno odpornost v drugem delu.

UVOD

Obraba spada med tribološke procese in pomeni izgubo materiala s površine trdnega telesa, ki je posledica mehanskih vplivov ob kontaktu in medsebojnim gibanjem trdega, tekočega ali plinastega telesa oziroma medija. Obrabo izražamo s pojavom odpadlih majhnih delcev, kakor tudi v spremembi snovi in oblike obremenjene površinske plasti.

1.0 OBRABNA ODPORNOST JEKLENE LITINE NGJL 300

V prvem delu podajamo rezultate raziskav obrabne trdnosti jeklene litine NGJL 300. To je litina, ki se uporablja predvsem za izdelavo valjev za valjarske stroje /1/. Za ta namen je bila litina tudi razvita. Da bi laže sklepali širši spekter uporabnosti tega novega materiala raziskujemo v Laboratoriju za tehnologijo materialov na Fakulteti za strojništvo obrabno obstojnost te litine v kombinaciji z različnimi materiali. Obrabna obstojnost je zanesljivo eden izmed parametrov oziroma pokazateljev uporabnosti litine NGJL 300 tudi za izdelavo drugih strojnih delov.

V sestavku podajamo rezultate raziskav obrabne trdnosti litine NGJL 300 v kombinaciji z jeklom Č.1531 pri mazanem in suhem medsebojnem kotalnem trenju. Posredovani rezultati predstavljajo le del široko zasnovanih raziskav.

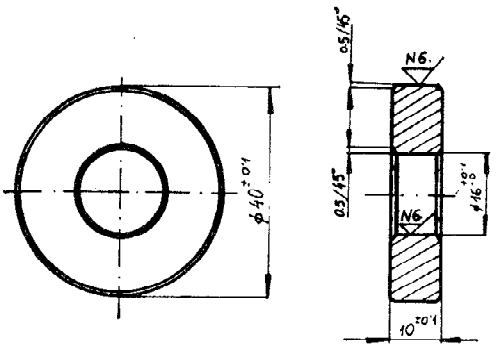
Litina NGJL 300 je nodularna grafitna jeklena litina z nadevtektoidno sestavo. Del ogljika je izločenega v obliki grafita in sicer v okrogli obliki, tj. v obliki nodulov. Pridobivamo jo v litem stanju z dodatkom ustrezne kalcijeve zlitine v tekoče jeklo. Litina vsebuje 1,1 - 1,6 % C; 1 % Si, več kot 0,4 % Si, dodani pa so še lahko legirni elementi, kakor so Cr, Mn, V, W, Mo, Al, Cu in Ni. V strukturi te litine dobimo perlit, grafit v obliki nodulov in nekaj prostega cementita. Ker je pri litju dobljeni perlit grobo zrnat, je potrebno litino naknadno še toplotno obdelati.

Preizkuse smo opravili na stroju za ugotavljanje obrabe Amsler tip 135.

Preizkušanci so bili oblike, kakor jih prikazuje slika 1, bili so pa enaki za NGJL 300 in jeklo Č.1531.

Na osnovi uvodnih preizkusov smo si izbrali naslednje tri normalne obremenitve za suho in mazano kotalno trenje:

$$F_1 = 500\ N,\ F_2 = 850\ N \text{ in } F_3 = 1200\ N.$$



Sl.1 Oblika preizkušancev iz NGJL 300 in jekla č.1531

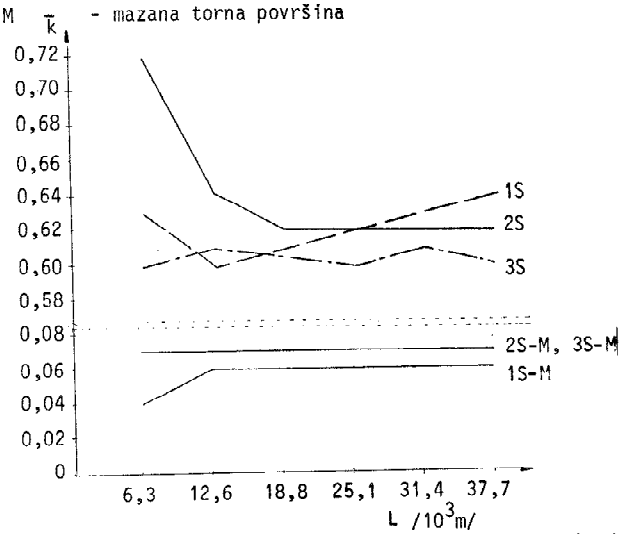
Pri poteku obrabe L_1 = 6300 m, L_2 = 12600 m, L_3 = = 18800 m, L_4 = 25100 m, L_5 = 31400 m in L_6 = 37700 m, smo preizkus prekinili ter izmerili naslednje veličine:

- m - spremembo mase
- D - spremembo premera
- Ra, Rmax - hrapavost površine
- HV - trdoto površine
- k - koeficient trenja

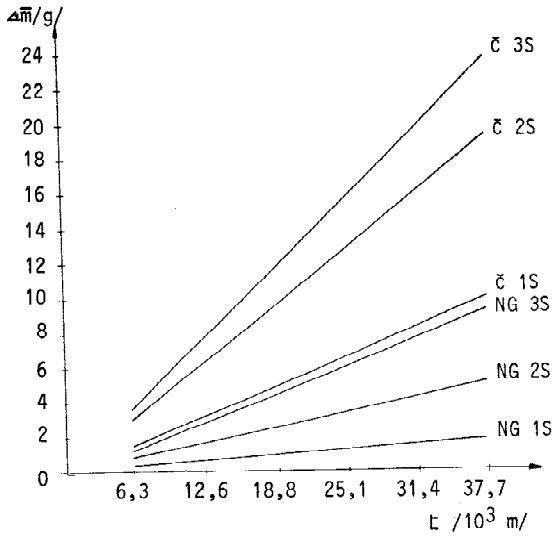
S temi veličinami smo se odločili podajati odvisnost obrabne trdnosti materiala pri določenih pogojih v odvisnosti od obrabne poti in obremenitve.

Na slikah 1 do 6 so prikazane spremembe tornega koeficienta, zmanjšanja mase preizkušanca (obraba) in trdote v odvisnosti od obrabne poti in sile obremenjevanja. Posamezni deli oznak diagramov na teh slikah pomenijo naslednje:

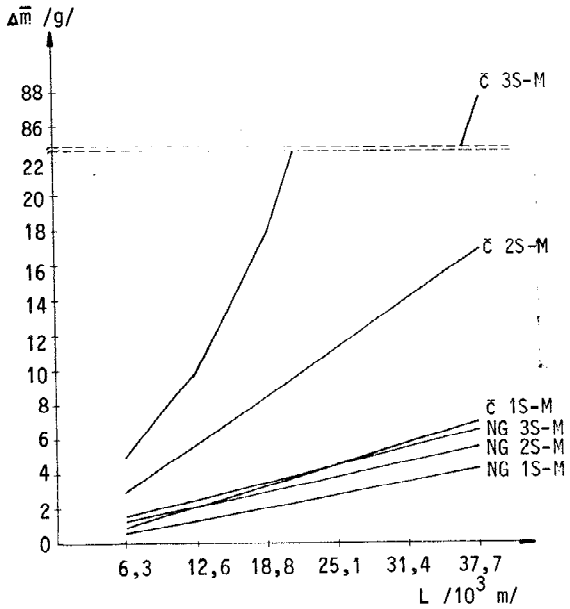
- č - jeklo č.1531
- NG - NGJL 300
- 1, 2, 3 - oznake sil obremenjevanja (F_1, F_2, F_3)
- S - statično obremenjevanje
- M - mazana torna površina



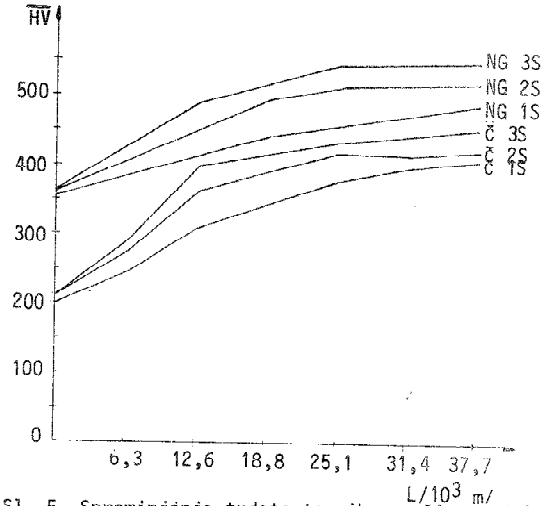
Sl.2 Spreminjanje tornega koeficienta v odvisnosti od obrabne poti in sile obremenjevanja



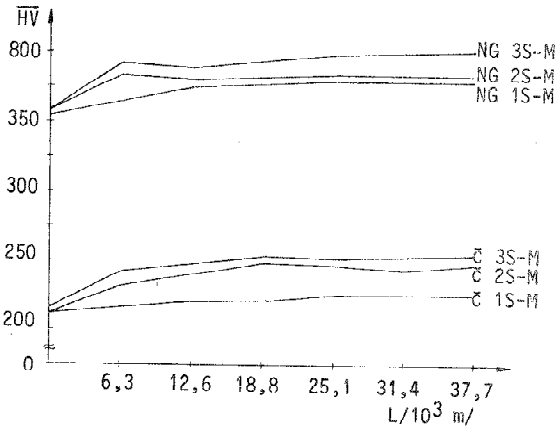
Sl. 3 Spreminjanje mase preizkušancev v odvisnosti od obrabne poti in sile obremenjevanja pri suhem kotalnem trenju



Sl. 4 Spreminjanje mase preizkušancev v odvisnosti od obrabne poti in sile obremenjevanja pri mazanem kotalnem trenju



Sl. 5 Spreminjanje trdote tornih površin v odvisnosti od obrabne poti in sile obremenjevanja pri suhem kotalnem trenju



Sl. 6 Spreminjanje trdote tornih površin v odvisnosti od obrabne poti in sile obremenjevanja pri mazanem kotalnem trenju

1.1. Analiza rezultatov in sklepi

S slike 2 lahko razberemo, da je torni koeficient pri trenju mazanih površin po pričakovanju skoraj desetkrat manjši in konstanten, med tem ko pri kotalnem trenju suhih površin bolj niha saj prihaja v tem primeru do izrazitejšega in občasno večjega ali manjšega izločanja grafita iz površinske plasti litine. Izločeni grafitni noduli delujejo kot mazalno sredstvo med obema tornima površinama.

Na osnovi zasledovanja zmanjševanja mase preizkušancev lahko ugotovimo, da je od obeh testiranih materialov litina odpornejša proti obrabi kakor pa jeklo (sl. 3 in 4). Ta razlika je opaznejša pri suhem trenju kakor pri mazanem.

Prav tako pomembna je analiza spreminjanja trdote površinskih plasti obeh materialov. Tako v začetnem stanju, kakor tudi kasneje med preizkusi, ostaja trdota litine NGJL 300 večja kakor trdota jekla Č.1531 (slika 5 in 6). Oba materiala se pri suhem in mazanem kotalnem trenju utrjata. Stopnja utrjanja jekla je skoraj dvakrat večja od tiste, ki jo zasledimo pri litini.

Glede na opisane spremembe lahko zaključimo, da koeficient trenja pri statični obremenitvi pri suhem kotalnem trenju z večanjem obremenitve pada, obraba pa močno narašča. Zato kombinacija materialov litine NGJL 300 in jekla Č.1531 ni primerna za strojne dele, ki morajo prenašati s suhim medsebojnim kotaljenjem velike obremenitve.

Prav nasprotno je pri kotalnem trenju mazanih površin, kjer je koeficient trenja konstanten. Obraba je pri večji sili le neznatno večja. Tako lahko to kombinacijo materialov uporabimo za strojne dele, pri katerih mažemo kotalne površine tudi za večje obremenitve.

2. VPLIVI ŽVEPLA IN TOPLOTNE OBDELAVE NA OBRABNO OBSTOJNOST JEKLA Č.4731

Prva dela, ki jih zasledimo v literaturi, ki so posvečena raziskavam absorbcijskih efektov in kemičnih reakcij, ki se dogajajo na površini teles, ki se tarejo med seboj so bila objavljena v začetku 30. let. Na osnovi sistematičnih raziskav obrabnih procesov izhajajo mnoga spoznanja o obnašanju površin, ki jih lahko prištevamo k obrabnim procesom. Raziskave kažejo tudi, da se dajo dotikajoče površine pripraviti do take stopnje, da postaja proces obrabe ugodnejši. Na ta način je mogoče tudi neposredno vplivati na obratovalno dobo takih površin. Površine, ki jih obogatimo z žveplom, selenom, telurjem ipd., so lahko znatno bolj odporne proti obrabe /2, 3/.

V našem primeru smo se odločili za raziskave vpliva toplotne obdelave - kaljenja in obogatenja površine z žveplom na obrabno obstojnost pri jeklu Č.4731. V ta namen smo pripravili preskušance v obliki valjev različnih premerov. Pri tem je odstotek kotaljenja oziroma drsenja odvisen od premera valjev. Pri raziskavah smo uporabljali razpored valjev, ki je omogočil, da smo dosegli 42,5 % drsenja, ostalo pa je bilo kotaljenje.

Razpored in kvaliteta posameznih parov valjev je bil naslednji:

a. Dva para valjčkov, ki sta bila predhodno površinsko kaljena, torej:

kaljen - kaljen

b. Trije pari valjčkov, od katerih je bil eden površinsko kaljen drugi pa obogaten z žveplom, torej:

kaljen - obogaten z žveplom

c. Pet parov valjčkov, ki so bili vsi obogateni z žveplom, torej

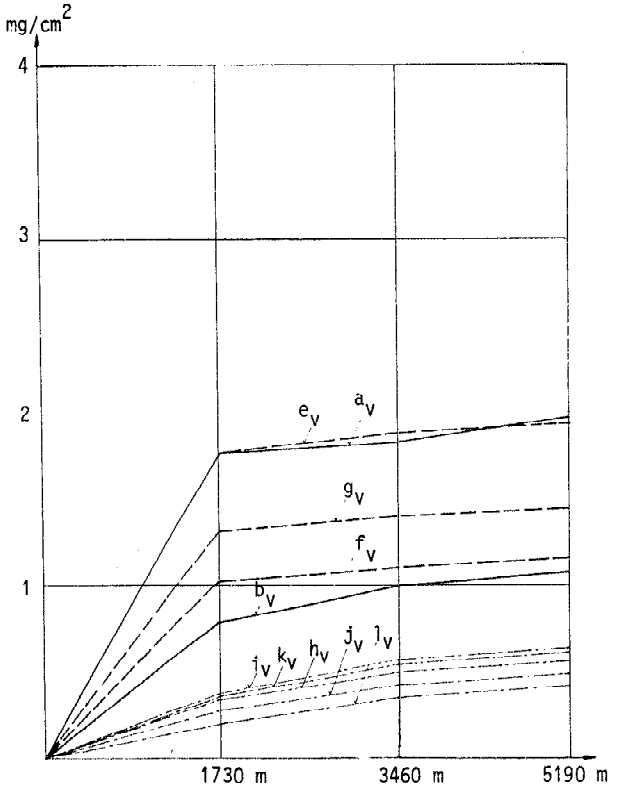
obogaten z žveplom - obogaten z žveplom

Oznake posameznih valjev in dimenzije prikazuje slika 7.

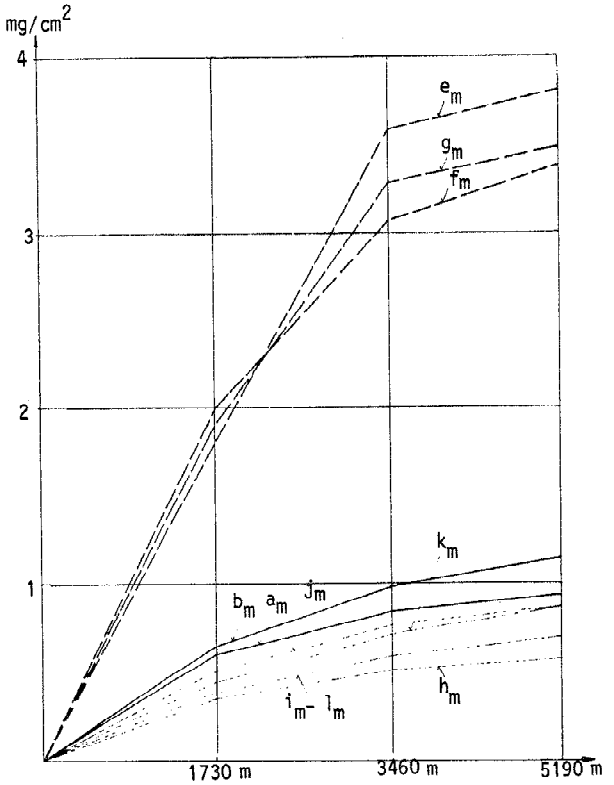
Material in površinska obdelava	Trdota v HRc pred obog. z žveplom	Oznaka vzorca	Dimenzije vzorcev v /mm/
Č. 4731 površinsko kaljen	53,5	a_v	Ø 55/ Ø 16x10
Č. 4731 površinsko kaljen	54	a_m	Ø 35/ Ø 16x10
Č. 4731 površinsko kaljen	51	b_v	Ø 55/ Ø 16x10
Č. 4731 površinsko kaljen	50	b_m	Ø 35/ Ø 16x10
Č. 4731 površinsko kaljen	55	e_v	Ø 55/ Ø 16x10
Č. 4731 po kaljen.obogaten z žveplom	53	e_m	Ø 35/ Ø 16x10
Č. 4731 površinsko kaljen	53,5	f_v	Ø 55/ Ø 16x10
Č. 4731 po kaljen.obogaten z žveplom	50	f_m	Ø 35/ Ø 16x10
Č. 4731 površinsko kaljen	52,5	g_v	Ø 55/ Ø 16x10
Č. 4731 po kaljen.obogaten z žveplom	50	g_m	Ø 35/ Ø 16x10
Č. 4731 po kaljen.obogaten z žveplom	51	h_v	Ø 55/ Ø 16x10
Č. 4731 po kaljen.obogaten z žveplom	49	h_m	Ø 35/ Ø 16x10
Č. 4731 po kaljen.obogaten z žveplom	54	i_v	Ø 55/ Ø 16x10
Č. 4731 po kaljen.obogaten z žveplom	52	i_m	Ø 35/ Ø 16x10
Č. 4731 po kaljen.obogaten z žveplom	53	j_v	Ø 55/ Ø 16x10
Č. 4731 po kaljen.obogaten z žveplom	50	j_m	Ø 35/ Ø 16x10
Č. 4731 po kaljen.obogaten z žveplom	54,5	k_v	Ø 55/ Ø 16x10
Č. 4731 po kaljen.obogaten z žveplom	53	k_m	Ø 35/ Ø 16x10
Č. 4731 po kaljen.obogaten z žveplom	52	l_v	Ø 55/ Ø 16x10
Č. 4731 po kalejn.obogaten z žveplom	50	l_m	Ø 35/ Ø 16x10

Sl.7 Oznake in dimenzije valjev

Rezultate raziskav obrabne obstojnosti za posamezne pare valjev posredujeta sliki 8 in 9.



Sl. 8 Obrabna obstojnost v odvisnosti od poti obrabljanja



Sl.9 Obrabna obstojnost v odvisnosti od poti obrabljanja

2.1. Analiza rezultatov in sklepi

a. Analiza obrabe valjev, kaljen - kaljen

Pri utekavanju in obremenitvi 200 N je bila obraba po prvih 10^4 vrtljajih v povprečju 0,94 mg/cm^2. Do nekoliko večje obrabe je prišlo pri valjih z večjim premerom. Pri obremenitvi 1000 N in po drugih 10^4 vrtljajih se je obraba zmanjšala v povprečju na 0,22mg/cm^2. Po tretjih 10^4 vrtljajih pa celo na 0,12 mg/cm^2.

b. Analiza obrabe valjev, kaljen - obogaten z žveplom

Rezultati so bili v tem primeru veliko slabši kakor pri samo kaljenih ali samo žvepljanih valjih. V tem primeru je obraba znašala po prvih 10^4 vrtljajih in obremenitvi 200 N v povprečju 1,60 mg/cm^2, to je za 78 % več kakor pri valjih, ki so bili obogateni z žveplom, po prvih 10^4 vrtljanih. Po drugih 10^4 vrtljajih se je obraba zmanjšala na 0,78 mg/cm^2 v povprečju. Pri valjčkih, ki so bili površinsko kaljeni, je prišlo do izrazitega zmanjšanja obrabe, povprečno 0,1 mg/cm^2, medtem kot je obraba pri valjih, ki so bili obogateni z žveplom, ostala približno enaka kakor pri prvih 10^4 vrtljajih. Po tretjih 10^4 vrtljajih je obraba padla povprečno na 0,15 mg/cm^2. Tudi v tem primeru je bila obraba površinsko kaljenih valjev manjša kot pri valjih, ki so bili obogateni z žveplom.

c. Analiza obrabe valjev , obogaten z žveplom - obogaten z žveplom

Ta kombinacija je dala najboljše rezultate. Obraba valjev po prvih 10^4 vrtljajih in obremenitvi 200 N je znašala povprečno 0,348 mg/cm^2. Ta rezultat je zelo dober, saj je obraba tu za 62 % manjša kakor pri kaljenih valjčkih po prvih 10^4 vrtljajih. Pri drugih 10^4 vrtljajih je obraba pri valjih, ki so obogateni z žveplom in pri obremenitvi 1000 N znašala povprečno 0,19 mg/cm^2. Po tretjih 10^4 vrtljajih pa se je obraba še zmanjšala in sicer v povprečju na 0,087 mg/cm^2.

Iz povedanega lahko povzamemo naslednje sklepe:

1. Ako hočemo doseči čim večjo odpornost proti obrabi je priporočljivo, da oba dela, ki se tareta med seboj, obogatimo z žveplom. Rezultati raziskav kažejo zelo nazorno, da dobimo pri površinah, ki smo jih po kaljenju obogatili z žveplom znatno ugodnejšo odpornost proti obrabi.

2. Po termični obdelavi je potrebno površine, ki se naknadno bogatijo z žveplom tudi fino brusiti.

LITERATURA

/1/ P. Leskovar, D. Zupančič, S. Milanovič, F. Mlakar: Raziskave obrabne trdnosti litine NGJL 300, poročilo št. 102.84/141, Fakulteta za strojništvo v Ljubljani, december 1984.

/2/ Vinogradov Ju.M.: "Sulfidirovanie, selenirovanie, telurirovanie stalej, čugana i splavov", Metallovedenje i termičeskaja obrabotka metallov, Miskva 1965, št. 10.

/3/ "Seronasičenje poverhnosti detalej iz cerujih metallov v serovodorodnog i dvosulfidnjih rastvorah", Metallovedenje i termičeskaja obrabotka metallov, Moskva 1960, št. 1.

P.Lekovar, D.Zupančić, P.Žerovnik

THE WEAR PROCESSES IN STEEL AND CAST STEEL

Abstract

Wear is practically one of the most prominent processes arising in the operation of individual machine members.It is classified into tribological processes on account of material loss from the solid body surface, which is the consequence of the mechanical effects, that is of the contact and realive motion between a solid, liquid, or gaseous body (tribological load).The wear is manifested by the appearance of minute removed particles, but also by the changes in the material and shape of the tribologically loaded surface layer.
The wear mechanisms mear thus the physical and chemical processes accompanying the wear processes.Presented in the wear processes and/or the wear stability of the cast steel NGJL 300 in the first part, and the effects of heat treatment and surface enrichment with sulphur on the wear resistance in the second part.

XIX SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE

Kragujevac, septembar 1985.

ISTRAŽIVANJE PROCESA IZRADE KERAMIČKIH SEČIVA - PRILOG RAZVOJU DOMAĆE TEHNOLOGIJE OBRADE METALA REZANJEM

S. Urošević, Pedagoško tehnički fakultet, Čačak
Z. Nikić, Pedagoško tehnički fakultet, Čačak
M. Vlajić, Pedagoško tehnički fakultet, Čačak

Rezime

U radu se rasmatraju tehnološko ekonomski aspekti u vezi sa osvajanjem industrijske proizvodnje reznih keramičkih sečiva. Daje se prikaz izabranih postupaka istraživanja koja su vodila izboru optimalne varijante tehnološkog procesa. U radu se dalje prikazani postupci uporednog ispitivanja obradivosti domaćih konstrukcijskih materijala sa keramičkim sečivima domaće i inostrane proizvodnje. Dati su numerički podaci u vezi sa realizovanim eksperimentima.

1. UVODNE NAPOMENE

Uvodjenje alata sa keramičkim sečivima u procese obrade metala rezanjem, stimuliraju bar dva bitna faktora. To su:

- mogućnost obrade sa znatno većim brzinama rezanja, a time i postizanje više proizvodnosti pri izvodjenju odgovarajućih operacija, i
- niža cena keramičkih sečiva u odnosu na sečiva od tvrdih metala obezbedjuju i značajne uštede u troškovima koji su u vezi sa ulaganjima u odgovarajuće alate.

Obzirom na aktuelno stanje primene keramičkih sečiva u domaćoj industriji prerade metala, oba faktora zaslužuju odgovarajuća proučavanja.

Keramička sečiva omogućuju rezanje sa brzinama znatno većim od onih koje su moguće sa sečivima od tvrdog metala koja su danas masovno u primeni. Zavisno od vrste i kvaliteta keramičkih sečiva, moguće brzine rezanja su u proseku veće 2-4 puta u poredjenju sa sečivima od tvrdih metala. Osim toga, kao što je poznato, s keramičkim sečivima moguća je obrada rezanjem i zakaljenih, odnosno relativno tvrdih materijala. Problem žilavosti materijala keramičkih sečiva je i dalje prisutan, mada su i tu evidentna napredovanja u istraživanjima novih keramičkih reznih materijala. Ipak, i dalje je, opšte uzev, ograničena njihova primena u procesima prekidnog rezanja.

Ograničavajući faktor šire primene keramičkih sečiva u našim uslovima su eksploatacione mogućnosti proizvodnih mašina koje se sada nalaze u industrijskim pogonima. Naime, pretežna većina ovih mašina nije gradjena za novonastale potrebe u vezi sa rezanjem većim brzinama. Često je prisutna i njihova nedovoljna stabilnost u procesu obrade što onemogućuje optimalno korišćenje radnih mogućnosti keramičkih sečiva.

Ovakvo stanje bi moglo da sugeriše zaključak da i nema prihvatljivih uslova za primenu keramičkih sečiva, bar šire posmatrano, u domaćoj industriji. Ipak, ako se ovaj zadatak posmatra u kontekstu:

- nižih troškova alata sa keramičkim sečivima, i
- mogućnostima proizvodnje keramičkih sečiva u domaćoj industriji od domaćih materijala sa neznatnim učešćem uvoznih komponenti,

onda se može izvesti veoma optimistički zaključak. Niži troškovi alata stvaraju ekonomsku motivaciju za primenu keramičkih sečiva, a o

nužnosti bar delimične zamene skupih uvoznih i strateških materijala kao što su volfram, kobalt, molidben i sl. nije potrebno ni govoriti.

Prethodna rsmatranja upućuju na zaključak da bi trebalo, gde god je to moguće, zameniti sečiva od tvrdog metala sa keramičkim sečivima. Pri tome, ako se sa raspoloživim mašinama ne mogu postići za keramička sečiva optimalne brzine rezanja, ništa nas ne sprečava da radimo s onim brzinama koje su u datim uslovima maksimalno moguće.

U vezi sa ekonomskom motivacijom koja proizilazi iz nižih troškova alata, proučavanja pokazuju da se za izabrano reprezentativno sečivo koje se koristi na strugarskom nožu, može uspostaviti korelacija izmedju cena keramičkog (Q_k) i sečiva od tvrdog metala (Q_t) u obliku veze

$$Q_k = k \cdot Q_t \qquad (1)$$

gde se vrednost koeficijenta k kreće u intervalu od 0,3 do 0,8.

Zavisnost (1) treba kritički pak analizirati polazeći još i od količine materijala koji se u toku radnog veka ovih sečiva može pretvoriti u strugotinu. Ove analize po pravilu daju veliku prednost keramičkim sečivima. Medjutim, u nekim slučajevima (zbog povoljnijih mogućnosti oštrenja), sečiva od tvrdih metala daju povoljnije rezultate.[1)]

Nema sumnje da su prethodna saznanja bila u osnovi motivacije za istraživanje procesa i osvajanje proizvodnje keramičkih sečiva u domaćoj industriji. Kroz saradnju Politehničkog instituta PTF-a i Fabrike reznog alata u Čačku upravo se realizuje razvojno istraživački projekt radi osvajanja proizvodnje rezne keramike.

2. PROGRAM ISTRAZIVANJA

Planirane su dve osnovne faze istraživanja. U prvoj fazi treba da se osvoji proces proizvodnje "bele keramike", tj. keramičkih sečiva od mešavina prahova u kojima je osnova prah od Al_2O_3. U drugoj fazi će se vršiti osvajanje procesa izrade keramičkih sečiva iz programa "mešane keramike" od mešavina čiju osnovu čine prahovi Al_2O_3 i TiC.

Cilj istraživanja je odredjivanje sastava mešavina prahova, kvaliteta svake komponente, procesa proizvodnje i ispitivanja pri čemu treba da se postignu kvaliteti keramičkih sečiva izabranih stranih proizvodjača. Na ovaj način bi se osvojio proces proizvodnje naznačenih sečiva bez korišćenja stranih licenci, osposobio sopstveni kadar i stvorile potrebne predpostavke za širu primenu ovih alata u domaćoj industriji.

3. ISTRAŽIVANJE OPTIMALNOG SASTAVA KOMPOZITA, PROCESA PRESOVANJA I SINTEROVANJA

Koncept operativnog programa istraživanja se temeljio na saznanju da kvalitet keramičkih sečiva je u direktnoj zavisnosti od osobina kompozitnog materijala (sastava mešavina prahova) i parametara koji definišu pojedine operacije u procesu njihove izrade, tj. da postoji zavisnost oblika

$$K_{ks} = f\,(M_k,\ P_a,\ T,\ t,\ \ldots.) \qquad (2)$$

gde je:

- K_{ks} - kvalitet keramičkih sečiva,
- M_k - sastav kompozita prahova, tj. odnos Al_2O_3, MgO, ZrO prahova u mešavini, njihova krupnoća, stepen homogenizacije i sl.
- P_a - pritisak predpresovanja i presovanje kompozita,
- T - temperatura sinterevanja sa definisanjem zakonitosti promene temperature sinterovanja po vezi T = f(t), i
- t - vreme sinterovanja.

Prikazana zavisnost (2) ukazuje na karakter operativnih planova istraživanja. Da bi se postigao željeni kvalitet, bilo je nužno izvršiti niz odabranih eksperimenata u toku kojih su menjane vrednosti odgovarajućih parametara naznačenih vezom (2).

Rezultati eksperimenata: ustanovljena su područja kretanja (rasipanja) pojedinih vrednosti parametara u vezi (2) i to tako da su stvorene mogućnosti za upravljanje procesom izrade radi

1) ova problematika zahteva posebna proučavanja kroz odgovarajuće istraživačke projekte

dobijanja unapred postavljenih kvalitativnih karakteristika keramičkih sečiva koje se odlikuju kroz svoju tvrdoću, krupnoću zrna, odnosno žilavost.

4. ISTRAŽIVANJE OBRADIVOSTI SA KERAMIČKIM SEČIVIMA

Ovaj deo istraživanja obuhvata dve faze. To su:
- uporedno ispitivanje obradivosti sa pločicama strane i sopstvene izrade, i
- utvrdjivanje parametara obradivosti sa domaćim keramičkim pločicama (sečivima).

Prva faza istraživanja ima za cilj utvrdjivanje opšteg kvaliteta domaćih u poredjenju s keramičkim pločicama strane proizvodnje. Ovaj deo istraživanja je praktično okončan. Istraživanja po programu druge faze su u toku.

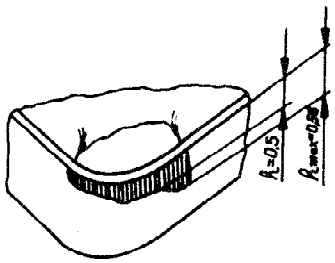
U okvirima prve faze, istraživanja su realizovana na operaciji uzdužne spoljne obrade struganjem. Od keramičkih pločica strane proizvodnje izabran je kvalitet SN60 proizovdjača Feldmühle Zapadna Nemačka. Keramičke pločice strane i sopstvene izrade su postavljene na nosač prema slici 1.

Program eksperimenata je obuhvatao:
- uzdužnu obradu na strugu izabranog konstrukcijskog materijala sa približno istim režimima rezanja,
- snimanje krive habanja h = f(T), i
- kontrola kvaliteta obradjene površine na obratku.

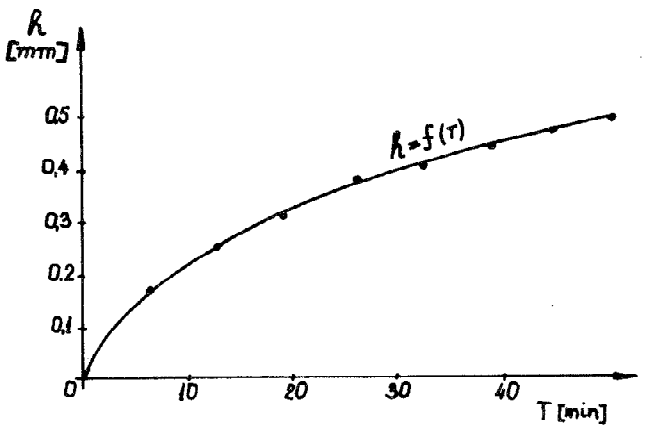
U daljem tekstu se prikazuju rezultati dela eksperimenata.

4.1. Rezultati za keramičke pločice SN60

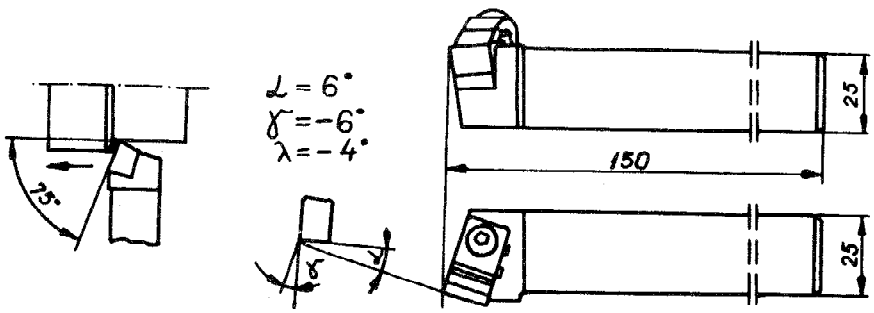
Spoljna uzdužna obrada je obavljena na standardnom univerzalnom strugu PA-30. Početna dimenizija obratka je Ø110 x 650 mm, materijal obratka je Č4734 žaren. U toku eksperimenta praćene su slike habanja sečiva, krive habanja i hrapavost u funkciji zatupljenja sečiva. Na slikavama 2 i 3 prikazani su delimični rezultati jedne serije ovih eksperimenata za pločice tipa SN60.



Sl.2. Slika habanja pločice SN60 za T=50 min.



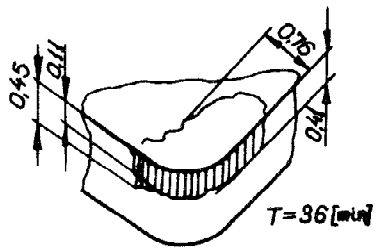
Sl.3. Kriva habanja pločice SN60, SN60, č.4734, s=0,125 mm/o, δ = 1,25 mm, v = 215 m/min



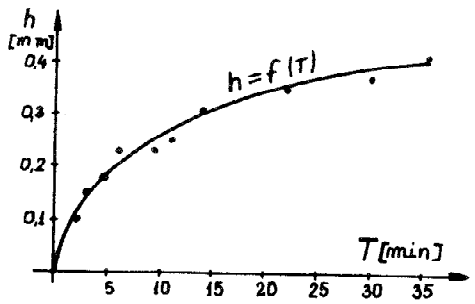
Slika 1.

4.2. Rezultati za keramičke pločice sopstvene izrade

Eksperimenti sa keramičkim pločicama sopstvene izrade su obavljeni pod istim osnovnim uslovima kao i sa pločicama SN60. Na slikama 4 i 5 prikazani su rezultati jedne serije ovih eksperimenata.



Sl.4. Slika habanja keramičkih pločica sopstvene izrade



Sl.5. Kriva habanja pločica sopstvene izrade č.4734, S=0,125 mm/o, δ = 1,25 mm, v= = 228 m/min

Uporedjenjem dobijenih rezultata pri istraživanju obradivosti sa keramičkim sečivima strane i sopstvene izrade, na osnovu ilustrovanih parcijalnih podataka na slikama 2-5, može se izvesti ohrabrujući zaključak: Eksploatacione (radne) karakteristike keramičkih sečiva sopstvene izrade nalaze se u području kvaliteta odgovarajućih keramičkih sečiva visokokvalitetnih stranih proizvodjača.

5. ZAKLJUČAK

Kao rezultat sopstvenih razvojno istraživačkih napora, privodi se kraju zadatak osvajanja tehnologije proizvodnje reznih keramičkih sečiva. U toku 1985.godine treba da se završi projekt prve probne tehnološke linije za proizvodnju keramičkih sečiva iz programa "bele keramike". Sa puštanjem u rad ove linije obezbediće se domaćoj industriji prerade metala novi rezni materijali. Njihovim širim uvodjenjem u procese obrade rezanjem, nema sumnje, daće i nove tehnoekonomske efekte, odnosno nova iskustva u pogledu radnih mogućnosti alata od rezne keramike.

Planom daljih istraživanja treba da se reše zadaci u vezi sa osvajanjem proizvodnje keramičkih sečiva iz programa "mešane keramike". Osvajanjem ovog programa predstavljaće nov značajan korak u razvoju domaće tehnologije u proizvodnji reznih alata, odnosno tehnologije obrade rezanjem u industriji prerade metala.

6. LITERATURA

/1/ M.Vlajić, Lj.Vulićević, V.Petrović, Uticaj karakteristika polaznih prahova Al_2O_3 na zgušnjavanje pri sinterovanju, Zbornik radova I jugosl.simpozijuma o keramici, Beograd, januar 1981, str.611.

/2/ V.Petrović, Lj.Vulićević, M.Vlajić, Razvoj mikrostrukture pri sinterovanju Al_2O_3, XXV jugoslovenka konferencija ETAN-a, Mostar, juni 1981, Zbornik radova, str.I.665.

/3/ M.Vlajić, V.Krstić, R.Šukilović, Neki problemi dobijanja disperzionih keramičkih kompozita, "Materijali '83", Titovo Užice, maj 1983.god., str.172.

S.Urošević, Z.Nikić, M.Vlajić

INVESTIGATION OF THE PROCESS OF PRODUCTION OF CERAMIC INSERTS - CONTRIBUTION TO THE DEVELOPMENT OF DOMESTIC TECHNOLOGY OF METAL CUTTING

Abstract

Technological and economical aspects of the industrial production of ceramic cutting inserts are considered in the paper. Overview is given of the selected investigation procedures leading to the choice of the optimal version of the technological process. Presented in the paper are also the procedures used for comparative testing of machinability of domestic materials with domestic and imported ceramic inserts. Numerical data gathered in the experiments are also presented.

XIX SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE

Kragujevac, septembar 1985.

OBLIKOVANJE OBDELOVANCEV ZA AVTOMATIZIRANO PROIZVODNJO

Z.Seljak, Fakultet za strojništvo, Ljubljana

Rezime

Povzetek: Ključ k racionalizaciji procesa obdelave, strege in montaže ni samo na področju priprave dela in v proizvodnih obratih, pač pa tudi v konstrukciji elementov in sklopov. Pri naporih za avtomatizacijo obdelave in robotizacijo fizičnega dela se jasno kaže potreba, da se z oblikovanjem izdelkov prilagodimo danim tehničnim možnostim. Obravnavana izhodišča za racionalizacijo proizvodnje v konstrukciji upoštevajo napore za lažjo obdelavo, lažje urejanje, pozicioniranje, vpenjanje in manipuliranje ter lažjo montažo.

UVOD

V proizvodnji imamo vrsto poti in načinov za zmanjšanje stroškov izdelave in za dvig produktivnosti. Med najbolj pomembne postopke, ki jim raziskovalci in razvojni inženirji posvečajo veliko pozornosti, so vključeni:

- izboljšani obdelovalni in orodni material, orodja in izdelovalni postopki;
- učinkovita organizacija proizvodnih postrojenj, strega strojev in montaža;
- uvajanje avtomatizacije, kjerkoli lahko poveča učinkovitost dela.

Ob tem moramo ugotoviti, da se poredkoma lotimo podrobnega študija oblikovanja izdelkov za zmanjšanje izdelovalnih stroškov in za dvig produktivnosti. Oblikovanje in konstruiranje za proizvodnjo je postalo tembolj pomembno kolikor bolj se uveljavlja avtomatizacija obdelave, strega in montaže.

V preteklosti je imel konstrukter cilj, da skonstruira izdelek za uporabo, s primernim izgledom, da funkcionalno dogovarja in včasih je tudi posvetil pozornost zanesljivosti izdelka. Vsa problematika, ki je povezana z obdelavo, strego in montažo je bila in je v veliki meri še prepuščena tehnologom. Tako nastanejo pobude za izboljšavo konstrukcije za lažjo obdelavo posameznih elementov, ali za spremembo konstrukcije, da bi tako zmanjšali stroške pri obdelavi ali pri montaži. Iz tega izhaja ugotovitev, da bi moral konstrukter pri konstruiranju:

- konstruirati kvalitetne izdelke;
- poznati parametre konstrukcije, ki vplivajo na potek obdelave, strege in montaže;
- poznati splošne principe konstruiranja za lažjo strego in montažo.

Mehanizacija strege obdelovancev je postala vedno bolj pomemben instrument racionalizacije izdelovalnih procesov. Na eni strani so bile naprave, ki daleč presegajo sposobnosti ljudi glede na hitrost ali nosilnost, po drugi strani pa je še vedno potrebno ročno opravljati relativno preproste postopke. Dostikrat lahko določene položaje obdelovancev ali postopke spajanja pri montaži dosežemo - če sploh lahko - le z velikim tehničnim naporom, tako da avtomatizacija gospodarnostno ni upravičena. V mnogih primerih je razlog v tem, da doslej nismo zmanjševali zahtevnosti strežnih naprav. Nuja po konstrukciji izdelkov za strego prihaja tem bolj do izraza, kolikor v večji meri prehajamo od dosedanjih ročnih postopkov na avtomatizirane sisteme. Primeri uporabe za strego rekonstruiranih delov so pokazali, da se je s tem uporabnost strežnih naprav bistveno razširila ob zmanjšani tehnični zahtevnosti.

Izdelava serijskih delov je danes v veliki meri avtomatizirana, nasprotno pa se v montaži teh serijskih delov poslužujemo ročnega dela. Tako imamo velike razlike v produktivnosti med obema sistemoma in posledica so neusklajeni poteki dela, dolgi pretočni časi, velike zaloge ipd.

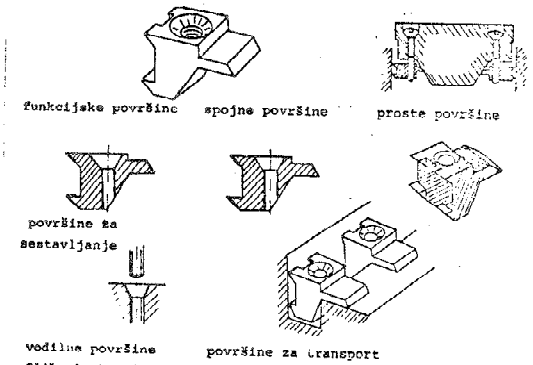
Za odpravo diskrepanc med obdelavo in montažo je na voljo širok spekter racionalizacijskih dejavnosti. Izkušnje, ki jih imamo pri uvajanju avtomatizacije v montaži kažejo, da oblikovanje delov za montažo ni bilo vedno opravljeno - čeprav je brezpogojno izhodišče za gospodarno avtomatizacijo.

Sistematično oblikovanje sestavnih delov za montažo zahteva analizo montažnih postopkov. Pri odvijanju montažnih funkcij je potrebno sestavne dele streči (dovajati, pozicionirati, vlagati itn.), kar vodi indirektno k napredovanju montaže, vendar je strega sestavnih delov med najpomembnejšimi stranskih funkcij montažnega procesa. Pogostoma je komaj mogoče razlikovati med postopki strege in montaže. Dostikrat je postopek sestavljanja zaključek poteka strege. Konstruiranje za montažo lahko dostikrat poenostavljeno označujemo s "konstruiranjem za strego".

KONSTRUIRANJE ZA OBDELAVO

V proizvodnji še ni dovolj upoštevano dejstvo, da tudi najmodernejše obdelovalne metode ne dajo pričakovanega učinka, če obdelovanec ne oblikujemo za učinkovito obdelavo. Obdelovanec ali izdelek naj bo i z d e l o v a l e n /1/. V industriji se postopoma uveljavlja zavest, da je konstruiranje izdelka prva stopnja izdelave in ima zato bistven vpliv na njegovo končno ceno. Zato bi nujno morali posvečati pozornost konstrukciji posameznih elementov za lažjo obdelavo.

Površine, ki določajo obliko nekega elementa imajo različne naloge. Element ima eno ali več funkcij (opora, prenos sil, vodenje itn.), ki so realizirane s funkcijskimi površinami (slika 1)

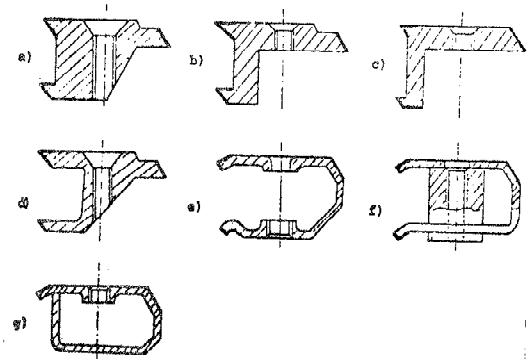


Slika 1: Vpenjalni element za električno stikalo s prikazom funkcionalnih spojnih, prostih in montažnih površin.

Med temi so površine, ki so v dotiku z drugimi elementi ali so skupaj zloženi. To so spojne površine. Površine, ki niso funkcijske, imenujemo proste površine. Montažne površine so uporabljene med postopkom sestavljanja, tj. za urejanje, transport, pozicioniranje; nimajo pa nikakršne vloge več, ko je montaža končana.

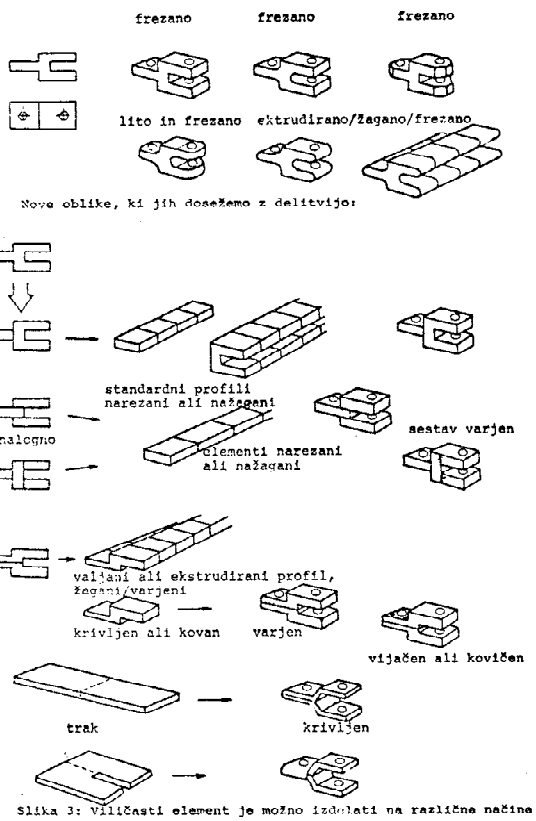
Za montažne površine lahko uporabljamo funkcijske in proste površine. Funkcijskih površin navadno ne moramo spreminjati, proste površine pa lahko. S spremembami se lahko potem prilagajamo ustreznejšim izdelovalnim postopkom ali izbiramo posamezne obdelave.

Funkcijsko definiran element lahko potem prilagajamo različnim tehnologijam (slika 2) z enakimi ali podobnimi funkcionalnimi površinami. Pri definiranju posameznih elementov moramo definirati naslednje osnovne lastnosti: obliko, material, dimenzije, kvaliteto površin in tolerance /3/.



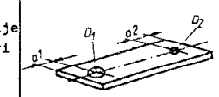
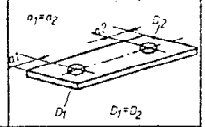
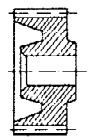
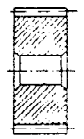
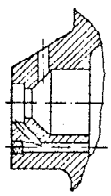
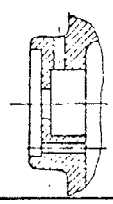
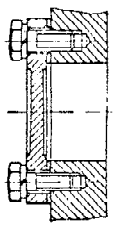
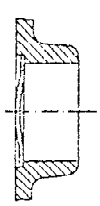
Slika 2: Alternativne oblike spojke; pri tem funkcijske površine niso spremenjene - uporabljene so le različne tehnologije.

Ilustracijo široke palete izdelovalnih postopkov za isti element kaže slika 3.



Slika 3: Viličasti element je možno izdelati na različne načine

Slika 4:

SMERNICE ZA OBLIKOVANJE ZA LAŽJO IZDELAVO		
ukrepi oblikov.	neugodno	ugodno
enotne razdalje enotne premeri lukenj		
plana obdelava, če funkcija elementa ne zahteva odstavlje ne oblike		
opuščanje nefunkcionalnih elementov, tehnološko lažje operacije obdelave		
opustitev elementov, ki niso funkcionalno nujni enostavna obdelava enostavna montaža		

Viličasti element je možno izdelati iz polnega s frezanjem, lahko pa tudi lijemo in s frezanjem obdelamo funkcijske površine. Sledijo še izdelava profila z ekstruzijo, valjanje profilov, kovanje in upogibanje. Celo vrsto različic je možno doseči z varjenjem. Sledi upogibanje pločevine in ustrezno oblikovanje viličaste oblike. Na izbiro tehnološkega postopka lahko vplivajo: velikost in oblika elementa, količine v seriji, funkcijske zahteve idr.

Iz povedanega lahko povzamemo, da je primerno, če posvetimo pozornost konstruiranju za lažjo obdelavo. Zelo primerna bi bila rešitev z vrsto priročnikov ali smernic za oblikovanje, ki bi omogočili za dane primere izbrati primerno obliko za obdelavo, strego in montažo. Obliko preglednega kataloga ponazarja za primer oblikovanja obdelovancev za lažjo izdelavo /4/ slika 4:

- vzmetno ploščico rekonstruirano tako, da različne premere lukenj poenotimo,ravno tako sta po novem enaki razdalji a1 in a2. S tem se poenostavi izdelava in enostavnejše je avtomatično urejanje;
- z o b n i k je bil prvotno oblikovan kot izkovek z nastavki in utori, zaradi tega je neugoden za obdelavo, skladanje in toplotno obdelavo. Z novo obliko je lažje skladanje, obdelovalni čas je krajši, surovec lahko odžagamo od palice, široka naležna ploskev dovoljuje dobro naleganje pri obdelavi in s tem večjo natančnost;
- o h i š j e l e ž a j a je bilo tako oblikovano, da so bile potrebne poševne luknje, izvrtine na poševni ploskvi in vtisnjeni čep. Nova izvedba omogoča vrtanje na pravokotnih ravninah in ne zahteva čepljenja drenažne izvrtine;
- z a p o r n i p o k r o v na ohišju s tesnilom in vijaki zahteva precej obdelave. Poenostavitev dosežemo z izstruženim sedežem in vtisnjeno rondelo - odpade tesnilo in vijaki,

pokrov pa je dosti bolj enostaven za izdelavo.

KONSTRUIRANJE ZA STREGO

Pri reševanju problemov avtomatizacije procesa strege lahko zasledujemo dva različna cilja:
- večanje zmogljivosti strežnih naprav in
- zmanjševanje zahtev strežnim napravam /2/.

Glede večanja zmogljivosti strežnih naprav je trenutno na preizkušanju vrsta zelo kompletnih fleksibilnih strežnih naprav (industrijskih robotov), s katerimi je možno opraviti vrsto premikov pri stregi in pri montaži. Te naprave so opremljene s fleksibilnimi prijemali, ki se lahko prilagodijo na geometrijo obdelovancev, kakor tudi s taktilnimi in optičnimi senzorji,da lahko opravijo različne strežne naloge. Razen tehničnih problemov, ki se pojavijo pri uporabi teh zelo fleksibilnih strežnih naprav, so v mnogih primerih posredi tudi ekonomski problemi visokih stroškov pri nabavi takih naprav.

Za zmanjšanje zahtev strežnim napravam je možno izboljšati pogoje predaje in prevzema obdelovancev. Tako je smiselno, da ostanejo obdelovanci med posameznimi operacijami obdelave urejeni na transportnem sistemu. Še bolj lahko poenostavimo zahteve za strežne naprave s primernim oblikovanjem obdelovancev. Problem izvedbe konstruktivnih ukrepov za tako oblikovanje obdelovancev, da bodo ustrezali stregi je v množici vplivov, ki jih moramo upoštevati pri konstruiranju. Razen internih zahtev, kot npr., da je izdelek grajen modulno ali mora biti dana možnost obdelave posameznih delov na obstoječih strojih,so še zunanje zahteve npr. uporabniki želijo izpolnjevanje določene funkcije izdelka, zunanji videz in gospodarsko uporabnost.

Konstruiranje za avtomatizirano strego lahko opravljamo v vseh fazah konstrukcijskega procesa. Ob tem moramo ugotoviti, da se ti ukrepi upoštevajo relativno pozno - največkrat pri izdelavi delavniške dokumentacije. Razlog za to je v dejstvu, da mora konstrukter najprej zadostiti zahtevam naročnika. Temu šele sledi preudarjanje o prilagajanju izdelka, njegovih sklopov in elementov na proizvodni potencial delovne organizacije. Upoštevani bodo razpoložljivi obdelovalni postopki. Šele relativno pozno bodo obravnavane možnosti avtomatizirane strege in montaže. Takrat je vsekakor večji delež parametrov obdelovanca tako definiran, da je temeljito spreminjanje za izboljšanje obnašanja obdelovancev pri stregi komaj še mogoče.

V praksi je pogosto prisotna časovna zadrega tako, da teče paralelno razvoj izdelka in priprava proizvodnih kapacitet.Tako so razmišljanjem o oblikovanju in preoblikovanju posameznih delov, sklopov ali izdelkov za ugodno strego in montažo postavljene meje. To pa pomeni, da bistvene spremembe izdelka lahko opravimo le v zelo zgodnji fazi konstruiranja.

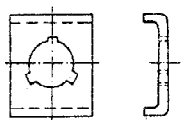
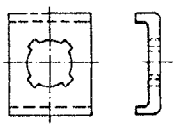
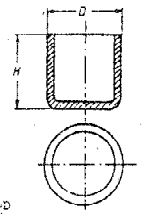
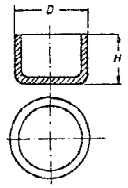
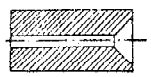
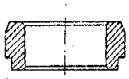
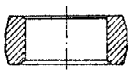
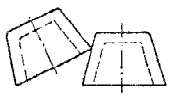
Pri oblikovanju ulitkov je že od nekdaj jasno,da morajo na modelih biti poševnine in prehodne zaokrožitve.Ravno tako je potrebna pri oblikovanju za avtomatizirano strego in montažo analiza poteka dogajanja. Upoštevati je potrebno funkcije indentifikacije, ugotavljanja položaja, prijemanja itn. Pri struktuiranju poteka strege obstojata dve osnovni možnosti vplivanja na proces strege:
- omejitev postopkov strege, kar pomeni, da v okviru montaže zmanjšamo število elementov. Žal se ta ukrep lahko le malokdaj realizira, ker mora imeti za svoje funkcioniranje določeno število elementov.
- postopke strege lahko poenostavimo - ta pot je lažja in pogostejša, dosežemo jo s spremembami oblike obdelovancev.

Cilj ukrepov za poenostavitev strežnih funkcij je:
- pasivno zmanjšanje zahtev obdelovanca strežni napravi s tem, da odstranimo prepreke za izvajanje strežnih funkcij in
- izboljšanje strežnih lastnosti obdelovancev z oblikovnimi elementi, ki aktivno pripomorejo k lažjemu poteku strežnih funkcij.

Ob prvem koraku uvajanja sistematičnega oblikovanja obdelovancev za lažjo strego bo postopek pri oblikovanju na novo dokaj podoben. S smernicami in konstrukcijskimi predlogami za lažjo strego bomo analizirali posamezne elemente. Na eni strani bomo preverjali obdelovance po smernicah,po drugi strani pa bomo raziskovali povratna sporočila iz proizvodnih obratov in iz montaže, da bi tako izboljšali obliko obdelovancev za avtomatizirano strego.

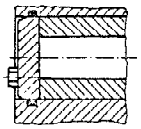
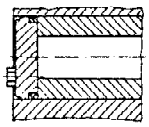
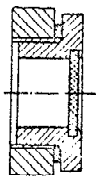
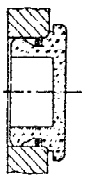
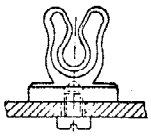
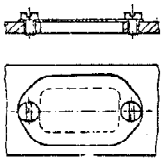
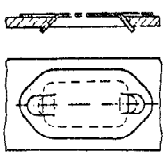
Slika 5:

SMERNICE ZA OBLIKOVANJE ZA LAŽJO STREGO

Skrepi oblikov.	neugodno	ugodno
simetrične oblike lažja orientacija		
lažje urejanje	 H=D	 H=0,75D
avtomatično usmerjanje		
simetrična oblika enostavnejša orientacija		
zatikanja v drži je prečno		

Slika 6:

ŠMERNICE ZA OBLIKOVANJE ZA LAŽJO STREGO IN MONTAŽO

posegi oblikov.	neugodna oblika	ugodna oblika
sedež je za o - obroč je lažje izdelati na struženem delu - lažja montaža		
manj enostavnejša obdelava - manj elementov, hitrejša montaža		
manj elementov, hitrejša montaža		
manj elementov hitrejša montaža		

Na sliki 5 je prikazanih več alternativnih izvedb posameznih elementov, da potem lažje avtomatiziramo strežne funkcije /4/:

- p o d l o ž n o p l o š č i c o izpopolnimo tako tako, da namesto treh utorov v luknji namestimo štiri utore in tako dobimo simetrično obliko ploščice - pravilna orientacija ploščice je dosti enostavnejša;
- pri p o k r o v u lahko dosežemo dosti lažje urejanje, če je višina lončka H=0,75D;
- v o d i l o težko usmerjamo, če je zunanja oblika valjasta po celi dolžini - z odstavljeno obliko take obdelovance z lahkoto usmerjamo;
- l e ž a j n o p u š o lažje izdelamo in jo lažje montiramo, če je oblikovana simetrično;
- p l a s t i č n i p o k r o v se zaradi konične oblike v drži rad zatakne - s cilindričnim posnetjem to preprečimo.

Razen tega, da skušamo poenostaviti obdelavo, želimo tudi zmanjšati število elementov v sklopu in s tem poenostaviti montažo. Nekaj tipičnih primerov je zbranih na sliki 6:

- z a t e s n e n j e g r e d i je v prvotni konstrukciji utor v ohišju, za izdelavo potrebujemo posebno orodje - lažje je izdelati utor na čepu in s tem je tudi enostavnejša montaža;
- obdelava ohišja in vgradnja o l j e k a z n e g a s t e k l a je po stari izvedbi precej zahtevna - nova izvedba ima manj elementov, obdelava in montaža je krajša;
- kabelska objemka ima navoj in je pritrjena z vijakom na nosilno pločevino - nova izvedba ima manj elementov in jo montiramo tako, da jo vtaknemo v izvrtino;
- p o k r o v pritrdimo na ohišje namesto z dvemi vijaki kar z elastičnimi ušesi, ki so izdelana z izrezom in krivljenjem pri izsekovanju pločevine.

Takih in podobnih rešitev bi lahko bila dokaj široka zbirka. Vsak konstrukter ali tehnolog se mnogokrat srečata z variantnimi rešitvami, ali zasnujeta novo, ugodnejšo obliko - škoda, da ni sistematičnega zbiranja teh rešitev.

KONSTRUIRANJE ZA MONTAŽO

Izkušnje kažejo, da je z uvedbo avtomatizacije montaže težko doseči večje prihranke na nespremenjenih izdelkih. V primerih, ko so pri avtomatizirani montaži ugotovljeni veliki prihranki, bomo pri preverjanju lahko ugotovili, da so bili doseženi s spremembami v konstrukciji izdelka prilagojenemu za avtomatizirano montažo. Ugotovimo lahko tudi, da bi verjetno dosegli znatne prihranke le z rekonstrukcijo sestavnih delov in bi obdržali ročno montažo.

Čeprav je povsem jasno, da je potrebno vsak izdelek tudi sestaviti, se premalo razmišlja o poenostavitvi montaže delov in veliko zahtev se postavlja na izkušnje delavcev. Delavec zna relativno lahko izbirati, nadzorovati, usmerjati, dodajati, pozicionirati, vlagati in sestavljati najbolj zapletene dele - vendar veliko teh operacij strežna ali montažna naprava le s težavo opravi, ali pa je ne zmore. Zato je med prvimi koraki uvajanja avtomatizacije v montažo preverjanje konstrukcije izdelka in prireditev za avtomatizirano delo.

Rekonstrukcijo izdelka za avtomatizirano montažo bomo delili na dva dela: konstrukcijo izdelka za lažjo montažo in konstrukcijo delov za avtomatizirano dodajanje in usmerjanje. Ogledali si bomo predvsem primere rekonstrukcije za lažjo montažo.

Med snovanjem izdelka je potrebno analizirati potek montaže. Enostavnost montaže je potrebno doseči pri enostavnih podsklopih, kakor tudi pri kompleksnih enotah. Za oblikovanje izdelkov za enostavno montažo je pomembno:

- oblikovanje osnovnih delov,
- smer sestavljanja delov,
- sendvič - način sestavljanja,
- samocentriranje zloženih delov, brez uporabe posebnih naprav, dokler jih ne spojimo s spojnimi elementi,
- dovajanje delov v urejenem stanju in njihovo oblikovanje, da so sestavljivi,
- na osnovnih delih mora biti prostor za dostop z orodjem in za prijemanje,
- določiti je potrebno oporne ploskve, ki prestrežejo sile pri sestavljanju delov,
- kriteriji za izbiro načina spajanja,
- kvaliteta delov.

Na osnovni del praviloma montiramo ostale dele. Zanj ni nujno, da ga najprej vzamemo v roke ali nekam namestimo, temveč da nanj pritrjujemo ali skladamo ostale dele. Oblikovati bi ga morali tako, da ga je možno pri zaporedju sestavljanja podajati od enega montažnega mesta do drugega brez pomoči posebnih naprav. Ta zahteva se sicer vedno ne da izpolniti, moramo jo pa imeti - posebej pri ročni montaži - kot jasno začrtan cilj. Pri verižni montaži s krožečimi paletami ali natičnimi trni, ali pri avtomatizirani montaži z vpenjali za obdelovalce lahko le-ti prevzamejo del nalog osnovnega elementa.
Osnovni del naj bo tako konstruiran, da se pri vpetju po možnosti sam centrira - če je potrebno, naj ima tudi nastavke za vpenjanje. Vpenjanju se skušajmo izogniti, saj so vpenjalne naprave dosti dražje, kakor standardni nosilci obdelovancev oz. palete. Vpenjanje obdelovancev v vpenjalne naprave predstavlja "sekundarne montažne operacije" in s tem tudi dodatne stroške. Izrazito osnovni del je na področju elektronike tiskana plošča, na katero montiramo nato vse elemente, ki spadajo k nekemu vezju. V mnogih primerih je osnovni del lahko ohišje ali osnovna plošča.

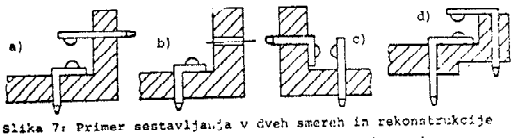
Pri deljeni montaži, posebno pri mehaniziranih montažnih postopkih, je še posebno pomembna natančnost centriranja osnovnega dela v vpenjalni napravi ali na paleti. Osnovne plošče ali druge bazične dele moramo ob oblikovanju preveriti, če so tolerance zunanjih izmer ozke, da zunanje centriranje odgovarja avtomatičnemu sestavljanju delov. V primeru, da zunanje centriranje ni mogoče, moramo na osnovnem delu predvideti centrirne luknje. Centrirne luknje morajo biti v takem tolerančnem področju, da so funkcijske točke osnovnega dela zanesljivo na svojih mestih. Pozicioniranje dosežemo s centrirnimi zatiči. Da bi se izognili predoločenosti, bomo eno centrirno luknjo oblikovali okroglo, drugo pa podolgovato.

Kadar moramo osnovni del pred montažo vpeti, je primerno, da predvidimo prednostne površine za vpetje, ki prevzamejo enako funkcijo kakor centrirne luknje. Na sliki je vidna opora, proti kateri potisne drsnik z ekscentrom pravokotno ohišje. Palete z vpenjali ne morejo biti oprem-

ljene s pnevmatičnimi vpenjalnimi elementi. Vpenjalno funkcijo lahko opravljajo le z vzmetmi, vreteni, priteznimi vijaki ali z ekscentri /5/.

Smer sestavljanja

Smer sestavljanja delov naj bo prednostno premočrtna in vertikalna, posebno še, če operaciji sestavljanja sledi operacija spajanja npr. kovičenje, zasekavanje, krivljenje ali vijačenje. Horizontalno sestavljanje lahko opravimo brez težav, če so sile sestavljanja majhne oz. sledeče operacije sestavljanja ne zahtevajo večje sile. Operacija sestavljanja bo potekala po neravni poti,če dela ne moremo sestaviti v ravni smeri. Prepreka je lahko v oblikovnih elementih osnovnega dela.

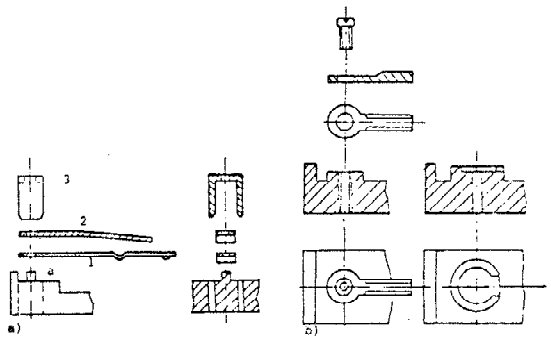


Slika 7: Primer sestavljanja v dveh smereh in rekonstrukcije ohišja z vtiskavanjem kontaktov v eni smeri

Na sliki 7 so prikazane smeri sestavljanja, kakor tudi prostor za sestavljanje na osnovnem delu tako, da dodani del lahko prinese prijemalo in ga premočrtno vtakne v luknjo (sl. "a"). Na sliki 7 je prikazan primer sestavljanja v dveh smereh. Prvi del vložimo vertikalno in premočrtno ter ga pritrdimo na ohišje, del 2 vložimo horizontalno. Da bi lahko premagali silo vtiskovanja,moramo ohišje zasukati v vertikalni položaj (sl. "c"). Obračanje ohišja predstavlja sekundarni montažni postopek. Rešitev tega primera je prikazan na (sl. "d"), kjer ni potrebno obračanje ohišja za vtiskovanje kontaktov - in oba kontakta sta po obliki podobna, kar daje tudi prednost pri izdelavi.

Sendvič - sistem sestavljanja delov in orientacija

Sendvič - sestavljanje in samocentriranje posameznih delov ne smemo ločevati pri oblikovanju osnovnih delov. Sendvič-sistem sestavljanja imenujemo takrat, ko več delov v zaporedju in enaki meri sestavimo v celoto.

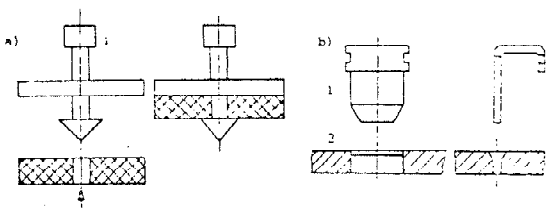


Slika 8: Primera sendvič konstrukcije

Na sliki 8a je prikazan sestav, ki se sestoji iz osnovnega dela in nadaljnjih treh delov. Vsi trije deli se sami centrirajo na osnovni del. Deli se ne premaknejo, dokler spojni element ne oblikujemo tako, da dobimo trajni spoj sestava. V tem primeru je v pomoč za sestavljanje in centriranje prislon (b). Del 1 in 2 nataknemo na centrirni čep (a) osnovnega dela. Ko vložimo del 3, ki ima enakostrano U-obliko, z zakrivljenjem koncev dobimo zvezo delov 1, 2 in 3 z osnovnim delom. Nadaljnji primer oblikovanja samocentriranja delov je prikazan na sliki 8b. Na osnovni del je potrebno priviti kabelski čevelj tako,da ima podaljšek določeno usmeritev. Ako je na osnovnem delu le ravna naležna ploskev, bo kabelski čevelj zavzel poljuben položaj. Z utorom,ki je prikazan na desni strani, fiksiramo položaj montiranih delov v čisto določeno smer.

Oblikovanje za urejanje in sestavljanje

Pomembno je izhodišče za gospodarno montažo, posebno še pri mehanizirani montaži je:
- oblikovanje delov za lahko urejanje in za sestavljanje,
- oblikovanje delov ali kombinacija delov za sestavljanje.

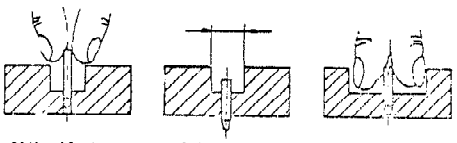


Slika 9: Primeri oblikovanja elementov za urejanje in sestavljanje

V drugem delu (sl. 9) imamo pločevinaste dele, ki so tako oblikovani, da jih je lažje urejati, dovajati in vložiti v osnovni del. Plačevinasti del (1) je po širini simetričen in je tako zakrivljen, da sta stranici različnih dolžin. Tako je omogočeno avtomatično urejanje in dovajanje delov. Za lažje sestavljanje ima pločevinasti del poševne prireze, ravno tako je tudi v odprtini osnovnega dela (2) poševnina, ki olajša vstavljanje pločevinastega dela.

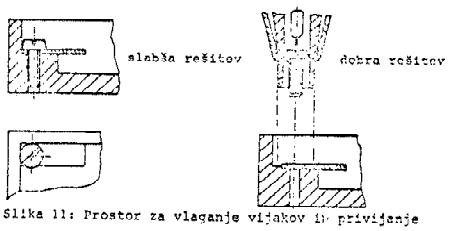
Prostor za prijemanje in orodje pri sestavljanju

Prostor na osnovnem delu je razumeti tiste oblikovne značilnosti, ki omogočajo popolno sestavljanje delov brez dopolnilne operacije vtiskovanja ali podobnih operacij. V osnovnem delu mora biti na voljo toliko prostora, da posamezne dele lahko s prsti ali prijemali vstavimo ali vtisnemo do njegovega končnega položaja . Na sliki 10 je prikazan tak prostor.



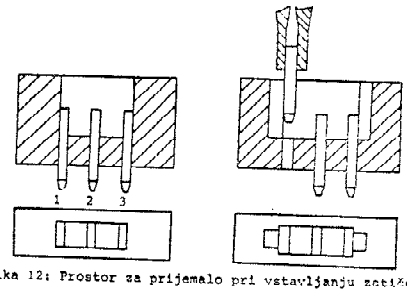
Slika 10: Prostor za lahje vlaganje delo v osnovni del

Podrobneje je pomembnost konstruktivnega oblikovanja z vidika vlaganja in privijanja posameznih delov prikazana na sliki 11.



Slika 11: Prostor za vlaganje vijakov in privijanje

V prvem delu imamo prikazano neprimerno rešitev, ko vloženi element sega do stene in tako je tudi glavica vijaka pozicionirana čisto ob steni. Na ta način ni mogoče vijak dodati s prijemalom in ga priviti. Rešitev je dana z drugo varianto pritrditve, ko ima vijak toliko prostora, da ga lahko dodamo s prijemalom in ga avtomatični vijačnik privije.

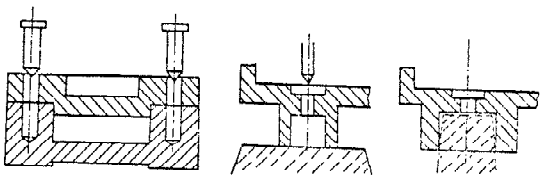


Slika 12: Prostor za prijemalo pri vstavljanju zatičev

Drug primer neprimernega in primernega oblikovanja je prikazan na sliki 12,kjer vstavljamo 3 zatiče v osnovni del. Na varianti "a" je prikazana oblika, kjer sta luknji za zatič 1 in zatič 3 čisto ob steni, le zatič 2 lahko preprosto vložimo do predpisane globine. Del 1 in del 3 lahko le vstavimo v odprtino in potem v drugi delovni operaciji pritisnemo zatiče na določeno globino. V varianti "b" ima osnovni del predvideni prostor, ki omogoča, da zatiče vstavimo s primernim prijemalom in jih v isti delovni operaciji s posebnim pestičem vtisnemo na določeno globino. Prostor za prijemanje,oz. za prijemala mora biti tako oblikovan, da operacijo sestavljanja s prijemalom ali drugim orodjem lahko opravimo do konca.

Oporne ploskve za prestrezanje sile vtiskovanja

Pri montaži, kjer dosežemo zvezo delov z vtiskovanjem ali natiskovanjem, je potrebno definirati oporne ploskve na osnovnem delu, da prestrežejo sile vtiskovanja. Oporne ploskve morajo biti premo v smeri delovanja sila. V primeru, da temu ni tako, se osnovni del oz.ohišje lahko deformira ali zlomi.



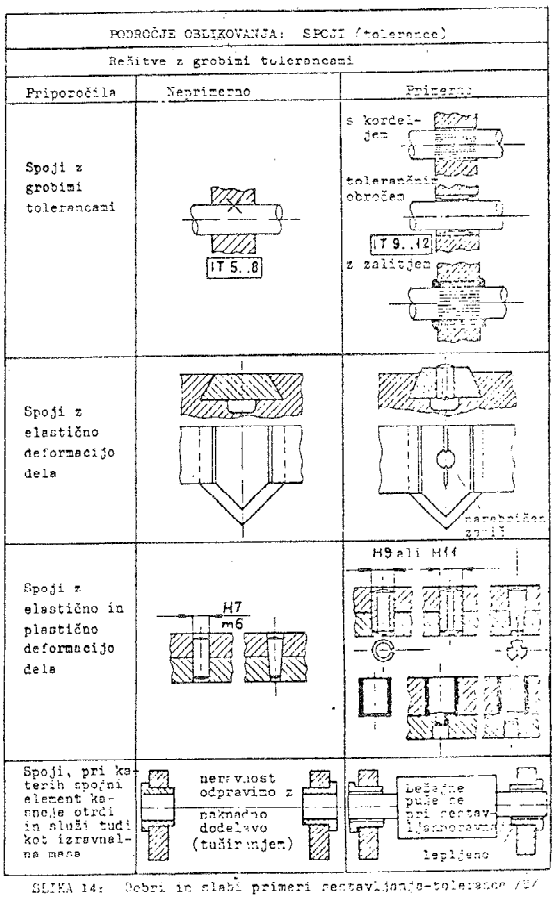
Slika 13: Oporne plošče, ki prestrežejo sile vtiskovanja

Na sliki 13 a in b sta prikazana primera oblikovanja opornih ploskev na ohišju tako, da lahko prevzamejo zatiče. V vsakem primeru se moramo s konstrukcijo izogniti upogibnim ali strižnim napetostim v osnovnem delu, ko vtiskujemo druge sestavne dele.

Kriteriji za izbiro spojnih elementov

Z izbiro načina spajanja pri oblikovanju nekega izdelka lahko bistveno vplivamo na stroške montaže. Z uporabo spojnih elementov kot so: vijaki, matice, kovice, žeblji itn. se poveča število delov v sklopu. Motnje ali napake, ki lahko nastopajo, so lahko različne pri posameznih izvedbah. Pri sestavljanju kovinskih delov se redno zahteva določeno pozicioniranje, usmeritev ali prileganje na druge dele. V mnogih primerih lahko prilagodne elemente vkonstruiramo v sestavni del, v drugih primerih bomo uporabili posebne dele, npr. zatiče, vijake,itd. V vseh primerih je potrebno upoštevati stopnjo natančnosti, ki jo zahtevamo od sklopa, da bi določili tolerance za posamezne sestavne dele /6/.

Zahtevnost toleranc je v neposredni zvezi s ceno obdelave. Čim ostrejše tolerance zahtevamo tem dražja je obdelava. Zato skušamo pri konstruiranju doseči rešitve, ki ne zahtevajo tako ozkih toleranc. Na sliki 14. so prikazani primeri uporabe narebričenja, tolerančnih obročev, zalivanja, narebričenih zatičev,lepljenja itn. /8/. V vseh teh primerih lahko izberemo za nekaj stopenj bolj grobo tolerančno območje in dosežemo isto kvalitete izdelka kot pri stari konstrukciji z zelo ozkimi (in dragimi) tolerancami. Zato lahko ugotovimo, da vsaka oblika spoja zahteva svojo tehnologijo in ima tudi svojo ceno. Zelo pomembno je, da konstrukter pri oblikovanju delov analizira tehnologijo obdelave, postopek montaže in stroške.



SLIKA 14: Dobri in slabi primeri sestavljanja-tolerance /6/

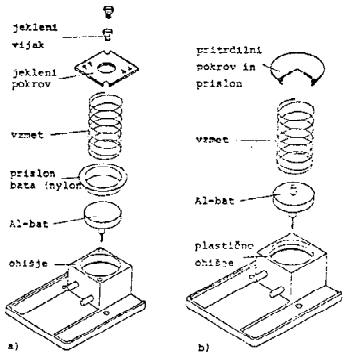
Kvaliteta montiranih delov

Za gospodarno montažo je kvaliteta delov zelo pomembna. Že pri konstruiranju izdelka moramo upoštevati kvalitetni nivo posameznih delov, da izpolnjujejo svoje funkcije. Vendar to enostransko gledanje ni dovolj, ker moramo upoštevati tudi možnosti in zahteve montažnih postopkov.Tako je določen del funkcionalno čisto zadovoljiv, ne odgovarja pa zahtevam, ki nastopijo pri sestavljanju. Nadalje lahko pri ročni montaži brez težav izločimo slabe dele, kar pa ni mogoče pri mehanizirani montaži. Zato je zanesljiva kvaliteta posameznih delov izhodišče za mehanizirano montažo. Zaradi gospodarnosti ne kontroliramo 100% vseh delov, pač pa imamo statistično kvalitetno kontrolo z vzorčenjem.

Naloga konstruiranja za montažo je v tem,da pogostoma že zasnovane projekte ali prototipe prilagodimo strežnim napravam in avtomatičnim montažnim napravam. Raziskati moramo posamezne de-

le in sklope izdelka glede pričakovanih težav pri montaži. Nato razvijemo alternativne rešitve, ki upoštevajo na eni strani splošna načela konstruiranja za montažo, ravnotako pa je potrebno upoštevati zmogljivost razpoložljivih strežnih in montažnih naprav. Na kraju moramo alternativne izvedbe oceniti po tehničnih in gospodarskih kriterijih tako,da alhko izberemo optimalno konstrukcijo.

Na primeru pnevmatičnega cilindra (slika 15) je preoblikovana celotna konstrukcija tako,da se funkcije ne spremenijo.



Slika 15: Podsklop pnevmatičnega cilindra;
a) stara izvedba ima 7 elementov;
b) preurejena izvedba ima 4 elemente.

Število elementov je bilo zmanjšano od prejšnjih 7 na 4.To je bilo doseženo z analizo po treh kriterijih za minimiziranje števila elementov:
- ali se element premika relativno napram drugim
- ali mora biti element iz drugačnega materiala kot so ostali v sklopu? Samo utemeljeni razlogi upravičujejo različne elemente;
- ali morajo biti posamezni elementi ločeni zato, da lahko druge elemente sestavimo ali razstavimo.

Z rekonstrukcijo po teh kriterijih je bilo ugotovljeno: bat in vzmet se gibljeta relativno na blok, pokrov mora biti ločen del zato, da je mogoče sklop sestaviti in razstaviti pri vzdrževanju ali popravilu. Minimalno število delov je štiri (desna varianta)napram 7 delov pri prvotni konstrukciji. Za rekonstruirano varianto je potreben čas montaže 14,3 sekunde. V primerjavi s prvotno varianto pomeni to približno 200 procentno izboljšanje produktivnosti /2/.

PRIPOROČILA KONSTRUKTERJEM

Iz izvajanj v zgornji razpravi o avtomatizirani stregi in montaži lahko povzamemo naslednja priporočila /9/:
-število elementov v izdelku naj bo čim manjše;
-zagotoviti,da ima izdelek osnovni del,na katerega montiramo ostale elemente;
-osnovni del naj bo tako oblikovan,da ga lahko stabilno lociramo na horizontalni ravnini;
-izdelek naj bo po možnosti tako konstruiran,da dele zlagamo z vrha in so sproti locirani do te mere,da ne spremenijo svojega položaja med horizontalnim premikanjem palete ali delilne mize;
-montažo olajšati z uporabo poševnim,posnetih robov ali konusov,ki olajšajo vodenje in pozicioniranje delov v pravi legi;
-izogibati se dragih in dolgotrajnih operacij pritrjevanja npr.z vijaki,z lotanjem ipd.;
-skušajte uporabiti simetrične dele,da ni potrebna uporaba posebne urejevalne naprave pri dodajanju delov in s tem zmanjševanju učinkovitosti dodajalnika;
-ako simetrična izvedba ni mogoča, je potrebno del tako oblikovati,da je pravilna orientacija v dodajalniku olajšana.

SKLEPNE UGOTOVITVE

Konstrukter ima vpliv na 70 do 80% izdelovalnih stroškov,zato je njegova vloga pri oblikovanju obdelovancev oz.sestavnih delov zelo pomembna. Lahko jih oblikuje izdelovalno,primerno za avtomatično strego in ugodno za montažo.

Pri razvoju novega izdelka mora imeti konstrukter pred seboj cilj,da danes konstruira izdelke za tržišča in proizvodne tehnike jutrišnjega dne.

Dosedanje raziskave kažejo,da je večina izdelkov kov ročno montiranih.Avtomatizirana montaža je dostikrat pomembna pot k povečanju produktivnosti.

Prvi korak pri preudarjanju o uvedbi avtomatizirane montaže predstavlja ocenjevanje izdelka,če je primeren za avtomatizirano montažo.Poskus avtomatizacije lahkl spodleti,ker smo izdelek brez prilagajanja prenesli z ročne montaže na avtomatizirane naprave.

Kadar ekonomska analiza pokaže,da so pri avtomatizirani montaži stroški zmanjšani,lahko pogostoma ugotovimo,da prihranki v večji meri izhajajo iz uspešne rekonstrukcije izdelka,kakor iz uporabe avtomatičnih naprav.

Znatna finančna sredstva so že bila vložena za razvoj naprav,ki lahko prepoznavajo usmeritev sestavnih delov. Izvedeni so bili npr.poskusi,da so roboti sestavljali sklope vodnih črpalk.Le malo ali nič pozornosti je bilo posvečene rekonstrukciji elementov,da bi bili primerni za avtomatizirano strego in montažo - s tem pa bi se izognili potrebi po zapleteni opremi za zahtevano avtomatizacijo montažnega procesa.

LITERATURA

/1/ W. Eversheim, W. Müler:Handhabungsgerechte Auslegung der Produkte:, Industrie Auzeiger, Nr. 11, 1982, str. 68 - 73.

/2/G. Boothroyd: Desing for Producibility - The Road to Higher Productivity; Assembly Engineering, March 1982.

/3/M. M. Andreasen: Desing for Assembly - An Integrated Approach; Assembly Automation,August 1982, str. 141 - 145

/4/VDI-Richthimien 3237-Fertigungsgerechte Werkstückgestaltung im Hinblich auf automatisches Zubringen, Fertigen und Montieren

/5/B Lotter:Montagefibel für das Monagement; Vereinigte Fachverlage, Krausknopf Ingenieur Digest, 1982, Mainz.

/6/F. Strasser: Designing for Alignment; Machine Desing 1984/3, str. 80.

/7/B.Lotter: Using the ABC Analysis in Desing for Assembly Automation, May 1984, str.80-86.

/8/H.J.Dilling: Methodiesches Rationalisieren von Fertigmagsprocessen an Beispiel montage - gerechter Produktgestaltung; Dr. disertacija Darmstadt 1978.

/9/G.Boothroyd,C. Poli,L.E. Murch: Automatic Assembly;Zal. Marcel Dekker Inc, 1982 New York.

Z.Seljak

FORMING WORKPIECES FOR AUTOMATED PRODUCTION

Abstract

The key to the rationalisation of the processes of working, assembly and maintenance is not only in the area of work oredering in the manufacturing plants, but also in the design of the parts and assemblies.In the efforts for automation of the manufacturing and repalcement of the labour by robots, there is a clear need for designing the products so as to conform to given engineering possibilities.The bases considered for rationalising the production through design account for the efforts aimed at easier machining, organisation, positioning, fixing, and manipulation, as well as for easier assembly.

XIX SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE
Kragujevac, septembar 1985.

RAČUNARSKO PROJEKTOVANJE FLEKSIBILNIH INDUSTRIJSKIH AUTOMATA

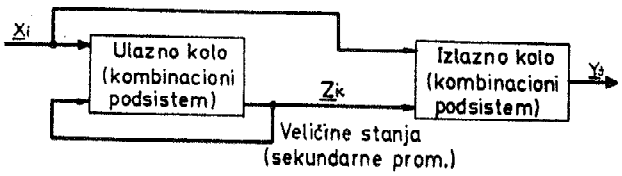
Lj. Jacić, Viša škola usmerenog obrazovanja,
Požarevac
S. Zarić, Mašinski fakultet, Beograd

Rezime

U radu je dat prikaz integralnog koncepta računarskog projektovanja fleksibilnih industrijskih automata. Metoda koja predstavlja osnov navedenog koncepta je rezultat višegodišnjeg istraživanja u oblasti projektovanja digitalnih automata, a bazira na modifikaciji matrične metode. Kriterijum optimalnosti iskazan je kroz komponentu pouzdanosti i komponentu minimalnosti. Metoda je kompjuterizovana i spremna za industrijsku primenu. U toku je integracija navedenog sistema sa datotekom raspoloživih komponenti za upravljanje na tržištu, kao i modulima za grafiku i simulaciju sistema. Rezultat ovakvog kompleksnog prilaza je činjenica da korisnik, po unosu specifikacije željenog automata, za veoma kratko vreme dobija rešenje u vidu logičkih jednačina, funkcionalno/tehnološku shemu realizacije, specifikaciju potrebnih komponenti i matricu realizacije. Realizaciji takvog automata se može pristupiti odmah, s obzirom na visoku pouzdanost takve upravljačke strukture.

1. UVOD

Optimalna metoda za sintezu digitalnih automata predstavlja modifikaciju klasične Huffman-ove metode za sintezu asinhronih sekvencijalnih automata /1,3,5/. Metoda je aplikativna u domenu sinteze i determinističkih i stohastičkih automata. Generalizovan model asinhronog sekvencijalnog automata dat je na slici 1.



Slika 1.

Sinteza ovakvog sistema se svodi na odredjivanje jednačina koje opisuju ponašanje željenog automata:

$$\underline{Z}'_k = F_z(\underline{X}_i, \underline{Z}_k)$$
$$\underline{Y}_j = F_y(\underline{X}_i, \underline{Z}_k) \quad . \qquad (1)$$

Motivi za poboljšanjem Huffman-ove metode leže u potrebi postizanja jeftinije realizacije, pouzdane realizacije, smanjenju nivoa stručnosti potrebnog za izvodjenje sinteze automata, i pre svega, kompjuterizaciji metode. Kriterijum optimalnosti dat je jednačinom (2):

$$J_{opt.} = J_{min.} \wedge J_{pouz.} \quad , \qquad (2)$$

gde $J_{min.}$ označava komponentu minimalne cene automata u smislu potrebnog broja komponenti, dok $J_{pouz.}$ predstavlja komponentu s obzirom na eliminaciju mogućih poremećaja sistema. S obzirom na kratkoću izlaganja, neće se dati detaljan prikaz optimalne metode, a zainteresovani čitalac se upućuje na literaturu /1-7/.

Optimalna metoda sintezu asinhronih sekvencijalnih automata svodi na sintezu kombinacionih podsistema prema slici 1. Po formiranju primitivne matrice na osnovu tehnoloških zahteva, vrši se eliminacija suvišnih stanja automata i dobija " iredundantna matrica". Potom se pristupa optimalnom sažimanju i posredstvom teoreme o liku sažimanja /1/, dobija redukovana matrica-automat sa minimalnim brojem memorija. Ovde se, za razliku od Huffman-ove metode, matrice pobude i matrice izlaza dobijaju iz operativne tabele, a ne iz redukovane matrice u kojoj je velika verovatnoća egzistencije neželjenih poremećaja se-

kvence. Još jedna od razlika je i ta što se minimizacija sprovodi tabelarno, Mc-Cluskey-jevom metodom i postupkom optimalnog prekrivanja, što je optimalno u odnosu na primenu V-K mapa i sistematičnije. Prilikom sprovodjenja ovog postupka, vrši se ispitivanje egzistencije mogućih poremećaja kontinuiteta i njihova eliminacija dodavanjem sigurnosnih kontura. Dakle, dobijeni automat je pouzdan u smislu logičke funkcionalnosti, minimalan (jeftin), itd. Logičke jednačine (1) za $\underline{Y}_j$ i $\underline{Z}'_k$ predstavljaju rešenje traženog automata.

2. RAČUNARSKO PROJEKTOVANJE

Uprkos egzistenciji velikog broja instalisanih računara, dostupnih projektantima, projektovanje se i dalje, najčešće izvodi manuelno, a kod sistema višeg reda primenjuju se inženjerske metode sinteze koje su dosta skupe u odnosu na matematičke metode /1/.

Primena razvijenog paketa programa za sintezu digitalnih automata je jednostavna, a projektanta oslobadja zamornog rada, kako misaonog tako i rutinskog. On i ne treba da poznaje metodu sinteze. Za inženjera-korisnika je dovoljno da poznaje način formiranja ulazne datoteke, a na osnovu tehnoloških zahteva i funkcija budućeg automata. Saopštavajući ulaznu specifikaciju računaru, korisnik na bazi pomenutih programa, vrlo brzo dobija željeni rezultat, u vidu logičkih jednačina, na osnovu kojih se pristupa realizaciji. Dakle, prednosti koje su bile na strani inženjerskih metoda projektovanja u smislu lakoće projektovanja, sada su na strani optimalnog projektovanja računarom, s obzirom na dostupnost računara i uštede u ceni konačnog rešenja. Napomenimo da se realizacija automata izvodi pomoću funkcionalno potpunog skupa logičkih elemenata (NE, I, ILI). Memorijske funkcije se implicitno realizuju u kombinacionom podsistemu.

Kompletan skup programa paketa LJUBA se sastoji iz glavnog programa i 12 potprograma /1/. Izrada paketa programa okončana je i programi su testirani na računaru Honeywell L6/53. Operativni sistem je GCOS 6 - MOD 400. Programi su pisani u Fortranu, a korišćen je kompajler Fortrana. Opis Software-a i zadaci svake programske celine su van okvira ovog rada, no mogućnosti programa će se sagledati kroz razradu par konkretnih automata.

3. PRIMERI RAČUNARSKOG PROJEKTOVANJA

Bez obzira na tip automata, predlaže se formiranje GRAFCET-prikaza radi efikasne specifikacije rada automata. S obzirom na preglednost ovakvog prikaza, mogućnost greške pri definisanju automata je svedena na minimum. Na XVIII Savetovanju SPMJ /7/ izložena je osnovna verzija metode prilagodjene za projektovanje računarom. U medjuvremenu je izvršena nadogradnja ovog prilaza o čemu će biti reči nadalje.

Posmatrajmo primer stohastičkog automata na slici 2. Korak-po-korak-Specifikacija (KKS) saopštava se računaru u propisanom formatu, na osnovu GRAFCET-a. Očigledno je da je reč o konceptu alternativnih grana. Sistem sledi sekvencu ispod OR-divergencije u zavisnosti od eksternog signala "c". KKS specifikacija je data nizom: A+, B+, B-, A-/A+, B+, A-B-. Oznaka "/" označava OR-divergenciju. Za slučaj istovremenih kretanja koristimo oznaku "//" (AND-divergencija). Primitivna matrica i konačne jednačine date su tabelom **I**. Vreme za koje su dobijeni rezultati iznosi 7 CPU sekundi. Interpretacija izlaznih rezultata je vrlo laka i jasna : horizontalni redovi označavaju konjukcije, a relacija izmedju njih je disjunktivnog karaktera. Sigurnosne konture su označene simbolom "x".

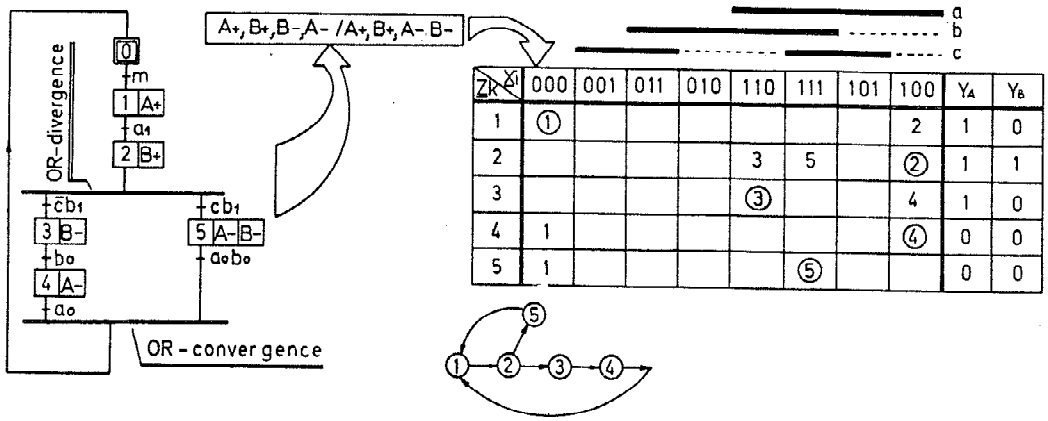
Ovakvim prilazom može se projektovati svaki tip automata asinhronog karaktera (slučaj alternativnih akcija, slučaj istovremenih akcija, sekvenca sa preskakanjem koraka, sekvenca sa ponavljanjem koraka td).

4. DALJE MOGUĆNOSTI PRIMENE RACUNARA

Predloženi koncept računarskog projektovanja u sadašnjoj fazi rada trpi odredjene modifikacije u smislu daljeg poboljšanja. Naime, radi se na izradi programskih modula koji bi, na osnovu logičkih jednačina dobijenih korišćenjem prikazanog paketa programa, obavljao sledeće radnje:

- formiranje liste potrebnih logičkih komponenti,
- optimalno povezivanje komponenti,
- formiranje logičkog dijagrama,
- iscrtavanje funkcionalnog dijagrama.

Takodje se radi na formiranju datoteke o postojećim logičkim komponentama na tržištu i njihovim param-

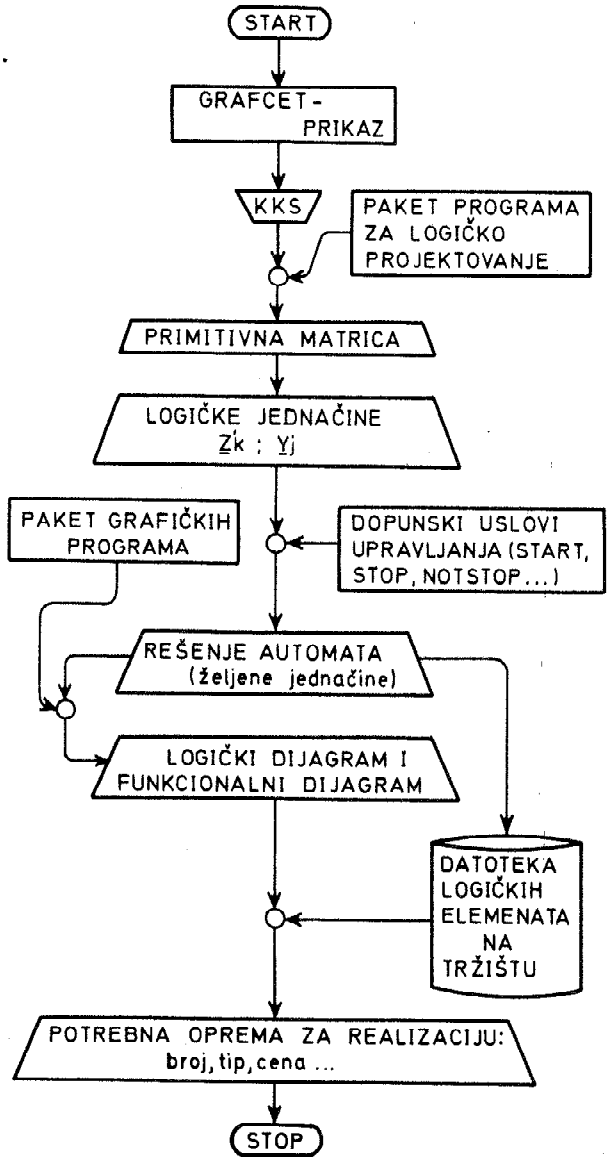


Slika 2.

```
    A+ , B+ , B- , A- /A+ , B+ , A-B- .
*****************************************
    5   8   2
   -1   0   0   0   0   0   0   2   1   0
    0   0   0   0   3   5   0  -2   1   1
    0   0   0   0  -3   0   0   4   1   0
    1   0   0   0   0   0   0  -4   0   0
    1   0   0   0   0  -5   0   0   0   0

LOGIČKE JEDNAČINE:

          Z1  Z2  Z3  Z4  Z5  X1  X2  X3  X4
*******************************************
Z1 =

          -   -   -   -   -   0   1   -   -

          1   -   -   -   -   -   -   1   -
*******************************************
Y1 =

          0   -   -   -   -   0   -   -   -

          -   -   -   -   -   0   1   -   -
*******************************************
Y2 =

          0   -   -   -   -   0   -   1   -
*******************************************
```

Tabela I

etrima (proizvodjač, tip proizvoda, cena, tehničko/tehnološke karakteristike itd.). Prikaz integralnog koncepta računarskog projektovanja fleksibilnih industrijskih automata dat je na slici 3.



Slika 3.

5. ZAKLJUČAK

Integralni koncept računarskog projektovanja fleksibilnih digitalnih automata znatno redukuje vreme potrebno za manuelnu sintezu. Ova činjenica, pak, omogućava projektantu da eksperimentiše sa različitim metodama sinteze i da ih testira u pogledu cene, pouzdanosti, praktičnosti itd.

Pored toga, ovakav prilaz omogućava integraciju grafičke i tehničke dokumentacije, što u fazi eksploatacije olakšava traženje mesta otkaza i održavanje. Rešenja dobijena ovakvim pristupom su visoko pouzdana, jeftina, projektovani automati su brzi itd. Razvijeni paket programa je vrlo pogodan za industrijske primene, bez obzira na tip i prirodu automata, svuda gde je na raspolaganju univerzalni računar.

6. LITERATURA

/1/ Jacić Ljubomir, Metoda sinteze optimalnih digitalnih sistema sekvencijalnog tipa i projektovanje primenom računara. Doktorska disertacija, Mašinski fakultet, Beograd, 1985.

/2/ Ljubomir Jacić, Computer-Aided-Design of Industrial Automation. 3rd IFAC Symposium CADCE, Preprints, Lyngby, Denmark, 1985.

/3/ Ljubomir Jacić, A generalized methodology for minimizing fluid logic hardware, The Fluid Power Controls and Systems Conference, Milwaukee, USA, 1983.

/4/ Ljubomir Jacić, Svetislav Zarić, Optimalno projektovanje sekvencijalnih automata, HIPNEF'84, Beograd, 1984.

/5/ Ljubomir Jacić, Computer-Aided-Logic-Design of Digital Systems, MECO'83 Symposium, Athens, Greece, 1983.

/6/ Ljubomir Jacić, Sinteza digitalnih sistema primenom računara, JUREMA'84, Plitvice, 1984.

/7/ Ljubomir Jacić, Svetislav Zarić, Optimalna sinteza industrijskih upravljačkih sistema primenom računara, XVIII Savetovanje proizvodnog mašinstva Jugoslavije, Niš, 1984.

/8/ Ljubomir Jacić, Computer-Aided-Design of Pneumatic Digital Systems-A Systems Approach, FLUCOME'85 Symposium, Tokyo, Japan, 1985.

Lj.Jacić, S.Zarić

COMPUTER-AIDED DESIGN OF FLEXIBLE INDUSTRIAL AUTOMATION

Abstract

Presented in the paper is the integral concept of computer-aided design of flexible industrial automation. The method that represents the foundation of the presented concept is a result of a long-term investigation in the field of digital automation design, and is based on a modification of the matrix method. The optimality criterion is expressed through the reliability and minimality components. The method is implemented on a digital computer, and is ready for industrial application. Integration is underway of the presented system with the data base of available control components, as well as with the graphics and system simulation modules. The result of this complex approach is that the user after entering the specifications of the desired automat, obtains in a very short time the solution in the form of logical equations, functional/technological realisation schematics, the specification of the necessary components, and the realisation matrix. Such automat can be realised immediately, due to high reliability of such a control structure.

XIX SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE

Kragujevac, septembar 1985.

IZBOR OPTIMALNE VARIJANTE STRUKTURNOG DIJAGRAMA PRENOSNIKA ALATNIH MAŠINA

M. Lazić, Mašinski fakultet, Kragujevac

R e z i m e

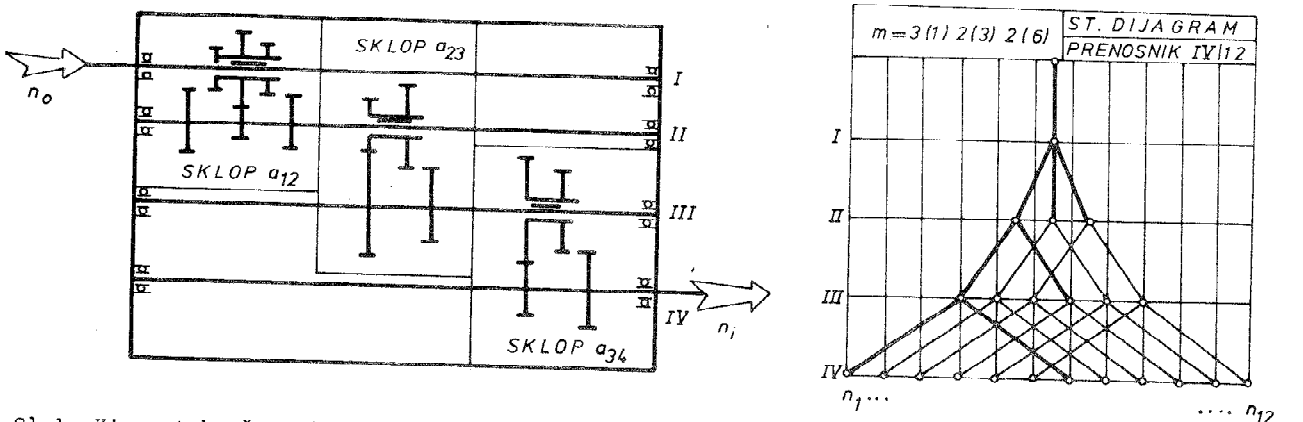
Poznato je da strukturni dijagram (Germerova šema) prenosnika definiše opštu sliku prenosa kretanja od ulaznog (pogonskog) do izlaznog vratila prenosnika (radnog vretena mašine).Sadrži podatke o broju prenosnih blokova,prenosnih sklopova,rasporedu sklopova i vratila,broju vratila i stupnjeva promene broja obrta pojedinih vratila i sl.Medjutim,isti ne definiše i konkretne vrednosti prenosnih odnosa i ne obezbedjuje kinematski proračun prenosnika.

Pored geometrijskog faktora promene prenosnika,kinematske šeme,dijagrama broja obrta i konstruktivnog rešenja,u fazi razrade optimalne konstrukcije prenosnika ne manji značaj ima i izbor strukturnog dijagrama.Upravo je i cilj rada prikaz novog modela automatskog izbora optimalne varijante Germerove šeme.Model je razvijen u Laboratoriji za obradu metala i tribologiju Mašinskog fakulteta u Kragujevcu,a primenljiv je na sve tipove prenosnika alatnih mašina,kako za prenosnike sa stupnjevitom,tako i za prenosnike sa kontinualnom promenom broja obrta.

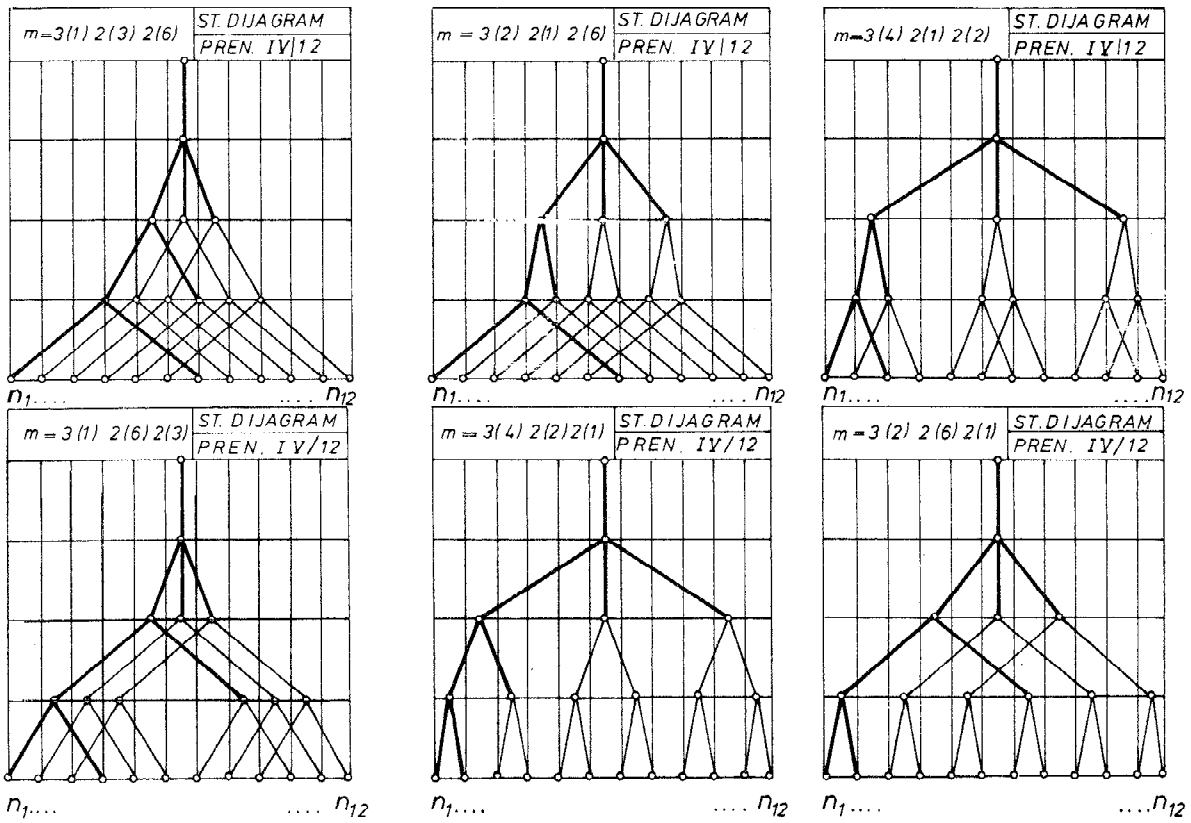
1.U V O D

Prikazivanje,u najpovoljnijoj formi,svih mogućih varijanti strukturne gradnje prenosnika alatnih mašina,prethodna ocena svih varijanti i izbor optimalne varijante gradnje zupčastih prenosnika i prenosnika alatnih mašina u celini ostvaruje se formiranjem i analizom strukturnih dijagrama (Germerove šeme) prenosnika alatnih mašina.

Naime,na osnovu poznate kinematske šeme prenosnika (sl.1) moguće je izlazne brojeve obrta prenosnika formirati na različite načine u skladu sa strukturnim dijagramom prenosnika.Medjutim, jednoj kinematskoj šemi prenosnika odgovara manji ili veći broj strukturnih dijagrama (sl.2), što zavisi,pre svega,od vrste i tipa prenosnika, karakteristika prenosnika (geometrijskog faktora



Sl.1.-Kinematska šema i optimalna varijanta strukturnog dijagrama prenosnika sa 12 stupnjeva promene broja obrta



Sl.2.-Moguće varijante strukturnih dijagrama prenosnika redosledne strukture (samostalnih zupčastih prenosnika) sa 12 stupnjeva promene

promene,broja stupnjeva promene i sl.) i niza drugih manje ili više relevantnih faktora.

Adekvatan i optimalan izbor strukturnog dijagrama prenosnika je jedna od pretpostavki za adekvatan izbor dijagrama broja obrta (Šlezingerovog dijagrama),pravaca smanjenja potrošnje materijala,smanjenja nivoa vibracija i šuma i sl., odnosno definisanja optimalne konstrukcije prenosnika alatnih mašina.

2.ANALITIČKO PRIKAZIVANJE STRUKTURNIH DIJAGRAMA

Strukturni dijagrami zupčastih prenosnika (sl.3) se najčešće,skoro isključivo (prema dosadašnjim analizama),prikazuju formulama strukturne gradnje:

$$m_z = \prod_{i=1}^{z} a_{i-1,i}(X_i), \qquad (1)$$

odnosno:

$$m_z = a_{01}(X_1)\ a_{12}(X_2)\ \ldots\ldots a_{z-1,z}(X_z). \qquad (2)$$

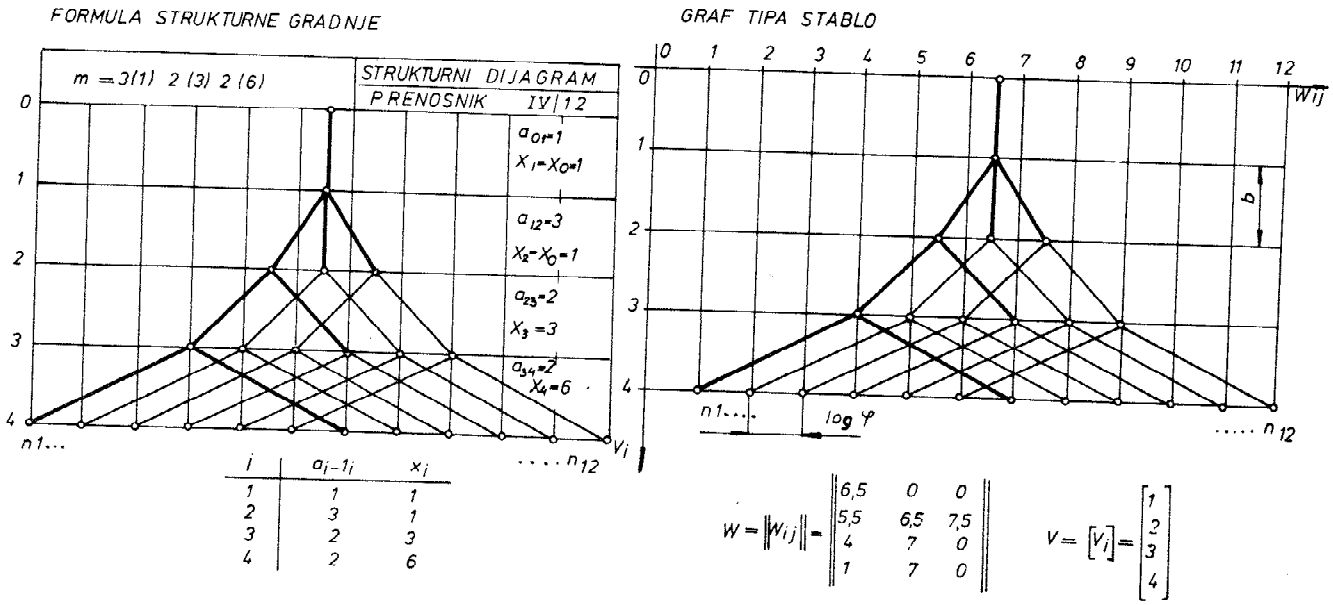
U izrazima su:

$a_{i-1,i}$-odgovarajući faktori prenosa prenosnih sklopova,

X_i-karakteristika prenosnih sklopova,koja za prenosnike redosledne gradnje,ispunjava sledeće uslove:

$$X_i = \begin{cases} =1 \text{ za } i=1 \\ =X_r=X_0=1 \text{ za } r=2,\ldots,z\text{-ako je odgovarajući prenosni sklop uzet kao osnovni} \\ =X_s=a_{s-2,s-1}\,X_{s-1} \text{ -za } s=2,\ldots,z \text{ i } s\neq r, \text{ ako je prenosni sklop uzet kao odgovarajući medjuprenosni} \end{cases}$$

Pri poznatim karakteristikama pojedinih prenosnih sklopova (odnosno vratila-X_i) formiranje strukturnog dijagrama može započeti od poslednjeg prenosnog sklopa (vratila) ili pak od prvog vratila (prenosnog sklopa),kada je položaj polazne tačke dijagrama odredjen relacijom (za prenosnike redo-



i	$a_{i-1,i}$	x_i
1	1	1
2	3	1
3	2	3
4	2	6

Sl.3.-Grafičko i analitičko prikazivanje strukturnih dijagrama prenosnika alatnih mašina

sledne kinematske gradnje) oblika:

$$W_{01} = \frac{m_z - 1}{2}, \qquad (3)$$

gde je W_{01}-broj polja strukturnog dijagrama širine $\log \varphi$.

To,drugim rečima,znači da je strukturni dijagram moguće prikazati tablicom sa tri karakteristične kolone,tablicom oblika:

i	$a_{i-1,i}$	X_i
1	a_{01}	1
2	a_{12}	X_1
.	.	.
.	.	.
.	.	.
z	$a_{z-1,z}$	X_z .

(4)

Druga mogućnost za prikazivanje i matematičko opisivanje strukturnih dijagrama,prema analizama autora,je primenom teorijskih postavki informacionih struktura.Naime,strukturni dijagram može biti prikazan grafom tipa stablo.U tom slučaju osnova (kostur) strukturnog dijagrama (deblja linija-slika 3) definisana je odgovarajućim koordinatama W_{ij} i V_i,odnosno odredjena je apscisom:

$$W_{ij} = \|w_{ij}\| = \begin{Vmatrix} w_{11} & . & . & . & . & . \\ w_{21} & w_{22} & . & . & . & . \\ . & . & . & . & . & . \\ . & . & . & . & . & . \\ . & . & . & . & . & . \\ w_{z1} & w_{z2} & . & . & . & w_{zz} \end{Vmatrix}, \qquad (5)$$

i ordinatom:

$$V_i = \begin{Vmatrix} v_1 \\ v_2 \\ . \\ . \\ . \\ v_z \end{Vmatrix} = \begin{Vmatrix} 1 \\ 2 \\ . \\ . \\ . \\ z \end{Vmatrix} b \, . \qquad (6)$$

Vrednost elemenata matrice apscisa zavisi od tipa prenosnika (redosledne ili složene kinematske gradnje),a može se definisati nizom manje ili više složenih izraza [3].

3.KRITERIJUMI OPTIMALNOG IZBORA STRUKTURNIH DIJAGRAMA

Pri izboru optimalne varijante strukturnog dijagrama,treba,najpre,izvesti adekvatnu analizu mogućih varijanti.Naime,varijante strukturnih dijagrama kod kojih je karakteristika poslednjeg prenosnog sklopa:

$$x_k \geq x_{kmax} = \frac{\log (\alpha/\beta)}{(a_k - 1) \log \varphi}, \qquad (7)$$

veća od maksimalno dozvoljene,pri izabranoj vrednosti geometrijskog faktora promene,se odbacuju,tako da se dalji postupak nastavlja analizom varijanti kod kojih je karakteristika poslednjeg prenosnog sklopoa (vratila) manja ili jednaka maksimalno dozvoljenoj.Medjutim,kako se kroz izbor optimalne varijante kinematske šeme [3]vodi računa o ovom ograničenju,to pomenuti uslov,u ovom slučaju i kod ovog modela,nema značaja pri analizi mogućih varijanti strukturnog dijagrama.

Smanjenjem broja obrta medjuvratila,pri konstantnoj snazi prenosnika,obrtni moment na vratilima:

$$M_i = 955\ 10^5 \frac{P}{n}\eta \quad [\mathrm{Ncm}] , \qquad (8)$$

se povećava.To dovodi do povećanja dimenzija elemenata prenosnika,dinamičkih opterećenja i povećanog habanja elemenata prenosnika.Istovremeno,značajnije povećanje broja obrta medjuvratila dovelo bi do oštrijih zahteva u pogledu tačnosti izrade i kvaliteta obradjenih površina sa jedne i mogućnosti nastanka znatnijih vibracija i šuma sa druge strane.Upravo ovih par činjenica navode na zaključak da je optimalna ona varijanta strukturnog dijagrama koja obezbedjuje minimum funkcije:

$$F_s = \sum_{i=2}^{z-1} (w_{ijmax} - w_{ijmin}), \qquad (9)$$

odnosno,ona varijanta strukturnog dijagrama kod koje je medjusobni odnos karakteristika prenosnih sklopova (vratila) definisana relacijom:

$$X_1 \geq X_2 > X_3 > \ldots\ldots > X_z , \qquad (10)$$

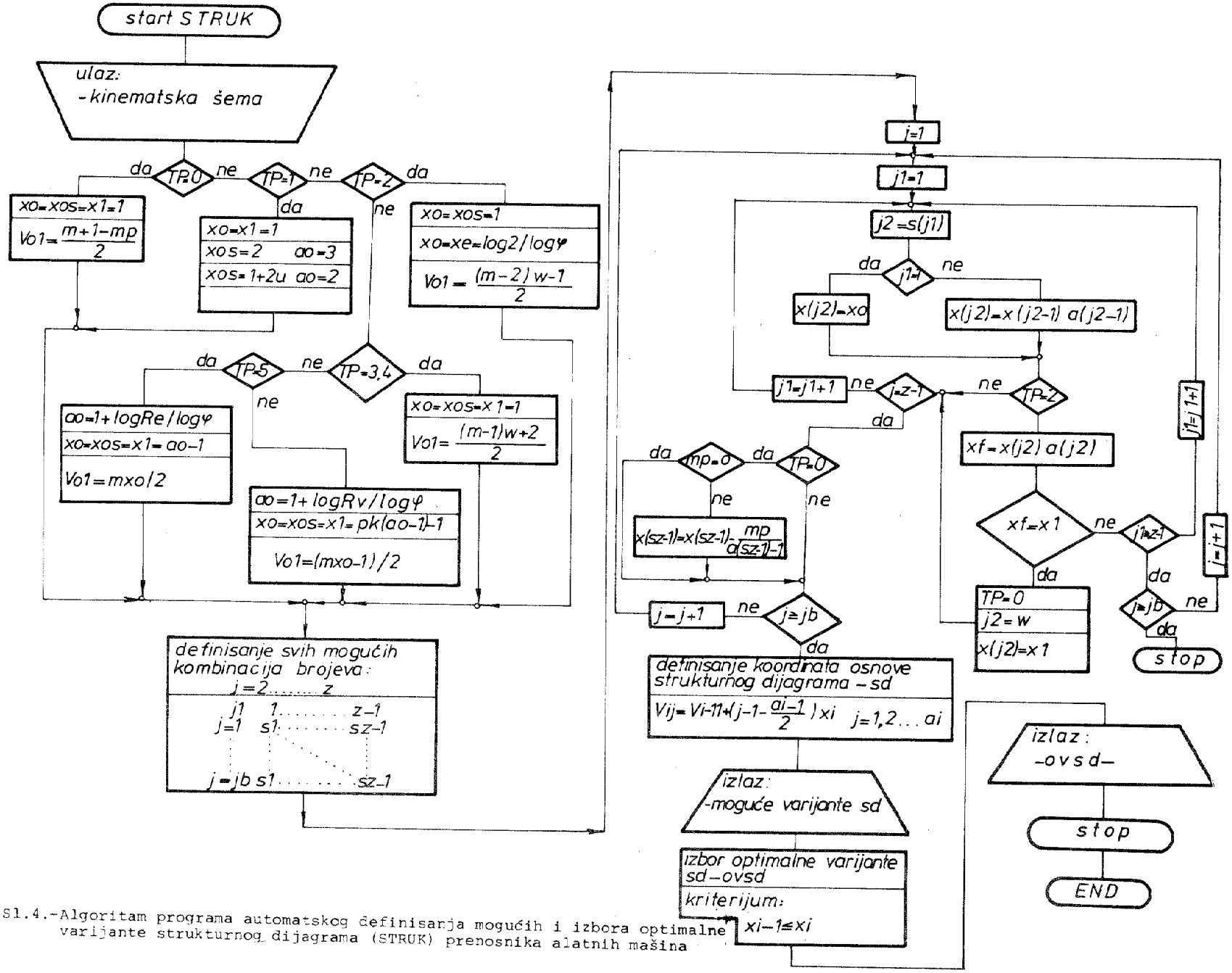
uz odgovarajuća ograničenja koja se odnose na tip kinematske gradnje prenosnika i tip prenosnika alatnih mašina.

Dakle,osnovni cilj je da karakteristika prenosnih sklopova raste od pogonskog ka izlaznom vratilu prenosnika.Naime,u tom slučaju,pri jednakim minimalnim vrednostima brojeva obrta medjuvratila (za rezličite varijante strukturnog dijagrama) maksimalni broj obrta medjuvratila je manji,što dovodi do smanjenja dinamičkih opterećenja prenosnika,vibracija ,habanja i gubitaka na trenje sa jedne i povećanja stepena iskorišćenja pri većim brojevima obrta sa druge strane,uz sniženjezahteva u pogledu tačnosti i kvaliteta izrade elemenata prenosnika alatnih mašina.

4.AUTOMATSKO FORMIRANJE STRUKTURNIH DIJAGRAMA I ANALIZA DOBIJENIH REZULTATA

Prikazane analitičke relacije i matematički modeli za opisivanje strukturnih dijagrama zupčastih prenosnika alatnih mašina,stvorili su adekvatne uslove za izradu odgovarajućeg programa za automatsko definisanje i iznalaženje svih mogućih i izbor optimalne varijante strukturnog dijagrama (program STRUK) ne samo zupčastih prenosnika već i prenosnika alatnih mašina u celini.Program STRUK,čiji je algoritam prikazan na slici 4,obezbedjuje analizu strukturnih dijagrama bilo kog tipa prenosnika.Kao ulazne podatke koristi podatke kojima se opisuje optimalna (ili bilo koja) varijanta kinematske šeme prenosnika (geometrijski faktor promene,broj vratila,broj prenosnih sklopova,prenosni faktor sklopova,tip prenosnika i sl.).

Koristeći prikazani program automatskog definisanja mogućih i izbora optimalne varijante strukturnog dijagrama dobijena su rešenja za sve tipove prenosnika (i zupčaste i kombinovane,i prenosnike redosledne i složene kinematske gradnje). Pri tome je u tablicama 1 i 2 prikazan veoma mali deo dobijenih rezultata.Evidentno je,na osnovu rezultata (tablica 2) da program STRUK obezbedjuje i formiranje strukturnih dijagrama prenosnika složene kinematske gradnje.Naime,na bazi formula kinematske gradnje osnovnog-baznog kinematskog lanca (osnovnog lanca i jednog od dopu-



Sl.4.-Algoritam programa automatskog definisanja mogućih i izbora optimalne varijante strukturnog dijagrama (STRUK) prenosnika alatnih mašina

Tablica 1: Moguće i optimalna varijanta strukturnog dijagrama zupčastog prenosnika sa dvostrukom geometrijskom promenom i dva preskoka (broj mogućih varijanti 4, broj stupnjeva promene 12)

** PRENOSNIK GLAVNOG KRETANJA UNIVERZALNOG STROJA **

[illegible]

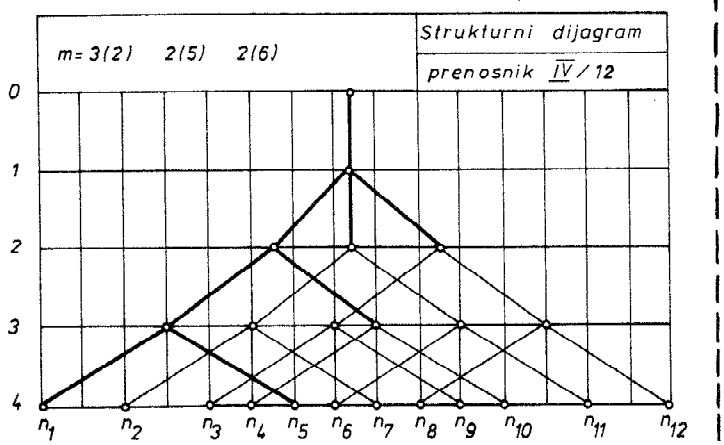
DVOSTEPENI PRENOSNIK SA DVOSTRUKOM PROMENOM

[illegible]

MOGUĆE VARIJANTE STRUKTURNIH DIJAGRAMA

[illegible]	STRUKTURNI DIJAGRAM
[illegible]	

OPTIMALNA VARIJANTA STRUKTURNOG DIJAGRAMA

[illegible]	STRUKTURNI DIJAGRAM
[illegible]	

nskih kinematskih lanaca) prenosnika složene kinematske gradnje:

$$m_r = m_1,$$
$$m_r = m_0\, m_1, \qquad (11)$$
$$m_r = m_0\, m_1\, m_2,$$
$$m_r = m_0\, m_1 \ \vee\ m_r = m_0\, m_2,$$

gde su m_0, m_1 i m_2-formule kinematske gradnje osnovnog, prvog i drugog dopunskog kinematskog lanca, moguće je formirati osnovni deo strukturnog dijagrama prenosnika složene kinematske gradnje. Naime, na osnovu strukturnog dijagrama osnovnog-baznog kinematskog lanca, strukturni dijagram ostalog dela prenosnika (drugog dopunskog kinematskog lanca) se formira direktnim povezivanjem (povlačenjem linija) vratila k (sa $a_{k,k+1}=1$) i izlaznog vratila prenosnika.

Inače, na bazi rezultata (tablice 1 i 2) najpre se formira osnova (kostur) strukturnih dija-

Tablica 2: Moguće i optimalna varijanta strukturnog dijagrama zupčastih prenosnika složene kinematske gradnje (broj mogućih varijanti 120, broj stupnjeva promene 30)

** PRENOSNIK GLAVNOG KRETANJA BUSILICE **

[illegible]

SAMOSTALNI ZUPČASTI PRENOSNIK

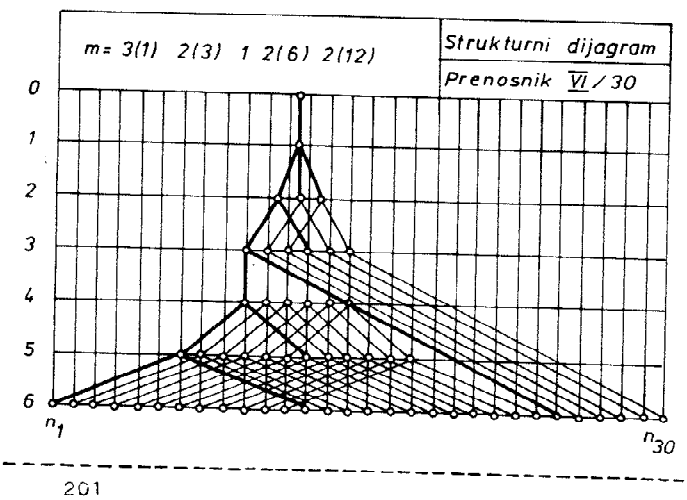
[illegible]

MOGUĆE VARIJANTE STRUKTURNIH DIJAGRAMA

IZBOR	I	Z(I)	XI	VC(I)	STRUKTURNI DIJAGRAM
1	[illegible]				
2	[illegible]				
...					
20	[illegible]				

OPTIMALNA VARIJANTA STRUKTURNOG DIJAGRAMA

IZBOR	I	Z(I)	XI	VC(I)	STRUKTURNI DIJAGRAM
1	[illegible]				



grama prenosnika,a zatim ,na bazi iste i ostali delovi strukturnog dijagrama.

5.ZAKLJUČCI

Model automatskog formiranja i analize svih mogućih varijanti strukturnog dijagrama,kao i izbora optimalne,razvijen u Laboratoriji za obradu metala i tribologiju Mašinskog fakulteta u Kragujevcu,odlikuje značajna univerzalnost i mogućnost analize strukturnog dijagrama svih tipova samostalnih zupčastih (redosledne i složene kinematske gradnje,sa preklapanjem brojeva obrta,sa dvostrukom geometrijskom promenom i sl.) i kombinovanih (sa izmenjivim parom zupčanika,višebrzinskim elektromotorom,kontinualnim električnim i mehaničkim prenosnicima i sl.) prenosnika alatnih mašina.Time se obezbedjuje celovita,detaljna i kompleksna analiza svih mogućih varijanti strukturnih dijagrama i izbor optimalne.

Analiza niza primera,sa cca 1200 mogućih i 15 optimalnih varijanti različitih tipova prenosnika,i saznanje da bi za niz prenosnika broj mogućih varijanti mogao biti značajan (na primer za prenosnik sa m=36,broj varijanti može biti i 720), ukazuje na svu celishodnost i ekonomsku opravdanost primene prikazanog modela.

6.LITERATURA

[1] BASIĆ D.J.,MILAČIĆ V.R.,Prilog problemu automatskog projektovanja zupčastih prenosnika kod alatnih mašina,IV Simpozijum: Upravljanje proizvodnjom u industriji prerade metala,Beograd, 1974

[2] DONATH G.,SCHÖNFELD S.,Einsatz eines Programmpakets "Nichtlineare Optimirung" für das KRS 4201 zur Lösung technischer Optimierungsaufgaben,Maschinenbautechnik,No.4,1981

[3] LAZIĆ M.,Mogući prilaz optimizaciji i automatizaciji projektovanja zupčastih prenosnika alatnih mašina,doktorska disertacija,Mašinski fakultet,Kragujevac 1982

M.Lazić

CHOOSING OPTIMAL VARIANT OF THE STRUCTURAL DIAGRAM OF MACHINE TOOL TRANSMISSIONS

A b s t r a c t

It is well known that the structural diagram (the Germer's scheme) defines the general structure of the motion transmission from the input (drive) shaft,to the output shaft of the transmission, i.e. to the machine spindle.It contains the data on the number of transmission blocks,transmission assemblies,disposition of assemblies and shafts,number of shafts,and number of speeds of individual shafts,etc.However,this diagram does not define the values of transmission ratios,and does not allow for the kinematic calculation of the transmission.

In addition to the geometrical factor of the transmission,the kinematic scheme,rpm diagram,and the design solution,in the phase of working out the optimum design of the transmission,of no less importance is the choice of the structural diagram of the transmission.It is the purpose of this paper to outline a new model for the selection of the optimum variant of the Germer's scheme.The model has been developed at the Laboratory for metal cutting and tribology of the Mašinski fakultet of Kragujevac.It is applicable to all types of machine tool transmissions,either to those with discontinuous rpm change,or to the continuously variable types.

XIX SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE

Kragujevac, septembar 1985.

PROGNOZIRANJE I PUTEVI POVEĆANJA POUZDANOSTI ZUPČASTIH PRENOSNIKA

O.V. Berestnjev, INDMAŠ AN BSSR, Minsk

R e z i m e

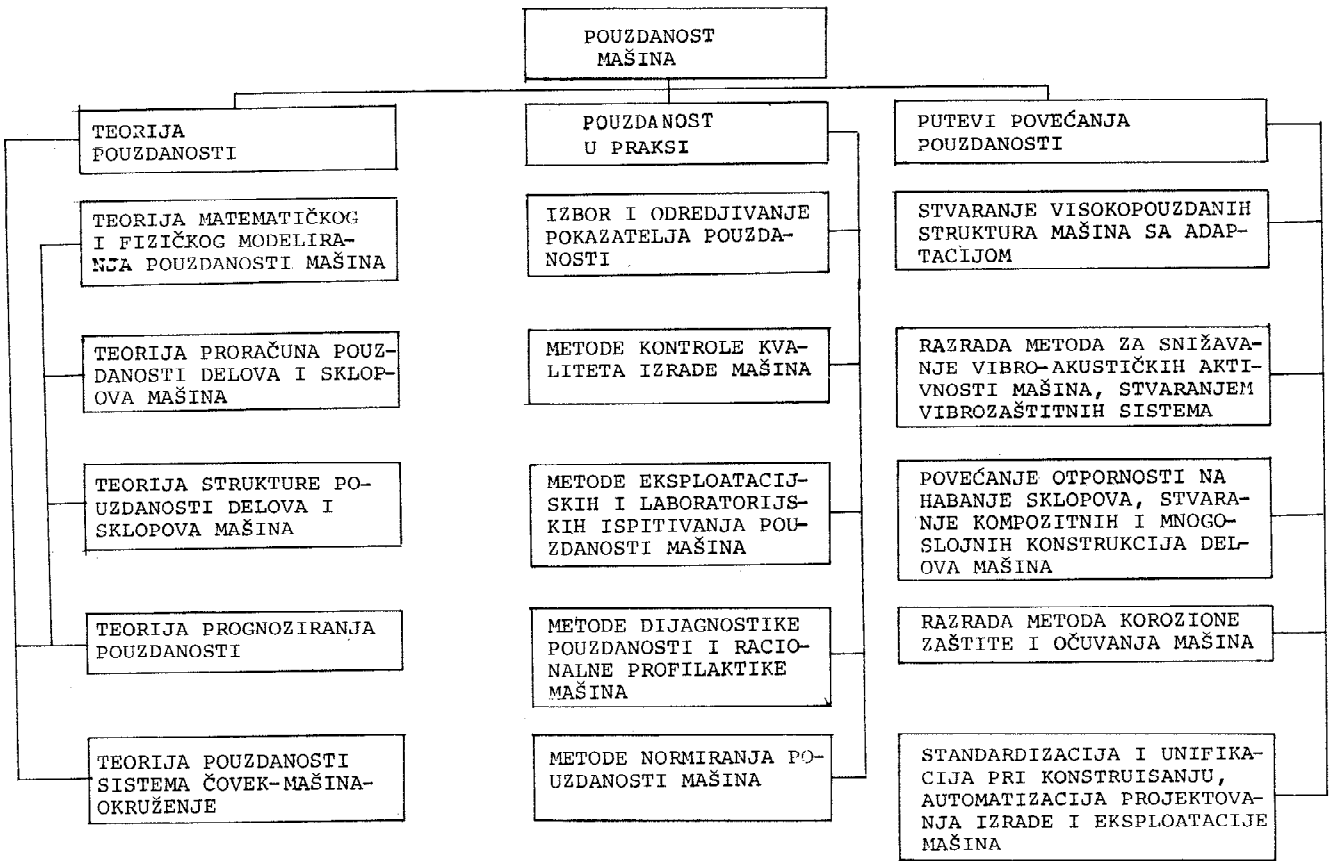
Na primeru zupčastih prenosnika razmotren je metod prognoziranja prouzdanosti prenosnika kod mašina alatki i data je kratka analiza mogućih puteva njenog povećanja na stadijumu projektovanja i obrade elemenata prenosa. Metod sadrži tri etape: razradu i ispitivanje dinamičkog modela sistema sa analizom opterećenja i konstrukcijskih rešenja za poboljšanje dinamičkih svojstava; proračun po metodama teorije verovatnoće, ili odredjivanje ubrzanim ispitivanjima veka trajanja elemenata sistema; ocenu pouzdanosti sistema u celini-imajući u vidu uzajamnu povezanost elemenata sistema. U radu su razmotreni putevi povećanja pouzdanosti i poboljšanja radnih karakteristika zupčastih prenosnika razvijenih u Institutu za probleme pouzdanosti i vek trajanja mašina AN BSSR, koji se zasnivaju na konstrukciji samopodešljivih zupčanika, usavršavanju hemijsko-termičke obrade za ojačanje kontaktnih površina i stvaranju savremenih sistema dijagnosticiranja na bazi beskontaktnih davača.

Pouzdanost delova mašina predstavlja veoma kompleksno svojstvo. Kvantitativni i kvalitativni pokazatelji pouzdanosti svestrano karakterišu proizvod i zato njihovo navodjenje u tehničkim opisima postaje sve više norma, a nauka o pouzdanosti mašina sve se intenzivnije razvija u svim industrijski razvijenim zemljama. Opseg njenih zadataka ne sme se još uvek prihvatiti kao konačno definisan i njihov popis u tabeli 1 svakako ne pretenduje na apsolutnu sveobuhvatnost. U oblasti proračuna, kao najvažniji, postavlja se problem stvaranja teorijskih osnova i sistema metoda za prognoziranje pouzdanosti mašina u ranijim stadijumima njihovog projektovanja i izrade. Aktuelnost tog problema povećava činjenica da su u današnje vreme najrasprostranjeniji metodi ispitivanja pouzdanosti mašina zasnovani na sakupljanju statističkih podataka iz eksploatacije i kasnijem proračunu kvantitativnih pokazatelja pouzdanosti, dok se prognoziranje pouzdanosti novih mašina vrši na bazi postojećih informacija o pouzdanosti dobijenih analogijom metodama sinteze i ekstrapolacije. Ovi pristupi su komplikovani, zahtevaju dugo vreme i zato ne odgovaraju uvek savremenom tempu tehničkog progresa.

U isto vreme, primena u savremenim mašinama principijelno novih konstrukcijskih rešenja, povećanje intenziteta njihovih radnih ciklusa, konstrukcija unikatnih mašina, zahteva već u stadijumu projektovanja naučno zasnovana rešenja problema obezbedjivanja visoke radne sposobnosti, kontinuiranog veka trajanja i pouzdanosti sistema i mašina u celini - u toku celokupnog proračunskog trajanja eksploatacije.

Institut za probleme pouzdanosti i vek trajanja mašina AN BSSR uz učešće specijalista drugih institucija iz republike i zemlje oformio je nacionalni standard 27.301 - 83 2 , važeći od 1983. god., koji ustanovljava principe, pravila i redosled prognoziranja pouzdanosti proizvoda u mašinogradnji pri njihovom projektovanju. Opšti blok - dijagram redosleda prognoziranja pouzdanosti proizvoda pri projektovanju prikazan je u tabeli 2. Na osnovu standarda razradjuju se rad ne metode prognoziranja pouzdanosti i konkretni proizvoda. Najveća pažnja posvećena je metodama prognoziranja i povećanja pouzdanosti mehanički prenosnika, koji prema statističkim podacima pokazuju presudan uticaj na ekonomske, energetske vibro-akustične i težinske karakteristike velik grupe mašina (automobila, traktora, poljoprivre-

TABLICA 1



dnih mašina, mašina alatki i dr.) i u mnogim slučajevima limitiraju njihovo opterećivanje i vek trajanja. Dovoljno je navesti primer da se u SSSR-u godišnje proizvodi više od 350 miliona zupčanika srednjih i velikih modula. Od ukupnog obima poslova pri proizvodnji mašina u mnogim slučajevima 10-15% se odnosi na proizvodnju zupčanika, dok medju različitim grupama opreme (uračunavši i rezervne delove) zupčanici učestvuju sa 35-40%.

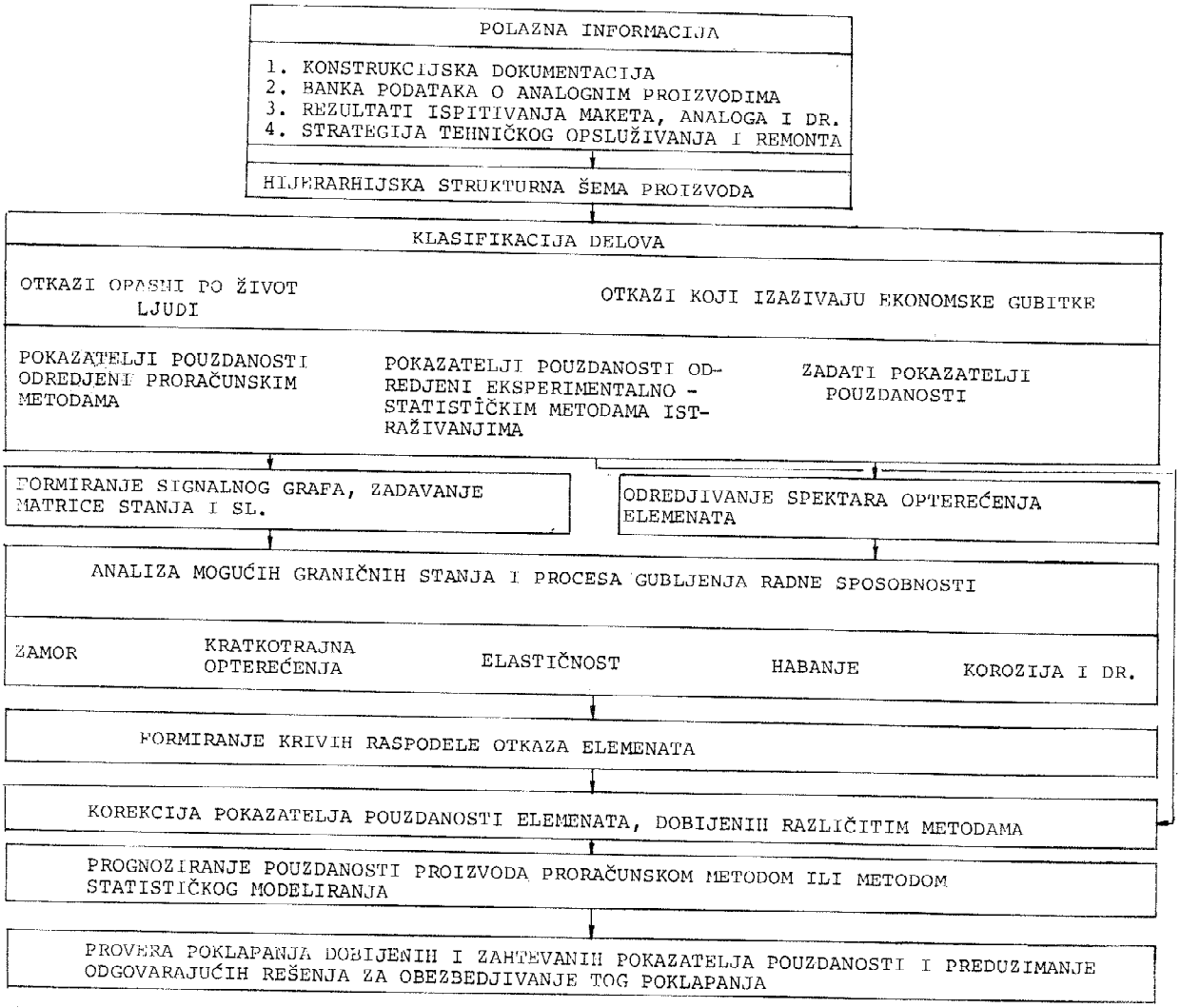
Kako pokazuju rezultati ispitivanja pristup oceni i prognoziranju pouzdanosti mehaničkih sistema mora biti unekoliko drugačiji u odnosu na ocenu sistema automatike i elektronike. To je posledica pojave suštinski različitih karakteristika čak i kod elemenata mehaničkih sistema istog tipa, koji se nalaze u složenom medjudejstvu pri nestacionarnom karakteru opterećivanja i gubitaka radne sposobnosti tokom eksploatacije. Zadatak prognoziranja pouzdanosti takvih sistema još više otežava činjenica da su elementi obično raznorodni po svojim materijalima i svojstvima i da ih karakteriše nedovoljna izučenost zakona kvalitativnih i kvantitativnih promena tokom eksploatacije. Zato se proračunu pouzdanosti mehaničkih sistema mora prići sa pozicija verovatnoće kako pri oceni parametara opterećenja, tako i pri oceni parametara unutrašnje strukture sistema.

Razradjeni metod se uslovno može podeliti na tri uzajamno povezane etape, od kojih svaka predstavlja odredjeni naučni interes i pronicanje u praksu konstruisanja.

U prvoj etapi prognostičkog proračuna vrši se analiza dinamičkih svojstava sistema i opterećenja njegovih elemenata. Polazeći od dinamičkih karakteristika formiraju se preporuke za usavršavanje strukture sistema. Zatim se utvrdjuju neophodni početni podaci za proračune veka trajanja delova i sklopova po metodama teorije verovatnoće, a takodje, za organizovanje ubrzanih ispitivanja pojedinih konstrukcija.

TABLICA 2.

BLOK ŠEMA PROGNOZIRANJA POUZDANOSTI PROIZVODA PRI PROJEKTOVANJU



Ispitivani mehanički sistem u ovoj etapi se predstavlja u obliku idealizovane dinamičke šeme (modela), koji se sastoji od konačnog broja uzajamno povezanih masa i krutosti, sa, po pravilu, linearnim vezama. Na bazi Lagranževih jednačina kretanja drugog reda za idealizovanu šemu formira se sistem diferencijalnih jednačina malih pomeranja elemenata sistema

$$J\ddot{q} + k\dot{q} + cq = F \qquad (1)$$

gde je: q(t) - vektor generalisanih koordinata pomeranja, J, k i c - matrice inercionih, disipativnih i kvazielastičnih koeficijenata, F - poremećajne spoljašnje sile.

U ovoj etapi je celishodno obaviti analizu dinamičkih svojstava sistema u cilju eliminisanja ili umanjenja opasnosti od mogućih rezonansnih vibracija. Zato se, uz uprošćenje sistema jednačina-usvajanjem da su sile prigušenja i spoljašnje sile jednake nuli, odredjuju sopstvene frekvencije sistema. Pogodan način za odredjivanje zona rezonance predstavlja formiranje zrakastih dijagrama na koje se istovremeno nanose frekvence osnovnih poremećajnih faktora i zone sopstvenih učestanosti sistema. Takodje, analizira se mogućnost izlaska sistema iz rezo-

nantnog stanja putem promene njegove strukture, variranja inercije i krutosti elemenata, uključivanja u sistem dopunskih korigujućih članova, ili putem principijelno novih konstrukcijskih rešenja.

Pri projektovanju proizvoda konstruktori često ne raspolažu čak ni sa približnim podacima o disipativnim svojstvima povezanih elemenata i primenjenih materijala. U takvim slučajevima približna uporedna ocena kvaliteta dinamičkih sistema konstruisanih mašina, u cilju izbora racionalne varijante u stadijumu projektovanja, može se formirati na osnovu analize unutrašnjih formi analognih sistema. Po tom principu oformljeni kriterijum kvaliteta dinamičkog sistema neće biti funkcija apsolutnih vrednosti maksimalnih amplituda pri rezonansi (koje su proračunate na osnovu jednačina prinudnih vibracija uz dejstvo disipativnih sila) već funkcija relativnih vrednosti amplituda dobijenih iz unutrašnjih formi. Na primer, kada je poznata oblast radnog dijapazona učestanosti glavnih pobudjujućih vibracija poremećaja p G ukoliko se odrede sopstvene učestanosti za uporedjivane varijante dinamičkih sistema ω_I C i ω_{II} G moguće je naći i uporediti sume normiranih amplituda sopstvenih formi $q_k^{(j)}, q_k^{(i)}$ na tim učestanostima za potrebni k-ti izlazni član po jednačini

$$H_k = \frac{\omega\pi \; G \; \tilde{q}_k^{(j)} \; \omega_j^2}{\omega_I \; G \; \tilde{q}_k^{(j)} \; \omega^2} \qquad (2)$$

Veličina H_k predstavlja svojevrstan kriterijum sniženja ili povećanja vibroaktivnosti razmatranog dinamičkog sistema pri prelasku sa konstrukcijske varijante 1 na varijantu P. Korišćenje tog metoda dozvoljava sprovodjenje orijentacione analize i uporedjivanje vibro-akustičkih svojstava čak i složenih sistema bez proračuna prinudnih vibracija koji zahtevaju uzimanje u obzir prigušenje u ukupnom spektru radnih učestanosti.

U Institutu za probleme pouzdanosti i vek trajanja mašina AN BSSR razradjeno je nekoliko metoda delovanja na dinamička svojstva sistema. Velike perspektive u tom pravcu obezbedjuje primena mehaničkih prenosnika sa specijalnim elementima koji smanjuju vibroaktivnost, na primer, samopodešljivih zupčanika sa elastičnim spojem venca i glavčine. Elastični elementi izmedju venaca i glavčina zupčanika predstavljaju efikasne prigušivače i izolatore vibracija, kojima se obezbedjuje sniženje nivoa vibro-akustičnosti prenosnika za 6-9 dB. U isto vreme, zupčanici tog tipa (na račun podešavanja venca u odnosu na glavčinu, čime se ravnomernije raspodeljuje opterećenje po dužini linije kontakta i znatno smanjuje dinamička komponenta opterećenja |3|), znatno prevazilaze serijske (klasične) zupčanike i po otpornosti na habanje, izdržljivosti zuba i veku trajanja.

Odredjeni uspesi postignuti su, takodje, u razvoju aktivnih metoda snižavanja vibracija u mehaničkim sistemima mašina alatki putem uvodjenja adaptivnog upravljanja režimima obrade na osnovu vibracija, kao i uvodjenjem specijalnih korigujućih elemenata. Za adaptivni sistem konstruisan je i izradjen specijalni bezkontaktni davač malih pomeranja (BIMP) na principu korišćenja oštro fokusiranog magnetnog polja i bezkontaktni davač obrtnog momenta na principu magnetnoelastičnog efekta. BIMP omogućava merenje malih pomeranja pri učestanosti vibracija do 10 kHz sa tačnošću od 1 μm i linearnim opsegom merenja pomeranja preko 1 mm.

Dalje se ispituje opterećenost osnovnih članova razmatranog sistema. Proces formiranja opterećenja na elemente sistema predstavlja složenu pojavu prenošenja i sabiranja dejstva opterećenja širokog spektra istovremeno od nekoliko spoljašnjih izvora. Najbolja karakteristika prolaska spoljašnjeg opterećenja kroz sistem, koji se sa odredjenim uprošćenjem može smatrati linearnim, je amplitudno-frekventna karakteristika sistema ili prenosna funkcija. Odredjivanje prenosnih funkcija za složene mehaničke sisteme predstavlja dosta težak proces i ostvaruje se polazeći od jednačina kretanja uz korišćenje Laplas-ovih transformacija i računara. Odredivši prenosne funkcije i raspolažući spektrima ulaznih slučajnih procesa opterećenja, na osnovu podataka o eksploataciji analognih mašina korišćenjem spektralno-korelacionog metoda proračuna mogu se odrediti parametri spektara opterećenja na posmatranim članovima sistema, tj. dobiti neophodne podatke za proračun njihove pouzdanosti i veka trajanja:

$$F_j(\omega) = \sum_{k=1}^{n} H_{jk}(i\omega) F_k(\omega) \qquad (3)$$

gde su $F_j(\omega)$ i $F_k(\omega)$ - spektri izlaznog i izlaznog procesa opterećenja, $H_{jk}(i\omega)$ - prenosne funkcije sistema.

Analiza dinamičkih svojstava sistema i opterećenja njihovih elemenata može biti izvedena, takodje, putem modeliranja dinamičkih procesa u sistemu pomoću analognih računara. Pri tome savremeni analogni računari omogućuju razradjivanje blok-šema elektronskih modela sistema koji potpuno odgovaraju dinamičkim sistemima bez formiranja diferencijalnih jednačina kretanja elemenata sistema. Modeliranje na analognim računarima obezbedjuje zajednički prilaz izučavanju dinamičkih opterećenja pri prelaznim procesima, prinudnih oscilcija, autooscilacija i parametarskih oscilacija, a takodje poboljšanje strukture ispitivanog sistema variranjem parametara njegovih elemenata.

Drugu etapu prognostičkog proračuna pouzdanosti mehaničkih sistema predstavlja odredjivanje karakteristika veka trajanja i vremena rada bez otkaza elemenata i sklopova. U toj etapi u prvom planu nalazi se proračun na bazi verovatnoće veka trajanja i odredjivanje verovatnoće rada bez otkaza. Teorijske osnove navedenih proračuna danas su već razvijene i stvorene su konkretne metode proračuna nekih tipova delova (zupčanika, ležajeva, vratila) u vidu paketa programa za korišćenje računara |1,2|.

Kao polazne zavisnosti ocene veka trajanja na bazi verovatnoće elemenata i sklopova sistema koriste se odnosi statističkih karakteristika slučajnih veličina: lim Ri - veličine koja karakteriše raspolažući resurs njihovog veka trajanja i Ri_1 - veličine koja predstavlja meru trošenja tog resursa u toku nekog jediničnog rada u eksploataciji $L = \lim Ri/Ri_1$. Navedene karakteristike veka trajanja, kao mera resursa, mogu se odnositi na vreme eksploatacije izraženo u časovima, predjeni put izražen u kilometrima za transportna i vučna sredstva, broj ciklusa opterećivanja proračunavatih elemenata. Uopštavanje rezultata ispitivanja procesa trošenja resursa veka trajanja i režima opterećivanja kod mehaničkih sistema omogućava saznanje da se zakoni raspodele slučajnih veličina raspoloživog i utrošenog resursa pre svega opisuju logaritamskim normalnim zakonom raspodela, čime se prelaženjem na logaritme tih veličina obezbedjuje korišćenje najrazradjenijeg matematičkog aparata za ispitivanje parametara sa normalnim zakonom raspodele. Proračun veličina raspoloživog i utrošenog resursa veka trajanja izvodi se uzimanjem u obzir činjenice da niz polaznih veličina u formulama za determinističke proračune takodje ima slučajni karakter i njihove vrednosti se biraju grupisane na odredjeni način u skladu sa odgovarajućom raspodelom. Uz odredjenu aproksimaciju to dozvoljava odredjivanje statističkih karakteristika raspodele veka korišćenja proračunavanih elemenata, oslanjajući se na njihove pojedinačne vrednosti, koje su dobijene determinističkim proračunima, statističke karakteristike čvrstoće materijala i spektre opterećenja koji su odredjeni u prvoj etapi. Takodje, u znatnoj meri koriste se struktura dobijenih zavisnosti i prikupljenih statističkih materijala determinističkih proračuna.

Proračuni veka trajanja na bazi verovatnoće omogućavaju odredjivanje za pojedinačne članove mehaničkog sistema dva osnovna proračunska pokazatelja pouzdanosti: gama-procentni resurs L, tj. rad u toku kojeg oni ne postižu granično stanje sa zadatom verovatnoćom u procentima i verovatnoća eksploatacije bez otkaza u zadatim granicama korišćenja. Ipak, kako je već ranije rečeno, proračuni veka trajanja na bazi verovatnoće razradjeni su samo za ograničen broj mašinskih elemenata uz niz neizbežnih i dozvoljenih aproksimacija. Osim toga, pri njihovom izvršenju često nedostaju neophodne početne statističke karakteristike svojstava otpornosti materijala, tehnoloških faktora koji se uzimaju u obzir prilikom proračuna, parametara tačnosti izrade i montaže mašinskih elemenata. Zato se proračuni ovog tipa dopunjavaju analizom eksploatacijskih podataka o pouzdanosti elemenata, sklopova i agregata na analognim mašinama ili prototipovima, a takodje, podacima dobijenih specijalnim ispitivanjima na laboratorijskim uredjajima, koje je potrebno pažljivo prikupljati, sistematizovati i obradjivati. Posebna pažnja se mora posvećivati stvaranju i usavršavanju metoda ispitivanja, u prvom redu ubrzanih ispitivanja na odgovarajućim uredjajima. I na razvijenim stadijumima proračuna na bazi verovatnoće postoji potreba za ubrzanim ispitivanjima, jer nove mašine zahtevaju primenu originalnih sklopova i elemenata. Radi skraćenja vremena ispitivanja u Institutu za probleme pouzdanosti i vek trajanja mašina AN BSSR razvijaju se specijalna automatizovana ubrzana ispitivanja

kao deo jedinstvenog kompleksa prognoziranja i povećanja pouzdanosti mašina.

Automatizovani deo ispitivanja zasnovan je na upravljačkom proračunskom kompleksu ASVT M-6000 i desetini uredjaja za ispitivanje. Uredjaji su opremljeni nizom originalnih konstrukcija za realizaciju programa opterećivanja ispitivanih sklopova. Primenjuju se beskontaktni davači obrtnog momenta i malih pomeranja, specijalni uredjaji za kontrolu stanja radnih površina ispitivanih zuba zupčanika pomoću replika, precizni sistemi za merenje habanja pomoću kontrole promene radioaktivnosti umetaka aktiviranih u ciklotronu. Pri razvijanju metode merenja habanja zupčanika na osnovu relativnog opadanja radioaktivnosti prethodno aktiviranih delova na radnim površinama zuba korišćeni su rezultati odgovarajućih radova jugoslovenskih stručnjaka |4|. Postizanje visoke tačnosti kontrole stanja radnih površina zuba zupčanika omogućilo je razmatranje svakog zuba kao objekta ispitivanja, skraćivanje trajanja ispitivanja i povećanje verodostojnosti uporednih ispitivanja zupčanika na kontaktnu izdržljivost i otpornost na habanje zuba.

Odredjeni doprinos učinjen je u razradi i praktičnoj realizaciji metoda ubrzanog ispitivanja elemenata i sklopova mehaničkih sistema putem formiranja i reprodukcije tipičnih opterećenja. Pojedina isprobana rešenja primenjuju se u vodećim preduzećima Belorusije. Na primer, u Minskoj fabrici automobila primenjuje se oprema i metoda ubrzanih ispitivanja opružnih vešanja i pogonskih mostova, u Minskoj fabrici traktora primenjuju se uredjaji za programsko opterećivanje i sredstva za preciznu kontrolu habanja mehaničkih prenosnika. Postoji, takodje, veliki broj radova na koji se odnose ispitivanje opterećenosti elemenata mehaničkih sistema automobila u uslovima eksploatacije i formiranje programa opterećenja za ubrzana ispitivanja na laboratorijskim uredjajima i proračune veka trajanja na bazi verovatnoće.

U drugoj etapi prognostičkog proračuna istovremeno se rešavaju pitanja obezbedjivanja i povećanja pouzdanosti pojedinih elemenata, delova i sklopova sistema, posebno onih čiji pokazatelji, dobijeni proračunom ili ispitivanjem, znatno odstupaju od srednjih. Kad su u pitanju zupčasti prenosnici najbolji rezultati u rešavanju zadatka povećanja izdržljivosti i veka trajanja postignuti su na račun primene konstrukcije tzv. samopodešavajućih zupčanika, a takodje putem usavršavanja tehnoloških procesa hemijsko-tehničke obrade za ojačavanje površina. Kao rezultat opsežnih strukturnih ispitivanja utvrdjena je velika zavisnost izmedju kontaktne izdržljivosti zuba zupčanika od cementiranog čelika i sadržaja beinitne faze u ojačanom površinskom sloju. Samo na račun usavršavanja procesa hemijsko-termičke obrade zupčanika od cementiranih čelika, kojim se obezbedjuje povećanje efektivne debljine cementiranog sloja i ograničava sadržaj beinitne i troostitne strukture, može se postići povećanje njihovog veka trajanja s obzirom na kontaktnu izdržljivost približno za 30%.

Treća, završna etapa prognostičkog proračuna podrazumeva ocenu pouzdanosti ispitivanog sistema u celini, uz uzimanje u obzir realnih veza njegovih elemenata i šema njihovog povezivanja u strukturni model: redno, paralelno i kombinovano. Efektan metod analize strukturne pouzdanosti složenih sistema zasniva se na korišćenju prostornog "drveta" otkaza. "Drvo" otkaza sačinjava grafički model u obliku drveta sa logičkim vezama izmedju otkaza sistema i otkaza njegovih elemenata. Opisivanje veza izmedju dogadjaja, koje objedinjuje "drvo" otkaza, ostvaruje se pomoću logičkih operatora Bulove algebre.

U radovima saradnika našeg Instituta razvijeni su metodi analize pouzdanosti strukturno složenih sistema na osnovu primene analitičkog, statističkog i fizičkog modeliranja na računarima i specijalnim stohastičkim uredjajima, u kojima se uočava da broj stanja otkaza elemenata u samom sistemu može biti veći od dva, na primer K |6|. Pri tome se pod i-tim stanjem ($i = \overline{1K}$) elementa podrazumeva stanje ispravnosti, otkaza, delimične radne sposobnosti, lažnog slabljenja i dr. Proces formiranja strukturnih funkcija različitih stanja ispitivanih sistema je formalizovan i razradjeni su programi realizacije na računarima. Takav prilaz pri modeliranju potpunije odražava fizičko stanje analiziranog sistema i proširuje oblast primene ovog načina ispitivanja pouzdanosti sistema složene strukture.

Svaka od tri etape prognostičkog proračuna pouzdanosti realizuje se primenom računara. U Institutu za probleme pouzdanosti i vek trajanja mašina i objektima AN BSSR postoji potreba

stvaranja jedinstvenog automatizovanog prognostičkog kompleksa, koji bi omogućio da se još u fazi projektovanja uporede proračunski pokazatelji pouzdanosti sistema sa zahtevanim, oceni efektivnost korišćenja novih konstrukcijskih i tehnoloških rešenja, lociraju slaba mesta u konstrukcijama i preduzimaju neophodne mere za njihovo otklanjanje na opitnim uzorcima.

LITERATURA

1. CITOVIČ, I.S., BERESTNJEV O.V., Puti povišenija nadjožnosti mašin, Mins, Nauka i tehnika, 1979. - 88 s.
2. GOST 27.301-83. Nadjožnost v tehnike. Prognozivovanie nadjožnosti izdelij pri proektirovanii Obščie trebovanija - Moskva, Izdateljstvo standartov, 1983. - 39 s.
3. BERESTNEV O.V., Samoustanavlivajušćesja zubčatye kolesa - Minsk, Nauka i tehnika, 1983.-312 s.
4. B. IVKOVIĆ: Tribologija rezanija smazočno ohlaždajušćie židkosti - Minsk, Nauka i tehnika, 1982.-144 s.
5. SUSIN A.A, ALEKSANDROV B.I., VALKO A.L., Vidy beinita v sementovannyh slojah zubčatyh koljes, tvjordost i effektivnaja tolšćina slojev s videlenijami beinita. V sbornike "Poverhnostnije metodi upročnenija metallov i splavov v mašinostroenij" Moskovskogo doma naučno-tehničeskoj propagandi im. F.E dzržinjskogo, 1983, s. 32-36.
6. VELIGURSKI V.A., Rasčet nadežnosti tehničeski sistem s neskoljkimi tipami otkazov ih elementov. Izvestija Akademii nauk BSSR. Serija fiziko-tehničeskih nauk, 1984, No 3, s. 57-64.

O.V. Berestnjev

PRODUCTION AND IMPROVEMENT OF GEAR TRANSMISSION RELIABILITY

Abstract

Using gear transmissions as the example, a method is considered for the prediction of transmission reliability, and a short analysis is presented of the ways toward improving it in the design and machining phases of transmission element production. The method consists of three phases: elaboration and testing of the dynamic model of the system, with analysae of the loads and design solutions aimed at improving the dynamic properties; calculation based on the probabilistic methods, or accelerated testing in order to determine element life; and estimation of the complete system reliability, bearing in mind interconnections among the system elements. Considered in the paper are ways toward improving reliability and service performance of gear transmissions, developed at the Institute for reliability problems and machine life of the AN BSSR, and which are based on the self-aligning gear design, advancements in the chemico-thermal treatment for contact surface hardening, and creation of modern diagnostic systems based on non-contact transducers.

B. OBRADA REZANJEM

XIX SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE

Kragujevac, septembar 1985.

IZBOR OPTIMALNE VARIJANTE TEHNOLOŠKOG PROCESA I TEHNOLOŠKOG POSTUPKA OBRADE

S. Sekulić, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad

Polazeći od širokih mogućnosti u proizvodnji u radu se daje procedura za izbor optimalne varijante tehnološkog procesa i tehnološkog postupka. Funkcije stanja odredjene su različitim tehnološkim stemima. Funkcija cilja ili kriterijuma optimizacije su minimalni troškovi obrade uz poštovanje relevantnih ograničenja.

1.0 Opšte

Pojedinim tehnološkim procesima odn. vrstama obrade odgovaraju različiti tehnoloških postupci, zavisni od njihovih struktura.

Svakom tehnološkom postupku, u okviru jednog tehnološkog procesa pripada karakterističan tehnoloških postupak koji ima specifičnu strukturu u pojedinim operacijama i odredjeni broj operacija.

Posmatrajući pojedine elemente nekog proizvoda u zavisnosti od veličine serije i ritma proizvodnje koji se unapred zadaje, omogućuje da se izabere optimalni tehnološki proces.

U prinicpu broj mogućih tehnoloških procesa je vrlo veliki, medjutim, iz ovog mnoštva vrlo brzo se može izdvojiti odredjeni broj izmedju kojih treba odabrati najpovoljniji.

Tehnološki proces može se sastojati iz operacija različitih vrsta obrade npr. iz operacija:

- obrade rezanjem
  - odsecanje, zabušivanje, bušenje, rezanje navoja, glodanje, izrade zubaca zupčanika, brušenje, itd.
- obrade rezanjem i npr. termičke obrade i zaštite,
- obrade livenjem i obrade rezanjem
- obrade kovanjem, obrade rezanjem, termičke obrade i zaštite
- obrade zavarivanjem, termičke obrade i zaštite,
- obrade prosecanjem,
- obrade presovanjem i prosecanjem i probijanjem, itd.

Kao što smo ranije napomenuli za obradu nekog elementa tehnološki procesi mogu biti različiti i karakterisani su fazama obrade

Faze obrade	Varijante 1	2	3	p	r
1	f_{11}	f_{12}	f_{13}	f_{1p}	f_{1r}
2	f_{21}	f_{22}	f_{23}	f_{2p}	f_{2r}
3	f_{31}	f_{32}	f_{33}	f_{3p}	f_{3r}
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
i	f_{i1}	f_{i2}	f_{i3}	f_{ip}	f_{ir}
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
m	f_{m1}	f_{m2}	f_{m3}	f_{mp}	f_{mr}

Gornja šema ne predstavlja dovoljno uredjen skup, medjutim, on može poslužiti da se iz njega odaberu neke od varijanti tehnoloških procesa.

Za svaku od odabranih varijanti uvedimo potpuno uredjeni skup definisan osnovnom matricom tehnološkog procesa, koju karakterišu dva osnovna elementa tehnoloških struktura: broj tokova j i broj pozicija k

$$M_{TS} = [a_{jk}]$$

ili u razvijenom obliku prikazanom matricom.

Svaki element matrice M_{TS} predstavlja vektorsku veličinu, koja za posmatranu osnovnu strukturu, zavisi od broja operacija i zahvata koji je karakterišu.

$$M_{TS} = \begin{Vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & \cdots & a_{1k} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & \cdots & a_{2k} & \cdots & a_{2n} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & \cdots & a_{3k} & \cdots & a_{3n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \cdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ a_{j1} & a_{j2} & a_{j3} & \cdots & a_{jk} & \cdots & a_{jn} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \cdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & a_{n3} & \cdots & a_{nk} & \cdots & a_{nn} \end{Vmatrix}$$

2.0 Uvod

Optimizaciju svakog sistema karakterišu funkcije:

- cilja ili kriterijuma optimizacije
- stanja i
- obraničenja.

Kao i kod optimizacije drugih sistema i pri izboru optimalne varijante tehnološkog procesa i tehnološkog postupka osnovni kriterijum su minimalni troškovi.

Funkciju ograničenja predstavlja zadana količina proizvoda u vremenu, odn. ritam proizvodnje.

Izbor tehnološkog procesa može biti uslovljen raspoloživom opremom. Medjutim, ako se vrši projektovanje optimalnih tehnoloških struktura za zadane uslove, ove mogu usloviti čak i projektovanje tehnoloških sistema novih koncepcija. Kada već postoje instalisani kapaciteti onda oni uslovljavaju izbor procesa, odn. oni predstavljaju unapred definisanu funkciju stanja procesa.

3.0 Troškovi obrade

Da bismo odredili vrednosti troškova moramo postaviti odgovarajuće matematičke modele koji ih predstavljaju. Pri tome za svaku operaciju i zahvat tehnološkog postupka, u okviru pojedinih procesa, moraju se definisati pojedini troškovi čiji zbir daje ukupne troškove.

Iz analiziranih postupaka obrade, koji odgovaraju posmatranim procesima obrade, treba usvojiti onaj kojem odgovaraju najmanji troškovi.

Troškovi se mogu struktuirati na najrazličitije načine ali se oni u osnovi sastoje iz troškova:

- materijala
- obrade
  - radne snage
  - mašina i pribora
  - alata i
- energije.

Ostali troškovi se obično uzimaju u obzir uvećanjem zbira gore navedenih osnovnih troškova koeficijentom većim od 1. Pri odredjivanju troškova materijala treba uzeti u obzir i troškove koji proizilaze iz planske težine, pri čemu ih treba umanjiti za vrednost odpadnog materijala, koji takodje ima odredjenu vrednost.

Troškovi obrade odredjuju se kao zbir troškova na svim operacijama

$$U_o = \Sigma U_{oi} = \Sigma (R + M + A)_i$$

gde su troškovi radne snage

$$R = nk_1 (t_g + t_a + t_p + t_m + t_i)$$

(n - koeficijent učešća radnika ukoliko opslužuje više mašina,

k_1 - bruto lični dohodak radnika, t_g - glavno (mašinsko) vreme, t_a - vreme alata svedeno na jedan obradak $t_a = t_z\, t_g/T$, t_p - pomoćno vreme, t_m - medjuvreme, t_i - izgubljeno vreme i T - postojanost alata),

troškovi mašine i pribora

$$M = (t_g + t_a + t_p + t_m + t_i)\, C_M\, p/F\, \eta\, 100 \cdot 60$$

(C_M - cena mašine i pribora na posmatranoj operaciji, p - amortizaciona stopa, F - godišnji fond vremena mašine i η - koeficijent iskorišćenja mašine),

troškovi alata

$$A = A_1 + A_2 + A_3$$

gde su:

- troškovi zamene alata

$$A_1 = n\, k_1\, t_z\, t_g/T$$

- troškovi oštrenja

$$A_2 = k_2\, t_2\, t_g/T$$

(k_2 - bruto lični dohodak oštrača i t_2 - vreme potrebno za oštrenje alata),

- cena alata svedana na jednak obradak

$$A_3 = C_A\, t_g/(i_o+1)\, T + C_{PA}/n_o$$

(C_A - cena novog alata, i_o - broj oštrenja i n_o - broj obradaka koji se može obraditi jednim priborom).

Tako su ukupni troškovi alata za jednu operaciju

$$A = (nk_1\, t_z + k_2\, t_2 + C_A(i_o+1))\, t_g/T + C_{PA}/n_o$$

Proračun troškova se najčešće provodi tabelarno.

Treba napomenuti da se troškovi alata i pribora za njegovo stezanje moraju izračunati za svaki zahvat obrade u posmatranoj operaciji.

Predloženi obrasci odnose se, pre svega, na obradu rezanjem, ali se neznatnim transformacijama mogu primeniti i na ostale vrste obrade.

Cenu utrošene energije, pre svega energije za zagrevanje obradaka (npr. pri kovanju i presovanju) treba odrediti primenjujući osnovne zakone termodinamike ili iz kapaciteta peći.

Posebno se ističe da svaku operaciju treba kritički analizirati da bi se dobila odgovarajuća matematička interpretacija.

4.0 Primer izbora optimalne varijante tehnološkog procesa

U cilju izbora optimalne varijante tehnološkog procesa i postupka obrade analiziraće se dva izradka prema slici Sl. 1 i Sl. 2. Razmatraće se dve varijante obrade:

- A na šestovretenom automatu iz šipkastog materijala i
- B na transfer mašini, pri čemu se predhodni oblik dobija kovanjem na presi iz sirovine livene u kokili.

Za obe varijante obrade i oba izradka razradjeni su tehnološki postupci koji su imali sledeće operacije i zahvate.

Izradak prema slici Sl. 1. - varijanta A.

Operacija: 10 Struganje

- do graničnika
- bušiti ø 22 i poravnati čelo
- zaobliti ivice
- rezati navoj M22x1
- odseći.

Izradak prema slici Sl. 1. - varijanta B.

Operacija: 10 Livenje

- zahvatiti iz peći
- liti u kokilu.

20 Presovanje

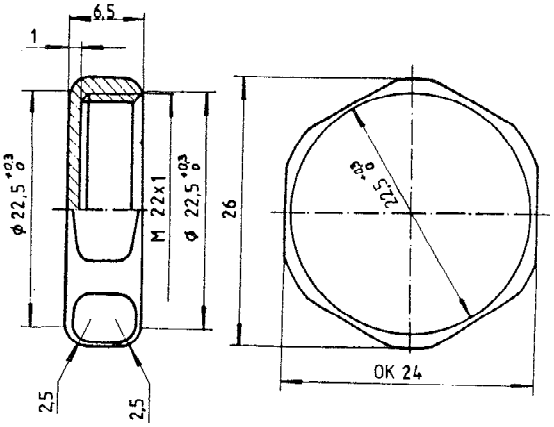
- u alat
- presovati.

30 Presovanje

- u alat
- obrubiti.

40 Peskiranje

- u alat



Slika 1.

- peskirati.

50 Bušenje

--u pribor (5 komada)

- bušiti ø21 i poravnati četo
- rezati navoj M22x1.

Izradak prema slici Sl. 2. - varijanta A.

Operacija: 10 Struganje

- do graničnika, poravnati čelo i zabušiti
- bušiti ø16,2 i ø19
- oboriti ivice
- rezati navoj R 1/2"
- odseći.

Izradak prema slici Sl. 2. - varijanta B.

Operacija 10 Livenje

- zahvatiti iz peći
- liti u kokilu.

20 Presovanje

- u alat
- presovati.

30 Presovanje

- u alat
- obrubiti.

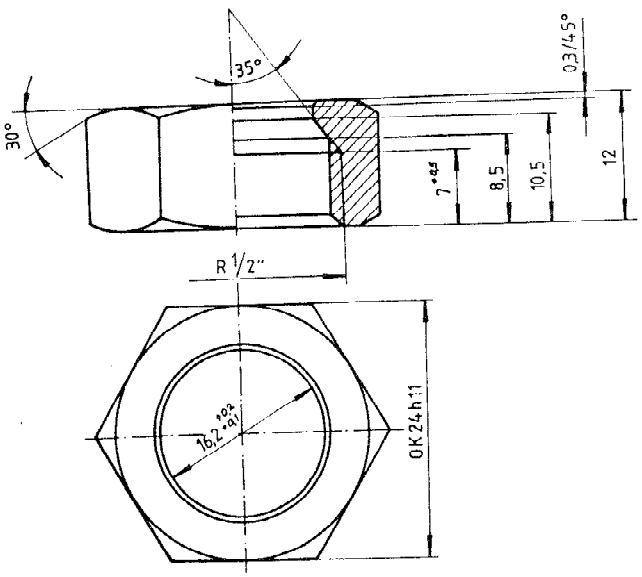
30 Nagrizanje

- u pribor
- nagristi.

50 Bušenje

- u pribor (5 komada)
- bušiti ø16,2 i 18,8 poravnati čelo i oboriti ivice
- rezati navoj R 1/2"

Rezultati analiza prikazani su sledećim izlaznim veličinama:



Slika 2.

- vrenošću materijala
  - sirovine i
  - odpadka
- vrednošću obrade
  - radne snage
  - mašine i pribora i
  - alata,
- vrednošću električne energije koja se troši na topljenje,

a odnose se na 1 kg mase obradka.

Izradak prema slici Sl. 1.

- Sirovina iz šipke

1. Vrednost materijala
   - planska 486,60 din/kg
   - odpadka 107,64 din/kg
   - efektivna 378,96 din/kg (85,81%)

2. Vrednost obrade
   - radne snage 10,56 din/kg (2,39%)
   - mašina 27,02 din/kg (6,11%)
   - u alat 26,07 din/kg (5,89%)
   - ukupno 63,65 din/kg (14,38%).

Ukupna vrednost materijala i obrade iznosi 442,61 din/kg (100%).

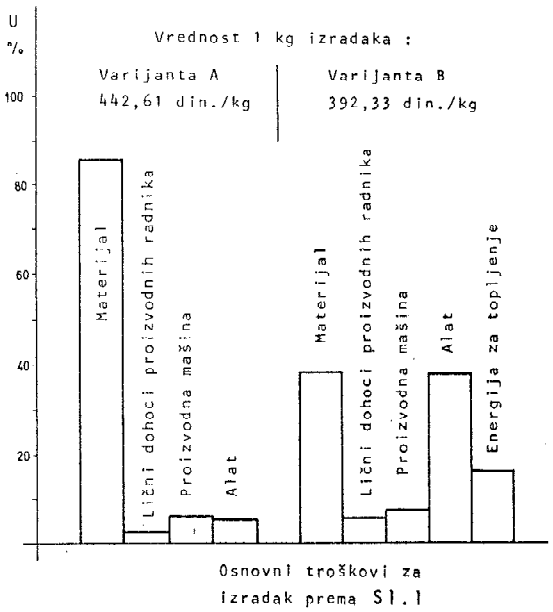
- Sirovina odlivak u kokili

1. Vrednost materijala
   - planska 267,99 din/kg
   - odpadka 116,64 din/kg
   - efektivna 151,35 din/kg (38,58%)

2. Vrednost obrade
   - radne snage 22,32 din/kg (5,69%)
   - mašine 28,55 din/kg (7,28%)
   - alata 126,11 din/kg (38,14%)
   - ukupno 176,98 din/kg (45,11%)

3. Električna energija za topljenje
   64,00 din/kg (16,31%).

Ukupna vrednost materijala, obrade i električne energije za topljenje iznosi
392,33 din/kg (100%).



Slika 3.

Izradak prema slici Sl. 2.

- Sirovina iz šipke

1. Vrednost materijala
   - planska 298,20 din/kg
   - odpadak 47,82 din/kg
   - efektivna 250,38 din/kg (93,37%)

2. Vrednost obrade
   - radna snaga 3,00 din/kg (1,12%)
   - mašina 7,80 din/kg (2,91%)
   - alat 7,00 din/kg (2,61%)
   - ukupno 17,78 din/kg (6,63%).

Ukupna vrednost materijala i obrade iznosi
268,16 (100%)

- Sirovina odlivak iz kokile

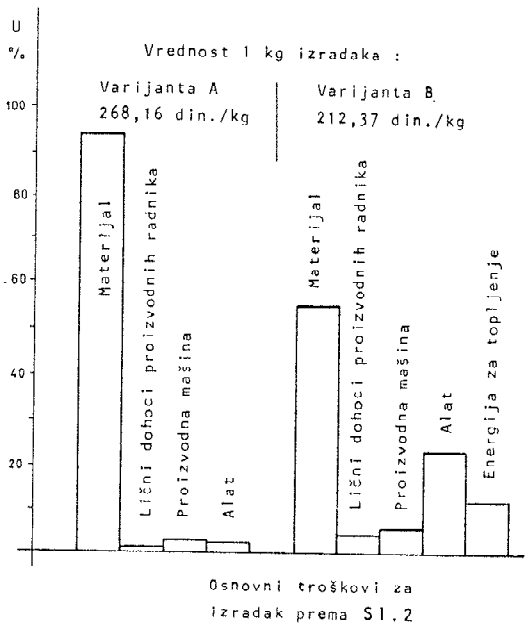
1. Vrednost materijala

- planska 160,03 din/kg
- odpadka 43,54 din/kg
- efektivna 116,49 din/kg (54,85%).

2. Vrednost obrade
   - radne snage 9,47 din/kg (4,46%)
   - mašine 12,15 din/kg (5,72%)
   - alata 49,27 din/kg (23,20%)
   - ukupno 70,88 din/kg (33,38%).

3. Električna energija za topljenje
   25,00 din/kg (11,77%)

Ukupna vrednost materijala, obrade i električne energije za topljenje iznosi
212,37 din/kg (100%).



Slika 4.

Analiza numeričkih vrednosti dobivenih proračunom ukazuje da je optimalna varijanta, za oba uzorka, obrada na transfer mašini kada se predhodni oblik dobije kovanjem na presi iz sirovine livene u kokili.

Pored toga uočava se vrlo značajna razlika u strukturi troškova kako u zavisnosti od varijante obrade, tako i kod oba analizirana uzorka, za isti način obrade (Sl. 3 i Sl. 4).

Tako pri obradi na šestovretenim automatima dominantni udeo ima vrednost materijala (85,81% i 93,37%), dok pri obradi na transfer mašini za izradak prema slici Sl. 1. najveći uticaj ima vrednost obrade (45,11%), dok za izradak prema slici Sl. 2. vrednost materijala (54,85/), pri čemu za oba uzorka značajan udeo ima i alat (38,14% i 23,20%).

5.0 Zaključak

Na osnovu napred izloženog može se zaključiti:
- da predložena metodologija omogućuje kvalitativan i kvantitativan izbor optimalne varijante tehnološkog procesa i postupka obrade primenjujući opšti prilaz optimizaciji sistema, uvodjenjem funkcije cilja odn. kriterijuma optimizacije, funkcije stanja i funkcija ograničenja, i
- predložena metodologija ima aplikativni karakter pri projektovanju novih i poboljšanju efekata u postojećim proizvodnim kapacitetima.

Literatura

1. Sekulić, S., Tendencije u razvoju tehnoloških struktura, Uvodna izlaganja, Naučno-stručni skup Industrijski sistemi - IS'84, Novi Sad, 1984.
2. Sekulić, S., Opšti model izbora tehnološke strukture na osnovama grupnog prilaza, Zbornik radova naučno-stručnog skupa Industrijski sistemi - IS '84, Novi Sad, 1984.
3. Plaškin, I.K., Optimizacija tehnologičeskih rešenij v mašinostroenii, Mašinostroenie: Moskva, 1982.
4. Čarnko, D.V., Osnovy vybora tehnologičeskogo processa mehaničeskoj obrabotski, Mašgiz: Moskva, 1963.
5. Ivković, B., Struktura troškova proizvodnje u obradi metala, Mašinski fakultet: Kragujevac, 1974.

Sava St. Sekulić

OPTIMAL VARIANT OF THE TECHNOLOGICAL PROCESS AND TECHNOLOGICAL TREATMENT SELECTION

Starting from the large possibilities in production in the paper is given the selection procedure of optimal variante of the technological process and technological treatment. The functions of state are determined with various technological systems. The objecive function is appointed as minimal production costs with respect of the relevant constraints.

XIX SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE

Kragujevac, septembar 1985.

GRAFIČKI POSTUPAK ZA ODREĐIVANJE POUZDANOSTI REZNOG ALATA ZASNOVAN NA BROJU OBRADAKA OBRAĐENIH POJEDINIM ALATIMA

S. Sekulić, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad

U radu se iznosi grafički i grafoanalitički postupak odredjivanja parametara funkcije raspodele otkaza reznog alata na osnovu prikupljenih podataka u toku proizvodnje. Obradjen je primer na operaciji predhodne obrade otvora upuštačem u ušici klipa za motor sa unutrašnjim sagorevanjem.

1.0 Uvod

Stanje alata možemo opisati prostom funkcijom stanja

$$x(t) = \begin{cases} 1 & \text{alat u radu} \\ 0 & \text{alat u orkazu} \end{cases}$$

pri čemu je slučajna funkcija stanja zavisna od vremena t.

Ako se odreničimo na analizu otkaza alata u okviru obradnog sistema možemo konstatovati da odkazi zavise od čitavog niza faktora i da predstavljaju vrlo kompleksnu pojavu.

Složenog geometrijskog oblika, dinamički i toplotno opterećen, rezni alat podleže otkazu u radu.

Kao što je poznato proces rezanja karakterišu: 1. materijal obratka; 2. materijal alata i 3.uslovi pod kojima se obrada izvodi.

Poslednja karakteristika obuhvata režime obrade [elementi preseka strugotine, brzina rezanja, geometriju alata, sredstvo za podmazivanje i hladjenje, kao i stanje tehnološkog dinamičkog sistema MPOA (mašina alatka M - pribor P - obradak O - alat A)].

Na osnovu napred izloženog može se zaključiti da vreme do otkaza nije konstantno već predstavlja slučajnu veličinu koju možemo prognozirati primenom poznatih zakona statistike i verovatnoće.

Osnovne karakteristike u Teoriji pouzdanosti su:

- funkcija pouzdanosti (pouzdanost) ili verovatnoća bezotkaznog rada R(t),
- funkcija verovatnoće (verovatnoća) pojave otkaza F(t),
- učestanost ili frekvenca otkaza f(t), i
- brzina ili intenzitet otkaza $\lambda(t)$.

Dosadašnja istraživanja pokazuju da se funkcija raspodele otkaza reznog alata pokorava Weibull-ovoj raspodeli:

$$F(t) = 1 - \exp\left[-(t/\eta)^{\beta}\right] \qquad (1)$$

Pouzdanost je komplement verovatnoće

$$R(t) = 1 - F(t) = \exp\left[-(t/\eta)^{\beta}\right] \qquad (2)$$

Frekvenca otkaza definiše se kao

$$f(t) = dR(t)/dt = \beta/\eta\,(t/\eta)^{\beta-1} \cdot \exp\left[-(t/\eta)^{\beta}\right] \qquad (3)$$

a intenzitet otkaza

$$\lambda(t) = f(t)/R(t) = \beta/\eta(t/\eta)^{\beta-1} \qquad (4)$$

Srednje vreme bezotkaznog rada izraženo preko gama funkcije iznosi

$$T_{sr} = \eta\,\Gamma(1/\beta + 1) \qquad (5)$$

Iz izraza za verovatnoću (1) sledi

$$1/1-F(t) = \exp(t/\eta)^{\beta} \qquad (6)$$

pa se nakon dvostrukog logaritmovanja dobija

$$\ln \ln \left[1/1-F(t)\right] = \beta \ln t - \beta \ln \eta \qquad (7)$$

Označimo li sa

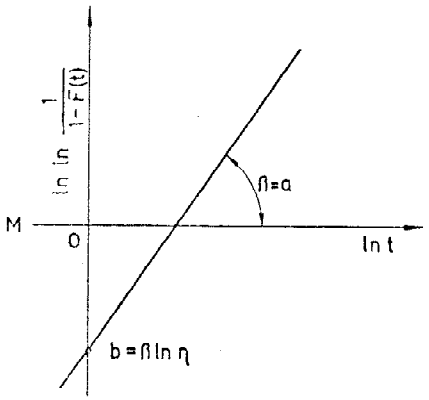
$$y = \ln \ln \left[1/1-F(t)\right] \quad \text{i} \quad x = \ln t \qquad (8)$$

izraz (7) dobija vid

$$y = \beta x - \beta \ln \eta \qquad (9)$$

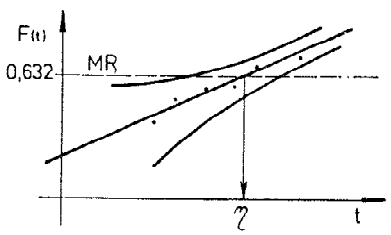
koji predstavlja pravu liniju sa uglom nagiba β i odsečkom $b = \beta \ln \eta$ (sl. 1). Prema tome od-

redjivanje parametara Weibull-ove raspodele može se svesti na odredjivanje ugla nagiba prave ß i odsečka ß ln η u mreži sa podelama prema izrazu (8) Weibull-ov list verovatnoće).



Slika 1.

Veličina parametra razmere n može se direktno očitati sa lista verovatnoće na t podeli, ako iz tačke, koja se dobija presekom aproksimativne prave i medijane (za koju je ln ln 1/1-F(t)= = 0, odn. F(t) = 0,632), povuče vertikala (slika Sl. 2).



Slika 2.

Hipoteza o raspodeli se prihvata ukoliko se za celu populaciju, sve tačke nalaze u intervalu poverenja.

2.0 Prikupljanje i obrada podataka

Prikupljanje podataka o otkazima alata u toku proizvodnje, u posmatranoj operaciji, najjednostavnije je preko broj obradjenih obradaka. Kada se ustanovi broj obradaka nakon kojih je došlo do otkaza, vreme do otkaza alata ravno je proizvodu vremena u kome nastaje strugotina po obradsku t_s i broja obradaka z, tj.

$$T = z\, t_s = z\, i\, \ell/s\, n$$

gde je i broj prolaza, ℓ dužina rezanja, s pomak i n broj obrta.

Kako je za posmatranu operaciju

$$C = i\, \ell/s\, n = \text{const.}$$

to je

$$T = C\, z$$

Prema tome, ako u cilju odredjivanja pouzdanosti posmatramo N alata i ako do otkaza dolazi posle obrade

$$z_1, z_2, z_3, \ldots, z_i, \ldots, z_n$$

obradaka njima odgovaraju vremena otkaza

$$T_1, T_2, T_3, \ldots, T_i, \ldots, T_n$$

pri čemu su $z_{i-1} \gtrless z_i$, odn. $T_{i-1} \gtrless T_i$.

Da bi se odredili parametri Weibull-ove raspodele otkaza alata predlaže se grafička metoda preko medijalnih rangova.

U tom cilju vrednosti vremena o otkazima alata treba svrstati u niz po veličini tako da je

$$T_{j-1} < T_j$$

Zatim se odredjuju medijalni rangovi iz odgovarajućih tablica ili izračunavaju po obrascu

$$MR = (j - 0{,}3)/(N - 0{,}4)$$

Za usvojeni nivo značajnosti α (npr. α = 0,05), takodje se iz odgovarajućih tablica odredjuje donja i gornja granica poverenja (5% i 95%) (tablica 1).

Tablica T.1

j	z_j	T_j	5%	MR	95%
1	7730	408	0,465	6,107	23,840
2	10380	548	3,332	14,796	36,436
3	11310	597	7,882	23,578	47,009
4	12100	639	13,507	32,380	56,437
5	12480	659	19,958	41,198	65,019
6	13120	692	27,125	50,000	72,875
7	13280	701	34,981	58,811	80,042
8	13480	711	43,563	67,620	86,492
9	13800	728	52,991	76,421	92,118
10	14060	742	63,564	85,204	96,668
11	14270	753	76,160	93,893	99,535

Podaci iz tablice 1 unose se direktno na standardni Weibull-ov list verovatnoće. Eksperimentalne tačke i tačke koje ograničavaju interval poverenja, omogućuju povlačenje aproksivamtivne prave (tako da odstupanja svih tačaka od nje bude minimalno) kao i krive granica poverenja. Zatim se iz tačke F(t) = 60% povlači prava paralelna sa aproksimativnom pravom i na gornjoj po-

moćnoj skali očita parametar oblika β, a zatim parametar razmere η na t podeli.

2.1 Primer

U cilju odredjivanja pouzdanosti alata posmatrani su otkazi na operaciji predhodne obrade otvora na ušici klipa nestandardnim proširivačem ø 19 mm, sa dva sečiva od tvrdog metala kvaliteta K10. Prečnik otvora pre proširivanja iznosio je ø 17 mm.

Režim obrade: broj obrta $n=1800\ min^{-1}$ (brzina rezanja v = 1,8 m/s), pomak s=0,2 mm. Dužina rezanja u ušici klipa l = 19 mm.

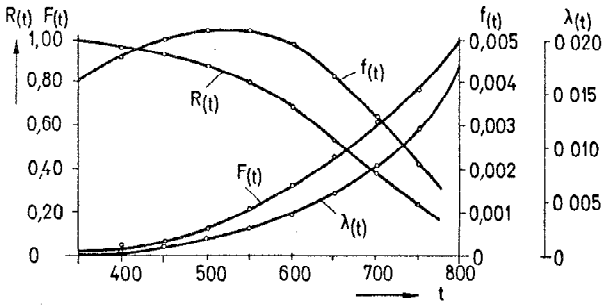
Do otkaza alata dolazilo je nakon

12480; 13480; 10380; 12100;
7730; 14270; 13120; 14060;
13280; 13800; 11310;

obradjenih otvora.

Vremena otkaza alata svrstana su po veličini u tablici 1 koja sadrži i podatke vezane za medijalne rangove i granice intervala poverenja.

Kompletna grafička metoda predstavljena je na slici 3.



Slika 3.

Čisto grafički postupak, primenom standardnog Weibull-ovog lista verovatnoće, omogućuje brzu obradu podataka, ali pri većim vrednostima parametra oblika β nastaju teškoće pri očitavanju, zbog velikog ugla nagiba prave. Za ovakve slučajeve parametre β i η treba odrediti grafoanalitičkim postupkom, koji se iznosi u nastavku.

Polazeći od jednačine (7), koja predstavlja pravu liniju oblika

$$y = ax + b \qquad (7')$$

i primenjujući za nju metodu najmanjih kvadrata, tj. da je zbir kvadrata pojedinih grešaka minimalan

$$(\Sigma \Lambda_i^2)_{min} \qquad (10)$$

dolazi se do sistema linearnih jednačina

$$\Sigma(x_i y_i) - a \quad \Sigma(x_i)^2 - b \quad x_i = 0 \qquad (11)$$

$$\Sigma y_i - a \quad x_i - N \quad b = 0$$

odnosno

$$\begin{aligned} A_1 a + B_1 b &= C_1 \\ A_2 a + B_2 b &= C_2 \end{aligned} \qquad (12)$$

gde je

$$A_1 = \Sigma(x_i)^2 \; ; \quad A_2 = \Sigma x_i = B_1$$

$$B_2 = N; \quad C_1 \; \Sigma(x_i y_i); \; C_2 = \Sigma y_i$$

Gornji sistem ima rešenja:

$$a = \frac{D_a}{D} = \frac{\begin{vmatrix} C_1 & B_1 \\ C_2 & B_2 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} A_1 & B_1 \\ A_2 & B_2 \end{vmatrix}} = \frac{C_1 B_2 - C_2 B_1}{A_1 B_2 - A_2 B_1} \qquad (13)$$

$$b = \frac{D_b}{D} = \frac{\begin{vmatrix} A_1 & C_1 \\ A_2 & C_2 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} A_1 & B_1 \\ A_2 & B_2 \end{vmatrix}} = \frac{A_1 C_2 - A_2 C_1}{A_1 B_2 - A_2 B_1} \qquad (14)$$

Konstante $A_1, \ldots, C_2$ odredjuju se tabelarno.

Zamenom se dobijaju konstante a i b pa je:

$$\beta = a \quad i \quad \eta = \exp(b/\beta) \qquad (15)$$

Kada su poznati parametri β i η funkcija verovatnoće raspodele otkaza F(t), pouzdanost R(t), frekvenca f(t) i intenzitet otkaza λ(t) mogu se odrediti pomoću izraza (2) do (4).

Srednje vreme bezotkaznog rada izračunava se pomoću izraza (5).

Na osnovu gore izloženog parametri raspodele funkcije otkaza mogu se odrediti na osnovu prikupljenih podataka o otkazima alata. T i njima pripadajućih medijalnih rangova $(MR)_j$.

Uzimajući u obzir izraze (7) do (15) sledi da je

$$x_i = \ln T_j \quad i \quad y_i = \ln \ln \frac{1}{[100-(MR)_j]/100} \qquad (16)$$

pa metoda najmanjih kvadrata daje (tablica 2)

$$\beta = a = 5{,}95980$$

i

$$\eta = \exp(b/\beta) = \exp(-39{,}07265/5{,}95980) = 703{,}476 \text{ min}$$

Tablica T.2

j	$x_i = \ln T_j$	$100-(MR)_j$	$y_i = \ln \ln \frac{1}{\frac{100-(MR)_j}{100}}$
1	6,0112672	93,893	-2,7643928
2	6,3062753	85,204	-1,8318205
3	6,3919171	76,422	-1,3134173
4	6,4599045	67,620	-0,9383666
5	6,4907235	58,802	-0,6330040
6	6,5395860	50,000	-0,3665129
7	6,5525079	41,189	-0,1199115
8	6,5666724	32,380	0,1201174
9	6,5903010	23,579	0,3679804
10	6,6093492	14,796	0,6475290
11	6,6240652	6,107	1,0280949

uz koeficijent korelacije $r = 0,9490$.

Uvrštavajući vrednosti za β i n u izraze (1) do (5) dobijamo za funkciju verovatnoće otkaza $F(t)$, pouzdanosti $R(t)$, frekvencu $f(t)$ i intenzitet otkaza $\lambda(t)$

$$F(t) = 1-\exp\left[-(t/703,4760)^{5,9598}\right] \quad (17)$$

$$R(t) = \exp\left[-(t/703,4760)^{5,9598}\right] \quad (18)$$

$$f(t) = (1/118,03685)(t/703,4760)^{4,9598} \cdot \exp\left[-(t/703,4760)^{5,9598}\right] \quad (19)$$

$$\lambda(t) = (1/118,03685)(t/703,4760)^{4,9598} \quad (20)$$

a srednje vreme bezotkaznog rada iznosi

$$T_{sr} = 703,4760\ \Gamma(1/5,9598 + 1) \quad (21)$$

$$T_{sr} = 652,3 \text{ min}$$

Tablica T.3

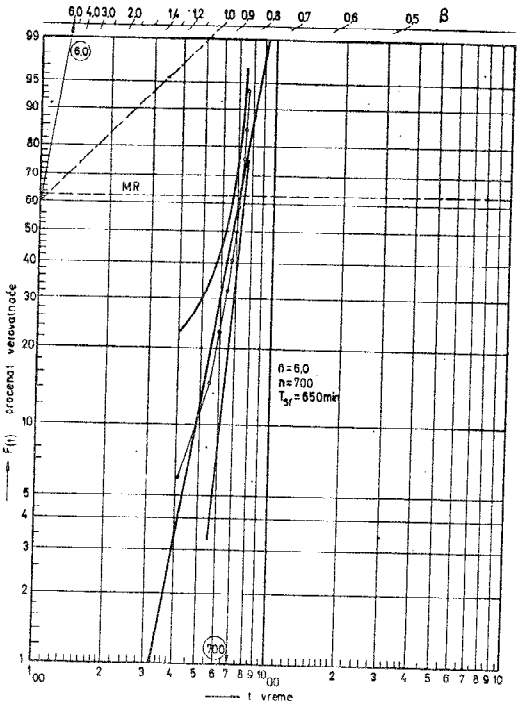
i	t_i	R(t)	F(t)	f(t)	$\lambda(t)$
1	350	0,9845219	0,0154781	0,0041498	0,0002656
2	400	0,9660191	0,0339809	0,0046535	0,0005151
3	450	0,9326216	0,0673784	0,0050542	0,0009238
4	500	0,8774785	0,1225215	0,0052837	0,0015579
5	550	0,7940073	0,2059927	0,0052592	0,0024995
6	600	0,6788014	0,3211986	0,0048992	0,0038483
7	650	0,5356583	0,4643417	0,0041931	0,0057238
8	700	0,3787382	0,6212618	0,0031928	0,0082563
9	750	0,2311433	0,7688567	0,0020877	0,0116392
10	800	0,1162761	0,8837239	0,0011202	0,0160303

Kompletan proračun sproveden je u tablici 3, a grafička interpretacija se vidi na slici sl. 4.

3.0 Zaključak

Na osnovu napred izloženog mogu se doneti sledeći zaključci:

- predložena metodologija omogućuje određivanje pouzdanosti alata u proizvodnim uslovima za sve tipove proizvodnje,



Slika 4.

- čisto grafički postupak, primenom standardnog Weibull-ovog lista verovatnoće, omogućuje brzu obradu podataka i
- pri većim vrednostima parametara oblika β nastaju teškoće pri očitavanju pa se za odredjivanje vrednosti parametara raspodele β i n preporučuje grafoanalitički postupak.

LITERATURA

1. Sekulić, S., Odredjivanje pouzdanosti reznog alata u radioničkim uslovima, Zbornik radova EFTES '75, Novi Sad, 71-82, 1975.
2. Sekulić, S., Statistical formulation of a cutting tool reliability in a working conditions, Proc. XXI EOQC-Varna '77, Stream C, 257-270, 1977.
3. Sekulić, S., Odredjivanje potrebnog broja alata za obradu serije na osnovu njegove pouzdanosti, Obrada metala i tribologija, 5, 11-22, 1976.
4. Sekulić, S., Determination of tool quantum for application in series production on the basis of tool reliability, Int. J, Prod. Res., Vol. 16, No. 1, 51-61, 1978.
5. Sekulić, S., Troškovi alata i ukupni troškovi obrade u funkciji pouzdanosti alata kod protočnih automatskih linija, Tribologija u industriji, 1, 16-23, 1979.
6. Sekulić, S., Cost of cutting tools and total machining costs as a funtion of the cutting-tool reliability in automatic flow lines, Int. J.Prof.Res., Vol. 20, No. 2, 187-200, 1982.

7. Sekulić, S., Odredjivanje pouzdanosti reznog alata skraćenim postupkom, Zbornik radova XVII Savjetovanja proizvodnog mašinstva Jugoslavije, Budva, II-161-II-164, 1983.

8. Sekulić, S., Odredjivanje pouzdanosti reznog alata na fleksibilnim automatskim linijama, obrade, Zbornik radova Kolokvija o obradi metala i eksploataciji obradnih sistema KOMEOS '83, Tehnički fakultet, Rijeka, 50-58, 1983.

9. Sekulić, S., Metodologije za odredjivanje pouzdanosti reznog alata, Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka, Novi Sad, 128-142, 1983, 14.

10. Sekulić, S., Methodologies for determination of cutting-tool reliability, Drugie miedzynarodowe sympozijum NARZEDZIA '84, Politechnika krakowska, Krakow-Janovice, 160-164, 1984.

S.Sekulić

THE SELECTION OF OPTIMAL VARIANT OF TECHNOLOGICAL PROCESS AND TECHNOLOGICAL TREATMENT

Abstract

Departing from the many possibilities in production, presented in the paper is the procedure for selecting optimal variants of the technological process and technological treatment.The state functions are determined by various technological systems.The goal function, or the optimisation criterion is minimising the production costs subject to relevant constraints.

XIX SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE

Kragujevac, septembar 1985.

OPTIMIZACIJA PLANA KONTROLE OBRADE KLIPA MOTORA SUS NA AUTOMATSKOJ OBRADNOJ LINIJI

B. Iskrin, Fakultet tehničkih nauka, Naučno-obrazovni institut za proizvodno mašinstvo, Novi Sad

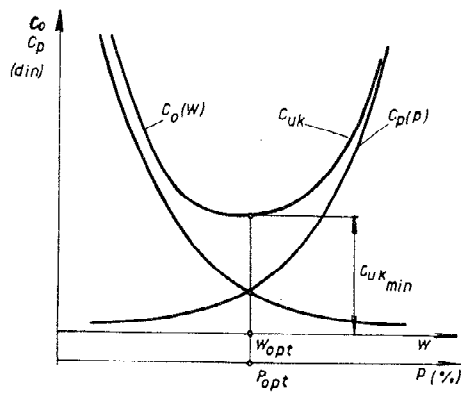
R E Z I M E

U radu je analiziran problem optimizacije plana kontrole koji za funkciju cilja ima kvalitet obradnog procesa. Razmatra se funkcionalna zavisnost izmedju troškova tehnološkog procesa obrade i disperzije tehnološkog procesa kao i zavisnost troškova lošeg kvaliteta i proporcije loših. Definisanje ekstremuma ukupnih troškova dobijaju se optimalne veličine disperzije tehnološkog procesa i proporcije loših na osnovu kojih se dobija optimalna veličina uzorka.

1. OPTIMIZACIONI PROBLEM

Veličina polja rasipanja propisane karakteristike (w) tehnološkog procesa izrade klipa na automatskoj liniji i proporcija loših (p) stoje u odredjenom medjusobnom odnosu preko ekonomskih efekata (troškova). Odnos troškova tehnološkog procesa obrade (C_o) i disperzije lošeg kvaliteta (C_p) i proporcije loših (p) sa druge strane moguće je grafički prikazati (slika 1.1). Na osnovu grafičkog slaganja moguće je pronaći minimalne ukupne troškove tehnološkog procesa koji definišu optimalnu veličinu disperzije i proporcije loših tehnoloških procesa. Tako imamo da su:

$$C_{uk} = C_o(w) + C_p(p) \rightarrow \min. \qquad (1.1)$$

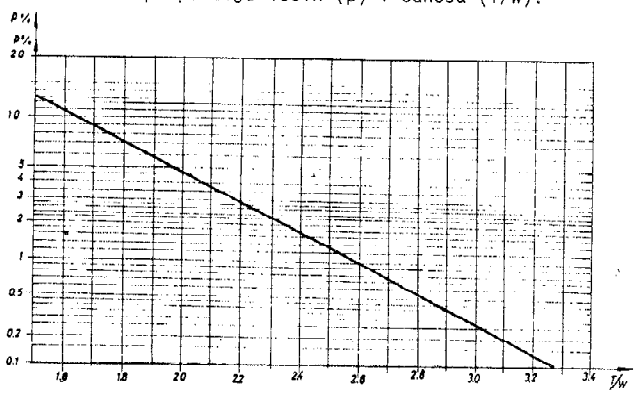


Slika 1.1. Minimizacija ukupnih troškova |1|

Zavisnost izmedju veličine polja rasipanja (w) tehnološkog procesa i proporcije loših data je jednačinom:

$$p = 2\,|1-\phi\,(\tfrac{T}{w})| \qquad (1.2)$$

Na slici 1.2 je na papiru verovatnoće, prikazana zavisnost proporcije loših (p) i odnosa (T/w).



Slika 1.2. Zavisnost proporcije loših (p) od odnosa (T/w) |1|

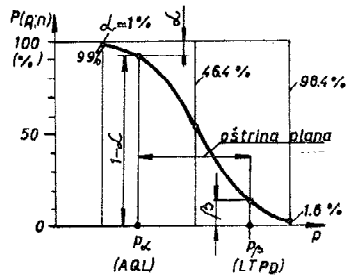
Iz navedenog se vidi da se proporcija loših (p) i veličina polja rasipanja (w) ne mogu smanjiti na onu veličinu koju tehnološki proces može postići, jer to ekonomski nije opravdano, nego se želi postići optimalna veličina ovih parametara.

2. USLOVI OPTIMIZACIJE PLANA KONTROLE

2.1. Proces kontrole

U statističkoj kontroli kvaliteta razradjene su metode pomoću kojih se mogu proučiti masovni procesi na bazi relativno malog broja ispitivanja. Naučnu osnovu ovih metoda čini teorija uzoraka. Teorija uzoraka ima trojak zadatak (i) utvrdjivanje zakona i rasporeda osnovnog skupa na osnovu rezultata ispitivanja uzoraka (ii) ocenjivanje granica vrednosti parametara osnovnog skupa i (iii) testiranje statističkih hipoteza |2,3|. U praksi se primenjuju planovi prijema pomoću uzoraka putem atributivne karakteristike i karakteristike merenih veličina.

Planovi prijema se grafički prikazuju putem operacione karakteristike, slika 2.1. Za definisani uzorak (n) i (c) operaciona karakteristika definiše verovatnoću prijema osnovnog skupa P (p,n) u zavisnosti od proporcije loših (p).



Slika 2.1. Operaciona karakteristika |3|.

Na slici 2.2 je prikazana zavisnost verovatnoće prijema P(n) i proporcije loših, što predstavlja osnovu za optimizaciju plana kontrole |4|.

2.2. Troškovi lošeg kvaliteta

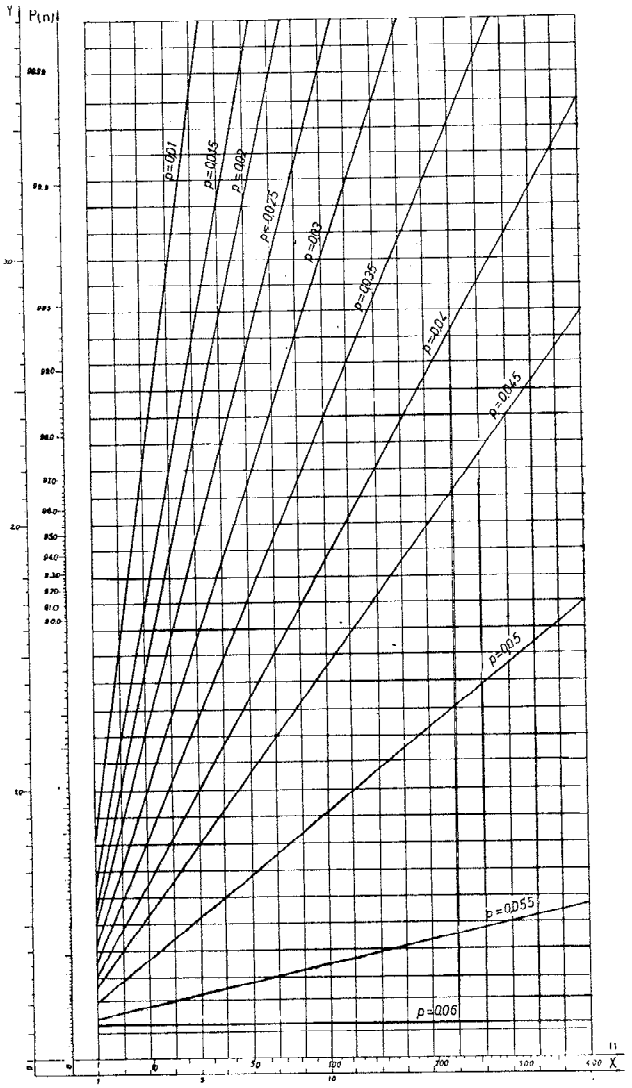
Troškovi lošeg kvaliteta sastavljeni su od: (i) direktnih troškova škarta $C_{\check{s}}$, (ii) troškova gubitaka C_g (škart, dorada, garancija, reklamacija) i (iii) troškova obezbedjenja kvaliteta C_{ob} (troškovi kontrole pre procesa, za vreme procesa i posle procesa), pa imamo da su:

$$C_p = C_{\check{s}} + C_g + C_{ob} \qquad (2.1)$$

Ako se troškovi obezbedjenja kvaliteta C_{ob} rasčlane na (i) neposredne troškove kontrole C_n, (ii) troškove ponovne kontrole vraćene količine C_v i (iii) srednje troškove C_{sr} tada imamo:

$$C_p = C_{\check{s}} + C_g + C_n + C_v + C_{sr} \qquad (2.2)$$

gde su:



Slika 2.2. Zavisnost izmedju verovatnoće prijema P(n) i proporcije loših (p) |4|

- troškovi škarta $C_{\check{s}}$

$$C_{\check{s}} = \frac{(L+K)\ N\ p}{100} \qquad (2.3)$$

gde su:

L - troškovi škarta (odbačeni deo, materijal i uloženi rad) (din/kom)

K - troškovi kontrole (din/kom)

N - veličina serije (kom)

p - proporcija loših (%)

- troškovi gubitaka C_g

$$C_g = G\ (N-n)\ p\ P(n) \qquad (2.4)$$

gde su:

G - troškovi pronalaženja jednog lošeg komada plus troš- troškovi pripreme kontrolne tehnologije (din/kom),

n - veličina uzorka (kom),

P(n) - verovatnoća prijema

- neposredni troškovi kontrole C_n

$$C_n = K\,n \qquad (2.5)$$

- Troškovi ponovne kontrole, vraćene količine C_v

$$C_v = K\,|N-N||1-P(n)| \qquad (2.6)$$

- srednji troškovi kontrole C_{sr}

$$C_{sr} = \frac{1}{b}(I + U) \qquad (2.7)$$

gde su:

I - troškovi amortizacije mernog pribora (din/s),

U - troškovi čekanja mernog pribora (din/s),

b - broj kontrolisanih uzoraka (uzorak/s).

Konačan oblik funkcije cilja optimizacije je |4| glasi:

$$C_{uz} = (p\cdot G-K)(N-n)\,P(n) \rightarrow \min \qquad (2.8)$$

Funkciju cilja optimizacije moguće je grafički prikazati uz poznavanje (G)(k) i verovatnoće prijema P(n) za različito (p) sa slike 2.2.

3. OPTIMIZACIJA PLANA KONTROLE OBRADE KLIPA NA AUTOMATSKOJ LINIJI

3.1. Odredjivanje funkcije cilja

Za definisanu funkciju cilja jednačina (2.8) i odredjene parametre:

p = 0,01, 0,02... 0,05 proporcija loših

- troškovi otkrivanja škarta G = 4,0 din/kom.
- n = 10,20,..., 100 veličina uzorka (kom),
- P(n) - verovatnoća prijema (sl. 2.2),
- N = 600 kom. veličina partije za pregled.

Funkcija cilja se izračunava za različite vrednosti proporcije loših (p) i različite veličine uzorka (n), slika 3.1.

Pomoću dijagrama, slika 3.1, odredjuje se za svako (p), minimalna vrednost funkcije cilja C_{uz} (min i optimalna veličina uzorka n_{opt}, rezultati su prikazani u tabeli 3.1.

Tabela 3.1.

Minimalna vrednost funkcije cilja C_{uz}(min) din/uzor.

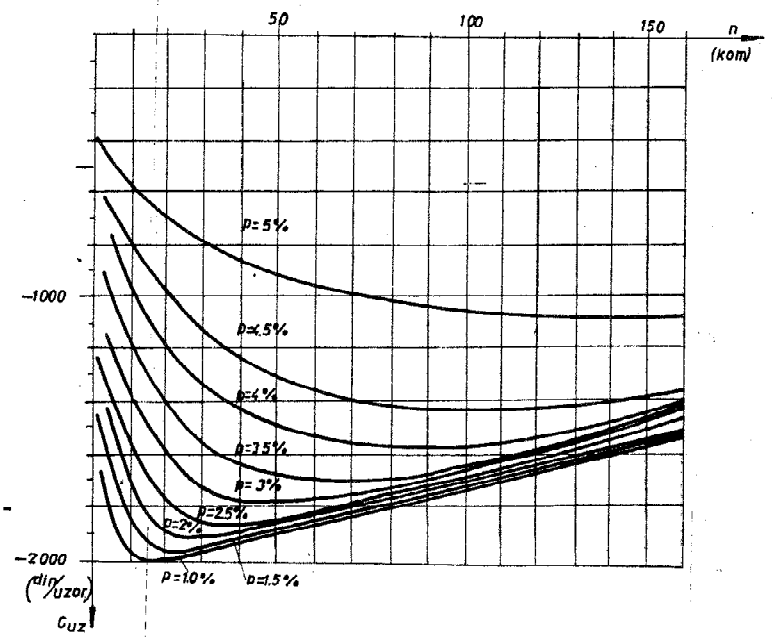
p %	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
n_{opt}	15	22	25	35	54	62	85	105	130
C_{uz}(min)	2004	1956	1920	1867	1794	1703	1571	1416	1079

3.2. Odredjivanje optimalnih troškova lošeg kvaliteta C_p(min)

Optimalni troškovi lošeg kvaliteta odredjuju se pomoću jednačine:

$$C_p(\min) = C_{\check{s}} + KN + C_{uz}(\min) + \frac{1}{b}(I+U) \qquad (3.1)$$

gde su prema jednačini (2.3), $C_{\check{s}}$ - troškovi škarta prikazani u tabeli 3.2.



Slika 3.1. Dijagram funkcije cilja za različite (p)i(n)

Tabela 3.2.

Troškovi škarta $C_{\check{s}}$ din/uzorku

p %	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
$C_{\check{s}}$	649	973	1298	1623	1947	2272	2597	2921	3246

Srednji troškovi C_{sr} odredjuju se pomoću jednačine (2.7):

$$C_{sr} = \frac{1}{b}(I+U) = 0{,}065 \text{ din/uzorku}$$

gde su:

$$I = \frac{C_{kp}}{A\,F_o\,3600} = 0{,}0005 \text{ din/s}$$

gde je:

C_{kp} = 75000 din - vrednost mernog pribora

A = 10 god - amortizacioni vek mernog pribora

F_o = 4300 h/god. - godišnji raspoloživi vremenski kapacitet

b = 0,0085 uzor/s - broj pregledanih uzoraka

U = 0,00005 din/s - troškovi čekanja mernog pribora

Optimalni troškovi lošeg kvaliteta za različitu proporciju loših (p) prikazani su u tabeli 3.3.

Tabela 3.3.

Optimalni troškovi lošeg kvaliteta C_p(min) din/uzorku

p %	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
C_p(min)	733	1106	1466	1844	2242	2657	3114	3594	4255

4. UKUPNA OPTIMIZACIJA

Na osnovu jednačine (1.1) i optimizacionog problema moguće je odrediti optimalnu zavisnost troškova tehnološkog procesa obrade i procesa kontrole |4|.

4.1. Transformacija koordinata

Troškovi tehnološkog procesa obrade izraženi su u funkciji veličine polja rasipanja (w) a troškovi lošeg kvaliteta u funkciji proporcije loših (p), da bi se mogli grafički prikazati na zajedničkom dijagramu mora se izvršiti transformacija koordinata. Zajednička apcisa se definiše pomoću jednačine (1.2) i dijagrama sl.1.2.

4.2. Troškovi tehnološkog procesa obrade

Troškovi tehnološkog procesa obrade predstavljaju sumu sledećih troškova |4,6|

$$C_o = O_1+R_1+M_1+A_1+B_1 \text{ (din/kom)} \qquad (4.1)$$

gde su:

O_1 - troškovi materijala izradka,
R_1 - troškovi ličnog dohotka radnika (poslužioc i regler)
M_1 - troškovi amortizacije,
A_1 - troškovi alata,
B_1 - ostali troškovi.

Troškovi tehnološkog procesa obrade mogu se izraziti |6|:

$$C_o = O_1+M_1\ t_k+|(M_1+b_1+k_1)t_1+C_o t_o+C_{a(i+1)}|\ \frac{t_g}{T} + k_1 (t_g+t_p+t_d+t_{pz})+b_1 t_k, \qquad (4.2)$$

Objašnjenje i vrednosti pojedinih veličina date su u tabeli 4.1, koje su dobijene iz dokumentacije RO "27 mart" OOUR Motor deo, Novi Sad, za sve operacije na automatskoj liniji.

Na osnovu sprovedene ekonomske analize troškova procesa obrade klipa na automatskoj liniji, sprovodi se transformacija koordinata:

$$C_o(w) = \frac{U_o\ N}{n} = \frac{62838}{n} \qquad (4.3)$$

Troškovi tehnološkog procesa obrade (din/uzorku) dati su u tabeli 4.2.

Tabela 4.2.

Troškovi tehnološkog procesa obrace $C_o(w)$ (din/uzorku)

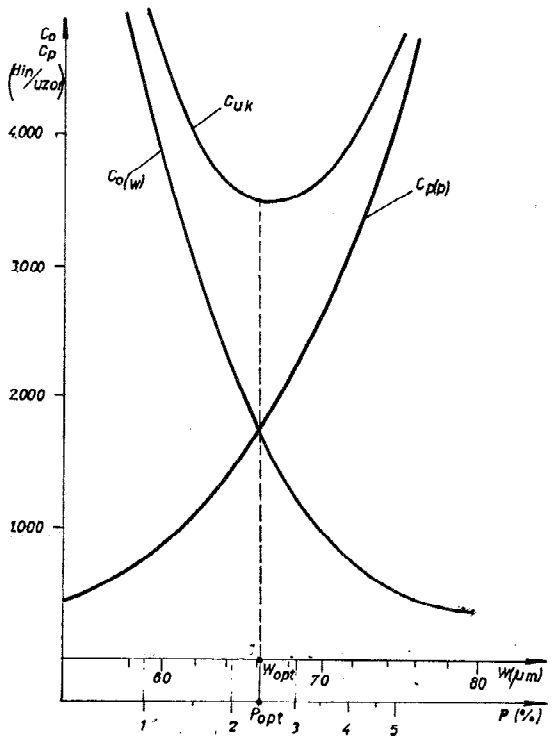
p %	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
n_{opt}	15	22	25	35	54	62	85	105	130
$C_o(w)$	4189	2856	2513	1750	1163	1013	739	598	483

4.3. Odredjivanje optimuma ukupnih troškova

Na osnovu tabele 3.3 i 4.2 na slici 4.1 prikazan je dijagram ukupnih troškova. Minimalni ukupni troškovi definišu optimalnu veličinu rasipanja mera tehnološkog procesa obrade klipa na automatskoj liniji (W_{opt}=66 µm) i optimalnu veličinu proporcije loših izradaka (p_{opt} = 2,5%).

Tabela 4.1.

Veličina	Oznaka	Dimenzije	Broj operacije					
			20	30	40	50	60	70
1. Glavno vreme	tg	s/kom	2,4	4,0	3,2	5,4	5,0	3,3
2. Pomoćno,dodatno i pripr.završno	(tp+td+tpz)	s/kom	7,6	8,0	7,5	6,6	7,0	7,5
3. Vreme zamene i reg.alata	ta	s/kom	0,17	0,11	0,30	0,34	0,12	0,15
4. Vreme zamene i reg.alata	t_1	s/seč	26	9	2	12	17	3
5. Vreme oštrenja alata	t_o	s/seč	300	300	180	300	420	300
6. Postojanost alata	T	s	9120	9590	2500	8640	11500	5900
7. Vreme obrade	t_k	s/kom	10,17	12,11	11,0	12,34	12,12	11,0
8. Cena mašine	C_M	din	$1,3.10^7$	$1,5.10^7$	$1,1.10^7$	$1,4.10^7$	$1,5.10^7$	$1,2.10^7$
9. Amortizaciona stopa	p	%	10	10	10	10	10	10
10. Cena oštrenja	$C_{oš}$	din/s	0,096	0,096	0,096	0,096	0,096	0,096
11. Godišnji vremenski kapacitet	F_o	h/god	4300	4300	4300	4300	4300	4300
12. Cena alata	C_A	din	1000	1040	102	6900	12500	1230
13.Broj oštrenja	i	-	8	8	-	9	9	8
14. Lični dohodak poslužioc i st.rad.	k_1	din/s	0,021	0,021	0,021	0,021	0,021	0,021
15. Stepen iskorišćenja vrem.kapacit.	η	-	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
16. Ostali troškovi	b_1	din/s	0,425	0,425	0,48	0,442	0,442	0,408
17. Troškovi obradka	O_1	din/kom	65,0	65,0	65,0	65,0	65,0	65,0
18. Troškovi obrade	Co	din/kom	5,70	7,10	6,00	7,23	7,80	5,90



Slika 4.1. Dijagram ukupnih troškova.

4.4. Optimizacija plana kontrole

Na osnovu odredjene veličine p_{opt} = 2,5% pomoću dijagrama na slici 3.1 i tabele 3.1 definiše se optimalna veličina uzorka n_{opt} = 35. Pomoću jednačine |4|

$$K = \phi^{-1}(1-p^{x}/2) - \frac{1}{\sqrt{n_{opt}}}\ \phi^{-1}\left|\frac{p^{*}_{(n)}+1}{2}\right| \qquad (4.4)$$

za p^{*} = 6% i $p^{*}_{(n)}$ = 10% dobija se iz jednačine (4.4) veličina k = 1,857, gde je ϕ^{-1} kvantil normalne raspodele, tako da je plan kontrole definisan sa n = 35 i k = 1,857.

5. Z A K L J U Č C I

Prikazani i razvijeni metod optimizacije plana kontrole tehnološkog procesa obrade klipa na automatskoj liniji, putem uzorka, dobijen minimizacijom ukupnih troškova obrade, pokazuje da se sa relativno malim uzorkom n = 35 može oceniti serija od 600 kom. proizvedenih klipova.

6. LITERATURA

|1| Dreyer,H., Sauer,W.: Optimales Zusamenwirken von technologischen Prozessen und Prüfplanen, XXII EOQC-Konferenz, Drezden, 1978.

|2| Ivanović,B.: Teorijska statistika, Beograd, 1966.

|3| Stanić,J.: Merenje i kvalitet obrade, II deo, Mašinski fakultet, Beograd, 1969.

|4| Iskrin,B.: Kontrola tačnosti obrade i njen uticaj na tehnoekonomski nivo procesa obrade na automatskoj liniji, Magirstarski rad, FTN, Novi Sad, 1984.

|5| Todić V.: Odredjivanje optimalnih parametara režima rezanja pri obradi na strugu, Magistarski rad, FTN, Novi Sad, 1978.

|6| Todić,V., Banjac,D. i dr.: Tehnoekonomski efekti novog tehnološkog procesa obrade košuljuce cilindra, NMA'83, Novi Sad, str. 557-567.

B.Iskrin

OPTIMISATION OF THE QUALITY CONTROL PLAN FOR MACHINING ENGINE PISTONS ON AN AUTOMATIC MACHINING LINE

Abstract

Analysed in the paper is the problem of optimisation of the quality control plan, the goal function being the machining process quality. Functional relationship is considered between the costs of the technological machining process and the dispersion of the technological process, and the dependence of the bad quality costs upon the proportion of the bad parts. By defining the extremum of the total costs, optimal values of the dispersion of the technological process are obtained, and the proportion of reject parts on the basis of which optimal size of the sample is obtained.

XIX SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE

Kragujevac, septembar 1985.

POBOLJŠANJE POSTUPKA OBRADE OTVORA ZA OSNOVNE LEŽAJEVE U KUĆIŠTU BRODSKOG DIESEL MOTORA

A. Pavić, "Jugoturbina", Karlovac
V. Vukić, "Jugoturbina", Karlovac
J. Kralj, "Jugoturbina", Karlovac

R E Z I M E

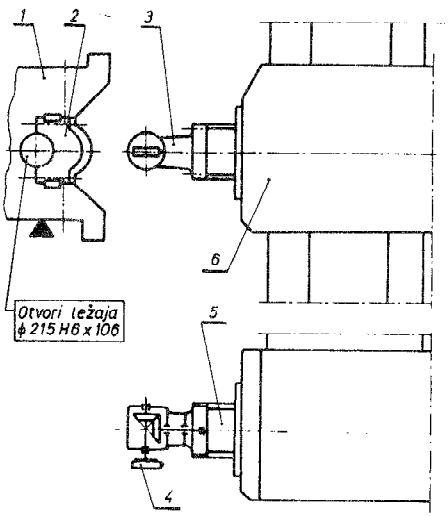
U radu je razmatran problem kvalitete završne obrade otvora u kućištu brodskog diesel motora sa aspekta stvaranja neravnina na obrađenoj površini koje su uzrokovane vibracijama reznog alata. Na osnovu prethodne analize uzroka, te poduzetih mjera i izvršenih pokusa u proizvodnim uvjetima, prikazani su rezultati poboljšanja postupka obrade, odnosno poboljšanja kvalitete obrađene površine.

U V O D

Nagli razvoj brodskih diesel motora (povećanje brzohodnosti i specifične snage, smanjenje mase i gabarita , povećanje točnosti izrade i pouzdanosti itd.) nametnuo je pred tehnologe veoma oštre zahtjeve, a posebno kada je u pitanju kvaliteta strojne obrade dijelova motora. Pri tom poseban problem predstavljaju tzv. teški dijelovi motora kao naprimjer kućište ili blok motora, koljenasto vratilo i slično. Ovi dijelovi, osim složenosti geometrijske forme imaju i visoke zahtjeve u pogledu točnosti i kvalitete obrade.

Otvori za osnovne (temeljne) ležajeve u kućištu brodskog diesel motora JUGOTURBINA - SULZER tipa 6A-25 obrađuju se završno na horizontalnoj bušilici - glodalici (borverku) pomoću kutne glave kao nosača alata učvršćene preko prirubnog dosjeda s vijcima na pokretni nosač glavnog vretena borverka. Dimenzije (gabariti) kućišta su 1040 x 2700 x 1302 mm, a masa 3225 kg. Dimenzije otvora ležajeva su (promjer x dužina) ø 215 H6 x 106 mm. Materijal kućišta je sivi lijev Sl.26 tvrdoće HB = 210 feritne strukture, a poklopca ležaja nodularni lijev NL. 42 tvrdoće HB = 180 pretežno feritne strukture. Obrada otvora za osnovne ležajeve u kućištu vrši se zajedno s pritegnutim poklopcima, a zahtjevana kvaliteta obrađene površine je klase N6. Slika 1 prikazuje princip obrade otvora ležajeva u kućištu motora 6A - 25.

Jedan 6-cilindrični motor tipa 6A - 25 ima sedam otvora za osnovne ležajeve čiji je relativni položaj definiran

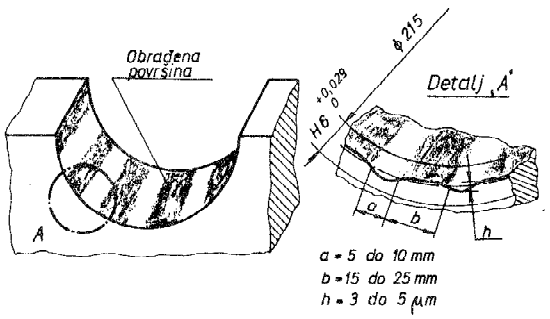


Slika 1. Princip obrade otvora u kućištu: 1 - kućište motora, 2 - poklopac ležaja, 3 - kutna glava, 4 - alat, držač pločica, 5 - nosač glavnog vretena, 6 - vretenište alatnog stroja

tako da os susjednog otvora može odstupati od osi prethodnog za max. 0,02 mm, a svi otvori zajedno ne smiju imati pad osi na 1 metar dužine veći od 0,1 mm. Ovakva točnost obezbeđuje korektno nalijeganje tankostjenih višeslojnih šalica osnovnih ležajeva u otvorima, odnosno dobro nalijeganje rukavaca koljenastog vratila na unutarnji klizni dio šalice sa galvanski nanešenim kliznim slojem.

Osnovni problem pri obradi bio je nastajanje valovitih

neravnina na obrađenoj površini otvora, tzv. višekutnost ili "ratermarke" (njem. die Rattermarken = neravnine uslijed vibriranja pri obradi). Nastale neravnine bile su visine 2 do 5 μm, što je daleko manje od visine tolerancijskog polja H6 otvora, ali njihovo prisustvo uzrokuje loše nalijeganje vanjske površine ležajne šalice, loše provođenje topline od ležaja prema kućištu itd., a što ima veoma negativne posljedice u eksploataciji motora. Zbog toga se morala vršiti dorada obrađene površine otvora lepovanjem pomoću specijalnog trna sa finom lepastom. Izgled neravnina prikazan je karikirano na slici 2.

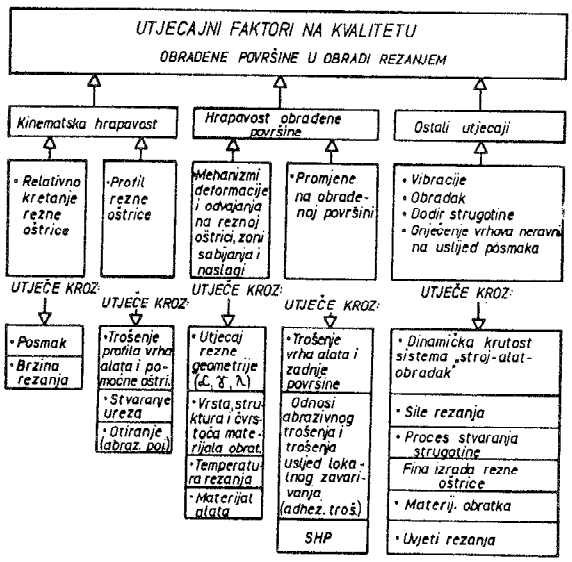


Slika 2. Izgled nastalih neravnina pri obradi (karikirano, tuš-slika)

ANALIZA UZROKA I MJERE ZA NJIHOVO OTKLANJANJE

Općenito uzevši, složeni problemi završne obrade nisu dovoljno istraženi, a posebno se to odnosi na obradu teških dijelova na velikim alatnim strojevima. Zbog velikih dimenzija i mase obratka, pojedini utjecajni faktori procesa rezanja ovdje izrazitije djeluju, kao naprimjer dinamički faktori (sile, mase, vibracije), temperatura rezanja, temperatura okoline, kinematske i druge netočnosti. U literaturi [1,2,3,4,5,6,7] obrađeni su problemi završne obrade sa raznih aspekata. Međutim, zbog velikog broja utjecajnih faktora ne postoji univerzalni recept koji bi važio za svaki slučaj završne obrade. Velika brzina rezanja, mali posmak, mala dubina rezanja, utjecaj radijusa vrha noža, utjecaj neizbježnog zaobljenja oštrice alata, utjecaj trošenja alata itd. samo su manji broj od mnogobrojnih utjecajnih faktora koji djeluju na generiranje mikrogeometrije obrađene površine. F.Betz i W. König [8] slikovito su prikazali utjecajne faktore na kvalitetu obrađene površine u obradi rezanjem, slika 3.

U literaturi [9] definirani su i obrazloženi utjecajni faktori, posebno njihov utjecaj na vibracije pri obradi, a date su i smjernice za njihovo eventualno eliminiranje. Pri tom se često dolazi i do suprotnih efekata, a ponekad



Slika 3. Prikaz utjecajnih faktora na kvalitetu obrađene površine [8]

je problem i nerješiv. Naprimjer, ako se poveća kut namještanja alata $\varkappa$ smanjuju se vibracije, ali se s druge strane na taj način povećava trošenje alata (jer se smanjuje efektivna dužina oštrice alata). Poželjno je naći takve načine odstranjivanja (ili umanjenja) vibracija koji ne smanjuju produktivnost.

Na osnovu literaturnih podataka i preporuka, izvršena je analiza operacije završne obrade otvora u kućištu. Analiziran je utjecaj slijedećih faktora:

- utjecaj materijala obratka i materijala alata,
- utjecaj dinamičkog ponašanja sistema "stroj - alat - obradak",
- utjecaj forme (prethodne obrade) obrađivanje površine u završnom prolazu,
- utjecaj režima obrade,
- utjecaj geometrije alata, tj. općenito utjecaj alata.

U vezi utjecaja materijala obratka radi se o dva materijala koji se obrađuju istovremeno, i to: kućište od sivog lijeva SL.26 i poklopac ležaja od nodularnog lijeva NL.42. Budući da je obradivost nodularnog lijeva pri ekvivalentnoj čvrstoći ili tvrdoći bolja nego kod sivog lijeva ili čelika [10], proizlazi da u ovom slučaju režime obrade treba odrediti u odnosu na sivi lijev SL.26.

Utjecaj vibracija u sistemu "stroj-alat-obradak" može biti od odlučujućeg značaja jer te vibracije, bez obzira da li su samouzbudne ili prinudne, utječu na mikrogeometriju obrađene površine. Da bi se dobio "miran rad" pri obradi, izvršeno je dotjerivanje zračnosti na vitalnim elementima

alatnog stroja (klizne staze, glavno vreteno, nosač glavnog vretena, okretni radni stol stroja). Izvršen je i remont postojeće kutne glave i pri tom izmijenjeni kotrljajući ležajevi da bi se postiglo max. bacanje izlaznog vretena od 0,005 mm. Međutim, to nije znatno umanjilo neravnine pri obradi zbog istrošenosti zavojnog ozubljenja stožastih zupčanika u kutnoj glavi što je izazivalo neravnomjernost obodne brzine izlaznog vretena s alatom. Zadovoljavajuća obrada dobila se upotrebom kutne glave koja je imala kvalitetne i korektno podešene kotrljajuće ležajeve i stožaste zupčanike. Zbog veće pouzdanosti pri obradi potrebno je kutnu glavu redovito podmazivati i održavati.

U cilju eliminiranja utjecaja prethodnog prolaza, određeni su blaži režimi obrade za prethodni prolaz koji garantiraju ravnomjernu obradu bez valovitosti koja bi se eventualno mogla preslikati na završni prolaz.

Što se tiče režima obrade izvršeno je niz pokusa sa različitim brzinama rezanja, posmacima i dubinama rezanja. Pri tom je mjerena kvaliteta obrađene površine i ustanovljeni su oni režimi obrade (brzina rezanja, posmak i dubina) pri kojima je rad alata bio najmirniji. Prema [4], pogodnim izborom režima obrade moguće je otkloniti vibracije u procesu obrade.

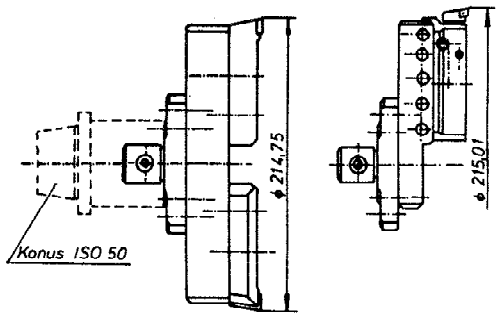
Utjecaj alata je veoma značajan pa se tom pitanju posvetila posebna pažnja. Stari alat koji se koristio bio je u obliku diska koji je na obodu imao mehanički učvršćena dva noža: jedan za prethodnu, a jedan za završnu obradu - sve u jednom istom prolazu. To nije bilo najbolje rješenje jer su zbog razlike u dubinama rezanja različite i sile rezanja na noževima, što je izazivalo nestabilnost pri obradi. Zbog toga je u operaciju uveden novi fleksibilni blok-sistem alata Multibore njemačke firme Wohlhaupter sa okretnim reznim pločicama. Odvojen je prethodni od završnog prolaza, tj. prethodni prolaz obavlja se pomoću alata sa dvije okretne rezne pločice postavljene dijametralno, dok se završni prolaz obavlja nakon prethodnog sa jednom okretnom reznom pločicom od tvrdog metala.

Svi podaci o alatu, geometriji alata i režimima obrade koji su dali zadovoljavajuću kvalitetu obrađene površine, dati su u tablici 1.

Alat za prethodni prolaz podesi se prije obrade na točnu mjeru na uređaju za podešavanje alata, dok se alat za završni prolaz također prethodno podesi na istom uređaju, ali za nekoliko stotih od milimetra na manju mjeru od nominalne 215 H6. Ovo se čini radi toga da se potpuno isključi mogućnost škarta (s obzirom na veliku vrijednost kućišta brodskog diesel motora), a točna mjera postiže se podešavanjem alata na stroju probnim zatokarivanjem. Na slici 4 vide se alati za grubu i finu obradu.

Tablica 1

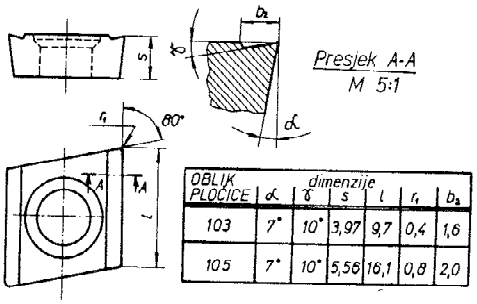
PODACI		PRETHODNI PROLAZ	ZAVRŠNI PROLAZ
ALAT		Držač: Tip Multibore firme Wohlhaupter sa 2 okretne rezne pločice. Konična drška ISO 50. Rezni dio: Okretne rezne pločice „Hertel" ISO K10 bez prevlake, oblik 105, oznaka CCMM 160506. prema DIN 4967	Držač: Tip Multibore firme Wohlhaupter sa 1 okretnom reznom pločicom. Konična drška ISO 50. Rezni dio: Okretna rezna pločica „Hertel" ISO K10+TiN prevlaka, oblik 103, oznaka CCMM 09T304. prema DIN 4967
GEOMETRIJA ALATA (pločica na držaču)	$\mathcal{L}$	7°	7°
	δ	10°	10°
	$\varkappa$	90°	90°
	χ	10°	10°
	λ	0°	0°
	r	0,8 mm	0,4 mm
REŽIMI OBRADE	$v\left(\frac{m}{min}\right)$	54	81
	$s\left(\frac{mm}{okr.}\right)$	0,20	0,11 do 0,14
	$a\,(mm)$	0,43	0,12 do 0,15
POSTOJANOST ALATA (za kriterij postojanosti B=0,2mm)		—	T = 240 min ili 30 obrađenih otvora



Slika 4. Multibore fleksibilni blok-sistem alata za prethodni, odnosno završni prolaz (firma Wohlhaupter, Z.Njemačka)

Kao što se vidi iz tablice 1, za prethodni prolaz koristila se okretna rezna pločica ISO kvalitete K10 bez prevlake, oblika 105 oznake CCMM 160506 (prema DIN 4967), proizvođač "Hertel" (Z.Njemačka). Za završni prolaz koristila se ista takva pločica, ali prevučena sa TiN (titannitridom) i oblika 103, što znači kraće rezne oštrice. Prema tome, pločica za završni prolaz je višenamjenska i prekriva ISO područja tvrdog metala P20 do P40 i K05 do K30. Na slici 5. dat je crtež pločice sa dimenzijama za prethodnu, odnosno završnu obradu otvora.

Pošto se radi o završnoj obradi veoma odgovornog i skupog dijela motora, a zbog potrebne stabilnosti i pouzdanosti obrade, usvojen je kriterij zatupljenja alata (pločice) za završni prolaz, tj. dozvoljena širina pojasa trošenja na zadnjoj površini reznog klina pločice B = 0,2 mm. Pokusima



OBLIK PLOČICE	dimenzije α	β	s	l	r_1	b_a
103	7°	10°	3,97	9,7	0,4	1,6
105	7°	10°	5,56	16,1	0,8	2,0

Slika 5. Izgled i dimenzije okretne rezne pločice za prethodnu, odnosno završnu obradu otvora: oblik 105 za prethodni prolaz, oblik 103 za završni prolaz

je ustanovljeno da je do postizanja ove vrijednosti moguće obraditi 30 otvora u kućištu ili, izraženo vremenski kao postojanost, to iznosi T = 240 minuta. Dakle, ovdje se ne radi o ekonomičnoj postojanosti (koja bi bila višestruko manja) jer je brzina rezanja određena iz uvjeta da vibracije alata budu najmanje, tj. da se dobije zadovoljavajuća kvaliteta obrađene površine.

Prilikom svih pokusa mjerene su neravnine na obrađenoj površini ("ratermarke") pomoću otiska (tuš-slike) u otvoru kućišta specijalnog kontrolnog trna brušenog izvana. Nakon svih provedenih mjera, vibracione neravnine su skoro sasvim nestale, a ležanje trna u otvoru (tuš-slika) poboljšalo se sa 40 do 50 % na 75 do 90 % što je zadovoljilo kriterije kontrole.

Z A K L J U Č A K

Iznalaženje optimalnih rješenja problema završne obrade teških dijelova u tzv. teškoj strojnoj obradi predstavlja složenu problematiku. S obzirom na visoku cijenu proizvodnog sata velikih alatnih strojeva (5000 do 10000 din.) pokusi su veoma skupi, te je potrebna detaljna prethodna analiza problema da se uz što manje pokusa i troškova nađe zadovoljavajuće rješenje. Detaljan pregled i reguliranje alantog stroja i pribora, uvođenje i primjena modernih felksibilnih blok-sistema alata sa prevučenim reznim pločicama pogodne rezne geometrije, te iznalaženje režima obrade pri kojima se dobiva rad alata bez vibracija uz još uvijek prihvatljivu produktivnost, može dati zadovoljavajuću kvalitetu obrade.

L I T E R A T U R A

[1] Degner, W. und Autorenkollektiv: Handbuch Feinbearbeitung. VEB Veralg Technik, Berlin 1979.

[2] Koire, V.E.: Čistovaja obrabotka krupnogabaritnih detalej, Mašinostroenie, Moskva 1976.

[3] Chiappulini, R.: Berechnung von Ratterstabilitätsdiagrammen aufgrung vibrationsfreier Zerspanungsversuche, Werkstatt und Betrieb 107 (1974) g. S.551/555

[4] Milberg, J.: Möglichkeiten zur Vermeidung von Ratterschwingungen durch Veränderung der Einstellgrößen. Industrie-Anzeiger Nr 58/1972. S. 1443/1444.

[5] Loladze, T.N.; Šanšiašvili, G.D.: Puti umenšenija dinamičeskoj pogrešnosti mehaničeskoj obrabotki, Stanki i instrumenti 8/1962., s. 73/77.

[6] Šolaja, V.: Problemi završne obrade na strugu, Strojarstvo 6, Zagreb 1959., s. 122/134.

[7] Wawrziniak, W.: Fortschritte in der Feinbearbeitung metallischer Werkstoffe. Konferenz INFERT 82, TU Dresden 1982.

[8] König, W.: Fertigungsverfahren, Band I, VDI Verlag, Düsseldorf 1981.

[9] Aršinov, V.A., Alekseјev, G.A.: Rezanie metalov i režušćij instrument. Mašinostroenie, Moskva 1976.

[10] Abramov, F.N. (i drugi): Spravočnik po obrabotke metallov rezaniem. Tehnika, Kijev 1983.

A.Pavić, V.Vukić, J.Kralj

AN IMPROVEMENT OF THE PROCEDURE FOR MACHINING THE OPENINGS FOR MAIN BEARINGS IN THE SHIP DIESEL ENGINE CRANKCASE

Abstract

Considered in the paper is the problem of surface finish in machining the openings in the ship diesel engine crankcase from the aspect of roughness created on the machined surface by the cutting tool vibrations. On the basis of analysis of the causes, and the actions taken and experiments performed in production conditions, the paper presents the results achieved in improving the machining process, i.e. the surface finish.

XIX SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE

Kragujevac, septembar 1985.

IZBOR OPTIMALNE VARIJANTE TEHNOLOŠKOG PROCESA I TEHNOLOŠKOG POSTUPKA IZRADE KOŠULJICE CILINDRA ("B-500")

Z. Lajter, "Naftagas", Rafinerija nafte Novi Sad

REZIME

U radu je prikazan izbor tehnološke strukture obrade 50-te operacije tehnološkog postupka izrade košuljice cilindra ∅ 120 ("B-500"). Predloženo je nekoliko varijanti tehnološkog procesa operacije od kojih je izabrana optimalna. Osnovni kriterijum za izbor tehnološke strukture predstavlja zadana vrednost veličine serije i ritma proizvodnje uz minimalne troškove. Približno istim tehnološkim procesom uz ekonomske režime obrade vrednost proizvoda u svim varijantama je približno ista.

1.0 UVOD

Za posmatrani tehnološki postupak najduži takt izlaza izradka je na operaciji 50-toj tj. na operaciji: predhodno kopiranje spolja. Prema uslovima kako se sada ova operacija u fabrici "27 Mart" OOUR "Motordeo" izvodi vreme takta je 4,57 minuta. Uzimajući u obzir godišnju seriju od 10 000 komada, vreme izrade je dugo. Postavlja se pitanje, odnosno problem kako tehnološkom strukturom uticati da se vreme takta izlaza izradka skrati.

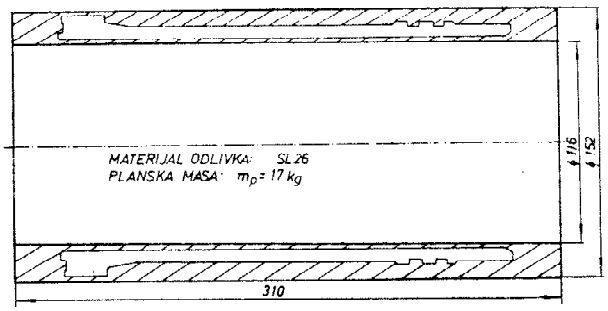
Cilj rada je bio da se na osnovu raspoloživih mašina, alata i radne snage napravi takva tehnološka struktura da se takt izlaza izradka na posmatranoj operaciji svede na približno 3 minuta. Da bi se ovo moglo izvesti potrebno je bilo uraditi nekoliko varijanti tehnološke strukture i od njih izabrati optimalnu.

2.0 IZBOR TEHNOLOŠKE STRUKTURE

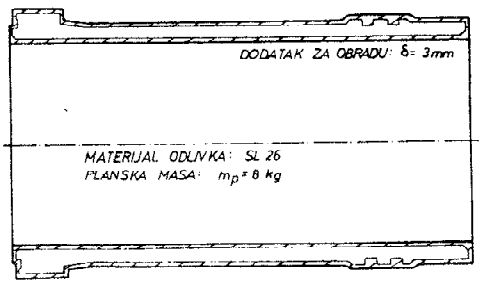
2.1 Izbor odlivka

Na samom startu ovog istraživanja predloženo je da se košuljica cilindra ne rade od odlivka kao do sada (slika 1), nego da odlivak bude sa jednakim dodatkom za obradu od 3 mm po svim površinama (slika 2). Centrifugalnim livenjem dobili bi ravnomerniju strukturu odlivka, što uz prethodno predloženo utiče na vek trajanja alata i ravnomerniji rad mašine. Dosadašnjim načinom izrade odlivka imali smo veliki procenat odpatka, što u odnosu na težinu gotovg dela čini preko 200%. Planska masa je iznosila 17 kilograma, a po novom predlogu trebala bi da bude maksimalno oko 8 kilograma.

U razmatranju nije uzeta u obzir razlika u ceni koštanjaodlivka po kilogramu, a vezana za različitu tehnologiju livenja i oblik odlivka.



SL.1 OBLIK ODLIVKA KOJI SE DANAS KORISTI



SL.2 PREDLOŽENI OBLIK ODLIVKA

2.2 Izbor područja ekonomskihrežima rezanja

Na osnovu: materijala (Sl 26) i oblika radnog predmeta, materijala i vrste reznog alata (tvrdi metal), kvaliteta obradjene površine koji se ovom operacijom želi postići (11), dubine rezanja (max 2,5 mm), vrste

mašine i načina stezanja radnog predmeta u njoj, predlažu se sledeće granice ekonomskih režima rezanja

pomak $s = 0,7 - 1,2$ mm/°

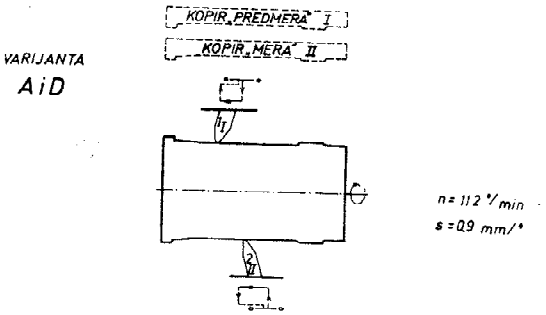
broj obrtaja $n = 90 - 120$ °/min

2.3 Predložene varijante tehnološkog procesa operacije

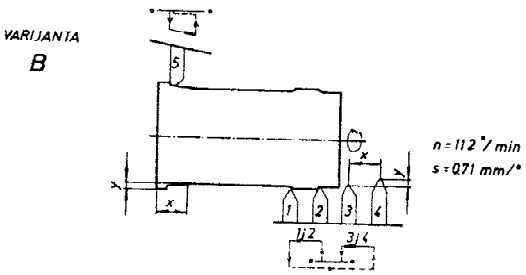
Osnovno za sve varijante je da su u razmatranju uzete samo one mašine sa kojima pomenuti proizvodni pogon raspolaže.

Stezanje je pneumatsko sa unutrašnje strane obradka.

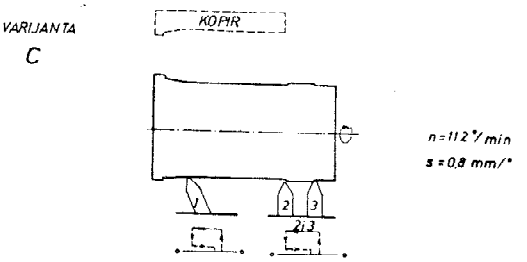
Na koji način alati napadaju obradak u pojedinim varijantama može se videti na slici 3. 4. i 5.



SL. 3



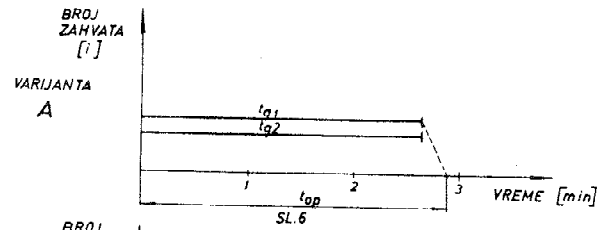
SL. 4



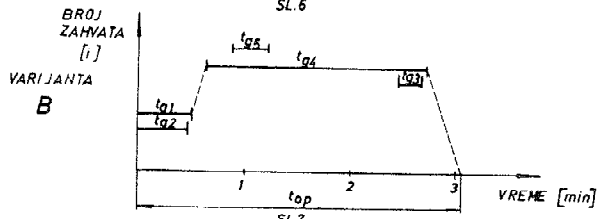
SL. 5

Način agregatiranja alata i ukupno operativno vreme po varijantama prikazano je na slici 6. 7. 8. i 9. Glavno mašinsko vreme i studiozno izabrano pripremno - završno vreme po varijantama imaju uglavnom približna operativna vremena. Izvršeno je efektivno skraćenje pripreme na radnom mestu.

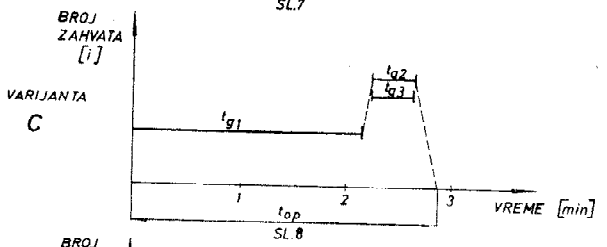
AGREGATIRANJE ALATA



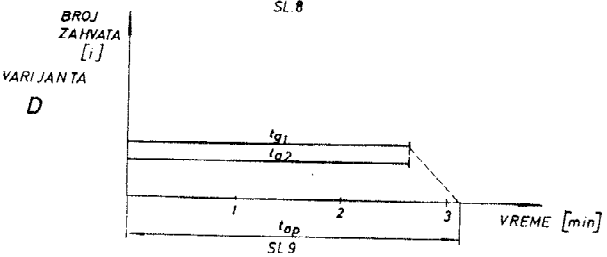
SL. 6



SL. 7



SL. 8



SL. 9

2.3.1 Varijanta A

Radni predmet slično se obradjuje kao i do sada, stim da je uzet veći pomak na račun podjednakog dodatka za obradu. Koriste se dva kopira, tako da se predvidjen dodatak za obradu u ovoj operaciji skida jednim nožem na predmeru, a drugim nožem na meru.

2.3.2 Varijanta B

Prvo su u zahvatu noževi 1 i 2, nakon njih noževi 3 i 4. Svi noževi se postavljaju na isti nosač, jer im gabarit nosača noževa to dozvoljava. Dok je drugi par noževa u zahvatu sa druge strane radni predmet napada nož 5 sa svojim nosačem.

2.3.3 Varijanta C

Deo radnog predmeta obradjuje se preko kopira nožem 1 a posle njega u zahvat ulaze istovremeno noževi 2 i 3 kojima se vrši cilindrično struganje.

2.3.4 Varijanta D

Ova varijanta je kombinacija prethodnih, što je detaljnije objašnjeno u tački 3.

3.0 UKUPNI TROŠKOVI PROIZVODA

Za izabranu operaciju i zahvate u njoj i predloženi tehnološki proces vezan za varijante A, B, C i D u tabeli 1. su definisani pojedini troškovi: materijala, obrade (radne snage - R, mašine i pribora - M i alata - A). Poslednja kolona tabele prikazuje vrednost proizvoda po komadu izražena kao zbir pojedinačnih troškova.

Za formiranje ove tabele poslužili su stvarni podaci uzeti direktno iz radne organizacije "27 Mart" u kojoj se ovaj proizvod radi, uz predpostavku da isti tačni. Ovaj rad je radjen početkom 1984 godine, te su i podaci (cene) iz tog perioda.

U okviru svake varijante postoje i podvarijante koje idu u prilog pravilnog izbora optimalnog rešenja. Nama će za strukturalnu analizu cene koštanja proizvoda koristiti varijante i podvarijante A/a, B/a i C/a jer, prezentuju približno istu tehnološku strukturu.

Cena steznog pribora i šablona uzeta je kroz cenu mašine sa amortizacionim vekom od 10 godina uz godišnji fond časova rada od 3960 časova. Stepan iskorišćenja rada mašine za sve varijante usvojen je oko 80%.

Prema tome, serija od 2000 komada, odnosno godišnje bruto potrebe od 10000 komada mogu se nesmetano izraditi na svakoj od mašina, a da ni jedan deo steznog alata i šablona ne bude za zamenu zbog pohabanosti.

U sve četiri varijante, podvarijanta "a" u odnosu na podvarijantu "b" razlikuje se po odlivku (slika 1. i 2.).

Iskazane vrednosti proizvoda pokazuju da se upotrebom odlivka sa većom planskom masom vrednost proizvoda u svim varijantama uvećava za oca 53%.

Ako bi u varijanti "D" kao neposrednog izvršioca posla imali samo jednog radnika i uz normalnu korekciju: bruto ličnog dohotka radnika, pripremno - završno i operativnog vremena, a eventualno i korekcije postojanosti reznog alata, dobili bi varijantu "A" u približno istom obliku kako je to u tabeli prikazano. To je razlog zašto strukturalnu analizu troškova radimo za prve tri varijante.

Pri analiziranju svih krajnjih rezultata ne treba zaboraviti da se u sadašnjim uslovima proizvodnje na ovim proizvodima javlja 30%-ti škart koji se prodaje livnici po ceni od 13,50 dinara po kilogramu, dok se 1 kg. strugotine prodaje po ceni od 6,00 dinara. Vrednost strugotine uzeta je u obzir i prikazana je u tabeli 1. Uzimajući u obzir pomenuti procenat škarta i njegovu prodajnu cenu vrednost proizvoda bi se u proseku mogla povećati za cca 15 - 20% što zavisi od podvarijante.

3.1 Analiza troškova

Vrednosti iskazane u tabeli 2 (kao i u tabeli 1) izražene su u dinarima po komadu.

Ukupna vrednost proizvoda po svim varijantama je približna, tj. razlika je neznatna.

Učešće materijala u strukturi troškova je najveće i ono iznosi od 83 - 85% od ukupne vrednosti proizvoda.

Vrednost obrade znatno manje ima udela u strukturi troškova, naime ona čini od ukupne vrednosti proizvoda od 15 - 16,5%.

S obzirom na ove činjenice može se zaključiti da je primena odlivka sa jednakim zadacima za obradu opravdana, jer je udeo materijala po prvobitnom odlivku još veći i on se po svim podvarijantama "b" kreće od 90 - 92%.

U strukturi vrednosti obrade troškovi radne snage su najveći (50-57%), troškovi mašine i pribora (34-38%) a najmanji su troškovi alata (5-16%).

Na osnovu prethodnog obrada se može vršiti sa još kvalitetnijim reznim alatima. Iako bi ti noževi bili skuplji, kroz veću postojanost i mogućnost većeg broja oštrenja, sigurno bi pozitivan efekat imali kroz smanjenje pripremno -završnog vremena.

Kada bi se obrada izvodila na specijalnim mašinama (specijalni kopirni strug, varijanta A/c) može se zaključiti da troškovi mašina i pribora čine oko 72% od vrednosti obrade. Zato je opravdana upotreba univerzalnog struga sa ugradjenim hidrauličnim kopirnim uredjajem, tj. mašina i pribor sa kojima se obrada danas vrši. Bruto lični dohodak radnika koji rade na specijalnoj mašini manji je od bruto ličnog dohotka radnika koji rade na univerzalnoj mašini. Ove razlike u pomenutom OOUR-u su neznatne te u tabeli nisu uzete u obzir.

Sa prethodno rečenim znatno je vezan i broj mašina koje radnik opslužuje. Sa njegovim učešćem na više mašina ukupna vrednost proizvoda se smanjuje, što je prikazano u varijanti C/c, D/a i D/b. Za razliku gde jedan radnik opslužuje jednu mašinu u odnosu na varijantu C/c i D, cena se umanjuje za svega 2-3%. Prema tome ovo može da bude jedno od merila kod rešavanja problema nezaposlenosti radnika strugara.

4.0 ZAKLJUČAK

Na osnovu ekonomskih režima obrade izabranih prema sličnom tehnološkom procesu i tehnološkom postupku dobijaju se približno iste vrednosti proizvoda, što u odnosu na zadatu seriju predstavlja neznatne dinarske razlike.

Izbor tehnološkog procesa je bio uslovljen raspoloži-

VARIJANTE		C_m cena materijala (din/kg)	m_p planska masa (kg)	m_k konstrukciona masa (kg)	m_p/m_k (2):(3)	V_m vrednost materijala (1)x(4) (din)	n koeficijenat učešća radnika	k_1 bruto LD strugara (din/min)	nxk$_1$ (6)x(7)	T_{pz} privremeno završno vreme za obradu serije (min)	t_{op} operativno vreme (min)	t_{pz} pripremno završno vreme svedeno na jedan komad (min)	ukupno vreme po ciklusu (10)+(11)	R troškovi radne snage (8)x(12) (din)	C_m cena mašine i pribora za posmatranu operaciju (din)	P (14)x $\frac{P}{F \cdot 60 \cdot 100}$ (din/min)	M troškovi mašine i pribora (12)x(15) (din)
0		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
A	a	60.00	8	5.5	1.45	87.00	1	2.3	2.3	210	2.90	0.105	3.05	7.015	3000000.00	1.5783	4.8138
	b		17		3.1	186.00											
	c		8		1.45	87.00									15000000.00	7.8947	24.0800
B	a	60.00	8	5.5	1.45	87.00	1	2.4	2.4	220	3.05	0.110	3.16	7.584	2500000.00	1.4029	4.4335
	b		17		3.1	186.00											
C	a	60.00	8	5.5	1.45	87.00	1	2.4	2.4	240	2.89	0.120	3.01	7.224	3000000.00	1.5783	4.7507
	b		17		3.1	186.00											
	c		8		1.45	87.00	0.5		1.2					3.612			
D	a	60.00	8	5.5	1.45	87.00	0.5	2.5	1.25	250	3.10	0.125	3.225	4.031	3000000.00	1.5783	5.0900
	b		17		3.1	186.00											

TABELA 1.

VARIJANTE		t_{gi} vreme trajanja alatnih (radnih) prolaza za svaki neprek. zahvat (min)	T_i postojanost svakog alata (min)	po jednom komadu za svaki alat (17):(18)	t_{zi} apsolutno vreme zamene alata za svaki zahvat (min)	$n \cdot k_1 \cdot t_{zi}$ (8)x(20)	$k_2 \cdot t_2$ troškovi oštrenja (din)	i_{oi} broj oštrenja	C_{ai} cena pojedinih alata (din)	$\frac{C_{Ai}}{i_{oi}+1}$ (din)	(21)+(22)+(25) (din)	A_i troškovi alata po zahvatima (19)x(26)	A_i troškovi alata po operaciji (din)	U_o vrednost obrade (13)+(16)+(28) (din)	C_o cena otpatka (din/kg)	$m_p - m_k$ (kg) (2)-(3)	V_o vrednost obradka (30x(31)	$V_m+U_o-V_o$ vrednost proizvoda (5)+(29)-(32) (din/kom)
		17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
A	a	2.66	90	0.0296	1	2.3	7.5	10	420.00	38.182	38.28	1.1484	2.2968	14.1256	6.00	2.5	15.00	86.1256
	b	2.66	90	0.0296	1	2.3	7.5	10	420.00	38.182	38.28	1.1484		14.1256		11.5	69.00	131.1256
	c	2.66	90	0.0296	1	2.3	7.5	10	420.00	38.182	38.28	1.1484		33.3918		2.5	15.00	105.3918
B	a	0.50	115	0.00435	1	2.4	7.5	10	400.00	36.36	36.459	0.1586	1.3085	13.3260	6.00	2.5	15.00	85.3260
		0.49	115	0.00426	1	2.4	7.5	10	400.00	36.36	36.459	0.1553						
	b	0.21	110	0.00191	1	2.4	7.5	10	390.00	35.45	35.549	0.0679				11.5	69.00	130.3260
		2.10	110	0.0191	1	2.4	7.5	10	410.00	37.27	35.549	0.7137						
		0.34	80	0.00425	1	2.4	7.5	8	450.00	50.00	50.124	0.2130						
C	a	2.163	130	0.0166	1	3x2.4	5.0	15	420.00	26.25	26.324	0.4370	0.6530	12.6277	6.00	2.5	15.00	84.6277
	b	0.426	115	0.0037	1		5.0	12	390.00	30.00	30.074	0.1113				11.5	69.00	129.6277
											30.074	0.1047						
	c	0.40	115	0.00348	1	3x1.2	5.0	12	390.00	30.00	26.312 30.062 30.062	0.4368 0.1112 0.1046	0.6526	9.0153		2.5	15.00	81.0153
D	a	2.66	130	0.0205	1	1.25	7.05	15	420.00	26.25	26.337	0.5399	1.0798	10.2098	6.00	2.5	15.00	82.2008
	b	2.66	130	0.0205	1	1.25	7.5	15	420.00	26.25	26.337	0.5399				11.5	69.00	127.2008

TABELA 1. - nastavak

VARIJANTA		A/a		B/a		C/a	
PLANSKA VREDNOST MATERIJALA		87.00		87.00		87.00	
RAZLIKA (%)		72.00 (83.60%)		72.00 (84.38%)		72.00 (85.08%)	
VREDNOST MATERIJALA ODPATKA		1500		1500		1500	
VREDNOST OBRADE (%)	R	14.13 (16.40%)	7.02 (8.15%)	13.33 (15.62%)	7.59 (8.89%)	12.63 (14.92%)	7.23 (8.54%)
	M		4.81 (5.58%)		4.43 (5.19%)		4.75 (5.61%)
	A		2.30 (2.67%)		1.31 (1.54%)		0.65 (0.77%)
UKUPNO (%)		86.13 (100%)		85.33 (100%)		84.63 (100%)	

TABELA 2

vom opremom. Medjutim, znatnije razlike u strukturi cene koštanja imali bi kada bi za izradu koristili mašine alatke novijih koncepcija. Takvom načinu projektovanja optimalnih tehnoloških struktura i dalje bi bio cilj minimalni troškovi uz zadovoljenje zadate produktivnosti.

Sve u svemu, novi postupci išli bi u pravcu ostvarivanja boljih finansijskih efekata, a time i dohotka, ali i uz pretpostavku da svaka predložena novina može biti i diskutabilna.

5.0 LITERATURA

1. Sekulić S., Opšti model izbora tehnološke strukture na osnovama grupnog prilaza, Naučno-stručni skup Industrijski sistemi - IS'84, Novi Sad 1984.
2. Stanić J., Nikolić D., Jovanović T., Gajović V., Mašinska obrada, Priručnik za proračun merodavnih režima mašinske obrade rezanjem, Beograd, Privredni pregled, 1971.
3. Stanković P., Mašinska obrada, Obrada metala rezanja, Beograd, Gradjevinska knjiga, 1971.
4. Ivković B., Obrada metala rezanja, Izbor ekonomskih režima rezanja, Beograd, Gradjevinska knjiga, 1979.
5. Čosić I., Radaković N., Maksimović R., Osnove radnih postupaka u mašinstvu, Priručnik za odredjivanje vremena rada u procesima obrade i montaže, Novi Sad, Fakultet tehničkih nauka, 1980.
6. Panić Dj., Studija rada, Novi Sad, Viša škola za organizaciju rada, 1981.

Z.Lajter

SELECTION OF THE OPTIMUM VARIANT OF THE TECHNOLOGICAL PROCESS AND TECHNOLOGICAL PROCEDURE FOR MACHINING THE CYLINDER LINER ("B-500")

Abstract

Presented in the paper is selection of the technological structure of the 50th machining operation in the production of the 120mm O.D. cylinder liner ("B-500").Several variants of the technological process are proposed, and the optimum one is selected.The main criterion for choosing the technological structure was to produce requested number of parts in the series, given the production timing, and achieving minimum cost.It was found that approximately the same technological processes and economic cutting regimes yield approximately the same values of the product in all the variants.

XIX SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE

Kragujevac, septembar 1985.

PRILOG OPTIMIZACIJI UPRAVLJANJA PRI OBRADI NA STRUGU

M. Rančić, Viša tehnička škola, Zrenjanin

REZIME

U radu se razmatra problem optimizacije upravljanja pri obradi na strugu. Formiran je matematički model koji uspostavlja vezu izmedju troškova proizvodnje i režima obrade. Definisan je pojam brzine habanja alata i uveden uticaj veličine habanja. Usvaja se kriterijum optimalnosti i predlaže postupak odredjivanja optimalnog upravljanja. Data je eksperimentom dobijena zavisnost veličine habanja od brzine rezanja i vremena za jedan konkretan slučaj obrade radnog predmeta. Na osnovu predloženog postupka odredjeno je optimalno upravljanje, odnosno, optimalan režim obrade.

UVOD

Zahtev za minimiziranjem proizvodnih troškova pri mašinskoj obradi postavlja pred tehnologa problem optimizacije upravljanja režimom. Da bi se jedan radni predmet obradio i time se izmenio njegov oblik, u procesu izrade postoji veliki broj mogućnosti izbora redosleda operacija, zahvata, alata, režima i dr. Potrebno je od svih raspoloživih varijanti tehnološkog procesa izabrati onu pri kojoj bi došlo do najmanjeg utroška živog i opredmećenog rada. Zato se i javlja potreba optimizacije parametara tehnološkog procesa. U ovom radu će se razmatrati neke mogućnosti optimizacije upravljanja, odnosno, izbora najpogodnijeg režima pri obradi rezanjem na strugu.

MATEMATIČKI MODEL

Veza izmedju troškova proizvodnje i režima pri obradi cilindričnih radnih predmeta na strugu uspostavljena je i data u radu 1. Srednja veličina troškova svedena na jedinicu zapremine udaljene mase sa radnog predmeta predstavljena je funkcionalom cilja:

$$\varphi_v = \frac{Z_{em}(T+\tau_z)+Z_{ea}}{\int_0^T v(\tau)s(\tau)t(\tau)d\tau} \qquad (1)$$

gde su:

Z_{em} [din/s] - troškovi eksploatacije mašine

Z_{ea} [din/s] - troškovi eksploatacije reznog alata

T[s] - postojanost alata (vek trajanja, vremenski period izmedju dva oštrenja)

τ_z[s] - vreme zastoja

$v(\tau)$ - brzina rezanja

$s(\tau)$ - korak

$t(\tau)$ - dubina rezanja

Smatra se da su parametri režima obrade $v(\tau)$, $s(\tau)$ i $t(\tau)$ promenljivi u toku procesa obrade.

Uvodimo pojam brzine habanja kao količina mase alata koja se troši (odnosi, pohaba) u jedinici vremena: $\dot{\Delta} = \frac{d\Delta(\tau)}{d\tau}$

Brzina habanja alata zavisi od tekućih vrednosti parametara režima kao i same veličine habanja tako da se može uspostaviti funkcionalna zavisnost:

$$\dot{\Delta} = \frac{d\Delta}{d\tau} = F(\Delta, v, s, t) \qquad (2)$$

Ako vek trajanja alata T nije poznat može se odrediti iz relacije:

$$\int_0^T \dot{\Delta}(\tau)d\tau = \Delta_T \qquad (3)$$

ili $$\Delta(0)=0,\ \Delta(T)=\Delta_T \qquad (4)$$

gde je Δ_T - dozvoljeno (maksimalno) habanje. Jednačina (2) se za konkretan slučaj obrade obično dobija na osnovu eksperimentalnih merenja.

IZNALAŽENJE OPTIMALNOG UPRAVLJANJA

Postavlja se pitanje da li je brzina habanja alata koja je opisana izrazom (2) optimalna i da li je moguće promenom režima upravljati trošenjem alata. U teoriji optimalnog upravljanja ovaj zadatak se formuliše na sledeći način. Vodjenje objekta se opisuje diferencijalnom jednačinom (2) a upravljanje je funkcija parametara režima $U=U\{v(\tau), s(\tau), t(\tau)\}$. Izmedju svih dopustivih upravljanja koja prevode objekt iz stanja $\Delta(0)=0$ u stanje $\Delta(T)=\Delta_T$ potrebno je naći takvo pri kome desni deo funkcionala cilja (1) ima minimalnu vrednost. Pošto se pred postavlja da je postojanost alata T poznata veličina funkcija (1) postiže svoj minimum pri maksimumu pomoćnog funkcionala:

$$I=\int_0^T v(\tau), s(\tau), t(\tau)\, d\tau \qquad (5)$$

Zadatak se može rešiti primenom poznatog principa maksimuma nakon što se formira funkcija Hamiltona-Pontrjagina H. Parcijalni izvodi funkcije H po svakom parametru izjednače se sa nulom. Kao rešenje sistema jednačina dobijaju se optimalne vrednosti režima. Isti rezultat se može dobiti i primenom klasičnog varijacionog računa.

Uprošćenje matematičkog modela

Predloženi postupak iznalaženja optimalnog režima može se znatno uprostiti ako se razmatra slučaj kada su dubina rezanja t i korak s u toku procesa obrade konstantni. Ostaje tada mogućnost da se izborom brzine rezanja izvrši optimizacija procesa. Funkcional (5) se svodi na oblik:

$$I=\int_0^T v\, d\tau \qquad (6)$$

Zavisnost brzine habanja od tekućih vrednosti parametara režima i same veličine habanja može se na osnovu eksperimentalno dobijenih krivih nakon aproksimacije izraziti prema [2] u sledećem obliku:

$$\frac{d\Delta}{d\tau}=F(\Delta, v)=k_1 e^{k_2 v+k_3\Delta} \qquad (7)$$

Optimalno upravljanje

Koristeći predloženi postupak i ako se pođe od jednačine (7) može se dobiti optimalan režim, odnosno, optimalna brzina rezanja.

$$\frac{d\Delta}{d\tau}=k_1 e^{k_2 v}\cdot e^{k_3\Delta}$$

$$e^{-k_3\Delta}d\Delta=k_1 e^{k_2 v}d\tau$$

$$\int_0^{\Delta_T} e^{-k_3\Delta}d\Delta=\int_0^T k_1 e^{k_2 v}d\tau$$

Uvodimo smenu: $x=-k_3\Delta \Rightarrow d\Delta=-\frac{dx}{k_3}$ *i rešavamo integrale:*

$$\int_0^{\Delta_T} e^{-k_3\Delta}d\Delta=\frac{1-e^{k_3\Delta_T}}{k_3}$$

$$\int_0^T k_1 e^{k_2 v}d\tau=k_1 T e^{k_2 v}$$

$$\frac{1-e^{-k_3\Delta_T}}{k_3}=k_1 T e^{k_2 v},\ \textit{sledi da je:}$$

$$v=\frac{1}{k_2}\ln\frac{1-e^{-k_3\Delta_T}}{k_1 k_3 T} \qquad (8)$$

Na osnovu dobijenog rezultata zaključuje se da se u razmatranom slučaju optimalno upravljanje postiže pri nekoj konstantnoj brzini rezanja čija vrednost zavisi od usvojene postojanosti T.

Pomoćni funkcional (6) sada ima oblik:

$$I=\int_0^T v\, d\tau=\frac{1}{k_2}\ln\frac{1-e^{-k_3\Delta_T}}{k_1 k_3 T}\int_0^T d\tau=\frac{T}{k_2}\ln\frac{1-e^{-k_3\Delta_T}}{k_1 k_3 T} \qquad (9)$$

Može se dokazati da pomoćni funkcional (9) dostiže maksimalnu vrednost $I_{max}=\frac{1-e^{-k_3\Delta_T}}{k_1 k_3 e}$ kada je $T=\frac{1-e^{-k_3\Delta_T}}{k_1 k_3 e}$

Ako ovu vrednost zamenimo u izraz za brzinu dobija se da je $v=\frac{1}{k_2}$. Pri ovoj vrednosti brzine rezanja postiže se maksimalna vrednost puta rezanja (vT).

Kao što je već rečeno u radu [1] optimalnost režima se ocenjuje prema veličini zbirnih troškova proizvodnje u koje pored troškova reznog alata (koji će pri $v=\frac{1}{k_2}$ biti minimalni) ulaze i troškovi eksploatacije mašine i radne snage. Ako desni deo jednačine (1) podelimo sa konstantnom veličinom z_{em}/st dobiće se uprošćeni izraz kriterijuma optimalnosti:

$$\varphi_v'=\frac{T+\tau_r}{\int_0^T v\, d\tau} \qquad (10)$$

gde je $\tau_r=\tau_z+\frac{z_{ea}}{z_{em}}$ -redukovano vreme (u sebi sadrži troškove zastoja, eksploatacije alata i mašine svedene na jedinicu vremena).

Zamenom jednačine (9) u (10) dobija se:

$$\varphi_v'=\frac{T+\tau_r}{\frac{T}{k_2}\ln\frac{1-e^{-k_3\Delta_T}}{k_1 k_3 T}} \qquad (11)$$

Funkcija (11) ima minimalnu vrednost kada je $\frac{d\varphi'}{dT}=0$. Iz ovog uslova dobija se jednačina:

$$\frac{T}{\tau_r} + \ln T = \ln \frac{1-e^{-k_3\Delta_T}}{k_1 k_3} - 1 \qquad (12)$$

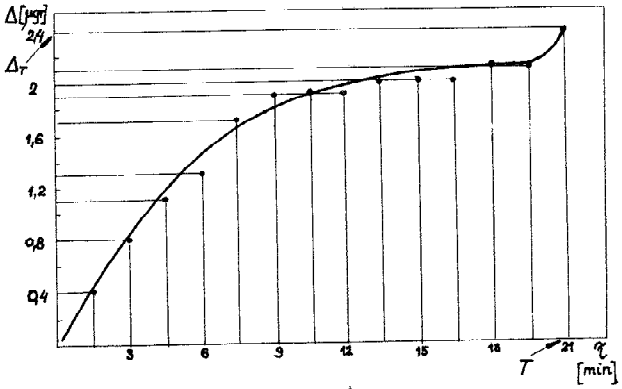
RRešenje ove jednačine zadovoljiće ekstremum funkcije (11).Zamenom dobijene vrednosti T^* u izraz (8) dobiće se vrednost optimalne brzine rezanja v^*.

EKSPERIMENTALNI REZULTATI

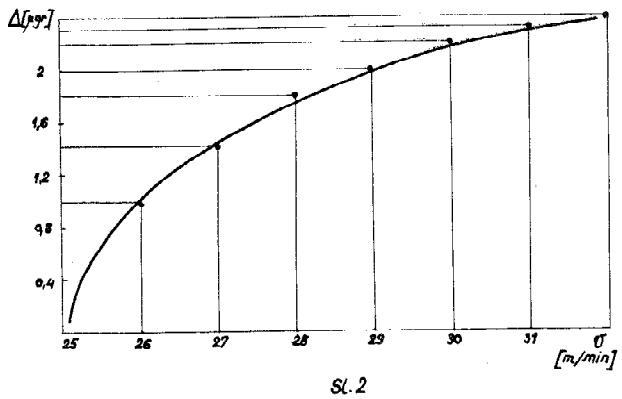
Biće prezentirani rezultati dobijeni pri merenju za jedan konkretan slučaj obrade radnog predmeta.

Mašina: univerzalni strug
Materijal radnog predmeta: Č.4730
Materijal reznog alata: Č.9682 (visoko legirani brzorezni kobaltov čelik)
Geometrija alata: grudni ugao $\gamma=6^\circ$
ledjni ugao $\alpha=8^\circ$
napadni ugao $\varkappa=90^\circ$
Korak s=0,375 mm/o
Dubina rezanja t=0,5mm

Na slikama 1 i 2 dati su rezultati merenja.Na Sl.1 dijagramski je prikazana promena veličine habanja u toku vremena, a na Sl.2 promena veličine habanja u funkciji od brzine rezanja.



Sl.1



Sl.2

Nakon obrade dobijenih rezultata uz neophodne aproksimacije došlo se do vrednosti koeficijenata iz jednačine (7) i one su:
$k_1=1,95\cdot10^{-5}$, $k_2=0,47$ i $k_3=1,23$.
Jednačina (7) sada ima oblik:

$$\frac{d\Delta}{d\tau} = 1,95\cdot10^{-5} e^{0,47v + 1,23\Delta}$$

Rešavanjem jednačine (12) dobija se optimalna postojanost i ona je za naš slučaj T=1100 [s]. Prethodno je usvojeno $\Delta_T=2,4$[μgr] a $\tau_r=900$[s]. Zamenom svih ovih vrednosti u jednačinu (8) izračunata je optimalna brzina rezanja:

$$v^*=4,8 \text{ [m/s]}.$$

LITERATURA

1.Rančić Milorad,Optimalno upravljanje režimom pri obradi rezanjem,Zbornik radova sa XVI savetovanja RMTM,Bor,1984
2.Tverskoj M.M.,Avtomatičeskoe upravlenie režimami obrabotki detalej na stanah,"Mašinostroenie",Moskva,1982
3.Stanković Pavle,Mašinska obrada,"Gradjevinska knjiga",Beograd,1971

M.Rančić

A CONTRIBUTION TO THE OPTIMISATION OF CONTROL IN TURNING

Abstract

The subject of this work is the problem of optimisation in turning.Mathematical model is formed that relates the production costs to the cutting regime.The quantity tool wear rate is defined, and the ifluence of amount of wear is introduced.The optimality criterion is adopted, and the procedure for determining optimal control is proposed.The experimentally obtained relationship between the amount of wear, and cutting speed and time is given for a concrete case of part machining.On the basis of the proposed procedure, optimal control was determined, i.e. optimal mechining regime.

XIX SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE

Kragujevac, septembar 1985.

PRILOG STUDIJI OPTIMIZACIJE KONSTRUKCIJE ALATA ZA OBRADU REZANJEM

B. Nedić, Fabrika reznog alata, Čačak
A. Mišković, Mašinski fakultet, Kragujevac
D. Vukelja, Mašinski fakultet, Kragujevac

R E Z I M E

U radu je dat mogući pristup optimizaciji konstrukcije alata za obradu rezanjem gde automatizacija projektovanja predstavlja najviši nivo pri konstruisanju. Automatsko projektovanje je nastalo kroz razvoj i primenu ERM i usavršavanja programa tako da je na ovaj način stvorena mogućnost za uključivanje optimizacije pri projektovanju. Uzavisnosti od kriterijuma optimizacije nalaze se optimalne varijante od kojih se iznalazi najoptimalnija.

UVODNA RAZMATRANJA

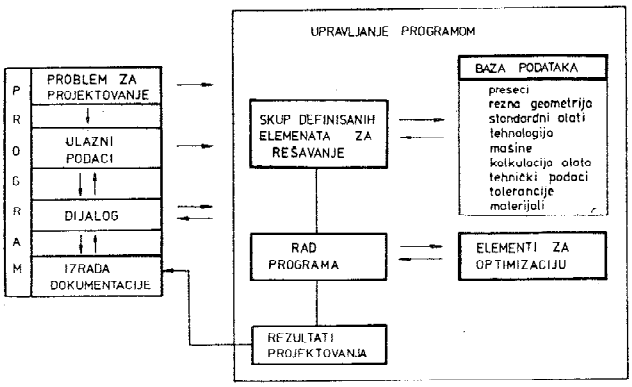
U poslednje vreme kod proizvoda su povećani zahtevi u pogledu svih karakteristika, otuda se i pred rezne alate postavljaju još veći zahtevi jer oni u velikoj meri utiču na kvelitet proizvoda. Zahtevaju se najsloženiji analitički proračuni, analize dobijenih rezultata, iznalaženja optimalnih varijanti pri konstruisanju,velika brzina crtanja, proveravanje i ponavljanje već uradjenih aktivnosti i zbog svega tega zahtev za automatizaciju pri konstruisanju.

Uključivanje ERM (elektronskih računskih mašina) otkrilo je nove metode naučno istraživačkog rada u oblasti projektovanja alata. Otvaraju se neograničene mogućnosti kod automatizacije rada inženjera i tehničara, vreme za proračunavanje se neverovatno smanjuje a tačnost proračuna se veoma povećava, varirajući ulazne podatke moguće je dobiti niz rešenja u zavisnosti od kriterijuma optimizacije i od njih izabrati najoptimalnije rešenje.

Efikasnost primene ERM se sve više povećava, prave se opšti programi, sa univerzalnom primenom. Elektronske računske mašine su se prve koristile za proračunavanje profilnih delova koji obrazuju reznu ivicu jer je ovo proračunavanje i oduzimalo najviše vremena (pr. fazonski noževi, profilna glodala za profilisanje, zupčanike i dr.). Da bi se povećala efikasnost primene ERM s obzirom na njihove mogućnosti, a i cenu, vrši se objedinjavanje više programa tako da se problemi rešavaju jednim univerzalnim programom, zatim, vrše se proračuni sa optimizacijom kao na primer: optimizacija parametara postavljanja alata za dobijanje profilnog žleba (glodala ili tocila), optimizacija parametara rezne geometrije u zavisnosti od obradjivanog materijala, režima pod kojima alat radi, optimizacija pri izboru alata iz već postojeće garniture sličnih alata, optimizacija zamene teorijskog profila alata kružnim lukovima i druge. Daljom razradom programa i algoritama ERM se koriste i za definisanje ne samo odredjenog profila već i drugih elemenata konstrukcije tako da se sada dobijaju gotove svi parametri za konstrukciju. I na kraju, najviši nivo primene ERM i programiranja predstavljaju proračuni za odredjivanje optimalne konstrukcije reznog alata u opšte, rešavanje kompleksnog problema. Na sl. 1. data je principijelna šema funkcionisanja programa kompleksnog programiranja.

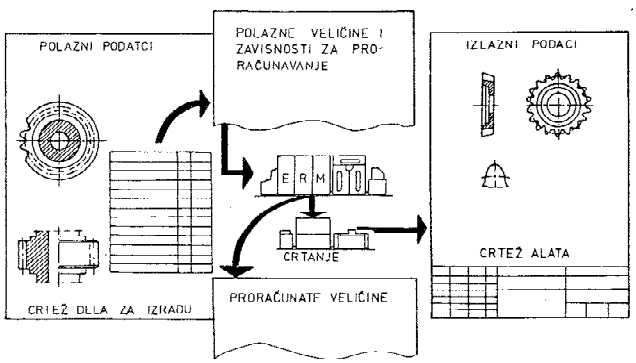
Kod ovakvog projektovanja alata omogućeno je

praćenje i upravljanje programom. Direktnim kontrolom, od samog početka rada programa (unošenja polaznih podataka) i uključivanjem putem dijaloga u sam tok programa, matematički proces, postiže se prilagodjavanje odredjenim zahtevima problema, moguće je od samog početka proračunavanja svaki element rešavati sa uključivanjem optimizacije i vršiti analizu i uporedjivanje svih rešenja. Koristeći grafičko predstavljanje rešenja, dobija se bolji pregled rezultata i daje se ocena tehnologičnosti rešenja u svakom trenutku. Na sl. 2. dat je primer automatizacije projektovanja /1/.



SL.1. PRINCIPIJELNA ŠEMA FUNKCIONISANJA PROGRAMA KOMPLEKSNOG PROGRAMIRANJA

Poznavajući šemu funkcionisanja programa kompleksnog programiranja izradjuju se algoritmi za automatsko projektovanje (sl.3.). Njime se obuhvataju svi poznati parametri koji definišu alat preko informaciono-istraživačkog sistema i moguće je koristiti već postojeće projektovane alate bez ponovnog proračunavanja. Algoritam obuhvata proračun tehnoekonomskih pokazatelja kroz koje se uključuje optimizacija sa ponavljanjem proračuna, pomoću upravljanja programom konstruktor se uključuje u sve faze projektovanja alata.



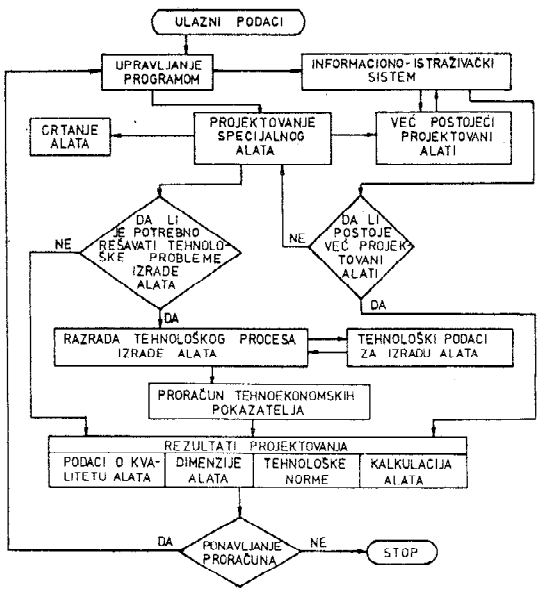
SL.2. PRIMER AUTOMATIZACIJE PROJEKTOVANJA

PROJEKTOVANJE REZNOG ALATA

ERM se koriste pri projektovanju alata svugde gde je to opravdano, gde se dobija konstrukcija alata boljeg kvaliteta i gde su troškovi vezani za projektovanje manji nego pri klasičnom načinu projektovanja. Razlikujemo automatsko i dijaloško projektovanje.

Automatsko projektovanje pomoću računara se ostvaruje bez uključivanja projektanta, konstruktora, u tok proračuna. Ono omogućava neprekidni ciklus projektovanja od početka do krajnjih rezultata, isključuju se mehaničke greške, moguća je modifikacija i prilagodjavanje konkretnim uslovima jedino pre početka rada programa, medjutim, ovo projektovanje sadrži veliki broj programa i otežan je rad sa njima, nema kontrole, nije moguće uključivanje u proces projektovanja i nema vizuelne ocene, grafičkog predstavljanja rezultata.

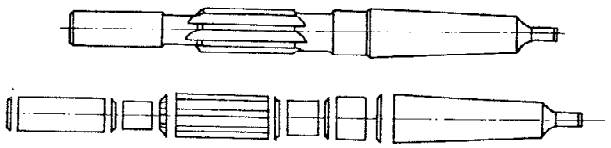
Projektovanje u dijalogu omogućava da se projektant uključuje u proces projektovanja preko ekranske jedinice - grafičke i analitičke. Preko grafičke jedinice, crtanja profila, ima se uvid u tehnologičnost rešenja, a preko analitičke jedinice se vrši kontrola dobijenih rešenja i upravljanje, korekcija odredjenih parametara profika i funkcionalnih zavisnosti. Ovde



SL.3. ALGORITAM AUTOMATSKOG PROJEKTOVANJA ALATA

se programom predvidjaju mesta na kojima se vrši odredjena intervencija, kontrola i ako je potrebna korekcija, daje se ocena o odvijenom proračunu i usmerenja za dalji tok proračunavanja. Program se obično deli na unošenje polaznih podataka uz korišćenje grafičkog predstavljanja na ekranu, proračunavanje, analizu i korekturu dobijenog profila alata i na kraju uporedjenje teorijskog profila i dobijenog profila dela koji se izradjuje projektovanim alatom, sa ocenom greške.

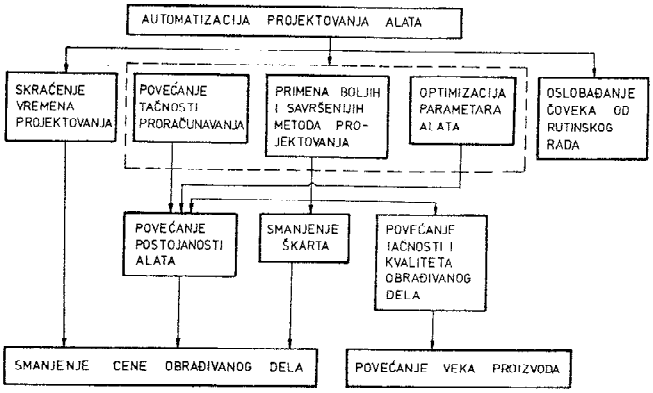
Pri prelasku projektovanja sa klasičnog na automatsko, odnosno na odredjivanje optimalne varijante, koristi se princip elementarnog konstruisanja zasnovanog na datoj vrsti alata, u kombinaciji sa metodom ispitivanja dobijenih rešenja radi iznalaženja optimalnih rešenja - metoda "IZBOR". Na primer: specijalni razvrtač se rasčlanjava na elemente: deo koji ga objedinjuje (drška, vodjice, vrat i prelazni konusi) i radni deo (ulazni konus i kalibrirajući deo), slika 4.



Sl.4. PRIMER RASČLANJAVANJA ALATA NA POJEDINE KONSTRUKTIVNE ELEMENTE

Svaki od elemenata konstrukcije može imati različite varijante konstrukcijskih rešenja. Te varijante se uopštavaju, posebno sistematizuju i daju u tablicama sa karakteristikama i oblastima primene. Proces projektovanja se može sprovesti kroz sledeće etape: a) nalaženje elemenata konstrukcije koji zadovoljavaju zadate zahteve, b) obrazovanje kombinacija od nadjenih elemenata, tj. obrazovanje mogućih varijanti konstrukcije rezneg alata, c) iznalaženje varijanti konstrukcije koji zadovoljavaju zadate zahteve, d) izbor optimalne varijante konstrukcije.

Kriterijum optimizacije može biti formiran samo na osnovu ekonomskih pokazatelja, jer su do te faze uzimana u obzir samo tehnička ograničenja, slika 5.



Sl.5. ŠEMA EKONOMSKIH POKAZATELJA PRIMENE AUTOMATIZACIJE PROJEKTOVANJA

OPTIMIZACIJA PROJEKTOVANJA

Projektovanje se odvija kroz definisanje zadatka, odvijanje proračuna, konstruisanja, izrade detalja i crteža.

Optimizaciju koristimo u svim fazama projektovanja. Pri tome razlikujemo dva tipa zadatka: prvo - strukturna optimizacija - dobijanje principijelnih rešenja (odredjivanje oblika, tipa i šeme konstrukcije) i drugo - parametarska optimizacija - kvantitativne, optimalne odredjivanje dimenzija i konstruktivnih parametara.

U najnovije vreme pri projektovanju alata korišćenjem ERM uspešno se primenjuje parametarska optimizacija čime se obezbedjuju ekonomski efekti mašinskog projektovanja. Ove objašnjava osnovnu predmost primene takvog projektovanja u odnosu na klasično, jer omogućava ocenjivanje mogućih varijanti, čime se postiže optimezacija.

Rešavanje problema, metodom parametarske optimizacije, je vezano za realizaciju sledećih mera:

1) upotpunjavanje sadržaja odgovarajućim tablicama (iz njih se biraju elementi optimizacije u vidu mogućih rešenja),
2) usavršavanje matematičkog modela, putem pravilnog postavljanja problema, izbora polaznih parametara i ograničenja,
3) korišćenje u odredjenim oblastima približnih metoda usvajanja rešenja,
4) korišćenje kompleksnih metoda, uključivanje

svih postojećih metoda radi optimizacije,

5) kompleksno razmatranje medjusobnih veza izmedju projektovanih elemenata i tehnoloških procesa za njegovu izradu.

Problemi strukturne optimizacije u oblasti projektovanja ne daju konkretno rešenje već moguća rešenja od kojih se bira optimalno.

Pri kvantitativnoj, parametarskoj optimizaciji odgovarajući element se opisuje sa n parametara i tu funkciju sveukupnosti K geometrijskih i konstruktivnih parametara možemo predstaviti izrazom:

$$K = F(x_1 \dots x_i \dots x_n),\ C_1 \dots C_j \dots C_m$$

gde su x_i i C_j promenljivi i konstantni parametri koji karakterišu konstrukciju alata.

Da bi našli oblast odredjenosti prethodne funkcije neophodno je postaviti sistem nejednačina:

$$Q_1(b_{11} \dots b_{1m}) \leq x_1 \leq f_1(b_{11} \dots b_{1m})$$

$$Q_i(b_{i1} \dots b_{im}) \leq x_i \leq f_i(b_{i1} \dots b_{im})$$

$$Q_n(b_{n1} \dots b_{nm}) \leq x_n \leq f_n(b_{n1} \dots b_{nm})$$

Ovde su $Q_i(b_{i1} \dots b_{im})$ i $f_i(b_{i1} \dots b_{im})$ funkcije za optimizaciju promenljivih veličina x_i na osnovu kojih se vrši optimizacija promenljivih parametara x_i koji karakterišu konstrukciju alata.

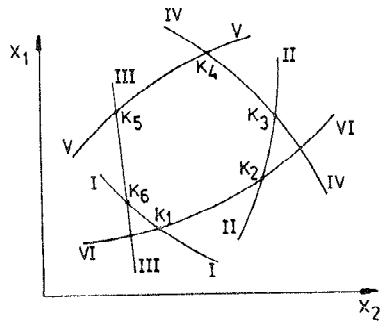
U ovom sistemu nejednačina umesto promenljivih x_i mogu biti i funkcionalne zavisnosti:

$$u = u(x_1, x_2, \dots x_n)$$

ali ovakav oblik nije najprikladniji za proces projektovanja alata i zato se redje koristi. Prethodni sistem nejednačina odredjuje oblast mogućih rešenja postavljenog problema, tj. traženu oblast konstrukcije alata. Izbor iz ove oblasti rešenja jedne varijante se vrši pomoću kriterijuma za optimizaciju. Taj kriterijum daje funkciju od jedne ili nekoliko promenljivih koju treba minimizirati ili maksimizirati. Takvu funkciju nazivamo funkciju za optimizaciju. Matematički problem svodimo pri tome, kako odrediti veličine $x_1 \dots x_n$ takve da kombinujući ih dobijemo funkciju za optimizaciju sa ekstremnim vrednostima tj.

$$f_c(x_1, \dots x_i, \dots x_n) \longrightarrow \min\ (\max)$$

Sistem nejednačina kada se uvede u ovu funkciju daje model za rešavanje problema. To rešenje često odredjujemo na osnovu karaktera ograničenja i funkcije za optimizaciju. Ova analiza se obično vrši pomoću grafičkog predstavljanja sistema nejednačina, slika 6.



Sl.6. GEOMETRIJSKO PREDSTAVLJANJE SISTEMA NEJEDNAČINA

Na osnovu izraza:

$$K = F(x_1 \dots x_i \dots x_n),\ C_1 \dots C_j \dots C_m$$

koju nazivamo osnovna jednačina modela, vrši se povezivanje promenljivih $x_1 \dots x_i \dots x_n$ i konstanti $C_1 \dots C_j \dots C_m$.

Posmatrajmo dve promenljive (x_1 i x_2), možemo predstaviti njihovu medjuzavisnost na sl. 6. Zatim svaku od nejednačina u sistemu razmatramo kao jednačinu i postavljamo je u osnovnu jednačinu pri uslovima da su sve ostale promenljive konstantne, jednake prosečnoj vrednosti. Drugim rečima, osnovne jednačine se svode na jednačine sa dve nepoznate. U sistemu koordinata x_1 i x_2 postoje dve krive:

$$x_1 = f(x_2)$$

jedna kojoj odgovara gornja granica analiziranog dela (na primer I-I) i druga - kojoj odgovara donja granica (II-II). Analogno posmatramo sa svim ostalim ograničenjima. Iz rezultata koji predstavljaju odredjene oblasti mogućih rešenja K_1, K_2, K_3, K_4, K_5, K_6 nalazimo optimalno rešenje.

Grafička metoda matematičkog modeliranja dozvoljava odredjivanje stepena uticaja različitih ograničenja na konstrukciju alata i nameće šemu dobijanja optimalnog rešenja. Ako se koristi više ograničenjs pri postavljanju modela , to je uža i oblast rešenja, to se brže i lakše dolazi do krajnjih rešenja. Posle izvršene analize dobijenih rešenja neophodno se posmatra sistem ograničenja i ako je potrebno proširujemo ili sužavamo odgovarajuća ograničenja. Ponekad se pri konstrukciji krive ograničenja i grafičkom predstavljanju krive nailazi na rad sa teškoćama, vrlo često je to vezano za izvodjenje i rešavanje složenih funkcionalnih zavisnosti.

Korišćenje mašinsko-matematičkog modeliranja pri projektovanju alata daje osnovne podatke o optimalnoj konstrukciji alata, pri čemu ne vršimo optimizaciju u opšte, već optimizaciju po svakom kriterijumu posebno, pa od dobijenih rešenja biramo najoptimalnije. Takodje pri projektovanju alata u najčešćem slučaju imamo pojedine elemente alata na koje smo rasčlanili alat (rezne elemente i ostale konstruktivne elemente). Ocena funkcije mora imati tehnoekonomsku osnovu, tj. mora se zasnivati na poznavanju tehničkih, tehnoloških, konstruktivnih i ekonomskih ograničenja i mogućnosti.

ZAKLJUČAK

Usavršavanje automatizacije projektovanja alata otvara nove pristupe pri konstruisanju alata, stvorena je mogućnost uključivanja optimizacije pri nalaženju pravog konstruktivnog rešenja a tačnost i brzina proračunavanja se veoma povećavaju.

Korišćenjem ovakvog konstruisanja sa razvijenom primenom ERM i bibliotekom programa za proračune alata, bilo bi moguće čak i telefonom ili na neki drugi način poslati ulazne podatke računskom inženjerijskom centru za projektovanje koji bi za veoma kratko vreme obradio podatke i na odgovarajući način poslao rezultate. U razvijenim zemljama se na ovaj način i radi, medjutim kod nas tek počinje primena ERM pri najelementarijem konstruisanju (odredjivanje pojedinih elemenata konstrukcije alata, pr. geometrija rezne ivice, razni profili alata) i u poslednje vreme stvaraju mogućnosti i za šire uključivanje ERM u projektovanje alata.
Tek Primenom ERM omogućeno je vršiti proračune i iznalaziti rešenja koja su vezana za optimizaciju jer su ovi proračuni bili preglomazni i nisu se običnim računskim putem mogli sprovesti.

LITERATURA

/1/ P. I. Šcericljin, B. I. Sinicljin, N. I. Žigalko, I. A. Bass, OSNOVI PROJEKTOVANJA REŽUŠCIH INSTRUMENTOV S PRIMENENIEM ERM, I izdanje, "Vljišcjšaja škola" MINSK, 1979.

/2/ S. I. Lašnev, M. I. Olikov, RASČET I KONSTRUIROVANIE METALLOREŽUŠCIH INSTRUMENTOV S PRIMENENIEM ERM, I izdanje, "Mašinostroenie", MOSKVA, 1975,

/3/ N. P. Matpjašin, V. K. Makeeva, MATEMATIČESKOE PROGRAMMIROVANIE, I izdanje, "Višca škola", HARKOV, 1974,

/4/ D. K. Margulis, R. H. Murtazin, OPTIMIZACIONNIE METODI RASČETA PROTJAŽNOGO INSTRUMENTA, Izvestija vjiših učebnjih zavedenii - mašinostroenie, 9/1979 (str. 155,156),

/5/ M. I. Olikov, PRIMENENIE SAPR REŽUŠCEGO INSTRUMENTA I OPTIMIZACIJA KONSTRUKTIVNJIH REŠENII, Stanki i instrument, 7/1983 (str. 17-19).

B.Nedić, A.Mišković, D.Vukelja

A CONTRIBUTION TO THE STUDY OF OPTIMISATION OF CUTTING TOOL DESIGN

Abstract

A possible approach to the optimisation of cutting tool design is dealt with in the paper, the automated design being the highest design level.Automated design has been created and developed through the development and application of digital computers, and the perfection of the programs,creating thus a possibility to include optimisation into the design process. Depending upon the optimisation criterion chosen, optimal variants are sought, choosing the most optimal one amongst them.

XIX SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE

Kragujevac, septembar 1985.

OPTIMIZACIJA GEOMETRIJSKIH ELEMENATA KOD UREZNIKA ZA AUTOMATE

P. Dakić, SOUR "Rudi Čajavec", RO Elektromehanika, Banja Luka

Z. Jelić, SOUR "Rudi Čajavec", RO Elektromehanika, Banja Luka

REZIME

U radu je dat način određivanja optimalnih geometrijskih veličina ureznika za automate i uslove iz neposredne proizvodnje. Nađen je matematički model optimizacije ispitivanih elemenata i utvrđena njihova optimalna vrijednost.

SUMMARY

This work deals with determination of optimal geometrical sizes of tapping cutters for automatic machines as well as with direct production conditions. A mathematical model for optimization of investigated elements and their optimal valne has been worked aut.

1. Uvod

Poznata je činjenica da je osnovna geometrija ureznika propisana standardima i da predstavlja statičku geometriju, a služi samo pri konstrukciji i izradi ureznika. Kao i kod ostalih vrsta obrade rezanjem, tako i kod urezivanja navoja, statička geometrija lažno karakteriše rezni klin zupca, koji se stvarno formira tek u procesu urezivanja navoja. Uglovi $\alpha, \gamma, \varkappa, \lambda$ su u većini slučajeva elementi istraživanja mnogih istraživača. Leđni ugao α i grudni ugao β nisu propisani standardom, a određuju ga proizvođači, zavisno od vrste materijala koji se obrađuje. Ostali uglovi su djelimično definisani standardom i neće se razmatrati u ovom radu. Predmet razmatranja ovog rada je i podbrušenje po leđnoj površini p^{α} koji je bitan element geometrije ureznika.

2. Uslovi ispitivanja

Ispitivanja su izvedena u "RMK" Zenica RO "Tvornica vijaka , Mrkonjić Grad" u Mrkonjić Gradu pod sledećim uslovima:

- Korišćena mašina je automat za urezivanje navoja ruske proizvodnje tipa A2062,
- Alat je ureznik M16-ISO 6H, Industrije alata Trebinje (IAT),
- Predmet obrade su hladno kovane navrtke (JUS M.B1.601-M16) od materijala Č.0545,
- Korišćeno sredstvo za hlađenje i podmazivanje je SOL 40E proizvodnje FAM - Kruševac u koncentraciji 6% i dotoka 0,6 l/min.
- Brzina urezivanja je v=0,223 m/s

3. Izbor nivoa uticajnih elemenata

Osnovni elementi geometrije ureznika koji su odabrani za eksperimentisanje i analizu u ovom radu su:

- grudni ugao γ
- Leđni ugao α i
- podbrušenje po leđnoj površini p^{α}

Nivoi ispitivanih elemenata su: $\gamma_1=8^0$, $\gamma_2=12^0$, $\gamma_3=16^0$, $\alpha_1=4^0$, $\alpha_2=6^0$, $\alpha_3=8^0$, $\rho_1^\alpha=0{,}17$, $\rho_2^\alpha=0{,}19$ i $\rho_3^\alpha=0{,}21$.

4. Plan eksperimenata

Korišćen je višefaktorni plan prvog reda sa serijom od 2^k tj. $2^3=8$ eksperimenata raspoređenih po tjemenima kuba, oko koga je opisana steta $\rho^2=\Sigma X_i^2$. Granice intervala varijacije elemenata sistema ustanovljene su tako da se obuhvati cjelokupno optabilno područje sistema i s obzirom na ostale kriterijume optimizacije [1]. Za matematički model odabran je vijek trajanja alata (T) koji u ovom slučaju istovremeno predstavlja i funkciju cilja. Eksperimentalni programi izvodi se u dvije serije eksperimenata. Cilj prve serije je identifikovanje područja vektora otpimalne tačke ($X_{1o}=\gamma_o$, $X_{2o}=\alpha_o$, $X_{3o}=\rho_o^\alpha$) na nepoznatoj površini funkcije cilja u trofaktornom prostoru tj., statičko opisivanje funkcije cilja $T = T(X_1, X_2, X_3)$ matematičkim modelom oblika:

$$T=b_o+b_1X_1+b_2X_2+b_3+b_{12}X_{12}+b_{13}X_{13}+b_{23}X_{23}+ +b_{123}X_{123} \quad (1)$$

Radna plan matrica, definisana je jednačinom PM = {1, a, b, ab, c, ac, bc, abc}

5. Rezultati eksperimenata

U prvoj koloni, tabela 1., iza plan matrice, unesene su numeričke vrijednosti eksperimentalnih rezultata (izlazni faktor) kriterij optimizacije T_k, a u drugoj modelske vrijednosti pojedinih faktora, pa matematički model ima oblik:

$$T=297{,}75-11X_1-4{,}75X_2-0{,}25X_3-X_1X_2-1{,}5X_1X_3- -0{,}25X_2X_3+X_1X_2X_3 \quad (2)$$

Rezultati statističke analize adekvatnosti modela pokazuju, međutim, da se modelom (2) ne adekvatno opisuje respektivni obradni proces u granicama obuhvaćenog višefaktornog prostora. U centralnoj tački plana dobijaju se eksperimentalni rezultati $T_k=E(T_k)$ = 440 (eksperimenti 15-20) tabela 1., od kojih nedopustivo mnogo odstupa modelska vrijednost T_k = 297,75. Ovo pokazuje da nepoznata površina adekvatnog matematičkog modela obradnog procesa, u obuhvaćenom faktornom prostoru, manji poluprečnik krivine u odnosu na površinu (2), što znači, nulta hipoteza da se efekti kvadratnih članova jednaki nuli, mora odbaciti. Respektujući predhodne informacije, u drugoj seriji eksperimenata izvršeno je modeliranje funkcije cilja obradnog procesa polinomnim modelom drugog reda:

$$T_k=b_o+\sum_{i=1}^{3} b_iX_i+\sum_{i<j}^{3} b_{ij}X_{ij}+\sum_{i=1}^{3} b_{ii}X_i^2 \quad (3)$$

primjenom centralnog kompozicionog rototabilnog plana 2^k+2k+n_o. Serija je locirana u tačke na centralnim osama (15-20) u tjemenima oktaedra (eksperimenti 1-8) i centralnu tačku plana eksperimenti (9-14), tako da zajedno sa predhodnom serijom čini potpun centralni kompozicioni rotatabilni plan od ukupno N=20 eksperimenata. Obe serije su randominizirane pomoću tablice slučajnih brojeva.

Svaki faktor varira se istovremeno na pet nivoa u širokom dijapazonu varijacije.

Konačno se dobija traženi matematički model:

$$T_k=440{,}37-22{,}2X_1-1{,}55X_2-8{,}765X_3-34{,}898X_1^2- -32{,}777X_2^2-51{,}159X_3^2-X_1X_2-1{,}5X_1X_3-0{,}25X_2X_3 \quad (4)$$

optimalnog područja nepoznate funkcije cilja $T_k=T_k(\gamma,\alpha,\rho^\alpha)$ difuznog sistema $(\gamma,\alpha,\rho^\alpha)$. Predznaci osnovnih efekata pokazuju međusobnu pomjerenost i relativni položaj centralne prema optimalnoj tački sistema. Izvršena je provjera adekvatnosti matematičkog modela i utvrđeno da je nađeni matematički model adekvatan za sve uobičajene pragove značajnosti.

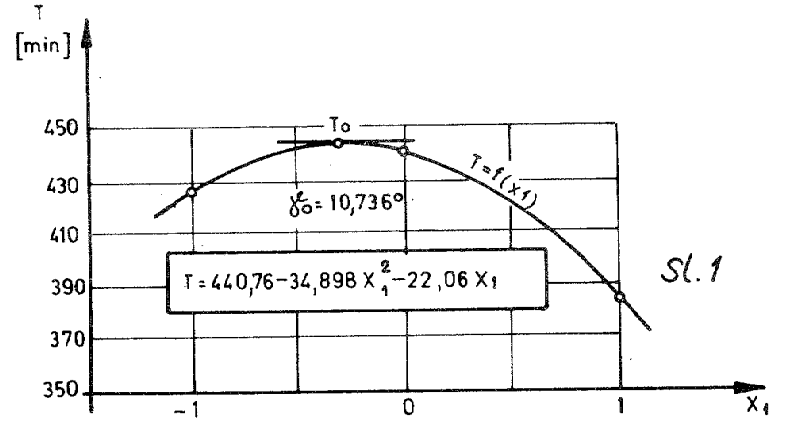
6. Analiza matematičkog modela

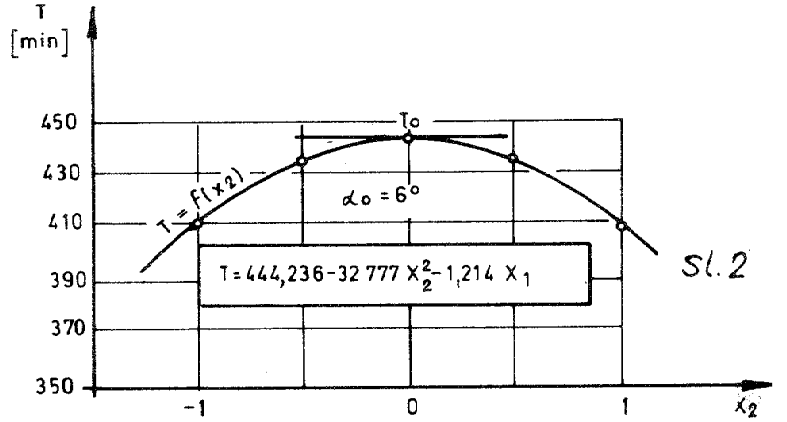
Analizom matematičkog modela (4) u intervalu $(-1{,}682 < X_i < 1{,}682)$ dobija se njen maksimum funkcije cilja i traženi optimum. Ortogonalnim presjecima površine fukcije cilja kroz otpimum sistema (maksimum), dobijaju se zakonitosti postojanosti ureznika za svaki od elemenata (geometrije) sistema:

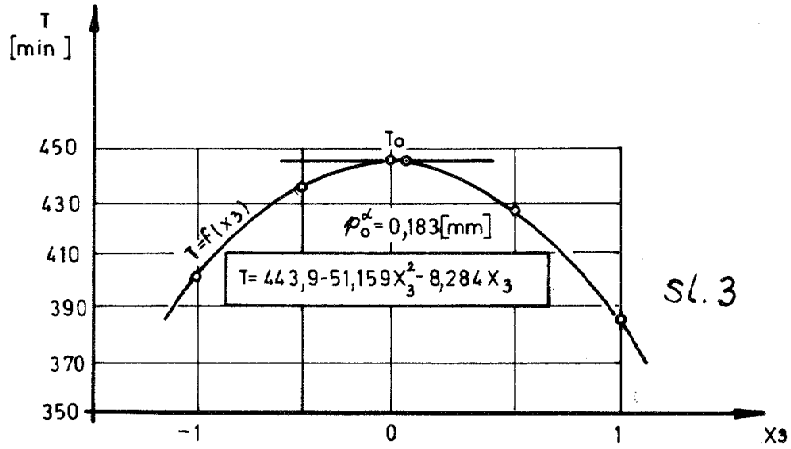
1. Za X_1 (γ)
$$T_k=440{,}76-34{,}898X_1^2-22{,}06X_1 \quad (5)$$
2. Za X_2 (α)
$$T_k=444{,}235-32{,}777X_2^2-1{,}214X_2 \quad (6)$$

Tabela 1

Red. broj exp.	KOMPONENTE PLANA	PLAN-MATRICA višefaktornog plana prvog reda 2^k i centralnog kompozicionog plana 2^k+2k+n_0											Eksperimentalni rezultati	Modelski rezultati	
		X_0	X_1	X_2	X_3	X_1^2	X_2^2	X_3^2	X_1X_2	X_1X_3	X_2X_3	$X_1X_2X_3$		Plan 2^k	Plan 2^k+2k+n_0
1	Skup tačaka na temenima kuba (plan prvog reda 2^k)	1	-1	-1	-1	1	1	1	1	1	1	-1	310	310	351,3
2		1	1	-1	-1	1	1	1	-1	-1	1	1	295	295	311,9
3		1	-1	1	-1	1	1	1	-1	1	-1	1	305	305	350,7
4		1	1	1	-1	1	1	1	1	-1	-1	-1	282	282	307,3
5		1	-1	-1	1	1	1	1	1	-1	-1	1	315	315	337,3
6		1	1	-1	1	1	1	1	-1	1	-1	-1	290	290	291,9
7		1	-1	1	1	1	1	1	-1	-1	1	-1	305	305	335,7
8		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	280	280	286,3
9	Skup centralnih tačaka (n_0)	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	430	—	440,4
10		1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	435	—	440,4
11		1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	428	—	440,4
12		1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	434	—	440,4
13		1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	452	—	440,4
14		1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	461	—	440,4
15	Skup tačaka na centralnim osama ($2k$)	1	-1,682	0	0	2,828	0	0	0	0	0	0	443	—	379,02
16		1	1,682	0	0	2,828	0	0	0	0	0	0	315	—	304,34
17		1	0	-1,682	0	0	2,828	0	0	0	0	0	380	—	350,28
18		1	0	1,682	0	0	2,828	0	0	0	0	0	390	—	345,07
19		1	0	0	-1,682	0	0	2,828	0	0	0	0	368	—	310,44
20		1	0	0	1,682	0	0	2,828	0	0	0	0	298	—	280,98
	Efekti plana rada 2^k	b_0=297,75	b_1=-11	b_2=-4,75	b_3=-0,25	—	—	—	b_{12}=-1	b_{13}=-1,5	b_{23}=-0,25	b_{123}=+1	Model neadekvatan		
	Efekti plana 2^k+2k+n_0	b_0=440,4	b_1=-22,2	b_2=-1,55	b_3=-8,765	b_{11}=-34,898	b_{12}=32,777	b_{33}=-51,159	b_{11}=-1	b_{13}=-1,5	b_{23}=-0,25	—	Model adekvatan		







3. Za X_3 (p^{α})

$$T_k = 443{,}9 - 51{,}159X_3^2 - 8{,}286X_3 \qquad (7)$$

Odgovarajući dijagrami sl. 1, 2, i 3 pokazuju rezultate optimizacije sistema pomoću kompozicionog plana drugog reda. Rešenjem dobijenog sistema jednačina (5,6 i 7) dolazi se do optimalnih vrijednosti traženih geometrijskih veličina u kodnim koordinatama:

$X_1 = -0{,}316,$
$X_2 = -0{,}0185,$
$X_3 = -0{,}081,$

ili vraćanjem u prirodne koordinate $\gamma_0 = 10{,}736^0$; $\alpha_0 = 6^0$, $p_0^{\alpha} = 0{,}183$ mm

7. ZAKLJUČAK

Na osnovu izvedenih eksperimenata i nađenog matematičkog modula optimobilnog procesa i njegove analize može se izvući zaključak:

a) Maksimalna vrijednost postojanosti ureznika T_k (ujedno i optimalna) za promjenljive ($X_1 = \gamma$, $X_2 = \alpha$, $X_3 = p^{\alpha}$) se dobija u kodiranim koordinatama $X_{01} = -0{,}316$, $X_{02} = -0{,}0185$ i $X_{03} = -0{,}081$ ili vraćanjem na prirodne vrijednosti $\gamma_0 = 10{,}736^0$, $\alpha_0 = 6^0$ i $p_0^{\alpha} = 0{,}183$ mm

b) Upoređujući nađene optimalne geometrijske veličine ureznika sa veličinama koje preporučuju proizvođači slijedi:

- da se optimalni grudni ugao ($\gamma_0 = 10{,}736^0$) nalazi u području preporuke proizvođača ($\gamma = 10\text{-}15^0$),
- da se optimalni leđni ugao poklapa sa preporukom proizvođača ($\alpha_0 = 6^0$),
- da se optimalna veličina $p_0^{\alpha} = 0{,}183$ mm nalazi ispod preporučene veličine od strane proizvođača ($p^{\alpha} = 0{,}2$ mm).

c) Bilo kakva odstupanja od nađenih optimalnih geometrijskih veličina, dovodi do pada postojanosti ureznika (što se vidi iz modela (4) i dijagramskog prikaza sl.1, 2 i 3).

Literatura

1. J.Stanić, "Matematičke osnove tehno-ekonomske optimizacije obradnih procesa", Beograd 1979.
2. J.Stanić, "Metod inženjerskih mjerenja", Beograd 1979.
3. P.Dakić, "Optimizacija procesa urezivanja na automatima u navrtke materijala domaće proizvodnje", Doktorska disertacija, Zagreb 1980.
4. B.Popović, "Optimizacija reznih mogućnosti ureznika i procesa urezivanja "navoja", Doktorska disertacija, Beograd 1975.
5. Z.Jelić, "Optimizacija geometrije i konstrukcija ureznika M16-ISO 6H za automate", Diplomski rad, Banja Luka 1984.

XIX SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE

Kragujevac, septembar 1985.

ODREDJIVANJE OPTIMALNIH REŽIMA REZANJA PRI ODVALNOM GLODANJU PRIMENOM ITERATIVANE METODE

B. Sovilj, Fakultet tehničkih nauka, Institut za proizvodno mašinstvo, Novi Sad
M. Jašćur, "Jugoalat", OOUR Ozubljenje, Novi Sad

R E Z I M E

U radu su na osnovu analize složenog procesa obrade zubaca cilindričnih zupčanika odvalnim glodanjem, izgradjenih matematičkih modela funkcija cilja i eksperimentalno dobijenih pouzdanih funkcija stanja i organičenja efikasno odredjeni optimalni režimi rezanja primenom iterativne metode.

1. UVOD

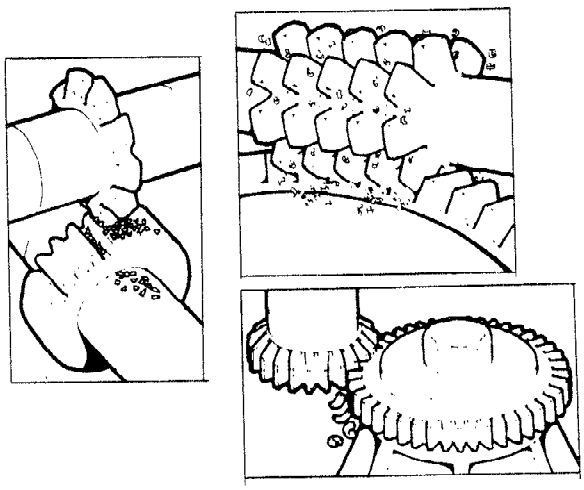
Odvalno glodanje nalazi najširu primenu pri obradi zubaca cilindričnih zupčanika zahvaljujući visokoj produktivnosti procesa. Komplikovane kinematike i geometrijske veze izmedju alata i obradka prouzrokuju niz teškoća koje sprečavaju optimalno iskorišćenje alata i mašine alatke, odnosno otežavaju optimizaciju celokupnog postupka obrade zubaca zupčanika. Navedene teškoće ispoljavaju se i kroz nedovoljnu postojanost odvalnih glodala od brzoreznog čelika.

Sistematska ispitivanja procesa uz primenu kvalitetnijih materijala odvalnih glodala i odvalnih glodalica veće krutosti omogućavaju bolje upoznavanje ponašanja odvalnih glodala od brzoreznog čelika i utvrdjivanje novih smernica za njihovu ekonomičniju primenu.

Polazeći od analize osnovnih zakonitosti procesa odvalnog glodanja zubaca cilindričnih zupčanika u Naučno-obrazovnom Institutu za proizvodno mašinstvo FTN u Novom Sadu dosadašnja istraživanja bazirana su u dva osnovna pravca: istraživanje optimalne geometrije alata i istraživanje optimalnih parametara režima rezanja. U ovom radu iznosi se deo rezultata tih istraživanja koji se odnose na optimizaciju režima rezanja.

2. ANALIZA PROCESA ODVALNOG GLODANJA

Odvalno glodanje je u poslednjih dvadeset godina izvanredno usavršeno i pri tome još nisu vidljive granice ovog razvoja. Proces odvalnog glodanja je složen proces sa vrlo širokim spektrom faktora i parametara procesa bitnih za iznalaženje optimalnih uslova obrade. U teoriji tehnoekonomske optimizacije poznato je da osnovni problem predstavljaju funkcije stanja i ograničenja procesa, odnosno njihova pouzdanost. Kod odvalnog glodanja taj problem je još zaoštreniji (sl. 1.b). Poznato je da za ovaj kompleksan proces često

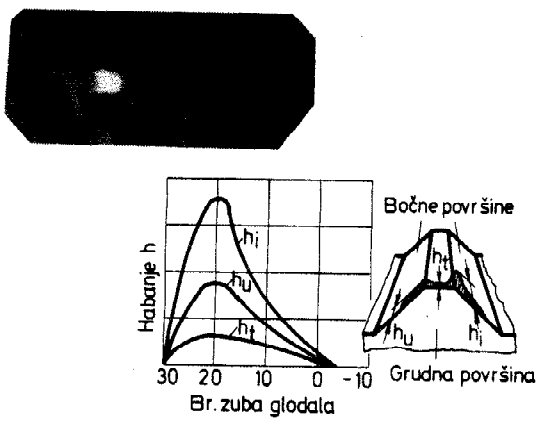


Slika 1. Osnovne metode izrade zubaca cilindričnih zupčanika

nedostaju i neke osnovne od navedenih funkcija. Razlog za to leži pre svega u teškoćama ekonomične eksperimentalne identifikacije procesa sa integralnim odvalnim glodalom.

Istraživanje neophodnih funkcija stanja i ograničenja zahteva varijaciju širokog spektra parametara.

Pri tom naročito promene parametara izuzetno skupog alata i obradka zahtevaju značajne troškove istraživanja. Utvrdjivanje funkcije postojanosti odvalnog glodala, kao osnovne funkcije stanja, zahteva detaljnu studiju modela habanja alata i zbog toga što su pojedini zubi i njihovi delovi izloženi različitim opterećenjima. Kod obrade sa odvalnim glodalom od brzoreznog čelika utvrdjeno je kao merodavno habanje alata po ledjnoj površini, tj. parametar kriterijuma njegovog zatupljenja. Na osnovu brojnih eksperimentalnih istraživanja kao kriterijum zatupljena može se uzeti parametar h_i, tj. širina koncentrisanog habanja na prelazu izlaznog boka i temena zuba (sl.2). Racionalno iskorišćenje celokupne dužine odvalnog glodala pos-



Slika 2. Raspodela habanja zuba odvalnog glodala

tiže se aksijalnim pomeranjem alata. Iako moderne odvalne glodalice imaju mogućnost aksijalnog pomeranja alata, još uvek su za odvalna glodala od značaja dva pitanja:

- posle kojeg perioda vremena, odnosno posle koliko obradjenih zupčanika treba izvršiti aksijalno pomeranje odvalnog glodala,
- koliko treba da iznosi to pomeranje u cilju racionalnog iskorišćenja svih zuba odvalnog glodala.

Veoma bi bilo interesantno ispitati mogućnost automatskog odredjivanja vremena izmedju dva pomeranja u vezi sa povećanim otporima rezanja.

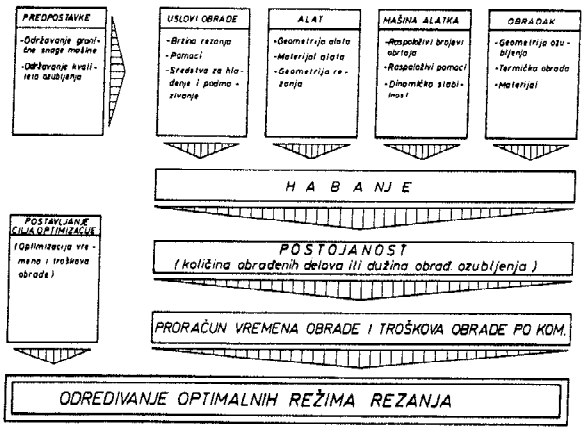
Optimizacija procesa odvalnog glodanja značajna je, kako za proizvodjače alata, tako i za proizvodjače zupčanika. Zbog kompleksnosti procesa, istraživanja podloga za optimizaciju procesa odvalnog glodanja zahtevaju znatna ulaganja i napore, pa se zbog toga ispitivanja izvode u laboratorijskim uslovima i u realnom procesu proizvodnje.

3. IZGRADNJA MODELA OPTIMIZACIJE REŽIMA REZANJA PROCESA OBRADE CILINDRIČNIH ZUPČANIKA ODVALNIM GLODANJEM

Unutrašnja optimizacija obradnih procesa, koja bazira na poznatim funkcijama obradivosti, zahteva izgradnju matematičkog modela optimizacije sa definisanjem |6,7,9|:

- funkcija stanja,
- funkcija ograničenja,
- funkcija cilja i
- kriterijuma optimizacije.

U slučaju procesa odvalnog glodanja ostvarivanje postavljenih ciljeva: zahtevanog kvaliteta ozubljenja i kriterijalnih vrednosti funkcija cilja, može se ostvariti uz istovremeno respektovanje uticaja svih elemenata i karakteristika obradnog sistema. Prema tome odredjivanje optimalnih režima rezanja predpostavlja utvrdjivanje pouzdanih funkcija stanja i svih tehnoloških ograničenja, odredjenih zahtevima obrade (sl.3). Jasno je da osnovnu ulogu pri tome igra habanje odvalnog glodala odnosno funkcija postojanosti.



Slika 3. Tok odredjivanja optimalnih režima rezanja

3.1. Matematički model funkcija stanja i ograničenja procesa

Na osnovu analize literaturnih informacija |2, 3,4,5,8| i sopstvenih istraživanja |9,10| za konkretan proces odvalnog glodanja usvojen je eksponencijalni oblik funkcije postojanosti.

Opšti oblik takve funkcije ima izgled:

$$T(v,s_a,a_p,m,z_1,z_2,\alpha\ldots)=C\cdot v^{p}\cdot s_a^{q}\cdot a_p^{r}\cdot m^{n}\cdot z_1^{w}\cdot z_2^{j}\cdot\alpha^{k}\ldots \quad (1)$$

ili

$$L,v,s_a,a_p,m,z_1,z_2,\alpha\ldots)=C\cdot v^{p}\cdot s_a^{q}\cdot a_p^{r}\, m^{n}\cdot z_1^{w}\cdot z_2^{j}\cdot\alpha^{k}\ldots \quad (2)$$

gde je:

T - postojanost (min),
L - postojanost (mm),
v - brzina (m/min),
s_a - korak (mm/o),
a_p - aksijalno pomeranje (mm),
m - modul (mm),
z_1 - broj hodova odvalnog glodala,
z_2 - broj zuba zupčanika
α - ugao profila alata

Složenost navedene funkcije upućuje na ispitivanje postojanosti alata u laboratorijskim i realnim proizvodnim uslovima, pri čemu se izrazi (1) i (2) mogu značajno uprostiti. Za konkretna istraživanja usvojen je sledeći oblik funkcija postojanosti:

$$T = C_T \, v^p \, s_a^q \, a_p^r \qquad (3)$$

$$L = C_L \, v^p \, s_a^q \, a_p^r \qquad (4)$$

Za svaki konkretan slučaj obrade u proizvodnim i laboratorijskim uslovima utvrdjuju se pouzdane funkcije stanja primenom metoda matematičke statistike. Najčešće primenjivana klasična regresiona analiza koja zahteva veliki broj eksperimenata ustupa mesto savremenim metodama matematičke statistike zasnovane na višefaktornim planovima eksperimenta.

Sistem funkcija ograničenja mora biti sastavni deo svakog modela optimizacije režima rezanja |6,7,9| Detaljna analiza funkcija ograničenja procesa odvalnog glodanja data je u |9|, a u ovom saopštenju se ne iznosi, već se ukazuje samo na njihovu ulogu preko ograničenja zahtevanom tačnošću. Funkcija tačnosti obrade najčešće se primenjuje kao funkcija organičenja i mogu se utvrditi u postupku odredjivanja funkcije postojanosti, takodje kao funkcija režima rezanja. Funkcija hrapavosti i radijalnog bacanja daju se u sledećem obliku:

$$R_a \geq C_1 \, v^{p_1} \, s_a^{q_1} \, a_p^{r_1} \qquad (5)$$

$$A_r \geq C_2 \, v^{p_2} \, s_a^{q_2} \, a_p^{r_2} \qquad (6)$$

gde je:

R_a - dozvoljena srednja hrapavost merena u pravcu evolvente
A_r - dozvoljeno radijalno bacanje
$C_1, C_2, p_1, p_2, q_1, q_2, r_1, r_2$ - konstantne veličine za konkretne uslove rada

Nabrojana i sistematizovana ograničenja nisu konačna. Daljim istraživanjima moguće je njihovo kompletiranje, a takodje i prilagodjavanje drugim vrstama obrade ozubljenja.

3.2. Matematički model funkcija cilja

Funkcijom stanja, graničnim uslovima i kriterijumom optimizacije postavljaju se okviri matematičkog modela optimizacije obradnog procesa, pri čemu se definitivna formulacija matematičkog modela optimizacije precizira postavljanjem konkretnog oblika funkcije cilja:

$$\phi_c = \phi_c(x,y,z) \qquad (7)$$

gde su:

ϕ_c - funkcija cilja
x,y,z - promenljive veličine

Kao funkcije cilja u optimizaciji procesa odvalnog glodanja najčešće se primenjuju: proizvodnost, ekonomičnost, tačnost obrade itd. U većem broju radova domaćih i stranih autora pokazano je da pouzdane rezultate optimizacije daju funkcije vremena i troškova obrade, kao ekvivalenti proizvodnosti i ekonomičnosti, odnosno dobiti |3,4,5,6,7,8,9...|

Funkcija vremena obrade

Vreme obrade po komadu može se izraziti kao zbir ciklusnih i vanciklusnih elemenata vremena po obrascu:

$$t_k = t_g + t_p + t_a + t_{pa} + t_{pz} + t_d \qquad (8)$$

gde su:

t_k - vreme po komadu |min/kom|
$t_g = \frac{z_2 L_o}{n \, s_a \, z_1}$ - glavno vreme obrade |min/kom|
z_2 - broj zuba zupčanika
L_o - dužina puta glodala |mm|
z_1 broj hodova glodala
t_p - pomoćno vreme |min/kom|
$t_a = t_1 \frac{t_g}{bT}$ - vreme zamene i regulisanja alata |min/kom|
t_1 - vreme jedne zamene i regulisanja alata |min|
b - koeficijenat zavisan od preostale dužine glodala za aksijalno pomeranje
$t_{pa} = p_a \, t_3 \frac{t_g}{bT}$ - vreme aksijalnog pomeranja alata |min/kom|
p_a - broj aksijalnih pomeranja alata
t_3 - vreme jednog aksijalnog pomeranja |min|
t_{pz} - pripremno završno vreme |min/kom|
t_d - dodatno vreme |min/kom|

Vreme obrade po komadu posle zamene dobija sledeći izgled:

$$t_k = \frac{z_2 \, L_o}{n \, s_a \, z_1} + t_p + t_1 \frac{t_g}{T} + t_3 \, p_a \frac{t_g}{T} + t_{pz} + t_d \qquad (9)$$

Ako se postojanost alata izrazi preko količinske proizvodnosti, tj. preko dužine obradjenog ozubljenja (L) može se uspostaviti veza izmedju postojanosti integralnog i jednozubog alata u obliku |3|:

$$L = \frac{L_s}{a_p} L_1 \qquad (10)$$

gde je:

L - postojanost integralnog odvalnog glodala |mm|
L_s - raspoloživa dužina za aksijalno pomeranje
L_1 - postojanost jednozubog alata |mm|
a_p - aksijalno pomeranje |mm|

Na osnovu gornjeg, jednačina (8) ima oblik:

$$t_k = \frac{z_2 L_o D_g}{320 V s_a z_1} + t_p + t_1 \frac{L_o}{\frac{L_s}{a_p} V V^p s_a^q a_p^r} + t_3 \frac{L_s}{a_p} \cdot \frac{L_o}{\frac{L_s}{a_p} C V^p s_a^q a_p^r} + t_{pz} + t_d \quad (11)$$

ili

$$t_k = t(V,s,a_p) + t_{const.} \quad (12)$$

gde je:

$$t(V,s,a_p) = \frac{z_2 L_o D_g}{320 V s_a z_1} + t_1 \frac{L_o}{L_s C V^p s_a^q a_p^{r-1}} + \frac{t_3 L_o}{C V^p s_a^q a_p^r} \quad (13)$$

Funkcija troškova obrade

Troškovi obrade pri odvalnom glodanju ozubljenja mogu se odrediti pomoću izraza |5,6,7,9|:

$$U_o = R+M+A+B \ |din/kom| \quad (14)$$

gde su:

R - bruto lični dohodak poslužioca mašine i stručnog radnika |din/kom|

M - troškovi amortizacije mašina |din/kom|

A - troškovi eksploatacije alata |din/kom|

B - dodatni troškovi |din/kom|

$$R = a K_1 t_k' = (1 + \frac{K_3}{K_1} \frac{N_1}{N_2}) \frac{1}{N_1} K_1 (t_g+t_p+t_d+t_{pz}) \quad (15)$$

N_1, N_2 - broj mašina koju poslužuje poslužioc mašine, odnosno stručni radnik

K_1, K_3 - bruto lični dohodak poslužioca mašine i stručnog radnika |din/min|

$$M = \frac{C_M p}{F \eta 60 \cdot 100} \quad \text{- troškovi amortizacije mašine |din/kom|} \quad (16)$$

C_M - cena mašine |din|

p - amortizaciona stopa |%|

F - raspoloživi kapacitet mašine |čas/god|

η - vremenski stepen iskorišćenja mašine

$$A = \frac{A_1+A_2+A_3+A_4}{p_a + 1} \quad \text{- troškovi alata |din/kom|} \quad (17)$$

$A_1 = a K_1 t_1 \frac{tg}{T}$ - troškovi zamene i regulisanja alata svedeni na jedan komad |din/kom|

$A_2 = K_2 t_2 \frac{tg}{T}$ - troškovi oštrenja alata |din/kom|

$A_3 = \frac{Ca}{i+1} \frac{tg}{T}$ - troškovi amortizacije alata svedeni na jedan komad |din/kom|

Ca - nabavna cena novog alata |din|

i - broj oštrenja

t_2 - vreme oštrenja alata |min|

K_2 - bruto lični dohodak oštrača alata |din/min|

$A_4 = p_a K_1 t_3 \frac{tg}{T}$ - troškovi jednog aksijalnog pomeranja |din/kom|

pa su ukupni troškovi eksploatacije alata:

$$A = \left(\frac{a K_1 t_1 + K_2 + \frac{C_a}{i+1} + p_a K_1 t_3}{p_a + 1}\right) \frac{tg}{T} \ |din/kom| \quad (18)$$

B - dodatni troškovi svedeni na jedan komad |din/kom| iznose: (19)

$$B = \left(\sum_{i=1}^{12} b_i + b_d\right) t_k \ |min/kom| \quad (20)$$

pa su ukupni troškovi:

$$U_o = (1+ \frac{K_3}{K_1} \frac{N_1}{N_2}) \frac{1}{N_1} K_1 (tq+t_p+t_d+t_{pz}) + \frac{C_{m \cdot p}}{F \cdot 60 \cdot 100 \cdot \eta} t_k + \left(\frac{a K_1 t_1 + K_2 t_2 + \frac{Ca}{i+1} + p_a K_1 t_k}{p_a + 1}\right) \frac{tg}{T} + B \cdot t_k \ |din/kom| \quad (21)$$

Uvrštavanjem izraza za pojedina vremena i postojanost dobija se:

$$U(V,s,a_p) = (1 + \frac{K_3}{K_1} \frac{N_1}{N_2}) \frac{1}{N_1} K_1 \frac{z_2 L_o D_9}{320 \cdot V \cdot s_a z_1} + \frac{C_{m \cdot p}}{F \cdot 60 \cdot 100 \cdot \eta} \cdot \left(\frac{z_2 L_o D_9}{320 V s_a z_1} + t_1 \frac{L_o}{L_3 C V^p s_a^q a_p^{r-1}} + \frac{t_3 L_o}{C V^p s_a^q a_p^r}\right) + \left(\frac{a K_1 t_1 + K_2 t_2 + \frac{Ca}{i+1} + (\frac{L_s}{a_p}) K_1 t_3}{\frac{L_s}{a_p} + 1}\right) \frac{L_o}{C V^p s_a^q a_p^r} + B\left(\frac{z_2 L_o D_9}{320 V s_a z_1} + t_1 \frac{L_o}{L_s C V^p s_a^q a_p^{r-1}} + \frac{t_3 L_o}{C V^p s_a^q a_p^r}\right) \quad (22)$$

Izbor kriterijuma optimizacije

Optimizacija obradnog procesa bazira na pouzdanim matematičkim zavisnostima, koje definišu tok procesa u zavisnosti od pojedinih njegovih parametara i analizi tehnoekonomskih funkcija kvaliteta procesa - funkcija cilja. Cilj je da se obezbede kriterijalne vrednosti funkcija kvaliteta procesa, tj. maksimalni tehnoekonomski efekti.

Ako se proces upravlja ka optimalnim nivoima svih respektivnih funkcija cilja, tada su moguća dva alternativna rešenja:

1. Kompromisni izbor kriterijuma optimizacije preko nove funkcije cilja koja obuhvata sve respektivne kriterijume oprimizacije;

2. Optimizacija procesa prema jednom, za dato proizvodno stanje, bitnom kriterijumu optimizacije, pri čemu ostali kriterijumi prelaze najčešće u stepen graničnih uslova.

Osnovni cilj svih matematičkih metoda optimizacije sastoji se u odredjivanju kriterijuma (optimuma) funkcije cilja u matematičkom modelu.

Na osnovu izloženog primenjeno je drugo alternativno rešenje, tj. za funkciju cilja odabrana je proiz-

vodnost, odnosno njen ekvivalenat - vreme obrade, pri čemu je cilj da se odrede režimi rezanja koji će dati minimalno vreme obrade.

4. PRIMENA ITERATIVNE METODE ZA ODREDJIVANJE OPTIMALNIH REŽIMA REZANJA

Ako se kao funkcija cilja izabere vreme obrade po komadu moguće je primenom iterativnog metoda optimizacije |7| odrediti optimalne parametre režima rezanja poznavajući pri tome sve elemente funkcije vremena obrade (13) i funkcije ograničenja.

Da bi se dobili optimalni parametri režima rezanja kao i vrednost aksijalnog pomeranja potrebno je minimizirati funkciju cilja tj. diferencirati po v, s_a, a_p:

$$\frac{\partial t_k}{\partial v} = -\frac{z_2 L_o D}{320\, V^2 s_a z_1} - t_1 \frac{L_o p}{Ls\, C\, V^p s_a^{q+1} a_p^{r-1}} - \frac{t_3 p\, L_o}{C\, V^{p+1} s_a^q a_p^r} = 0 \qquad (23)$$

$$\frac{\partial t_k}{\partial s_a} = -\frac{z\, L_o\, D_g}{320\, V\, s_a^2 z_1} - t_1 \frac{L_o q}{Ls\, C\, V^p s_a^q a_p^{r-1}} - \frac{t_3 q\, L_o}{C\, V^p s_a^{q+1} a_p^r} = 0 \qquad (24)$$

$$\frac{\partial t}{\partial a_p} = -\frac{t_1(r-1)\, L_o}{Ls\, C\, V^p s_a^q a_p^r} - \frac{t_3\, r\, L_o}{C\, V^p\, s_a^q\, a_p^{r+1}} = 0 \qquad (25)$$

Jednačinu (25) možemo rešiti po a_p, pa je:

$$a_{p\,opt} = \frac{t_3\, v\, L_s}{(1-r)t_1} = \text{const} \qquad (26)$$

Sistem jednačina (23) i (24) može se rešiti samo za p=q.

Pri odredjivanju funkcije postojanosti, koja se kasnije navodi, p = -1,724, q = 0,27648. Pošto nije zadovoljen uslov p = q funkcija (13) nema lokalni ekstrem.

Funkcijama ograničenja |9| funkciju vremena obrade svodimo u oblast realnih vrednosti brzine i pomaka (optabilna oblast).

Provera izgradjenog modela optimizacije izvršena je na primeru operacije ozubljenja cilindričnog zupčanika u laboratoriji Katedre za obradu metala skidanjem strugotine u sastavu Naučno-obrazovnog instituta za proizvodno mašinstvo, Fakulteta tehničkih nauka u Novom Sadu.

Pri ispitivanju procesa odvalnog glodanja postoji mogućnost da se umesto kompletnog (integralnog) odvalnog glodala uspešno primeni jednozubi alat |3,4,9, 10|.

Uslovi izvodjenja eksperimenta bili su:

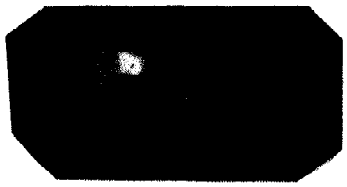
- Obradak: cilindrični zupčanik sa pravim zubima
  spoljni prečnik d_k = 156 |mm|
  modul m_n = 3 |mm|
  standardni profil JUS M.C1.016
  broj zuba z = 50
  pomeranje profila x = 0
  širina ozubljenja L_b = 54 |mm|
  ugao dodirnice $\alpha_n = 20^0$
  ugao nagiba zuba $\beta = 0^0$
  materijal Č.4721 - žaren
- Alat: odvalno jednozubo glodalo
  osnovni profil I DIN 3972
  ugao spirale $1^0 39'$
  prečnik glodala Dg 125
  pravac hoda spirale - levi
  smer rezanja - desni
  klasa tačnosti - A
  materijal Č.9780
  tvrdoća posle termičke obrade 65 ÷ HRC
  ledjni ugao $\alpha = 10{,}5^0$
  grudni ugao $\gamma = 0^0$
  radijus vrha r_1 = 0,65 (mm)
- Mašina: odvalna glodalica 2FWZ-250 x 5A - Istočna Nemačka (slika 4)
- Sredstvo za hladjenje i podmazivanje: REZANOL 20EP.

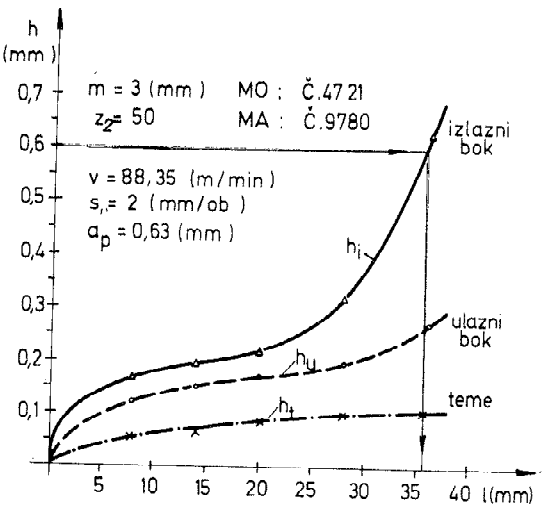


Slika 4. Izrada zupčanika jednozubim alatom na odvalnoj glodalici

Ispitivanja su obuhvatila odredjivanje funkcija postojanosti alata i funkcija tačnosti obrade, a izvedena su na bazi primene trofaktornog plana eksperimenta. Merenje širine pojasa habanja na ledjnoj površini vršeno je univerzalnim mikroskopom, hrapavosti metodom otisaka i PERTH-O-METER-em, a radijalnog bacanja komparaterom. Obrada eksperimentalnih rezultata izvršena je na elektronskom računaru.

Kao kriterijum habanja alata, utvrdjen na osnovu zahtevane tačnosti ozubljenja, usvojen je h_1=0,6 mm (slika 5).





Slika 5. Razvoj procesa habanja odvalnog glodala

Na osnovu statističke obrade dobijenih rezultata utvrdjene su funkcija postojanosti odvalnog glodala oblika:

$$L_1 = \frac{0,81059 \cdot 10^5 \cdot s_a^{0,27648} \cdot a_p^{0,035218}}{v^{1,7402}} \qquad (27)$$

i funkcije tačnosti obrade

$$R_a = \frac{74,940 \cdot s_a^{0,10198}}{v^{0,45888} \cdot a_p^{0,020032}} \qquad (28)$$

$$A_r = \frac{0,11086 \cdot v^{0,019875} \cdot s_a^{0,23562}}{a_p^{0,13093}} \qquad (29)$$

Primenom iterativne metode na funkciju cilja, vreme obrade (13) za konkretne uslove je:

$$t_k(v,s_a,a_p) = \frac{z_2 L_o D_g}{320\, v\, s_a g} + t_1 \frac{L_o}{L_s\, C\, v^p\, s_a^q\, a_p^{r-1}} + \frac{t_3 L_o}{c\, v^p\, s_a^q\, a_p^r} \qquad (30)$$

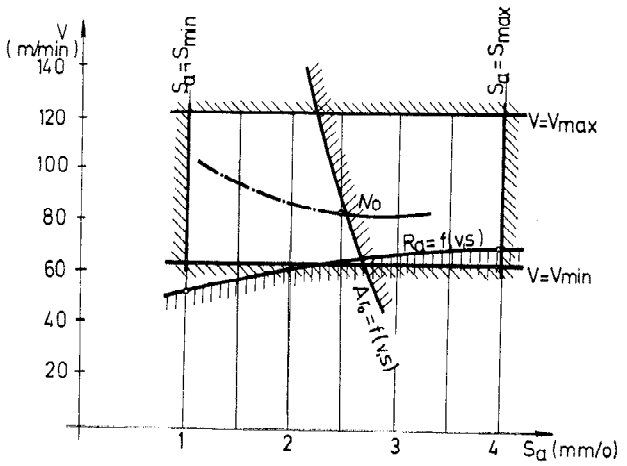
i sistema ograničenja odredjeni su optimalni parametri režima rezanja:

$v_{opt} = 82,52$(m/min), $s_{a\ opt} = 25$(mm/ob),

$a_{p\ opt} = 0,45$ (mm)

Na slici 6 data su ograničenja za brzine i pomake i prikazana tačka optimuma, tj. optimalne vrednosti brzine i pomaka.

Dobijeni rezultati optimizacije govore da se minimalno vreme postiže za oštrije režime rezanja, nego



Slika 6. Ontabilna ravan režima rezanja

za one koji se primenjuju trenutno u posmatranim pogonskim uslovima. Prema tome trebalo bi učiniti napor na da se pri obradi ozubljenja primenjuju oštriji režimi rezanja, a da se pri tome prate dinamika ponašanja mašine i kontrola zahtevanog kvaliteta površina bokova zuba.

5. Z A K L J U Č A K

Na bazi analize složenog procesa obrade cilindričnih zupčanika odvalnim glodanjem, izgradjenih matematičkih modela funkcija cilja i primenom pouzdanih funkcija stanja i ograničenja za konkretne operacije moguće je efikasno odrediti optimalne režime rezanja primenom iterativnog metoda.

6. LITERATURA

|1| Hoffmeister,B., Über den Verschlliss am Wölzfräser, Diss, TH Aachen, 1970.

|2| Sulzer,G., Leistungssteigerung bei der Zylinderradherstellung durch genaue Erfassung der Zerspankinematik, Diss., TH Aachen, 1973.

|3| Mitrović,R., Modelska ispitivanja procesa odvalnog glodanja, Disertacija, FSB, Zagreb, 1977.

B.Sovilj, M.Jašćur

DETERMINATION OF OPTIMAL CUTTING REGIMES IN HOB MILLING BY APPLICATION OF AN ITERATIVE METHOD

Abstract

On the basis of an analysis of the complex process of cutting teeth of cylindrical gears by hob milling, proposed mathematical model of goal functions, and experimentally obtained reliable state functions and constraints, optimal cutting regimes are efficiently determined by means of an iterative method.The results are presented in the paper.

XIX SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE

Kragujevac, septembar 1985.

TRIBOLOŠKI PROCESI NA ALATU U USLOVIMA KRATKOVREMENOG STRUGANJA

A. Perić, Mašinski fakultet, Sarajevo

R e z i m e

U radu su dati rezultati istraživanja triboloških procesa na alatu od tvrdog metala u uslovima kratkovremenog ili periodičnog struganja obradka od čelika. U opitima je korišten metod habanja uz primjenu originalne foto-optičke tehnike. Na osnovu istraživanja utvrdjeno je da se proces habanja alata mjeren prosječnim ledjnim habanjem uvjek vrši stabilno po krivoj habanja i pri ponovljenom opitu, ako je izveden istim alatom,režimom i periodizacijom rezanja na istim obradcima.U tim uslovima ali sa različitom periodizacijom,proces habanja se usporava ili ubrzava u zavisnosti od koeficijenta učestalosti rezanja.

TRIBOLOGICAL PROCESSES ON THE CUTTING TOOL AT CONDITION OF PERIODIC TURNING

S u m m a r y

This artical contains results of investigations of tribological processes on a carbides tool at condition of periodic turning of steel. At experiments is used wear method with applications of origin foto-optic technic.

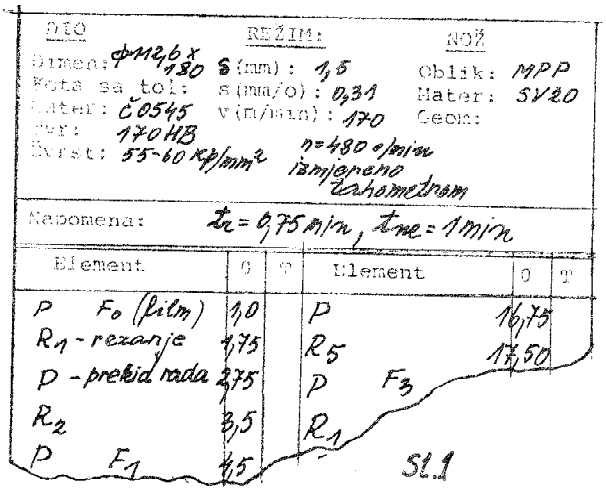
On the basis of investigations is conclused that the tool wear process measured with the average flank wear always gives stable wear-land growth at repeated observations, when cutting is made with a same workpiece, tool, feed, speed, depth of cut and cutting frequency factor. At this conditions but with variation of cutting intermitence a wear process is accelerated or slacked in function of koeficient of tool cutting frequency.

1. U V O D

U radu se izlažu istraživanja triboloških procesa na alatu u uslovima kratkovremenog odnosno periodičnog rezanja. Istraživanja su vršena u operaciji jednoalatnog kratkovremenog struganja. U tom slučaju obrade alat nakon odredjenog kratkovremenog rezanja t_r ima odredjeno neproduktivno vrijeme t_{ne} , u kojem periodu vremena alat nije u kontaktu sa obradkom. Uslovi rada alata u ovom eksperimentu slični su radioničkim uslovima rada alata u serijskoj proizvodnji i različiti su od uobičajenih uslova rada alata u konvencionalnim opitima ispitivanja habanja alata.

2. OPREMA, MATERIJAL I ALAT

Obrada je vršena na strugu Zbrojovka, tip 18/1000 snage P=6 kW sa područjem diskontinualne promjene obrta n=12-2800 o/min i kontinualne promjene obrta n=400-2800 o/min. U operaciji uzdužnog struganja obradjivan je pripremak početne dimenzije DxL=120x940 mm. Materijal obradka bio je Č.0545, jačine na kidanje 50-60 kN/cm^2 i tvrdoće 135-170 HB. Materijal alata bio je tvrdi metal, pločica SV 20. Pločica se se ubacuje u mehanički držač. Alat je imao standardnu geometriju $\alpha = 5^\circ$, $\gamma = 6^\circ$, $\lambda = 1^\circ$, $\varkappa = 70^\circ$, r = 1,2 mm, fr = 0,17 mm, $\gamma_p = -5^\circ$. Ostala oprema korištena u eksperimentu sastojala se od brzopromjenjivog stezača alata na mašini, te filmskog aparata sa reflektorima i stezača za nož sa nagibom na posebnom radnom mjestu pored mašine.

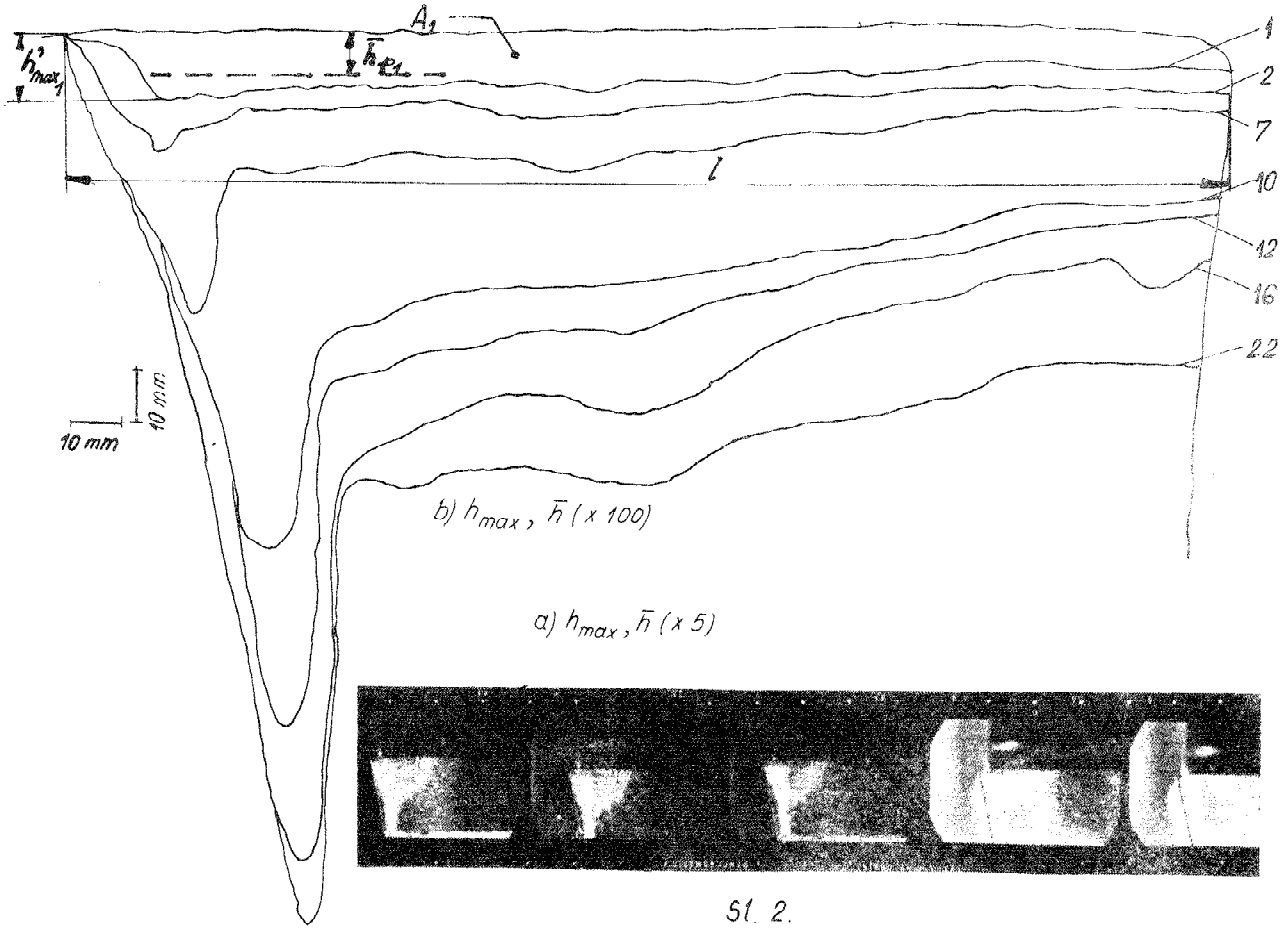


Za analizu filma korišten je profil-projektor sa povećanjem od 20 x i planimetar. Tokom snimanja i analize korišteni su odgovarajući obrasci koji zajedno sa filmom čine dosije svakog opita. Za mjerenja je korištena odgovarajuća štoperica tahometar i posuvno mjerilo.

3. METODOLOGIJA RADA

Svaki odredjeni opit u ovome eksperimentu vršen je tako što je osovina dimenzije 120x940 mm podijeljena na fiktivan broj obradaka jednake površine rezanja i skinutog volumena strugotine. Iza svakog vremena rezanja - t_r fiktivnog obradka rad je prekidan, slično uslovima u serijskoj proizvodnji kada se u toku vremena nerada alata - t_{ne} vrši zamjena obradka na mašini. U opitima je korišten metod habanja a habanje alata snimano je primjenom posebne foto-optičke tehnike [1].

U toku snimanja vršene su kontinualno zabilješke na snimačkom listu (sl. 1) a u pojedinim prekidima rada skidan je alat sa mašine i fotografisano je ledjno habanje alata (sl. 2a) sa povećanjem od 5x. Nakon završetka jednog opita na mašini vršena je u laboratoriji obrada podataka. Na profilprojektoru povećanja od 2ox na posebnom listu - obrascu crtane su redom



Sl. 2.

DIO	REŽIM:	NOŽ	MJER.ALAT
Dimen: Φ112,6×180	δ (mm): 1,5	Oblik: MPP	Mikrom:
Kota sa tol:	s (mm/o): 0,31	Mater: SV20	Tahom:
Mater: Č0545	v (m/min): 170	Geom:	Stop.min:
Tvr: 170HB	Povećanje preko filma x 5		
Čvrst: 55-60 Kp/mm²	" profilprojek x 20 - Ukupno P=100		

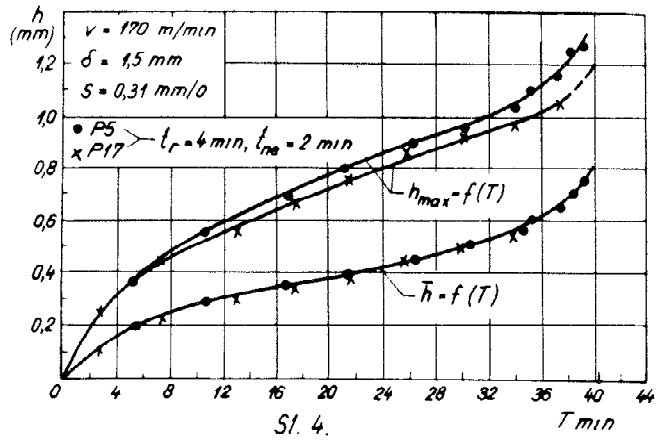
Napomena: t_r=0,75 min, t_{ne}=1 min

Mjer br.	T (min)	Pohabana površina A (mm)	Pohabana dužina l (mm)	$\bar{h}_p = \frac{A}{l}$ (mm)	Stvarno prosječno habanje $\bar{h} = \frac{\bar{h}_p}{P}$ (mm)	Stvarno maximalno habanje $h_{max} = \frac{h'_{max}}{P}$ (mm)
1	1,5	2164	223	9,7	0,097	0,13
2	3,75	3185	"	14,3	0,143	0,23
3	25,45	5110	"	22,9		

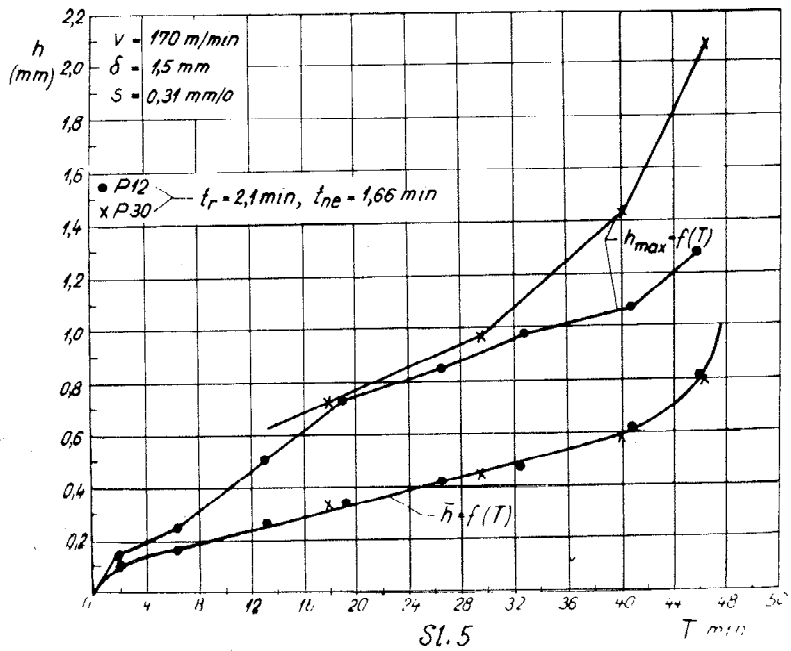
Sl. 3

pohabane površine sa filma nakon odredjenog perioda rezanja. Tako su nacrtane pohabane površine u povećanju od loox (sl. 2b) sa koncentrisanim habanjem [2] na osnovu kojih se može nakon odredjenog ukupnog vremena rezanja alata izmjeriti maksimalno ledjno habanje alata - h_{max} i proračunati prosječno ledjno habanje alata - $\bar{h}$, uz pomoć odredjenog obrasca (sl. 3).

Opisana foto-optička tehnika uspješno je primjenjena u opitima ovoga eksperimenta, pa su na osnovu dobijenih podataka za svaki opit mogle da se konstruišu krive habanja alata [3, 4, 5, 6].



Sl. 4.

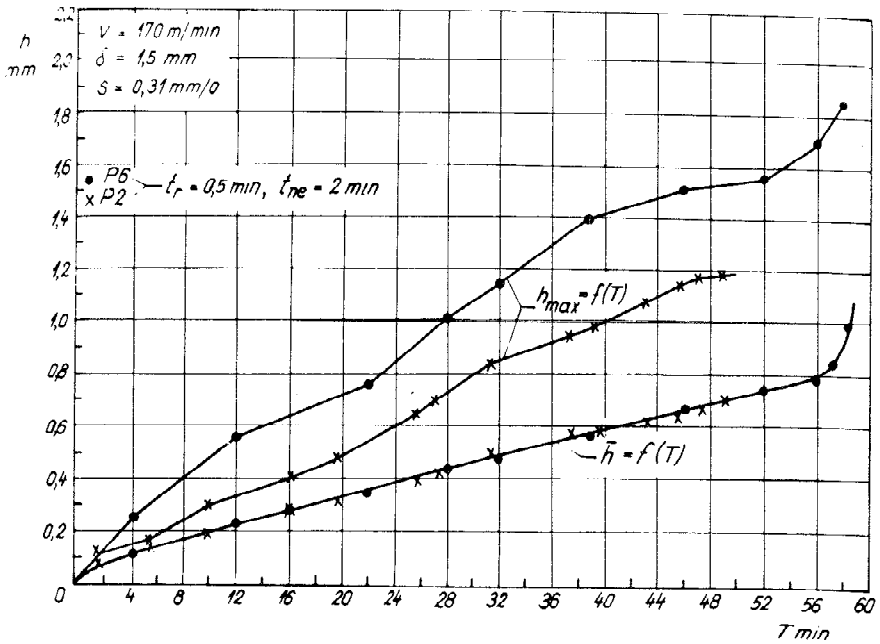


Sl. 5

4. EKSPERIMENTALNI DIO RADA

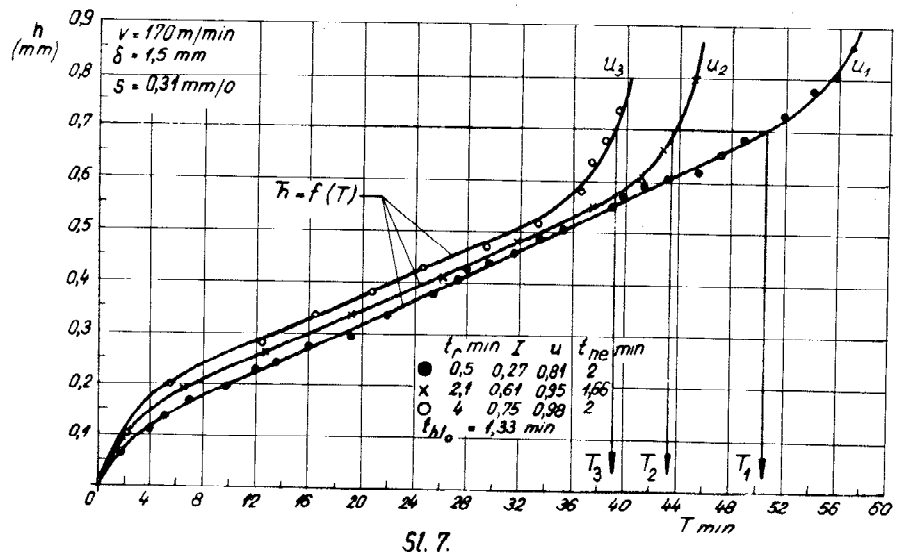
Od niza izvršenih opita ovoga eksperimenta [7, 8, 9, 10], u ovome radu daju se odredjeni opiti i dobijeni rezultati.

Iz slika 4,5 i 6 vidi se da se kod istih ponovljenih opita dobijaju različite krive habanja $h_{max} = f(T)$ u slučaju kada se kao parametar habanja uzme maksimalno ledjno habanje - h_{max}. Dok su kod dužih rezanja alata krive maksimalnog ledjnog habanja (sl. 4) slične Taylorovoj krivulji habanja, ta sličnost, a i zakonitost potpuno se gubi kod opita kod kojih se skraćuje vrijeme rezanja, pa rezanja bivaju kratkotrajnija (sl. 5 i 6).



Sl. 6

Iz istih slika 4,5 i 6 uočljivo je, da se praćenjem habanja pomoću parametra prosječnog habanja alata - $\bar{h}$, uvijek kod svih opita dobija zakonitost krive habanja istovjetna sa predloženom po Taylor-u, te da kod istih opita ponovljenih pod istim uslovima tj. istim režimom



Sl. 7.

rezanja i periodizacijom, eksperimentalne tačke padaju strogo na jednu istu krivu habanja uz zanemarljiva odstupanja. Znači, odredjenom režimu rezanja i stepenu periodizacije odnosno učestalosti rezanja alata uvijek pripada odredjena, jedna te ista kriva habanja $\bar{h} = f(T)$, kada se habanje iskazuje prosječnim habanjem alata a ta kriva habanja dobija se putem jednog opita.

Tabela 1. Koeficijent učestalosti u - f(I)

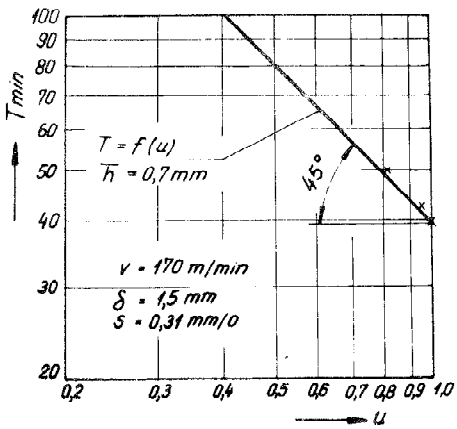
Alat \ Stepen učest.	I	0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
Tvrdi metal	u	0,58	0,66	0,76	0,83	0,88	0,93	0,95	0,97	0,99	1	1
Brzorezni čelik		0,36	0,49	0,64	0,74	0,82	0,88	0,92	0,96	0,98	1	1

Na osnovu vremena rezanja i hladjenja alata za svaki opit može se odrediti stepen učestalosti rezanja prema izrazu [11]

$$I = \frac{1}{1 + \frac{t_{hl}}{t_r}}$$

uz uslov $t_{hl} \leq t_{hl_o}$, gdje je t_{hl} - vrijeme hladjenja alata, t_{hl_o} — vrijeme hladjenja alata do temperature okoline. Tako se za svaki opit, dalje, na osnovu tablice 1 [11] može odrediti i koeficijent učestalosti rezanja u .

Na osnovu podataka iz slike 7 može se nacrtati veza izmedju postojanosti alata i koeficijenta



Sl. 8.

učestalosti rezanja alata (sl. 8), a oblik ove veze može se dati izrazom [11]

$$T \cdot u = T_o$$

gdje je T - postojanost alata kod kratkovremenog ili periodičnog rezanja, T_o - postojanost alata kod uslovno neprekidnog rezanja.

5. ZAKLJUČAK

Na osnovu dobijenih rezultata može se dati slijedeći zaključak. Praćenjem procesa habanja alata pomoću prosječnog ledjnog habanja utvrdjeno je, da proces habanja alata kao i postojanost alata kod obrade odredjenog obradka zavisi pored režima rezanja i od koeficijenta učestalosti rezanja alata, te da tada odredjenom režimu i periodizaciji rezanja uvijek odgovara jedna odredjena kriva habanja idealno konstruisana na osnovu samo jednog opita.

LITERATURA

[1] Perić A., Uporedno istraživanje postojanosti strugarskog noža mjerenjem habanja na radnim površinama noža i kontrolom tačnosti obrade, Zavod za alatne mašine Sarajevo, 1972.

[2] Šolaja V. Problemi završne obrade na strugu, Strojarstvo, Zagreb, 1959.

[3] Pankin A.V. Obrabotka metalov rezanijem, Moskva, Mašgiz, 1961.

[4] Stanković P., Mašinska obrada, Gradjevinska knjiga, Beograd, 1967.

[5] Armarego E.J.A., Brown R.H. The machining of metals, Prentice - Hall, Ine, New Jersey, 1969.

[6] Perić A., Obrada metala rezanjem, Mašinski fakultet Sarajevo, Sarajevo, 1977.

[7] Perić A., Neke osobenosti krive habanja kod struganja, Zbornik radova 1, Katedra za proizvodnu tehniku Mašinski fakultet Sarajevo i Zavod za alatne mašine Sarajevo, Sarajevo, 1972.

[8] Kahriman P., Eksperimentalno istraživanje postojanosti strugarskog alata pri različitoj periodizaciji rezanja za odredjene režime, materijal i alat, diplomski rad, Mašinski fakultet u Sarajevu, Sarajevo, 1973.

[9] Batinić V., Habanje burgije i ekonomija procesa bušenja, diplomski rad, Mašinski fakultet Sarajevo, Sarajevo, 1977.

[10] Perić A., Istraživanje tehnoloških faktora procesa rezanja u uslovima obrade podobnim proizvodnoj praksi, Zavod za alatne mašine Sarajevo, Sarajevo, 1977.

[11] Perić A., Periodično rezanje, temperature i postojanost alata, Zbornik radova, XIII Savjet. proiz. mašinstva Jugoslavije, Banja Luka, 1980.

XIX SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE

Kragujevac, septembar 1985.

TRIBOLOŠKI ASPEKTI PRIMENE PNEUMOHIDRAULIČKOG METODA U OBRADI METALA

Nj.Manolov, Inst. of Mech. and Electr. Engng.
"Lenin", Sofia

R e z i m e

Tribološki aspekt primene pneumohidrauličkog metoda u obradi metala odnosi se na ispitivanje, kontrolu i optimizaciju stanja površinskog sloja obradjivanog metala pomoću protoka gasa i tečnosti.

U radu se razmatraju i predlažu rešenja za sledeće tribološke probleme:

- Razrada metoda i sredstava operativne automatske kontrole hrapavosti elemenata u proizvodnim uslovima pomoću vazdušnih struja;
- Automatska kontrola ispravnosti alata.

U zaključnom delu razmatraju se konkretna tribološka pitanja, vezana za optimizaciju hidroplastične obrade, koja predstavlja originalnu bugarsku tehnologiju završne obrade.

Tribologija je savremena interdisciplinarna nauka o pojavama, svojstvima i strukturi tela u oblasti ostvarivanja kontakta. Osnovni problemi tribologije vezani su za kontrolu i optimizaciju kontaktnih sistema u odnosu na trenje, habanje, podmazivanje, hermetičnost, pouzdanost i dr. Rešavanje tih problema zahteva korišćenje kompleksnih metoda i sredstava: teorijskih, eksperimentalnih, tehnoloških, konstrukcijskih, metroloških i dr. 1,2,3,4 .

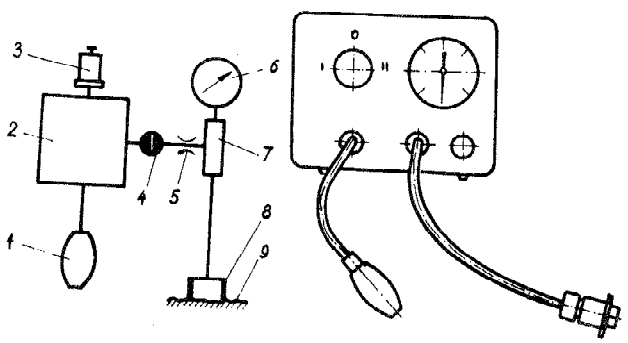
Tribološki problemi pneumohidrauličkog metoda u obradi metala povezani su sa ispitivanjem, kontrolom i optimizacijom kvaliteta površinskog sloja obradjivanog metala uz korišćenje gasnih i tečnih sredina i protoka 3,9 .

U radu se razmatraju neka konkretna pitanja, kao na primer pneumatski metodi i sredstva za operativnu i automatsku kontrolu hrapavosti, automatsku kontrolu ispravnosti reznih alata i pitanja vezana za ispitivanje tribo-sistema alat-SHP-radni komad pri hidroplastičnoj završnoj obradi.

1. PNEUMATSKI PROFILOMETRI

Na osnovu metoda pneumohidraulične kontaktne provodljivosti i tribologije strujanja konstruisane su različite varijante pneumatskih profilometara za potrebe kontrole u oblasti mašinogradnje 3,6 .

Pneumatski profilometar PP-1 konstruisan je u PNIL tribološkoj laboratoriji VMEI - Lenjin u gradu Sofija i proizvodi se u ZIIU - Blagoevgrad. Dejstvo profilometra zasniva se na orginalnoj metodi pneumatskog ekstrema 3 .



Sl. 1

Sl. 2

Principijelna šema profilometra prikazana je na sl. 1. Zatvorena komora 2 i otvorena 7 povezane su preko prekidača i kalibrisanog prigušivača 5. Na zatvorenu komoru priključeni su regulacioni ventil 3 i ručna pumpa 1, a na otvorenu - manometar 6 i merna glava 8, koja se dovodi u kontakt sa ispitivanom površinom 9 pri merenju hrapavosti.

Za svako merenje, pri zatvorenom prekidaču, pomoću ručne pumpe dovodi se vazduh u zatvorenu komoru 2 do dostizanja zadatog početnog pritiska uslovljenog regulacionim ventilom 3. Za razliku od poznatih profilometara sa stacionarnim napajanjem merenje ovim profilometrom obavlja se u prelaznom režimu. Posle otvaranja prekidača u vazduh pod pritiskom struji iz zatvorene komore 2 kroz kalibrisani prigušivač 5 u otvorenu komoru 7 i otiče u atmosferu kroz zonu kontakta merne glave sa ispitivanom površinom. U datom momentu prelaznog procesa promenljivi nadpritisak p_2 u otvorenoj komori 7 dostiže maksimum, čija veličina zavisi od hrapavosti površine. Očitavanje se vrši na osnovu maksimalnog otklona kazaljke manometra 8 sa skalom kalibrisanom po parametru Ra pomoću odgovarajućih etalona hrapavosti.

Veza izmedju nadpritiska i srednjet aritmetičkog odstupanja profila ispitivane površine ima oblik:

$$p_{2max} = \frac{p_H}{(\Omega+1-\omega)^2+4\omega} \exp \frac{-(\Omega+1+\omega)-(\Omega+1-\omega)^2+4\omega}{2(\Omega+1-\omega)^2+4\omega} \times$$

$$(I) \times \ell n \frac{\Omega+1+\omega+(\Omega+1-\omega)^2+4\omega}{\Omega+1+\omega-(\Omega+1-\omega)^2+4\omega} \exp \frac{-(\Omega+1+\omega)+(\Omega+1-\omega)^2+4\omega}{2(\Omega+1-\omega)^2+4\omega}$$

$$\ell n \frac{\Omega+1+\omega+(\Omega+1-\omega)^2+4\omega}{\Omega+1+\omega-(\Omega+1-\omega)^2+4\omega} .$$

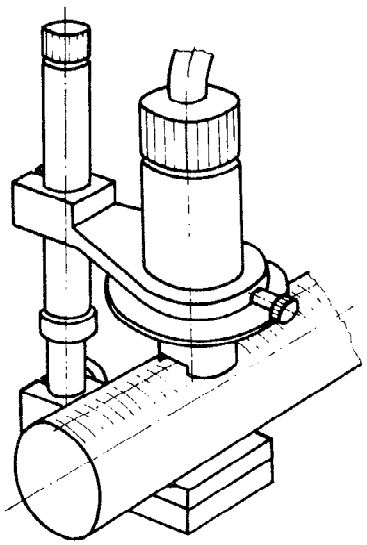
Ovde je: $\Omega = V_2/V_1$; $\omega = kRa^3$, V_1 - zapremina zatvorene komore 2; V_2 - zapremina otvorene komore 7; k - koeficijent koji uzima u obzir vrstu obrade i otpor kalibrisanog prigušivača.

Spoljašnji izgled profilometra prikazan je na sl. 2. Opseg merenja profilometra podeljen je u dva dela; svakom od njih odgovara nezavisna veza otvorene i zatvorene komore kroz kalibrisani prigušivač. Pozicioni prekidač podopsega postavljen je na čeonoj strani uredjaja.

Merna glava se dovodi u kontakt sa ispitivanom površinom ručno, ili pomoću razmičuće račve. U zavisnosti od veličine, oblika i rasporeda ispitivanih predmeta obrade razmičuća račva može biti postavljena na osnovu sa kanalom za baziranje, magnetnu osnovu ili na odgovarajući stalak (sl. 3).

PP-1 odlikuju sledeće osnovne karakteristike:

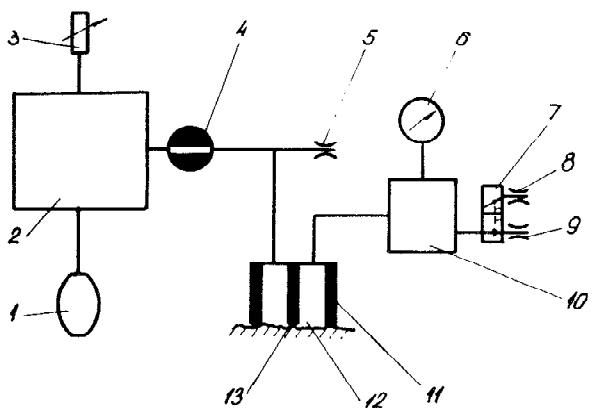
Opseg merenja	0,16-10,0 μm
prvi opseg	0,16-2,50 μm
drugi opseg	2,00-10,0 μm
Relativna greška merenja	16%
Najmanji prečnik ravne površine merenja	6 mm
Najmanji prečnik cilindrične površine merenja	16 mm
Početni nadpritisak	0,045 MPa
Dimenzije	160 x 138 x 110 mm
Masa	1,5 kg



Sl. 3

Nedostatak profilometra PP-1 sastoji se u tome što mu je inverzna skala, tj. njen početak odgovara hrapavim površinama a kraj glatkim površinama.

U narednoj varijanti uredjaja PP-2 (sl. 4) taj nedostatak je otklonjen. Poboljšana je, takodje i brzina rada.



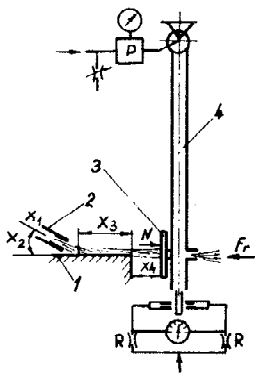
Sl. 4

Komora za napajanje 2 i merna komora 10 povezane su prekidačem 4 i mernom glavom II. Merna glava je podeljena na dva dela; jedan od njih povezan je sa napajajućom komorom posredstvom prekidača 4, a drugi sa mernom komorom 10. Na komoru za napajanje priključena je ručna pumpa 1 i regulacioni ventil 3, dok su na mernu komoru priključeni manometar 6 i dva prigušivača 8 i 9, koji su preko dvopozicionog prekidača povezani neposredno sa atmosferom. Izmedju prekidača 4 i merne glave II nalazi se prekidač 5, koji je takodje u vezi sa atmosferom.

Prenosivost, autonomno napajanje, jednostavna konstrukcija, lako opsluživanje, širok opseg merenja, tačnost i pouzdanost uredjaja PP-1 i PP-2 čine ih pogodnim za operativnu kontrolu u pogonima industrije obrade metala.

Za potrebe automatske kontrole i hrapavosti obavljena su sistematska ispitivanja triboloških zakonomernosti strujno-mehaničkih sistema [3].

Sa ciljem da se ispita pritisak odbijene struje od hrapave površine na poprečnu pregradu konstruisan je eksperimentalni uredjaj prikazan na sl. 5.



Sl. 5

Struja iz mlaznice 2 udara u hrapavu površinu 1 i po odbijanju ostvaruje odredjeni pritisak na pregradu 3. Narušena statička ravnoteža klatna 4 uspostavlja se pomoću reaktivne sile Fr, na osnovu čije veličine se odredjuje pritisak.

Zakon pritiska odbijene struje predstavlja se u obliku:

$$N = \lambda_o k_o s_o x_1 \cos x_2 (1-k_1 R_a) e^{-\alpha x_3} (1-k_2 x_4) \psi(x_1, x_2, x_3, x_4)$$

gde konstante k_1, k_2, α i operatori λ_o i ψ karakterišu prigušivanje i rasipanje struje i odredjuju se na eksperimentalni način.

Pri konstantnim parametrima x_1, x_2, x_3 i x_4 strujno-mehaničkog sistema pritisak N predstavlja jednoznačnu funkciju hrapavosti Ra, tj.,

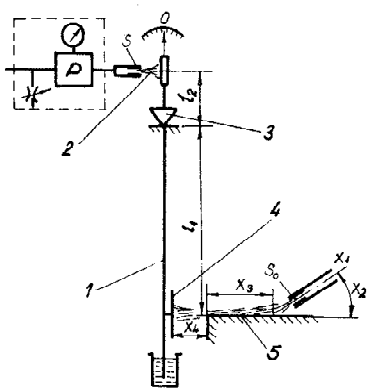
$$N = No\ /1-k_1 Ra/,$$

gde No predstavlja pritisak koji bi imala struja pri idealno glatkoj površini (Ra = 0/.

Osetljivost uspostavljene zavisnosti odredjuje se izrazom

$$\frac{dN}{dRa} = -k_1 \lambda_o k_o s_o x_1 \cos x_2 e^{-\alpha x_3} (1-k_2 x_4) \psi(x_1, x_2, x_3, x_4)$$

Na osnovu zavisnosti (2) uradjena je principijelna šema strujnog profilometra za kontrolu hrapavosti na osnovu parametra Ra (sl. 6).



Sl. 6

Uredjaj se sastoji od klatna 1, na čijem kraju se nalazi pregrada 4. Struja vazduha odbijena od ispitivane površine 5 ostvaruje pritisak N na pregradu i izaziva otklon klatna u odnosu na ravnotežni položaj. Uz pomoć kompenzirajućeg toka 2, uspostavlja se ravnoteža klatna na račun povećanja pritiska napajanja p.

Kalibracija uredjaja obavljena je pomoću serije etalona sa različitim vrednostima Ra i odredjivanja odgovarajućih kompezirajućih pritisaka p.

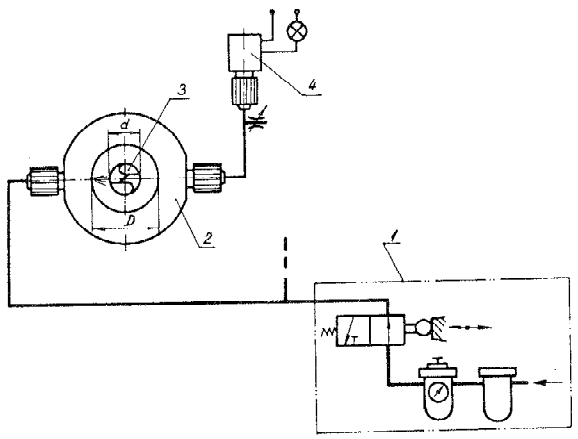
Bitnu prednost opisanog strujnog profilometra predstavlja mogućnost merenja hrapavosti pokretnih predmeta. Uredjaj je primenljiv za automatsku kontrolu pri serijskoj proizvodnji.

2. PNEUMATSKI SISTEM AUTOMATSKE KONTROLE ALATA AGREGATNIH MAŠINA I AUTOMATSKIH LINIJA

U cilju povećanja pouzdanosti i kvaliteta obradjenih elemenata veliki značaj pridaje se pitanju automatizacije operacija kontrole kod agregatnih mašina i automatskih linija.

U radu se opisuje pneumatski sistem namenjen za automatsku kontrolu ispravnosti alata (kao što su burgije, ureznici i dr.) kod agregatnih mašina i automatskih linija. Kontrola se obavlja posle svakog radnog ciklusa i u slučaju neispravnosti sistema daje signal za zaustavljanje mašine i označavanje mesta polomljenog alata.

Principijelna šema sistema pokazana je na sl. 7. On se sastoji od univerzalnog uredjaja za napajanje 1 sa paralelnim izlazima snabdevenim davačima 2 sa pneumoelektričnim pretvaračima 4. Struja vazduha konstantnog pritiska napaja davač 2 koji kontrolišu ispravnost alata i daju signal pneumoelektričnom pretvaraču za zaustavljanje mašine.

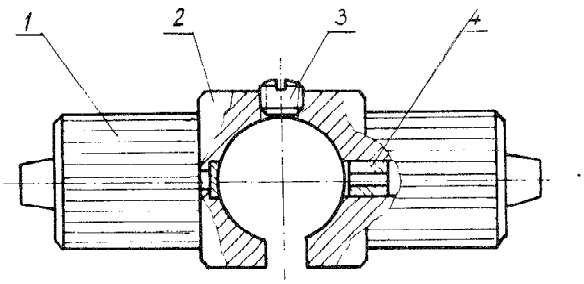


Sl. 7

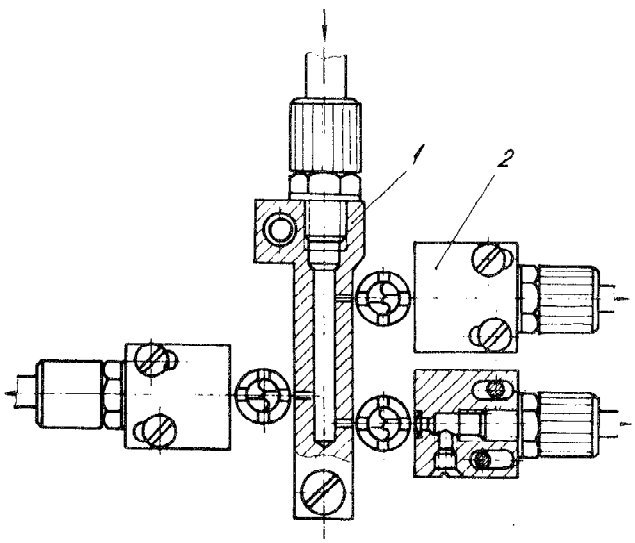
U Bugarskoj se proizvode dva tipa pneumatskih davača: beskontaktni (strujni) i kontaktni.

Funkcionisanje beskontaktnih davača zasniva se na medjudejstvu struje vazduha i kontrolisanog alata. Davač predstavlja telo sa cilindričnim otvorom u koji se postavlja ispitivani alat. Dijametralno na zidovima otvora nalaze se dve mlaznice (jedna za dovodjenje a druga za odvodjenje struje vazduha) sa specijalnom zaštitom od strugotine i sredstva za hladjenje i podmazivanje. Veza dve mlaznice ostvaruje se posredstvom slobodne struje. Ukoliko je alat ispravan veza se prekida i pneumoelektrični pretvarač ne daje signal.

Strujni davači se postavljaju u zonu rezanja ili van nje. Oni mogu biti pričvršćeni na provodničku čauru. Postoje dve varijante: za medjuosna rastojanja alata veća od 40 mm (sl. 8) i za manja rastojanja (sl. 9).



Sl. 8



Sl. 9

U prvoj varijanti telo davača 1 centrira se na spoljašnji prečnik čaure 2 u kojoj su prorezani uzdužni kanali za protok vazdušne struje. Prijemne mlaznice u drugoj varijanti uradjene su u okviru zajedničkog bloka 1 a izlazne su smeštene na posebnim nosačima 2. Blok 1 i noseći elementi 2 centrirrani su u odnosu na alate i pri-

čvršćeni za ploču na mašini.

Kontaktni davači namenjeni su za pravolinijsko i obrtno kretanje merne glave. U prvom slučaju dodirivanje kontrolisanog alata ostvaruje se pomoću klipnog mehanizma a u drugom - pomoću polužnog mehanizma.

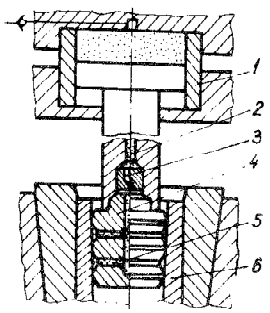
Kontaktni davači se postavljaju van zone rezanja, bočno u odnosu na kontrolisani alat. Ukoliko je alat polomljen, merna glava nenailazeći na prepreku postiže maksimalni hod i uiljučuje pneumoelektrični pretvarač. Nasuprot tome, u slučaju ispravnog alata pneumoelektrični pretvarač ne stvara signal i mašina produžava rad.

Pneumatski sistemi proizvedeni u Bugarskoj imaju primenu i u drugim zemljama: SSSR, GDR, SRR i dr.

3. TRIBOLOŠKI ASPEKT HIDROPLASTIČNE OBRADE

U Bugarskoj se koriste raznovrsne savremene tehnologije za poboljšanje površinskih karakteristika metala, kao na primer, azotiranje, površinsko rotaciono deformisanje, hidroplastična obrada i dr. |9|.

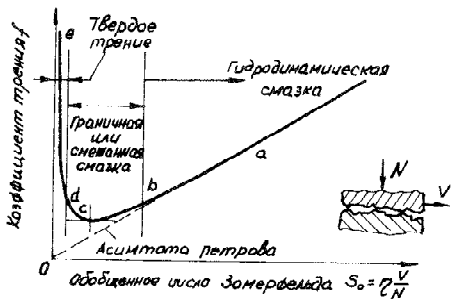
Hidroplastična obrada se pokazala posebno pogodnom pri završnoj obradi zupčanika, cevastih predmeta i dr. |8|. Suština hidroplastične obrade metala sastoji se u neprekidnom dovodjenju sredstava za podmazivanje pod visokim pritiskom u zonu izmedju alata i obradjivanog materijala. Dovodjenje sredstava za podmazivanje pod pritiskom u zonu obrade (sl. 10) ostvaruje se pomoću hidrocilindra 1 kroz centralnu rupu i radijalne



Sl. 10

kanale u alatu. Kontaktno trenje i habanje obradjivanog metala i alata utiču suštinski, ne samo na materijalne i energetske gubitke u tribosistemu, već odredjuju efektivnost obrade u odnosu na kvalitet obradjivane površine.

Moguća su tri režima trenja: suvo, mešovito i hidrodinamičko. Veza izmedju režima trenja i uslova rada tribo-sistema ilustruje se Stribeckovom krovom (sl. 11).



Sl. 11

Režim (a) odgovara hidrodinamičkom trenju. Površine u kontaktu su potpuno razdvojene slojem maziva i trenje se odvija unutar fluida. Povećanje Sommerfild-ovog broja (s_o) (na primer povećanjem brzine alata v i viskoziteta fluida η) dovodi do povećanja koeficijenta trenja.

Narušavanjem uslova hidrodinamičkog trenja prelazi se u režim mešovitog trenja - oblast (dcb). Za ovu zonu je karakteristično ostvarivanje minimuma koeficijenta trenja. Tribološko ponašanje odredjeno je površinskim medjudejstvom tankih slojeva maziva i tvrdih površina. Oblast (e) odgovara uslovima suvog trenja.

Pri hidrodinamičkoj obradi realizuje se režim mešovitog, ili hidrodinamičkog trenja. Karakter trenja uslovljen je strukturom i svojstvima podmazujućeg sloja pri visokim pritiscima i veoma malim kontaktnim zazorima. Suštinski uticaj na ovaj tehnološki proces pokazuje pojava površinskog plastificiranja tvrdih tela pod dejstvom površinski aktivnih materija u mazivu |2|.

Veoma bitnu karakteristiku tečne faze u uslovima mešovitog trenja predstavlja njena sposobnost prodiranja |7|. Diferencijalna jednačina kretanja tečnosti u zazorima odredjuje se kvazistatičkim uslovom ravnoteže sila |3|. U slučaju cilindričnog zazora jednačina ima oblik:

$$8\eta x\dot{x} - \rho g \eta^2 x \sin\beta = 2\sigma r + \Delta p r^2,$$

a njeno rešenje

$$x^2 = \frac{(2\sigma/r + \Delta p) r^2}{4\eta}$$

gde je: x - dubina prodiranja tečnosti za vre-

me t, σ - površinski napon, p - nadpritisak, r - radijus zazora.

U savremenoj tribologiji zona kontakta se razmatra kao prigušivač ili porozno telo, a proticanje fluida kroz njega opisuje se metodom pneumohidrauličke provodljivosti ili teorije filtracije. Rezultati su analogni i dobro se slažu sa odgovarajućim eksperimentalnim rezultatima |3|.

ZAKLJUČAK

Pneumohidraulički metod je savremeni višenamenski perspektivni metod u oblasti obrade metala. On je primenljiv za operativnu i automatsku kontrolu, upravljanje i optimizaciju tribosistema. Potrebno je posebno aktivno razvijati metrološki i tehnološki aspekt tog metoda.

LITERATURA

1. Mur D., Osnovi i primenenija triboniki, M. "Mir", 1978.
2. Ahmatov A.S., Molekuljarnaja fizika graničnava trenija, M. "Fizmatgiz", 1961.
3. Manolov N., Pnevmogidravličeskij metod v tribologii, Avtoref. dokt. diss., Sofija, 1984.
4. Ivković B., Tribologija rezanija, Minsk, "Nauka i tehnika", 1982.
5. Manolov N., Perehodnoj process v pnevmokontaktnoj sisteme, God. VUZ "Tehn. mehanika", t.X, kn. 2, Sofija, 1975.
6. Manolov N. i dr., Pronikanije smazočnih materialov v kontaktnih zazorah, II simp. po poverhn. sloev, Fridrihroda, GDR, 1983.
7. Kostov G., Nekotorie osobenosti gidroplastičaskoj obrabotki detaljej trubnih zagatovok, Aftoref. kand. diss. Sofija, 1982.
8. Poluhin P., Davidkov P., Obrabotka metalov davlenijem, Sofija-Moskva, 1983.

Nj. Manolov

TRIBOLOGICAL ASPECTS OF THE APPLICATION OF THE PNEUMO-HYDRAULIC METHOD TO METAL WORKING

Tribological aspects of the application of the pneumo-hydraulic method to metal working refer to the testing, inspection, and optimisation of the state of the surface of the metal worked by a stream of gas or liquid.

The following two tribological problems are dealt with in the paper, and the solutions are proposed there of:

- Elaboration of the methods and means for the operative automatic inspection of surface roughness in production conditions by means of air streams.
- Automatic inspection of tool state.

The paper concludes by considering concrete tribological questions relating to the optimisation of the hydroplastic working, which represents an original Bulgarian finishing technology.

XIX SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE

Kragujevac, septembar 1985.

TRIBOLOŠKI I TEHNOLOŠKI PROBLEMI PRI BRUŠENJU LEGURA GVOŽDJA SA AUSTENITSKOM STRUKTUROM

J. Harasymowicz, C. Nizankowski, Poljska

R e z i m e

U ovom radu su opisani mehanizmi habanja tocila i faktori koji utiču na nalepljivanje produkata brušenja na površinu tocila. Osim toga, ukazano je na mogućnosti sprečavanja ovog nalepljivanja

UVOD

Opiti vršeni u praksi pokazuju da se ist - rošenje tocila usled nalepljivanja materijala na njega dogadja u oko 7% operacija grubog brušenja i u oko 15% operacija finog brušenja. Ovi podaci se očigledno odnose na čitav niz materijala radnih komada. U razvijenijim industrijskim zemljama označava se grupa materijala za koje je ovaj vid habanja tocila karakterističan. Tu spadaju mnoge legure gvoždja visoke čvrstoće, zatim one otporne na temperaturu i otporne prema koroziji, kod kojih postoji jaka adhezija izmedju radnog komada i alata |1,2,6|.

Pri brušenju ovih materijala javljaju se mnogi problemi koji se ne mogu sasvim lako objasniti, uprkos brojnim ispitivanjima. Medju legurama otpornim na koroziju, u industriji imaju poseban značaj one sa austenitskom strukturom |1,2,3,4,5|.

OSVRT NA LEGURE GVOŽDJA SA AUSTENITNOM STRUKTUROM

Legure gvoždja sa austenitskom strukturom su slabo obradive rezanjem. Njihove opšte karakteristike su |4, 5|:

- velika otpornost prema odvajanju,
- paramagnetnizam,
- velika otpornost prema interkristalnoj koroziji,
- slaba provodljivost toplote,
- velika sklonost ka adheziji.

Austenitni čelici imaju veliku žilavost i plastičnost, kao i sklonost ka hladnom ojačavanju. Liv sa austenitnom strukturom odlikuje se velikom otpornošću prema mikro-udarima, kao i prema brzim promenama temperaturnog gradijenta, a ima specifičnu strukturu (kugličasti ili lamelarni grafit). Dosadašnja ispitivanja su pokazala da se habanje tocila, koje je inače povezano i sa zamašćivanjem, pri brušenju legura gvoždja sa austenitskom strukturom često odvija pod različitim uslovima (na pr. materijal tocila, krupnoća zrna, tvrdoća i struktura tocila). Ovaj vid habanja tocila javlja se i pri primeni različitih sredstava za hladjenje. Pri čeonom brušenju lakše dolazi do nalepljivanja na tocilo, nego pri obimnom brušenju. Ovo se objašnjava promenom uslova obrade u zoni brušenja |3,4, 5|.

Naročito je jako izražena sklonost ka nalepljivanju pri brušenju liva sa austenitnom strukturom.

MEHANIZAM HABANJA TOCILA

Pri kružnom (obimnom) brušenju austenitskog čelika 304L sa kontinualnom površinom tocila principijelno su moguća tri mehanizma haba - nja tocila:

Mehanizam I: pretežno lomljenje i razdvajanje zrna tocila bez nalepljivanja produkata brušenja na površinu tocila.

Mehanizam II: pretežno razdvajanje zrna tocila i nalepljivanje produkata brušenja na površinu tocila.

Mehanizam III: pretežno nalepljivanje na tocilo bez razdvajanja zrna tocila.

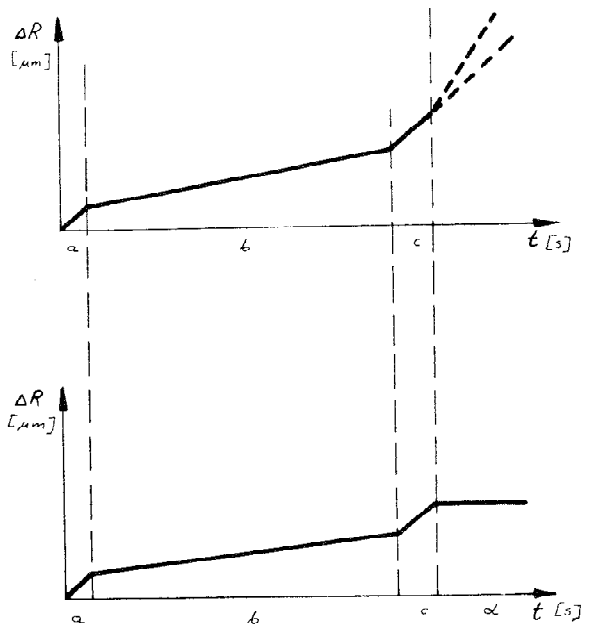
Izvršeni opiti su pokazali da je mehanizam

I teško ostvariv. Na TH u Krakovu izvršeni su opiti sa tocilom od korunda i sa keramičkom vezom i to pri preciznom brušenju liva sa austenitnom strukturom (tip AUS 101a) - čeono brušenje sa kontinualnom radnom površinom. Pokazalo se da nije moglo nastati habanje po mehanizmu I |1, 4, 5|.

To, medjutim, ne znači da uopšte ne postoji mogućnost da se utiče na mehanizam habanja putem variranja obradnih uslova. U praktičnim uslovima habanje tocila pri brušenju legura gvoždja sa austenitnom strukturom odvija se u mnogo slučajeva prema mehanizmima II i III |1,4|.

Mehanizmi II i III razlikuju se pre svega u pogledu smanjenja poluprečnika tocila (R). Smanjenje ovog radijusa prema mehanizmu II odvija se u skladu sa tokom krive istrošenja prikazanom na sl. 1a i to u tri zone (a,b,c). Smanjenje radijusa prema mehanizmu III dogadja se u skladu sa tokom krive u četiri zone (a,b,c,d) - prema sl. 1b.

Ispitivanja produkata brušenja, pri brušenju sa kontinualnom radnom površinom pokazala su da su ovi produkti različiti u pojedinim zonama.

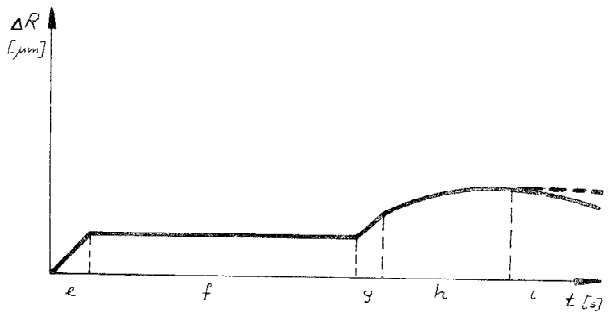


Sl. 1. Krive istrošenja pri različitim mehanizmima habanja: 1a-mehanizmi I i II; 1b-mehanizam III

a) Zona najbržeg istrošenja tocila,
b) zona sa približno ravnomernim istrošenjem tocila,
c) zona u kojoj naglo raste brzina istrošenja,
d) zona u kojoj je brzina istrošenja ponovo ujednačena.

Dobijeni rezultati pokazuju da najpre iz radne površine tocila ispadaju zrna čije su veze bile oslabljene. Ova zrna najpre izvršavaju rad potreban za obradu, odnosno izazivaju elastične i plastične deformacije u materijalu koji se obradjuje. Istrošenje tocila prema mehanizmima II i III u zoni a) je isto. U zoni b) počinju različiti mali nalepljeni delovi materijala da se slažu jedan na drugi. Ovo se dogadja u porama tocila i u prostoru izmedju zrna. U ovoj zoni dogadja se prema mehanizmu II istovremeno i odvajanje (skidanje) zrna tocila. Pojedina zrna pri poećanim silama brušenja ispadaju iz tocila. Na njima nema nalepljivanja |1, 3, 4, 5|. U zoni b) se prema mehanizmu III odvija jedan drukčiji proces. Nalepljeni delići materijala se postepeno skidaju sa radne površine alata. Pri tome oni sa sobom povlače i čitava zrna tocila. Ovo se odvija nezavisno od mehanizma istrošenja tocila. U toku daljeg porasta nalepljenog sloja dolazi do toga da čitavi blokovi zrna tocila sa nalepljenim materijalom i ostacima vezivnog sredstva budu skinuti. Prema mehanizmu III u zoni c) vrši se skidanje velikog nalepljenog sloja. U zoni d) javlja se prema mehanizmu III jedno pseudo-stabilno stanje, jer se istovremeno (odmah) vrši dalje naleplji-vanje na površinu tocila, a zatim ponovo skidanje itd. To znači da je brzina nalepljivanja jednaka brzini skidanja |1 3|.

Drukčiji mehanizam istrošenja odvija se pri brušenju legura gvoždja sa austenitnom strukturom, ali sa tocilom koje ima diskontinualnu radnu površinu (tzv. glodanje brušenjem). Smanjenje radijusa tocila R u ovom slučaju odvija se po mehanizmu IV u pet zona (e, f, g, h, i) - prema sl. 2 |4, 5|.



Sl. 2. Kriva istrošenja pri mehanizmu habanja IV

e) - zona najbržeg istrošenja tocila,
f) - zona u kojoj se radijus smanjuje približno ravnomerno,
g) - zona u kojoj se brzina istrošenja tocila u jednom momentu vrlo brzo povećava,
h) - zona u kojoj brzina istrošenja raste približno ravnomerno,
i) - zona u kojoj brzina istrošenja prividno opada

Ispitivanja su pokazala da je mehanizam IV u zoni e) praktično isti kao i mehanizam II u zoni a). Produkti brušenja u zoni f) su tipični za procese pri izmenjenom profilu tocila. Pri tome promena profila aktivira uvek nova "aktivna" zrna (samooštrenje) |4, 5|. U zoni g) ovaj proces se odvija veoma brzo i to po čitavoj površini. U zoni h) obavljaju sva aktivna zrna na čitavoj površini tocila rad brušenja, odnosno izazivaju elastično-plastične deformacije na površini radnog komada. Za vreme skidanja zrna tocila dogadja se povećano nalepljivanje u porama ili izmedju zrna.

U zoni i) proces nalepljivanja odvija se vrlo brzo, tako da čak može doći i do manjeg porasta prečnika tocila.

FAKTORI KOJI PROUZROKUJU NALEPLJIVANJE NA POVRŠINI TOCILA

Na osnovu literaturnih podataka moguće je definisati faktore kojima se objašnjava proces nalepljivanja na tocilo. Osnovni faktori bili bi sledeći |1, 3, 4, 5|:

- povećanje granice tečenja materijala za vreme brušenja,
- adhezioni procesi koji se razvijaju u toku brušenja,
- difuzioni procesi koji se odvijaju u toku brušenja,
- antikoroziona svojstva materijala koji se obradjuje,
- slaba termička provodljivost materijala,
- hemijski i elektrohemijski afinitet izmedju materijala alata, materijala koji se obradjuje i produkata brušenja,
- ispunjenje pora i šupljina izmedju zrna tocila,
- promena geometrije rezne strane zrna,
- povećanje površine trenja izmedju tocila i radnog komada,
- promena broja aktivnih zrna tocila,
- promene temperature brušenja.

MOGUĆNOSTI SPREČAVANJA NALEPLJIVANJA NA TOCILO

Pogonska ispitivanja brušenjem čelika 1HiSN9T pokazala su da brzina rezanja (skidanja) materijala igra značajnu ulogu. Njeno povećanje dovodi, po pravilu, do smanjenja nalepljivanja na tocilo |4, 5|.

Rezultati istraživačkog rada takodje pokazuju da poseban značaj, sa stanovišta sprečavanja nalepljivanja, ima dovodjenje specijalnog sredstva u zonu brušenja |4, 5|.

Hemijska jedinjenja sumpora, hlora i fosfora u zoni brušenja ograničavaju nalepljivanje. U praksi se može izvršiti i dovodjenje ovih sredstava na taj način što će se ona dodavati tečnosti za hladjenje. Ta jedinjenja imaju svoje nazive, kao npr. EP-Ex, trem-pressure. Sa druge strane, moguće je da se samo tocilo impregnira ili modificira |2, 4, 5|.

Od značaja je takodje i dobro čišćenje radne površine tocila od produkata brušenja. Način na koji se to radi igra važnu ulogu. Dobri rezultati su postignuti pri brušenju antikorozionih Ni-legura pomoću dejstva radne tačnosti sa ultrazvučnim oscilacijama (frekvencija 20 kHz, male amplitude). Ako se ova tečnost dovede u zonu brušenja sa velikom brzinom, onda će početi da opadaju mali delići sa radne površine tocila |2|.

Jedan drugi način ograničavanja procesa nalepljivanja na tocilo pri brušenju materijala sa austenitnom strukturom, uz produženje veka tocila (čak za 200%), jeste primena tocila sa

diskontinualnom radnom površinom |4, 5|.

ZAKLJUČCI

1. Istrošenje tocila pri brušenju legura gvoždja sa austenitskom strukturom odvija se prema 4 različitih mehanizama istrošenja. Ono je pretežno povezano sa procesom nalepljivanja na radnu površinu.

2. Najverovatniji faktori koji prouzrokuju nalepljivanje su sledeći: povećana plastičnost materijala koji se obradjuje brušenjem, adhezioni procesi i antikoroziona svojstva malih delića strugotine.

3. U osnovi je moguće eliminisanje procesa nalepljivanja na tocilo. Ipak, ovo zahteva dugotrajna ispitivanja pri različitim obradnim uslovima.

4. Mogućnosti sprečavanja nalepljivanja na tocilo, pri brušenju legura gvoždja sa austenitskom strukturom, su sledeće:

- izbor odgovarajuće tvrdoće, strukture i vezivnog sredstva tocila,
- konstrukciono oblikovanje radne površine (kontinualno-diskontinualno),
- izbor brzine obrtanja,
- izbor obradnog medijuma (sastav tečnosti za brušenje, impregnisanje,...).

LITERATURA

1. Yossifon S., Rubinstein C.: Wheel wear when grinding workpieces exhibiting high adhesion, Nr 3, London, Int. J. March. Tool Des. abd Res., 1982., 22, 159-176.
2. Schofield R., Hollands S.J.: Wheel clogging when grinding high strength heat and corrosion resistant alloys, Part 1, Tokyo, Proc. Int. Conf., Prod. Eng. 1974., 677-682.
3. König W., Lauer - Schmalts M.: Loading of the grinding wheel phenomenon and measurement, Nr 1, London; CIRP Ann. 1978, 27, 217-220.
4. Nizankowski Cz., Zimmermann P.: Analiza procesu zalepianis sciernic przy szlifowaniu nierdzewnych stopów zelaza o strukturze austenitycznej, Nr VIII, Koszalin, Naukowa Szkola Obróbki Sciernej, 1985., 267.
5. Nizankowski Cz., Zimmermann P.: Mechanismus des Schleifscheibenverschleisses beim, Schleifen von Eisenlegierungen mit austenitischem Gefüge, Karl-Marx-Stadt, Wiss. Hefte, 1985 (in Druck).
6. Harasymowicz J., Rak Zdz.: Wyplyw plastyczny materialu podczas mikroskrawania pojedynczym ziarnem sciernym stopu tytanu, Nr 3, Archiwum Technologii Budowy Maszyn PP, 1984, 320, 51-59.

J.Harasymowicz, C.Nižankowski

TRIBOLOGISCHE UND TECHNOLOGISCHE PROBLEME BEIM SCHLEIFEN VON EISENLEGIERUNGEN MIT AUSTENITISCHEM GEFUGE

Abstract

In diesem Artikel sind beschreibene Mechanismen des Schleifscheibenverschleisses und Faktoren, die die Zuklebungen der Arbeitsoberfläche der Schleifscheiben verursachen.Uberdies waren Möglichkeiten der Vorbeugung der Zuklebungen von Schlefscheiben hinweisen.

XIX SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE
Kragujevac, septembar 1985.

JEDNA METODA ZA INDIREKTNO MERENJE HABANJA GLODAČKIH ALATA ZA VREME PROCESA REZANJA

M. Dimitrić, Lola Institut za alatne mašine i alate, Beograd

R e z i m e

U toku procesa rezanja na mašinama alatkama sa adaptivnim upravljanjem moguće je automatski, neprekidno, vršiti merenje komponenti sile rezanja (F_x, F_y, F_z) podsredstvom odgovarajućih senzora.

Analogne električne veličine F_{xi}, F_{yi}, F_{zi} dovode se u procesni računar gde se, obradom po odgovarajućem programu ili algoritmu, preračunavaju u digitalne veličine srednje širine pojasa habanja na ledjnoj površini alata h_{mi}, odnosno brzine tog habanja h'_{mi}. Digitalne veličine za h_{mi} i h'_{mi} služe kao ulaz u regulacijski sistem koji ima zadatak da na odgovarajući način vrši izmenu brzine rezanja v (odnosno koraka s_z ili dubine rezanja a) u skladu sa programom optimizacije po kome radi procesni računar.

1. UVODNA RAZMATRANJA

Obradna tehnika ima za zadatak da smanji troškove izrade povećanjem iskorišćenja snage mašine i smanjenjem vremena izrade radnog predmeta. Sračunavanje optimalnih tehnoloških parametara režima rezanja pri glodanju često je onemogućeno mnoštvom uticajnih faktora i njihovim delimično nepoznatim dejstvom na proces habanja alata S obzirom da problematika glodanja predstavlja složeniji slučaj višesečnog rezanja, ovde se razmatraju korelacije izmedju habanja sečiva alata i komponenti sile rezanja, kao osnovni parametri za opisivanje procesa glodanja.

Uključenjem odgovarajuće strategije optimizacije, uz korišćenje jednog od senzora za sile, model se može razviti u Off-line optimizaciju. Na suprot najvećem broju do sada poznatih modela optimizacije, ovim je omogućena istovremena optimizacija brzine rezanja i pomaka po zubu.

2. ANALIZA PROMENA KOMPONENTI SILE REZANJA

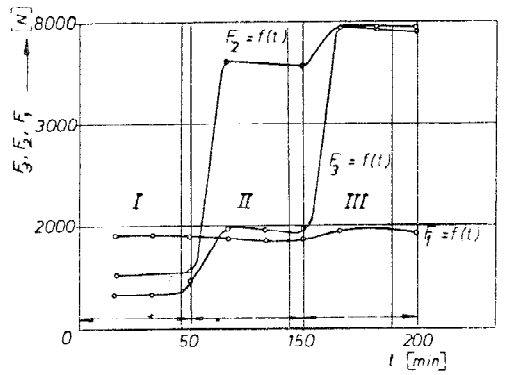
Metoda koja se u ovom radu izlaže, daje podatke o toku procesa habanja na ledjnoj površini reznog alata, indirektnim kontinualnim praćenjem porasta komponenti sile rezanja, preko odredjenih korelacija.

Ovaj način dobijanja podataka o habanju ne dovodi komponente sile rezanja u vezu sa porastom habanja direktno, u vidu svojih apsolutnih vrednosti, već se to vrši posredstvom odredjenih korelacija.

Iz dosadašnjih saznanja poznato je da se sila rezanja kod alata koji imaju definisanu geometriju sečiva, naglo povećava u trenutku zatupljenja alata. Na slici 1. prikazan je jedan tipičan primer porasta komponenti sile rezanja za obradu na strugu.

Na slici 1. mogu se zapaziti tri karakteristična područja, ali je za tehničku praksu od interesa jedino period I, koji zapravo predstavlja vreme postojanosti reznog alata. Na kraju tog perioda alat se smatra zatupljenim i dolazi do znatnog porasta komponenti sile rezanja. Dalje rezanja dovodi do naglog zatupljenja alata u geometrijskom smislu i do višestrukog porasta naj

Dr Milenko Lj. Dimitrić, dipl.inž., saradnik-istraživač LOLA Instituta IAMA, 27.marta 80 Beograd



Sl. 1. Primer porasta komponenti sile rezanja

pre sile prodiranja a kasnije i sile pomoćnom kretanju.

Ova metoda se isključivo odnosi na period postojanosti i za nju je od posebne važnosti veza izmedju porasta habanja i porasta sile rezanja. Dokazano je da postoji direktna zavisnost izmedju porasta habanja i porasta komponenti sile rezanja. Ova činjenica je iskorišćena tako što je izraz za empirijsko izračunavanje glavnog otpora rezanja (npr. Kienzle-Victor-ov) proširen jednim članom u kome figuriše konstanta "c", zavisna od materijala koji se obradjuje i primenjenog postupka (struganje, glodanje itd), a koja ima zadatak da izvrši korekciju ovog izraza u zavisnosti od porasta habanja.

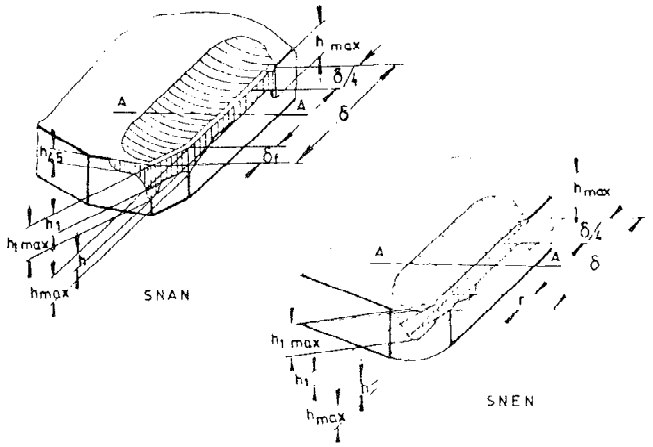
$$F_1 = \delta.b \cdot k_s.k_\gamma.k_v.z_i \cdot \left(\frac{h_{sr}}{c} + 1\right) \quad (1)$$

Na osnovu mikroskopskih merenja habanja pločica od tvrdog metala uočavani su razni vidovi i oblici habanja alata. Svi ovi tipovi habanja pojavljuju se u većoj ili manjoj meri, već u zavisnosti od uslova rezanja kao što su brzina rezanja, korak, geometrija alata, vreme rezanja, prekidno ili kontinualno rezanje, vrsta i struktura materijala alata i radnog predmeta i td.

Slika 2. prikazuje uobičajeni vid habanja na leđnoj odnosno grudnoj površini alata.

Merchant je još ranije dokazao na primeru Mohr-ovog kruga za ortogonalno rezanje da ugao trenja može da bude indirektna mera za habanje alata. Ovaj ugao dobija se iz sledeće jednačine:

$$\operatorname{tg}(\rho - \gamma) = \frac{F_2}{F_1} \quad (2)$$

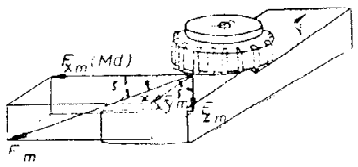


Sl. 2. Habanja izmenljivc pločicc

3. INDIREKTNO PRAĆENJE HABANJA ALATA

Pri uspostavljanju zavisnosti izmedju odnosa komponenti sile rezanja i širine pojasa habanja na ledjnoj površini alata ne vrši se istovremeno merenje habanja na grudnoj površini. Eksperimentima je, medjutim, utvrdjeno da pojava kratera na grudnoj površini, data u zavisnosti od vremena rezanja, ne umanjuje tačnost dobijenih rezultata.

Već je rečeno da ova metoda podatke o habanju ne dobija direktno, na osnovu apsolutnih vrednosti sile rezanja, već da se veza uspostavlja preko odgovarajućih relacija prostornih uglova. Ovi uglovi su šematski dati za slučaj čeonog glodanja na slici 3



Sl.3. Prostorni uglovi sila rezanja kod čeonog glodanja

Prema slici 3 označeni uglovi predstavljaju:

ζ - srednji ugao izmedju komponente u pravcu ose x (Fx) i rezultujuće sile F

χ - srednji ugao izmedju komponente u pravcu ose y (Fy) i rezultujuće sile F

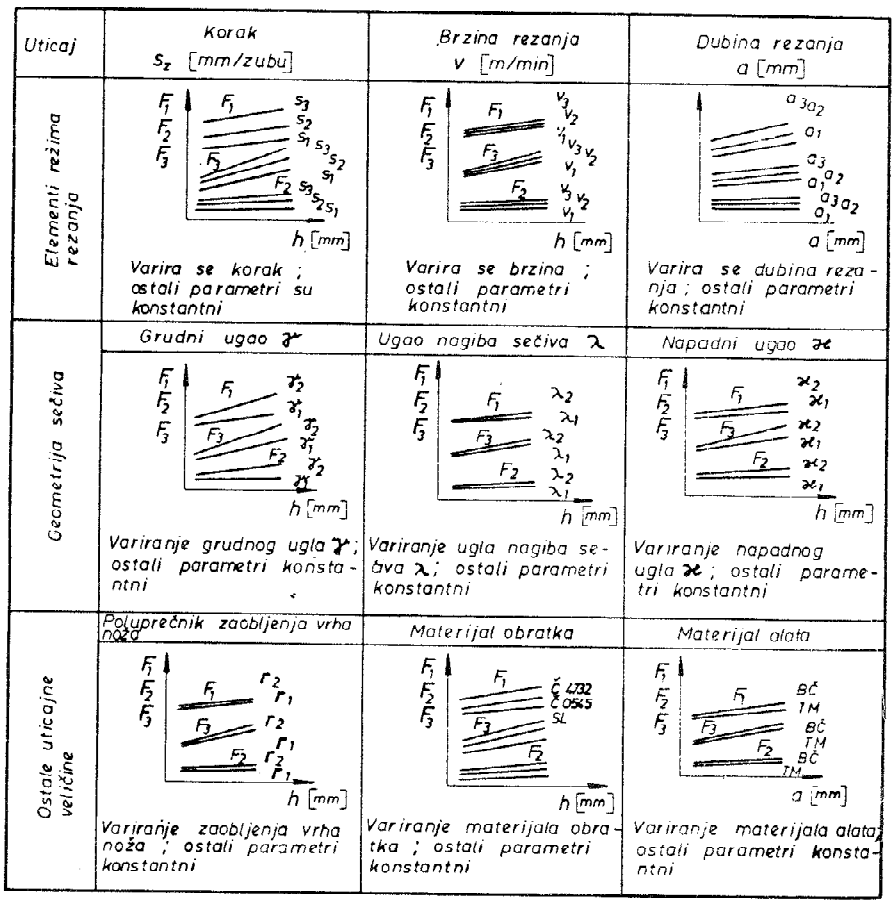
ξ - srednji ugao izmedju komponente u pravcu ose z (Fz) i rezultujuće sile F.

Obradom eksperimentalnih podataka je utvrdjeno

sledeće:

1. Habanje na ledjnoj površini alata utiče u od lučujućoj meri na porast komponenti sile rezanja.
2. Jednoznačne odnose je moguće uspostaviti jedino onda ako se uticaj habanja na ledjnoj površini da u zavisnosti od korelacije prostornih uglova komponenti sile rezanja.
3. Potvrdjena je ispravnost razmišljanja o kori šćenju srednje širine pojasa habanja na ledjnoj površini alata. Sprovedeni eksperimenti su pokazali da se može eliminisati habanje na grudnoj površini tj. da je njegov uti caj proporcionalan uticaju habanja na ledjnoj površini.

Dobijene krive (sl.4) imaju uobičajeni i već po znati tok u stručnoj literaturi. Istražene komponente sile rezanja imaju kvazilinearan porast sa povećanjem širine pojasa habanja ledjne povr šine. Pri tom je, po pravilu, porast komponente u pravcu ose y (Fy) strmiji od porasta komponente u pravcu ose x (Fx) i komponente u pravcu ose z (Fz).



Sl. 4. Prikaz odnosa komponenti sile rezanja (F_1,F_2,F_3) i habanja na ledjnoj površini sečiva uz varijaciju elememata režima rezanja, geometrije sečiva i parova materijala radnog predmeta/alata

Na slici 5 je dat pregled promena prostornih ug lova u odnosu na srednju širinu pojasa habanja ledjne površine na osnovu rezultata dobijenih pri varijaciji parametara režima rezanja i geometrije alata. Sve krive i za struganje i za če ono glodanje imaju istu tendenciju promene.

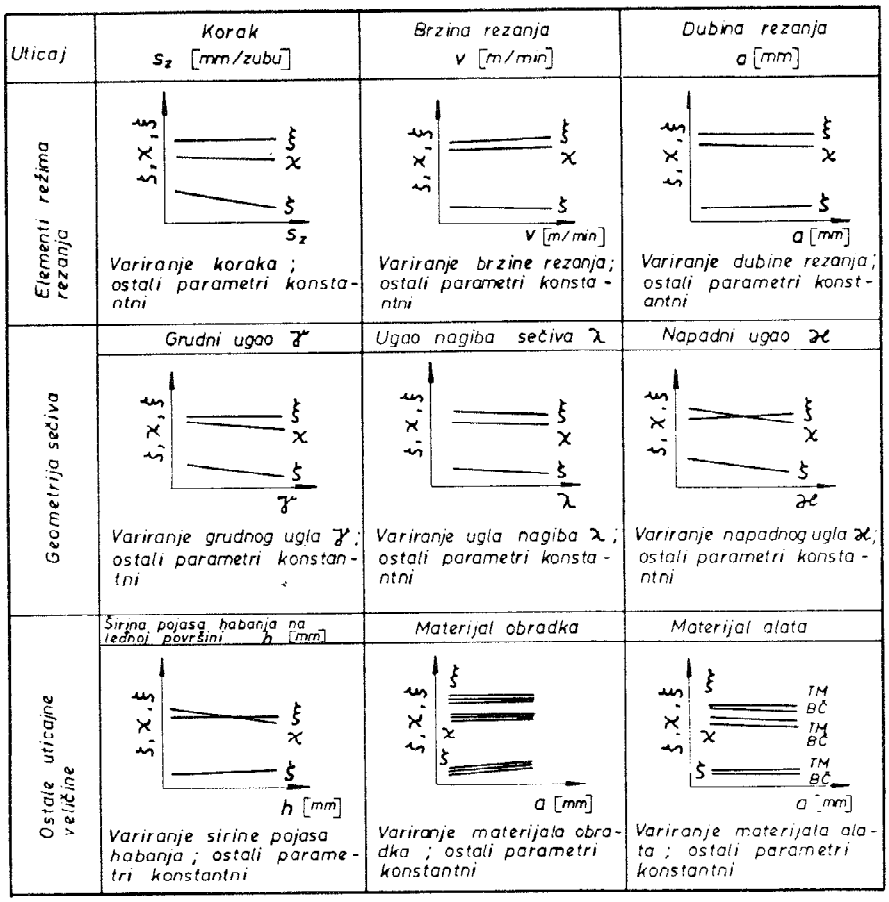
Na osnovu sopstvenih istraživanja ustanovljeno je da su odredjeni odnosi prostornih uglova ζ, χ, i ξ direktno proporcionalnih habanja na ledj noj površini alata.

$$h_m = f\ (\zeta,\chi,\xi)\ \text{mm} \qquad (3)$$

Ove korelacije prostornih uglova dobijene su posredstvom višestrukih regresionih analiza. Na

taj način je moguće izvršiti analizu njihovih medjusobnih uticaja.

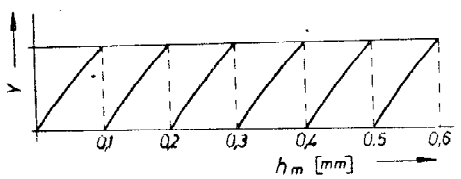
Utvrdjeno je dalje da količnik uglova χ i ζ pomnožen sopstvenom recipročnom vrednošću odredjenom za trenutak u kom se habanje povećava za stalnu vrednost od naprimer 0,1 mm, ostaje konstantan. Ova konstatacija važi za celokupni istraženi domen srednjih širina pojasa habanja ledjnih površina alata u granicama: 0,02-1,00 mm.



Sl. 5. Prikaz uticaja elemenata režima rezanja, geometrije alata, habanja na ledjnoj površini i parova materijala radnog predmet/alata na prostorne uglove

Dakle, taj odnos glasi:

$$y = \frac{\chi_i}{\zeta_i} \cdot \frac{\zeta_{i+1}}{\chi_{i+1}} = \text{const} \qquad (4)$$



Sl.6. Konstanta jednačine prostornih uglova

Konstantna vrednost za y je u slučaju struganja odnosno čeonog glodanja takoreći nezavisna od parametara režima rezanja i od geometrije alata Ona je u prvom redu zavisna od postupka obrade i od para materijala radnog predmeta i alata.

Kod alata je ustanovljeno da postoje odstupanja izmedju vrednosti za y samo kod alata od brzoreznog čelika i od tvrdog metala.

Habanje na ledjnoj površini se sada može odrediti po sledećoj jednačini:

$$h_{m_{i+1}} = h_{m_i} + f\left(\frac{\zeta_{i+1}}{\chi_{i+1}}\right) \qquad (5)$$

Naravno, ova jednačina važi jedino za period postojanosti alata, tj. pre nego što dodje do potpunog zatupljenja sečiva.

Jednačina se dalje može napisati u obliku:

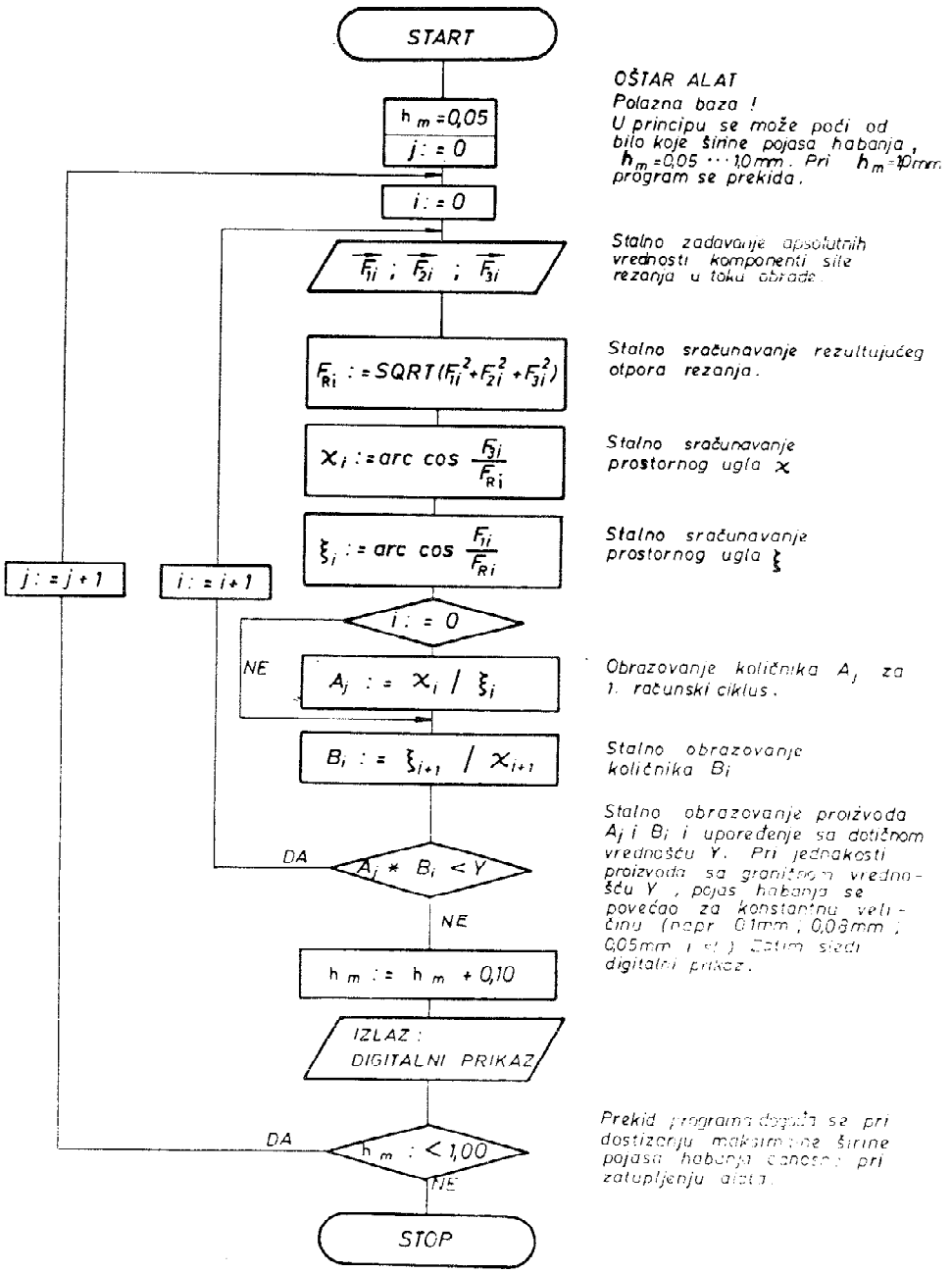
$$h_m = c_4 \left(\frac{x_o \zeta_1}{\zeta_o x_1 Y} + \frac{x_1 \zeta_2}{\zeta_1 x_2 Y} + \ldots + \frac{x_{k-1} \zeta_k}{\zeta_{k-1} x_k Y} \right)$$

odnosno:

$$h_m = \frac{c_4}{Y} \sum_{i=0}^{k} \frac{x_i \zeta_{i+1}}{\zeta_i x_{i+1}} \qquad (6)$$

Ovi odnosi se mogi iskoristiti za postavljanje jednog opšte važećeg mehanizma koji omogućava da se jednostavnim putem korišćenjem procesnog računara, odrede veličine habanja alata kao i brzina dotičnog habanja kod postupaka obrade rezanjem, gde se koriste alati definisane geometrije sečiva.

Sl. 7. pokazuje opšti algoritam za indirektno merenje srednje širine pojasa habanja na ledjnoj površini pločice za vreme procesa rezanja.



Sl. 7. Algoritam za indirektno merenje širine pojasa habanja na ledjnoj površini sečiva

4. ZAKLJUČAK

Na osnovu uspostavljenih odnosa izmedju prostornih uglova sila rezanja i habanja alata isti se mogu koristiti u cilju optimalnog vodjenja procesa za vreme rezanja.

Pored programa optimizacije neophodna je i strategija optimizacije kojom se ustanovljava način obrade podataka od merenja habanja pa sve do sračunavanja i podešavanja optimalnih elemenata režima rezanja.

5. LITERATURA

/1/ Dimitrić Lj.M.: Istraživanje kontinualnog praćenja habanja višesečnog alata za vreme procesa rezanja, disertacija, Mašinski fakultet, Beograd (1985).

/2/ Dimitrić Lj.M.: Primena temperaturske metode za ispitivanje obradljivosti pri obradi glodanjem sa proverom pouzdanosti, magistarski rad, Mašinski fakultet, Beograd (1976)

/3/ Dimitrić Lj.M.: Uporedna ispitivanja standardnih i oslojenih alata, Elaborat br. 413/77, Beograd (IAMA) 1977.

/4/ Dimitrić Lj.M., Dragišić J.: Merenje sila pri čeonom glodanju, Saopštenje IAMA, 28 (1979) Beograd.

/5/ Dimitrić Lj.M.: Istraživanje i razvoj reznih pločica od tvrdog metala, Elaborat br. 604/80, Beograd, IAMA (1980).

/6/ Dimitrić Lj.M.: Uticaj habanja pločica i brzine rezanja na sile pri jednozubnom čeonom glodanju, V.I JUPITER konferencija, Opatija 1981

M.Dimitrić

A METHOD FOR INDIRECT MEASUREMENT OF MILLING TOOL WEAR DURING THE CUTTING PROCESS

Abstract

During the cutting process on machine tools with adaptive control it is possible to measure automatically and continuously the cutting force components (F_x,F_y,F_z) bi means of appropriate transducers.
Analogous electrical quantities F_{xi},F_{yi}, and F_{zi} are fed into a digital process computer, wherein they are converted by a suitable program into discrete values of the mean width of the wear land on the relief surface of the cutting tool, h_{mi} and/or into the wear rate h'_{mi}.The latter two digital quantities represent inputs to the control system whose task is to vary the cutting speed v and/or feed s_z or cutting depth a in accordance with the optimisation program executed by the process computer.

XIX SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE

Kragujevac, septembar 1985.

UTICAJ REŽIMA BRUŠENJA NA POSTOJANOST I REZNU SPOSOBNOST TOCILA

B. Kršljak, Pedagoško tehnički fakultet, Čačak

Rezime

Postojanost i rezna sposobnost tocila zavise od mnogo faktora medju kojima su najznačajniji: karakteristike tocila, režimi brušenja, uslovi rada, karakteristike materijala obradjivanog predmeta i dr.. Kao kriterijumi zatupljenja tocila, u ovom radu su analizirani, odnos varijacije normalne komponente otpora brušenja i normalne komponente ($\Delta F_n/F_n$) i odnos normalne i tangencijalne komponente (F_n/F_t), pri variranju režima brušenja.

U periodu dostizanja postojanosti tocila srednja vrednost (statički deo) normalne komponente otpora brušenja F_n se ustaljuje a njena varijacija (dinamički deo) ΔF_n se naglo povećava, pa odnos $\Delta F_n/F_n$ ima znatno uvećanje. Pored toga nastaje porast tangencijalne komponente, pa odnos F_n/F_t opada.

Odnos komponenata otpora brušenja F_n/F_t pored korišćenja za ocenu rezne sposobnosti tocila, koristi se za ocenu dela utrošene energije na rezanja materijala. Povećanjem F_t uvećava se utrošena energija za brušenje.

1. UVOD

Odredjivanje postojanosti tocila (trenutka zatupljenja) je vrlo bitan pokazatelj za kvalitet brušene površine i ekonomiku procesa obrade. Zatupljenje tocila u toku procesa brušenja nastaje kada preovladaju pojave habanja i krzanja sitnih delića abrazivnih zrna i lepljenje čestica metala koji se obradjuje na rezne elemente zrnaca. Trošenje tocila, koje predstavlja zbir pojava koje se odnose na habanje zrna, krzanje njihovih sitnijih delića, razaranje i odvaljivanje krupnijih delova zrna, ispadanje celih zrna i razaranje vezivnog materijala u ovom slučaju je minimalno (a ponekad nastaje i povećanje njegovih dimenzija usled lepljenja sloja metala na površinu zrna).

Postepeno zatupljenje tocila izaziva povećanje otpora rezanja i temperature brušenja kao i pogoršanje kvaliteta brušene površine. Suprotna pojava zatupljenju tocila je samooštrenje koje je svojstveno samo tocilima (za razliku od drugih reznih alata) a nastaje kao rezultat prskanja i izvaljivanja zatupljenih abrazivnih zrna, a pri dovoljno intenzivnom trošenju tocila u zonu rezanja stupa novi sloj oštrih abrazivnih zrna (zatupljena zrna i zrna sa nalepljenim slojem metala ispadaju iz veziva) čime se obnavlja i održava rezna sposobnost tocila.

Trošenje tocila pri radu sa samooštrenjem može biti vrlo intezivno, što u odredjenim slučajevima nije dopušteno (npr. kod profilnog brušenja ili kada je radi samooštrenja tocila suviše velika hrapavost brušene površine) a i intezivno trošenje tocila u uslovima njegovog rada sa samooštrenjem (prekomerno samooštrenje) može biti uzrok "zatupljenja tocila" (nemogućnost korišćenja zbog promene geometrijskog oblika).

Da bi se tocilu obnovila i povratila radna sposobnost i potreban oblik (profil) izvodi se poravnavanje odnosno profilisanje ("oštrenje")tocila.

Odredjivanje trenutka poravnavanja - profilisanja je vrlo važan zadatak obzirom na njihov značaj vezan za kvalitet brušene površine i ekonomiku procesa brušenja.

Na postojanost i reznu sposobnost tocila utiče mnoštvo faktora medju kojima su najznačajniji: karakteristike tocila, karakteristike materijala obratka, uslovi rada, režimi brušenja i dr.

Kao kriterijumi za definisanje postojanosti i rezne sposobnosti tocila, u ovom radu, su analizirani odnosi varijacije i normalne komponente otpora brušenja ($\Delta F_n/F_n$) i odnos normalne i tangencijalne komponente (F_n/F_t) pri promeni elemenata režima brušenja.

2. METODOLOGIJA I USLOVI IZVODJENJA ISPITIVANJA

Ispitivanja su obavljena na brusilici za ravno brušenje sa pravougaonim radnim stolom tip 3G71 /2/. Brušenje je vršeno obimnom površinom koturastog elektrokorundnog tocila 2B54K6V, proizvodnje Industrije "8 Mart" iz Ade prečnika D = 250 mm i širine B = 25 mm, iz više prolaza sa poprečnim pomakom.

Uzorci za ispitivanje su bili od alatnog čelika Č.4750 (1.65%C; 12,00%Cr; 0,50%W; 0,60%Mo; 0,10%V) prizmatičnog oblika dimenzija 100x42x x20 mm, termički obradjeni tvrdoće 60 HR_C iz i iz iste su šipke a bazirani i stezani su na dinamometar za registrovanje komponenata otpora brušenja i njihovih varijacija /1/.

Za hladjenje je korišćeno sredstvo brusogrind 2%. Elementi režima brušenja su bili: brzina u pravcu glavnog kretanja (obimna brzina tocila) v_t= 29 m/s; uzdužni pomak v_u=(10 i 20)m/min; poprečni pomak s_p=(0,8; 1,6 i 3,2)mm/h i dubina brušenja a=(0,01 i 0,02) mm.

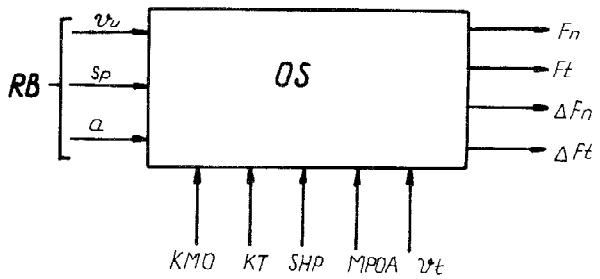
U toku ispitivanja praćena je promena komponenata otpora brušenja (normalne F_n i tangencijalne F_t) i njihovih varijacija ΔF_n i ΔF_t, u zavisnosti od teorijske zapremine odbrušenog materijala u toku vremena brušenja V_{mt}u mm^3, koja je srazmerna vremenu brušenja.

3. REZULTATI ISPITIVANJA

Ulazni parametri u obradni sistem su:
- režimi brušenja (uzdužni pomak v_u, poprečni pomak s_p, dubina brušenja a) RB.

Stalni parametri obradnog sistema su:
- karakteristike obratka (KMO),
- karakteristike tocila (KT),
- sredstvo za hladjenje i podmazivanje (SHP),
- dinamičko stanje obradnog sistema (mašine M, pribora P, obratka O, alata A) (MPOA),
- obimna brzina tocila (brzina rezanja) (v_t).

Izlazni parametri iz obradnog sistema su:
- normalna komponenta otpora brušenja (F_n),
- tangencijalna komponenta otpora brušenja(F_t),
- varijacija tangencijalne komponente otpora brušenja (ΔF_t),
- varijacija normalne komponente otpora brušenja (ΔF_n), (sl.1.).



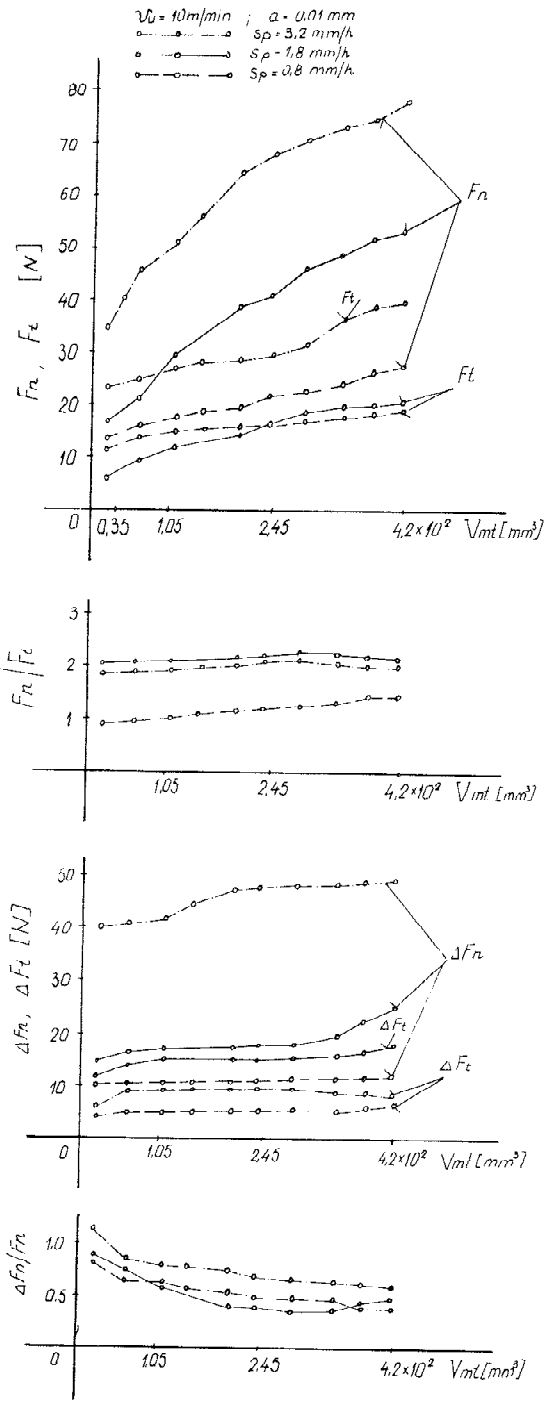
Sl.1. Šema ulaznih, stalnih i izlaznih parametara obradnog sistema

3.1. Zavisnost izlaznih parametara obradnog sistema od teorijske zapremine odbrušenog materijala (vremena brušenja) pri brušenju različitim poprečnim pomakom

Promena izlaznih parametara obradnog sistema u zavisnosti od teorijske zapremine odbrušenog materijala (vremena brušenja) pri brušenju sa različitim pomacima s_p = (0,8; 1,6 i 3,2) mm/h i pri v_u = 10 m/min i a = 0,01 mm data je na sl. 2.

Prema dobijenim rezultatima sa vremenom brušenja rastu komponente otpora brušenja i varijacije normalne komponente, dok varijacije tangencijalne komponente imaju približno ustaljene vrednosti.

Odnos komponenata otpora brušenja (normalne i tangencijalne) F_n/F_t u jednom periodu blago raste a potom počinje da opada. Vremenski period posle koga nastaje pad odnosa komponenata je: za s_p = 0,8 mm/h, V_{mt}= 370 mm^3, (t = 380 s); za s_p = 1,6 mm/h, V_{mt}=325 mm^3, (t=167 s) i



Sl.2. Promena veličina F_n, F_t, ΔF_n, ΔF_t i odnosa F_n/F_t i $\Delta F_n/F_n$ u toku vremena brušenja

za s_p=3,2 mm/h, V_{mt}= 260 mm^3,(t=74 s).

Pri približno istoj teorijskoj zapremini odbrušenog materijala (istom vremenu brušenja) nastaje porast odnosa varijacije normalne komponente i normalne komponente (njenog statičkog dela). Pad odnosa F_n/F_t i porast odnosa $\Delta F_n/F_n$ nastaje usled gubitka rezne sposobnosti tocila, kada tangencijalna komponenta raste brže od normalne odnosno varijacija normalne komponente raste brže od njenog statičkog dela.

Prema dobijenim rezultatima tocilo ima najveću postojanost odnosno zadržava najduže reznu sposobnost pri brušenju sa poprečnim pomakom s_p = = 0,8 mm/h a najmanju pri s_p = 3,2 mm/h, od posmatranih.

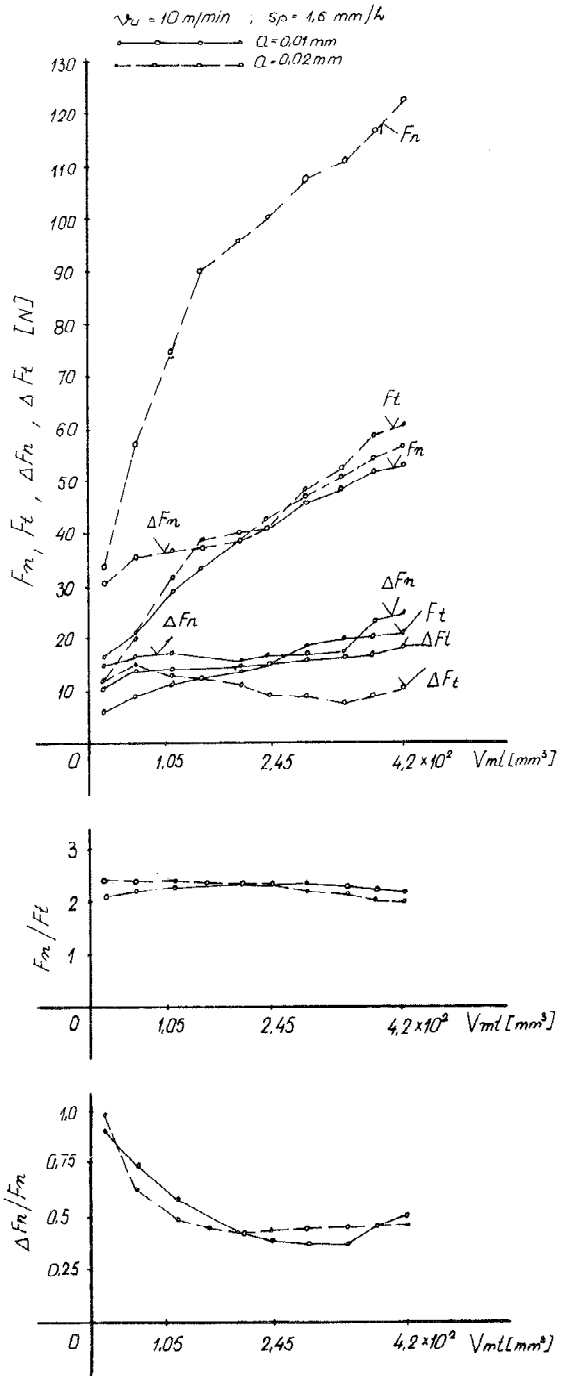
Povećanjem poprečnog pomaka nastaju teži uslovi rada pa se smanjuje rezna sposobnost tocila.

3.2. Zavisnost izlaznih parametara obradnog sistema od teorijske zapremine odbrušenog materijala (vremena brušenja) pri brušenju različitim dubinama

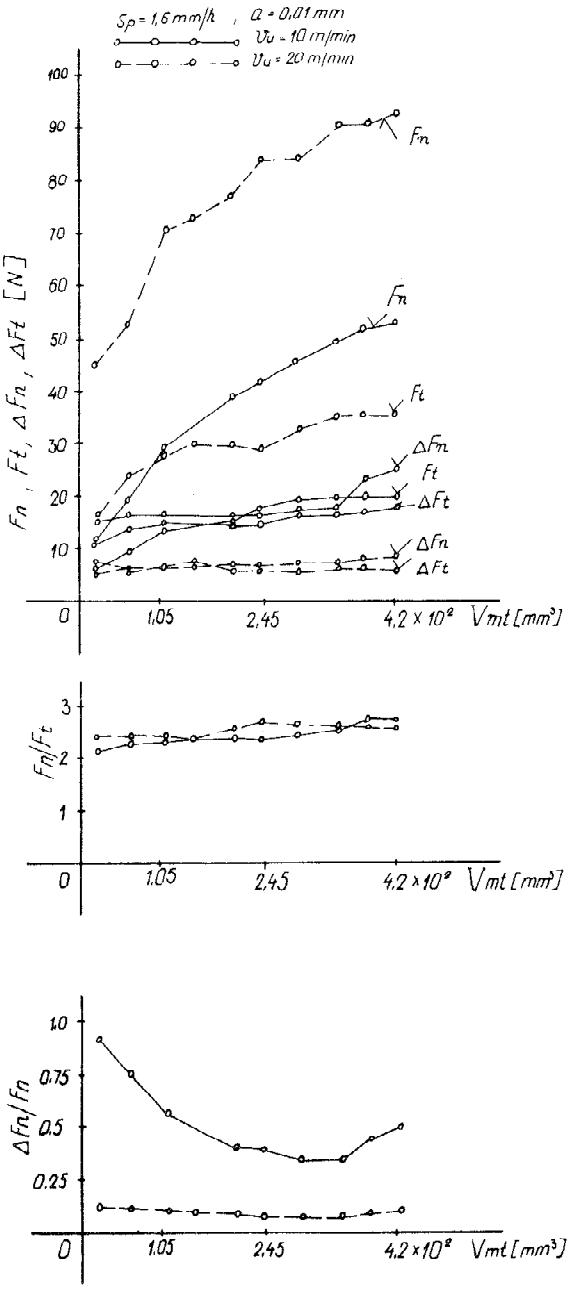
Eksperimenti su izvodjeni sa v_u = 10 m/min, s_p = 1,6 mm/h i a = (0,01 i 0,02) mm. Dobijeni rezultati su pokazani na sl.3.

Prema sl.3 odnos komponenata F_n/F_t je u porastu pri a = 0,01 mm do V_{mt} = 325 mm^3(t = 167s), pri a=0,02 mm pad odnosa počinje pri V_{mt}= 245 mm^3 (t=122 s). U približno istim tačkama odnosi $\Delta F_n/F_n$ počinju da rastu.

Na osnovu dobijenih rezultata vidi se da tocilo zadržava duže reznu sposobnost (ima veću postojanost) pri brušenju sa manjom dubinom rezanja.



Sl.3. Promena veličine F_n, F_t, ΔF_n, ΔF_t i odnosa F_n/F_t i $\Delta F_n/F_n$ u toku vremena brušenja



Sl.4. Promena veličina F_n, F_t, ΔF_n, ΔF_t i odnosa F_n/F_t i $\Delta F_n/F_n$ u toku vremena brušenja

3.3. Zavisnost izlaznih parametara obradnog sistema od teorijske zapremine odbrušenog materijala (vremena brušenja) pri brušenju različitim vrednostima brzine stola (uzdužni pomak)

Eksperimenti su izvedeni sa veličinama uzdužnog pomaka v_u = (10 i 20) m/min a pri s_p = = 1,6 mm/h i a = 0,01 mm, dobijeni rezultati pokazani na sl.4.

Pri brušenju sa v_u = 10 m/min odnos komponenata F_n/F_t je u porastu do zapremine V_{mt} = 390 mm^3 (t=190 s). Odnos F_n/F_n naglo opada sa vremenom brušenja do t = 167 s (V_{mt} = 325 mm^3) a potom počinje da raste. Pri brušenju sa v_u = = 20 m/min odnos komponenata F_n/F_t je u usponu do vremena t = 122 s (V_{mt} = 220 mm^3) a potom lagano opada. Odnos $\Delta F_n/F_n$ u tom trenutku počinje da raste.

Prema dobijenim rezultatima za održanje rezne sposobnosti tocila povoljniji je rad sa manjom brzinom stola (manji uzdužni pomak).

4. ZAKLJUČCI

Veličine elemenata režima brušenja imaju bitan uticaj na postojanost i reznu sposobnost tocila.

Odnos komponenata otpora brušenja i odnos varijacije normalne komponente i njene statičke vrednosti je pouzdan pokazatelj za odredjivanje postojanosti tocila. Promena odnosa $\Delta F_n/F_n$ u smislu porasta ili promena odnosa F_n/F_t u smislu opadanja nastaje u trenutku gubitka rezne sposobnosti tocila, odnosno na granici njegove postojanosti. Odredjivanje perioda postojanosti tocila preko navedenih pokazatelja je povoljno sa stanovišta jednostavnosti merenja navedenih veličina u odnosu na neke druge pokazatelje čije je merenje složenije.

LITERATURA

/1/ Kršljak B., Uticaj karakteristika tocila i režima obrada na dinamiku procesa ravnog brušenja brzoreznog čelika,Tehnika,Mašinstvo br.12/1977.

/2/ Kršljak B.,Optimizacija procesa ravnog brušenja alatnih čelika sa stanovišta uticaja karakteristika tocila i uslova obrade. Doktorska disertacija,Mašinski fakultet, Beograd, 1981.

B.Kršljak

THE EFFECTS OF GRINDING REGIME ON LIFE AND CUTTING ABILITY OF GRINDING WHEELS

Abstract

Tool life and cutting ability of grinding wheels depend upon a number of factors, the most important being grinding wheel characteristics, grinding regime, work conditions, workpiece material characteristics, etc.As the criterions of tool dullness, in this paper are analysed ratio of the variation of the component of the normal grinding resistance to the normal resistance ($\Delta F_n/F_n$), and ratio of the normal to the tangential component (F_n/F_t), when the cutting regime is varied.

In the period of approaching tool life, the mean value (static part) of the normal component of the cutting resistance F_n stabilises, and its variation (dynamic part) ΔF_n rises sharply, increasing the ratio $\Delta F_n/F_n$.In addition, the tangential component rises, reducing the ratio F_n/F_t.

The ratio of the grinding resistance components F_n/F_t in addition to being used for estimating the cutting ability of the tool, is also used for estimating the fraction of energy expended in the cutting.This energy increases with an increase in F_t.

XIX SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE

Kragujevac, septembar 1985.

MERENJE HABANJA KOD ZAVOJNIH BURGIJA KOJE SU PRETHODNO NITRIRANE U ELEKTRO-PLAZMI

V.Krivokapić, Pedagoško tehnički fakultet, Čačak

Rezime

U radu se iznose eksperimentalni rezulatati istraživanja procesa habanja spiralnih burgija prethodno otvrdnutih postupkom jonskog nitriranja.Pomenuti postupak značajno produžava vek trajanja alata.

1..Uvod

Postupak jonskog nitriranja (ili nitriranja u plazmi) spada u grupu postupaka kod kojih se pri nitriranju vrši aktivizacija i gasne smeše i površine metala. Proces se odvija u komori ispunjenoj odredjenom gasnom smešom, a u njoj vlada podpritisak najčešće u granicama od 13,3 N/m^2 do 1333 N/m^2. Aktivizacija gasne smeše se vrši putem jonizacije, dejstvovanjem električnog napona od 400 do 1500 V izmedju anode (zid komore) i katode (radni predmet). Energija jona, dobijena u plazmi koja pri tom nastaje, je za 3000 puta veća od energije atoma azota pri uobičajenom gasnom nitriranju. Ovo očigledno omogućuje brže proticanje reakcije ulaska azota u površinski sloj metala, dostizanja visoke koncentracije azota na površini i ubrzavanja difuzije unutar metala.

2. Nitriranje u elektro plazmi tj. jonsko nitriranje alata

Postizanje željenog kvaliteta proizvoda od gvoždja i čelika neophodnog za primenu u savremenoj industriji zahteva izmedju ostalog i razne vrste termičke i hemijskotermičke obrade. Ovi procesi sastoje se iz tri uzastopna stadijuma: zagrevanje odredjenom brzinom do potrebne temperature, zadržavanje na toj temperaturi odredjeno vreme i hladjenje potrebnom brzinom.

Termička i termo-hemijska obrada obuhvataju promenu materijala po celoj zapremini, po celoj površini ili samo po jednom delu površine. Hemijsko-termičkom obradom menja se sastav površinskog sloja, obezbedjuje poboljšanje mehaničkih,fizičkih i fizičko-hemijskih osobina (otpornost na habanje, čvrstoće, vatrootpornosti itd.). Medju ovim procesima širo se primenjuju cementacija, nitriranje, cijaniziranje, procesi difuzne metalizacije itd.

Procesi hemijsko-termičke obrade mogu se odvijati u sredini različitog agregatnog stanja: čvrstog, tečnog i gasovitog, što uslovljava i različite osobine površinskih slojeva, iako se u osnovi radi o istoj termo-hemijskoj reakciji.

Odvijanje procesa u sredini koja se nalazi u četvrtom agregatnom stanju, plazmi, ukazuje na nove mogućnosti zahvaljujući prisustvu naelektrisanih čestica i velikoj hemijskoj aktivnosti plazme.

Delovi izradjeni od materijala sa sadržajem gvoždja nitriraju se u cilju poboljšanja otpornosti na dinamička naprezana itd.

Pored delova sa sadržajem gvoždja u jonizovanom gasu mogu se obradjivati metali (čelici, Mo,W,Ta,Ti,Cu,Ni,NbC,TaC,ZrC,TiC,Mo_2C,TiN, ZrN,TaN), poluprovodnici (Si,Ge,GaAs,SiC i dr) i dielektrici (SiO_2,Si_3N_4,Al_2O_3,Ta_2O_5 i dr)[+].

Površinska obrada materijala postupkom nitriranja sistematski se izučava od početka ovog veka. Prvim predmetom se nitriranim slojem

na površini smatra se gvozdeni stub podignut u Nju Delhiju oko 415.godine n.e. Predpostavlja se da je tropska klima sa sadržajem amonijaka u prostoru u kome je vršena termička obrada dovela do stvaranja nitridnog sloja.

Postupak jonskog nitriranja razvijen je na laboratorijskom nivou još 1932. godine. Primena ove tehnologije na industrijskom nivou u to vreme bila je neostvarljiva. Glavni problem koji je sprečavao industrijsku primenu postupka nitriranja u tinjavom pražnjenju povezan je sa nestabilnošću ove vrste pržanjenja i velikom verovatnoćom njegovog prelaska u električni luk. Najveće napore u cilju dovodjenja tehnologije jonskog nitriranja na industrijski nivo učinio je B.Berghaus, koji je uporno, pred drugi svetski rat i neposredno posle njega, radio na realizaciji industrijskog uredjaja za jonsko nitriranje. Interesantno je da se Berghaus bavio i prvim eksperimentima iz oblasti jonskih prevlaka, tako da se smatra ocem ove veoma aktuelne tehnologije površinske obrade.

Dugogodišnji rad na istraživanju osobina pražnjenja u gasu i brži razvoj elektronike omogućili su pojavu industrijskih uredjaja za jonsko nitriranje krajem pedesetih i početkom šezdesetih godina ovog veka. Široka industrijska primena jonskog nitriranja i danas je relativno mlada, jer su se postrojenja pojavila na tržištu tek 1973.godine.

Tehnologiju jonskog nitriranja čine ravnopravno termohemijski procesi u tinjavom pražnjenju, koji se i dalje istražuju, i skup tehničkih i tehnoloških znanja koja jedino i omogućavaju proizvodnju postrojenja i primenu na industrijskom nivou. Ova znanja podrazumevaju relativno visok nivo vakumske tehnologije, najsavremeniju tehnologiju iz oblasti energetske elektronike i visok nivo merne i regulacione tehnike sa mogućnošću potpuno automatskog vodjenja procesa pomoću procesora.

Osnovne razlike medju savremenim vrstama nitriranja uslovljene su različitim agregatnim stanjem materijala koji se koriste kao sredstvo za nitriranje.

Za nitriranje u prahu potrebna je peć čije su dimenzije ograničene, pri korišćenju sredstava za nitriranje u tečnom stanju koristi se sud od gvoždja ili titana, dok pri nitriranju u gasnoj struji amonijaka i kod jonskog nitriranja u vakuum komori veličina same peći može biti veoma velikih razmera.

Savremena postrojenja za jonsko nitriranje poseduju komoru za nitriranje visine do 20 m i prečnika preko 2 m. U komoru sa radnim komadom koji predstavlja katodu uvodi se pri pritisku od 10^{-1} do 10 mbar gas sa sadržajem azota koji se dejstvom električnog polja jonizuje i formira tinjavo pražnjenje. Za razliku od ostalih postupaka nitriranja, jonsko nitriranje ne zahteva dodatne uredjaje za zagrevanje radnih komada na potrebnu temperaturu, već se bombardovanjem jonima vrši zagrevanje katode, paralelno sa procesom čišćenja površine. Trenutno su u izgradnji uredjaji snage do 600 kVA.

Primena jonskog nitriranja mogu se dobiti skoro svi rezultati koji se dobijaju i drugim postupcima nitriranja, uz sledeće prednosti:

a/ stvaranje nitridnog sloja se može regulisati prema unapred postavljanim zahtevima,

b/ postupak nitriranja moguće je ostvariti pri nižim temperaturama nego kod drugih tipova nitriranja (u opsegu od 350-600°C i više), čime se izbegavaju termičke deformacije,

c/ postiže se veoma dobra stabilnost dimenzija uzoraka, što je naročito značajno za obradu preciznih mašinskih delova,

d/ vreme obrade iznosi 10 minuta do 20 časova, što je znatno kraće nego kod gasnog nitriranja,

e/može se primeniti i u slučajevima kada drugi postupci nitriranja ne daju zadovoljavajuće rezultate,

f/ nitriranje u električnom pražnjenju moguće je i na temperaturama većim od 600°C,

g/ nije neophodno prethodno zagrevanje uzoraka, jer se grejanje vrši direktno u komori zajedno sa procesom čišćenja površine,

h/ dodatno aktiviranje površine uzoraka vrši se direktno u komori raspršivanjem usled bombardovanja površine jonima,

i/ moguće je izvršiti proces karbonitriranja, kao i nanošenje bora i drugih elemenata,

j/ postoji mogućnost obrade površina koje ne sadrže gvoždje, kao što su: titan, niobijum, nikl i cirkonijum,

k/ zbog velike fleksibilnosti postupka i kontrolisane izgradnje ivičnih slojeva, postupak nitriranja u gasnom pražnjenju je veoma pogodan za obradu alata,

l/ postupak je potpuno čist i nema nikakvog zagadjivanja okoline,

m/ za sada su nepoznati incidenti u praksi,

n/ posle jonskog nitriranja nije potrebna nikakva naknadna obrada. Površine su čiste, a dimenzije uzoraka praktično nepromenjene,

o/ povećava se koroziona otpornost u većini slučajeva,
p/ deformacije koje se manifestuju kao krivljenje uzorka pri jonskom nitriranju su manje od 0,05 mm/m,

r/ parcijalno nitriranje pojedinih delova površine radnog komada se relativno lako sprovodi,

s/ mogućno je ponovno nitriranje istrošenih delova.

Osnovnu teškoću u realizaciji procesa jonskog nitriranja na industrijskom nivou predstavlja nestabilnost abnormalnog tinjavog pražnjenja koja može dovesti do pojave električnih lukova. Pojava električnih lukova trajno oštećuje površinu radnih komada i onemogućava sprovodjenje postupka površinske obrade.

U našoj zemlji ovom problematikom nije se još niko bavio osim Institut za elektrotehniku i tehnička merenja, ali samo u eksperimentalne svrhe. Naš zadatak u ovom radu jeste prvenstveno primena alata u eksploatacionim uslovima tj. konkretno na alatu za obradu otvora i ukoliko pokaže dobre rezultate imali bi multiplicinarnu primenu u proizvodnji.

3. Plan eksperimenta

Plan eksperimenta prikazan na navedenoj strani predvidja merenje pojasa habanja do maksimalne granice (0,8 mm), preko broja otvora pojedinih zavojnih burgija uz promenu vremena nitriranja (T=10,15,30 i 45 min) i to kod valjanih i brušenih zavojnih burgija. Ostale parametre zadržavamo nepromenljive i to:

- Režim obrade:
  - broj obrtaja zavojne burgije n=1455^{0}/min,
  - posmak s=0,138 mm/o,
  - sredstvo za hladjenje i podmazivanje SOLHOE
  - materijal Č.1730 tvrdoće 230 HB.
- Geometrijske veličine:
  - prečnik zavojne burgije d=7 mm,
  - ugao vrha oštrice φ = 120^{0},
  - ugao zavojnice γ = 15^{0},
  - dužina zavojne l = 110 mm,
  - dužina rupe kod bušenja l=3d=3·7=21 mm, i

sve ostale merne veličine koje su date u tablici zadržali smo nepromenljive.

4. Rezultati eksperimenta

Kod prve grupe eksperimenata, koji su prikazani u uporednim tablicama br.9 i br.10, ispitivane su zavojne burgije koje su prethodno nitrirane u elektro plazmi i svi parametri (temperatura t=480^{0}C, pritisak p=2 mbara sastav smeše 15% N_2) su zadržani u konstantnim granicama, a jedina promenljiva vrednost je vreme nitriranja T (min). Ispitivanja su vršena na zavojnim burgijama JUS K.D3.020 (DIN 338) prečnika d = 7 mm i to paralelno sa brušenim (u daljnim označenjima "BR"), valjanim (u daljnim označavanjima "V") nitriranim i nenitriranim.

Rezultati koji su dobijeni opitima br.1,2,3,4, 5 i 7 kod nitriranih (opit br.1,2,3 i 7) i nenitriranih (opit br.4 i 5) zavojnih burgija prikazani su u tablici br.9. Analizirajući ove rezultate dolazimo do sledećih saznanja:

Opit br.1 - Ispitivane su zavojne burgije (d= = 7 mm) izradjene od brzoreznog čelika (Č.7680) postupkom brušenja koje su nitrirane pod sledećim uslovima:

- vreme nitriranja T = 15 min
- pritisak 2 mbar
- temperatura u komori t = 480^{0}C
- sastav smeše 15% N_2

Režim obrade pod kojima su zavojne burgije

ispitivane:
- broj obrtaja radnog vretena bušilice n = = 1455 min^{-1}
- posmak s = 0,138 min^{-1}
- dužina bušenja rupe l_1 = 21 mm
- materijal radnog predmeta Č.1730,tvrdoće 230 HB.

Kod ovog opita br.1 uzeli smo 4 zavojne burgije koje su izbušile ukupno ΣZ = 1195 rupa, što u proseku iznosi da je svaka burgija izbušila Z_1 = 299 rupa i ako ovu vrednost uporedimo sa istovetnom burgijom nenitriranom (opit br. 4 koja je izbušila Z_4 = 203 rupe) vidimo da je nitrirana izbušila 96 rupa više, gde relativna promena iznosi:

$$\xi_{1-4}=\frac{(\frac{Z}{\ell})'_1-(\frac{Z}{\ell})'_4}{(\frac{Z}{\ell})'_4}\cdot 100=\frac{299-203}{203}\cdot 100=47{,}3\%$$

što predstavlja zadovoljavajuće poboljšanje.

Opit br.2. - Ispitivane su nitrirane burgije pod istim uslovima kao kod opita br.1, sa jedinom razlikom što je vreme nitriranja T=30 min . Ovde su uzete 4 brušene zavojne burgije koje su ukupno izbušile ΣZ = 570 rupa, što iznosi da je svaka burgija u proseku izbušila Z_2= 143 rupe, odakle vidimo da je dobijen lošiji rezultat nego kod normalnih nenitriranih zavojnih burgija (Z_4=203 rupe), što se jasno vidi iz priloženog dijagrama.

Opit br.3. - Ispitivane su 4 brušene nitrirane burgije kod kojih je vreme nitriranja bilo T = 45 min. Ukupan rezultat ΣZ = 450 izbušenih rupa što iznosi da je u proseku svaka burgija izbušila Z_3 = 113 rupa, što je još lošiji rezultat od normalne nenitrirane burgije. Dalja ispitivanja sa nitriranim burgijama koje su nitrirane u vremenu od 30 i 45 min nismo ispitivali jer nema smisla, što duže vreme nitriranja rezultati su sve lošiji.

Ispitivanja smo nastavili sa burgijama koje su nitrirane u vremenu T = 15 min, gde smo vršili naizmenično sa brušenim i valjanim burgijama.

Opiti pod br.5,10,11,12,13,16 i 17 vršili smo naizmenična ispitivanja sa valjanim i brušenim nenitriranim burgijama da bi se uverili u njihove stvarne vrednosti koje treba da nam posluže kao referentni rezultat uporedbe.

Opit br.14 - Ispitivana je nitrirana valjana burgija (T=15 min) koja je izbušila Z_{14}=480 rupa, Opit je vršen pod istim uslovima kao i pod br.1.

Opit br.15 - Ispitivana je brušena nitrirana burgija (T= 15 min) koja je izbušila Z_{15}=719 rupa, što predstavlja do sada najbolji rezultat. Ako uporedimo ovaj rezultat sa najboljim rezultatom nenitriranom brušenom burgijom (opit br. 12 Z_{12}= 215 rupa), vidimo da je za 504 rupe više ili 3,5 puta, što predstavlja veliko poboljšanje jer ovako nitrirana burgija duže će biti u radu~4 puta duže.

Opit br.18 - Ispitivana je brušena nitrirana (T=15 min) burgija koja je izbušila Z_{18}= 510 rupa, što je dosta dobar rezultat jer je 295 rupa više nego kod nenitrirane brušene burgije.

Opit br.19 - Ispitana je valjana nitrirana burgija koja je nitrirana u vremenu (T = 15 min) i izbušila je Z_{19} = 390 rupa. Ako ovu vrednost uporedimo sa valjanom burgijom nenitriranom, vidimo da je razlika 142 u korist nitrirane burgije.

Dalja ispitivanja nastavljena su na zavojnim burgijama koje su nitrirane u vremenskom trajanju T = 10 min i pokazale su sledeće rezultate:

Opit br.20 - Ispitane su 4 brušene zavojne burgije koje su izbušile ukupno ΣZ_{20}= 630 rupa što u proseku iznosi da je svaka burgija izbušila Z_{20} = 158 rupa. Ovde smo dobili lošiji rezultat nego kod nenitriranih brušenih burgija

Opit br.21 - Ispitivane su 4 brušene zavojne burgije koje su ukupno izbušile ΣZ_{21} = 810 rupa što u proseku iznosi da je svaka pojedinačno izbušila Z_{21} = 203 rupe. Ovaj rezultat je upravo izjednačen sa nenitriranom brušenom burgijom koji je dobijen kod opita br.4, a čiji je rezultat dat u tablici br.9.

Opit br.22 - Ispitivane su 4 valjane zavojne burgije koje su ukupno izbušile ΣZ_{22}= 1170 rupa, što u proseku iznosi da je svaka burgija izbušila Z_{22} = 293 rupe. Ovaj je rezultat nešto

bolji od nenitriranih valjanih zavojnih burgija, a to je rezultat još uvek lošiji od nitriranih valjanih burgija koje su nitrirane T=15 min.

Opit br. 23 - Ispitivane su 4, valjane burgije koje su ukupno izbušile ΣZ_{23} = 940 rupa, što u proseku iznosi da je svaka burgija izbušila Z_{23}= 235 rupa i ovaj rezultat je nešto bolji od nenitrirane, a lošiji od nitrirane valjane zavojne burgije koja je nitrirana u vremenskom trajanju T = 15 min.

U opitima br.24 i 25 vršili smo ispitivanja sa nitriranim (u vremenskom trajanju T = 15 min) zavojnim brugijama valjanim i brušenjem da bi se još jednom uverili u dobijene rezultate gde smo dobili sledeće:

Opit br.24 - Ispitivane su 3 brušene zavojne burgije koje su ukupno izbušile ΣZ_{24}= 1120 rupa što u proseku iznosi da je svaka burgija izbušila Z_{24} = 373 rupe. Ovaj rezultat budući da je kontrolni nalazi se unutar dobijenih rezultata i predstavlja dosta dobar, možemo reći da zadovoljava.

Opit br.25 - Ispitivane su 3 valjane zavojne burgije koje su ukupno izbušile ΣZ_{25}= 1320 rupa, što iznosi da je svaka burgija izbušila Z_{25} = 440 rupa, što predstavlja dobar rezultat. Ako uporedimo ovaj rezultat sa valjanom nenitriranom burgijom koja je izbušila Z_{11}= 240 rupa, vidimo da je razlika u korist nitrirane za 200 rupa tj. približno sto-posto poboljšanje.

U tablici br.9 pod brojevima 6,7 i 9 (sa zvezdicom) izvodjeni su opiti bez hladjenja sa promenjenim režimima obrade i to:

- broj obrtaja glavnog vretena bušilice $n = 710\ min^{-1}$
- posmak s = 0,08 mm/o.

Ostali parametri ostali su nepromenjeni tako da smo kod ovih opita dobili sledeće rezultate:

Opit br.6 - Ispitivane su dve brušene zavojne burgije bez hladjenja koje su nitrirane u vremenskom trajanju T = 15 min. Ove dve burgije su izbušile ukupno ΣZ_6 = 1260 rupa što iznosi da je svaka izbušila Z_6 = 630 rupa.

Opit br.8 - Ispitivane su dve brušene burgije nenitrirane bez hladjenja i izbušile su ΣZ_8= = 840 rupa, što iznosi da je svaka burgija izbušila Z_8 = 420 rupa.

Opit br.9 - Ispitivane su dve valjane burgije bez hladjenja i izbušile su ΣZ_9 = 900 rupa, a svaka je izbušila Z_9 = 450 rupa.

Možemo i u ovom slučaju uporediti nitrirane i nenitrirane burgije bez hladjenja odakle se vidi da su za približno 30% bolje nitrirane burgije.

5. Zaključak

Napred navedeni rezultati opravdavaju u ovom radu vršena merenja i analize uticaja tehnologije izrade zavojnih burgija na njihove eksploatacijske karakteristike.

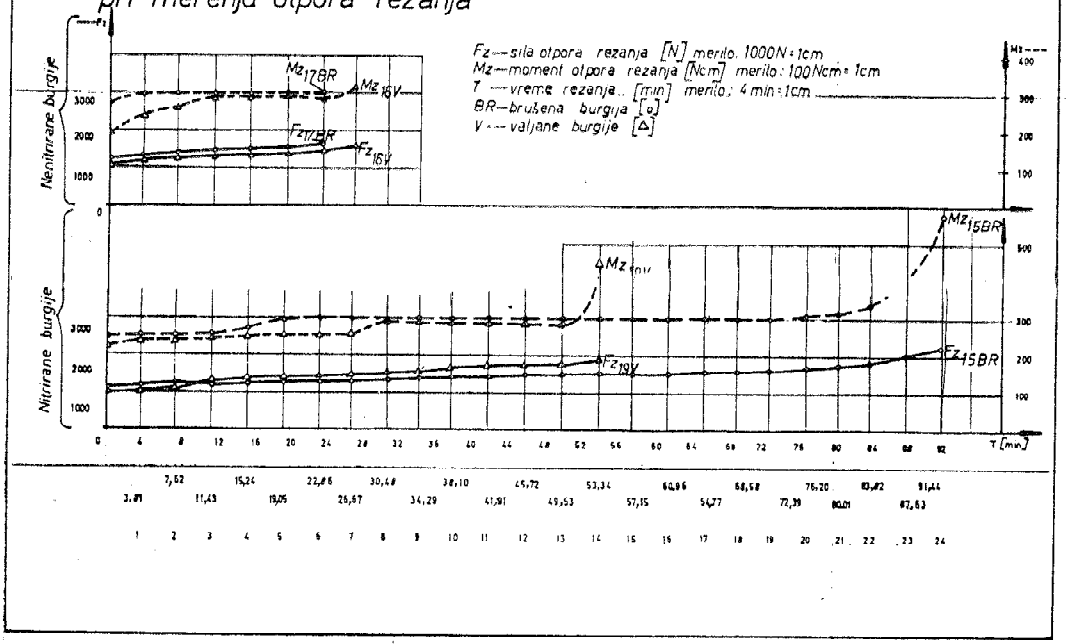
Prezentirani rezultati mogu usmeravajuće delovati na planiranje novih kapaciteta, opredeljenje za tehnologiju produktivniju, masovniju, jednostavniju i jevtiniju sa poboljšanjem u elektro plazmi.

Rezultati izloženi u ovom radu ukazuju da se primenjena poboljšanja jonskim nitriranjem mogu pouzdano koristiti u ispitivanju triboloških karakteristika kod svih reznih alata, mada su ispitivanja vršena na zavojnim burgijama, jer su jevtinija od svih ostalih alata, a poseduju slične karakteristike ostalih reznih alata.

Materijal od koga se izradjuju zavojne burgije je brzorezni čelik Č7680 koji se uvozi iz inostranstva (Austrije, Nemačke i Švedske) i oni predstavljaju najveću stavku troškova izrade zavojnih burgija. Više puta se pokušavalo da se ovaj materijal zameni sa domaćim materijalom, ali su dobijeni lošiji rezultati, ali ukoliko bi se na taj materijal primenilo jonsko nitriranje, verujem da bi se dobili zadovoljavajući rezultati, što bi bio sledeći zadatak razvoja jonskog nitriranja.

Termo-hemijska obrada jonskim nitriranjem široko se primenjuje u svetu i vrlo je pogodna.

Uporedni dijagram nitriranih i nenitriranih zavojnih burgija ϕ 7 [mm] pri merenju otpora rezanja



REZULTATI I UPOREDNI PREGLED IZVRŠENIH OPITA — Tablica br. 9.

Broj opita	Tip spir. burgije: Brušena, BR; Valjana, V	Uslovi nitriranja: Vreme nitriranja u [min]	Pritisak nitriranja u [mbar]	% N_2 u smeši	Temperatura u °C	BROJ OTVORA [Z] Spiralna burgija broj [e]: 1	2	3	4	5	Σe	ΣZ	Presek otvora po spiralnoj burgiji Z/e
1	BR	15	2	15	480	240	330	235	390		4	1195	298,75
2	BR	30	2	15	480	120	150	120	180		4	570	142,5
3	BR	45	2	15	480	90	150	120	90		4	450	112,5
4	BR	0	—	—	—	180	210	240	180		4	810	202,5
5	V	0	—	—	—	270	210	300	210		4	990	247,5
6*	BR	15	2	15	480	510	750				2	1260	630
7	V	15	2	15	480	570	660				2	1230	615
8*	BR	0	—	—	—	390	450				2	840	420
9*	V	0	—	—	—	420	480				2	900	450
10	BR	0	—	—	—	210					1	210	210
11	V	0	—	—	—	240					1	240	240
12	BR	0	—	—	—	215					1	215	215
13	V	0	—	—	—	255					1	255	255
14	V	15	2	15	480	480					1	480	480
15	BR	15	2	15	480	719					1	719	719
16	V	0	—	—	—	240					1	240	240
17	BR	0	—	—	—	210					1	210	210
18	BR	15	2	15	480	510					1	510	510
19	V	15	2	15	480	390					1	390	390
20	BR	10	3,7	20	480	120	180	150	180		4	630	157,5
21	BR	10	4,5	25	480	150	240	240	180		4	810	202,5
22	V	10	4,3	10	480	240	420	240	270		4	1170	292,5
23	V	10	4,0	15	480	150	310	270	210		4	940	235
24	BR	15	2	15	480	270	340	510			3	1120	373,3
25	V	15	2	15	480	210	630	480			3	1320	440
											60	17704	

*) Opit 6, 8 i 9 izrađeni su bez hlađenja i pod drugim uslovima (n=710 °/min; s= 0,08mm/o obrade
BR-znači brušeno; V-znači valjano

REZULTATI EKSPERIMENTA

Tablica br. 10

Redni broj	Vreme nitriranja (min)	Tip spiralne burgije — Brušena burgija				Tip spiralne burgije — Valjana burgija				Napomena
		Broj burgija e	Broj otvora z	Vrednost promena z/e	Relativna promena %	Broj burgija e	Broj otvora z	Vrednost promena z/e	Relativna promena %	
1	0	7	1445	206,43	0	7	1725	246,43	0	Normal.
2	10	8	1440	180	12,8	8	2110	263,75	7,0	
3	15	9	3544	393,78	90,8.	7	3420	488,57	98,3	
4	30	4	570	142 5	– 31,0					
5	45	4	450	112,5	–45,5					

Uporedna tablica broja otvora za spiralne burgije ϕ 7 mm nitrirane i normalna (nenitrirana)

jer se vrši obrada u zatvorenom sistemu i nije opasna za okolinu, tako da se očekuje da će ova metoda potisnuti sve ostale načina obrade nitriranjem.

Dobijeni rezultati ispitivanja pokazuju da jonskim nitriranjem reznih alata postižu se znatni efekti produženja veka trajanja zavojnih burgija u eksploatacionim uslovima, a naročito je važno napomenuti da se jedino ovom metodom mogu dobiti poboljšanja mehaničkih osobina kod pojedinih materijala.

Na osnovu svega možemo zaključiti da savremena tehnologija zahteva sve veću primenu jonskog nitriranja za izradu mašina i mašinskih elemenata.

Literatura

1/ Laktin Ju.M.,Kogan Ja.D.; Azotirovanje stali, Mašinostroenie,Moskva 1976.

2/ Kuznecov G.D.; Metalovedenie i termičeskaja obrabotka metalov (Mi TOM) 11,1981,p.21,

3/ T.Wierzhon,A.Marciniak,J.Bogacki,T.Karpinski; Erzeugung und Bedeutung der Gasatmosphären bei der thermochemischen Behandlung im Plasma einer Glimmentladung,HTM36 (1981) 4,p.189,

4/ Lajtub Ju.M.,Kogan Ja.D.; Perpektivi razvitaja procesa azotirovanija,(Mi TOM)2, 1977, p.13.

V. Krivokapić

WEAR MESUREMENT OF IONISED GAS (PLASMA) NITRIDED TWIST DRILLS

Abstract

The paper presents experimental research of the investigation of wearing process on the twist drills which are ionised gas (plasma) nitrided. The conclision is that tool life is distnctivly prolonged.

XIX SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE

Kragujevac, september 1985.

OBDELOVALNOST OBRABNO ODPORNE MARTENZITNE KROMANITNE LITINE

Z.Seljak, Fakultet za strojništvo, Ljubljana
M.Soković, Fakultet za strojništvo, Ljubljana

REZIME

V prispevku je podan del rezultatov raziskav obdelovalnosti martenzitne kromanitne litine in predstavljajo le segment v večletnih raziskavah obdelovalnosti trdih in proti obrabi odpornih materialov, ki jih na Fakulteti za strojništvo opravljamo v sodelovanju z domačimi železarnami. Ti materiali so primerni za številne proti obrabi odporne dele naprav in postrojenj, kakor tudi za izdelavo različnih valjev za kontinuirno toplo ali hladno valjanje. Novi postopki valjanja narekujejo posebne, dvoslojno ulite valje ter nove kakovosti valjčnih litin, prehod z nodularne in indefinitne na kromanitno in podobne litine. Za vse te materiale je karakteristično to, da se izredno težko mehansko obdelujejo. Zato je potrebno vzporedno z osvajanjem pridobivanja materiala, z raziskavami toplotne obdelave, raziskovati tudi možnosti za mehansko obdelavo ulitkov. Z razvojem novih rezalnih materialov na osnovi kubičnega borovega nitrida so te možnosti dejansko podane.

1. UVOD

Bela litina z visoko vsebnostjo kroma, ki jo poenostavljeno imenujemo "kromanitna litina", sodi v skupino kakovostnih visokolegiranih martenzitnih materialov. Za te je značilno, da imajo poleg dobre toplotne in korozijske odpornosti tudi veliko odpornost proti obrabi /1, 2, 3/. Na podlagi teh lastnosti se uporabljajo posamezne vrste kromanitne litine za številne proti obrabi odporne ulitke: krogle za mline, obloge mlinov, obroči in valji za mletje rude in premoga, deli visokoobremenjenih črpalk in priključnih armatur, obrabni deli v čistilnih-peskalnih napravah, kakor tudi deli v mešalnih, klasirnih ter pripravljanih napravah v premogovnikih, rudnikih in flotacijah /4/.

Kromanitna litina se v svetu precej uporablja tudi za izdelavo valjev za kontinuirno toplo valjanje trakov ali za valjanje profilov na blok-progah, kjer uspešno zamenjujejo precej dražje sintrane karbidne valje. Valji iz kromanitne litine, dodatno legirani še z volframom, pa se uporabljajo za hladno valjanje trakov na kvarto-ogrodjih. Prednost teh valjev pred indefinitnimi, ki se sicer uporabljajo na teh valjanih progah in o katerih smo že poročali /5, 6/, je v dva do trikrat daljši obstojnosti /7/.

Kromanitne valje iz uvoza v Jugoslaviji že uporabljajo v topli valjarni trakov v Smederevu in Skopju, poleg tega pa še v hladni valjarni v Skopju.

V Železarni Štore, ki se je že uveljavila s svojim proizvodom programov valjev, so se odločili za razvoj in proizvodnjo kromanitnih valjev. Vzporedno z osvajanjem procesa pridobivanja kromanitne litine, z raziskavami vpliva toplotne obdelave na mikrostrukturo ter obrabne lastnosti litine, potekajo tudi raziskave možnosti za mehansko obdelavo trdih kromanitnih valjev.

2. MARTENZITNA KROMANITNA LITINA ODPORNA PROTI OBRABI

2.1. Splošno o kromanitni litini

Litina z visoko vrednostjo kroma se v svetu izdeluje že dalj časa. Podobno kot za jekla velja tudi za kromanitno litino, da ima največjo odpornost proti obrabi pri martenzitni osnovni strukturi. Struktura kromanitne litine, ki ima 10 ... 25% Cr in 2 ... 3% C, sestoji iz vrste kromovih mešanih karbidov tipa M_7C_3, ki ležijo v

matrici iz perlita, martenzita ali avstenita. Trdota kromovih karbidov je 1100 ... 1800 HV in je bistveno večja kot pri cementitu, kjer doseže samo 800 ... 1000 HV. Zato je potreben visok odstotek kroma pri vseh litinah, od katerih se zahteva visoka odpornost proti obrabi /4/.

Da ima kromanitna litina zadostno prekaljivost, še posebaj pri debelih stenah ulitkov, mora vsebovati legirne elemente kot so Mn, Ni, Cu ali Mo. Predvsem je pomembna prisotnost Mo, ki zmanjšuje delež zastalega avstenita in povečuje udarno trdnost. Danes so najbolj razširjene obrabno odporne molibdenove kromanitne litine tipa 15 - 3 (15% Cr in 3% Mo).

Osnovna masa kromanitne litine se sestoji v litem stanju iz perlita ali pri visokem razmerju Cr/C, ob visoki vsebnosti ostalih legirnih elementov, iz nestabilnega avstenita. Trdota v litem stanju je običajno med 40 in 55 HRC. Ta je odvisna predvsem od vsebnosti karbidov, ki se s povečanjem vsebnosti ogljika in kroma tudi poveča.

Litina je nagnjena k močnemu izcejanju in je zelo krhka. Tip karbidov in struktura evtektika sta odvisna od sestava litine. Zaradi teh lastnosti je bistvenega pomena optimalna toplotna obdelava litine. Ta je po navedbah iz literature dvostopenjska: v prvi fazi navajajo difuzijsko žarjenje pri temperaturi 1050 ... 1300 °C ter v drugi fazi utrjevalno žarjenje pri temperaturi 350 ... 500 °C.

Odvisno od kemične sestave, načina ulivanja in toplotne obdelave ima toplotno obdelana kromanitna litina trdoto 450 ... 800 HB. V takšnem stanju doseže, ne le največjo trdoto in odpornost proti obrabi temveč tudi največjo trdnost in trajno udarno trdnost /4/.

2.2. Kemična sestava in mikrostruktura komanitne litine

Podatki iz literature o kemični sestavi in toplotni obdelavi kromanitne litine so običajno podani za najbolj poznane in razširjene molibdenove kromanitne litine tipa 15 - 3, z večjim ali manjšim odstopanjem ostalih legirnih elementov /3, 4/. Precej večja neznanka so sestave litin, ki se uporabljajo za t.i. kromanitne valje. Podane so okvirno s precejšnjim razponom posameznih legirnih elementov.

V okviru temeljnih raziskav kromanitne litine /5/ so v Železarni Štore pripravili večje število talin pri katerih so spreminjali vsebnost ogljika, kroma in v manjši meri tudi silicija. Vsebnost ostalih legirnih elementov (Mn, Ni, Mo, V in Ti) je bila na povprečnih vrednostih, podanih v literaturi. Kemična analiza je podala naslednjo vsebnost legirnih elementov (v %):

C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	Ti	V
3,0-3,2	1,2-1,8	0,8-1,0	17,5-19,5	0,7-1,0	0,6-0,8	0,05-0,1	0,05-0,1

Litine s sestavami v območju 2 ... 4, 3 % C, 11 ... 26% Cr in 0,0 ... 4 % Mo, med katere po sestavi uvrščamo tudi naše raziskovalne litine, padejo v faznem diagramu Fe-Cr-C v območje avstenita in karbidov sestave M_7C_3. Primarni in evtektični karbidi so v zlitinah brez molibdena tipa M_7C_3, v zlitinah legiranih z molibdenom pa imamo še evtektične karbide tipa Mo_2C.

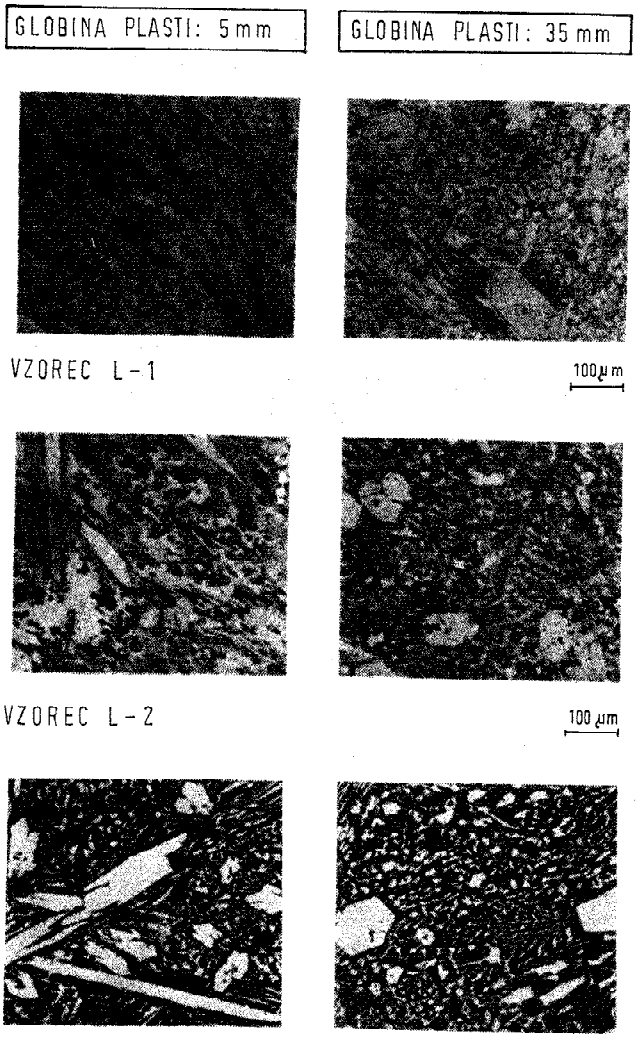
Sestava primarnih in evtektičnih karbidov je podobna, razlikujejo pa se po morfologiji. Evtektični karbidi so del evtektika in imajo po metalografskih podatkih /7/ globularno obliko, če znaša delež karbidov v mikrostrukturi do 20%. Pri deležu karbidov v 20 ... 30% pa prehajajo iz globularne v lamelarno obliko. Ta trditev se dobro ujema z mikroposnetki naših vzorcev valjev iz kromanitne litine, ki so podani na sliki 1.

Iz mikroposnetkov je razvidno, da se pojavljajo poleg velikih primarnih lamelarnih karbidov tudi primarni karbidi v obliki velikih heksagonalnih kristalov, ko dosežejo karbidi 35 ... 40 % sestava strukture (vzorec L-2). Še posebej močno so izraženi ti kristali pri vzorcih, pri katerih dosežejo karbidi 50 ... 55 % sestava strukture (vzorec L-3).

3.0. RAZISKAVE OBDELOVALNOSTI KROMANITNE LITINE

Kromanitna litina predstavlja, zaradi visokega deleža karbidotvornih elementov ter visoke trdote že v litem stanju, izredno neugoden in težko obdelovalni material. V posameznih primerih lahko trdota na površini ulitka doseže tudi več kot 650 HB, kar izredno poslabša možnosti obdelave s struženjem.

Osnovni problem pri mehanski obdelavi ulitkov je odstranitev zunanje plasti (skorje). Ta je v večini primerov



VZOREC L-1			VZOREC L-2			VZOREC L-3		
GLOBINA	5 mm	35 mm	GLOBINA	5 mm	35 mm	GLOBINA	5 mm	35 mm
AVSTENIT	60 %	55 %	AVSTENIT	15 %	5 %	AVSTENIT	5 %	5 %
PERLIT	5 %	5 %	PERLIT	40 %	45 %	PERLIT	45 %	45 %
KARBIDI	35 %	40 %	KARBIDI	45 %	50 %	KARBIDI	50 %	50 %

Slika 1: Metalografski posnetki vzorcev iz kromanitne litine

zelo groba in zaradi močnega krčenja litine tudi polna lunkerjev. Pri uporabi klasičnih rezalnih materialov je možno takšno skorjo obdelovati le z uporabo orodij iz karbidne trdine, vendar pri zelo majhnih hitrostih rezanja.

V novejšem času v literaturi zasledimo podatke o uspešni uporabi orodij z izmenljivimi ploščicami iz kubičnega borovega nitrida pri obdelavi surovih ulitkov iz Ni-harda ter nekaterih drugih trdih litin. Kljub prekinjevanemu rezanju dosegajo orodja iz KBN tudi pri obdelavi skorje ulitkov daljšo obstojno dobo rezalnega robu, ob neprimerno večjih hitrostih rezanja /8/.

V literaturi zasledimo tudi podatke o uspešni uporabi keramičnih orodij na osnovi silicijevega nitrida, t.i. SIALON-i, za obdelavo različnih valjčnih litin trdote do 500 HB /9/.

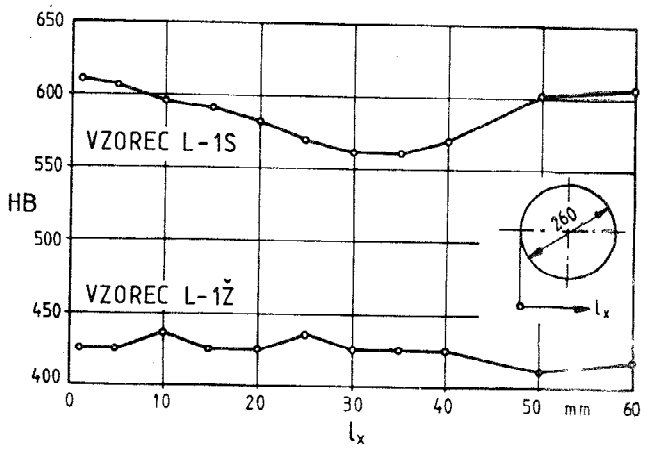
3.1. Izbira preizkušancev

Za ugotavljanje obdelovalnosti kromanitne litine pri struženju, smo izbrali skupino treh valjev enake kemične sestave in mikrostrukture po ulivanju (vzorec L-1). Vsi trije valji so imeli približno enako trdoto na površini, cca 610 HB. Prvi preizkušanec je ostal v surovem stanju, druga dva sta bila pa toplotno obdelana v dveh stopnjah:

- difuzijsko žarjenje pri temperaturi 1050 °C in
- utrjevalno žarjenje pri temperaturi 450 °C.

Metalografska preiskava je pokazala, da se mikrostruktura toplotno obdelanih preizkušancev po globini ne spreminja in je sestavljena iz: 55 % karbidov in 45 % sorbita. Opazen je tudi močan padec trdote pri toplotno obdelanih preizkušancih. Ta je znašala na površini samo še 425 ... 426 HB.

Potek porazdelitve trdote v globino, za posamezne preizkušance, je podan v diagramu na sliki 2.



Slika 2: Potek trdote od površine v globino za posamezne preizkušance

3.2. Planiranje poskusov

Kot je že običajno pri raziskavah obdelovalnosti valjčnih litin, smo se tudi tokrat odločili, da bomo poskuse delali v dveh stopnjah: ločeno bomo zasledovali potek obrabe pri obdelavi skorje od poskusov obdelave delovne plasti, jedra valja. Na voljo smo imeli več rezalnih materialov, zato so posamezne kombinacije: obdelovanec-stopnja obdelave - rezalno orodje podane v tabeli I.

TABELA I: Plan poskusov

OBDELAVA / VZOREC	SKORJA		JEDRO
	ORODJE		ORODJE
L-1S (610 HB)	K 15	KBN	SH 20[1)]
L-1Ž (426 HB)	SIALON[2)]	KBN	SH 20

1) SH 20 - mešana rezalna keramika
2) SIALON - rezalni material na osnovi Si-Al-O-N-a

Celotne poizkuse obdelovalnosti smo opravili na eksperimentalni stružnici ES1, na Fakulteti za strojništvo v Ljubljani. Pri obdelavi nismo uporabljali hladilnih sredstev.

3.3. Rezultati poizkusov

Za posamezne kombinacije obdelovanec-rezalno orodje, podane v tabeli I, smo opravili običajne obrabne poskuse. Obstojnost orodij, na podlagi eksperimentalno dobljenih rezultatov obrabnih poskusov, smo določali po dveh metodologijah.

Metodologija po BARROW-u /10/ podaja obstojnost orodja v obliki $T\text{-}v_c\text{-}h_{maks}$ diagrama. Za določanje maks. debeline odrezka h_{maks}, avtor predlaga ustrezna analitična izraza, ki upoštevata obliko in dolžino rezalnega robu (posebej za kvadratne in posebej za okrogle rezalne ploščice). Primer diagrama obstojnosti po tej metodologiji, za orodje iz karbidne trdine K15 pri struženju skorje surovega vzorca L-1S, prikazuje slika 3 /8/.

$T\text{-}v_c\text{-}h_{maks}$ diagram je primeren tudi za različne primerjave obstojnosti orodij, glede na vrsto rezalnega materiala, toplotne obdelave vzorcev ipd. Primer takšnega diagrama obstojnosti orodja iz rezalne keramike SH20, pri obdelavi jedra dveh različno toplotno obdelanih vzorcev, je podan na sliki 4 /8/.

Iz obeh primerov je razvidno, da je izbrana metodologija sorazmerno enostavna, samo vrednotenje pa ne zahteva drage računalniške opreme. Vnašanje eksperimentalnih vrednosti, kot tudi interpolacija vmesnih vrednosti sta enostavni, zato je ta metodologija zelo primerna za uporabo v proizvodnih obratih.

Po drugi metodologiji smo eksperimentalne rezultate obrabnih poskusov statistično vrednotili ter obstojnost orodij podali v znanih $T\text{-}v_c$ diagramih /8/. Za naš prikaz smo izbrali le primerjalna diagrama obstojnosti orodij, posebej za obdelavo skorje (sl.5) in posebej za obdelavo jedra (sl.6), kot je v navadi pri obdelavi valjčnih litin. V diagramu na sliki 5 ni podatkov o orodju iz karbidne trdine K15, ker so bile obstojnosti pri podajanju f = 0,2 mm/vrt premajhne in nimajo praktično uporabne vrednosti.

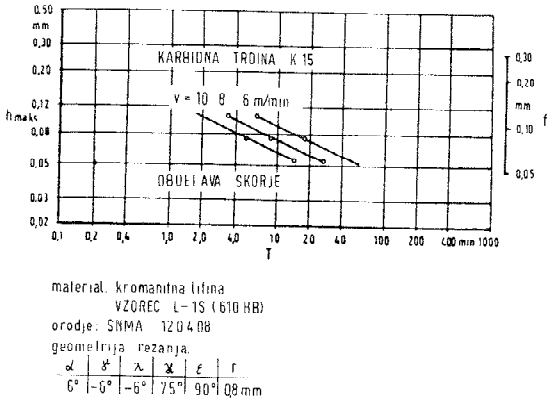
Primerjava diagramov obstojnosti po obeh metodologijah (sl.4 in sl.6), pokaže, da se rezultati dokaj dobro ujemajo. Manjša odstopanja rezultatov po prvi metodologiji, so posledica enostavnosti metode ter napak pri ročnem vnašanju vrednosti v diagrame z dvojno logaritemsko razdelbo.

4. SKLEPNE UGOTOVITVE

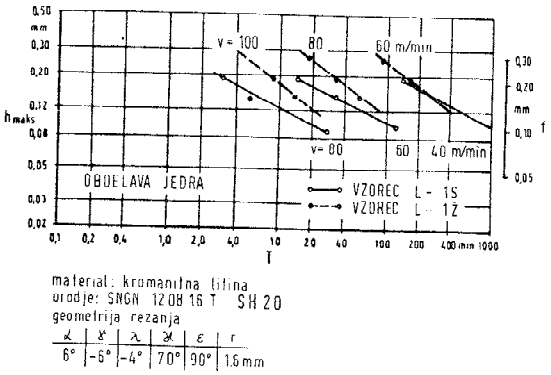
Analiza rezultatov raziskav /2, 7, 8/ pokaže, da je kromanitna litina izredno neugoden in težko obdelovalen material. Pri optimalni sestavi litine, glede na zahteve po čim večji odpornosti proti obrabi in upogibni zrušilni trdnosti, dosežejo ulitki zelo visoko trdoto, na površini tudi nad 650 HB. Obdelava takšnih valjev s struženjem je možna, vendar je treba posebej ločiti obdelavo skorje od obdelave jedra.

Skorjo toplotno neobdelanih valjev lahko odstranimo z orodjem iz karbidne trdine pri zelo majhnih hitrostih odrezavanja (5 ... 6 m/min) in majhnih podajanjih ($f < 0,1$ mm/vrt). Z uporabo orodja iz KBN, kljub prekinjenemu rezu in spremenljivi globini rezanja, dosežemo pri bistveno večjih hitrostih rezanja (40 ... 50 m/min) in podajanjih (0,2 ... 0,3 mm/vrt) obstojnosti, ki so 2 ... 3 večje v primerjavi z orodji iz karbidne trdine K15.

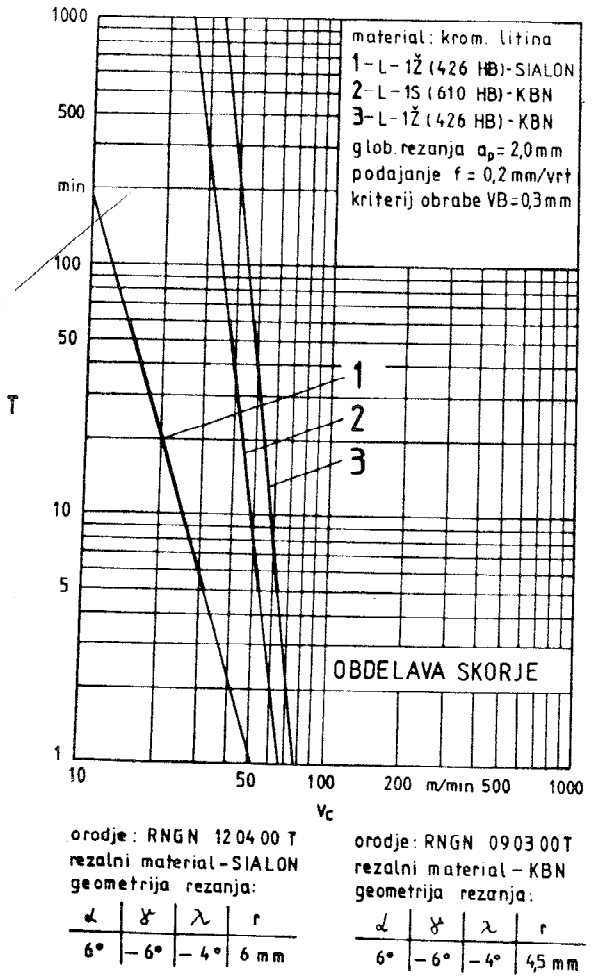
Delovno plast, jedro valja, lahko uspešno stružimo z orodjem iz mešane keramike SH 20. Pri toplotno neobdelanem valju dosežemo hitrosti rezanja 30 ... 40 mm/min



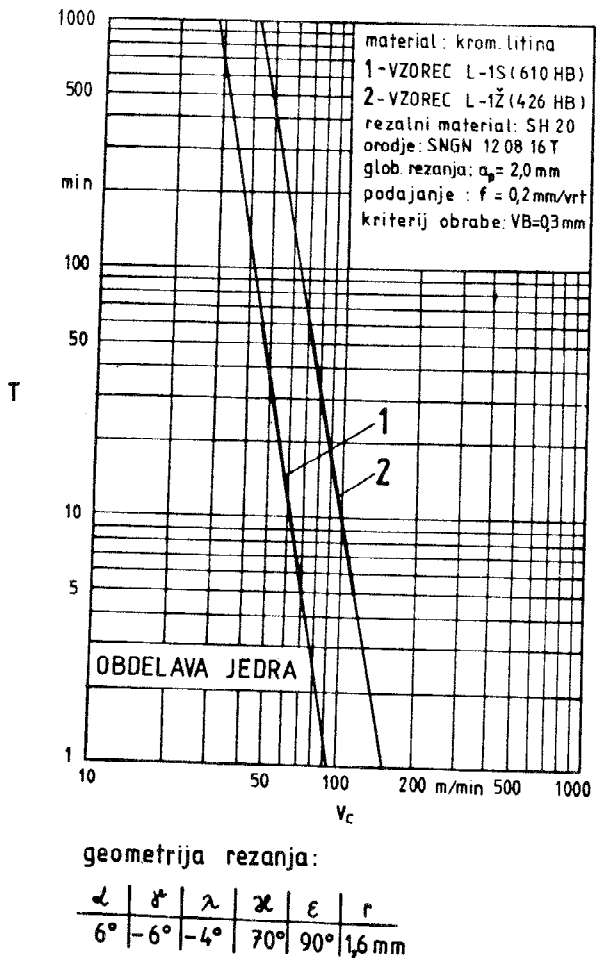
Slika 3: $T\text{-}v_c\text{-}h_{maks}$ diagram obstojnosti orodja iz karbidne trdine K15 pri struženju skorje surovega vzorca



Slika 4: $T\text{-}v_c\text{-}h_{maks}$ primerjalni diagram obstojnosti orodja iz rezalne keramike SH 20 pri struženju različno toplotno obdelanih vzorcev



Slika 5: Obstojnost orodij iz KBN in SIALON-a pri struženju skorje kromanitnih valjev



Slika 6: Obstojnost orodja iz rezalne keramike SH 20 pri struženju jedra kromanitnih valjev

in podajanja do 0,2 mm/vrt.

Raziskave toplotne obdelave so pokazale, da dvostopenjska toplotna obdelava vpliva na preobrazbo zaostalega avstenita ter različno stopnjo koagulacije karbidov, ki raste s temperaturo žarjenja. Posledica tega je padec trdote delovne plasti. Zaradi nekoliko previsoke temperature utrjevalnega žarjenja je bil ta pojav še posebej opazen pri vzorcu L-1.

Zaradi padca trdote in mikrostrukturnih sprememb se bistveno izboljša obdelovalnost toplotno obdelanih vzorcev. Ta vpliv se kaže predvsem v cca 50 %-em povečanju podajanja, kar pa v končni fazi pomeni 100 %-no povečanje efektivnosti obdelave pri struženju žarjenega vzorca, ob približno enaki obstojnosti orodja. Nadaljnje raziskave bodo pokazale v kakšni meri toplotna obdelava, ki zaradi spremembe mikrostrukture ter zmanjšanja trdote - izboljša obdelovalnost, po drugi strani lahko poslabša trdnostne in obrabne lastnosti materiala, ki pa so odločilnega pomena pri obratovanju valjev iz kromanitne litine. Šele v tem primeru bo slika, o pomenu toplotne obdelave ulitkov pred mehansko obdelavo v procesu proizvodnje valjev, popolna.

LITERATURA

/1/ Maratray, R.: Usseglio - Nanot, R.: Faktors Affecting the Structure of Cromium and Chromium -Molybdenum White Irons, Climax Molybdenum, 1970.

/2/ Kmetič, D. in sodelavci: Razvoj valjčnih litin z visoko vsebnostjo kroma, poročilo Metalurškega Inštituta v Ljubljani, 1983.

/3/ Mlakar,F.; Tucić, V.: Metalografsko poročilo o raziskavah vzorcev iz kromanitne litine, Železarna Štore, 1983.

/4/ Norman, T.E.; Röhring, K.: Verschleissfeste martensitische Chromgusseisen, Giesserei.

/5/ Soković, M.; Seljak, Z.: Raziskava obdelovalnosti indefinitne litine, III. Naučno stručni skup m m a 83 Novi Sad, 1983.

/6/ Soković, M.; Seljak, Z.: Vpliv toplotne obdelave na obdelovalnost indefinitne litine, XVII.Savjetovanje proizvodnog mašinstva Jugoslavije, Budva, 1983.

/7/ Skupina avtorjev: Raziskava obdelovalnosti litine 83, Fakulteta za strojništvo v Ljubljani, interno poročilo za Železarno Štore 1983.

/8/ Skupina avtorjev: Raziskava obdelovalnosti litine "84 Fakulteta za strojništvo, interno poročilo za Železarno Štore, 1984.

/9/ x x x: Kyon 2000, Kennametal International, S.A. Latrobe, Pennsylvania, USA - prospektno gradivo.

/10/ Barrow,G.: Tool life equations and machining economics. Proc. 12th Int. Machine Tool Desing and Research Conf., 1972

XIX SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE

Kragujevac, septembar 1985.

OBDELOVANOST AVSTENITNIH NERJAVNIH JEKEL Z VRTANJEM

Z.Seljak, Fakultet za strojništvo, Ljubljana
S.Dolinšek, Fakultet za strojništvo, Ljubljana

R E Z I M E

Povzetek: V prispevku je prikazana problematika obdelovalnosti avstenitnih nerjavnih jekel pri vrtanju s svedri iz hitroreznega jekla. Zaradi specifičnih lastnosti avstenitna nerjavna jekla uvrščamo v skupino slabo obdelovalnih materialov. Slaba obdelovalnost se pri vrtanju izraža z majhno obstojnostjo svedra, velikem rezalnem odporu in žilavih odrezkih. Vzroke slabe obdelovalnosti smo ugotovili na osnovi raziskave transformacije odrezka in utrjevanja v coni rezanja, obdelovalnost pa določili po kriterijih obdelovalnosti s poudarkom na obstojnosti dvorezilnih vijačnih svedrov iz hitroreznega jekla. Primerjalno smo obdelovalne podatke prikazali tudi pri povrtavanju z različnimi orodji.

1. UVOD

Nerjavna jekla so odporna proti kemičnim in elektrokemičnim vplivom atmosfere, vode, plinov, kislin ter baz. Korozijsko odpornost in trdnost izboljšamo z raztopinskimi elementi, od katerih je najpomembnejši krom. Ta tvori pri dotiku s kisikom na površini jekla gost oksiden sloj in tako preprečuje korozijo. Poleg kroma določata strukturo, mehanske lastnosti in korozijsko odpornost še nikelj in molibden. Glede na količino legirnih elementov lahko dobimo tri osnovne strukture jekel - feritna, martenzitna in avstenitna nerjavna jekla.

Najširšo uporabo od vseh nerjavnih jekel imajo avstenitna nerjavna jekla zaradi visoke stopnje korozijske odpornosti in različnih kombinacij lastnosti v odvisnosti od sestave jekla. Tvorec avstenitne strukture je nikelj. Standardna avstenitna jekla vsebujejo 18% kroma, avstenitna struktura je zagotovljena pri količini niklja nad 8% in z gašenjem iz temperature valjanja. Elemente kot so titan in tantal dodajamo za preprečevanje interkristalne korozije v avstenitnih nerjavnih jeklih.

Lastnosti avstenitnih nerjavnih jekel, ki izvirajo iz strukture in sestave so poleg odpornosti proti koroziji in oksidaciji še nemagnetičnost, slaba prevodnost, primernost za varjenje, ugodnost za vlečenje in ostale toplotne obdelave. Pri hladni obdelavi se ta jekla v odvisnosti od sestave močno deformacijsko utrjujejo. Količina niklja je v avstenitnih nerjavnih jeklih merilo stabilnosti avstenita, jekla z manj kot 8% niklja so nestabilna in se pri plastični deformaciji močno utrjujejo.

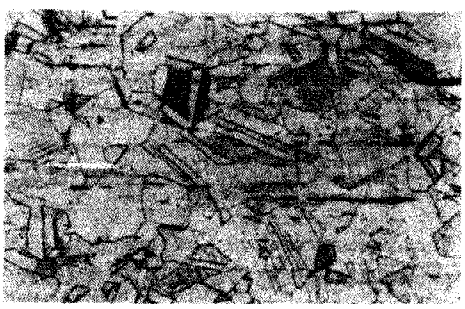
2. OBDELOVALNOST AVSTENITNIH NERJAVNIH JEKEL

Avstenitna nerjavna jekla so težje obdelovalna kot večina martenizitnih ter feritnih nerjavnih jekel. Medtem, ko lahko pri nizko legiranih konstrukcijskih jeklih in jeklih za poboljšanje že iz trdote jekel sklepamo na odrezovalne lastnosti, pa to pri avstenitnih ni možno. Glavna razlika izvira iz lastnosti avstenitnih nerjavnih jekel: velika žilavost, slaba toplotna prevodnost in velika stopnja hladnega deformacijskega utrjevanja. Zato je mehanizem rezanja oziroma proces v strižni coni drugačen kot pri drugih materialih. Zaradi žilave avstenitne strukture nastane večje gnetenje in utrjanje odrezka, dobimo trde, žilave in dolge odrezke. Na proces rezanja zelo vpliva slaba toplotna prevodnost, zaradi česar se dvigne temperatura v rezalni coni. Posledica je nalepljanje materiala pri obdelavi s karbidno trdino oziroma padec trdote iz hitroreznega jekla.

Vse ugotovitve o mehanski obdelavi avstenitnih nerjavnih jekel veljajo tudi za vrtanje. Ekonomičen sveder za vrtanje teh jekel je le dobro nabrušen sveder z izvedeno kontrolo geometrije. Kot konice φ mora biti od 130° do 140°, prosti kot α pa 8 do 12°. Odvisna sta od sestave nerjavnega jekla. Z ustreznim prostim kotom se izognemo drgnjenju proste ploskve po materialu in s tem zmanjšamo utrditev dna izvrtine. Ne sme pa biti prevelik, da ne povečamo zaokrožitve rezalnega robu in preveč oslabimo rezalni rob. Utrditev dna izvrtine lahko zmanjšamo tudi s fino obdelavo prostih ploskev svedra in s tem izboljšamo obstojnost. Neenakost rezalnih robov po dolžini, ali obliki povzroči utrjevanje stene izvrtine zaradi zanašanja svedra. Izvrtina je necentrična ter ima raze. Pomembna je tudi širina prečnega rezalnega robu. Ta mora biti čim krajša, da zmanjšamo sile, utrjevanje in segrevanje.

3. PODATKI O TESTIRANEM MATERIALU

Pri raziskavi smo uporabili avstenitno nerjavno jeklo Č.4572. Material je bil dobavljen v obliki valjanih palic dimenzije Ø 55 x 450 mm v gašanem stanju. Slika 1 prikazuje strukturo obdelovanega materiala, v tabelah pa je izpisana sestava. Valjane palice smo razrezali glede na potrebe eksperimentiranja tako, da smo izločili bolj utrjeno skorjo (do globine 10mm), hkrati smo pazili, da površine preizkušancev nismo dodatno utrdili z mehansko obdelavo.



(avstenit + ferit + karbidi)

% C	% Si	% Mn	% Cr	% Ni	% Ti
0,07	0,73	1,55	18,7	10,6	0,6

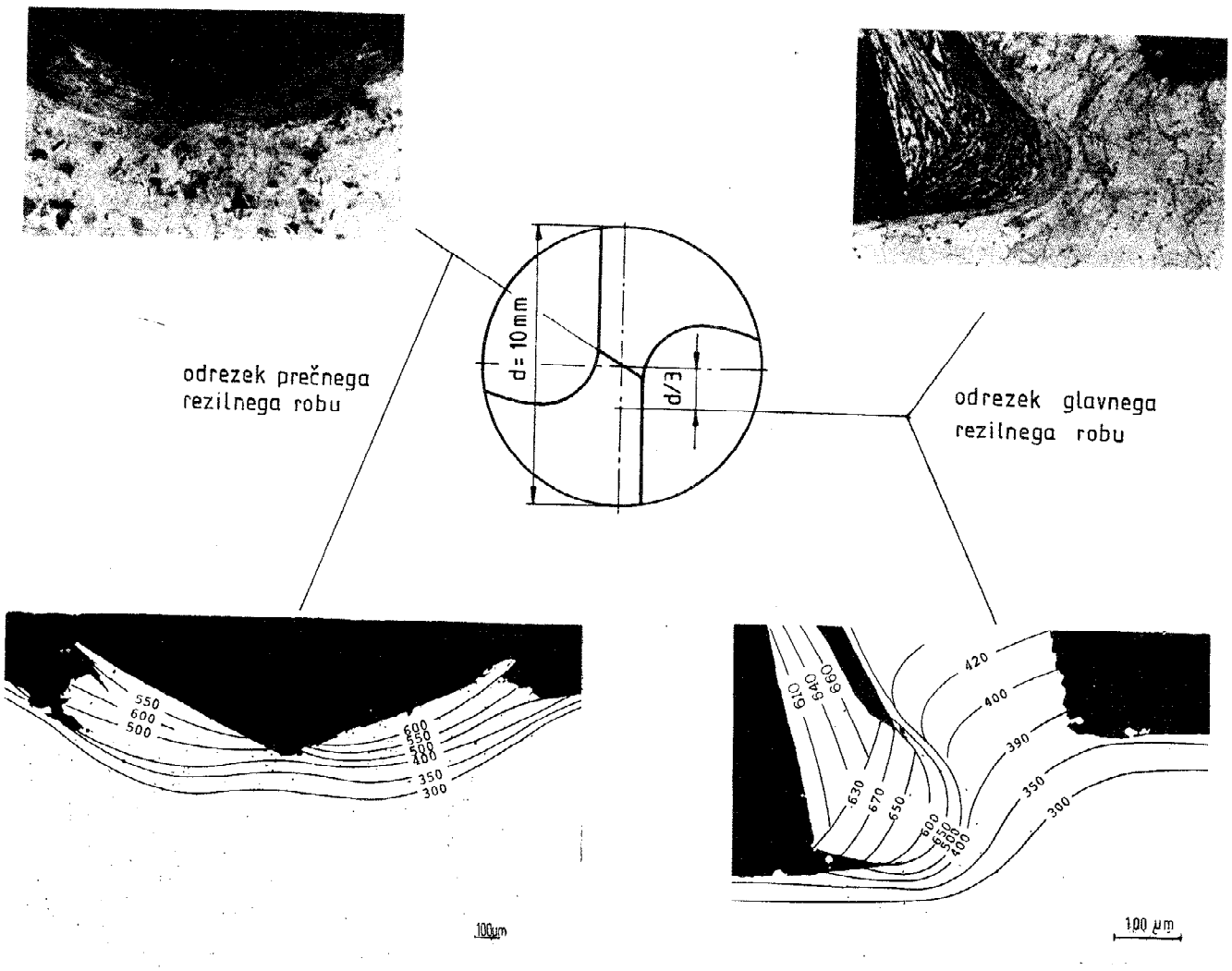
Slika 1: Sestava in slika strukture avstenitnega nerjavnega jekla Č.4572

4. TRANSFORMACIJA ODREZKA NA REZALNEM ROBU SVEDRA

Za raziskavo transformacije odrezka na rezalnem robu svedra in velikosti utrjevanja v coni rezanja smo razvili napravo za trenutno ustavitev rezanja /1/. Naprava deluje s sprostitvijo vpenjalnega pritiska čeljusti na obdelovanec. S takšno konstrukcijo smo dosegli zadosti hitre prekinitve vrtilnega in podajalnega gibanja. Tako nismo vplivali s prekinitvijo rezanja na dogajanje v coni formiranja odrezka pred in po prekinitvi rezanja.

Preizkušance, pri katerih smo hipno ustavili rezanje, smo erozijsko razrezali, zalili v umetno maso in polirali. Z ustreznim razrezom smo raziskali oblikovanje odrezka na prečnem rezalnem robu in obeh glavnih rezalnih robovih. Poleg tega smo izmerili mikrotrdoto odrezka in slikali metalografsko strukturo. Slika 2 kaže konico dvorezilnega vijačnega svedra z dvema fotografijama oblikovanja odrezka. Prva fotografija kaže oblikovanje odrezka na prečnem rezalnem robu (prerez skozi odrezka prečnega rezalnega robu), druga fotografija pa oblikovanje odrezka na glavnem rezalnem robu (prerez skozi odrezek v razdalji 1/3 premera svedra od centra svedra). Poleg fotografij so izrisani tudi rezultati merjenja mikrotrdote odrezka v obliki krivulj enakih trdot.

Slike struktur kažejo, kako se avstenitna zrna močno deformirajo v odrezek. Gostota deformacijskih črt se ujema z velikostjo utrditve, saj so največje vrednosti izmerjene mikrotrdote v področju, kjer so deformacijske črte najpogostejše. Vidimo, da se relativno mehka avstenitna struktura (300 HV) zaradi gnetenja na prečnem rezalnem robu utrdi do dvakrat. Odrezka prečnega rezalnega robu sta najbolj utrjena na stiku s prosto ploskvijo svedra, odkoder se zgneteta po kontaktni coni /12/ v vodilni žleb svedra pred glavni rezalni rob. Odrezek glavnega rezalnega robu je tako sestavljen iz bolj utrjenega trakastega odrezka prečnega rezalnega robu in odrezka odrezanega na glavnem rezalnem robu. To lahko vidimo tudi iz fotografije strukture odrezka glavnega rezalnega robu. Odrezek prečnega rezalnega robu se pri transformaciji še dodatno



Slika 2: Slike strukture odrezkov prečnega in glavnega rezalnega robu in vrednosti izmerjene mikrotrdote v odrezkih

utrdi in nam deluje kot nastavek na določeni dolžini glavnega rezalnega robu. Velikost in trdota sta odvisni od obdelovalnih pogojev. Utrjevanje v hladnem povzročajo normalne komponente sil na cepilni in prosti ploskvi svedra oziroma na zaokrožitvi rezalnega robu. Zato mora biti zaokrožitev rezalnih robov svedra čim manjša, kar pomeni ostro orodje. Nastavek zaokrožitev poveča in povzroča dodatno utrjevanje. Vpliv zaokrožitve se posebno pozna pri tankih odrezkih, (pri majhnih podajanjih), kjer se odrezek močneje utrjuje ter s tem povzroča večjo obrabo orodja. Zato se podajanje ne sme zmanjšati pod določeno mejo. Zelo pomembna je tudi togost oziroma vibracije orodja.

Iz raziskave transformacije odrezka na rezalnem robu in utrjevanja v coni rezanja smo ugotovili:

- utrditev pod osjo svedra in utrditev odrezkov prečnega rezalnega robu povečujete odpor prodiranju svedra v obdelovalni material (podajalno silo)
- odrezek prečnega rezalnega robu poveča rezalni odpor na glavnih rezalnih robovih (glavno rezalno silo)
- večji rezalni odpor (večje rezalne sile) povečuje obrabo orodja in temperaturo v coni rezanja
- z brušenjem prečnih rezalnih robov svedra (rezanje v centru) zmanjšamo velikost in utrditev odrezka prečnega rezalnega robu

- zaradi utrjevanja pod rezalnim robom svedra moramo izbrati podajanje, ki je večje kot znaša globina utrditve. S tem se izognemo rezanju po utrjeni plasti iz prejšnjega reza.
- večanje rezalne hitrosti poveča velikost utrditve odrezka glavnega rezalnega robu, zaradi večjih deformacijskih hitrosti, pa se dvigne tudi temperatura v rezalni coni.

5. OBDELOVALNOST AVSTENITNEGA NERJAVNEGA JEKLA PRI VRTANJU

Obdelovalnost avstenitnih nerjavnih jekel pri vrtanju določamo po znanih kriterijih obdelovalnosti: obstojnost orodja, velikost rezalnih sil, hrapavost površine in oblika odrezkov. Najpomembnejši kriterij je obstojnost orodja, ki jo določimo eksperimentalno glede na rezultate merjanja obrabe proste ploskve svedra med vrtanjem in s statističnim vrednotenjem obrabnih rezultatov /3/.

Pri vrtanju avstenitnih nerjavnih jekel moramo najprej določiti obdelovalne pogoje, pri katerih ne pride do trenutnih porušitev svedra v izvrtini (zažiganja) in pri katerih dobimo adhezivno in abrazivno obrabljanje proste ploskve svedra. Pri določitvi obstojnosti svedrov določamo obstojnostne enačbe, ki zajamejo glavne vplive na obstojnost:
- obdelovalne pogoje (rezalna hitrost, podajanje, hlajenje, globina in vrsta izvrtine)
- obdelovalni material (različni obdelovalni materiali in njihova toplotna obdelava)
- orodje (vpliv kvalitete, geometrije in premera svedra).

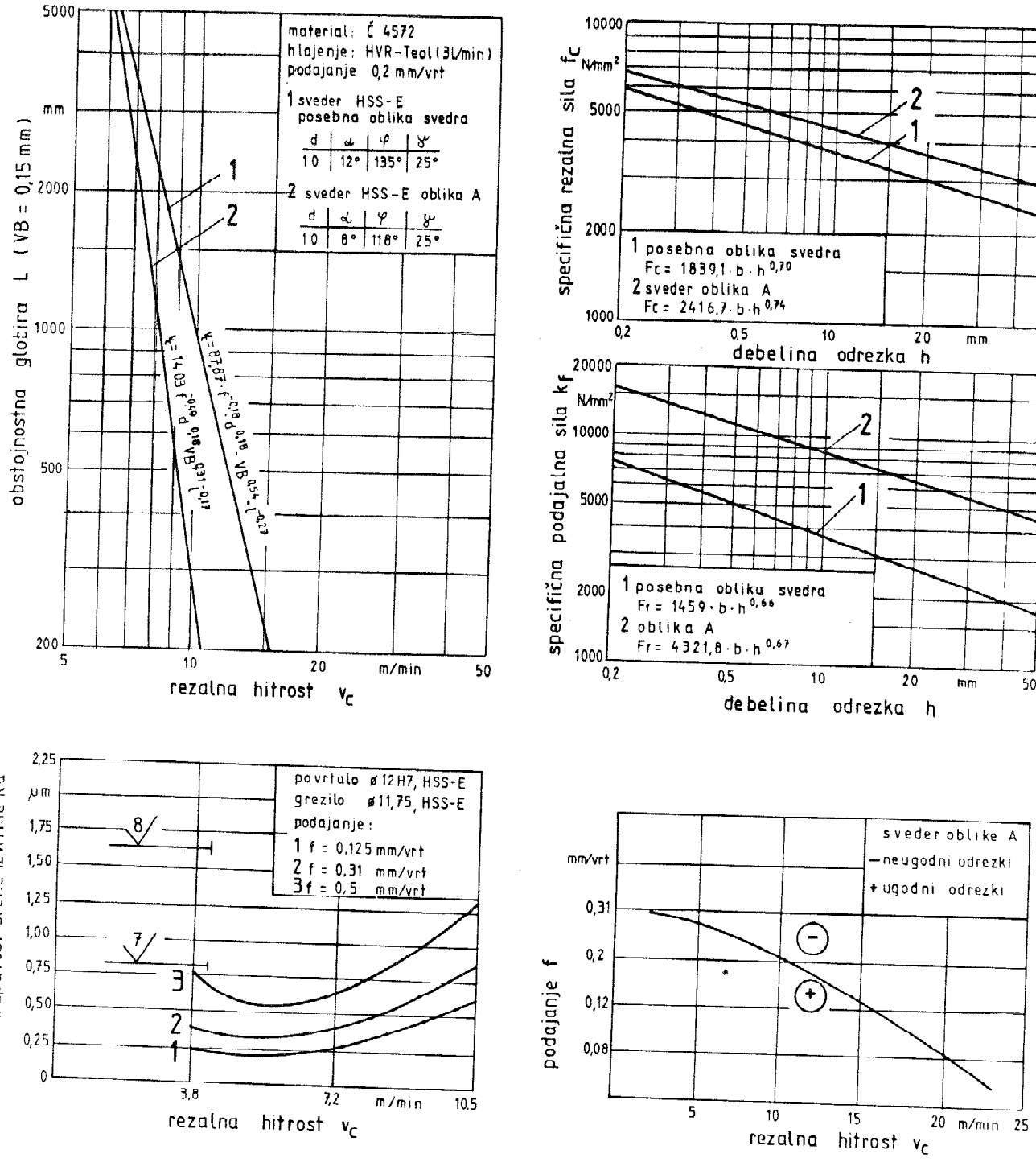
Vse ostale vplive na obstojnost svedrov, ki so posebno pomembni pri vrtanju avstenitnih nerjavnih jekel (odstopanje geometrije svedra, kvaliteta brušenja konice svedra, vpliv obdelovalnega stroja, odstopanje obdelovalnih pogojev, nehomogenost obdelovalnega materiala, vpliv merjenja obrabe svedra, motnje pri hlajenju ..) definiramo kot konstantne v obliki standardnih testnih pogojev ali zajamemo njihov vpliv s statističnim vrednotenjem. Vpliv se kaže v bolj ali manj točni določitvi obstojnostne enačbe. Obstojnostne rezultate smo podali v obliki razširjene Taylorjeve enačbe in obstojnostnim diagramom odvisnosti globine vrtanja od rezalne hitrosti. Slika 3 kaže zbirni diagram obdelovalnosti avstenitnega nerjavnega jekla Č.4572 pri vrtanju z različno geometrijo svedra. Zbirni diagram obdelovalnosti nam poleg obstojnosti podaja tudi podatke o velikosti specifičnih rezalnih in podajalnih sil, diagram ugodne in neugodne oblike odrezkov v odvisnosti od obdelovalnih pogojev in diagram hrapavosti stene izvrtine pri povrtavanju /4/. Iz diagramov vidimo, da so obstojnosti svedrov z zbrušenim prečnim rezalnim robom tako, da omogoča rezanja v centru (posebna oblika svedra), večje v povezavi z manjšimi rezalnimi silami.

6. PRIMERJAVA VRTANJA AVSTENITNIH NERJAVNIH JEKEL Z RAZLIČNIMI SVEDRI

Iz raziskav utrjevanja avstenitnih nerjavnih jekel v rezalni coni pri vrtanju smo ugotovili,da se utrjevanju teh jekel pri rezanju ne moremo izogniti. Ugotovili smo, da z izbiro ustrezne geometrije svedra in obdelovalnih pogojev lahko vrtamo v območju minimalne utrditve na rezalnih robovih svedra. To se je potrdilo tudi z večjimi obstojnostnimi vrednostmi svedra. Z omejitvami in korekturnimi faktorji smo ugotovili, da smo pri večanju rezalne hitrosti omejeni. Zaradi večjih deformacijskih hitrosti na rezalnem robu se zviša temperatura v rezalni coni in pride do padca trdote svedra na rezalnem robu. Z ustreznim hlajenjem poskrbimo za večji odvod toplote iz rezalne cone. Pri dvorezilnih vijačnih svedrih smo omejeni z intenziteto hlajenja, kar se pozna na obstojnostnih rezultatih.

Razvojne tendence v obdelovalni tehniki so v novejšem času usmerjene v krajšanje obdelovalnih časov, kar lahko dosežemo le z večanjem rezalne hitrosti. Ko govorimo o obdelovalnosti avstenitnih nerjavnih jekel, moramo raziskati tudi možnost obdelave z vrtanjem pri povišanih rezalnih hitrosti. Rezultati raziskav obstojnosti dvorezilnih vijačnih svedrov kažejo, da lahko vrtamo avstenitna nerjavna jekla z večjimi rezalnimi hitrostmi le, če poskrbimo za večjo intenziteto hlajenja ali uporabimo rezalne materiale, ki imajo višjo temperaturno obstojnost.

Orodja za vrtanje lahko razdelimo glede na kon-



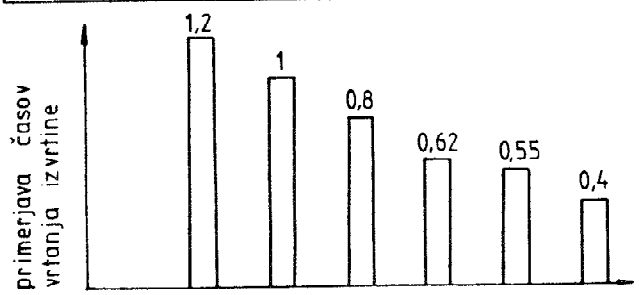
Slika 3: Zbirni diagram obdelovalnosti avstenitnega nerjavnega jekla Č.4572

strukcijo, zahteve in rezalni material. Najobširnejša skupina je skupina dvorezilnih vijačnih svedrov, pri katerih je rezalni rob iz hitroreznega jekla ali nalotane karbidne trdine, steblo svedra pa je iz hitroreznega jekla. Glede na način hlajenja imamo svedre z dovodom hladilne tekočine po vijačnici ali po kanalih v jedru svedra

Modernejši so svedri z izmenljivimi ploščicami, ki so trioglatih ali štirioglatih oblik. Ti svedri niso standardizirani in jih izbiramo preko katalogov številnih tujih proizvajalcev /5/.

Obdelovalnost avstenitnih nerjavnih jekel pri vrtanju z različnimi orodji smo raziskali na litih prirobnicah ventilov za prehrambeno industrijo iz avstenitnega nerjavnega jekla Č.4574. Slika 4 prikazuje primerjalno uporabljene rezalne hitrosti in čase izdelave pri določeni obstojnosti. Najboljše rezultate dosegamo pri vrtanju s svedri z izmenljivimi ploščicami /3/, s katerimi dosegamo rezalne hitrosti že v mejah struženja. Pomembno pri vrtanju avstenitnih nerjavnih jekel s temi orodji je oblikovanje odrezkov. Z ustreznimi pogoji dela dobimo kratke lomljene odrezke, ki nam ne zabijejo kanale.

SVEDER	HSS	HSS-E	HSS nitriran	HSS notranje hlajenje	HSS oplaščen TiN	sved z izmenlj. plošč.
rezalna hitrost [m/min]	9	11	13	18	20	90
podajanje [mm/vrt]	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
čas vrtanja izvrtine [s]	29	24	20	15	13	10
globina izvrtine [mm]	15,5					
premer svedra [mm]	18					
obstojnostna globina [mm]	1000					



Slika 4: Primerjava vrtanja avstenitnega nerjavnega jekla Č.4574 z različnimi orodji

7. ZAKLJUČEK

Z raziskavo obdelovalnosti avstenitnih nerjavnih jekel pri vrtanju smo raziskali vzroke težke obdelovalnosti in podali obdelovalne podatke za vrtanje teh jekel z dvorezilnimi vijačnimi svedri. Predpisana geometrija svedra in ustrezna izbira obdelovalnih pogojev je faktor, ki nam obstojnost svedrov izboljša, o dobri obdelovalnosti pa še ne moremo govoriti. Z modernejšimi orodji lahko avstenitna nerjavna jekla uspešneje obdelujemo, vendar se morajo raziskava v tej smeri še nadaljevati.

8. LITERATURA

1. Dolinšek S.: Utrjevanje avstenitnih nerjavnih jekel pri vrtanju, II. seminar podiplomskega študija, Ljubljana 1981
2. Williams R. A.: A Study of the drilling process, Journal of Engineering for Industry, November 1974, str. 1207 - 1215
3. Dolinšek S.: Obstojnost svedrov pri obdelavi avstenitnih nerjavnih jekel, III. seminar podiplomskega študija, Ljubljana 1985
4. Miloševič R.: Ugotavljanje optimalne geometrije povrtal in pogojev povrtavanja domačih materialov, osnutek magisterija, Ljubljana,1984
5. Katalogi firm: STOCK, WALTER, KOMET, KENNAMETAL, SANDVIK, COROMANT....

Z.Seljak, S.Dolinšek

MACHINABILITY OF AUSTENITE STAINLESS STEELS IN DRILLING

Abstract

The problems of machinability of austenite stainless steels in driling with high-speed steel drills are dealt with in the paper.Because of their specific properties, austenite stainless steels are classified into the group of low-machinability steels.Poor machinability in drilling is manifested by short tool life, high cutting resistance, and tough chips. The causes of poor machinability were determined from the studies of chip transformation and hardening in the cutting zone, and the machinability was determined on the basis of machinability criteria, stressing tool life of dual-edge spiral drills made of high-speed steel.The machinability data are presented also for drilling with various tools.

XIX SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE
Kragujevac, septembar 1985.

TRANSFORMACIJA MATERIALA NA REZALNEM ROBU PRI STRUŽENJU AVSTENITNIH MANGANOVIH JEKEL

J.Kopač, Fakultet za strojništvo, Ljubljana
Z.Seljak, Fakultet za strojništvo, Ljubljana

R E Z I M E

Avstenitna jekla razdelimo v korozijsko odporna in neodporna. Pri korozijsko odpornih jeklih sta pomembna legirna elementa Cr in Ni, pri neodpornih pa je legirni element Mn. Manganova avstenitna jekla se uporabljajo tam, kjer je zahtevana izredna odpornost izdelka proti obrabi, poleg tega pa mora biti izdelek žilav. Zaradi delovanja sil na površino se avstenitno jeklo utrjuje. Velikost in globina deformacije materiala s silo narašča. Posledica utrjevanja je vzrok težavam pri odrezavanju avstenitnih jekel. Pri močno legiranih manganovih jeklih je utrditev tudi do 3,5 kratna glede na osnovno trdoto materiala.

1. UVOD

Iz predhodnih raziskav smo ugotovili, da je za obdelavo z odrezavanjem najbolj primeren material, ki ga pred tem gasimo. Lit material in z žarjenjem toplotno obdelani vzorci imajo slabšo obdelovalnost /1/. Gašen material ima čisto avstenitno strukturo brez prisotnosti martenzita in karbidov, ki močno vplivajo na obrabo orodja.

Ugotovili smo obstojnost različnih orodij pri struženju močno legiranega manganovega jekla z avstenitno strukturo in analizirali vzroke težke obdelovalnosti tega materiala.

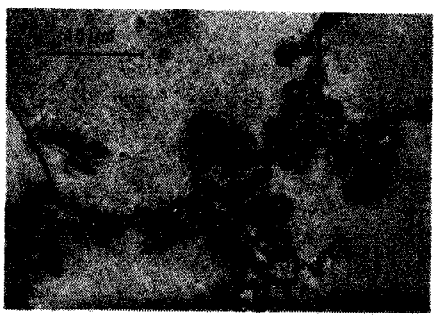
2. MANGANOVO AVSTENITNO JEKLO

Trda manganova jeklena litina, ki vsebuje 12% Mn ima oznako ČL.3462. Kemična sestava v utežnih odstotkih je bila določena /2/ in je podana v tabeli 1.

Tabela 1: Kemična sestava materiala ČL.3462

element	C	S	P	Si	Cr	Cu	Mn
%	1,1	0,01	0,057	0,6	1,6	0,19	12,3

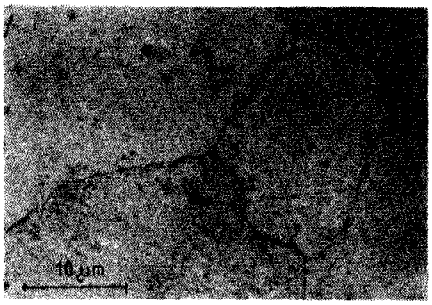
Lit material ima trdoto 250 HB in avstenitno strukturo, ki ima na mejah kristalnih zrn še lamelarne karbide - slika 1. Karbidi povzročajo izredno obrabo in lome orodja, zato moramo s primerno toplotno obdelavo spremeniti strukturo ulitka.



Slika 1: Lit material ČL.3462

Gašen material dobimo, če po litju segrejemo ulitek do temperature 1050° C in ga nato hitro ohladimo v vodi. S tem se zmanjša trdota materiala na 200 HB, struktura pa je avstenitna - slika 2. Tak material je poznan tudi pod imenom "Hadfieldovo" jeklo. Pri tej toplotni obdelavi moramo biti pazljivi, da pri segrevanju ne presežemo temperature 1050° C,kajti potem se zrna občutno poveča-

jo, žilavost materiala pa se s tem zmanjša.



Slika 2: Gašen material ČL.3462

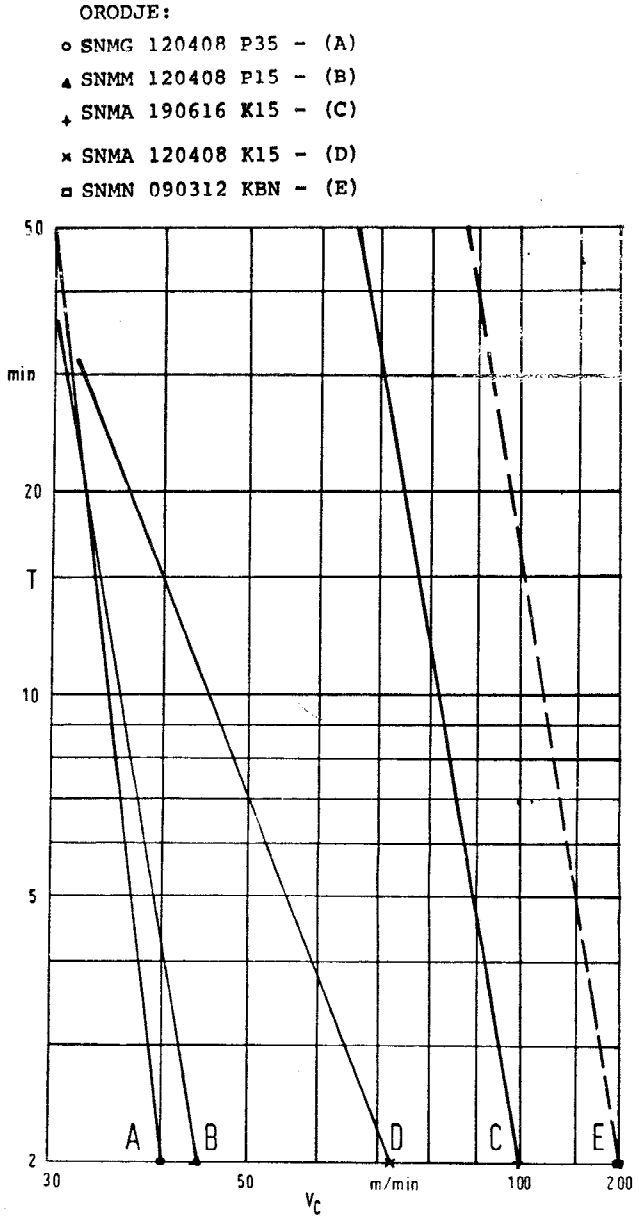
Mehanske lastnosti litega in gašenega materiala ČL.3462 so prikazane v tabeli 2, kjer tudi lahko razberemo veliko žilavost gašenega materiala, ki mu daje posebne kvalitete in specifično uporabo.

Tabela 2: Mehanske lastnosti litega in gašanega materiala ČL.3462

ČL.3462 - lit	udarno delo 6/J/
ČL.3462 - gašen	udarno delo 90 /J/ natezna trdnost Rm=730/N/mm^2/ meja plast. $R_{P0.2}$ =417/N/mm^2/ raztezek A = 20% kontrakcija Z = 26%

3. OBDELOVALNOST MATERIALA ČL.3462

S preizkusi smo ugotovili, da je kljub široki izbiri orodij le malo primernih za odrezovanje manganovega avstenitnega jekla. Tako smo morali iz nadaljnega preizkušanja izločiti orodja iz rezalne keramike, silicijevega nitrida, oplastena orodja, ki imajo za osnovo manj kvalitetno karbidno trdino in orodja iz hitroreznega jekla. Primerna orodja so iz karbidne trdine kvalitete K15, dočim imajo orodja P kvalitete znatno manjšo obstojnost. Poleg kvalitete orodja pa je pomembna še geometrija. V tabeli 3 so prikazane oznake, kvalitete in geometrija uspešno preizkušenih orodij. Iz diagrama na sliki 3 je razvidna primerjava obstojnosti orodij.



material: ČL.3462 podajanje: 0,20 mm/vrt
struktura: avstenit, obraba: VB : 0,40 mm
globina: 2,00 mm

Slika 3: Primerjava obstojnosti različnih orodij pri struženju

Tabela 3: Oznake uporabljenega orodja, kvaliteta in geometrija

Oznake	Kvaliteta	Geometrija rezanja					
		γ	α	λ	$\varkappa$	ε	r
A-SNMG 120408	P 35	+6°	6°	-4°	75°	90°	0,8 mm
B-SNMM 120408	P 15	+6°	6°	-4°	75°	90°	0,8mm
C-SNMA 190616	K 15	-6°	6°	-4°	75°	90°	1,6 mm
D-SNMA 120408	K 15	-6°	6°	-4°	75°	90°	0,8 mm
E-SNMN 090312	KBN	-3°	3°	-3°	89°	90°	1,2 mm

V preizkuse je vključeno tudi orodje iz kubičnega borovega nitrida, s katerim je mogoče odrezavanje manganovega avstenitnega jekla pri rezalnih hitrostih večjih od 120 m/min. Zaradi visoke cene orodja pa je ekonomičnost uporabe kubičnega borovega nitrid (KBN) mogoče izračunati le z optimizacijskimi enačbami, ki veljajo za rezalni proces /3/.

4. UTRJANJE AVSTENITNEGA MATERIALA ČL.3462 PRI ODREZAVANJU

Pri pregledu obdelovalnosti ČL.3462 smo ugotovili, da se kljub majhni trdoti avstenitni material izredno težko obdeluje. Vzrok je v posebnosti, da se pri rezanju v rezalni coni avstenitni material utrjuje. Za ugotavljanje velikosti utrditve smo razvili naprave za hipno prekinitev rezanja, ki omogočajo, da dobimo "zamrznjen" odrezek. Na tem odrezku lahko merimo mikrotrdoto in opazujemo strukturo in deformacijo v rezalni coni. Na sliki 4 je prikazan primer raziskave rezalne cone pri struženju. Največjo mikrotrdoto smo izmerili v odrezku. Z meritvami od površine v globino obdelovanca smo ugotovili padanje mikrotrdote. Iz diagramov na sliki 5 je razvidno utrjanje v odvisnosti od rezalne in podajalne hitrosti. Ugotovimo lahko, da se površina z odrezavanjem utrdi do 0,6 mm v globino. Utrjen sloj povzroči povečano obrabo orodja in praktično onemogoči fino obdelavo pri majhnih globinah rezanja



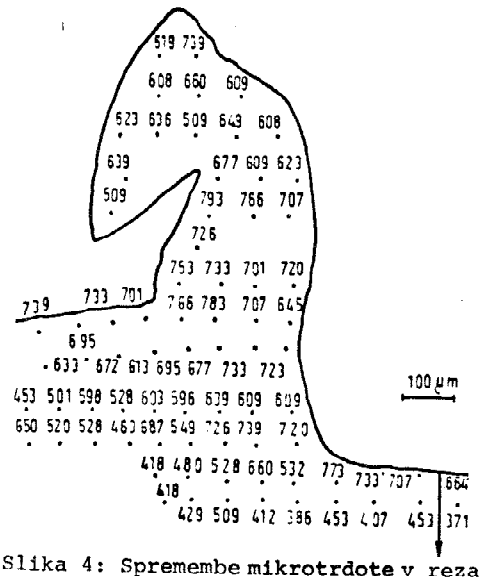
ČL.3462 avstenit

v_c = 84 m/min

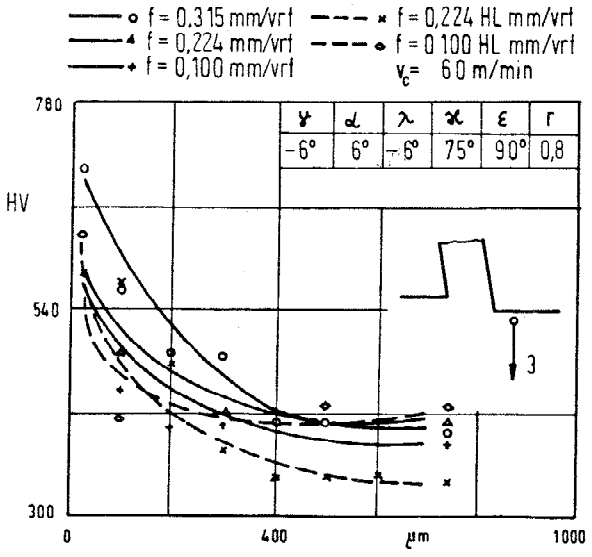
f = 0,224 mm/vrt

a_p = 1,5 mm

SNMA 120408 K 15

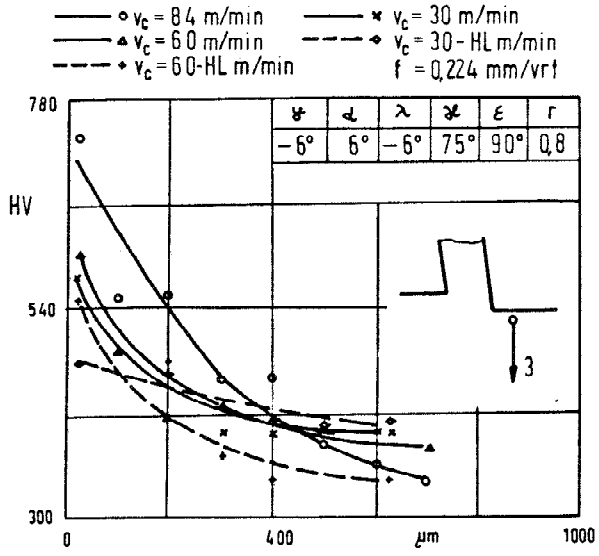


Slika 4: Spremembe mikrotrdote v rezalni coni



Globina utrditev za rezalno cono

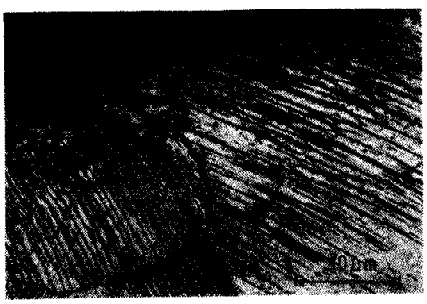
Slika 5a: Utrditve pri struženju gašene litine ČL.3462



Globina utrditev za rezalno cono

Slika 5b: Utrditve pri struženju gašene ČL.3462

Na sliki 6 je prikazan utrjen sloj obdelovanca. Utrditev je razvidna iz deformacijskih črt, ki so v kristalnih zrnih. V različnih kristalih so deformacijske črte orientirane v različnih smereh, tik pod obdelano površino pa so v enem kristalu različno orientirane deformacijske črte, iz česar lahko sklepamo na velike poškodbe zgornje sloja površine.



ČL.3462
v_c=60 m/min
f = 0,2 mm/vrt
a_p = 2 mm

Slika 6: Deformacija v zgornjem sloju obdelovanca

Prikazane deformacije so nastale pri srednje težkih pogojih obdelave in segajo 0,4 mm v globino. Pri težjih pogojih obdelave so deformacije večje in že lahko pričakujemo nastanek mikrorazpok na obdelani površini.

5. SKLEPNE UGOTOVITVE

Pri struženju se obdelovalni material v rezalni coni transformira v odrezek, pri tem se utrdi odrezek in površina obdelovanca. Utrjen material vpliva na povečano obrabo orodja v tolikšni meri, da manganova avstenitna jekla uvrščamo med težko obdelovalne materiale. Z izbiro ustreznih pogojev obdelave smo dosegli ugodno obstojnost orodja, vendar pa je rezalna hitrost pri tem materialu omejena tako navzdol kot navzgor. Z zmanjševanjem hitrosti pod 20 m/min in pri hitrostih nad 90 m/min se obstojnost orodja izredno zmanjša.

Posledice utrditve površine obdelovanca se pokažejo v problemih pri fini obdelavi tankega vrhnjega sloja, zaostalih napetostih in mikrorazpokah obdelovanca.

Z izbiro ustrezne geometrije in kvalitete orodja ter z odrezavanjem v območju pogojev dela, kjer je obstojnost orodja ugodna, lahko pričakujemo učinkovito odrezavanje močno legiranih manganovih jekel.

6. LITERATURA

/1/ Skupina avtorjev: Osnovne raziskave obdelovalnosti jekel, poročilo št.: 102.83/126 (interno)

J.Kopač, Z.Seljak

TRANSFORMATION OF THE MATERIAL ON THE CUTTING EDGE IN TURNING OF AUSTENITE MANGANESE STEELS

Abstract

The austenite steels may be classified into the corrosion resistant, and non-resistant ones.In teh corrosion resistant steels, main alloying elements are Cr and Ni, whereas in the other group it is Mn.The manganese austenite steels are used for parts which must be exceptionally resistant to wear, and tough at the same time. The action of forces on the surface gives rise to hardening of austenite steels.The amount and depth of deformation of the material increase with the force.The consequences of the hardening are the difficulties experienced in machining the austenite steels.Copiously alloyed manganese steels increase their hardness by up to 3,5 times the original hardness of the material.

XIX SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE

Kragujevac, septembar 1985.

PROBLEMATIKA ISPITIVANJA OBRADLJIVOSTI NA NUMERIČKI UPRAVLJANIM OBRADNIM CENTRIMA

R. Djukanov, Sektor za razvoj tehnologije,
RO "Sever", Subotica

R e z i m e

Projektovanje i optimizacija tehnologije obrade složenih tehnoloških struktura na numerički upravljanim obradnim centrima zahteva masu uređenih informacionih tehnoloških sasržaja o činiocima procesa rada,organizovanih u tehnološkoj banci podataka.
Funkcija obradljivosti, kao ključni segment tehnološke banke podataka u vidu matematičkog izraza, povezuje uloge alata,režima, obratka, kvaliteta i ostalih faktora vezanih za proces rezanja i daje zavisnost postojanosti alata od režima obrade u konkretnim proizvodnim uslovima.
U radu se izlaže metodologija istraživanja obradljivosti u ovoj tehnologiji, kao i neki konkretni rezultati njezine primene u RO "SEVER".

Z u s s a m m e n f a s s u n g

Die Projektierung und die Optimierung der Bearbeitungs-technologie von komplizierten (zusammengesetzten) technologischen Strukturen auf numerisch gesteuerten Bearbeitungszentren erfordert eine grosse Anzahl von geordneten technologischen Informationen, die in einer technologischen Datenbank zusammengefasst werden. Die Funktion der Möglichkeit der Bearbeitung, als ein Schlüsselsegment der technologischen Datenbank verbindet in der Form eines mathematischen Ausdrucks die Rolle des Werkzeugs, der Schnittdaten, des bearbeiteten Werkstücks, der Qualität und der übrigen Faktoren, welche sich auf den Schneidprozess beziehen,und ergibt unter den konkreten Produktionsbedingungen eine Abhängigkeit der Werkzeugbeständigkeit von den Schnittdaten. In der vorliegenden Arbeit werden die Methodologie der Erforschung der Möglichkeiten der Bearbeitung in dieser Technologie, als auch einige konkrete Ergebnisse ihrer Anwendung in der Firma "SEVER" dargestellt.

1. UVOD

Savremena literatura, proizvođači alata i instituti koji se bave problematikom ispitivanja obradljivosti,pružaju određene tehnološke informacije o procesima obrade metala rezanjem. Međutim,proizvodna praksa pokazuje da se na ove podatke ipak treba osloniti do određene mere i da se oni moraju proveriti i prilagoditi konkretnim pogonskim uslovima.
Istraživanjem obradljivosti danas se kod nas i u svetu bavi niz naučnih institucija. Ona baziraju na primeni savremenih teorija inženjerskih eksperimenata i upotrebi računara.

Evidentni su već i neki slučajevi formiranja laboratorija za ispitivanje obradljivosti u samim radnim organizacijama.
Prvi koraci saradnje nauke i prakse dali su odredjene rezultate. U okviru CePTI-sistema tehnološke banke podataka, pri Mašinskom fakultetu u Beogradu, razrađene su metodologije istraživanja obradljivosti za razne metode u obradi rezanjem, na bazi kojih su vršena eksperimentisanja u nekim radnim organizacijama.

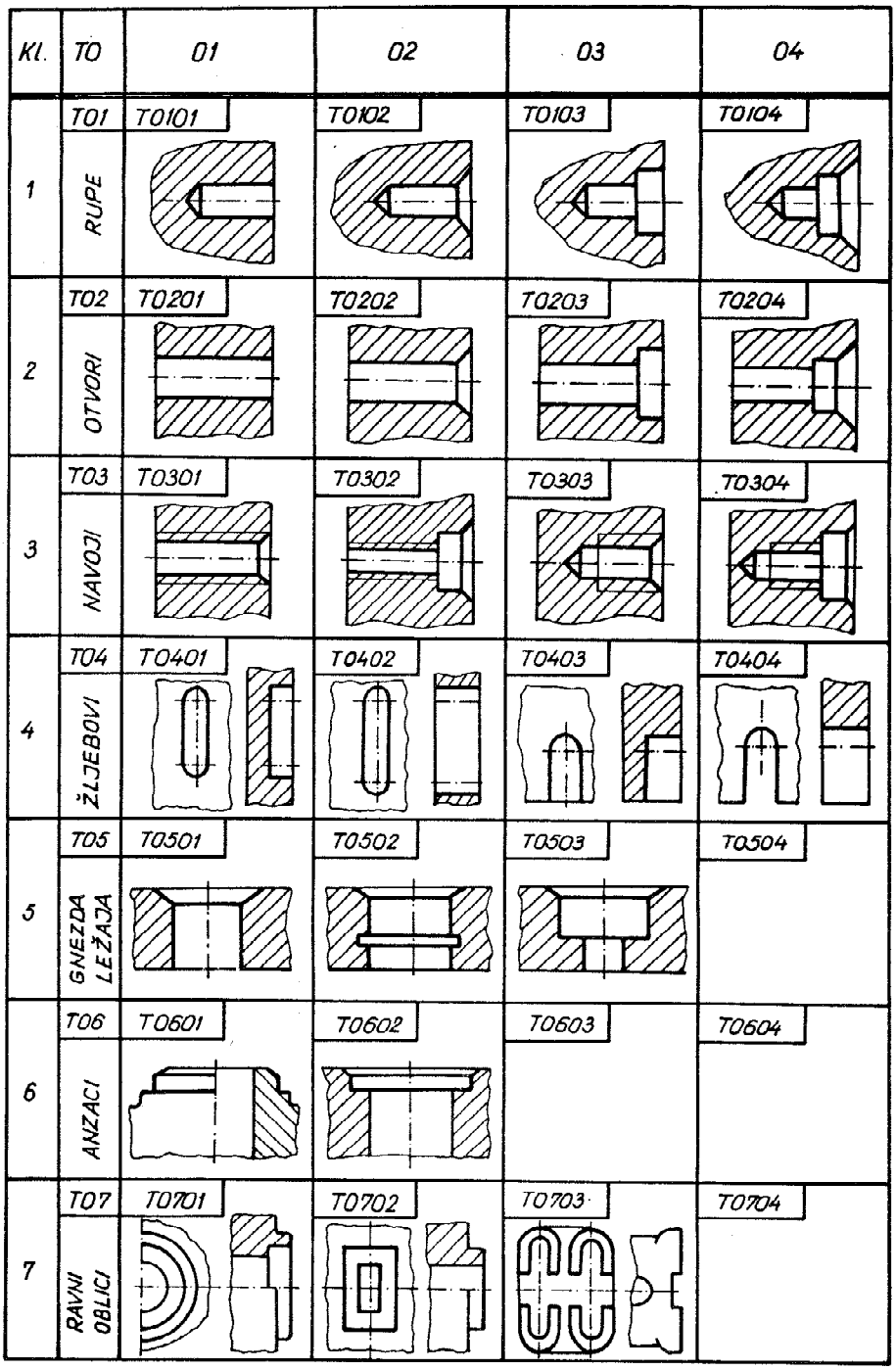
Istraživanja obradljivosti u tehnologiji obradnih centara prati niz specifičnosti, koje u odnosu na klasičnu tehnologiju stvaraju od-

---

* Radojica Đukanov,dipl.ing., projektant, Sektor za razvoj tehnologije, RO"SEVER",Subotica.

rešene probleme:

- radi se o tehnologiji sa visokim stepenom koncentracije zahvata i alata,
- operacija obrade na obradnim centrima je optimalna samo onda kada se svi zahvati u okviru nije odvijaju primenom optimalnih režima rezanja, što upućuje na potrebu istraživanja obradljivosti svih zahvata (struganje, glodanje, bušenje i dr.),
- obradni centri nalaze efikasnu primenu u uslovima manjih serija i šireg asortimana delova, što za sprovodjenje eksperimenata stvara određene poteškoće.



Sl.1. Katalog tehnoloških oblika

2. PROBLEMATIKA USITNJENOSTI SERIJA DELOVA

Serije obradaka složenih tehnoloških struktura uglavnom nisu prisutne u dovoljnim količinama da bi se eksperiment na jednoj seriji mogao sprovesti do kraja. Zbog toga se eksperiment mora prekidati i čekati da se ponovo javi serija istih obradaka.

Takodje je poznato da operaciju na obradnim centrima čine zahvati različitih vrsta obrade, sa kratkim i neujednačenim glavnim vremenima, zbog čega eksperimenti dugo traju.

Navedeni problemi ukazuju na potrebu definisanja posebne originalne metode proizvodnih eksperimentalnih istraživanja obradljivosti u ovoj tehnologiji.

Zbog toga je izvršena sistem analiza obradaka oblika kućišta reduktora i pumpi iz proizvodnog programa RO "SEVER" i sačinjen katalog tehnoloških oblika (Sl.1), prema kojem su svi tehnološki oblici svrstani u 7 klasa (rupe,otvori, navojni oblici, žljebovi, gnezda ležaja, anzaci i ravni oblici). Ovo razvrstavanje po klasama je izvršeno po definisanim kriterijumima koji uzimaju u obzir geometriju,tehnologiju, kvalitet i sl.

Ovim se praktično postiže primena principa grupne tehnologije i povećanje serijnosti delova, tako da za efikasno sprovođenje eksperimenta više nije uslov velika serija istih delova, već istih tehnoloških oblika koji mogu pripadati i različitim delovima.
Ovde još treba posebno naglasiti da se uslovi eksperimenta, koji precizno definišu alat, obradak,mašinu, kvalitet i ostalo, moraju od početka do kraja eksperimenta strogo poštovati.
Konkretna primena ove metode prikazaće se na primeru poluzavršne strugarske obrade otvora za ležaj na odlivcima kućišta reduktora od sivog liva.

3. PLAN EKSPERIMENTA

Odabran je metod trofaktornog plana eksperimenta /2/ tipa 2^k sa ponavljanjima u centralnoj tački plana.
Broj eksperimenata je određen prema izrazu:

$$N = 2^k + n_o = 2^3 + 4 = 12 \qquad (1)$$

gde je:

k - broj promenljivih u matematičkom modelu

n_o - broj ponovljenih eksperimenata u centralnoj tački plana.

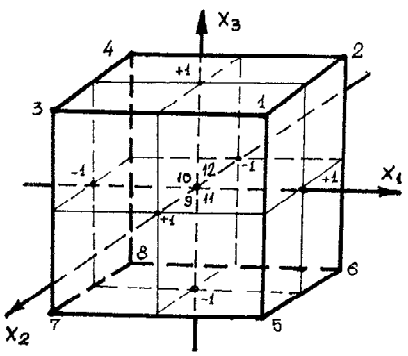
Pregled nivoa faktora i odgovarajućih kodova dat je u tabeli 1.

Tb.1.

Nivoi fak.	Faktori (f_i)			Kodovi		
	f_1 v(m/min)	f_2 s(mm/o)	f_3 t(mm)	x_1	x_2	x_3
Gor.	v_{max}=227,4	s_{max}=0,25	t_{max}=1,8	+1	+1	+1
Sred.	v_{sr}=181,9	s_{sr}=0,20	t_{sr}=1,5	0	0	0
Donj.	v_{min}=146,2	s_{min}=0,15	t_{min}=1,2	-1	-1	-1

Za centrar opsega varijacije vrednosti elemenata režima obrade (srednji nivo) x_{isr}(i=1,2,3), odabrane su vrednosti po kojima se trenutno u pogonu odvija proces obrade.

Skup eksperimentalnih tačaka modela raspoređen je u vidu "latinskog kuba" (sl.2).



Sl.2. Grafički prikaz plana eksperimenta

Za svaku tačku iz plana eksperimenta pratilo se habanje rezne ivice po leđnoj površini do potpunog zatupljenja, tako su dobijene odgovarajuće krive koje opisuju proces habanja kroz sve tri faze.

Na sl.3 prikazan je postupak praćenja habanja za tačku 8 iz plana eksperimenta (sl.2).

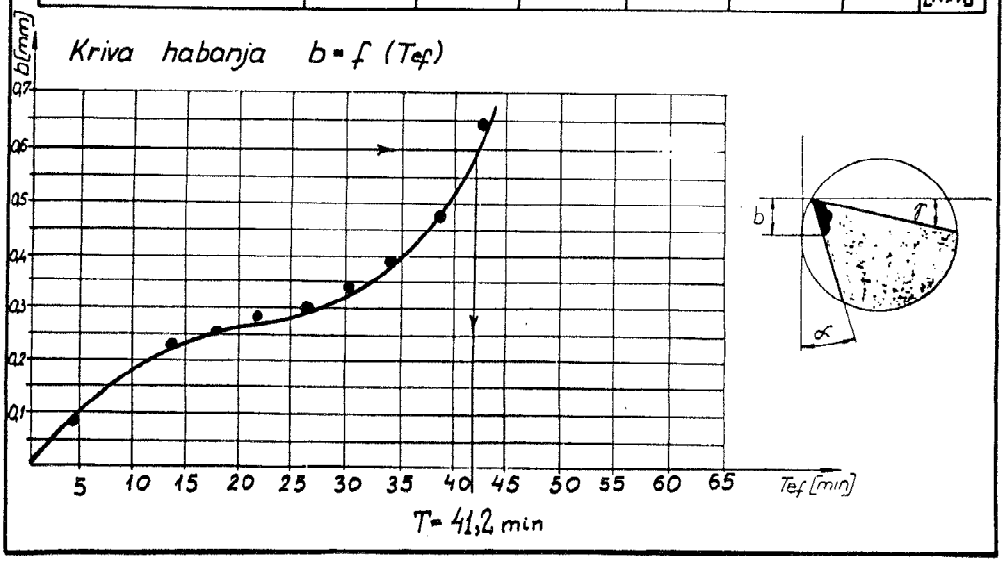
Kao što se vidi, zbog usitnjenih serija, čak ni jedna odabrana tačka iz plana nije mogla biti

ispitana do kraja na istim obratcima (P).Zbog toga su ispitivanja vršena na različitim serijama obradaka (Z2,Z3,i Z4) u količinama od 31, 30 i 30 komada. Ovi obratci u suštini jesu različiti, ali svaki u sebi sadrži isti tehnološki oblik (TO 502- sl.1), na kojem je vršen eksperiment. U tome je upravo i suština ove metodologije, odnosno uloga tehnološkog oblika u postupku eksperimentisanja u tehnologiji obrade složenih tehnoloških struktura na obradnim centrima. Po istom postupku vršeno je ispitivanje u svih 12 tačaka plana eksperimenta.

Tačka eksperimenta br. 8	Kodovi faktora			Vrednosti faktora		
	x_1	x_2	x_3	V [m/min]	s [mm/o]	t [mm]
	-1	-1	-1	146,2	0,15	1,2

P (obradak)	Z2	Z4	Z3		
Q [kom/seriji]	31	40	30		
t_g [min/kom]					

Redni broj merenja	Broj obrađen. komada q [kom]	Efektivno vreme rada alata u intervalu između dva merenja $T_{ef} = q \cdot t_g$ [min]					Kumul. zbir ΣT_{ef} [min]	Izmerena pohaban. b [mm]
1	10	4,22					4,22	0,08
2	21	8,86					13,08	0,22
3	10		4,22				17,30	0,25
4	10		4,22				21,52	0,28
5	10		4,22				25,74	0,30
6	10		4,22				29,96	0,33
7	10			4,22			34,18	0,40
8	10			4,22			38,40	0,48
9	10			4,22			42,62	0,65
10								
ΣT_{ef} [min]							42,6	Kriter. zatup. B=0,6 [mm]



Sl.3. Tabela za prikupljanje podataka za istraživanje funkcije obradljivosti u realnim pogonskim uslovima

4. REZULTATI EKSPERIMENTA

Rezultati merenja (tb.2) pokazuju veoma širok dijapazon rasipanja dobijenih vrednosti za postojanost, što ukazuje na značajan uticaj režima obrade na habanje oštrice alata.

Tb.2. Plan matrica i rezultati merenja

Tačka eksp.	Faktori				Postojanost T(min)
	x_0	x_1	x_2	x_3	
1	+1	+1	+1	+1	2,3
2	+1	-1	+1	+1	21,7
3	+1	+1	-1	+1	8,8
4	+1	-1	-1	+1	34,2
5	+1	+1	+1	-1	2,9
6	+1	-1	+1	-1	19,4
7	+1	+1	-1	-1	13,1
8	+1	-1	-1	-1	41,2
9	+1	0	0	0	10,5
10	+1	0	0	0	15,9
11	+1	0	0	0	16,6
12	+1	0	0	0	12,5

Na sl.4. prikazane su krive habanja za svaku tačku iz plana eksperimenta.

Poznavajući odgovarajuće krive habanja, moguće je precizno definisati kriterijum zatupljenja, odnosno veličinu parametara habanja pri kojoj treba prekinuti rezanje, što može biti funkcija:

- kvaliteta obrade,
- tačnosti obrade,
- ekonomije procesa i sl.

Kod grube obrade, gde kvalitet i tačnost nisu toliko značajni, kriterijum zatupljenja treba definisati na bazi maksimalno mogućeg iskorišćenja alata.

Kod fine obrade ovu veličinu treba odrediti na bazi merenja kvaliteta obrađene površine.

Takodje su poznate i neke od metoda analitičkog odredjivanja ekonomičnog habanja alata.

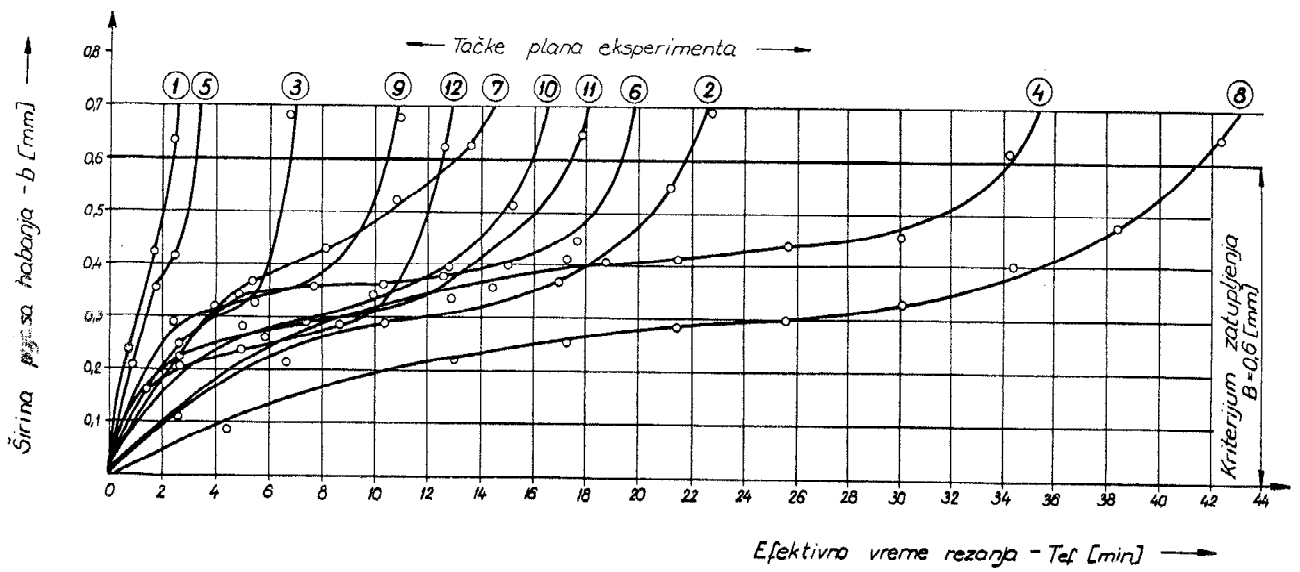
U opštem slučaju, izbor merodavnog kriterijuma habanja rezne ivice alata treba vršiti na bazi izraza /1/:

$$B_{mer} = MIN\ (B_{tačn},\ B_{kval},\ B_{ekon},\ \ldots), \qquad (2)$$

gde je:

B(mm) - širina pojasa habanja rezne ivice po leđnoj površini.

Odabrana vrednost (B=0,6mm) u ovom slučaju je odredjena na bazi krivih habanja alata, uvažavajući uslove zahtevanog kvaliteta i tačnosti.



Sl.4. Krive habanja rezne ivice alata po leđnoj površini za pojedine tačke plana eksperimenta

Matematičkom obradom dobijenih rezultata došlo se do funkcije obradljivosti oblika:

$$v = \frac{167,81}{T^{0,256}\ s^{0,476}\ t^{0,151}} \quad (m/min)(3)$$

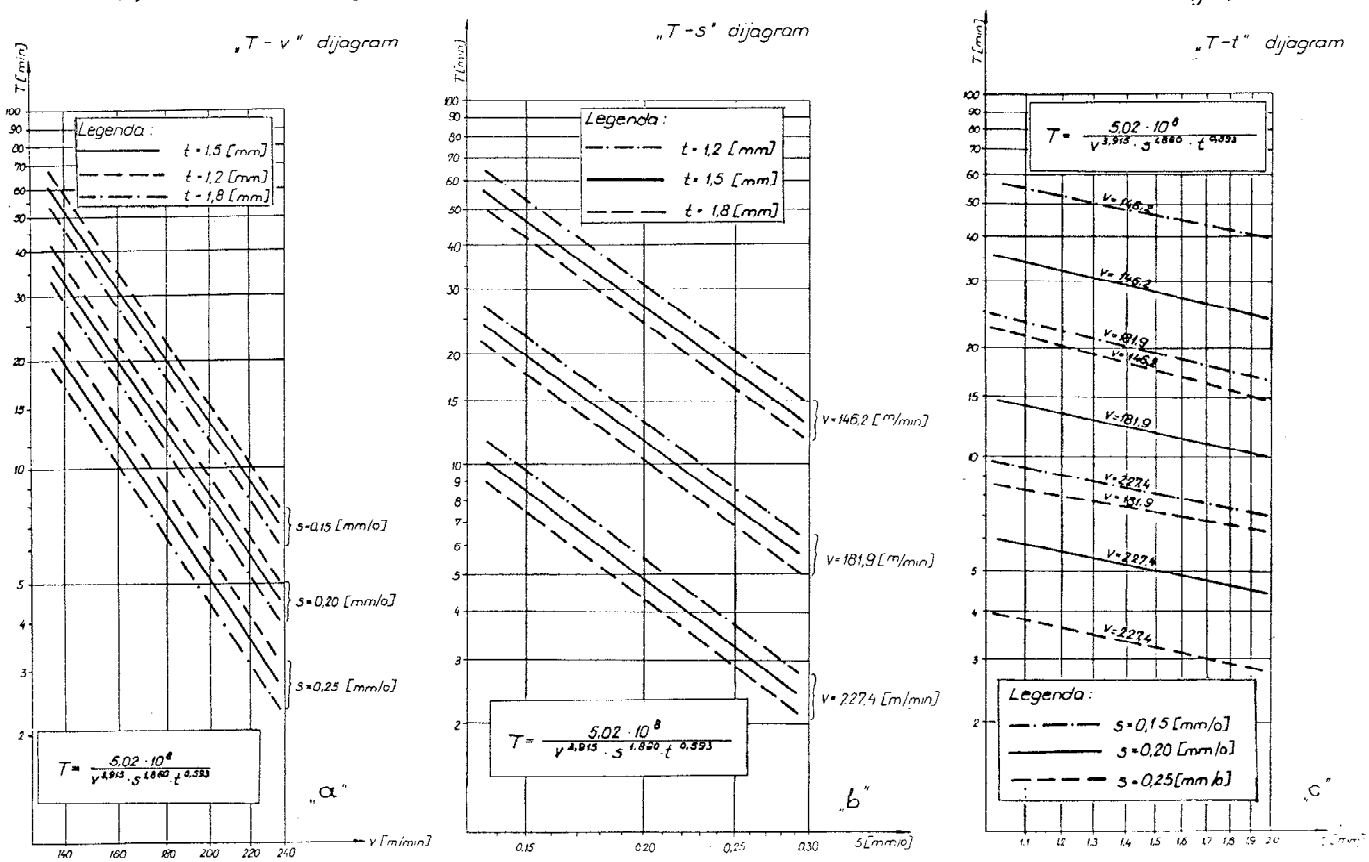
Ocena signifikantnosti parametara i adekvatnosti modela izvršena je preko F-kriterijuma, uz usvojen nivo značajnosti od 5%.

Analiza potvrđuje adekvatnost odabranog modela, dok su od tri posmatrane kojeficijenta regresije, samo dva signifikantna. To znači da se rizikom od 5% posmatrani faktori (osim dubine rezanja) značajno utiču na odzivnu funkciju sistema.

Na sl.5, a na bazi dobijenih rezultata istraživanja, u dvostrukoj logaritamskoj mreži prikazani su dijagrami (T-v, T-s i T-t), koji pokazuju uticaj pojedinih elemenata režima obrade na postojanost.

Dobijeni rezultati važe samo za date uslove:

Materijal	SL-22
Zatezna čvrstoća	σ_m=22(dN/mm^2)
Tvrdoća	220 HB
Termički tretman	žareno
Polufabrikat	odlivak
Hlađenje	intenzivno
Krutost sistema M-A-P-O..	vrlo dobra
Alat (COROMANT).....	K10 (TNMG 110304)
Kvalitet obrade	Ra=10 (μm)



Sl.5. Uticaj elemenata režima obrade na postojanost alata

5. ZAKLJUČAK

Sistematizacija i klasifikacija elementarnih tehnoloških informacija u tehnologiji obrade složenih tehnoloških struktura na obradnim centrima, i pored značaja za projektovanje i optimizaciju tehnološkog procesa, pruža realne mogućnosti za eksperimentalna istraživanja obradljivosti i u uslovima pojedinačne i maloserijske proizvodnje.

6. LITERATURA

/1/ Đukanov R. — Prilog razvoju tehnološke banke podataka za projektovanje i optimizaciju obradnih procesa na obradnim centrima, Magistarski rad, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 1985.

/2/ Banjac D. i grupa autora — Tehnoekonomska optimizacija elemenata tehnologije mašinske obrade, Istraživački projekat, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 1980.

XIX SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE

Kragujevac, septembar 1985.

VPLIV BORA IN TELURJA NA OBDELOVANOST JEKEL ZA AVTOMATE

J. Grum, Fakulteta za strojništvo, Ljubljana
P. Leskovar, Fakulteta za strojništvo, Ljubljana

R E Z I M E

Prispevek prinaša nekaj značilnih zanimivosti raziskav o obdelovalnosti jekel za avtomate, legiranih z žveplom in telurjem ali borom. Vsa ta so uvrščena v skupino jekel za avtomate z visokim indeksom obdelovalnosti. Dosedanje raziskave so pokazale zelo nazorno, da daje kriterij obrabe na prosti ploskvi premalo informacij o obratovalni dobi orodja. Karakteristične velikosti kotanje na cepilni ploskvi kažejo, da je pri enaki obrabi na prosti ploskvi le-ta lahko bistveno različna. Raziskave so vrednotene s posebno topografsko metodo, ki daje celovitejši vpogled o obrabnih procesih na orodju. Poseben poudarek pa smo dali tudi analizi obdelovalnosti pri različnih stopnjah deformacije v hladnem stanju. Obrabni procesi so zasledovani v odvisnosti od časa rezanja pri različnih rezalnih hitrostih v = 50 ... ...500 m/min in podajanjih f = 0,078 do 0,388 mm/vrt ter konstantni globini rezanja a = 2 mm. Rezultati raziskav o obdelovalnosti kažejo, da imajo značilni dodatki zaznaven vpliv tako na generiranje odrezka, kot na velikost in obliko obrabe proste in cepilne ploskve in so prirejeni v takšno obliko, da imajo praktično vrednost tako za proizvajalce kakor uporabnike teh jekel.

1. UVOD

Jekla za avtomate so namenjena izdelavi serijskih delov na avtomatskih obdelovalnih strojih v vseh vejah kovinske in elektro industrije. Uporabljajo se za proizvodnjo vijakov, matic, osi, gredi, čepov, dele ventilov, dele črpalk in druge najrazličnejše dele serijske proizvodnje.

Ta jekla so lahko kvalitetna ogljikova jekla in legirana nerjavna jekla pri katerih so kemijska sestava, trdnostne lastnosti in mikrostruktura prirejene, da dosežemo zelo dobro obdelovalnost. Vsa ta domača jekla delimo v štiri skupine: jekla z visokim indeksom obdelovalnosti, jekla za cementiranje, jekla za poboljšanje in nerjavna jekla. Dobimo pa jih v različnih stanjih in sicer: hladno vlečena, luščena, brušena, poboljšana in žarjena.

Zaradi poznanih težav pri jeklih za avtomate na osnovi svinca so proizvajalci iskali nove možnosti za ohranitev jekel tega kakovostnega razreda. Železarna Jesenice je zato želela svoj proizvodni program dopolniti z novimi jekli, ki so legirani z žveplom in telurjem ali borom. V vseh primerih je osnova jeklo za avtomate, ki je standardizirano po JUS-u Č.3990 in legirano z žveplom. Z dodatkom bora smo dobili jeklo Č.3990 B ali z dodatkom telurja jeklo Č.3990 Te.

2. VPLIVI NA OBDELOVALNOST

Obdelovalnost je zelo pomembna tehnološka lastnost materialov in je definirana z velikostjo rezalnih sil, obratovalno dobo orodja, obliko odrezkov in kvaliteto površine obdelovanca. Obdelovalnost je torej lastnost materiala, ki jo pogojujejo najrazličnejš- vplivi v fazi pridobivanja ali predelave. Pojem obdelovalnost popisuje različne sposobnosti materialov, ki jim spreminjamo obliko in/ali lastnosti po različnih postopkih kakor so: odrezavanje, preoblikovanje, varjenje in toplotna obdelava. Rezultati dobre obdelovalnosti predstavljajo proizvode z zadovoljivo oziroma čimboljšo kvaliteto pri minimalnih stroških izdelave. Za odrezovalnost so bili razviti različni kriteriji, ki so orientirani z ozirom na trajanje preizkusa - kratkotrajni ali dolgotrajni preizkusi. Pogosto je obratovalna doba orodja tista, ki določa značilnosti na izdelku oziroma tudi na orodju. Oboje lahko popišemo z:

A: Kriteriji odrezavanja, ki jih postavljamo obdelovancu:
- kvaliteta površine obdelovanca
- natančnost izdelave
- funkcijska integriteta

B: Kriteriji, ki jih postavljamo orodju

Napake na orodju (poškodbe, obraba, toplotni vplivi ipd.)

Pri tem se pojavi vprašanje, kako lahko vplivamo na obdelovalnost pri jeklu?

- z metalurškimi učinki v fazi dezoksidacijskih postopkov,
- z metalurškimi učinki pred postopkom oblikovanja z litjem (vplivi modifikatorjev in/ali vpliv hitrosti ohlajanja),
- z legirnimi elementi, ki dvigajo mehanske, fizikalne in kemične lastnosti. Pri tem pa je zaželeno, da se ohranijo ali celo poboljšajo tehnološke lastnosti,
- s toplotno obdelavo lahko vplivamo na osnovno strukturo - mehčanje ali utrjevanje,
- vplivi na mehanske in tehnološke lastnosti s plastično deformacijo v hladnem stanju - utrditev materiala s plastično deformacijo ipd.

Nekovinski vključki

Znano je, da imajo nekovinski vključki močan vpliv na obdelovalnost jekel. V odvisnosti od velikosti, oblike, porazdelitve in volumske gostote imajo lahko ugoden ali pa škodljiv vpliv. V jeklih za avtomate lahko ugotovimo naslednje značilne vplive:

- Nekovinski vključki v jeklih za avtomate ustvarjajo ustrezno napetostno stanje v strižni coni odrezka. Le-ti omogočajo nastajanje razpok. Končni rezultat nastalih razmer med procesom rezanja so potrebne manjše sile pri formiranju odrezkov in lomljenje odrezkov na krajše oblike, ki ne vodijo do poškodb orodja in obdelovanca. V ta namen so v jeklih za avtomate dodani značilni dodatki kot sta žveplo in/ali svinec, ki vplivata na manjši koeficient trenja med odrezkom in rezalnim orodjem. Posledica nastalih razmer so ugodnejša temperaturna polja na orodju in manjša obraba predvsem na cepilni ploskvi.
- Nekateri nekovinski vključki lahko omogočajo zmanjševanje notranjega trenja v fazi nastajanja odrezka in s tem zmanjšujejo škodljive toplotne učinke na površini predmeta (izdelka) ali na površini orodja.
- Nekateri vključki omogočajo zaradi nalepljenja na cepilno ploskev zmanjševanje učinka torne sile na površino orodja. V takšnih razmerah je temperaturno polje bistveno nižje, nastala zaščitna plast pa dodatno zavira difuzijske procese med orodjem in odrezkom. Nastale razmere so odvisne od obdelovalnih pogojev in še prav posebno od rezalne hitrosti.
- Nekovinski vključki v jeklih za avtomate zaradi svoje narave nimajo abrazivnega značaja ter s tem ne povzročajo močnejših poškodb na orodju (obraba orodja) ali obdelovancu (hrapavost obdelovanca).

3. STRUKTURNA ANALIZA JEKEL ZA AVTOMATE

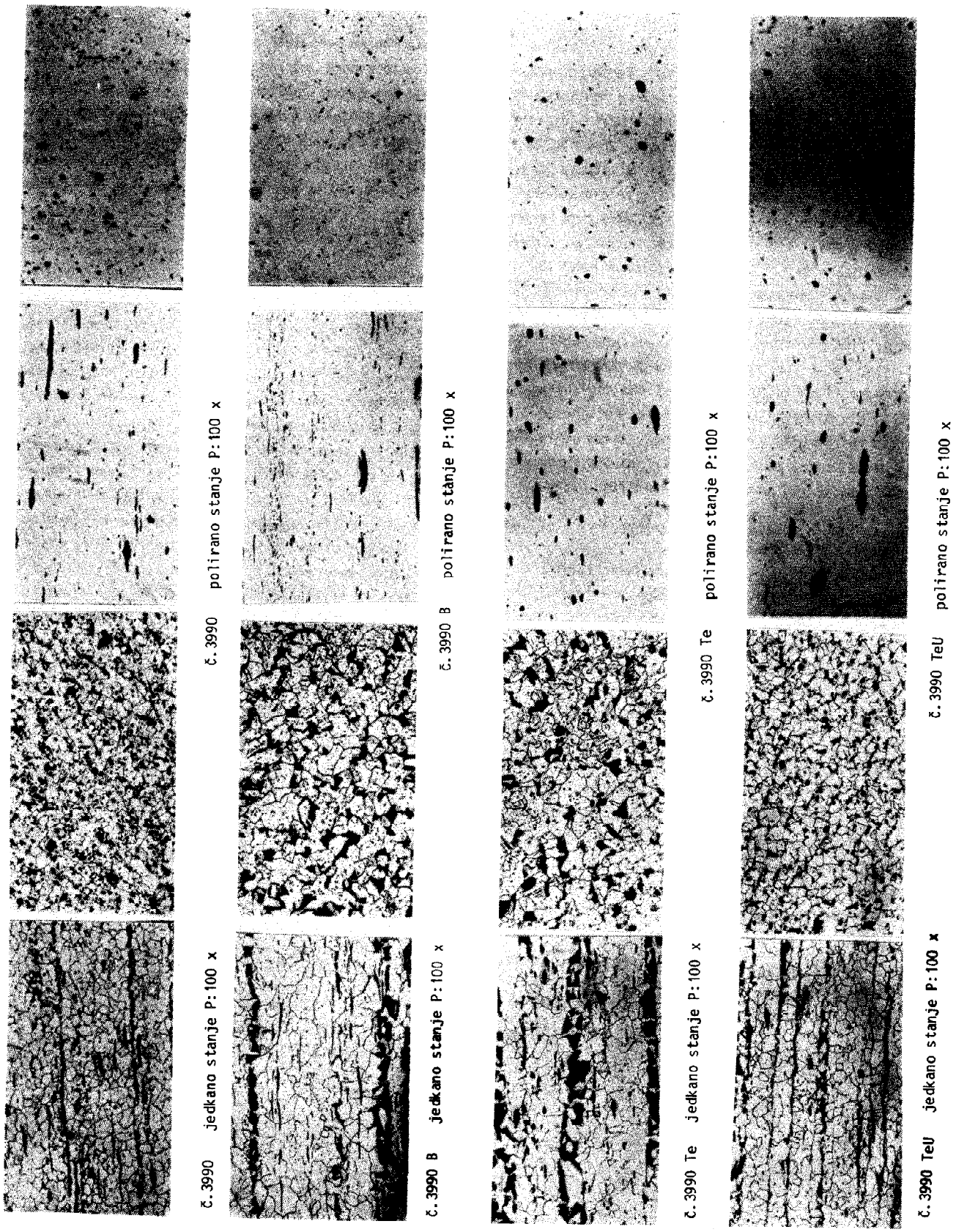
V razpravi želimo prikazati nekatere vplive žvepla in telurja ali bora na obdelovalnost jekla za avtomate. V tabeli 1 so zbrane kemične sestave in mehanske lastnosti jekel z visokim indeksom obdelovalnosti Č.3990 z 0,30 % žvepla in jekli z isto osnovo le, da imata dodano 0,005 % bora - Č.3990 B, oziroma 0,017 % telurja - Č.3990 Te. Zadnje jeklo Č.3990 TeU je jeklo, ki je bilo dodatno utrjeno s hladno deformacijo. Mehanske lastnosti za vsa jekla so v skladu s pričakovanji.

Analiza mikrostrukture

Ako pogledamo posnetke mikrostruktur v vzdolžni in prečni smeri vzorca (slika 1) lahko ugotovimo rahlo trakasta in poligonalna kristalna zrna ferita in perlita. Te preobrazbe nastajajo po ohlajanju s temperature valjanja,

OZNAKA JEKLA ZA AVTOMATE JEKLO Z VISOKIM INDEKSOM OBDELOVAL.	C %	Mn %	Si %	P %	S %	Pb %	B %	Te %	σ_M N/mm^2	σ_T N/mm^2	δ_5 %	HB daN/mm^2
Č.3990	0,10	1,05	0,06	0,09	0,30	-	-	-	500	310	19	155
Č.3990 Te	0,11	1,12	0,02	0,066	0,284	-	-	0,021	477	285	17	175
Č.3990 TeU	0,11	1,12	0,02	0,066	0,284	-	-	0,021	572	15	250	
Č.3990 B	0,10	1,04	0,09	0,082	0,276	-	0,005	-	515	292	26,3	113

Tabela 1 Kemijska sestava in mehanske lastnosti jekel za avtomate



Slika 1: Porazdelitev perlitno:feritne osnove v jedkanem stanju in porazdelitev vključkov v poliranem stanju

saj opazimo v trakasti strukturi zvezne in polzvezne sloje perlita, ki so ločeni s feritom. Vzroki za takšno porazdelitev feritno perlitnih kristalnih zrn lahko iščemo v plastičnosti ferita in v transformaciji avstenita v perlit potem, ko smo s plastično deformacijo že zaključili. To pomeni, da je temperatura začetka in zaključka valjanja ter stopnja redukcije zelo pomemben podatek pri študiju mikrostruktur. Vključki manganovega sulfida so vidni v slojih ferita, kar potrjuje primarna kristalizacija v obliki globuidov. Izreden pomen na obliko vključkov manganovega sulfida ima površinska napetost med fazami v trenutku nastajanja. Vključki manganovega sulfida predstavljajo tudi sekundarne centre za kristalizacijo ferita. Zelo pomembna je površinska napetost med feritom in sulfidnimi ali oksidno-sulfidnimi vključki, ki vpliva na spremembo oblike le teh med plastično deformacijo v toplem stanju. Želen je takšen odnos, da ne vpliva na plastično deformacijo manganovega sulfida, temveč le na feritno-perlitno osnovo.

Trdota strukturne osnove matice in nekovinskih vključkov

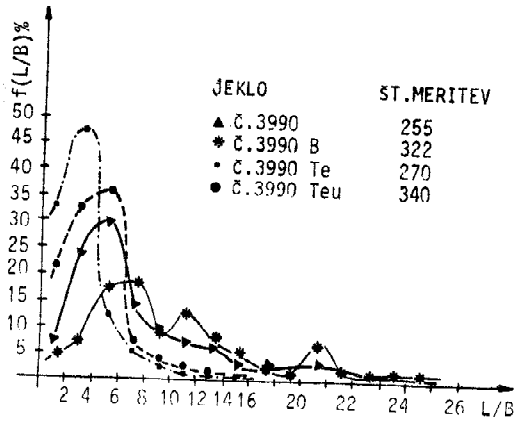
Zelo pomembno analizo sta opravila avtorja (Gove, Charles /1/, ki sta ugotavljala trdoto posameznih faz v jeklu kot so avstenit, ferit, perlit, cementit in različne nekovinske vključke. Ta razprava nakazuje predvsem možnost preoblikovanja posameznih faz oziroma zmožnost preoblikovanja nekovinskih vključkov pri povišanih temperaturah. To so ugotavljali s pomočjo mikrotrdote pri povišanih temperaturah. Na ta način dobljena spoznanja so bila zelo pomembna posebno za jekla za avtomate, saj vpliva v veliki meri na obdelovalnost le-teh prav oblika nekovinskih vključkov. Trdota perlita je večja od ferita, toda razlike v trdoti med njima se z naraščajočo temperaturo zmanjšuje, dokler ne doseže skoraj enake vrednosti pri temperaturi okoli 750°C. Še pomembneje je, če v analizo vključimo vključke manganovega sulfita. Pri tem se izkaže, da je pri 700°C lahko trdota manganovega sulfida pod določenimi pogoji večja od trdote osnove (matice). Zelo pomemben vpliv na takšno stanje ima majhna količina kisika, ki ustvari oksidno-sulfidne vključke z večjo trdoto pri temperaturi preoblikovanja v vročem stanju. Zanimivo je, da je trdota kompleksnih oksidno-sulfidnih vključkov npr. MnO in MnS skoraj tako visoka kot trdota sekundarnega cementita/1/.

Telur in selen sta bila najprej poznana kot dodatka v nerjavnih jeklih, ki so bila namenjena za delo na avtomatih. Prav tako pa sta se pozneje uveljavila, kot dodatka tudi v splošnih konstrukcijskih jeklih za avtomate in sicer v povezavi z žveplom. Dodajata se po razžvepljanju jekel v koncentraciji do 0,07 % pri navadnih, dočim v nerjavnih jeklih celo do 0,30 %. Če se omejimo predvsem na telur lahko ugotovimo, da z žveplom tvorijo kompleksne nekovinske vključke Mn (S, Te) /2, 3/. Nastali vključki so večji in manj številni pri enaki koncentraciji ter po toplem preoblikovanju zadržujejo globoidno obliko. Takšno stanje in oblika nekovinskih vključkov pa močno poboljša obdelovalnost obravnavanih jekel. Učinek bora naj bi bil podoben saj ustvarja borov oksid, ki se prav tako zadržuje v bližini sulfidnih vključkov. Temperatura tališča borovega oksida je zelo nizka in složno z manganovim sulfidom učinkuje tako na formiranje strižne cone kakor pri nalepljanju osnovnega materiala na cepilno ploskev orodja. Poleg tega pa bor učinkuje ugodno na tvorbo finozrnate osnovne strukture v fazi pridobivanja jekla. Znano je namreč, da je fina struktura trdnostno boljša in ima tudi večjo žilavost.

V tabeli 2 so zbrani podatki o analizi mikrostrukture pred in po plastični deformaciji po ASTM-u, ter ocena trakavosti in indeks sulfidnih vključkov po internem standardu železarne. Predvsem bi posebej izpostavili indeks sulfidnih vključkov, ki je pri zadnjih dveh jeklih bistveno ugodnejši in močno vpliva na obdelovalnost.

OZNAKA JEKLA ZA AVTOMATE		VELIKOST PRIMARNEGA ZRNA PO ASTM		VELIKOST SEK. ZRNA PO ASTM	OCENA TRAKAVOSTI	INDEKS SULF. VKLJ.
		Po Mc Qvaid-Ehn	Oksidac. metoda		Po int.št.Ž.J.	Po int.št. Ž.J.
JEKLA Z VISOKIM INDEKSOM OBDELOVALNOSTI	Č.3990	7 ... 8	7 ... 8	6	3	5 ... 6
	Č.3990B	7 ... 8	7 ... 8	5 ... 6	3	5 ... 6
	Č.3990Te	7 ... 8	7 ... 8	6 ... 5	3	8
	Č.3990TeU	7 ... 8	7 ... 8	7 ... 8	4	7 ... 8

Tabela 2 Mikrostrukturna analiza jekel za avtomate



Sl.2 Karakteristično razmerje dolžina/debelini (L/B) vključkov manganovega sulfida (MnS) v jeklih za avtomate

Velikost in obliko sulfidnih vključkov lahko ocenimo iz slike 2, tako v vzdolžni kakor tudi v prečni smeri. Z merjenjem dolžine in premera vključkov smo ugotovili razmerje L/B in izračunali njihovo porazdelitev. Najugodnejše razmerje, daje jeklo legirano s telurjem, saj je kar 80 % vseh vključkov uvrščenih v razred z razmerjem L/B med 0 - 2 oziroma 2 - 4. To razmerje se nekoliko pokvari po plastični deformaciji v hladnem stanju a še vedno predstavlja 54 % vseh analiziranih vključkov v omenjenih razredih. Pri ostalih dveh jeklih pa se ta delež spusti pod 30 %. Zanimivo je, da se pri jeklu, ki je legirano z borom pogostost vključkov v razredih premakne med L/B = 4 do 8 in z bistveno manjšo verjetnostjo. Zelo neugodna porazdelitev razmerja L/B za jeklo Č.3990 B, pa še ne odloča o tem kakšna bo njegova obdelovalnost. Končno oceno lahko predvidevamo šele potem ko dodamo še vrsto in lastnosti nekovinskih vključkov.

V splošnem bi lahko zaključili, da smo analizirali vpliv žvepla in določenih modifikatorjev na razmere v obdelovalnem procesu struženja. Da dobimo zadovoljiv mazalni učinek pri odrezavanju je potrebno da vsebuje jeklo vsaj 1 % MnS. Takšna volumska koncentracija po trditvi (Joseph, Tipnis) /3/ zagotavlja, da bo obraba na rezalnem orodju bistveno manjša. Na cepilni ploskvi nastane na ta način lahko učinkovita zaščitna plast MnS. Obenem pa je ohranjena zadovoljiva krhkost v strižni coni pri nastajanju odrezka. Ugotovitev velja predvsem za takšne obdelovalne režime, ki povzročajo na rezalnem robu nižje temperature od 750°C.

Vplivi dezoksidacijskih sredstev

Vplivu različnih dodatkov se pridružujejo tudi različna dezoksidacijska sredstva. Ta so: Al, Ca, AlSi, TeSi, TeSi+Al, Si-Al ipd. Njihov vpliv na lastnosti jekla predvsem na njihovo obdelovalnost je obdelan v razpravah /3, 6, 5, 7/.

S kalcijem obdelano jeklo močno zmanjša količino manganovega sulfida, izginejo pa tudi sledi značilnih grozdastih vključkov aluminijevega oksida in silikatov. Ostali vključki korunda preidejo v vključke kalcijevega aluminata z nizkim tališčem. Ti vključki pa se zadržujejo na cepilni ploskvi rezalnega orodja in zadržujejo difuzijske procese med odrezkom in orodjem ter preprečujejo obrabo orodja. Kljub naštetim prednostim se pojavi težava pri odrezavanju, ker so nastali odrezki predolgi. Zaradi tega dodajamo takim jeklom za izboljšanje oblike odrezkov še žveplo in svinec. V razpravi /5/ je navedeno, da je zaradi složnih vplivov kalcija in žvepla obdelovalnst tudi za faktor 3 - 4 krat večja, kakor v primeru če jeklo dezoksidiramo z aluminijem.

Že iz navedenih podatkov lahko sklepamo, da bodo jekla za avtomate, ki so legirana z žveplom še vedno aktualna in dokazujejo možnost poboljšanja njihovih obdelovalnih lastnosti le v smeri izbire primernejšega dezoksidacijskega sredstva.

4. ANALIZA OBDELOVALNOSTI

Za izvedbo preizkusov s struženjem smo izbrali orodje, ki ga zasledimo najpogosteje v naših proizvodnih obratih; to je karbidna trdina domačega proizvajalca SINTAL-a iz Zagreba z oznako SPUN - SV 08 in kvalitete P10. Geometrijo orodja in pogoje rezanja pa smo določili na osnovi predhodnih raziskav opravljenih v laboratorijih LAKOS-a in LATEMA-a na Fakulteti za strojništvo /8, 9, 10/.

Geometrija orodja

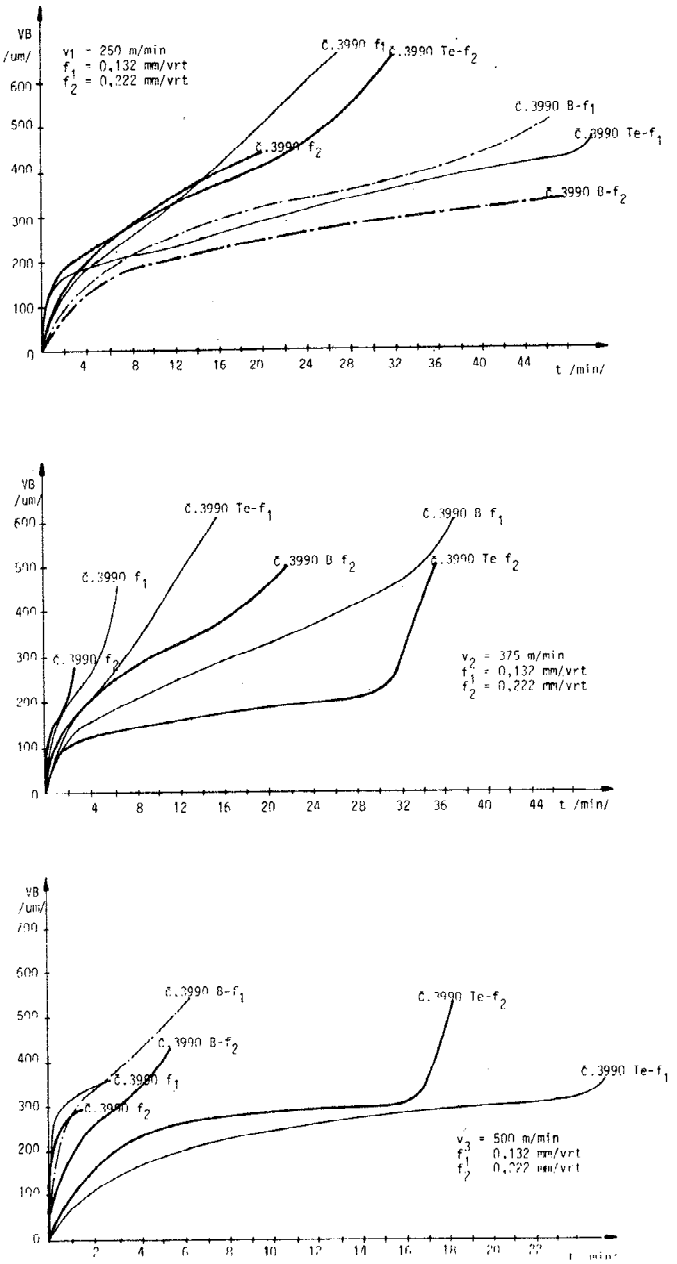
α	γ	λ	$\varkappa$	ε	r
5^0	6^0	0^0	75^0	90^0	0,8 mm

Pogoji rezanja:

rezalne hitrosti: v_1 = 250 m/min; v_2 = 375 m/min; v_3 = 500 m/min
podajanja: f_1 = 0,132 mm/vrt; f_2= 0,222 mm/vrt
globina rezanja: a = 2,0 mm

Analiza obrabe na cepilni ploskvi

Slike 3a, b, c kažejo naraščanje obrabe na prosti ploskvi VB (t). To pogostokrat predstavlja osnovni kriterij



Sl. 3 Primerjave časovnega poteka obrabe na prosti ploskvi za hitrosti v_1, v_2, v_3 in podajanja f_1 in f_2; globina rezanja a

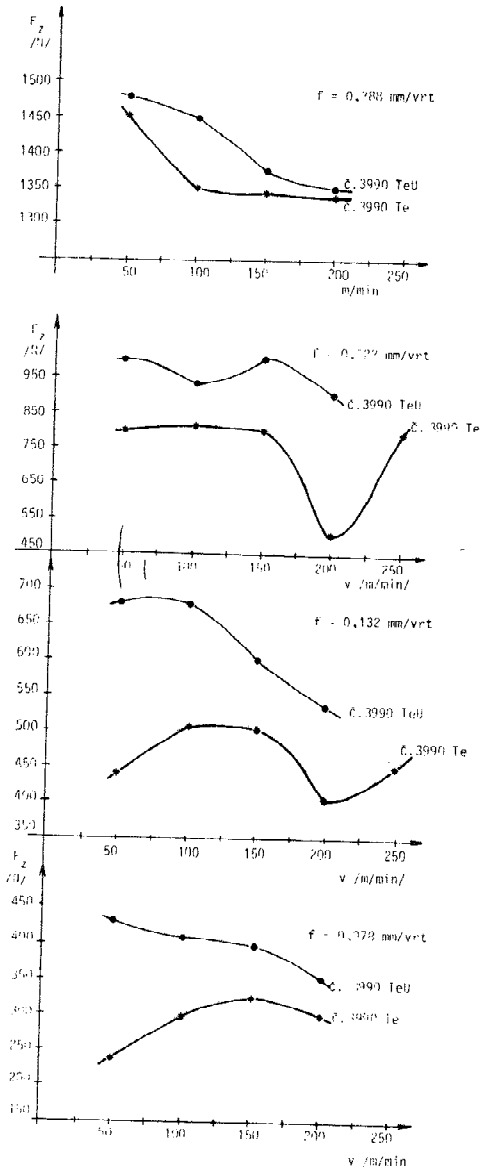
obratovalne dobe orodja oziroma kriterij zamenjave orodja. Obratovalna doba orodja je odvisna od obdelovalnih pogojev, vrste in količine legirnih elementov (značilnih dodatkov) porazdelitve, vrste, oblike in velikosti nekovinskih vključkov. V našem primeru lahko primerjamo obratovalno dobo pri vseh obdelovalnih režimih in jeklih Č.3990, Č.3990 B in Č.3990 Te. Pri rezalni hitrosti v_1 = 250 m/min in podajanju f_1 = 0,132 mm/vrt je obratovalna doba orodja približno enaka za jekli s telurjem in borom (Č.3990 Te in Č.3990 B). Nekoliko večje odstopanje pa zasledimo pri jeklu Č.3990. Ocenimo lahko, da je jeklo dodatno legirano z žveplom in telurjem ali borom ugodnejše za obdelavo kakor pa jeklo, ki mu dodajamo samo žveplo. Vzrok je le v ugodnejši obliki kompleksnih nekovinskih vključkov Mn (S, Te). Zanimivo pri tem je, da dosežemo pri jeklu, ki vsebuje žveplo in bor zelo podobne rezultate. Vzrok lahko iščemo le v kompleksih B_2O_3 in MnS vključkih, ki so zelo mehki ob cepilni ploskvi orodja. Iz slike je tudi razvidno, da je obratovalna doba ugodnejša pri večjem podajanju f_2 = 0,222 mm/vrt, kar da slutiti o spremembi učinka kompleksnih oksidno-sulfidnih vključkov. Predvidevamo, da prihaja pri večjem podajanju do debelejšega nanosa teh vključkov na cepilno ploskev, ko se je zadosti omehčal in so ga brazde na orodju tudi sprejele in zadržale. Le ta se sprotno nalaga oziroma z obrazijo tudi odnaša ali pa s pritiski iztiska iz kotanje na cepilni ploskvi. To je tudi vzrok da zelo težko opazimo debelejše nanose kompleksnih vključkov. Pri večjih hitrostih pa se ta učinek še stopnjuje, saj so sile večje in izstisnejo večji del tako učinkovitega plastičnega medija.

Ugotovitve, ki so znane tudi z literature /11/ navajajo, da je učinek sulfidov najprimernejši pri rezalnih hitrostih med 150 ... 180 m/min, nato pa ta učinek pada.

V ta namen smo opravili kratkotrajni preizkus o obdelovalnosti - vpliv rezalnih sil pri različnih obdelovalnih pogojih rezanja:

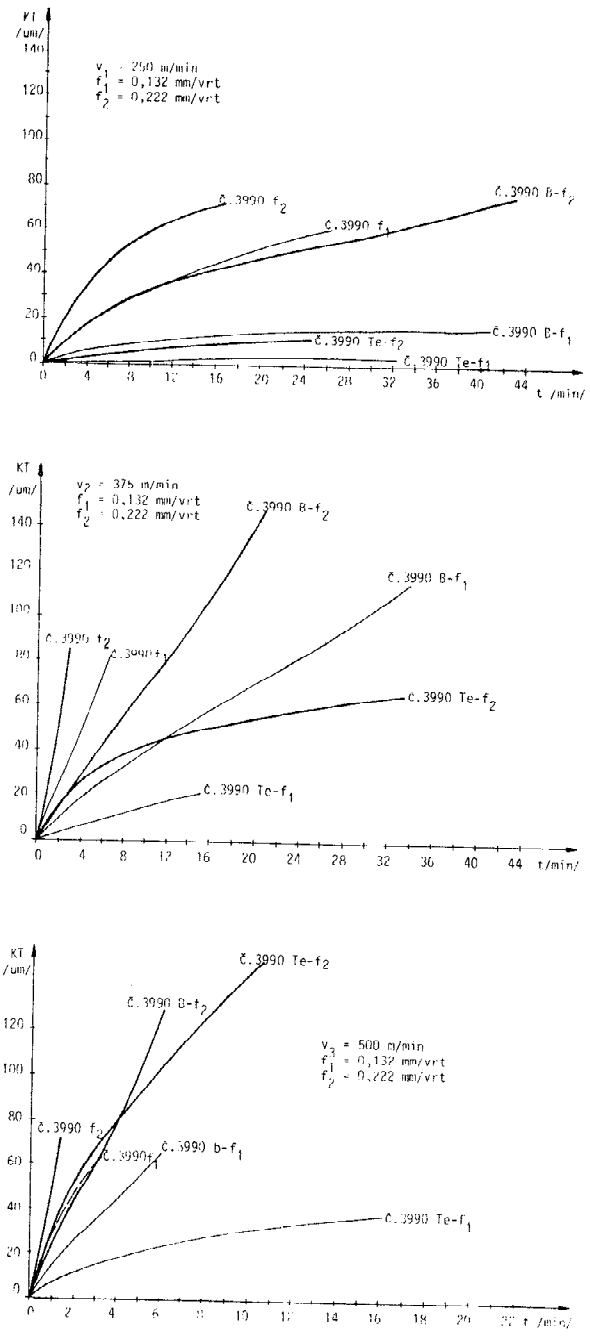
hitrost rezanja: v = 50; 100; 150; 200 m/min
podajanje: f = 0,078; 0,132; 0,222; 0,388 mm/vrt
globina rezanja: a = 2,0 mm

Rezultati teh raziskav so prikazani na sliki 4 in potrjujejo ugotovitev o primerni rezalni hitrosti na ustvarjanje zaščitne plasti na cepilni ploskvi orodja. Enako bi lahko potrdili tudi pri obdelavi jekla Č.3990 ki je legirano z žveplom, kjer pri hitrosti v_1 = 250 m/ min in obeh podajanjih na krivulji časovnega naraščanja obrabe na prosti ploskvi ne zasledimo stacionarnega dela. To pomeni, da je zgornja meja rezalne hitrosti tista hitrost, ki s pomočjo zaščitne plasti še omogoča nastanek stacionarnosti v obrabi orodja in je manjša od 250 m/min. Vendar se pri tem pojavi vprašanje zakaj pa nastane pri krivulji obrabe stacionarni del pri jeklih, ki so legirana s telurjem ali borom. Jeklo Č.3990 Te vsebuje kompleksne sulfide in teluride mangana, ki so trdnejši in manj plastični pri istih obratovalnih po-



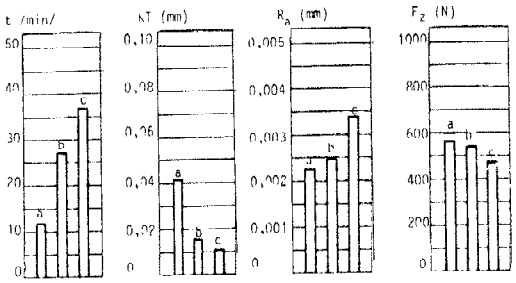
Sl. 4 Vpliv rezalne hitrosti na spremembo glavne rezalne sile za jekli Č.3990 TeU in Č.3990 Te

pogojih kot v primeru če gre za čiste sulfide. To domnevo potrjujejo karakteristike spremembe globine kotanje na cepilni ploskvi, ki so prikazane na sliki 5. Globina kotanje na cepilni ploskvi KT je pri obdelavi z največjo rezalno hitrostjo v_3 = 500 m/min najmanjša pri obdelavi jekel legiranih z žveplom in telurjem, dočim je pri srednji hitrosti v_2 = 375 m/min največja globina kotanje pri obdelavi jekla Č.3990 B ter pri najmanjši hitrosti v_1 = 250 m/min pa jeklo legiramo samo z žveplom. Natančnejše informacije o obratovalnih razmerah lahko dobimo iz slike 6, ki prikazuje odvisnost

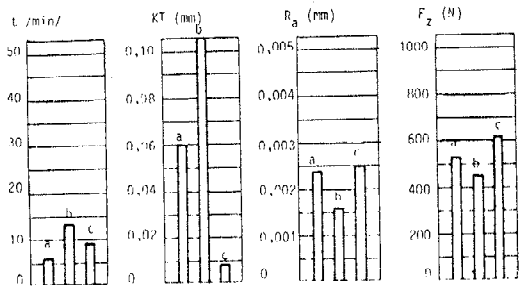


Sl.5 Potek naraščanja globine kotanje na cepilni ploskvi KT (t) pri obdelavi jekel za avtomate pri posameznih obdelovalnih pogojih

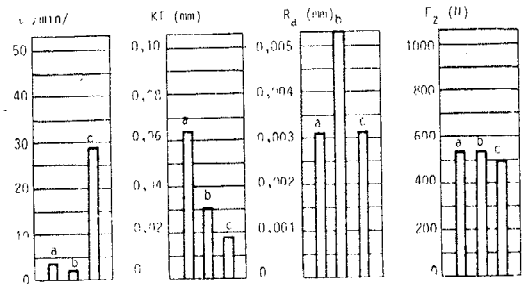
obratovalne dobe orodja t /min/, globine kotanje na nastali cepilni ploskvi KT /mm/, hrapavost površine obdelovanca R_a /um/ in velikosti glavne rezalne sile,



Obdelovalni pogoji: v_1 = 250 m/min
f_1 = 0,132 mm/vrt
a = 2,0 mm



Obdelovalni pogoji: v_2 = 375 m/min
f_1 = 0,132 mm/vrt
a = 2,0 mm



Obdelovalni pogoji: v_3 = 500 m/min
f_1 = 0,132 mm/vrt
a = 2,0 mm

Sl.6 Obratovalna doba t, globina kotanje KT na cepilni ploskvi, hrapavost površine R_a in velikost glavne rezalne sile F_z pri obrabi na prosti ploskvi VB = 0,35 mm

Material obdelovanca: a - Č.3990;
b - Č.3990 B;
c - Č.3990 Te

pri konstantni obrabi na prosti ploskvi VB = 0,35 mm.

Kot posebnost lahko navedemo podatke pri hitrosti rezanja v_1 = 250 m/min in v_3 = 500 m/min in najmanjšem podajanju f_1 = 0,132 mm/vrt.
Pri hitrosti v_1 in enaki obrabi na prosti ploskvi VB = 0,35 mm smo dosegli 3 x daljšo (37 min/12 min) obratovalno dobo, 4 x plitkejšo kotanjo (11 um/42 um) ter 20 % manjšo glavno rezalno silo pri obdelavi jekla Č.3990 Te legirano z žveplom in telurjem kot pri jeklu Č.3990, legirano samo z žveplom.

Pri rezalni hitrosti v_3 in enaki obrabi na prosti ploskvi VB = 0,35 mm pa smo dosegli v skoraj enaki obratovalni dobi le rahlo povečanje globine kotanje na 18 um in enako velikost glavne rezalne sile.

Močna odstopanja v globini kotanje KT pogojujejo različne vrste nekovinskih vključkov, ki se nanašajo v globino kotanje in jo ščitijo pred abrazijo ali difuzijo.

5. SKLEPI

Iz analize rezultatov raziskav lahko povzamemo naslednje:

- Obraba na prosti ploskvi rezalnega robu ne daje realne slike o stanju orodja. Obraba na prosti ploskvi in globina kotanje ne narašča sorazmerno. Zato je jasno, da se pogostokrat pojavlja vprašanje o primernosti kriterija obrabe na prosti ploskvi;

- Na velikost in obliko kotanje močno vpliva poleg žvepla še dodatek telurja in bora;

- Na obdelovalnost jekla v veliki meri vpliva poleg kemijske sestave še mikrostruktura jekel. Izrazit vpliv ima jeklo z dodatkom žvepla pri manjših rezalnih hitrostih od 150 m/min, nato sledi jeklo z dodatkom žvepla in bora do rezalne hitrosti 300 m/min ter nazadnje jeklo legirano z žveplom in telurjem pri večjih rezalnih hitrostih. Žveplo tvori z manganom kemijsko spojino manganov sulfid, ki zmanjšuje koeficient trenja, če je le-ta nalepljen v kotanji na rezalnem robu. Pri večjih rezalnih hitrostih pa njegovo vlogo prevzamejo bolj kompleksne spojine kot sta Mn (S, Te) ali B_2O_3 - MnS.

  Vse omenjene spojine zmanjšujejo temperaturno polje na rezalnem robu in se nalepljajo v kotanjo s čimer zavirajo difuzijske procese med odrezkom in orodjem;

- Razmerje med dolžino in širino vključkov manganovega sulfida je zelo pomembno. Najugodnejša oblika je tista, pri kateri je razmerje dolžina proti debelini L/B = 1 ... 3, nato obdelovalnost močneje pada. Tem zahtevam zadošča predvsem jeklo, ki je legirano z žveplom in telurjem Č.3990 Te, dočim se s hladnim preoblikovanjem vključki nekoliko podaljšajo in s tem znižajo obdelovalnost. Najugodnejša porazdelitev vključkov manganovega sulfida pa predstavlja jeklo, ki je legirano z žveplom in borom Č.3990 B.

Obdelovalnost je lahko zaradi oblikovne primernosti tudi do 40 % boljša.

- Obraba na prosti in cepilni ploskvi je najugodnejša pri obdelavi jekla č.3990 Te, temu tesno sledi jeklo č.3990 B in nazadnje z močnim zaostankom jeklo č.3990.

- Rezalne sile so najmanjše pri obdelavi jekla č.3990 Te, zelo blizu pa je jeklo č.3990 B, nekoliko večje odstopanje pa se pojavi pri jeklu, ki je legirano samo z žveplom, tj. č.3990. Največji vpliv opazimo v vseh primerih med glavno in podajalno silo. Razmerja so v skladu z dosedanjimi našimi raziskavami oziroma tudi v skladu s podatki, ki jih lahko dobimo iz tuje literature. Opazna je močnejša razlika in večja absolutna vrednost pri najmanjši rezalni hitrosti in obeh podajanjih v primerjavi z večjimi hitrostmi. Tolmačenje je v omehčanju materiala zaradi oteženih obdelovalnih pogojev pri katerih se kratkotrajno razvije zaradi trenja tako visoko toploto, da zmanjša rezalne sile. Njihovo razmerje pa kljub temu ostane nespremenjeno. Takšno rezanje pa lahko povzroča težave, ki konvergirajo k skrajšanju obratovalne dobe orodja.

- Hrapavost površine v splošnem z naraščajočo obrabo rezalnega robu narašča in je v splošnem zelo ugodna pri jeklu č.3990, temu sledi z nekoliko povečano hrapavostjo č.3990 Te in č.3990 B.

6. LITERATURA

1. Gove K.B., Charles J.A.: The High - Temperature Hardness of Various Phases in Steel, Metals Technology, Juni 1974, 279 - 283.

2. Smith T.B., Clayton D.B.: Distribution of Tellurium in Free Cutting Steels, Nature, vol. 198, 1963, 380 - 391.

3. Joseph R.A., Tipnis V.A.: The Influence of Non- - Metallic Inclusion on the Machinability of Free- - Machining Steels, America Society for Metals, No. 7, 1975, 55 - 71.

4. Kiessling R.Hassler B., Westman C.: Selenide Sulfide Inclusions and Synthetic Compounds of (Mn, Se) (Se, S) Type I. Iron and Steel Inst., vol. 205, 1967, 531 - 534.

5. - : Japanese Free - Cutting Steels for Structural Machine Parts - Statt Report, Metal Progress, junij 1972, 87 - 92.

6. Dahl W. Hengstenberg H., Düren C.: Conditions of Formation of the Various Types of Sulfide Inclusions, Stahl und Eisen, vol. 86, No.13, 1966, 782 - 795.

7. Tosaka K. Akasewa T., Kuroiwa K.: Efekt of Oxides and Sulfides on the Machinability of Steels, American Society for Metals, No.7, 1975, 130 - 142.

8. Leskovar, P.: Investigations of the Cutting Edge on Cemented Carbide Tools, Annals of the CIRP, vol. 25, 1976, 11 - 113.

9. Leskovar P., Grum J., Ferlan D.: Influence of Sulphur and Lead on Wear Process at Free Cuting steels, Strojniški vestnik, Vol. 27, no. 1 - 3, 1981.

10. Leskovar P., Grum J.: Characteristics of the Wear Process in the Cutting of Free Cutting Steels, Int. J. Prod. Res., vol. 21, no. 5., 1983, 691 - 712.

J.Grum, P.Leskovar

THE EFFECTS OF BORON AND TELLURIUM ON THE MACHINABILITY OF FREE-CUTTING STEELS

Abstract

Presented in the paper are several interesting details from the research of machinability of free-cutting steels alloyed with sulphur and/or tellurium and boron.All these steels are classified as free-cutting steels with a high degree of machinability.In the investigations performed so far it was clearly demonstrated that the wear criterion on the relief face offers insufficient information as to the tool life. Characteristic dimensions of the crater on the cutting face show that at equal wear on the relief face tool life may easily be very different.The investigations were evaluated by a special topographic method, which gives a more complete insight into the wear processes on the tool.Special attention was devoted to the analysis of machinability at various degrees of cold deformation.The wear processes were monitored in terms of cutting time at various cutting speeds v = 50 - 500m/min, with feed varying from 0,078 to 0,388mm/rev at constant depth of cut of a=2mm.The results of the research show that the alloying elements have considerable influence upon both the formation of chips, and the dimensions and shape of wear on the.
The results are edited so as to be of practical use for both the manufacturers and users of these steels.

XIX SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE

Kragujevac, septembar 1985.

NEKA RAZMATRANJA U VEZI SA DOBIJANJEM POVOLJNIH OBLIKA STRUGOTINE PRI OBRADI REZANJEM

D. Milikić, Fakultet tehničkih nauka, Naučno-obrazovni institut za proizvodno mašinstvo, Novi Sad
P. Kovač, Fakultet tehničkih nauka, Naučno-obrazovni institut za proizvodno mašinstvo, Novi Sad
M. Gostimirović, Fakultet tehničkih nauka, Naučno-obrazovni institut za proizvodno mašinsvo, Novi Sad

REZIME

U radu se daje prilog odredjivanju povoljnih oblika strugotine pri obradi sa pločicama od TM, koje se koriste na NU mašinama. Na osnovu izvršene analize oblika grudne površine pločice od tvrdog metala na postojanost i oblik nastale strugotine, izabrane su dve pločice, jedna domaćeg, a druga stranog proizvodjača. Za ove izabrane pločice izvršena su eksperimentalna ispitivanja nastalog oblika strugotine u zavisnosti od režima rezanja i habanja alata, sa odredjivanjem postojanosti pločica.

1. UVOD

Sve veći stepen automatizacije pri obradi rezanjem izbacio je u prvi plan neke probleme čije rešavanje ne trpi nikakvo odlaganje, jer bi u protivnom pozitivan trend takve automatizacije mogao biti ozbiljno usporen ili čak i zaustavljen. Jedan od tih problema koji ima poseban značaj je oblik strugotine, koja nastaje pri obradi.
Postalo je sasvim jasno da se kod poluautomatskih, automatskih, a pogotovo NU mašina alatki mora obezbediti da strugotina, koja nastaje pri obradi bude kratka, kako bi se mogla lako odvoditi sa mašine, obzirom da kod automatske proizvodnje nije moguće manuelno odstranjivanje strugotine.
Struganje, a donekle i bušenje, je postupak obrade kod koga ovaj uslov nije nimalo lako ispuniti, pogotovo pri obradi žilavih materijala kakve su neke vrste čelika. Duga-trakasta strugotina pri struganju može da izazove čitav niz problema u procesu obrade od kojih navodimo sledeće:
- smeta pri rukovanju i posluživanju na mašini,
- ometa kontinualno odvijanje procesa, obzirom da se mašina često mora zaustaviti da bi se odstranila nastala strugotina,
- oštećuje rezni alat, posebno kod automata sa malim radnim prostorom,
- oštećuje površinu obradka i
- povećava opasnost od povrede (strugotina je u 35% slučajeva uzrok povrede radnika na strugovima).

2. PARAMETRI KOJI UTIČU NA OBLIK STRUGOTINE

Kakva će strugotina nastati pri obradi zavisi od niza faktora, od kojih su najvažniji:
- materijal obradka,
- elementi režima rezanja i
- geometrija alata.

Poznato je da se sklonost ka lomljenju strugotine povećava smanjenjem grudnog ugla, povećanjem pomaka i smanjenjem brzine rezanja. Medjutim, svi ovi uslovi se ne mogu uvek podesiti da se ostvari istovremeno pouzdano lomljenje strugotine i ekonomična obrada. Naime, u modernoj proizvodnji se teži ka skraćenju vremena obrade i povećanju proizvodnosti, a to se može postići samo sa velikim brzinama rezanja pri kojima se obrazuje traka sta strugotina. Zbog toga je potrebno na neki drugi način obezbediti lomljenje strugotine pri svim vrednostima brzine rezanja.

3. MOGUĆNOSTI OBLIKOVANJA STRUGOTINE PRI STRUGANJU

Postoji više načina na koje se može ostvariti plansko lomljenje strugotine pri struganju od kojih navodimo sledeće:
- primenom reznog alata sa brušenim stepenastim lomačima, izmenljivim reznim pločicama sa usinterovanim lomačima i podešljivim lomačima u vidu pločica,
- oscilovanjem reznog alata,
- prethodnom izradom uzdužnih žljebova na obradku,
- hladnom deformacijom površinskog sloja obradka,
- utiskivanjem žljebova na površini obradka pomoću nazubljene rolnice,
- promenom hemijskog sastava materijala obradka legiranjem odredjenim elementima,
- izradom žljebova na površini obradka pomoću lasera,
- primenom reznog alata sa oscilirajućim lomačem strugotine,
- primenom alata sa rotirajućim kružnim reznim pločicama sa prekidnim sečivom,
- pomoću mlaza sredstva za hladjenje i podmazivanje koje se pod visokim pritiskom dovodi kroz alat i
- kombinovanjem postupka obrade struganjem i glodanjem (na nem. Drehfräsen)

Delotvornost navedenih načina, kao i njihove prednosti i nedostaci ispituju se eksperimentalnim putem. Pri tome je konstatovano da kod većine kod njih izmedju ostalog dolazi do znatnog pogoršanja kvaliteta obradjene površine, što predstavlja njihov osnovni nedostatak.

4. OBLIKOVANJE STRUGOTINE PRIMENOM LOMAČA NA GRUDNOJ POVRŠINI REZNOG ALATA

Postupak lomljenja strugotine primenom različitih vrsta lomača na grudnoj površini alata, danas se najviše primenjije u praksi. Kombinovanjem različitih oblika reznih pločica (trouglaste, kvadratne, romboidne), broja i položaja lomača i radijusa vrha, moguće je za svaki slučaj obrade pronaći odgovarajuće rešenje, pogotovo primenom računara.

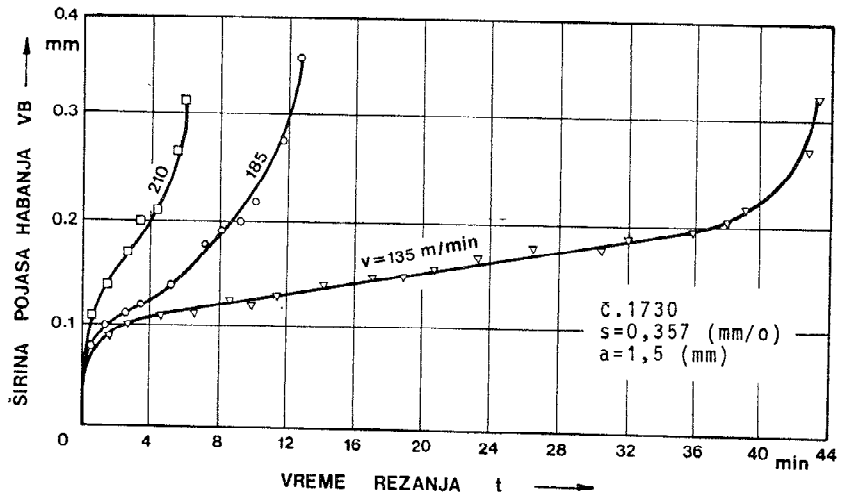
Ovako odabrana pločica pokriva samo jedno uže područje obrade. Nema dakle pločica sa univerzalnim lomačima strugotine, koji se mogu primeniti pri svim zahtevima u okviru obrade jednog komada, već se mora koristiti veliki broj različitih pločica. To dovodi do potrebe čestih izmena reznih pločica ili čitavog alata, što znatno umanjuje ekonomičnost takve obrade.
Zbog napred iznetih nedostataka reznih pločica sa lomačima, opravdano je nastojanje da se u praksu uvedu bolja i racionalnija rešenja. Medju njima svakako je najinteresantniji postupak kojim se kombinuje struganje i glodanje. Osim toga što se pouzdano dobija kratka strugotina (kao kod čistog glodanja), ovaj postupak se odlikuje i znatno većom proizvodnošću u odnosu na klasično struganje i vrlo dobrim kvalitetom obradjene površine.
Kad su u pitanju izmedjljive rezne pločice sa lomačima, onda se može konstatovati da tu ima bezbroj različitih rešenja, koja omogućuju manje ili više efikasno lomljenje strugotine. Medjutim, nije dovoljno povoljnim oblikom grudne površine obezbediti samo lomljenje strugotine, već se mora voditi računa o tome da li takav oblik obezbedjuje i dobru postojanost rezne pločice. Naime, neki lomači strugotine su tako oblikovani da izazivaju povećeanje otpora i temperature pri rezanju, što neminovno dovodi i do većeg habanja takve pločice.
Upravo napred izneti problem bio je povod da se pristupi uporednim ispitivanjima delotvornosti različitih oblika lomača strugotine i njihove postojanosti, od kojih je samo jedan mali deo prikazan u ovom radu.

5. EKSPERIMENTALNA ISPITIVANJA

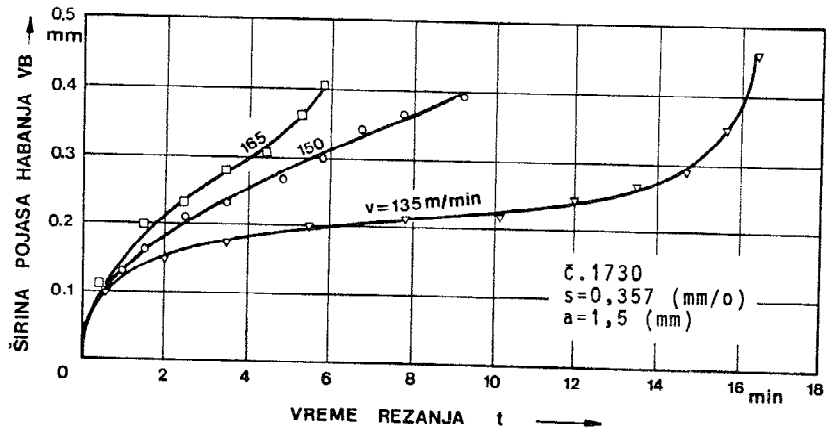
Ispitivanja koja su izvršena su šireg obima a ovde su zbog malog prostora prikazana samo za dve vrste pločica domaćeg i stranog proizvodjača.
Prva vrsta pločica je izmenljiva dvostrana pločica sa talasastom grudnom površinom. Ova pločica nosi oznaku TNMG 160408 ENA, dok je oznaka prema proizvodjaču TNMG 332 ENA. Proizvodjač je japanska firma "SUMITOMO ELECTRIC". Pločica je presvučena titan karbidom, osnova TM P25, a ima oznaku AC 720, u daljem tekstu označena je sa "A".
Druga vrsta pločice je bila sa dvostepenim kanalom na grudnoj površini u svojstvu lomača strugotine. Ova pločica ima oznaku TNMM 160408. Proizvodjač je "SINTAL" iz Zagreba. Ova pločica ima dve presvlake; prva je titan karbid a gornja titan nitrid, oznaka prema proizvodjaču TNC-S , u daljem tekstu označena je sa "B".
Pošto se rešavanje problema lomljenja strugotine praktično ne može posmatrati odvojeno od habanja alata, merena je širina pojasa habanja na ledjnoj površini VB i praćena je promena na grudnoj površini u toku vremena rezanja.

5.1. Uslovi pri eksperimentalnom ispitivanju

Sva eksperimentalna ispitivanja vršena su na čeliku za poboljšanje Č 1730 (oznaka po DIN-u C60, a po GOST-u 60). Materijal je bio u normalizovanom stanju sa zateznom čvrstoćom cca 78 (daN/mm^2) i tvrdoćom cca 215 (daN/mm^2), u obliku komada Ø180x600 (mm).



Sl.1. Krive habanja za pločicu tip A

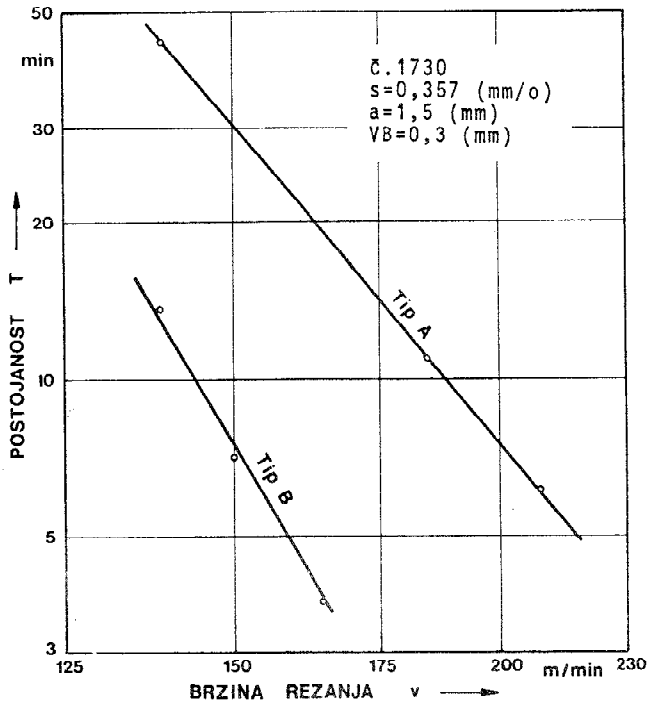


Sl.2. Krive habanja za pločicu tip B

Pri ispitivanju je korišćen strugarski nož za uzdužnu obradu JAL PT 80 NR.2020K-16 sa mehanički prčvršćenom pločicom. Kao rezni materijal su korišćene spomenute dve vrste pločica. Geometrija reznog dela je bila: napadni ugao $\kappa=80^{\circ}$, ledjni ugao $\alpha=6^{\circ}$, ugao nagiba sečiva $\lambda=-6^{\circ}$, poluprečnik zaobljenja vrha r=0,8 (mm). Ispitivanja su izvedena na univerzalnom strugu "POTISJE-MORANDO" PA-22, snage pogonskog elektromotora 11 (kW). Podaci za režime rezanja su dati uz svaki dijagram ili drugi oblik kojim se interpretiraju dobijeni rezultati. U toku ispitivanja nije korišćeno sredstvo za podmazivanje i hladjenje.

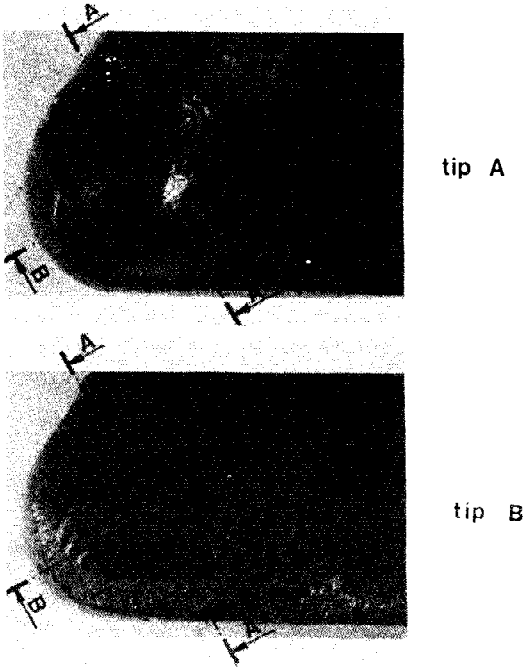
5.2. Odredjivanje veličine i karaktera habanja

U cilju habanja alata sa vremenom, za različite brzine rezanja vršeno je merenje širine pojasa habanja na ledjnoj površini VB. Merenje je vršeno na alatnom mikroskopu sa ukrštenim stolom sa mogućnošću povećanja 10 do 50 puta.
Preporučene vrednosti brzina rezanja od strane proizvodjača su približno iste, ali zbog odstupanja ekonomske brzine za pločicu tip B, usvojene su različite brzine rezanja za pločicu tip A i tip B.
Rezultati merenja habanja dati su na dijagramima sl.1 za pločicu tip A, a za pločicu tip B na sl.2 i predstavljaju krive habanja za date uslove obrade.
Na osnovu kriterijuma zatupljenja VB=0,3 (mm) dobijen je dijagram postojanosti T-v prikazan na sl.3.



Sl.3 T-v dijagram

U cilju utvrdjivanja oblika grudne površine kao i promena koje nastaju u toku obrade na ispitivanim reznim pločicama, vršeno je njeno snimanje na početku u sredini i na kraju perioda rezanja. Ova ispitivanja su izvršena pomoću otisaka. Kao sredstvo za uzimanje otisaka grudne površine pločice korišćen je specijalni dvokomponentni polimer-plastična masa "TEHNOVIT 3040", crne boje koju proizvodi firma "KULZER" iz SR Nemačke.
Uz pomoć prostih pribora, otisci su tako uzimani da se dobiju preseci A-A i B-B kako je to prikazano na sl.4.



Sl.4 Izgled pohabanih grudnih površina reznih pločica sa označenim presecima u kojima je praćen razvoj habanja (povećanje 13X)

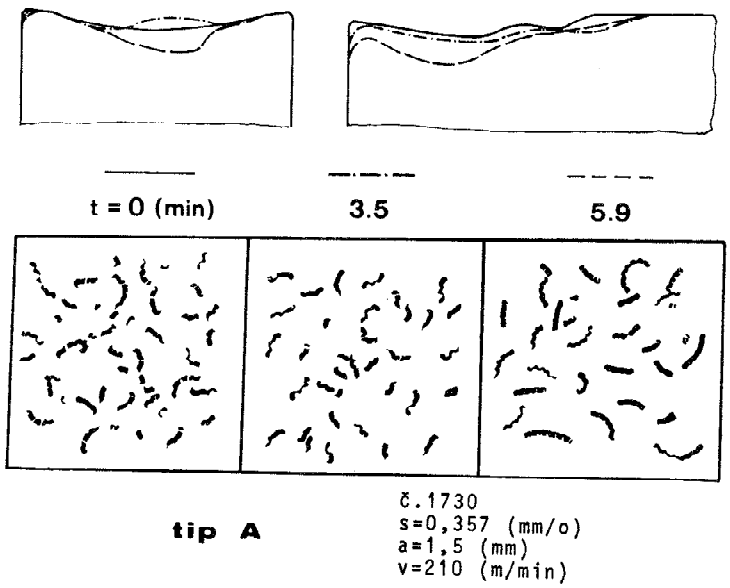
U cilju olakšanja dalje obrade, ovako dobijeni otisci se ulivaju u plastičnu masu koja je znatno svetlije boje, pa se tako stvara dobar kontrast pri posmatranju na mikroskopu. Ovako dobijeni otisci se poliraju i snimaju na mikroskopu.
Koristeći napred opisanu metodologiju vršeno je praćenje razvoja habanja na grudnoj površini za sve tri brzine rezanja koje su korišćene pri snimanju krivih habanja (sl.1 i sl.2). Medjutim, zbog ograničenog prostora ovde se prikazuju samo rezultati koji su dobijeni pri najvećim brzinama rezanja. Da bi se kvalitativno uočile promene na grudnoj površini, napravljene su kumulativne slike razvoja habanja, sl.5. Na slici su još prikazani i oblici strugotine za spomenute brzine u toku vremena rezanja.

5.3. Odredjivanje područja povoljnih oblika strugotine

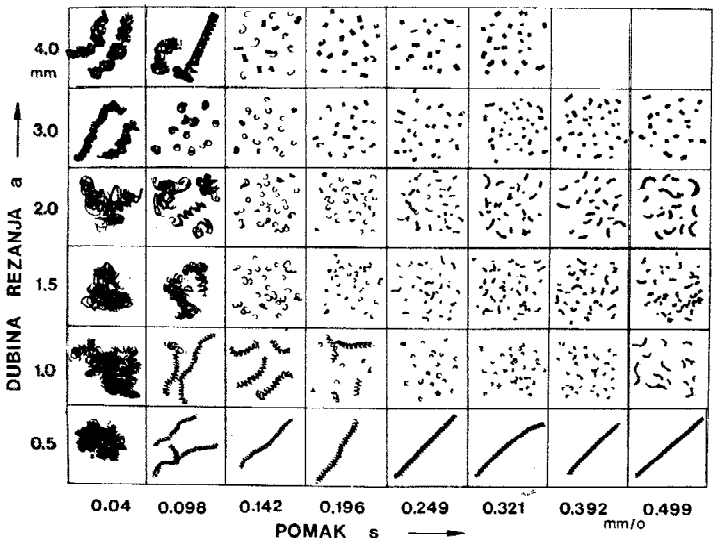
Da bi se ispitao uticaj pomaka i dubine rezanja na oblike strugotine, izvršeno je variranje pomaka u granicama od 0,04 do 0,497 (mm/o) i dubine rezanja 0,5 do 4 (mm). Odabrane granice pomaka i dubine rezanja predstavljaju normalno radno područje ispitivanih vrsta reznih pločica. Kratkim opitima rezanja dobijena je strugotina za odredjene kombinacije pomaka i dubine rezanja. Ovako dobijena strugotina razvrstana je u odgovarajuće kvadratiće (100x x100 mm) i dobijeni su dijagrami na sl.6 za pločicu tip A i na sl.7 za pločicu tip B. Ovi dijagrami su fotografisani i smanjeni na datu veličinu.

6. ANALIZA DOBIJENIH REZULTATA

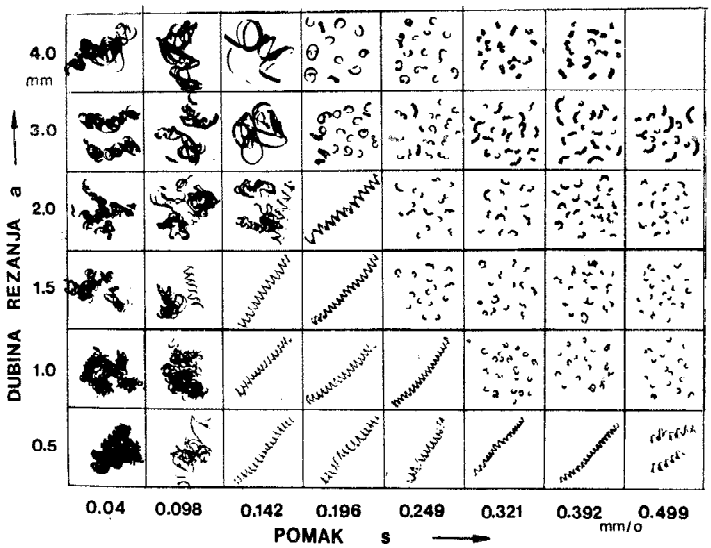
Rezultati merenja habanja na ledjnoj površini ispitivanih vrsta reznih pločica, predstavljenih krivama habanja, sl.1 i sl.2, imaju uglavnom uobičajen tok. Pored toga, kriterijum zatupljenja pločice, koji proizilazi iz toka krive habanja, kraj druge i početak treće faze habanja, veoma je blizak uobičajenoj vrednosti širine pojasa habanja od 0,3 (mm) za pločicu tip B, koje i standard prepo-



Sl.5. Habanje na grudnoj površini i izgled strugotine u toku habanja za obe ispitivane pločice



Sl.6. Oblici strugotine za polčicu tip A u zavisnosti od pomaka i dubine rezanja pri brzini rezanja v=185 (m/min)



Sl.7. Oblici strugotine za pločicu tip B u zavisnosti od pomaka i dubine rezanja pri brzini rezanja v=150 (m/min)

ručuje. Medjutim, za pločicu tip A kriterijum zatupljenja, koji proizilazi iz toka krive habanja je približno 0,2 (mm) što se dosta dobro slaže sa preporukom proizvodjača ove rezne pločice.

Ako sada analiziramo dijagram postojanosti T-v, sl.3, vidimo da je postojanost pločice tip A nekoliko puta veća od postojanosti pločice tip B, a za neke vrednosti brzine rezanja čak i više od deset puta.

Na osnovu kumulativnih slika habanja sl.5, možemo zaključiti da kod pločice tip A strugotina ostvaruje kontakt sa grudnom površinom na delu uz fazetu i lomač strugotine. Na taj način se kontaktna površina izmedju strugotine i grudne površine znatno umanjuje, što utiče na razvijenu, odnosno prenetu toplotu na pločicu. Osim toga, ovim se stvaraju i znatno povoljniji uslovi za hladjenje, što u zajedničkom efektu dovodi do takvog povećanja postojanosti u odnosu na pločicu tip B kod koje se kontakt ostvaruje uglavnom kontinualno na grudnoj površini.

Kod pločica tip A, pri prekoračenju kriterijuma zastupljenosti od 0,2 (mm), koji je dat po preporuci proizvodjača, dosta brzo dolazi do razaranja vrha, pri čemu se javljaju jake vibracije i loš kvalitet obradjene površine.

Na osnovu razvoja habanja po grudnoj površini, kao i kumulativnih slika habanja, možemo zaključiti da se oblik grudne površine kod pločice tip A manje menja u odnosu na početni, dok je vrh kod svih brzina dosta razrušen i zaobljen. Kod pločice tip B oblik grudne površine se znatno više menja. Na delu koji je u početku bio prav, stvara se kanal koji je sa već postojećim kanalom povezan malim ispupčenjem. Za razliku od pločice tip A, kod koje se krater javlja gotovo po celoj grudnoj površini, kod pločice tip B krater zauzima samo jedan deo grudne površine.

Uzimajući u obzir gore navedeno, možemo konstatovati da je profil grudne površine rezne pločice tip A bolje projektovan sa stanovišta njegove nepromenljivosti tokom obrade, što se uglavnom odrazilo i na znatno veću postojanost ove rezne pločice.

U pogledu sposobnosti stvaranja povoljnih oblika strugotine posmatranih tipova pločica, mogu se uočiti izvesne razlike. Područje dobijanja povoljnih oblika stugotine kod pločice tip A je dosta šire u odnosu na pločicu tip B.

Na osnovu sl.6 i sl.7 možemo konstatovati da uslovi za finu obradu nisu ispunjeni u pogledu dobijanja povoljnih oblika strugotine. Pločica tip A je pogodna za područje srednje i grube obrade za pomake od 0,14 do 0,50 (mm/o) i dubine rezanja od 1,5 do 4 (mm), odnosno za pomake od 0,25 do 0,5 (mm/o) i dubinu rezanja od 1 do 4 (mm). Pločica tip B ima nešto manje područje povoljnih oblika strugotine i služi uglavnom više za grubu obradu, jer područje povoljnih oblika strugotine za dubinu rezanja od 1 do 4 (mm) počinje tek pri pomaku od 0,32 (mm/o), odnosno za dubinu rezanja od 1,5 do 4 (mm) pri pomaku od 0,25 (mm/o).

7. ZAKLJUČCI

Na osnovu izvršenih uporednih ispitivanja pločica može se zaključiti:

1. Obe pločice omogućuju dobijanje povoljnih oblika strugotine u dijapazonu režima obrade koji odgovara srednje gruboj i gruboj obradi.
2. Zahtev da se sa jednom istom pločicom ostvaruje efikasno lomljenje strugotine u dijapozonu od najfinije do najgrublje obrade je sa praktičnog stanovišta neizvodljivo.
3. Izmenljiva pločica tip A sa talasastom grudnom površinom ostvaruje izrazito veće postojanosti pri obradi, zbog znatne redukcije kontaktne površine izmedju alata i strugotine i povoljnijih uslova za hladjenje.
4. Izborom pogodnog oblika, dimenzija i rasporeda lomača na grudnoj površini, mogu se dobiti rezne pločice koje dobro lome strugotinu i imaju ekonomičnu postojanost.

LITERATURA

1. M.Joshikatsu: Throv away inserts, Ekspres-Informacija, Režušie instrumenti, N.19, referat 56, 1981.,str.10-15.
2. M.Jovičić,M.Rasulić: Prilog analizi problema savijanja i lomljenja strugotine pri obradi rezanjem, MMA'79, Novi Sad, 1979.str.63-74.
3. S.Kaldor,A.Ber,E.LENZ: On the Mechanism of Chip Breaking.Konstrirovanie, t.101, Nr.3.,1979., str.92-102.
4. M.Lazić: Diplomski rad, FTN, Novi Sad, 1984.
5. D.Milanović: Diplomski rad, FTN,Novi Sad, 1981.
6. K.Nakayama: Basić Ruel on the Form of Chip in Metal Cutting, Annals of the CIRP, Vol.27/1, 1978., str.17-21.
7. D.Obradović: Diplomski rad, FTN, Novi Sad, 1982.
8. F.O.Rasch: Tool Failure and Chip Forma as Restrictions when Selecting Cutting Date, Annals of the CIRP, Vol.25/1, 1977., str.45-48.
9. H.D.Schubert: Auswahl geeigneter Spanbrvecherformen bei Wendeschneidplatten,Werstatt und Betreieb, 114. Jahrgang, Heft 5., 1981., str.295-298.
10. K.Vasilko,S.Novak: Problematika nástrojev na NC stroje sústružnickeho typu, Automatizácija, projektovanie, Bratislava, 1978.,str. 39-48.
11. E.Džavić: Diplomski rad, FTN, Novi Sad, 1984.
12. B.Wortnington,M.H.Rahman: Predicting Breaking with Groove Type Breakers, Int.J.Mach.Tool Des,Res., Vol.19.,1979.,str.121-139.
13. N.N, Neue Möglichkecten zur Spanbrechung beim Drehen, Forschungsberichte, Laboratorium für Technologije und Werkzeungmaschinen TH Darmstadt, avgust 190.
14. N.N, Katalozi i prospekti firmi: "SANDVIK-COROMANT", "HERTEL", "SEKO", "KRUPP-WIDIA", "TIZIT", "DANIT", "STELLRAM", "SUMITO".

D.Milikić, P.Kovač, M.Gostimirović

SOME CONSIDERATIONS RELATED TO OBTAINING FAVOURABLE CHIP SHAPES IN METAL CUTTING

Abstract

Presented in the paper is a contribution to the determination of favourable chip shapes in cutting with carbide and oxide inserts on Nc machines.On the basis of an analysis of the effects of the shape of the surface of the insert upon tool life and the shape of the chip, two inserts were selected, one domestic, and one imported.For these two inserts experimental investigations were carried out of the shape of the chips formed, depending upon cutting data and tool wear.Tool life was also determined.

XIX SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE

Kragujevac, septembar 1985.

UTICAJ GRUDNOG UGLA ODVALNOG GLODALA NA NEKE POKAZATELJE TAČNOSTI IZRADE ZUPČANIKA

V. Prusina, Mašinski fakultet, Mostar

REZIME

Proces izrade zupčanika odvalnim glodanjem, u velikoj mjeri, je zastupljen u industriji. Zato se nameće potreba ispitivanja raznih uticajnih parametara na tačnost izrade zupčanika. U tom kompleksu potrebno je proučavanje uticaja i veze geometrije alata sa pokazateljima tačnosti izrade zupčanika.

U radu se daje ovisnost veličine grudnog ugla zuba odvalnog glodala i nekih pokazatelja tačnosti izrade zupčanika. Ta ovisnost je dobivena eksperimentalnim putem, a u radu je dijagramski interpretirana.

UVOD

Proces izrade zupčanika odvalnim glodanjem je, u velikoj mjeri zastupljen u industriji, mada je, zbog složene geometrije odvalnog glodala i složenih uslova u zoni rezanja, dosta složen postupak izrade zupčanika. Zbog te složenosti, veliki broj parametara procesa izrade zupčanika odvalnim glodanjem utiču na tačnost izrade zupčanika. To nameće potrebu izučavanja raznih uticajnih faktora na tačnost izrade zupčanika. U tom kompleksu potrebno je proučavanje uticaja i veze geometrije alata sa pokazateljima tačnosti izrade zupčanika, kako bi se iznašle zavisnosti, čijom analizom bi se obezbjedila povećana tačnost pri radu, kakva se zahtjeva u savremenoj serijskoj proizvodnji.

U ovom radu se daje ovisnost veličine grudnog ugla zuba odvalnog glodala i pokazatelja tačnosti izrade zupčanika: odstupanja osnovnog koraka, odstupanja evolvente boka zuba zupčanika i radijalnog bacanja. Ta ovisnost je dobivena eksperimentalnim putem i dijagramski interpretirana.

METODOLOGIJA I USLOVI IZVOĐENJA EKSPERIMENTA

Cilj eksperimenta je definisanje matematskih modela za odstupanje osnovnog koraka, odstupanja evolvente boka zuba zupčanika i radijalnog bacanja u zavisnosti od režima obrade i veličine grudnog ugla zuba odvalnog glodala.

Modeli od kojih sam pošao su:

za odstupanje osnovnog koraka

$$At_b = C_t \, v^{x_t} \, s^{y_t} \quad [\mu m] , \qquad (1)$$

za odstupanje evolvente boka zuba zupčanika

$$Aev = C_e \, v^{x_e} \cdot s^{y_e} \, [\mu m], \qquad (2)$$

za radijalno bacanje

$$Ar = C_r \, v^{x_r} \, s^{y_r} \, [\mu m]. \qquad (3)$$

Oznake u obrascima (1) ÷ (3) su:
v - brzina rezanja [m/min] ,
s - pomak [mm/o],
C_t, C_e, C_r, x_t, x_e, x_r, y_t, y_e, y_r - konstante koje zavise od uslova ispitivanja, a određuju se matematskom obradpm rezultata eksperimenta.

Metod ispitivanja

Za definisanje izraza za odstupanje osnovnog koraka, odstupanja evolvente boka zuba zupčanika

i radijalno bacanje, sa kojima se definiše tačnost izrade zupčanika, korišten je eksperimentalno-analitički metod utvrđivanja matematskih modela, koji baziraju na višefaktornom planu eksperimenta [1].

Tehnika izvođenja eksperimenta zasnivala se na obradi zupčanika sa odgovarajućim režimima obrade, odvalnim glodalom sa različitim grudnim uglovima, a potom mjerenja posmatrane veličine.

Podaci dobiveni eksperimentom [2] za odstupanje osnovnog koraka, [3] za odstupanje evolvente boka zuba zupčanika i [4] za radijalno bacanje u zavisnosti od režima obrade i grudnog ugla, dati su, respektivno, u tabelama 1 do 3.

...snovnog koraka pri korištenju odvalnog glodala sa grudnim uglom $\gamma = 0^{o}$,

$\bar{A}t_{b5}$ - srednja vrijednost mjerenog odstupanja osnovnog koraka pri korištenju glodala sa grudnim uglom $\gamma = 5^{o}$,

$\bar{A}t_{b10}$ - srednja vrijednost mjerenog odstupanja osnovnog koraka pri korištenju glodala sa grudnim uglom $\gamma = 10^{o}$.

Oznake u tabeli br.: 2 su:

$\bar{A}ev_{0}$ - srednja vrijednost mjerenog odstupanja evolvente boka zuba zupčanika pri korištenju odvalnog glodala sa grudnim uglom $\gamma = 0^{o}$,

Tabela br.: 1

Broj eksp.	Plan eksperimenta					Rezultati mjerenja		
	v [m/min]	s [mm/o]	Kodovi			At_b [μm]		
			X_0	X_1	X_2	$\bar{A}t_{b0}$	$\bar{A}t_{b5}$	$\bar{A}t_{b10}$
1.	31,415	2,5	+1	+1	+1	2,67	14,33	34,67
2.	25,132	1,7	+1	0	0	3,33	10	30
3.	31,415	1,0	+1	+1	-1	4,33	13,67	33,33
4.	25,132	1,7	+1	0	0	2,67	11	33,67
5.	25,132	1,7	+1	0	0	2,67	0	32
6.	20,106	2,5	+1	-1	+1	2,67	10,67	32,67
7.	20,106	1,0	+1	-1	-1	4,67	10	31
8.	25,132	1,7	+1	0	0	4,67	10,67	32

Tabela br.: 2

Broj eksp.	Plan eksperimenta					Rezultati mjerenja		
	v [m/min]	s [mm/o]	Kodovi			Aev [μm]		
			X_0	X_1	X_2	$\bar{A}ev_{0}$	$\bar{A}ev_{5}$	$\bar{A}ev_{10}$
1.	31,415	2,5	+1	+1	+1	54,17	55,17	59,17
2.	25,132	1,7	+1	0	0	32,83	30,67	52,67
3.	31,415	1,0	+1	+1	-1	28,17	34,17	55,17
4.	25,132	1,7	+1	0	0	31	29,83	46,67
5.	25,132	1,7	+1	0	0	30,67	31,83	52,83
6.	20,106	2,5	+1	-1	+1	31,33	31,33	57,33
7.	20,106	1,0	+1	-1	-1	29,17	29,83	54,83
8.	25,132	1,7	+1	0	0	32,5	31,6	51,83

Oznake u tabeli br.:1 su:

$\bar{A}t_{b0}$ - srednja vrijednost mjerenog odstupanja

$\bar{A}ev_{5}$ - srednja vrijednost mjerenog odstupanja evolvente boka zuba zupčanika pri koriš-

Tabela br.: 3

Broj eksp.	Plan eksperimenta					Rezultati mjerenja		
	v	s	Kodovi			Ar [μm]		
	[m/min]	[mm/o]	X_0	X_1	X_2	$\bar{A}r_0$	$\bar{A}r_5$	$\bar{A}r_{10}$
1.	31,415	2,5	+1	+1	+1	115	29	25
2.	25,132	1,7	+1	0	0	60	22,33	10,67
3.	31,415	1,0	+1	+1	-1	62,33	28	15
4.	25,132	1,7	+1	0	0	59,33	23,33	10
5.	25,132	1,7	+1	0	0	70,33	19	9,33
6.	20,106	2,5	+1	-1	+1	67,33	28,33	18,32
7.	20,106	1,0	+1	-1	-1	27,33	26,67	10
8.	25,132	1,7	+1	0	0	71,67	24,67	13,33

tenju glodala sa grudnim uglom $\gamma = 5^o$,

$\bar{A}ev_{10}$ - sredna vrijednost mjerenog odstupanja evolvente boka zuba zupčanika pri korištenju glodala sa grudnim uglom $\gamma = 10^o$.

Oznake u tabeli br.:3 su:

$\bar{A}r_0$- srednja vrijednost mjerenog radijalnog bacanja pri korištenju odvalnog glodala sa grudnim uglom $\gamma = 0^o$,

$\bar{A}r_5$ - srednja vrijednost mjerenog radijalnog bacanja pri korištenju odvalnog glodala sa grudnim uglom $\gamma = 5^o$,

$\bar{A}r_{10}$ - srednja vrijednost mjerenog radijalnog bacanja pri korištenju odvalnog glodala sa grudnim uglom $\gamma = 10^o$.

Matematska obrada podataka eksperimenta izvedena je pomoću metode najmanjih kvadrata. Efekat značajnosti koeficijenata regresije provjeren je pomoću kriterija Studenta, a adekvatnost modela primjenom kriterija Fisher-a [1] uz stepen pouzdanosti P = 0,95.

Uslovi obrade

Predmet obrade - Materijal predmeta obrade bio je Č.1530.

Pripremak - Otkovak odgovarajuće pripremljen za ozubljenje.

Alat - Korištena su odvalna glodala: m = 3 mm, vanjskog prečnika D = 80 mm, broja početaka g = 1, grudnih uglova $\gamma = 0^o$, $\gamma = 5^o$ i $\gamma = 10^o$, materijal - brzorezni čelik, proizvođača "Jugoalat" N. Sad.

Mašina - Obrada zupčanika vršena je na mašini za odvalno glodanje modela 5K 324A sovjetske proizvodnje.

Rashladno sredstvo - Pri izvođenju eksperimenta korišteno je sredstvo za hlađenje i podmazivanje - rezanol 20 EP, proizvođač INA Zagreb.

PRIKAZ DOBIVENIH REZULTATA

Uz korištenje navedene matematske obrade podataka eksperimenta došlo se do izraza:

za odstupanje osnovnog koraka, kod korištenja odvalnog glodala sa:

- grudnim uglom $\gamma = 0^o$

$$At_{b0} = 5,69\ v^{-0,083}\ s^{-0,5703}\ [\mu m], \quad (4)$$

- grudnim uglom $\gamma = 5^o$

$$At_{b5} = 1,195\ v^{0,68098}\ s^{0,0612}\ [\mu m], \quad (5)$$

- grudnim uglom $\gamma = 10^o$

$$At_{b10} = 19,65\ v^{0,14788}\ s^{0,04998}\ [\mu m], \quad (6)$$

za odstupanje evolvente boka zuba zupčanika, kod korištenja odvalnog glodala sa:

- grudnim uglom $\gamma = 0^o$

$$Aev_0 = 24,4528\ v^{0,0579}\ s^{0,14447}\ [\mu m], \quad (7)$$

- grudnim uglom $\gamma = 5^o$

$$Aev_5 = 12,553\ v^{0,28125}\ s^{0,04252}\ [\mu m], \quad (8)$$

- grudnim uglom $\gamma = 10^{\circ}$

$$Aev_{10} = 45{,}562\ v^{0{,}04203}\ s^{0{,}06253}\ [\mu m], \quad (9)$$

za radijalno bacanje, kod korištenja odvalnog glodala sa:

- grudnim uglom $\gamma = 0^{\circ}$

$$Ar_0 = 0{,}30822\ v^{1{,}51255}\ s^{0{,}82092}\ [\mu m], \quad (10)$$

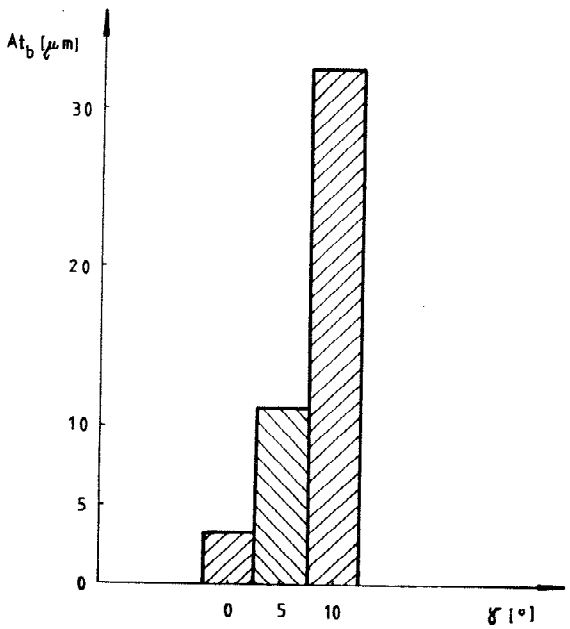
- grudnim uglom $\gamma = 5^{\circ}$

$$Ar_5 = 26{,}32\ v^{-0{,}04773}\ s^{0{,}08783}\ [\mu m], \quad (11)$$

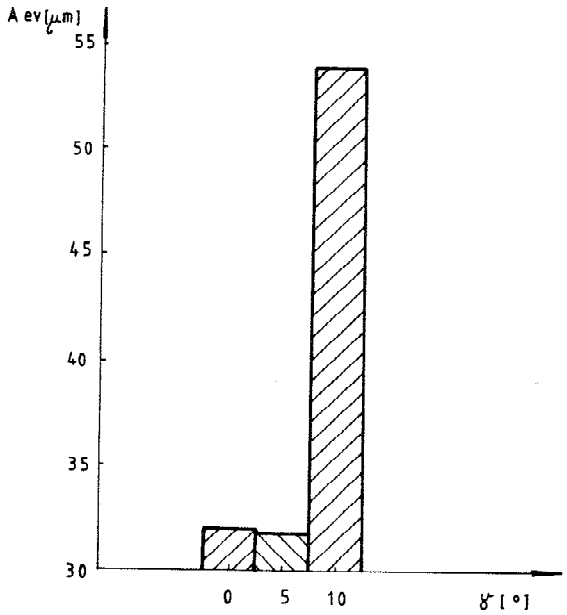
- grudni ugao $\gamma = 10^{\circ}$

$$Ar_{10} = 1{,}7\ v^{0{,}55541}\ s^{0{,}67184}\ [\mu m]. \quad (12)$$

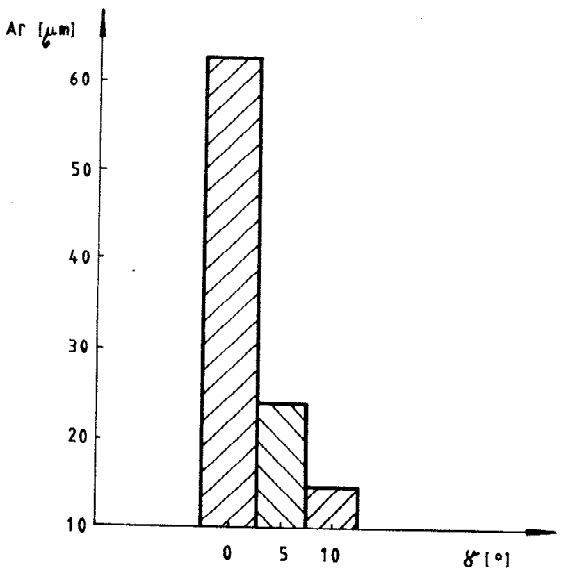
Uvrštavanjem vrijednosti srednjeg nivoa promjenjivih u izraze (4) do (12), sačinjeni su dijagrami zavisnosti odstupanja osnovnog koraka, odstupanja evolvente boka zuba zupčanika i radijalnog bacanja od grudnog ugla zuba odvalnog glodala sl. 1 ÷ 3.



Sl. 1. Dijagram zavisnosti odstupanja osnovnog koraka od grudnog ugla odvalnog glodala



Sl. 2. Dijagram zavisnosti odstupanja evolvente boka zuba zupčanika od grudnog ugla odvalnog glodala



Sl. 3. Dijagram zavisnosti radijalnog bacanja od grudnog ugla odvalnog glodala

ZAKLJUČAK

Na osnovu ispitivanja prikazanih u radu moguće je zaključiti da grudni ugao odvalnog glodala ima uticaja na pokazatelje tačnosti pri izradi zupčanika odvalnim glodalom.

Analizirajući dobivene izraze i na osnovi njih sačinjene dijagrame, moguće je primjetiti da su uticajigrudnog ugla na različite pokazatelje tačnosti različiti, tako da imamo kod:

- odstupanja osnovnog koraka

Uticaj grudnog ugla na odstupanje osnovnog koraka je znatan. Pri istim režimima obrade i ostalim uslovima obrade, najveće odstupanje osnovnog koraka dobiva se kad je grudni ugao $\gamma = 10^{\circ}$, zatim $\gamma = 5^{\circ}$, a najmanje kada je $\gamma = 0^{\circ}$.

Sa stanovišta odstupanja osnovnog koraka najbolje je koristiti glodalo sa grudnim uglom $\gamma = 0^{\circ}$.

- odstupanja evolvente boka zuba zupčanika

Uticaj grudnog ugla odvalnog glodala na odstupanje evolvente boka zuba zupčanika je nešto više izražen. Pri istim ostalim uslovima obrade najveće odstupanje evolvente boka zuba zupčanika dobiva se kad je grudni ugao $\gamma = 10^{\circ}$, zatim $\gamma = 0^{\circ}$, a najmanje kada je $\gamma = 5^{\circ}$.

Sa stanovišta odstupanja evolvente boka zuba zupčanika najbolje je koristiti glodalo sa grudnim uglom $\gamma = 5^{\circ}$.

- radijalnog bacanja

Uticaj grudnog ugla odvalnog glodala na radijalno bacanje je, također, izražen, s tim što, pri istim ostalim uslovima obrade najveće radijalno bacanje dobiva se kada je grudni ugao $\gamma = 0^{\circ}$, zatim $\gamma = 5^{\circ}$, a najmanje kada $\gamma = 10^{\circ}$.

Sa stanovišta radijalnog bacanja najbolje je koristiti glodalo sa grudnim uglom $\gamma = 10^{\circ}$.

U cilju sagledavanja kompleksne tačnosti i na osnovi nje određivanja optimalne geometrije kao i određivanja optimalnih režima obrade dobiveni izrazi mogu se iskoristiti kao ograničenja , ako u tim izrazima lijeve strane zamjenimo sa tolerancijama, koje pokazuju maksimalno moguće odstupanje koje nastaje u procesu ozubljenja.

LITERATURA

[1] Stanić Joko: Metod inženjerijskih mjerenja. Beograd, Mašinski fakultet, 1975.

[2] Prusina Vlado: Prilog analizi uticaja režima obrade na veličine sa kojima se identifikuje tačnost izrade zupčanika. Zbornik radova XVII Savjetovanja proizvodnog mašinstva Jugoslavije. Budva,1983, str.II-197+ II-201.

[3] Prusina Vlado: Analiza tačnosti izrade zupčanika odvalnim glodanjem. Magistarski rad. Mostar, 1981.

[4] Prusina Vlado: Prilog analizi uticaja režima obrade na veličine sa kojima se identifikuje tačnost izrade zupčanika. Zbornik radova XVI Savjetovanja proizvodnog mašinstva Jugoslavije. Mostar, 1982, str. 109+113.

V.Prusina

THE INFLUENCE OF THE RAKE ANGLE ON SOME OF THE INDICATORS OF THE GEAR CUTTING ACCURACY

Abstract

Gear cutting by hob milling is very common in industry.This brings about the need for investigating the effects of various parameters upon the accuracy of gear machining.In this complex it is necessary to study the relationships between the tool geometry and the indicators of the accuracy of gear cutting.
Presented in the paper is the relationship between the rake angle of the hob milling cutter, and some of the indicators of the gear cutting accuracy.This relationship is obtained experimentally, and is presented graphically.

XIX SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE

Kragujevac, septembar 1985.

TOPOGRAFIJA POVRŠINE OBRADJENE BRUŠENJEM BEZ ŠILJAKA U FUNKCIJI REŽIMA OBRADE I OCENA UTICAJA PRETHODNIH OPERACIJA

S. Djekić, Tehnički fakultet, Priština

Rezime

U radu su dati rezultati ispitivanja uticaja elemenata režima brušenja bez šiljaka na parametre hrapavosti obradjene površine. Odredjena je korelaciona veza parametara hrapavosti i posmaka i dubine u završnoj i prethodnoj operaciji i pokazano da je prisutno tehnološko nasledje.

UVOD

Obrada cilindričnih površina protočnim brušenjem (brušenje bez šiljaka) predstavlja vrlo produktivnu metodu završne obrade i koristi se naročito za obradu elemenata manjih dimenzija kod kojih treba postići, osim zadovoljavajuću tačnost, visok kvalitet površine.

Veći broj vrlo odgovornih elemenata (kao na primer klipnjače hidrauličkih uredjaja i dr.) koji pored ostalog treba da imaju veliku otpornost na habanje koja u priličnoj meri zavisi od topografije površine, obradjuje se uglavnom kroz više operacija /1/. Poznato je da se konačne osobine obradjenih površina formiraju u završnoj operaciji ali se pri tome ne može zanemariti uticaj prethodnih. Drugim rečima, prisutno je tzv. "tehnološko nasledje" iz prethodnih operacija.

Zna se da se realna brušena površina formira kao rezultat delovanja velikog broja faktora, pri čemu treba posebno izdvojiti one sa kojima se može upravljati a koji istovremeno značajno utiču na kvalitet površine, pogotovu na mikrogeometriju /2/.

Uzimajući u obzir napred rečeno u radu je istraživan uticaj pojedinih elemenata režima brušenja u završnoj operaciji (posmak i dubina) i posmaka u prethodnoj operaciji brušenja na konačno formirano mikrogeometriju. Ispitivanja su izvedena eksperimentalno pri čemu su obradom podataka dobijene i odgovarajuće korelacione veze.

USLOVI ISPITIVANJA I PLAN EKSPERIMENATA

Osnovni cilj ispitivanja bio je da se uspostave odredjene korelacione veze izmedju parametara hrapavosti i osnovnih elemenata režima brušenja. Uzorci na kojima su vršena ispitivanja obradjivani su najpre brušenjem, zatim je nanošen sloj hroma da bi se u završnoj operaciji ponovo brusili /1/.

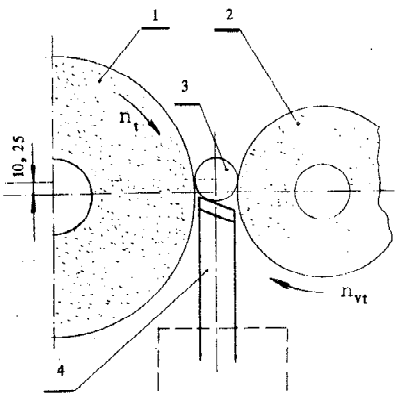
Od elemenata režima brušenja čiji se uticaj pratio odabrani su: posmak kod prvog brušenja (S_1), posmak (S_2) i dubina završnog brušenja (δ) s obzirom da se u toku odvijanja procesa obrade mogu lako da menjaju. Ovim se istovremeno htelo da pokaže kakav je i koliki uticaj uslova završnog i prethodnog brušenja.

Od parametara hrapavosti kao izlazne karakteristike procesa obrade praćene su veličine R_{max}, R_a, R_p.

Ispitivanja su vršena na uzorcima od čelika Č 15 80.5 koji su prethodno indukciono površinski kaljeni. Prečnik uzoraka je ø20,2 h11.

Prvim brušenjem, uz variranje posmaka (S_1) uzorci su dovedeni na prečnik $\phi 20^{-0.050}_{-0.060}$ a obrada je izvodjena tocilom kvaliteta 52A60/3J7V30 čiji je prečnik ø610. Vodeće tocilo za obe operacije brušenja je kvaliteta NK90/120QCu ATLANTIC sa prečnikom ø355 i iskošeno pod uglom

$\alpha=3^{\circ}$. Obrada je izvodjena na brusilici "CINCINATI 3-500" sa brzinom brušenja V=32m/s. Šema operacija brušenja data je na slici 1.



Sl.1 Šema operacije brušenja

Nakon prvog brušenja sa različitim vrednostima posmaka (S_1) uzorci su formirani tako da je debljina sloja hroma iznosila nekoliko desetina mikrometara pri čemu je dobijena površinska tvrdoća $HV_{0,1} \cong 900$.

Završno brušenje (praktično brušenje sloja hroma) vršeno je na istoj mašini sa različitim kombinacijama posmaka (S_2) i dubine (δ), vidi tabelu 1. Kvalitet tocila zvršnog brušenja je 52A120/3M9B22. Kao rashladno sredstvo korišćen je BRUSOGRIN i to cca 4 g/komad.

Variranje elemenata režima brušenja vršeno je istovremeno po planu eksperimenta sačinjenog za ovu priliku (tabela 2) .

Kako se veličina uzdužnog posmaka menja praktično promenom broja okretaja vodećeg tocila (n_v) to su njegove vrednosti odredjene po izrazu:

$$S = D\cdot\pi\cdot n_v\cdot\mu\cdot\sin\alpha \qquad (1)$$

gde je: D - prečnik tocila (mm),
n_v - broj okretaja vodećeg tocila (o/min)
α - ugao iskošenja tocila ($^{\circ}$).
μ - koeficijenat trenja.

Izbor nivoa pojedinih elemenata režima vršen je na osnovu tehnoloških mogućnosti pri čemu su za srednji nivo odabrani režimi koji se koriste za obradu ovakvih elemenata u cilju postizanja klase hrapavosti N3.

Za uspostavljanje traženih korelacija usvojena je opšta stepena zavisnost oblika:

$$R = C\cdot S_1^x\cdot S_2^y\cdot\delta^z \qquad (2)$$

koja će važiti za usvojene oblasti variranih režima.

REZULTATI ISPITIVANJA

Odredjivanje zavisnosti pojedinih parametara hrapavosti R od elemenata režima brušenja po izrazu (2) podrazumeva odredjivanje konstanti C i eksponenata x,y i z. Vrednosti ovih veličina odredjene su po teoriji optimalnog planiranja eksperimenata /4/ a na osnovu rezultata merenja datih u tabeli 2. Obradom podataka dobijene su sledeće zavisnosti:

$$R_{max} = 0,078 S_1^{0.041}\cdot S_2^{0.55}\cdot\delta^{0.38}$$

$$R_a = 2,87\cdot10^{-5}\cdot S_1^{0.48}\cdot S_2^{0.99}\cdot\delta^{0.59} \qquad (3)$$

$$R_p = 3,81\cdot10^{-4}\cdot S_1^{0.34}\cdot S_2^{0.96}\cdot\delta^{0.72}$$

odnosno:

$$R_{max} = 0,748\cdot n_{v_1}^{0.041}\cdot n_{v_2}^{0.55}\cdot\delta^{0.38}$$

$$R_a = 0,854\cdot10^{-2}\cdot n_{v_1}^{0.48}\cdot n_{v_2}^{0.99}\cdot\delta^{0.59} \qquad (4)$$

$$R_p = 0,058\cdot n_{v_1}^{0.34}\cdot n_{v_2}^{0.96}\cdot\delta^{0.72}$$

Uporedo sa merenjem parametara hrapavosti na uzorcima snimljeni su i profilogrami površina od kojih su neki dati na sl.2.

Na osnovu izraza (3) i (4), odnosno konstanti i eksponenata u njima može donekle da se sudi o uticajnosti pojedinih elemenata režima na parametre hrapavosti. Medjutim, uticajnost pojedinih faktora može da se bolje sagleda sa dijagrama datih na sl.3 i 4, odnosno sa histograma efekata pojedinih faktora datog na sl.5.

Iz datih zavisnosti (3) i (4), odnosno sa dijagrama vidi se da pored režima završnog brušenja i režimi prethodnog imaju odredjeni uticaj na konačne mikrogeometrijske karakteristike,iako je taj uticaj manje izražen. Uticaj posmaka u prvom brušenju dolazi do izražaja

bez obzira što se obradjena površina prevlači slojem hroma, iz razloga što formirana mikrogeometrija u svakom trenutku kontakta materijala sa tocilom menja uslove rezanja (dubinu, otpore i dr.) što se odražava na konačno formiranu mikrogeometriju.

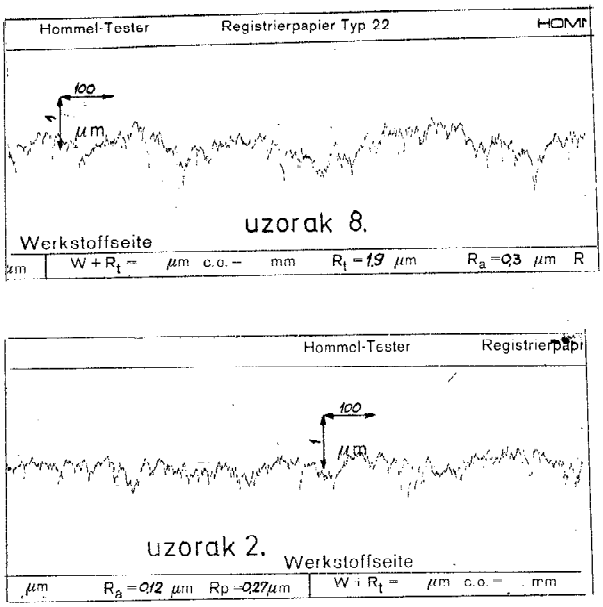
Pojedini elementi režima ispoljavaju različito dejstvo na parametre hrapavosti. Ako se uporede odnosi uticaja pojedinih elemenata režima brušenja (S_1, S_2, δ) uočava se da najveći uticaj ima posmak završne obrade (S_2) a najmanji posmak prethodnog brušenja (S_1) što je donekle i logično.

Tabela 1. Kodovna tablica

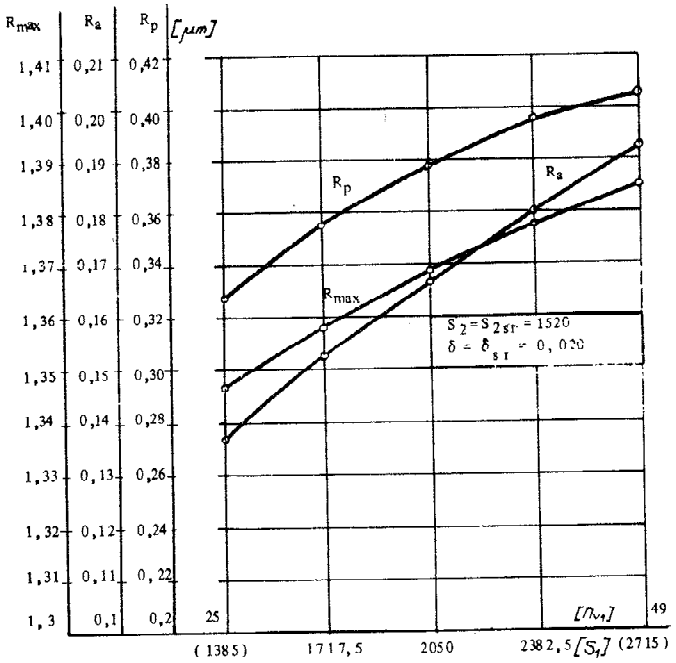
Nivoi variranja	Kodovna oznaka	FAKTORI (Režimi brušenja)				
		prethodno brušenje		završno brušenje		
		S_1 mm/min	n_{V_1} min^{-1}	S_2 mm/min	n_{V_2} min^{-1}	δ mm
CORNJI	+1	2715	49	2113	49	0,025
SREDNJI	0	1938	35	1520	35	0,020
DONJI	-1	1385	25	1078	25	0,015
Interval variranja		1330	24	1035	24	0,010

Tabela 2. Plan eksperimenata i rezultati merenja

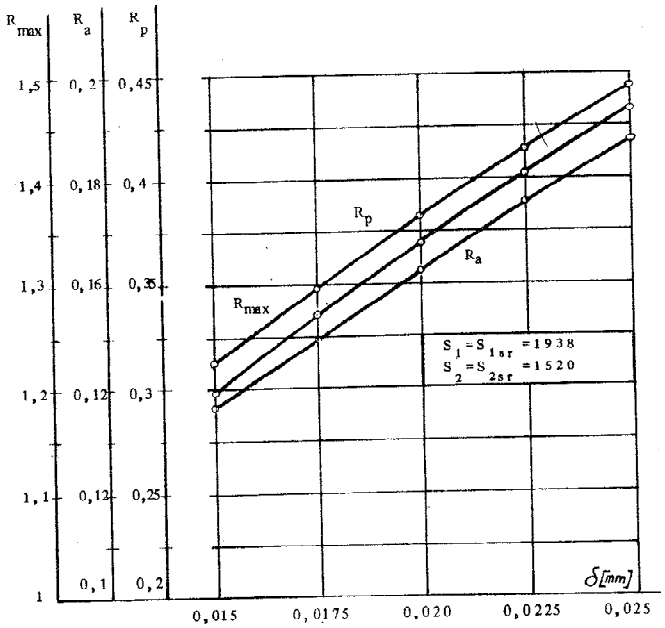
	Kodovi				Izlazni parametri (μm)					
	X_0	X_1	X_2	X_3	R_{max}	$\ln R_{max}$	R_a	$\ln R_a$	R_p	$\ln R_p$
1	+1	-1	-1	-1	1,05	0,0487	0,09	-2,40	0,19	-1,66
2	+1	+1	-1	-1	1,10	0,0953	0,12	-2,12	0,27	-1,31
3	+1	-1	+1	-1	1,50	0,405	0,17	-1,77	0,43	-0,84
4	+1	+1	+1	-1	1,60	0,470	0,22	-1,51	0,36	-1,02
5	+1	-1	-1	+1	1,30	0,262	0,10	-2,30	0,22	-1,51
6	+1	+1	-1	+1	1,30	0,262	0,18	-1,71	0,40	-0,91
7	+1	-1	+1	+1	1,90	0,641	0,25	-1,38	0,58	-0,54
8	+1	+1	+1	+1	1,90	0,641	0,30	-1,20	0,68	-0,38
9	+1	0	0	0	1,30	0,262	0,15	-1,89	0,36	-1,02
10	+1	0	0	0	1,15	0,139	0,15	-1,89	0,35	-1,05
11	+1	0	0	0	1,20	0,182	0,13	-2,04	0,32	-1,13
12	+1	0	0	0	1,35	0,300	0,18	-1,71	0,43	-0,84



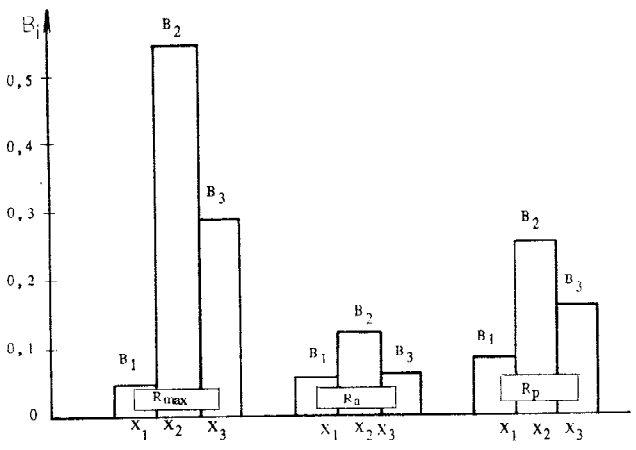
Sl.2



Sl. 3



Sl. 4



Sl. 5

Histogram efekata pojedinih faktora
na parametre hrapavosti

ZAKLJUČAK

Na osnovu dobijenih rezultata može se konstatovati da je uticaj elemenata režima brušenja na hrapavost obradjene površine (za konstantne druge uslove) znatan. Pri tome je uticaj uslova završnog brušenja veći ali se istovremeno ne može zanemariti uticaj prethodnih operacije, tj. do izražaja dolazi tzv. tehnološko nasledje.

Uticaj pojedinih elemenata režima brušenja na parametre hrapavosti je različit gde najveći uticaj je ispoljen na R_{max}. Takodje se može konstatovati da je uticaj manje izražen kod intenzivnijih režima.

Dobijeni rezultati mogu da posluže tehnolozima pri odlučivanja o izboru režima, pogotovu kada se radi o obradi površina sa manjom klasom hrapavosti kod kojih treba stvoriti povoljnije uslove zaptivanja, smanjiti habanje i dr.

LITERATURA

/1/ Đekić S., "Tribološka svojstva kontaktnih slojeva elemenata hidrauličkih kočionih cilindara u funkciji tehnologije obrade", doktorska disertacije, MF Kragujevac, 1985.

/2/ Rižov E.V., Suslov A.F., Fedorov V.P., Tehnologičeskoje obespečenije eksploatacionih svojstv detalej mašin, Mašinostroenie, Moskva, 1979.

/3/ Đekić S., "Otpornost na habanje klipnjača hidrauličkih amortizera u funkciji režima brušenja", Tribologija u industriji, No.1, 1982.

/4/ Stanić J., Metod inženjerskih merenja, Mašinski fakultet, Beograd, 1981.

S.Djekić

TOPOGRAPHY OF THE SURFACE AFTER CENTERLESS GRINDING AS A FUNCTION OF THE CUTTING REGIME, AND ESTIMATION OF THE EFFECTS OF PREVIOUS OPERATIONS

Abstract

Presented in the paper are the results of investigations of the effects of cutting parameters in centerless grinding upon the surface roughness parameters of the machined surface. Correlation is calculated between the surface roughness parameters and the feed and depth of cut in the preparatory and finishing operation. The existence of technological inheritance is proved.

XIX SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE

Kragujevac, septembar 1985.

METODA ZA ODREDJIVANJE PARAMETARA STOHASTIČKOG PROFILA POVRŠINSKE HRAPAVOSTI

R. Gorecka

Politechnika Krakowska

R e z i m e

U radu je prikazana metoda za odredjivanje parametara površinske hrapavosti. Broj ovih parametara je znatno veći od broja do sada primenjivanih normiranih parametara. Suština ove metode je u pretpostavljanju stohastičkog modela profila hrapavosti. Pri tome se u okviru prikazane koncepcije koristi jedan originalan postupak testiranja normalnosti raspodele ordinate profila hrapavosti

UVOD

Stalni porast kvaliteta proizvoda mašinske industrije ima svoje reperkusije, kako na iznos površinske hrapavosti, tako i na metode i aparaturu za njenu industrijsku kontrolu. Ovo se takodje odražava i na promenu normiranih parametara hrapavosti. Te promene se unose u internacionalne standarde ISO i u odgovarajuće nacionalne standarde. Paralelno se ostvaruje razvoj konstrukcija mernih uredjaja, pri čemu se uzimaju u obzir i povećani broj parametara koji se mere i njihova potrebna tačnost. U oblasti metrologije površinske hrapavosti značajnu ulogu igraju metode merenja hrapavosti brušenih površina. Sa jedne strane, to su površine koje ispunjavaju sve zahteve u pogledu visokog kvaliteta, a sa druge, moguće je da se profili njihove hrapavosti modeliraju matematički, kao tzv. stohastički signali. Ovo zadnje predstavlja osnovu za razradu nove koncepcije iznalaženja parametara hrapavosti ovakvih površina.

1. METODA ZA ODREDJIVANJE PARAMETARA STOHASTIČKOG PROFILA POVRŠINSKE HRAPAVOSTI

U metrologiji hrapavosti je opšte poznata metoda iskazivanja parametara površinske hrapavosti, čiji se profil matematički modelira kao stohastički signal. U vezi sa tim, ovde je moguće razlikovati dve metode [1, 3]: metodu autokorelacione funkcije i metodu posebnih tačaka.

Metoda posebnih tačaka [3] ima praktičan karakter. Medjutim, svaka od ovih metoda se oslanja na fundamentalne pretpostavke u vezi sa stacionarnošću, uskladjenošću i normalnošću ordinata profila - kao stohastičkih signala. Ako se ove pretpostavke usvoje, mogu se odrediti parametri profila po metodi posebnih tačaka. Način ovog odredjivanja izlaže se u daljem [1] str. 205].

Na osnovu tipičnih merenja površinske hrapavosti, koja se izvode pomoću profilografometra i profilograma, odredjuju se vrednosti sledećih parametara: Ra, n(o) i m, pri čemu je:

- broj preseka profila i srednje linije:

$$n(o) = \frac{N(O)}{L} \quad [mm^{-1}] \tag{1}$$

- broj vrhova profila:

$$m = \frac{W}{L} \quad [mm^{-1}] \tag{2}$$

gde je: N(O) - broj preseka profila i srednje linije na mernoj dužini,
W - broj vrhova profila,
L - merna dužina [mm]

Gornji parametri čine osnovu za formiranje odgovarajućeg skupa.

Ovi parametri sačinjavaju tzv. karakteristiku površinske hrapavosti PCh i odredjuju se na osnovu sledećih obrazaca:

- srednje kvadratno odstupanje; kvadratna vrednost srednje hrapavosti:

$$R_q = \frac{\pi}{2} Ra \qquad \mu m \tag{3}$$

- maksimalna visina hrapavosti; maksimalna dubina hrapavosti:

$$R_{max} \approx 2Ra \quad \pi\frac{Ln(o)}{2} \quad \mu m \tag{4}$$

- srednje rastojanje hrapavosti:

$$S_m = \frac{2}{n(o)} \quad mm \tag{5}$$

- srednje rastojanje vrhova:

$$S = \frac{1}{m} \quad mm \tag{6}$$

- srednji ugao nagiba vrhova:

$$\theta = \frac{\pi}{1000} Ra\ n(o)\ rad \tag{7}$$

- srednji radijus vrhova:

$$r = \frac{10^6}{2\pi^2 Ramn(o)} \quad \mu m \tag{8}$$

- udeo nosećeg dela profila:

$$t_p = |1-\phi(u)|100\% \tag{9}$$

- udeo površine profila:

$$F_L = \{-\frac{1}{2\pi} \exp(-\frac{u^2}{2}) - u|1-\phi(u)|\}100\% \tag{10}$$

Funkcija $\phi(u)$ je funkcija normalne raspodele, koja se odredjuje za normirana udaljenja tačaka na bregovima profila:

$$u = \frac{2}{\pi}\frac{R_{max}}{Ra}\frac{50-p}{100}$$

gde je: p - udaljenje tzv. linije p od najvišeg vrha profila hrapavosti u %.

Navedeni parametri se još mogu dopuniti daljim parametrima i funkcijama profila, uključujući približnu autokorelacionu funkciju hrapavosti.

2. METODA ZA TESTIRANJE NORMALNOSTI STOHASTIČKOG PROFILA POVRŠINSKE HRAPAVOSTI

Ranije je ukazano na osnovne pretpostavke, od čijeg ispunjenja zavisi mogućnost primene metode posebnih tačaka. Stacionarnost i uskladjenost profila, kao stohastički signali, mogu se prihvatiti, s obzirom na fizičku interpretaciju procesa nastajanja površinske hrapavosti. Ako bi pomenute pretpostavke bile dovedene u sumnju, onda bi to za posledicu imalo nemogućnost ovakvog odredjivanja površinske hrapavosti i to zato što bi se svaki rezultat merenja pojedinih parametara pomoću proizvoljne metode odnosio samo na odabranu mernu zonu, a ne i na čitavu površinu.

Pretpostavka o normalnoj raspodeli ordinata profila može, medjutim, izazvati osnovanu sumnju pa je stoga njena eksperimentalna verifikacija obavezna.

U većini poznatih radova u oblasti metrologije površinske hrapavosti usvajana i to na osnovu verifikacionih opita. Radi se o ispitivanju normalnosti raspodele ordinata s obzirom na pojedine metode(o vrste obrade) poeered) ostalog, brušenjem i elektroerozijom).

Ovakav postupak može biti izložen kritici, s obzirom da svaka metoda i vrsta obrade zavise od usvojenih vrednosti tehnoloških parametara. To znači da se manje ili veće odstupanje od normalne raspodele u praksi uvek može pojaviti. U takvim situacijama upotpunjenje metode posebnih tačaka testom normalnosti raspodele ordinata profila predstavlja jedini postupak "legeartis". Rezultat testiranja koji je izražen uzimajući u obzir statističku verovatnoću, u svakom slučaju pokazuje (i to kvantitativno) da je odredjivanje parametara površine pomoću metode posebnih tačaka dopušteno.

Može se smatrati da je test usaglašenosti, kojim se izražava χ^2 - raspodela, pri ovome najpodesnija. Medjutim, korišćenje ovog testa je skopčano sa znatnim teškoćama, koje se sastoje u potrebi da se oblik profila hrapavosti menja. Ta promenljivost je potrebna ukoliko se želi da dobije statistički skup profila: $\{h_i;\ i=1,\ldots,n\}$. Ovaj skup ordinata se može iskoristiti pri uporedjenju empirijskog histograma i dijagrama normalne raspodele.

Naravno da je moguće da se profilografometar snabde sa odgovarajućim programskim sistemom mikroprocesora, ali je za sada to ipak stvar budućnosti. Originalna koncepcija, koja se oslanja na korišćenje postojećeg profilografometra, primenjena je za pomenuti test usaglašenosti uz korišćenje statističkog postupka koji je razradio Kolmogorow.

Ako se podje od definicionog obrasca:

$$D_n = \sup_{-\infty<x<\infty} |F_n(x) - F_o(x)| \tag{12}$$

gde je: $F_n(x)$ - empirijska funkcija raspodele na opitnom komadu,

$F_o(x)$ - hipotetička (stalna) funkcija raspodele populacije,

onda se mogu odgovarajuće funkcije raspodele uporediti sa veličinama koje je moguće odrediti pomoću tipičnog profilografometra. U ovu svrhu vrši se i identifikacija obvojne krive (koja se

lako odredjuje korišćenjem tehnike merenja hrapavosti) sa empirijskom funkcijom raspodele:

$$F_n(x) = F(p_i) = \frac{t_{pi}}{100} \; ; \; i = 1,\ldots,k \qquad (13)$$

Pri tome se preporučuje da se usvoji

$p_i = 10,\ (+10),\ldots,\ 90\%;\ i = 1,\ldots,9$ i

$p_{10} = 100\%$

Kao hipotetička funkcija raspodele populacije uzima se funkcija normalne raspodele:

$$F_o(x) = \phi(U_i) = F_o(p_i);\ i=1,\ldots,k \qquad (14)$$

gde je

$$U_i = \frac{1}{R_q}\left|R_{max}\left(\frac{P_i-50}{100}\right) + \Delta m\right|$$

$$\Delta m = \frac{R_{max}}{2} - H_{max}$$

Na osnovu ovoga može se obrazac (12) napisati u sledećem obliku:

$$D_n = \max_{1\le i\le n}|F(p_i) - F_o(p_i)| \qquad (15)$$

Sada se verifikuje nulta hipoteza:

$$H_o : F(p_i) = F_o(p_i)$$

Ako se pretpostavi sigurnosna verovatnoća

$$\alpha = P|D_n \ge D_n(\alpha)|$$

dobijaju se alternative:

- nema nikakvog osnova za odbacivanje hipoteze $H_o : D_n < D_n(\alpha)$, što znači da se pri sigurnosnoj verovatnoći α može usvojiti pretpostavkama o normalnoj raspodeli ordinata profila površinske hrapavosti;
- odbacuje se hipoteza $H_o: D_n \ge D_n(\alpha)$.

Pomenuta koncepcija testiranja normalnosti uzima u obzir veličine (t_p, R_{max}, H_{max}, $R_q \approx 1{,}25$ Ra) čije iznose treba odrediti pomoću profilografometra.

Moguće je da se statistička vrednost Dn nacrta. Medjutim, nedostaje broj ordinata n, koji je neophodan za očitavanje Dn(α), broj ordinata n je odstranjen kao rezultat direktnog uvodjenja obvojne krive u obliku funkcije raspodele. Rešenje problema može se dobiti pomoću opita zasnovanih na kompjuterskoj simulaciji, uz primenu numeričkog modela različitih profila. Kada se paralelno primeni χ^2-test i kada se odgovarajuće statističke vrednosti Dn nacrtaju, odredjuje se njihov kritičan iznos $D_k(\alpha)$, koji je na osnovu prethodnih opita u opsegu 0,04-0,08 za $\alpha = 0{,}05$.

3. ZAKLJUČAK

Na osnovu metode posebnih tačaka mogu se odrediti parametri površinske hrapavosti brušenih i drugih površina, a čiji se profil, nastao kroz stohastički proces, može modelirati. Pri tome je potrebno da se izvrši upotpunjenje postupka sa odgovarajućim testom normalnosti rasporeda ordinata profila. S obzirom na aktuelne mogućnosti merenja profilografometra, veoma je poželjno izvršiti i testiranje normalnosti prema statističkoj metodologiji Kolmagorow-a.

LITERATURA

1. Górecka R, Polański Z.: Metrologie der Oberfläche, Warszawa, WNT 1983.
2. Peklenik J.: Grundlagen zur Korrelationstheorie technischer Oberflächen, Ind. Anz. 1965. Nummer 26/456.
3. Rudzit Ja. A.: Mikrogeometrija i kontaktnoe wzaimodejstvie poverchnostej, Riga, Izd. Zinatne 1975.

R.Gorecka

Z u s a m m e n f a s s u n g

In der Arbeit hat man die Methode der Bestimmung der Parameter der Oberflächenrauheit dargestellt. Die Zahl und die Art dieser Parameter geht erheblich über die bisher verwendete Normativparameter hinaus. Das Wesen dieser Methode beruht auf der Annahme des stochastischen Modells des Profils der Rauheit. Dabei bildet ein originalles Element die Dargestellte Konzeption des Testierens der Normalität der Verteilung der Ordinaten des Profils.

XIX SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE

Kragujevac, septembar 1985

JEDNO ISPITIVANJE UTICAJA VISINE POSTAVLJANJA OSLONOG NOŽA NA KVALITET OBRADJENE POVRŠINE KLIPNJAČE AMORTIZERA KOD BRUŠENJA BEZ ŠILJAKA

M. Sarvan, Fabrika amortizera, Priština

Rezime

Kod operacije brušenja bez šiljaka,koja se primenjuje kod obrade klipnjače amortizera,na ostvarivanje geometrijske tačnosti i veličine hrapavosti obradjene površine pored ostali faktora,veliku ulogu igra visina postavljanja klipnjače na osloni nož. Ovaj rad tretira upravo tu problematiku-uticaj visine postavljanja na kvalitet obradjene površine klipnjače amortizera.Rezultati ispitivanja pokazali su promenu veličine hrapavosti obradjene površine sa promenom visine postavljanja.

UVOD

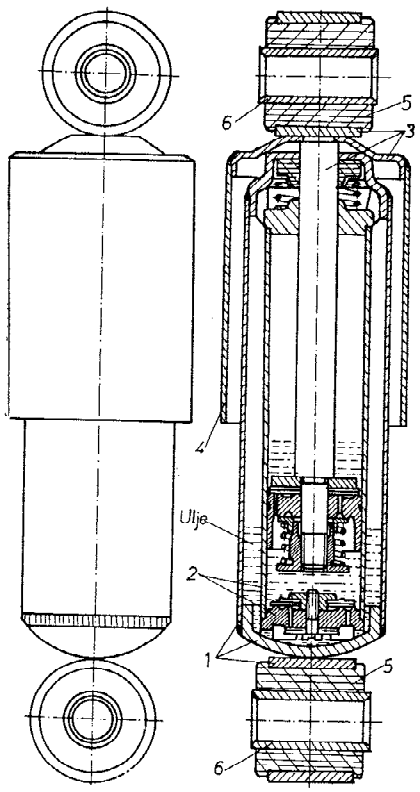
Amortizer je veoma važna komponenta automobila odnosno sistema vešanja i oscilovanja.Zbog specifičnosti vešanja,on mora biti otporan na sve vertikalne i horizontalne sile,kao i razne momente savijanja koji deluju na njega.

Na slici 1. prikazan je jedan tip hidrauličkog teleskopskog amortizera.

Najviše opterećeni deo amortizera je svakako klipnjača,koja mora biti uradjena sa vrlo uzanim tolerancijama.Ona mora posedovati odlična klizna svojstva i dug vek trajanja. Zbog toga se klipnjača indukciono kali,a zatim hromira.

Ovako visok kvalitet može se ostvariti samo postupcima fine završne obrade,u ovom slučaju,brušenjem.

Kako se amortizeri odnosno klipnjače rade u velikim količinama (u milionima komada godišnje),to se operacija brušenja odvija na mašinama bez šiljaka (tzv. protočnim mašinama).

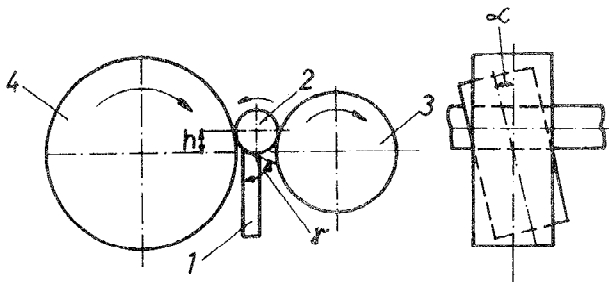


Slika 1 Hidraulički teleskopski amortizer ·Rezervoar-sklop,2-Cilindar-sklop, ·Klipnjača-sklop,4-Prahobran,5-Gumena ura,6-Cevasta osovinica

POSTUPAK BRUŠENJA BEZ ŠILJAKA

Brušenje bez šiljaka (slika 2) ostvaruje se bez stezanja i bez uredjaja za kretanje radnog predmeta.

Ovo je postupak kod koga se radni predmet 2 u toku brušenja oslanja na metalnu šinu (osloni nož) 1,istovremeno pritisnut vučnim tocilom 3 na brusno tocilo 4.



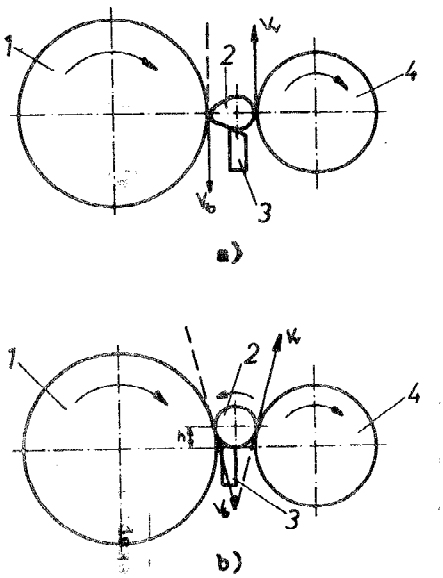
Slika 2. Brušenje bez šiljaka
1-Osloni nož,2-Radni predmet,3-Vučno tocilo,4-Brusno tocilo,α-Ugao nagiba vučnog tocila,γ-Ugao vrha oslonog noža

Okretanje radnog predmeta ostvaruje se vučnim tocilom 3.Uzdužno kretanje radnog predmeta ostvaruje se prinudno zbog nagiba vučnog tocila u odnosu na brusno tocilo. Ugao α se kreće u granicama od 1° do 6°.

Za razliku kod brušenja medju šiljcima (stezanjem) gde položaj ose radnog predmeta,nameštenog u centru mašine,u procesu brušenja ostaje nepromenjen,kod brušenja bez šiljaka obradjivana površina radnog predmeta predstavlja istovremeno i bazu,menjajući položaj svoke ose u odnosu na osu brusnog tocila.S'toga veliki uticaj na oblik i meru radnog predmeta ima položaj njegove ose (visina h) u zoni brušenja,zavisan od visine postavljanja oslonog noža.Ukoliko je visina h veća proces brušenja se brže obavi,ali ako predje odredjenu granicu nastupaju vibracije.

UTICAJ VISINE POSTAVLJANJA OSLONOG NOŽA NA GEOMETRIJSKU TAČNOST

Na slici 3 prikazan je uticaj visine postavljanja oslonog noža na geometrijsku tačnost brušene površine



Slika 3. Uticaj visine postavljanja oslonog noža na geometrijsku tačnost brušene površine
1-Brusno tocilo,2-Radni predmet,3-Osloni nož,4-Vučno tocilo,V_v-Obimna brzina vučnog tocila,V_b-Obimna brzina brusnog tocila

Ukoliko se osa radnog predmeta 2 , postavljenog na nož 3 poklapa sa osom centara tocila 1 4 (h=0) može se smatrati da se radni predmet okreće izmedju dve paralelne ploče (slika 3a).Smerovi vektora brzina tocila dati su strelicama.Kod ovog slučaja štaviše,može se desiti da radni predmet imajući u preseku pravilnu okruglost izgubi je, ali se eventualna ovalnost radnog predmeta dobro otklanja.

Ako se osa radnog predmeta 2,postavljenog na nož 3 nalazi iznad ili ispod linije osa tocila 1 i 4 (slika 3b),radna zona mašine ima V - oblik i u kojoj se u toku procesa obrade otklanjaju greške geometrij-

skog oblika.Što je veća visina h brže se ispravlja greška okruglosti,ali znatno lošije otklanja ovalnost.Zato se pri odredjivanju visine h polazi od rezultata uslova ispravljanja greški kako okruglosti,tako i ovalnosti.

U praksi,u većini slučajeva,radni predmeti se postavljaju tako da su im ose iznad osa tocila.Izuzetak su tanki dugački i iskrivljeni predmeti kod kojih su ose ispod ose tocila.

UTICAJ VISINE POSTAVLJANJA OSLONOG NOŽA NA KVALITET OBRADJENE POVRŠINE KLIPNJAČE

Imajući u vidu težnju svake proizvodnje (pogotovu u sadašnjim ekonomskim uslovima) da se odvija sa što manje troškova,a uz zadovoljavanje veoma oštrih zahteva u pogledu kvaliteta,postavlja se pitanje uticaja visine postavljanja radnog predmeta (klipnjače) na kvalitet obradjene površine.

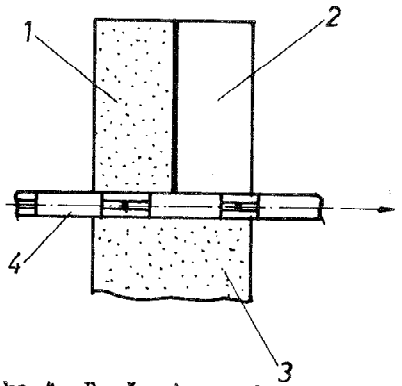
Za ova ispitivanja kao reprezentanti uzete su klipnjače prečnika 12,14,16 i 20 milimetara.

Ispitivanja su vršena u proizvodnim uslovima na mašinama za protočno brušenje.

Da bi se smanjila veličina hrapavosti površine,umesto jednog dužeg brusnog tocila, postavljena su dva kraća brusna tocila (slika 4).Prvo brusno tocilo 1 je sa krupnijim zrnima (silicijum-karbidno tocilo sa bakelitnom vezom,krupnoće 120) za skidanje dodatka,a drugo brusno tocilo 2 je veće finoće (grafitno tocilo) za završno formiranje geometrijske tačnosti i dobijanje parametara hrapavosti površine.Vučno tocilo 3 je silicijum-karbidno sa gumenim vezivom,krupnoće 100.Radni predmet (klipnjača) 4,je od materijala Č. 1580.5.

Ispitivanja su vršena sa sledećim parametrima režima rezanja :

- obimna brzina vučnog tocila V_v=0,73 m/sec
- obimna brzina brusnog tocila V_b=35 m/sec
- dubina rezanja t=0,02mm
- ugao nagiba vučnog tocila = 4°



Slika 4. Brušenje sa dva brusna tocila 1-Grubo brusno tocilo,2-Fino brusno tocilo,3-Vučno tocilo,4-radni predmet (klipnjača)

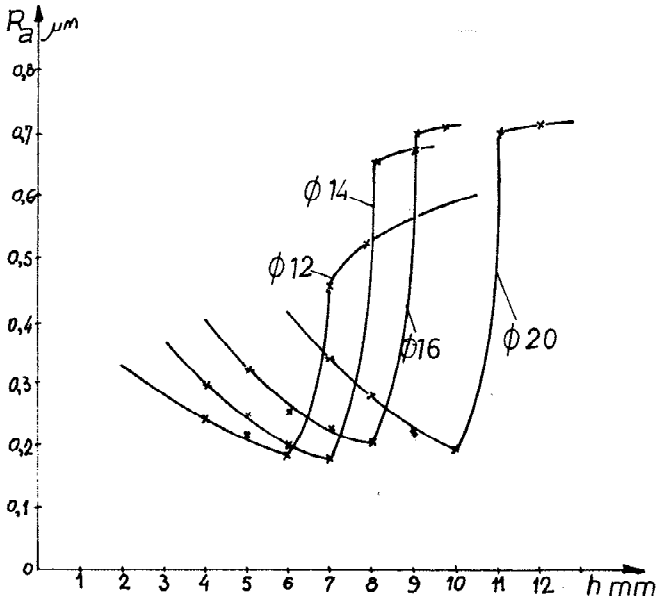
U tabeli 1 date su veličine hrapavosti R_a (μm) za različite visine h za navedere prečnike klipnjače.

Visina h mm	Prečnik klipnjače u mm			
	12	14	16	20
	R_a μm	R_a μm	R_a μm	R_a μm
4	0,24	0,30		
5	0,21	0,26	0,32	
6	0,19	0,22	0,27	
7	0,47	0,19	0,23	0,34
8	0,52	0,65	0,20	0,28
9	0,56	0,67	0,70	0,23
10			0,71	0,20
11				0,70
12				0,72

Tabela 1. Vrednosti hrapavosti R_a u zavisnosti od visine postavljanja.

ZAKLJUČAK

Na osnovu rezultata iz tabele 1,formiran je dijagram zavisnosti veličine hrapavosti površine R_a od visine postavljanja h(slika 5). Sa dijagrama se može videti da se optimalni rezultati dobijaju ako se visina ose radnog predmeta (klipnjače) nalazi iznad ose tocila za polovinu prečnika klipnjače.



Slika 5. Dijagram zavisnosti hrapavosti R_a od visine postavljanja klipnjače h kod brušenja bez šiljaka

Isto tako se može primetiti da je manje izražena promena hrapavosti R_a ukoliko je visina h ispod jedne polovine prečnika klipnjače,a naglija ako je vrednost h iznad jedne polovine prečnika klipnjače.To je iz razloga toga,što se zbog medjusobnog položaja oba tocila i klipnjače,brušenje uglavnom odvija sa prvim tocilom koje je,kao što je već napomenuto,veće krupnoće.

LITERATURA

1. Naerman,M.S.,Spravočnik molodogo šlifovščika,Moskva,Višaja škola,1985,206 str
2. Loskutov,V.V.,Šlifovanije metallov, sedmo izdanje,Moskva,Mašinostroenije, 1985,256 str
3. Lurje,G.B.,Komissarževskaja,V.N.,Naladka šlifovaljnih stankov,Moskva,Višaja škola, 1983,208 str
4. Rajić,D.,Brušenje mašine i postupak, Tehnička knjiga,Beograd,1974,90str
5. Trajkovski,S.,Mašinska obrabotka,knjiga 2, četvrto izdanje,Skopje,1980
6. Stanković,P.,Mašinska obrada,Beograd,1962
7. Katalog fabrike amortizera Priština

M.Sarvan

AN INVESTIGATION OF THE EFFECTS OF THE SETTING HEIGHT UPON THE SURFACE FINISH OF THE SHOCK DAMPER ROD IN CENTERLSESS GRINDING

Abstract

In the operation of centerless grinding, which is employed in the production of shock damper rods, geometrical accuracy and surface finish of the machined part are significantly affected by the height of the rod setting on the resting knife.The paper deals with this very problem - the effects of the setting height upon the surface finish of the machined part.The results of the investigation reveal that the magnitude of surface roughness varies as the reight changes.

XIX SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE
Kragujevac, septembar 1985.

UTJECAJ POSMAKA DIJAMANTA, PRI PROFILIRANJU REZNE POVRŠINE BRUSA, NA SILE BRUŠENJA I HRAPAVOST BRUŠENE POVRŠINE

R. Cebalo, SOUR "Jugoturbina", Karlovac

REZIME

U ovom radu dati su rezultati ispitivanja utjecaja uvjeta profiliranja, rezne površine brusa, jednoreznim dijamantom na sile brušenja i hrapavost brušene površine. Veličina posmaka dijamanta, uz određeni radius vrha dijamanta i dubinu skidanja rezne površine brusa, utječe na stvaranje određenog broja oštrica rezne površine brusa. O broju oštrica rezne površine brusa zavise, pored ostalog, sile brušenja te hrapavost brušene površine.

1. UVOD

Profiliranje ili ravnanje rezne površine brusa moguće je na više načina, i svaki način daje drugačija svojstva rezne površine brusa koja se odražavaju na sile brušenja i hrapavost brušene površine.

U ovom radu dati su rezultati istraživanja utjecaja posmaka dijamanta kod profiliranja rezne površine brusa jednoreznim dijamantom, na sile brušenja i hrapavost brušene površine. Brušenje je vršeno metodom brušenja u puno na brusilici za ravno i profilno brušenje, sa visokoporoznim brusom 81-A-60-3-G12-V18, vatrootporne Ni-legure NIMONIC 80A.

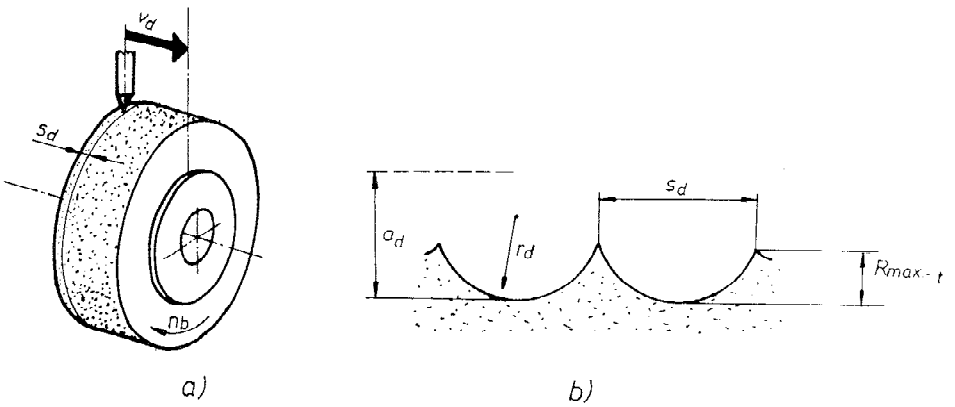
2. PROFILIRANJE JEDNOREZNIM DIJAMANTOM

Kod profiliranja jednoreznim dijamantom , brus se okreće određenom brzinom v_{bd}, a dijamant vođen linijski ili konturno ostvaruje kretanje po reznoj površini brusa, okomito na smjer vrtnje, sl. 1a. Posmak dijamanta s_d je zavisan od obodne brzine brusa i brzine dijamanta :

$$s_d = \frac{v_d}{n_b} = \frac{v_d \cdot D_b}{v_{bd}} \cdot 5 \cdot 10^5 \qquad ...(1)$$

gdje znače :

s_d = posmak jednoreznog dijamanta u µm/rad
v_d = brzina uzdužnog kretanja dijamanta u m/s



Sl. 1 Profiliranje jednoreznim dijamantom /1/
a) - prikaz postupka
b) - najveća hrapavost rezne površine brusa

v_{bd} = obodna brzina brusa u m/s
n_b = brzina vrtnje brusa u s^{-1}
D_b = promjer brusa u m

Kod profiliranja, rezne površine brusa, je bitno da veličina posmaka dijamanta bude stalna, jer veličina posmaka, pored ostalih faktora, znatno utječe na veličinu rezne dubine hrapavosti, sl. 1b .
Najveća hrapavost rezne površine brusa R_{max-t} dana je izrazom :

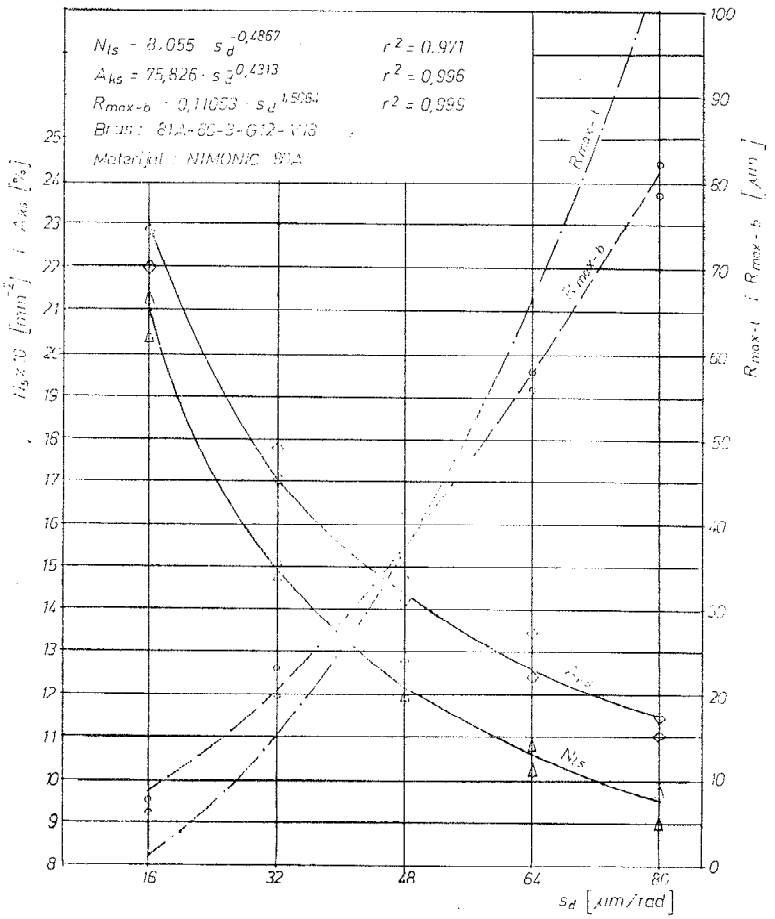
$$R_{max-t} = \frac{s_d^2}{8\ r_d} = 0{,}004932\ \frac{s_d^2}{r_d} \qquad ...(02)$$

Ovdje je sa r_d označen radius vrha dijamanta, a sa a_d dubina skidanja rezne površine brusa pri jednom prolazu profiliranja.

Rezna svojstva rezne površine brusa su određena :
- statičkim brojem oštrica na jedinicu površine,
- reznom dubinom hrapavosti.

Kod profiliranja jednoreznim dijamantom, sl.1, rezna svojstva rezne površine brusa, zavise od:
- posmaka dijamanta,
- radiusa dijamanta,
- dubine profiliranja,

pri čemu dubina profiliranja treba da je veća od teoretske dubine hrapavosti da bi se rezna



Sl. 2 Zavisnost statičkog broja oštrica, postotka statičke površine kontakta oštrica te stvarne i teoretske dubine hrapavosti rezne površine brusa, od posmaka dijamanta.
Uvjeti profiliranja : jednorezni dijamant
- v_{bd}=18 m/s
- a_r = 0,15 mm
- r_d = 0,3 mm
- D_b = 0,4 m

Uvjeti brušenja :
- v_b=29 m/s
- v_s=1,66 mm
- a=0,3 mm
- SHIP:CASTROL-CLEAREDGE EP 284, 2%

površina brusa mogla očistiti u cjelini.
Kako se iz dijagrama na sl.2 vidi :

- povećanjem posmaka dijamanta smanjuje se statički broj oštrica, što ima za posljedicu povećanje dubine hrapavosti rezne površine brusa. Teoretska dubina hrapavosti rezne površine brusa kod manjih posmaka dijamanta je manja od stvarne, dok kod većih posmaka je obratno. Odstupanja obiju dubina hrapavosti rezne površine brusa nastaje radi kršenja i čupanja brusnih zrnaca u procesu profiliranja.

Dijagram na sl.2 vrijedi za novi netrošeni dijamant. Kada se vrh dijamanta, uslijed trošenja, zaravna na širinu b_d, nastat će nove okolnosti profiliranja rezne površine brusa koji vode smanjenju rezne dubine hrapavosti. Zavisno od odnosa :

$$u_d = \frac{b_d}{s_d} \qquad \ldots (3)$$

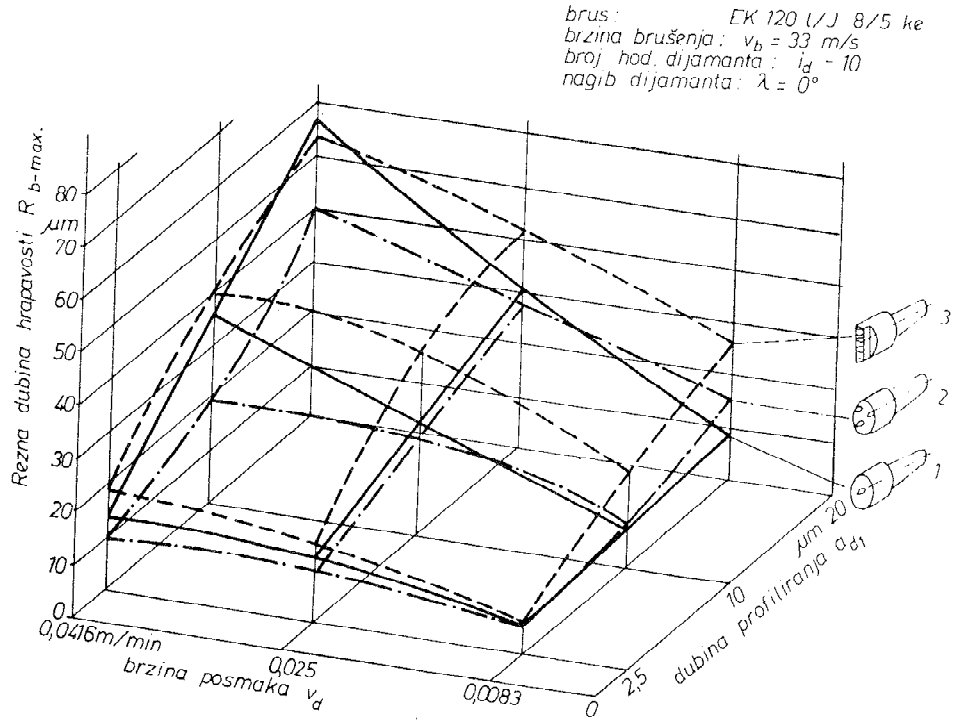
koji predstavlja stepen prekrivanja, nastat će dodatni i sa trošenjem dijamanta promjenljivi utjecaj na reznu dubinu hrapavosti rezne površine brusa, tako da je :

$$s_d = f\,(r_d,\ v_d,\ v_{bd}, a_d,\ b_d \text{ i } u_d) \qquad \ldots (4)$$

Na dijagramu sl. 3 prikazana je zavisnost rezne dubine hrapavosti od brzine posmaka dijamanta i dubine profiliranja, a za profiliranje rezne površine brusa normalne strukture : jednoreznim dijamantom, trorezним dijamantom i pločom za profiliranje. Ovdje se vidi da se rezna dubina hrapavosti povećava povećanjem brzine posmaka i dubine profiliranja.

3. SILE BRUŠENJA

Ispitivanja sila brušenja prvi je objavio Kurein 1927. godine /43/. Zatim su mnogi autori ispitivali sile brušenja, kako je to opisano u literaturi /44/, /45/, /46/, /47/, /48/, /49/, /10/, /11/. Sva ispitivanja su



Sl. 3 Zavisnost rezne dubine hrapavosti od brzine posmaka dijamanta i dubine profiliranja /2/

1 - jednorezni dijamant
2 - trorezni dijamant
3 - ploča za profiliranje

bazirana na utjecajnim faktorima kao što su :
- obodna brzina brusa
- brzina uzdužnog posmaka
- poprečni posmak
- dubina brušenja

po analogiji s alatom sa više oštrica definirane rezne geometrije i procesu odvajanja čestica rezanjem.

Međutim, proces odvajanja čestica brušenjem je kombinacija rezanja i trenja, pa zavisno o uvjetima brušenja može prevladati rezanje ili trenje u većoj mjeri sa posljedicama na brušenoj površini. Nadalje, rezna geometrija je definirana i znatno se mijenja tokom procesa brušenja. Rezni alat ovdje je rezna površina brusa koja, formirana različitim načinima i uvjetima profiliranja, pokazuje sasvim različita ponašanja u procesu brušenja.

Ranija istraživanja su pokazala trend utjecaja pojedinih elemenata brušenja na silu brušenja kao :
- porastom obodne brzine brusa smanjuje se sila brušenja
- povećanjem volumena odvojenih čestica povećava se sila brušenja
- povećanje brzine posmaka utječe na rast obodne sile brušenja
- ulje, kao SHIP, daje manje obodne sile brušenja od emulzije
- različiti materijali daju različite obodne sile brušenja, koje rastu s tvrdoćom istog materijala i dubinom brušenja
- brus veće tvrdoće daje veću obodnu silu brušenja.

Navedene konstatacije upućuju na zaključak da promjenom : uvjeta brušenja, specifikacije brusa, matrijala brušenja i SHIP-a dolazi do promjena sila brušenja koje mogu varirati i do 100 %. Manje sile brušenja, kod inače istih ostalih uvjeta brušenja, bi trebale značiti dobru sposobnost rezanja, koja zavisi o materijalu, ali i o načinu i uvjetima profiliranja te od SHIP-a. Glavna sila brušenja je najmanja nakon profiliranja, a tokom brušenja raste zbog zatupljenja oštrica. Također i zapunjenje rezne površine brusa česticama vodi do povećanja sila brušenja.

Kod pretvrdog brusa ne dolazi do samooštrenja, pa se oštrice zatupljuju, što rezultira povećanjem sila brušenja. Budući da ponašanje tvrdoće brusa zavisi i od obodne brzine brusa, kod većih obodnih brzina brušenja treba birati mekši brus.

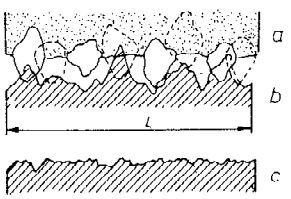
Kod bruseva manje tvrdoće, dolazi do samooštrenja, pa uslijed gotovo konstantnog trenja i oštrih oštrica koje stalno režu ne dolazi do velikog porasta glavne sile brušenja.

Promjene na reznoj površini brusa u toku procesa brušenja, kao što su :
- zatupljenje oštrica
- sabijanje čestica u prostor među oštricama
- samooštrenje

ne utječu na zakonitosti odvijanja procesa koje su bazirane na utjecajnim faktorima kao što su : obodna brzina brusa, brzina posmaka i dubina rezanja. Međutim, može doći do kolebanja sila brušenja i hrapavosti brušene površine. Iz ove analize je lako zaključiti da se reproduciranje rezultata ispitivanja sila brušenja može postići samo onda, ako su svojstva rezne površine brusa konstanta, a isto tako SHIP i materijal, također, trebaju biti isti.

4. HRAPAVOST BRUŠENE POVRŠINE

Hrapavost brušene površine nastaje iz procesa odvajanja čestica, jer oštrice ostavljaju brazde na brušenoj površini, sl. 4. Oblik i dimenzija brazda su slučajnog karaktera i zavise od specifikacije brusa, trošenja rezne površine brusa i oštrica, načina i uvjeta profiliranja, kinematike procesa brušenja, krutosti obradnog sistema itd.



Sl. 4 Shema oblikovanja hrapavosti brušene površine /15/
a - brus
b - obradak
c - profil površine poslije brušenja

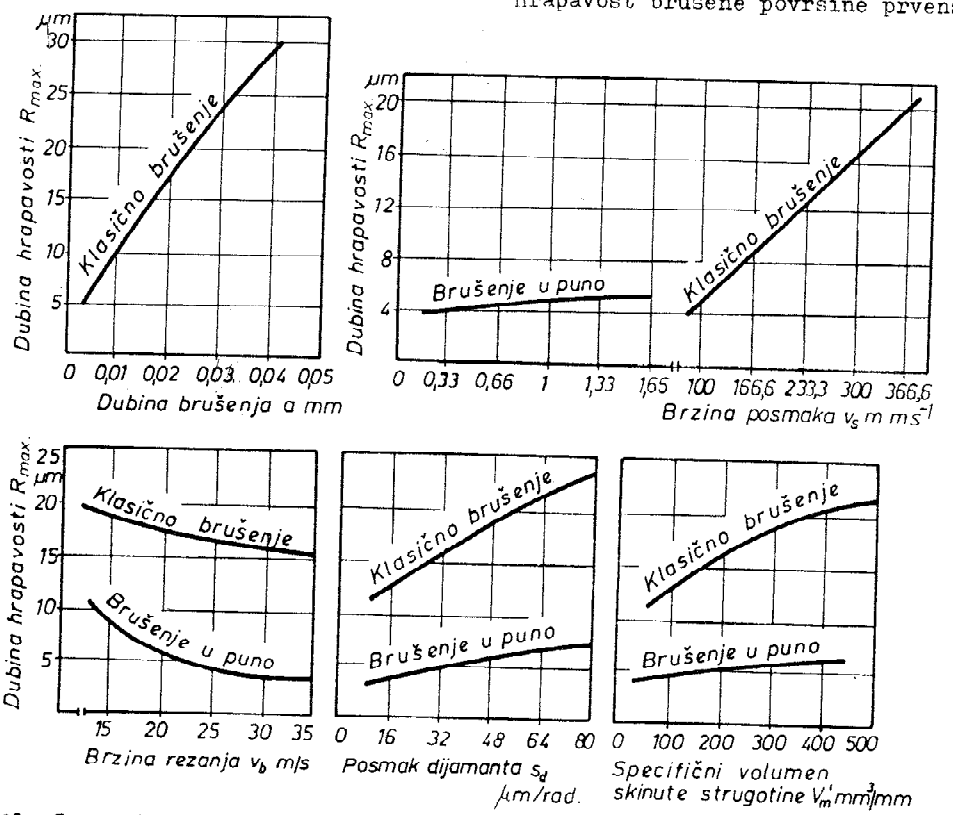
Hrapavost brušene površine ispitivali su mnogi autori /12/, /13/, /14/, /15/, /16/, /17/, /18/, /19/ i /20/ i bazirali svoja istraživanja na utjecaju elemenata brušenja i posmaka dijamanta kod profiliranja jednoreznim dijamantom.

Dosadašnja istraživanja dala su slijedeće spoznaje :

- porastom obodne brzine brusa smanjuje se hrapavost brušene površine i to značajnije kod brušenja u puno nego kod klasičnog brušenja,
- porast brzine posmaka znatno povećava hrapavost brušene površine kod klasičnog brušenja i slabije kod brušenja u puno,
- povećanje dubine brušenja, kod klasičnog brušenja, povećava hrapavost brušene površine,
- povećanje posmaka dijamanta, kod profiliranja jednoreznim dijamantom, povećava hrapavost brušene površine i to znatnije kod klasičnog brušenja,
- povećanjem volumena odvojenih čestica, povećava se i hrapavost brušene površine i to značajnije kod klasičnog brušenja,
- povećanje vremena izbrušavanja, kod klasičnog brušenja smanjuje hrapavost brušene površine.

Na sl. 5 prikazana je zavisnost dubine hrapavosti brušene površine od elemenata i uvjeta brušenja, te profiliranje jednoreznim dijamantom /17/.

Hrapavost brušene površine prvenstveno zavisi



Sl. 5 Dubina hrapavosti u zavisnosti od elemenata i uvjeta brušenja /17/

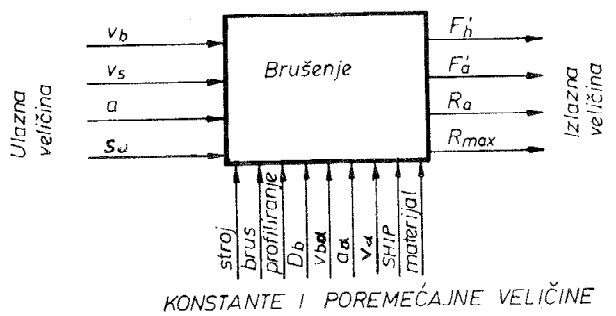
Vrijedi za : - brus Ek 46 I 7 ke
- materijal Ck 45 N, te za :

Klasično brušenje :	Brušenje u puno :
a = 0,02 mm	a = 1 mm
v_o = 300 mm/s	v_s = 1 mm/s
v_b = 25 m/s	v_b = 25 m/s
s_d = 32 um/rad	s_d = 32 um/rad
V'_m = 200 mm^3/mm	V'_m = 200 mm^3/mm

o svojstvima rezne površine brusa pri čemu specifikacija brusa ima značajan utjecaj, osobito zrnatost. Otvorenija struktura daje lošiju hrapavost od zatvorenije. Tvrđi brusevi duže drže zrno vezano, pa se ono više istroši, što smanjuje hrapavost, dok kod mekših bruseva zrnca češće otpadaju ili se drobe pa ulaze u zahvat nove oštrije oštrice. Ovo ima za posljedicu bolje uvjete rezanja, ali lošiju hrapavost brušene površine.
Tvrdi materijali obradaka daju manju hrapavost brušene površine. Mekaniji materijali stvaraju, u odnosu na tvrde materijale, dulje čestice koje se rado lijepe za oštrice te teže izlaze iz prostora za smještaj čestica na reznoj površini brusa, što sve utječe na pogoršanje hrapavosti brušene površine.
SHIP znatno djeluje na hrapavost brušene površine, jer smanjuje trošenje oštrica i trenje u procesu brušenja, te čisti reznu površinu brusa. U jednom slučaju brus bolje reže, ali se jače troši rezna površina brusa i donosi lošiju hrapavost brušene površine. U drugom slučaju, kod smanjene rezljivosti i trošenja rezne površine brusa, postiže se bolja hrapavost brušene površine. Kod velike rezljivosti i jakog makro trošenja rezne površine brusa dolaze stalno u zahvat nova zrnca pa brušena površina postaje hrapavija nego kod manjeg makro trošenja rezne površine brusa.

5. PLANIRANJE POKUSA

Planirati pokus znači unaprijed predvidjeti, na temelju dosadašnjih saznanja iz literature, iskustva i očekivanog cilja, sve faktore i radnje, koji će kroz racionalna ispitivanja dovesti do stjecanja novih saznanja.



Sl. 6 Prikaz utjecajnih veličina procesa brušenja

U ovom radu su ispitivani utjecaji uvjeta brušenja na specifične sile brušenja i hrapavost brušene površine, sl. 6.
Na sl. 6, pored ranije objašnjenog, znače :
- v_s = brzina posmaka u mm/s
- a = dubina brušenja u mm
- F_h' = specifična glavna sila brušenja u N/mm
- F_a' = specifična odrivna sila brušenja u N/mm
- R_a = srednja aritmetička hrapavost brušene površine u μm
- R_{max} = dubina hrapavosti brušene površine u μm

Pretpostavljeni matematički model, koji povezuje ulazne i izlazne veličine, glasi :

$$R = C\, v_b^{p_1}\, v_s^{p_2}\, a^{p_3}\, s_d^{p_4} \qquad \ldots (5)$$

Ulazne veličine su izabrane tako da u najnepovoljnijem slučaju proces brušenja bude stabilan, jer se jedino u tom slučaju ispitivanje može u cjelosti provesti.
Za obodnu brzinu brusa uzeto je kako slijedi:

$$v_{b-max} = 34 \text{ m/s}$$
$$v_{b-sr} = 28{,}6 \text{ m/s}$$
$$v_{b-min} = 24 \text{ m/s}$$

Za brzine posmaka birane su one koje su uobičajene za ovu vrstu posla :

$$v_{s-max} = 2.3 \text{ mm/s}$$
$$v_{s-sr} = 1.54 \text{ mm/s}$$
$$v_{s-min} = 1.03 \text{ mm/s}$$

Za najnepovoljniji odnos obodne brzine brusa i brzine posmaka, prema izabranim vrijednostima, tj. za :

$$\frac{v_{b-min}\ 1000}{v_{s-max}} = \text{minimum}$$

te za najmanji posmak dijamanta, ispitivanjem je dobivena najveća ekvivalentna debljina brušenja od 0,067 μm što odgovara dubini brušenja od 0,63 mm koja je uzeta kao maksimalna za ovo ispitivanje, pa je :

$$a_{max} = 0.63 \text{ mm}$$
$$a_{sr} = 0.33 \text{ mm}$$
$$a_{min} = 0.17 \text{ mm}$$

Posmak dijamanta kod profiliranja jednoreznim dijamantom je izabran tako da najveći posmak, obzirom na dubinu profiliranja, dade pun pro-

fil teoretske dubine hrapavosti, pa je prema tome :

s_{d-max} = 80 μm/rad

s_{d-sr} = 50,6 μm/rad

s_{d-min} = 32 μm/rad

Konstantne i poremećajne veličine su :

Stroj : brusilica za ravno i profilno brušenje FPA-10-S4.2

Materijal : Nikal legura NIMONIC 80A

Brus : visokoporozni, 81A-60-3-G 12-V 18 (ELBE)

promjera: D_b = 0,4 m (promjenljivo)

širine: B_d = 20 mm

Profiliranje : jednorezni dijamant veličine jedan karat i radiusa vrha r_d = 0,3 mm

Obodna brzina brusa pri profiliranju : v_{bd} = 18 m/s

Dubina profiliranja : a_d = 0,15 mm

SHIP : CASTROL SKEAREDGE EP 284 - 2%-emulzija

- količina za brušenje: Q_b=3.333 dm^3/s
- količina za profiliranje : Q_p=1.333 dm^3/s
- pritisak za brušenje: $P_b=3 \cdot 10^5$ Pa
- pritisak za profiliranje : $P_p = 8 \cdot 10^5$ Pa

Ostale veličine u ovim ispitivanjima su držane konstantnim ili je dozvoljena samo tolika promjena koja ne utječe značajno na rezultate ispitivanja. Ovdje se prvenstveno misli na promjer brusa i brzinu dijamanta, koji utječu na veličinu posmaka dijamanta. Da bi se održao posmak dijamanta, kod profiliranja jednoreznim dijamantom, konstantnim pri promjeni promjera brusa, trebalo je uzdužnu brzinu dijamanta povećati, jer je :

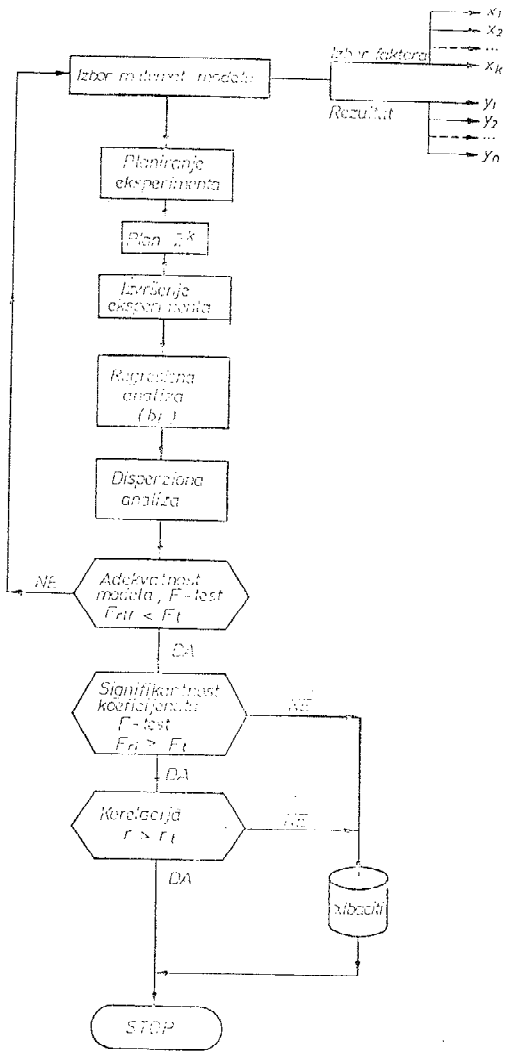
$$s_d = f\ (v_{bd}\ i\ v_d\ )$$

U planiranju pokusa korišten je faktorski plan pokusa, $2^k + n_o$, koji se kao suvremena metoda planiranja pokusa danas gotovo isključivo koristi u izučavanju procesa obrade metala /21/, /22/, /23/, /24/ i /25/.

Funkcionalna zavisnost između odabranih nezavisnih varijabli i zavisne varijable R, za slučaj sa interakcijama, dana je izrazom :

$$R = C\ v_b^{p_1}\ v_s^{p_2}\ a^{p_3}\ s_d^{p_4} \exp\ (p_{12}\ \ln v_b\ \ln v_s + p_{13}\ \ln v_b\ \ln a + p_{14}\ \ln v_b\ \ln s_d + p_{23}\ \ln v_s\ \ln a + p_{24}\ \ln v_s\ \ln s_d + p_{34}\ \ln a\ \ln s_d + p_{123}\ \ln v_b\ \ln v_s\ \ln a + p_{124}\ \ln v_b\ \ln v_s\ \ln s_d + p_{134}\ \ln v_b\ \ln a\ \ln s_d + p_{234}\ \ln v_s\ \ln a\ \ln s_d + p_{1234}\ \ln v_b\ \ln v_s\ \ln a\ \ln s_d) \quad ...(6)$$

Tok ispitivanja i proračun rezultata ispitivanja dat je na sl. 7.



Sl.7 Algoritam ispitivanja i proračuna

6. PROVEDBA I REZULTATI ISPITIVANJA

Ispitivanje sila brušenja vršeno je na uređaju koji se sastoji od dvije mjerne platforme Kistler 9257 A na kojima se nalazi posebno konstruirana stezna naprava u kojoj se steže epruveta dimenzija 250 x 50 x 10 mm. Mjerenje hrapavosti brušene površine vršeno je na uređaju za mjerenje hrapavosti Peerthometer U5A. Radius ticala je iznosio 3 μm.
Na mjernoj platformi je moguće mjeriti horizontalnu i vertikalnu komponentu sile brušenja pa je bilo potrebno iste preračunati u glavnu i odrivnu komponentu sile brušenja. Svi proračuni vezani za ovo ispitivanje vršeni su na računalu Hewlett Packard HP - 9845 B.
Izmjerene sile brušenja, koje su preračunate u specifične sile brušenja i rezultati mjerenja hrapavosti brušene površine dati su u tabeli 1.
Na temelju vrijednosti iz tabele 1, izvršena je matematička obrada i dobiveni su izrazi za proračun specifičnih sila brušenja i hrapavosti brušene površine.

U tabeli 2 dati su izrazi za proračun specifičnih sila brušenja i hrapavosti brušene površine kod profiliranja rezne površine brusa jednoreznim dijamantom. Vrijednosti specifičnih sila brušenja i hrapavosti brušene površine računati po izrazima iz tabele 2, sa velikom vjerojatnošću slijede pokusom dobivene vrijednosti. U ovoj tabeli su dati parametri brušenja i profiliranja te uvjeti brušenja. Ovo vrijedi za brušenje Ni-legure NIMONIC 80A sa visokoporoznim brusom.
Stupanj rezljivosti je dobiven iz formule :

$$\varsigma_r = \frac{F'_a}{F'_h}$$

Specifični učin brušenja je :

$$Z' = a\, v_b \qquad [mm^3/mm\ s]$$

Ekvivalentna debljina brušenja je mjerilo za opterećenje rezne površine brusa i iznosi :

$$h_e = \frac{a\, v_s}{v_b} \qquad [\mu m]$$

Tabela 1 : Plan matrica pokusa $2^4 + 4$ za ispitivanje specifičnih sila brušenja i hrapavosti brušene površine kod profiliranja brusa jednoreznim dijamantom

ULAZNI HIPER PROSTOR																		IZLAZNI HIPER PROSTOR			
ELEMENTI BRUŠENJA / RAZINE		v_b ms^{-1}	v_s mms^{-1}	a mm	S_d $\mu m/rod.$	VIŠEFAKTORNI PLAN															
Gornja (+)		34	2,3	0,63	80																
Srednja (o)		28,6	1,54	0,33	50,6	TIP POLUREPRIKE $2^k + n_o$															
Donja (-)		24	1,03	0,17	32													KOORDINATE VEKTORA IZLAZA			
Kodirani Red. broj pok. / Kodirani pokusi	X_0	X_1	X_2	X_3	X_4	X_1X_2	X_1X_3	X_1X_4	X_2X_3	X_2X_4	X_3X_4	$X_1X_2X_3$	$X_1X_3X_4$	$X_1X_2X_4$	$X_2X_3X_4$	$X_1X_2X_3X_4$	F_a' Nmm^{-1}	F_h' Nmm^{-1}	R_a μm	R_{max} μm
1	1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	1	1,70	0,75	2,45	15,8
2	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	1	1	-1	-1	1,38	0,69	2,35	14,0
3	1	-1	1	-1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	1	1	-1	1	-1	2,60	1,31	2,60	16,0
4	1	1	1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	1	-1	-1	1	1	1	2,30	1,10	2,74	17,3
5	1	-1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	1	-1	4,27	2,00	1,90	10,5
6	1	1	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	1	1	3,25	1,61	1,75	9,2
7	1	-1	1	1	-1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	-1	1	-1	1	6,80	3,97	2,20	13,0
8	1	1	1	1	-1	1	1	-1	1	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1	6,34	2,93	2,10	12,6
9	1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	1,18	0,64	3,70	28,0
10	1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	1	0,69	0,42	3,60	26,0
11	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	1,95	0,90	4,80	33,0
12	1	1	1	-1	1	1	-1	1	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	-1	1,50	0,60	4,40	29,0
13	1	-1	-1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	-1	1	2,98	1,40	3,30	20,0
14	1	1	-1	1	1	-1	1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	2,10	1,00	3,00	19,0
15	1	-1	1	1	1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	-1	1	1	-1	5,88	2,82	3,50	22,0
16	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4,30	2,10	3,25	21,0
17	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,15	1,40	2,60	17,8
18	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,95	1,24	2,70	17,0
19	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,05	1,34	2,75	18,5
20	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,59	1,18	2,80	19,0

Specifična sila rezanja je izračunata po formuli :

$$f_s = 1000 \frac{F'_h}{h_e} \qquad [N/mm^2]$$

Tabela 2. Izrazi za određivanje specifičnih sila brušenja i hrapavosti brušene površine

IZRAZI		PROFILIRANJE JEDNOREZNIM DIJAMANTOM
Specifična odrivna sila brušenja		$Fa' = 355{,}74 \cdot v_b^{-0{,}79} v_s^{0{,}75} a^{0{,}75} s_d^{-0{,}43}$ $r^2 = 0{,}987$
Specifična glavna sila brušenja		$Ft' = 101{,}99 \cdot v_b^{-0{,}71} v_s^{0{,}73} a^{0{,}73} s_d^{-0{,}39}$ $r^2 = 0{,}996$
Srednja aritmetička hrapavost brušene površine		$Ra = 0{,}88 \cdot v_b^{-0{,}17} \cdot v_s^{0{,}19} \cdot a^{0{,}19} \cdot s_d^{0{,}52}$ $r^2 = 0{,}986$
Dubina hrapavosti brušene površine		$Rmax = 5{,}436 \cdot v_b^{0{,}22} v_s^{0{,}21} a^{0{,}27} s_d^{0{,}64}$ $r^2 = 0{,}983$
Parametri brušenja i profiliranja	v_b	24-34 m s^{-1}
	v_s	1-2,3 mm s^{-1}
	a	0,17-0,63 mm
	s_d	32-80 μm/rad.
	v_{b_d}	18 m s^{-1}
Uvjeti brušenja	ε_r	0,42-0,542
	Z'	0,18-1,45 mm^{3}mm^{-1}s^{-1}
	h_e	0,01-0,06 um
	f_s	51780-133981 N/mm^2

7. ZAKLJUČCI

Na temelju prethodnih razmatranja i izvršenih ispitivanja, a koja se odnose na brušenje u puno legure NIMONIC 80A visokoporoznim brusom 81A-60-3-G12-V18, može se zaključiti :

- Specifična sile rezanja f_s kod procesa brušenja jednaka je odnosu specifične glavne sile brušenja i ekvivalentne debljine brušenja.
- Kod profiliranja jednoreznim dijamantom, posmak dijamanta značajno utječe na statički broj oštrica i to tako da se povećanjem posmaka smanjuje statički broj oštrica rezne površine brusa. Ovo ima za posljedicu povećanje dubine hrapavosti i smanjenje specifičnih sila brušenja.
- Specifična glavna i odrivna sila brušenja se smanjuju pri povećanju obodne brzine brusa i posmaka dijamanta, te povećavaju pri povećanju brzine posmaka i dubine brušenja.
- Hrapavost brušene površine se smanjuje povećanjem obodne brzine brusa i dubine brušenja, dok se povećanjem brzine posmaka i posmaka dijamanta povećava.
- Računanje sila brušenja i hrapavosti brušene površine na temelju elemenata brušenja : obodne brzine brusa, brzine posmaka i dubine brušenja vrijedi samo za slučaj stalnih uvjeta profiliranja i istog načina profiliranja. Kada se uvjeti mijenjaju, treba uzeti u obzir elemente rezne površine brusa.

8. LITERATURA

/1/ R. Cebalo, "Optimalno područje brušenja u puno vatrootpornih Ni-legura za plinske turbine", Doktorska disertacija, FSB, Zagreb 1985.

/2/ G. Pahlitzsch, "Bedeutung des Schneidflächenzustandes vod Schleifscheiben für den Schleifprozess", IDR, 8(1974) 3.S.158/68

/3/ M. Kurrein, "Die Messungen der Schleifkraft", Werkstattstechnik, 1927, Heft 20.

/4/ E. Saljè, "Grundlagen des Schleifvorganges" 2.Teil : Zerspanungskräfte beim Schleifen, Werkstatt und Betrieb, 86. Jahrg. 1953, Heft 4.

/5/ K. Brückner, "Der Schleifvorgang und seine Bewertung durch die auftretenden Schnittkräfte". Dissertation, Aachen, 1962.

/6/ K. Brückner, "Die Schneidfläche der Schleifschleibe und ihr Einfluss auf die Schnittkräfte beim Aussenrundeinstechleifen", Industrie Anzeiger, Essen, 86.Jg. Nr. 11-7. Febr. 1964.

/7/ R. Zdenković, "Obrada metala skidanjem", Sveučilište u Zagrebu, FSB, Zagreb 1976.

/8/ K.Th. Preger, "Vorschläge für die Ermittlung der Schleifleistung und für eine ergänzende Kennzechnung der Schleifscheiben" , Werkatatt und Betrieb, 97.Jahrg. 1964. Heft 9.

/9/ H. Opitz, W. König i G. Werner, "Kinematics and Mechanics in Grinding with regard to the Machining Process", New Developments in Grinding, Carnegie Press,Pittsburgh, 1972.

/10/ N. Bajić, "Analiza otpora rezanja u funkciji stepena pohabanosti tocila pri ravnom brušenju", M.F. Kragujevac, decembra 1976.
/11/ Š. Šavar, "Obrada odvajanjem čestica", II dio, Sveučilišna naklada Liber, Zagreb 1978.
/12/ G. Stade, "Technologie des Schleifens", Carl Hanser Verlag, München 1962.
/13/ E. Saljé, "Grundlage des Schleifvorganges", 1. Teil : Die Rauhtiefe beim Schleifen, Werstatt und Betrieb, 86. Jahrgang, Febr. 1953. Heft 2.
/14/ H. Muren, "Vpliv geometrije brusne plošče na kvaliteto površine", Zbornik saopštenja VII savjetovanja proizvodnog mašinstva I knjiga - Obrada rezanjem, Novi Sad, 1971.
/15/ E.N. Maslov, "Teorija šlifovanja materijalov", Mašinostroenie 1974.
/16/ W. König, "Grundlagenuntersuchungen des Schleifprozesses und ihre Aussagen für die Praxis", Technische Mitteilungen, 68. Jahrgang, Heft 7/8, Juli/August 1975.
/17/ H. Brandin, "Vergleichende Unterzuchung zwischen Pendel und Tiefschleifen", 1. Feinbearbeitungskolloquim, TU Braunschweing 1976.
/18/ R. Frühling, "Die Abhängigkeit der Werkstückrauhtiefe von der Schleifscheibentopografiё", TU Braunschweig IWF, 1. Feinbearbeitungskolloquium, Juni 1976, str. 27-31.
/19/ H. Noichl i G. Lutz, "Oberflächenqualität, eine Funktion von Schleifscheibe, Werkstoff, Maschine, "Schleifen und Trennen, Tyrolit, folge 83/1977.
/20/ R. Stabenow, "Einfluss von Schleischeibenspezifikationen auf das Schleifergebnis", Jahrbuch Schleifen, Hohen, Läppen und Polieren, 50. Ausgabe, Vulkan-Verlag Essen 1981. S. 237 - 248.
/21/ J. Stanić, "Metod inženjerskih mjerenja", M.F. Beograd, 1981.
/22/ J. Stankov, "Osnove merne tehnike, metode planiranja eksperimenta", Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 1982.
/23/ Ch. Lipson i N.J. Sheth, "Statical Design and Analysis of Engineering Experiments", McGraw-Hill Kogakusha, Ltd. Tokyo, 1973.
/24/ I. Pavlić, "Statistička teorija i primjena", Panorama, Zagreb, 1965.
/25/ R. Kovačević i J. Stanić, "Optimizacija obradnih procesa", Proizvodnja, godina III, novembar 1982.

R.Cebalo

THE EFFECTS OF THE DIAMOND FEED IN CONTOURING THE CUTTING SURFACE OF A GRINDING WHEEL UPON THE GRINDING FORCES AND MACHINED SURFACE ROUGHNESS

Abstract

Presented in the paper are the results of the investigations of the conditions in contouring the cutting surface of a grinding wheel with a single-edge diamond upon the grinding forces and machined surface roughness.The value of the diamond feed, with given radius of the diamond tip and depth of cut into the cutting surface of the grinding wheel, affects the creation of a certain number of cutting edges on the grinding wheel surface.The grinding forces and machined surface roughness depend, among other factors, upon the number of cutting edges on the grinding wheel surface.

XIX SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE
Kragujevac, septembar 1985.

PRILOG ODREDJIVANJU KONTAKTNIH TEMPERATURA PRI RAVNOM BRUŠENJU

D. Milikić, Fakultet tehničkih nauka, Institut za proizvodno mašinstvo, Novi Sad
P. Kovač, Fakultet tehničkih nauka, Institut za proizvodno mašinstvo, Novi Sad
M. Rvović, LŽTK, Kikinda

REZIME

U radu se analizira proces brušenja sa stanovišta razvoja toplotne energije. U eksperimentalnom delu rada odredjuje se uticaj pojedinih parametara režima rezanja na visinu temperature u površinskom sloju obradka. Ova zavisnost je data jednačinom (2) i važi za ravno brušenje čelika Č 1220, brzinu rezanja od 31,5 (m/s), brzine obradka od 6 do 24 (m/min), bočni pomak od 3 do 12 (mm/hod) i dubine rezanja od 0,005 do 0,002 (mm).

1. UVOD

Jedan od najvažnijih zadataka, od čijeg uspešnog rešenja zavisi dalji napredak savremene tehnike, je povišenje eksploatacionih svojstava delova, odnosno povećanje radnog veka mašina i drugih uredjaja i njihove pouzdanosti pri radu.

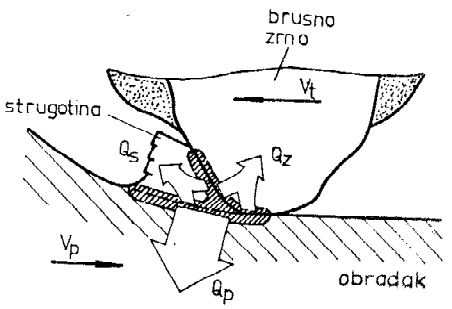
Rešenje ovog zadatka može biti ostvareno putem poboljšanja tehnologije obrade metala rezanjem, obezbedjenjem visokog kvaliteta površinskog sloja obradjenog dela. Obzirom da se brušenje koristi kao najekonomičniji postupak završne obrade delova, u kojoj se postiže visok kvalitet i tačnost obrade, to je razumljivo da je u poslednjih 30 godina ovaj proces veoma intenzivno istraživan.

Ispitivanja sprovedena od strane većeg broja autora /9/ na ležajevima i drugim vitalnim delovima avionske i automobilske industrije kao i drugih grana mešinogradnje, pokazala su da razni defekti površinskog sloja (nagorela površina, zaostali naponi, pad površinske tvrdoće i mikropukotine) koji nastaju pri brušenju, samanjuju kontaktnu i cikličnu otpornost dela za oko 10 puta. Zbog toga je veoma važno dobijanje brušenih površina bez pomenutih defekata, koje sa drugim pokazateljima fizičkih svojstava radnih površina, obezbedjuju dobra eksploataciona svojstva i dug vek trajanja tih delova.

2. RAZVOJ I DISTRIBUCIJA TOPLOTNE ENERGIJE

Poznato je da u mehanizmu nastanka površinskih defekata pri brušenju, glavnu ulogu igraju toplotne pojave koje neminovno prate ovaj proces. Proces brzog mikrorezanja, koji karakteriše proces brušenja, izaziva u površinskom sloju obradka veliki broj toplotnih izvora sa visokim temperaturama. Tako se u površinskom sloju obradka odvija svojevrstan termički proces koji je karakterisan visokom brzinom i trenutnom temperaturom zagrevanja, kratkotrajnim dejstvom te temperature i velikom brzinom hladjenja (naročito ako se brušenje odvija pri upotrebi rashladnog sredstva). Krajnji rezultat delovanja ovog procesa je dobijanje obradjene površine sa nizom već pomenutih defekata.

U procesu brušenja se skoro sav mehanički rad mikrorezanja pretvara u toplotnu energiju. Samo neznatan deo ovog rada (oko 0,1%) se pretvara u energiju izmene kristalne rešetke materijala koji se obradjuje. Tako nastala toplota energija odvodi se preko obradka, tocila, strugotine i rashladnog sredstva, dok se samo neznatan deo odvodi zračenjem. Veliki broj teoretskih i eksperimentalnih istraživanja pokazuju da se pri standardnim operacijama brušenja, zavisno od režima obrade, 70÷80% razvijene toplotne energije odvodi preko obradka, 15÷20% preko strugotine, a ostatak preko tocila (slika 1.).



Sl.1. Zone nastajanja i distribucije toplotne energije pri rezanju jednim brusnim zrnom

3. KARAKTERISTIČNE TEMPERATURE

U temperaturskom polju koje nastaje pri obradi brušenjem razlikujemo sledeće karakteristične temperature:

θ_M - trenutna temperatura, najveća temperatura koja se razvija neposredno u zoni mikrorezanja jednim brusnim zrnom. Ona ima vrlo visoku vrednost i u izvesnim slučajevima može dostići i temperaturu topljenja materijala radnog predmeta.

θ_K - kontaktna temperatura, srednja temperatura zone kontakta tocila sa materijalom radnog predmeta (zona brušenja). U poredjenju ove

temperature sa trenutnom temperaturom, ona ima znatno manju vrednost pogotovo pri brušenju sa hladjenjem.

Kontaktna temperatura je u uskoj vezi sa intenzitetom odvodjenja toplotne energije iz zone rezanja, pa kao takva može veoma dobro da posluži za definisanje uslova pri kojima može doći do raznih defekata u pograničnom sloju.

θ_p - temperatura radnog predmeta, srednja temperatura površinskog sloja radnog predmeta. Niža je od kontaktne temperatui i može da utiče na toplotnu deformaciju obradka.

Na osnovu napred rečenog vidi se da kontaktna temperatura ima najbolje mogućnosti u pogledu definisanja uslova pri kojima mogu nastati defekti u površinskom sloju obradka. To su pre svega nagorele površine, zaostali naponi, pod površinske tvrdoće i mikropukotine u površinskom sloju. Sa druge strane poznato je da elementi režima brušenja imaju znatan uticaj na razvoj toplotne energije u zoni rezanja, pa i na visinu ove temperature. To su svakako bili razlozi da je najveći broj istraživača odredjivao baš ovu temperaturu, ispitujući pri tom uticaj pojedinih parametara procesa brušenja na njenu veličinu.

Na osnovu iznetog proizilazi da je analizu temperatura pri obradi brušenjem moguće izvršiti preko kontaktne temperature, slično onoj koja se kod obrade na strugu vrši preko srednje temperature.

Nastavljajući neka naša ranija istraživanja, u ovom radu se odredjuju kontaktne temperatura u površimskom sloju obradka pomoću jedne usavršene merne metode sa ugradjenim termoelementima. Na bazi racionalnog plana eksperimenta dolazi se do izraza za ovu temperaturu u zavisnosti od osnovnih parametara režima rezanja.

Zavisnost kontaktne temperature i osnovnih parametara režima rezanja može se predstaviti u sledećem obliku:

$$\theta_K = C_K \cdot v_p^{x_K} \cdot \delta^{y_K} \cdot s^{z_K} \quad (^oC) \qquad (1)$$

gde je:

C_K - konstanta čije fizičko značenje se odredjuje uslovima izvodjenja eksperimenta (uslovi obrade i ostali uticaji)

v_p - brzina radnog predmeta (stola) (m/min)

δ - dubina brušenja u jednom prolazu (mm)

s - bočni pomak po hodu stola (mm/hod)

x_K, y_K, z_K - eksponenti čije vrednosti govore o uticaju pojedinih ulaznih parametara (elemenata režima obrade).

Odredjivanje konstante C_K i eksponenta x_K, y_K i z_K moguće je ostvariti putem merenja kontaktne temperature a uz primenu statističkih metoda obrade rezultata.

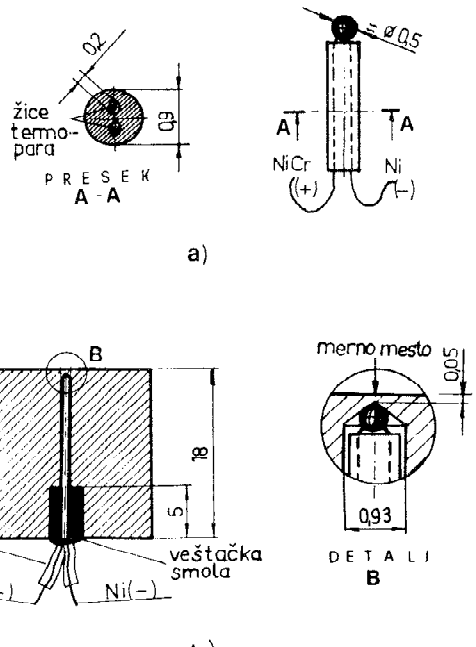
Ovako dobijena jednačina daje mogućnost da se oceni uticaj pojedinih parametara režima rezanja na visini temperature u površinskom sloju obradka, kao i da se njihovim izborom obezbedi da ona ne prekorači željenu vrednost pri obradi, odnosno da se izbegne nastajanje defekata pri obradi.

4. EKSPERIMENTALNA ISPITIVANJA

4.1 Merenje kontaktne temperature

Obzirom na niz prednosti u odnosu na druge metode, koje su detaljno opisane u literaturi (1), merenje kontaktne temperature vrženo je pomoću veštačkog termopara NiCr-Ni, koji je na poseban način ugradjen u obradak.

Žice termopara, prečnika 0,1 mm, zavarene posebnim postupkom, obrazuju loptasti oblik mernog mesta prečnika oko 0,5(mm). Iste su, u delu koji ide kroz obradak (uzorak) medjusobno izolovane pomoću jedne keramičke cevčice prečnika 0,9 (mm) sa dva aksijalna otvora, a dalje do mernog instrumenta PVC izolacijom. Izgled jednog takvog termopara dat je na sl.2a.



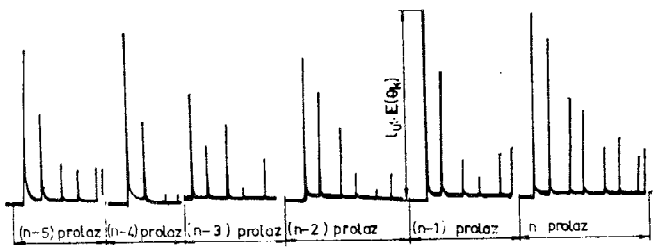
Sl.2 Izgled korišćenog veštačkog termopara (a) i opitnog uzorka sa ugradjenim termoparom (b)

Obradak, tj. opitni uzorak, napravljen je u vidu kocke stranice 18 (mm) u čijem središtu je ugradjen prethodno opisani termopar, na način kako je to prikazano na slici 2 b.

U cilju što tačnijeg merenja kontaktne temperature, temperatura "hladnog" spoja termopara je tokom merenja stalno održavana na 0°C, tako što su kontakti termopara bili uronjeni u termos bocu sa mešavinom leda i vode.

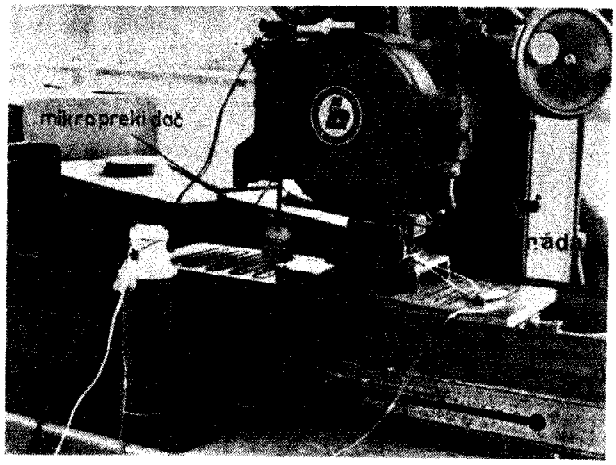
Registrovanje nastalih termonapona vršeno je na svetlosnom oscilografu HOTTINGER BALDWIN tip AF 8 UV-G.

Da bi se dobio upotrebljiv zapis na traci oscilografa izvršeno je prethodno baždarenje pomoću kompenzacionog instrumenta "THERMOCONTROL" tip YHK.



Sl.3 Karakterističan zapis na traci oscilografa pri v_p = 12m/min, δ = 0,01mm, S = 12mm/hodu

Na sl.3 dat je jedan od zapisa na traci oscilografa, a na sl.4 detalj opitnog mesta.



Sl.4 Detalj opitnog mesta

4.2 Uslovi pri eksperimentalnim ispitivanjima

Kao materijal uzoraka korišćen je čelik za cementaciju Č 1220, na kome je izvršena gasna cementacija na dubini od 0,8 do 1,2 (mm) i kaljenje u vodi. Od 32 tako pripremljena uzorka odabrano je 12 (za trofaktorni eksperiment) sa najvećim postignutim tvrdoćama površinskog sloja i sa najmanjim medjusobnim odstupanjima. Pregled ovih vrednosti dat je u tabeli I.

TABELA I:

Broj uzoraka	21	29	15	6	18	4	9	31	8	16	5	25
Tvrdoća HRC	62,5	61,33	61,16	61,16	60,83	60,33	60,16	60,00	59,83	59,33	58,33	58,33

Brušenje je izvršeno tocilom 2860K8V proizvodnje "Swaty" - Maribor.

Ispitivanja su izvršena na brusilici za ravno brušenje VRB - 750, proizvodjača LZT "K" iz Kikinde.

Eksperimenti su izvedeni bez primene sredstva za hladjenje i podmazivanje sa brzinom tocila koja je iznosila cca 31,5 (m/sek).

4.3 Planiranje eksperimenta i obrada rezultata

Kod planiranja eksperimenta, uključujući i potreban broj opita, korišćen je metod faktornog eksperimenta, koji bazira na statističkim metodama uz primenu matrične algebre. Shodno tome izvršeno je kodiranje veličina parametara režima obrade, koji su varirani u toku izvodjenja eksperimenta, prema tabeli II.

TABELA II:

Nivoi faktora	Brzina radnog predmeta v_p [m/min]	Dubina brušenja δ [mm]	Poprečni pomak s [mm/hod]	Kodovi faktora		
				x_1	x_2	x_3
Maksimalni	24	0,020	12	1	1	1
Srednji	12	0,010	6	0	0	0
Minimalni	6	0,005	3	-1	-1	-1

Na dalje je sačinjena ortogonalna plan matrica eksperimenta, formirana pomoću latinskog kuba broja eksperimenata, data tabelom III. Redosled izvodjenja pojedinih eksperimenata odredjen je pomoću tablice slučajnih brojeva.

TABELA III:

broj opita	PARAMETRI REZIMA OBRADE			KOD PROMENLJIVE				REZ.MERENJA
	V_p m/min	δ mm	S mm/hod	X_0	X_1	X_2	X_3	KONTAKTNA TEMPERATURA Θ_k [°C]
	PLAN MATRICA EKSPERIMENTA							
1	6	0,005	3	1	-1	-1	-1	230
2	24	0,005	3	1	1	-1	-1	86
3	6	0,020	3	1	-1	1	-1	539
4	24	0,020	3	1	1	1	-1	225
5	6	0,005	12	1	-1	-1	1	83
6	24	0,005	12	1	1	-1	1	43
7	6	0,020	12	1	-1	1	1	343
8	24	0,020	12	1	1	1	1	144
9	12	0,010	6	1	0	0	0	324
10	12	0,010	6	1	0	0	0	237
11	12	0,010	6	1	0	0	0	275
12	12	0,010	6	1	0	0	0	253

Odredjivanje konstanata iz jednačine (1) vršeno je obradom eksperimentalnih rezultata iz tabele III metodom najmanjih kvadrata. Ova obrada izvršena je na elektronskom računaru VARIAN 73 i pri tom su dobiveni sledeći rezultati:

$$C_K = 80525,5;\ x_K = -0,61;\ y_K = 0,80;\ z_K = -0,47$$

Konačan izraz za kontaktnu temperaturu pri ravnom brušenju u funkciji parametara režima rezanja ima oblik:

$$\Theta_K = 80525,5\ v_p^{-0,61}\ \delta^{0,80}\ s^{-0,47} \qquad (2)$$

Provera adekvatnosti matematičkog modela datog jednačinom (1), vršena je pomoću statistike Fišera, pri čemu je računska vrednost Fišerovog koeficijenta iznosila $F_r = 9,30$ a tablična $F_t = 9,01$, za 95% pouzdanost. Obzirom da je $F_t \approx F_r$ to ušvojeni matematički model odgovara.

Ocena tačnosti modela vršena je preko intervala poverenja primenom statistike Studenta. U tabeli IV dati su rezultati ovog proračuna, koji takodje zadovoljavaju.

TABELA IV:

Broj opita	Kontaktna temperatura Θ_K °C		Interval poverenja 95% pouzdanost	
	merena	računata po j-ni(2)	od	do
1	2	3	4	5
1.	230	231,1	136,7	390,7
2.	86	99,2	57,7	167,7
3.	539	701,4	414,9	1185,6
4.	225	301,1	178,1	508,9
5.	83	120,3	71,2	203,4
6.	43	51,6	30,6	87,3
7.	343	365,2	216,0	617,3
8.	144	156,7	92,7	265,0
9.	324	190,3	152,1	238,1
10.	237	190,3	152,1	238,1
11.	275	190,3	152,1	238,1
12.	253	190,3	152,1	238,1

5. ZAKLJUČCI

Dobijena j-na (2) omogućuje, pre svega, da se, za odredjene elemente režima rezanja i ostale uslove koji odgovaraju uslovima ispitivanja, odredi kontaktna temperatura (θ_K) i na osnovu nje proceni mogućnost nastanka raznih defekata u površinskom sloju obradka. Osim ovoga moguć je i obrnuti postupak, prvo odabrati vrednost kontaktne temperature, koja neće izazvati štetna uticaje na svojstvo površinskog sloja, a zatim odrediti elemente režima rezanja koji joj odgovaraju.

Posmatrajući vrednosti izmerenih temperatura brušenja možemo zaključiti da pri istim ne dolazi do faznih i strukturnih promena u površinskom sloju. Naravno ova konstatacija ne mora da važi i za uzorke čija bi masa bila manja od mase uzorka koji su korišćeni pri ovim eksperimentalnim ispitivanjima.

Na osnovu izabrane merne metode i izmerenih vrednosti za kontaktnu temperaturu, kao i na osnovu statističke obrade rezultata merenja, mogu se izvući sledeći opšti zaključci:

(1) Primenjena metoda za merenje temperature površinskog sloja obradka pokazala se kao tačna, pouzdana i ekonomična.

(2) Postavljeni matematički model (1) kojim se uspostavlja veza izmedju kontaktne temperature i elemenata režima rezanja zadovoljava kako u pogledu adekvatnosti tog modela, tako i u pogledu signifikantnosti parametara režima rezanja.

(3) Na osnovu veze predstavljene jednačinom (2) moguće je izvesti sledeće zaključke o uticaju pojedinih elemenata režima obrade na kontaktnu temperaturu:

Dubina rezanja ima najveći uticaj na kontaktnu temperaturu i to tako što njenim povećanjem raste i kontaktna temperatura, obzirom da je eksponent y_K u modelu pozitivan.

Brzina obradka (stola brusilice) ima nešto manji uticaj na kontaktnu temperaturu od dubine rezanja i njenim povećanjem opada kontaktna temperatura, obzirom da je eksponenet u modelu x_K negativan. To se slaže sa dosadašnjim ispitivanjima i objašnjava se time što se većim brzinama obradka umanjuje vreme delovanja toplotnog izvora u zoni kontakta. Nasuprot tome povećanjem dubine rezanja troši se veći rad na plastično deformisanje metala pa se povećava jačina toplotnog izvora, a rezultat toga su veće kontaktne temperature.

Najmanji uticaj, ali ipak značajan, ima bočni pomak. Njegovo dejstvo je takvo da se sa povećanjem istog smanjuje kontaktna temperatura, obzirom da je eksponent u modelu (z_K) negativan. Ovakvo dejstvo pomaka na vrednosti kontaktnih temperatura pomalo je iznenedjujuće. No, ipak s obzirom na broj izvršenih i ponavljanih eksperimenata, čiji su se rezultati i dosta dobro slagali, moramo ostati pri ovom zaključku.

Ovi zaključci o uticaju pojedinih elemenata režima rezanja nam omogućuju da odaberemo takvu kombinaciju ovih parametara koji daju najmanju temperaturu u površinskom sloju obradka.

Primenom plana eksperimenta se, relativno brzo i sa malim brojem opita, dolazi do zavisnosti (2), pa je ispitivanje moguće sprovesti za veliki broj različitih kombinacija: mat. obradka - veličina obradka - vrsta tocila - vrsta rashladnog sredstva i dr. Ovako dobijeni rezultati imaju izvanredan značaj za stvaranje banka tehnoloških podataka a isto tako i za razvoj sistema adaptivnog upravljanja brusilicama.

LITERATURA

(1) Milikić, D.: Analiza temperatura u temperaturskom polju i njihov uticaj na svojstvo površinskog sloja radnog predmeta pri obradi brušenjem.
Magistarski rad, FTN Novi Sad, 1976.

(2) Milikić, D.: Prilog analizi temperatura u temperaturskom polju pri obradi brušenjem
I Naučno-stručni skup MMA '76, Novi Sad, 1976.

(3) Rvović, M.: Odredjivanje izraza za kontaktne temperature pri obradi ravnim brušenjem.
Diplomski rad, FTN Novi Sad, 1982.

(4) König, W. Dederichs, M. Temperaturmessungen und Arbeitsergebnisse beim Flachschleifen, Industrie-Auzeiger,
96 (1974) Nr 38.

(5) Werner, G. Dederichs, M. Spanbildungsprozess und Temperaturbeeinflussung des Werkstücks beim Schleifen, Industrie-Auzeiger,
94 (1972) Nr 98

(6) Maris, M. Snoeys R. Heat affected zone in grinding operations, Proc. 14th Int.Mach. Tool. Des und Res.Conf.Manchester,1973. London - Basingstoke, 1974.

(7) Bokučava,G.V. Temperatura rezanija pri šlifovanii, Vestnik mašinostroenia, 1963, Nr.11

(8) Maslov,E.N. Teorija šlifovanija materialov, Mašinostroenie, Moskva, 1974.

(9) Jaščericin,P.I. Toplovie javlenija pri šlifovanii i svoistva obrabotannih poverhnostei, Nauka i tehnika, Minsk, 1973.

(10) Jakimov,A.V. Optimizacija processa šlifovanija, Mašinostroenie, Moskva, 1975.

D.Milikić, P.Kovač, M.Rvović

A CONTRIBUTION TO THE DETERMINATION OF CONTACT TEMPERATURES IN PLANE GRINDING

Abstract

The grinding process is analysed in the paper from the standpoint of thermal energy generation. In the experimental part of the work effects are determined of the individual parameters of the cutting regime upon the magnitude of temperature in the surface layer of the workpiece. This relationship is expressed by means of formula (2), and is valid for plane grinding of the Č1220 steel, with the speed of 31,5m/s, feed of 6 to 24m/min, lateral feed of 3 to 12mm/stroke and depth of cut of 0.005 to 0.002mm.

XIX SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE
Kragujevac, septembar 1985.

ISTRAŽIVANJE NORMALNIH REAKCIONIH SILA NA PERIFERNIM VODJICAMA U KONTAKTNOJ ZONI ALATA SA OBRADKOM U BTA PROCESU DUBOKOG BUŠENJA

Lj. Lukić, Lola Institut za alatne mašine i alate, Beograd
V. Šolaja, Lola Institut za alatne mašine i alate, Beograd

R e z i m e

Normalne reakcione sile na perifernim vodjicama alata uvek su prisutne u stabilnom procesu dubokog bušenja. Ove sile imaju glavni uticaj na veoma složeni proces trenja, deformisanja i oblikovanja koji obavljaju periferne vodjice u obradnom procesu. Normalne sile su merene specijalnim mernim alatom sa piezoelektričnim davačima, koji ima konstrukcijske parametre konvencionalnog alata. Ispitani su uticaji na intenzitet normalnih sila, koji potiču od faze procesa, elemenata režima rezanja i radijusa kontaktne površine vodjica. Merenjima je identifikovana velika razlika u opterećenju dveju vodjica na BTA alatu konvencionalnog tipa, što dovodi do pojave niza poremećaja u obradnom procesu dubokog bušenja.

INVESTIGATION OF NORMAL REACTION FORCES ON GUIDE PADS IN THE TOOL-WORKPIECE CONTACT ZONE IN THE BTA DEEP HOLE DRILLING PROCESS

S u m m a r y

Normal reaction forces on tool guide pads are always present in the stable deep hole drilling process. These forces are a major influence in the complex process of friction, deformation and shaping as performed by guide pads in the machining process. Measurment of normal forces was carried out by a special measuring tool equiped with a piezoelectric transducer and of conventional tool design parameters. Intensity of normal forces originating from the process phase, cutting speed and feed rates and the radius of the pad contact area was investigated. Measurments identified a substantial diference in loads between the two guide pads on the BTA tool of conventional type, resulting in a serious of disturbances in the deep hole drilling process.

1. UVODNA RAZMATRANJA

Duboko bušenje spada u grupu specijalnih postupaka obrade metala sa nizom specifičnosti u poredjenju sa drugim metodama obrade rezanjem. Specifičnosti se ogledaju najpre kroz potreban odgovarajući oblik strugotine radi njenog efektnog odvodjenja iz zone rezanja, zatim efikasno hladjenje i podmazivanje radnih elemenata alata a posebno kroz pojave na liniji obradak - alat pri formiranju obradjene površine. Obradni proces dubokog bušenja je složen iz procesa rezanja koga obavljaju sečiva i procesa trenja, plastičnog deformisanja i oblikovanja obradjene površine koga istovremeno u malom aksijalnom geometrijskom zaostatku obavljaju periferne vodjice, vršeći paralelno i svoju osnovnu ulogu u pogledu tačnog vodjenja alata tokom obradnog procesa.

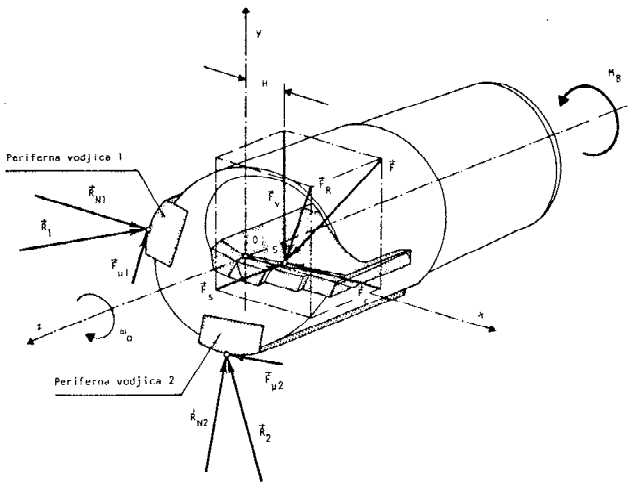
U stabilnijim obradnim procesima primenjuju se alati sa dve periferne vodjice, kojima se vrši oslanjanje na obradjenu površinu obradka. Periferne vodjice alata, procesom trenja i deformisanja u kontaktnoj zoni sa obradkom ostvaruju direktni uticaj na profil obradjene površine. Dejstvom rezultujuće sile sa napadnom tačkom u predelu sečiva alata, periferne vodjice imaju svoj sopstveni radijalni zahvat (dubine oko 0,020 mm) u materijalu obradka. Egzistiranje rezultante, u sistemu napadnih sila na alatu

Dr Ljubomir S.Lukić,dipl.ing., saradnik-istraživač LOLA Instituta IAMA, 27.marta 80, Beograd

Prof.Dr Vladimir B.Šolaja,dipl.ing., redovni profesor Mašinskog fakulteta u Beogradu i direktor LOLA Instituta IAMA, 27.marta 80, Beograd

Prezentira se samo jedan deo rezultata iz programa Istraživanja i razvoja savremene tehnike i tehnologije dubokog bušenja, u okviru strateškog projekta RZNS 2.34.- RAZVOJ PROIZVODA I TEHNOLOGIJE PROIZVODNJE U INDUSTRIJI PRERADE METALA

u procesu dubokog bušenja (inercijalne sile, sile rezanja, trenja, pritiska fluida za hladjenje i podmazivanje, sile sopstvene težine alata itd.), prema Njutnovim zakonima podrazumeva i reakcione sile u kontaktnim, oslonim tačkama alata. Normalne komponente reakcionih sila na perifernim vodjicama su ustvari radne sile deformisanja i izravnavanja mikro-neravnina u procesu dubokog bušenja (sl.1). U normalnom toku procesa dubokog bušenja periferno sečivo alata praktično nema direktnog uticaja na kvalitet i formu obradjene površine, već održava konstantnu dubinu zahvata perifernim vodjicama /1/.



Sl.1.- Sistem napadnih sila na BTA alatu za duboko bušenje

Zbog svega toga je veoma značajno da periferne vodjice imaju ravnomerno opterećenje, odnosno da normalne reakcione sile (sl.1) budu jednake u toku obradnog procesa. Time se postiže ravnomerno habanje vodjica, jednakost temperaturskih stanja, istovetnost uslova hidrodinamičkog podmazivanja i ostvaruje niz drugih povoljnosti u pogledu tačnog vodjenja alata i visokog nivoa ostvarenih karakteristika kvaliteta obradjenog otvora.

Sprovedena su eksperimentalna istraživanja normalnih reakcionih sila na perifernim fodjicama konvencionalnog BTA alata za duboko bušenje proizvodnje Gebrüder Heller iz Bremena, u cilju identifikacije njihovog stvarnog opterećenja i iznalaženja poboljšanih koncepcija i geometrijskih odnosa u konstrukcijskim parametrima alata*).

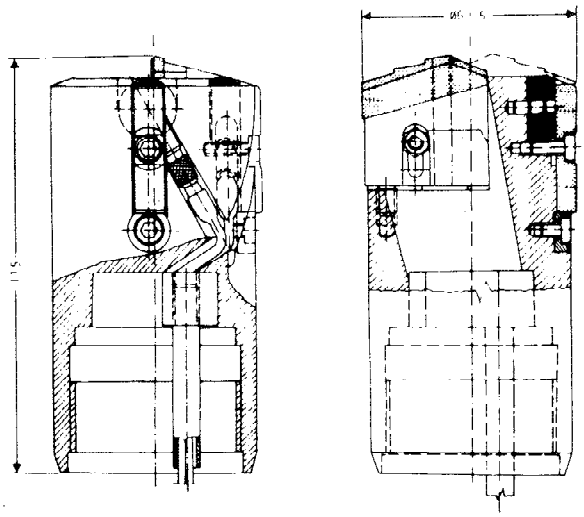
*) *Istraživanja su sprovedena u okviru programa disertacije autora /1/ a realizovana su u Institut-u für Spanende Fertigungsverfahren (o.prof.dr Ludolf Cronjäger) Univerziteta u Dortmundu.*

2. EKSPERIMENTALNA MERNA GLAVA

Da bi se izvršila ispitivanja bilo je potrebno razviti odgovarajuću specijalnu mernu glavu, koja mora posedovati neke važne karakteristike:

(i) dovoljnu osetljivost sa odgovarajućim opsegom merenja,
(ii) zadovoljavajuću krutost i čvrstoću,
(iii) maksimalnu sličnost sa standardnim alatima,
(iv) da ne poseduje povratno dejstvo na proces rezanja,
(v) da poseduje visoku sopstvenu frekvencu i da omogućuje merenje dinamičkog dela normalnih reakcionih sila na perifernoj vodjici 1 R_{N1} i perifernoj vodjici 2 R_{N2} i
(vi) da ima mogućnost jednostavnog napajanja energijom.

Rešenje merne glave (sl.2) koje ispunjava potrebne zahteve, izvedeno je na jednostavan način od obične BTA jednosečne glave za duboko bušenje sa izmenljivim sečivom u vidu kasete, proizvodnje Gebrüder Heller iz Bremena i sa izmenljivim perifernim vodjicama. U telu alata urezana su dva žleba za odvod provodnika i obradjena dva mala kućišta ispod perifernih vodjica za postavljanje piezoelektričnih davača sa čeone strane alata (sl.2).

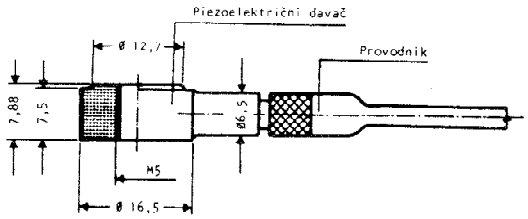


Sl.2.- Piezoelektrična merna glava za merenje normalnih reakcionih sila u kontaktnim tačkama alata i obradka

Osnov za rešenje merne glave čini piezoelektrični davač sile, proizvodnje američke firme PCB Piezotronics, Inc. iz Njujorka, tipa 201A05 (sl.3) i mogućnost njegove ugradnje upravno na napadnu liniju normalne komponente reakcione sile, ispod periferne vodjice. Na njega se oslanja periferna vodjica približno jednom trećinom svoje dužine, pa se na tom rastojanju identifikuje delovanje

normalnih sila R_{N1} i R_{N2}.

Tip davača	201A05	
Vremenska radna konstanta	2000	sec
Max. sila merenja	22	kN
Osetljivost	224	mV/kN
Linearnost (max. greška)	1	%
Sopstvena frekvenca	70	kHz
Napon napajanja	± 0,5	V
Radna temperatura	- 100/+250	^{o}F
Temperaturski koeficijent	0.03	$\%^{o}F$



Sl.3.- Piezoelektrični davač PCB Piezotronics sa tehničkim karakteristikama

Problemi energijskog napajanja kvarcnih davača sa piezoelektričnim efektom pri statičkim merenjima sile u jednom dužem vremenskom intervalu zbog nemogućnosti totalne izolacije provodnika, eliminisani su kod davača tipa 201A05 ugradnjom minijaturnog pojačivača zajedno sa elektrodama i pločicama od kvarnog kristala unutar kućišta. Osim toga primenom davača ovog tipa izbegnute su teškoće zbog temperaturskih pojava (lepljenja mernih traka i ostalog). Ovo konstrukcijsko rešenje merne glave može se primeniti samo u eksperimentu gde obradak izvodi glavno obrtno kretanje, jer su provodnici smešteni unutar dugog cevastog nosača alata.

3. USLOVI EKSPERIMENTA

Obradak:

Materijal Č.1530 spoljašnjeg prečnika d_o = 115 mm i približne dužine 800 mm.

Alat:

Eksperimentalna merna glava BTA-Heller d = 60 mm.

Obradni sistem:

Heidenreich & Harbeck - Hamburg, tipa B2B sa ACC adaptivnim upravljanjem.

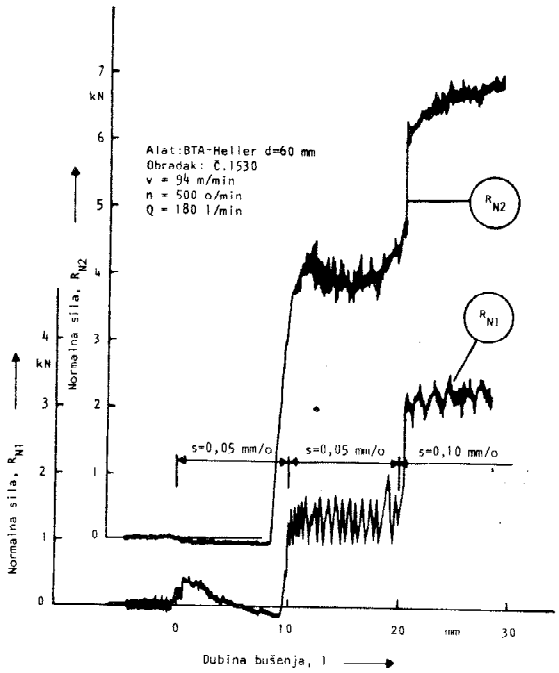
Brzina glavnog kretanja: v = 94 m/min, n = 500 o/min.

Brzina pomoćnog kretanja: s_1 = 0,05 mm/o, s_2 = 0,10 mm/o.

Protok fluida za hladjenje i podmazivanje: Q = 180 l/min.

4. ANALIZA PRVIH REZULTATA MERENJA

Vremenski zapis pri merenju sila R_{N1} i R_{N2} dat je na sl. 4. Sa dijagrama - zapisa normalnih sila R_{N1} i R_{N2} (sl.4) uočavaju se karakteristične pojave vezane za proces prodiranja alata i proces prodiranja perifernih vodjica u obradak (tabela 1).



Sl.4.- Zapis normalnih sila R_{N1} i R_{N2}

tabela 1.

I faza kretanje alata 0 - 10 mm	Ovo je početna faza dubokog bušenja, počevši od kontakta vrha sečiva sa obradkom do prodiranja perifernih vodjica u otvor. Pošto je samo sečivo u kontaktu sa materijalom, a periferne vodjice u medjuprostoru izmedju vodeće čaure i obradka, dolazi čak do izvesnog rasterećenja perifernih vodjica u ovoj fazi bušenja.
II faza kretanje alata 10 - 20 mm	Odnos normalnih sila na perifernim vodjicama je R_{N2}/R_{N1} približno jednak 3,0. Kod sile R_{N1} primećuje se jedno periodično oscilovanje.
III faza kretanje alata 20 - 40 mm	U toku ispitivanja pomak s je naglo povećan sa dotadašnjih s=0,05 mm/o na s=0,10 mm/o i nastao je skok normalnih sila na perifernim vodjicama, ali se sada njihov odnos (R_{N2}/R_{N1}) nešto promenio (R_{N2}/R_{N1}=2,2). Dinamičko opterećenje nije više tako izraženo, dobijene su nešto manje amplitude kod sile R_{N1}.

Na osnovu ovih prvih rezultata merenja može se zaključiti sledeće:

(i) Primećuju se interesantne varijacije sile R_{N1} i R_{N2} u početnoj fazi bušenja, kada alat ulazi u obradak, pa se može oceniti karakterističnom i završna faza bušenja kada alat napušta obradak.

(ii) Promena brzine pomoćnog kretanja Δs (a možda i promena brzine glavnog kretanja Δv) remeti odnos medju silama R_{N1} i R_{N2} i povećava njihov intenzitet.

(iii) Proizilazi pitanje odnosa statičkog i dinamičkog dela normalnih sila R_{N1} i R_{N2} u fazi ustaljenog obradnog procesa.

(iv) Da li postoje uticaji geometrijskih parametara na odnos i ponašanje sila R_{N1} i R_{N2} (npr. različiti ugaoni položaj perifernih vodjica u odnosu na sečiva)?

5. EKSPERIMENTALNO ISPITIVANJE UTICAJA FAZE PROCESA NA NORMALNE REAKCIONE SILE U PROCESU DUBOKOG BUŠENJA

Ispitan je tok sila R_{N1} i R_{N2} u tri karakteristične faze:

(i) u samom početku procesa bušenja

(ii) u toku ustaljenog, stacionarnog procesa i

(iii) u završnoj fazi obrade,

pri različitim obradnim uslovima. Izvršena je varijacija brzine glavnog i brzine pomoćnog kretanja alata, geometrijskog oblika kontaktnih površina perifernih vodjica i ispitan uticaj konture obradka na intenzitet sila R_{N1} i R_{N2}.

5.1. Početna faza

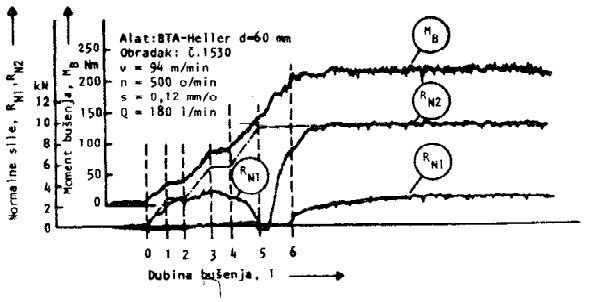
Radi detaljnije analize, izvršeno je markiranje aksijalnog hoda sečiva da bi se identifikovalo ponašanje sila pri postepenom prodiranju alata u materijal obradka:

0 - vrh sečiva
1 - prva podeona ivica
2 - drugo sečivo
3 - druga podeona ivica
4 - treće sečivo
5 - periferna ivična tačka sečiva
6 - čeona - ulazna tačka periferne vodjice.

U toku izvodjenja eksperimenta merni sistem je bio u mogućnosti da daje signal i o kretanju momenta bušenja M_B, pa se njegov zapis tokom merenja sila R_{N1} i R_{N2} prilaže na slici 5, uz zapise normalnih sila.

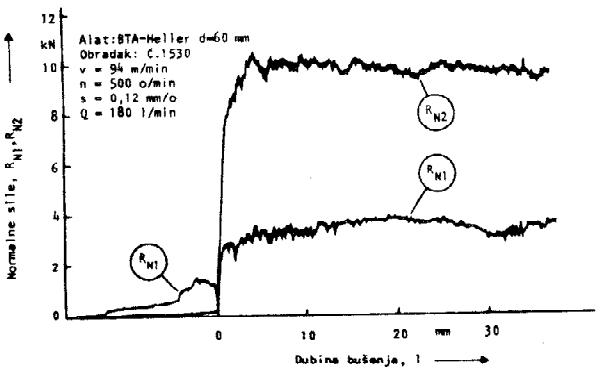
Kako se to teorijski objašnjava, sa prodiranjem alata u obradak i povećanjem širine zahvata sečiva sa materijalom, raste moment M_B (sl.5), a isto tako bi trebalo da bude i sa silama R_{N1} i R_{N2} (tačkasti prikaz na slici 5). Medjutim ovde se radi o uticaju pomenutog medjuprostora izmedju obradka i čaure za uvodjenje alata kada su periferne vodjice slobodne (tabela 1).

Pri ulasku sečiva celom širinom u materijal dolazi do pada normalne sile R_{N2} nešto ispod nule, a R_{N1} na nulu. Ovo se može objasniti time, što je konstrukcijsko rešenje merne glave i svih BTA alata ovog tipa takvo, da periferne vodjice imaju odredjenu ulogu u izravnavanju neravnina obradjene površine, pa je u ovom momentu došlo do čeonog kontakta perifernih vodjica sa obradkom, najpre vodjice 2 ($R_{N2} < 0$), što je dovelo do njenog izvesnog kratkotrajnog rasterećenja, a zatim i vodjice 1 ($R_{N1} \approx 0$).



Sl.5.- Normalne sile R_{N1} i R_{N2} i moment bušenja M_B u početnoj fazi obradnog procesa

Da bi se izbegao neželjeni efekat čeonog dodira perifernih vodjica sa obradkom, za dalje merenje je korišćen delimično obradjen otvor sa čeone strane. Pri istim uslovima ispitivanja dobijen je zapis kao na slici 6.



Sl.6.- Tok normalnih reakcionih sila R_{N1} i R_{N2} na perifernim vodjicama

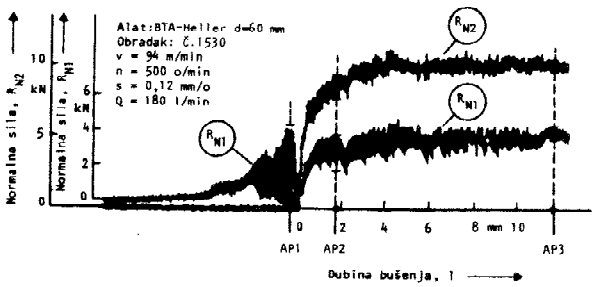
Sprovodjenjem jedne uporedne analize ovih rezultata sa rezultatima dobijenim na istom obradnom sistemu (istina nešto ranije), samo sa drugim mernim alatom i u nešto izmenjenim obradnim uslovima (tabela 2) može se zaključiti da je utvrdjeni odnos sila izrazito visok. To pokazuje da ovakva konstrukcijska forma alata ne daje ravnomerno opterećenje perifernih vodjica, što dovodi do smanjenja stabilnosti obradnog procesa, čime se istovremeno uvodi i niz drugih poremećaja u proces.

tabela 2.

Autori		R.Stockert / 5 /	B.Buse / 6 /	Lj.Lukić / 1 /
Uslovi ispitivanja	Materijal obradka Prečnik obrade, d Pomak, s Broj obrtaja, n	- ? - 50 mm 0,14 mm/o 595 o/min	Č.1730 50 mm 0,07 mm/o 450 o/min	Č.1530 60 mm 0,12 mm/o 500 o/min
Rezultati ispitivanja	R_{N1} R_{N2}	3,4 kN 8,0 kN	5,0 kN 10,0 kN	3,5 kN 10,2 kN
Odnos sila	R_{N2}/R_{N1}	2,40	2,00	2,91

5.2. Dinamika normalnih sila R_{N1} i R_{N2} tokom stacionarne faze obradnog procesa

Sa jednog mernog zapisa gde su prikazane amplitude oscilovanja normalnih sila R_{N1} i R_{N2} (sl.7) mogu se identifikovati dinamički i statički delovi sila R_{N1} i R_{N2} tokom obradnog procesa, i staviti u medjusobni odnos (tabela 3) za neke od karakterističnih položaja alata (AP1, AP2 i AP3).



Sl.7.- Analiza dinamičkog dela sila R_{N1} i R_{N2} u obradnom procesu dubokog bušenja

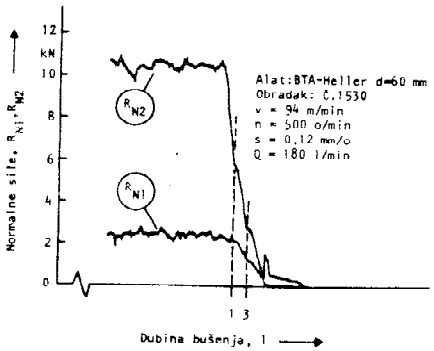
tabela 3.

Položaj			AP1	AP2	AP3
Periferna vodjica 1	$R_{N1,stat}$	kN	1,35	2,70	3,80
	$R_{N1,din}$	kN	4,30	2,13	0,38
	$R_{N1,din}$	%	318,00	78,00	10,00
Periferna vodjica 2	$R_{N2,stat}$	kN	0,00	8,78	10,10
	$R_{N2,din}$	kN	0,35	1,71	0,80
	$R_{N2,din}$	%	∞	19,44	7,96

Pri izlasku sečiva iz vodeće čaure do momenta zahvata sa materijalom javlja se pojačan dinamički karakter sile R_{N1}, sve dok periferna ivica sečiva ne omogući stabilnije vodjenje alata u daljem toku procesa. Iz tabele 3 i sa slike 7 može se uočiti jako izražen trend opadanja dinamičke komponente kod sile R_{N1} i kod sile R_{N2} sa porastom hoda alata, što pokazuje da se odmah već nakon desetak milimetara hoda uspostavlja jedna zadovoljavajuća stabilnost u vodjenju i opterećenju alata.

5,3. Završna faza

Na slici 8 prikazan je merni zapis sila R_{N1} i R_{N2} u završnoj fazi procesa dubokog bušenja. Njihovo ponašanje je sasvim očekivano i podudara se sa teorijskim tumačenjima.



Sl.8.- Sile R_{N1} i R_{N2} pri završetku procesa dubokog bušenja

6. ZAVISNOST SILA R_{N1} i R_{N2} OD BRZINE GLAVNOG I BRZINE POMOĆNOG KRETANJA

6.1. Uticaj brzine glavnog kretanja

Ispitivanje je obavljeno pri konstantnoj brzini pomoćnog kretanja s = 0,07 mm/o = const, a pri linearnom povećanju brzine rezanja v od n = 500 o/min do n = 700 o/min (sl.9) i linearnom smanjenju od n = 700 o/min do n = 500 o/min. Zapisi sila (sl.9) pokazuju da ne postoji medjusobna zavisnost izmedju brzine rezanja v i sila R_{N1} i R_{N2}. Njihov odnos ostaje konstantan pri promeni brzine glavnog kretanja v.

6.2. Uticaj brzine pomoćnog kretanja

Pri ispitivanju, uvedeno je linearno povećanje pomaka s od dubine bušenja l = 25 mm do l = 70 mm, sa vrednosti s = 0,07 mm/o na s = 0,15 mm/o (sl.10), a od l = 70 mm pomak s je linearno smanjivan na polaznu veličinu od s = 0,07, mm/o na dubini l = 115 mm. Zavisnost normalnih sila R_{N1} i R_{N2} od pomaka s prikazana je na slici 10.

Zavisnost normalne sile R_{N2} od pomaka s na prvi pogled je mnogo veća od zavisnosti sile R_{N1} (sl.10). Stavljanjem u odnos intenziteta sila pri pomaku s = 0,15 mm/o

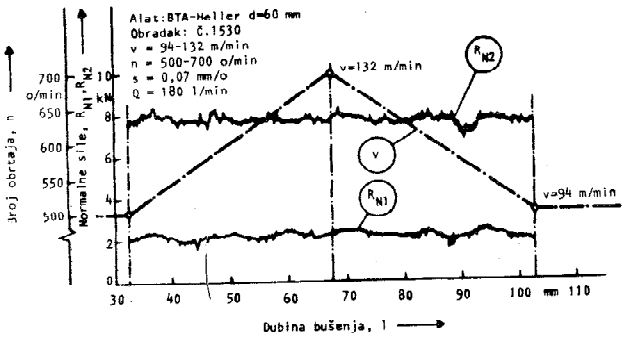
i s = 0,07 mm/o može se primetiti da razlika ne postoji u ovim odnosima,

periferna vodjica 1:

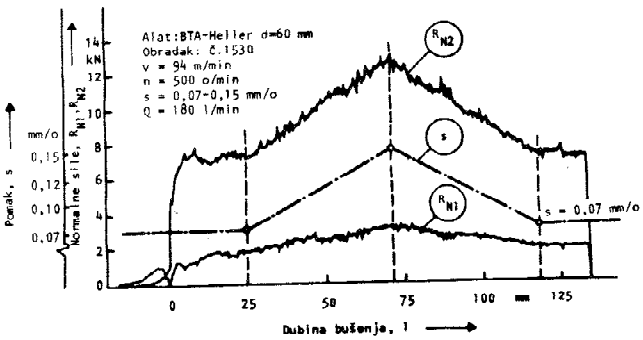
$R_{N1(s=0,15)}/R_{N1(s=0,07)} = 3,2/1,8 = 1,77$ i

periferna vodjica 2:

$R_{N2(s=0,15)}/R_{N2(s=0,07)} = 13,1/7,4 = 1,77.$



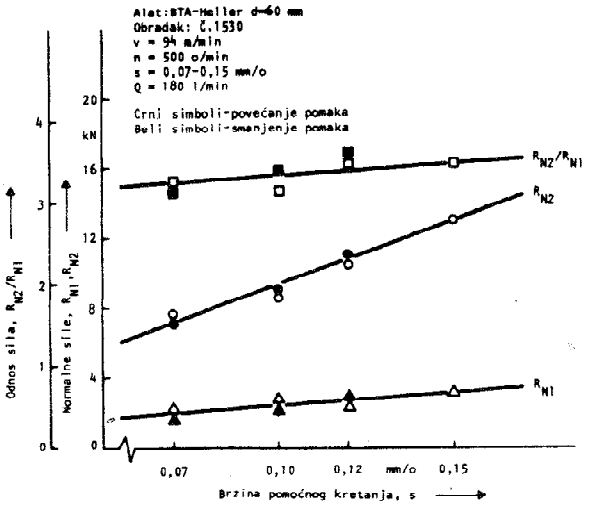
Sl.9.- Zavisnost sila R_{N1} i R_{N2} od brzine glavnog kretanja



Sl.10.- Zavisnost normalnih sila R_{N1} i R_{N2} od brzine pomoćnog kretanja

Ako se dalje analizira medjusobni odnos sila R_{N2}/R_{N1} tokom promene brzine pomoćnog kretanja s, vidi se tendencija porasta odnosa R_{N2}/R_{N1} pri povećanju pomaka s (sl.11).

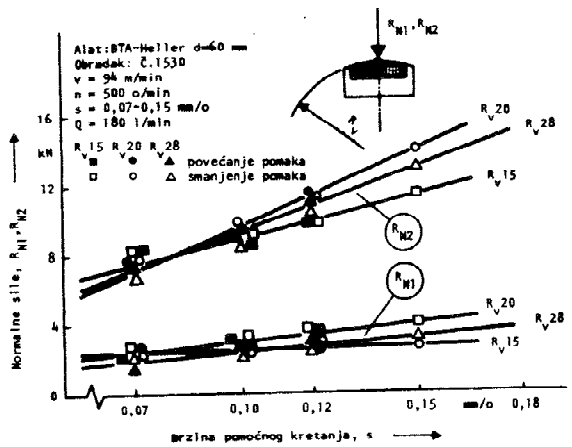
Na osnovu ovih rezultata može se opravdano očekivati da kod obradnih procesa sa većom produktivnosti rezanja (veće brzine pomoćnog kretanja s) dodje do neravnomernijeg habanja, neravnomernijeg zagrevanja perifernih vodjica i izvesnog poremećaja u kvalitetu obradjene površine i postojanosti alata.



Sl.11.- Zavisnost sila R_{N1} i R_{N2} i njihovog odnosa (R_{N2}/R_{N1}) od brzine pomoćnog kretanja

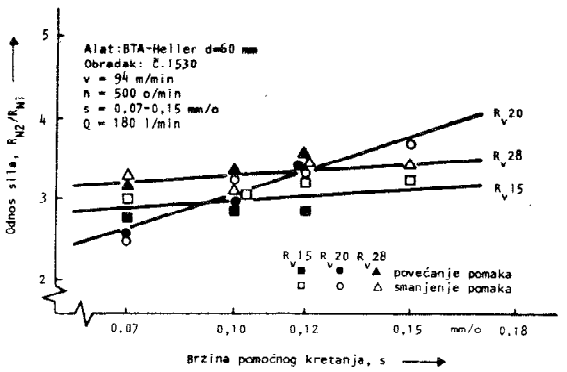
7. ZAVISNOST NORMALNIH SILA R_{N1} I R_{N2} OD RADIJUSA KONTAKTNE POVRŠINE PERIFERNIH VODJICA

Eksperimentalni alat je sa izmenljivim perifernim vodjicama, pa su za ovo ispitivanje pripremljene tri grupe perifernih vodjica, sa radijusom R_v kontaktne površine od: $R_v = 15$ mm, $R_v = 20$ mm i $R_v = 28$ mm. Pri istim obradnim uslovima izvršeno je snimanje normalnih sila R_{N1} i R_{N2} pri promeni brzine pomoćnog kretanja s. Rezultati su prikazani na slici 12.



Sl.12.- Sile R_{N1} i R_{N2} pri promeni pomaka s u zavisnosti od radijusa R_v kontaktnih površina vodjica

Analiza uticaja radijusa R_v perifernih vodjica na odnos sila R_{N2}/R_{N1}, posmatrajući vodjice u paru onako kako su one inače na alatu i postavljene, daje jasniji pregled o delovanju radijusa R_v na prirodu opterećenja perifernih vodjica tokom obradnog procesa (sl.13).



Sl.13.- Odnos sila R_{N2}/R_{N1} pri promeni pomaka s u zavisnosti od radijusa R_v kontaktnih površina vodjica

Uočava se izrazita tendencija porasta odnosa R_{N2}/R_{N1} za R_v = 20 mm, dok je kod radijusa R_v = 15 mm i R_v = 28 mm dosta blaži porast. Sada nije moguće objasniti ovu činjenicu bez šireg istraživačkog zahvata u vezi pojava u predelu kontaktne zone perifernih vodjica sa obradkom.

8. ZAKLJUČAK

Rezultati istraživanja pokazuju da periferne vodjice konvencionalnog tipa BTA alata za duboko bušenje imaju neravnomerno opterećenje i habanje tokom obradnog procesa, što često puta dovodi do zakošenja alata u radnom položaju i naglog porasta otpora rezanja. Neravnomerno habanje perifernih vodjica dovodi do poremećaja geometrijskog položaja kontaktnih tačaka u odnosu na srednju (obrtnu) osu, čime se povećava intenzitet opšte pohabanosti i smanjuje postojanost alata.

Matematičkim modeliranjem mogu se analitički opisati korelacije izmedju sistema napadnih sila, geometrijskih parametara alata i režimskih parametara procesa. Na osnovu matematičkog modela, sprovodjenjem optimizacionog postupka na bazi kriterijuma:

- jednakosti intenziteta normalnih reakcionih sila na perifernim vodjicama $R_{N1} = R_{N2} = R_{N1,2}$ i uslovom jednakosti koeficijenata trenja kada su i sile trenja jednake, pri čemu se očekuje ravnomerno habanje, ravnomerno zagrevanje, miran i stabilan proces,
- minimiziranih vrednosti ujednačenih reakcionih sila $R_{N1,2}$,
- ispunjenja uslova hidrodinamičkog podmazivanja,
- zadovoljavajuće stabilnosti položaja teorijske oslone tačke tokom obradnog procesa,

definisana je optimizirana koncepcija specijalnog alata za duboko bušenje /1/, sa nizom prednosti koje su verifikovane uporednim ispitivanjima na adaptivnom (ACC) obradnom sistemu za duboko bušenje u laboratorijskim uslovima.

9. LITERATURA

/ 1 / Lukić,S.Lj.: Prilog teoriji i praksi dubokog bušenja - istraživanje i razvoj specijalnih alata, disertacija, Mašinski fakultet, Beograd (1985).

/ 2 / Lukić,Lj.,Šolaja,V.: Sile na perifernim vodjicama višesečnog alata u procesu dubokog bušenja, Zbornik radova III naučno-stručnog skupa mma '83, Novi Sad (1983),str.277-286.

/ 3 / Lukić,Lj.: Položaj perifernih vodjica na alatu za duboko bušenje, Zbornik radova trinaestog simpozijuma "Upravljanje proizvodnjom u industriji prerade metala", Beograd (1983),str.341-350.

/ 4 / Lukić,S.Lj.: Der Einfluss des Werkzeugverschleisses auf die Reib-und Umformvorgänge an den Führungsleisten eines BTA-Tiefbohrwerkzeuges, Forschungsbericht einer Gastarbeit, Institut für Spanende Fertigungsverfahren, Universität Dortmund (1984).

/ 5 / Stockert,R.: Beitrag zur Optimalen Auslegung von Tiefbohrwerkzeugen, Dissertation, Universität Dortmund (1978).

/ 6 / Buse,R.: Entstehungsmechanismus der selbsterregten Torsionsschwingungen bei BTA-Tiefbohrwerkzeugen, Studienarbeit, Institut für Spanende Fertigungsverfahren, Universität Dortmund (1982).

/ 7 / Lukić,S.Lj.,Šolaja,B.V.: Prilog teoriji matematičkog modeliranja višesečnog alata za duboko bušenje, Zbornik radova XVII Savetovanja proizvodnog mašinstva Jugoslavije, Budva (1983),str.II-1-II-4.

/ 8 / Lukić,Lj.,Šolaja,V.: Aspekti optimizacije konstrukcijske forme alata za duboko bušenje sa ožlebljenim dugim nosačem, TEHNIKA-Mašinstvo (1983)2,str. 283-287.

/ 9 / Lukić,Lj.: Analitička metoda za identifikaciju stabilnosti višesečnih alata u procesu dubokog bušenja, Saopštenja IAMA 29, Beograd (1983),str. 3917-3928.

/10/ Lukić,Lj.,Uzunović,R.: Tehnologija obrade dubokih otvora i karakteristike obradnog procesa, Elaborat 631/81, Institut za alatne mašine i alate - IAMA, Beograd (1981).

XIX SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE

Kragujevac, septembar 1985.

PRIMENA POVRŠINSKE OBRADE JONIZACIJOM U CILJU POBOLJŠANJA TRAJNOSTI I POUZDANOSTI ALATA

J.Gawlik, J.Harasymowicz

Institut für maschinentechnologie der technischen hochschule Kraków, Polen

R e z i m e

Obrada površine alata jonskim nitriranjem omogućuje održavanje svojstava površinskih slojeva. Povoljne tribološke i mehaničke osobine ovih slojeva omogućuju da se vek alata bitno produži i to u proseku za oko 50 do 150%, kao i da se smanji neujednačenost omekšavanja za 20 do 30%.

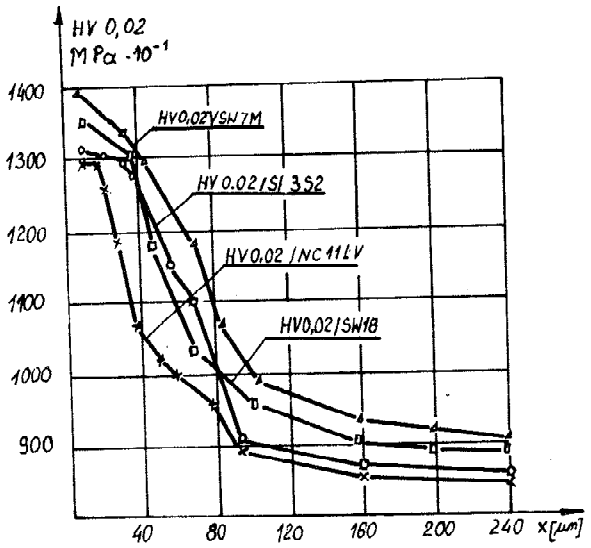
UVOD

Stalni razvoj automatizacije tehnoloških postupaka i primena visokoproduktivnih obradnih sistema zahteva primenu trajnih i pouzdanih alata.Jedna efikasna metoda za postizanje veće trajnosti i pouzdanosti jeste jonsko nitriranje. Ispitivanja su vršena sa sledećim alatnim čelicima: SW18, SW7M, SW3S2, NC1LV (hemijski sastav ovih čelika odgovara poljskim standardima).

Odabrani opitni komadi (alati) su proizvedeni pod istim uslovima kao i uporedni alati od brzoreznog čelika. Kao kriterijum kome treba da udovolji odabrani obradni parametar korišćen je minimalni intenzitet habanja. Ispitivana su sledeća svojstva opitnog komada i alata: mikrotvrdoća, koeficijent trenja, abrazivno habanje, hemijski sastav u površinskoj zoni, metalografska struktura obradjene površine.

Mikrotvrdoća

Odredjivanje mikrotvrdoće vršeno je korišćenjem poznatih metoda po (Vickers-u) Hanemann-u. Prikaz rezultata ispitivanja dat je na sl. 1.Pri analizi rezultata može se ustanoviti da je mikrotvrdoća otvrdnutog površinskog sloja za oko 50-60% veća nego tvrdoća osnovne strukture. Opisana korisna svojstva koja se dobijaju posle jonskog nitriranja proizlaze iz nastalih promena strukture.



Sl. 1. Promena mikrotvrdoće u površinskim slojevima jonizovanih čelika (joniziranje je vršeno u uslovima koji odgovaraju kriterijumu "minimalnog intenziteta habanja")

Koeficijent trenja

Koeficijent trenja je pogodan kao karakteristika i pokazatelj triboloških svojstava metalurški različitih površina materijala. Opiti su vršeni po poznatom postupku "četiri kugle" i to sa opsegom opterećenja od 10 do 50 N i vremenom delovanja 1 h.

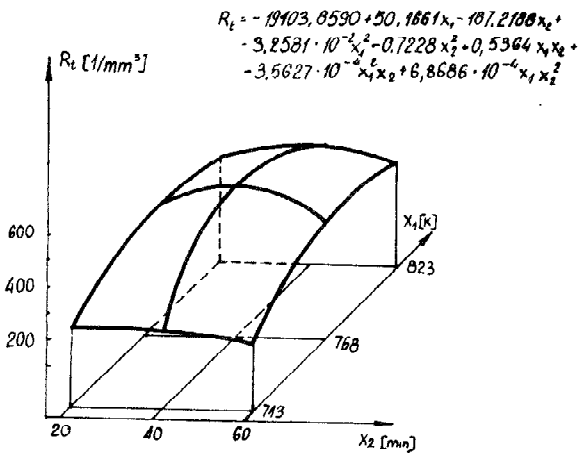
Proces svetlog nitriranja za ispitivane materijale odgovarao je uslovu minimuma intenziteta habanja.

Rezultati ispitivanja koeficijenata trenja pokazali su da je ovaj koeficijent za kaljenje i svetlo nitrirane materijale za oko 15% niži nego kod materijala koji su samo kaljeni.

Abrazivno habanje

Opiti u vezi sa abrazivnim habanjem vršeni su po postupku "četiri kugle" za opitne komade od SW7M, a po postupku Škoda-Savin za komade izradjene od materijala SW352 i NC11LV.

Tretiranje jonizacijom opitnih komada trajala je t = 20-60 min, a temperatura je bila 713-832K. Ovaj parametar je variran prema jednoj matematičko-statističkoj metodi. Trajanje tretmana korišćeno je kao uporedni indirektan karakterističan parametar intenziteta habanja i otpornosti prema habanju. Primeri uticaja parametara tretmana na otpornost prema habanju prikazani su na sl. 2.

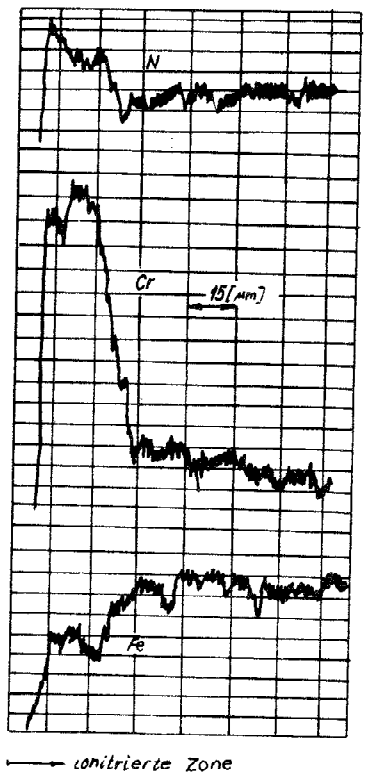


Sl. 2. Uticaj parametara tretmana (temperature x_1 i vremena x_2) na otpornost prema habanju čelika NC11LV jonizovanog nitriranjem

Analiza rezultata pokazuje da se minimalni intenzitet habanja ispitivanih materijala postiže kada se vreme obrade i temperatura prilagode odredjenim alatima.

Hemijski sastav

Analiza hemijskog sastava jonizovane zone vršena je pomoću elektronskog mikroanalizatora (mikrosonde) CAMECA MS 46. Primeri raspodele elemenata N, Cr i Fe u svetlonitriranoj površini čelika SW7M, kao i Si i Fe u čeliku SW3S2, prikazani su na sl. 3. i 4.



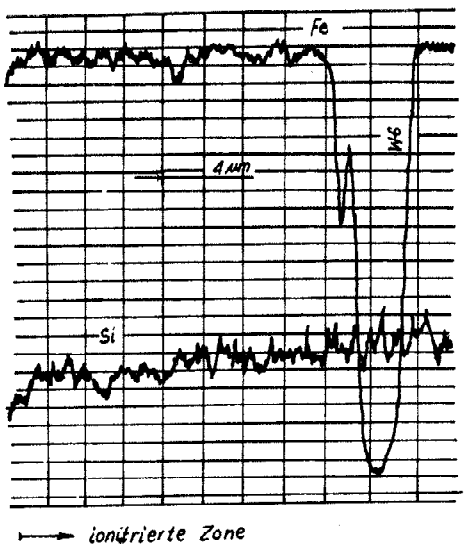
Sl. 3. Raspodela azota N, hroma Cr i gvoždja Fe u površinskoj zoni čelika SW7M jonizovanog nitriranjem (parametri tretmana: vreme 20 min, temperatura 733 K)

Rezultati uopšte pokazuju znatan porast sadržaja Cr i N u površinskoj zoni čelika SW7M i NC11LV pri istovremenom smanjenju sadržaja Si u svetlonitriranoj površinskoj zoni čelika SW3S2. Na sadržaj W, Mo i jonizacija nije uticala ni kod jednog materijala.

Analiza strukture

Metalografska analiza, koja je vršena pomoću uobičajenog optičkog mikroskopa MeF_2 i pomoću elektronskog mikroskopa BS6 13, pokazala je da na svetlo nitriranoj površini nije došlo do izdvajanja krte ε-faze, niti pak jedinjenja azota na granicama zrna. Difuzione zone na gra-

nicama zrna sadrže konstantan rastvor azota α-Fe-fazi, zajedno sa metalnim karbidima. Ovi rezultati objašnjavaju zašto je bolja površinska struktura kaljenih i svetlo nitriranih opitnih komada u odnosu na one obradjene drugim postupcima nitriranja.



Sl. 4. Raspodela gvoždja Fe i silicijuma Si u površinskoj zoni čelika SW3S2 jonizovanog nitriranjem

Korišćenje dobijenih rezultata kod različitih alata za obradu rezanjem

Rezultati su provereni na različitim reznim alatima od brzoreznog čelika. Promena veka alata prikazana je u tabeli 1.

Tabela 1.

Alat	Produženje veka alata	Materijal
Spiralna burgija	50-250%	Konstrukcioni čelici, sivi liv
Razvrtač	400-500%	Konstrukcioni čelici, M-legure
Vretenasto glodalo	120-500%	Konstrukcioni čelici, titanove legure
Valjčasto i tanjirasto glodalo	50-70%	Konstrukcioni čelici
Brijač	50-70%	"
Konvoid-nož	40-80%	"

LITERATURA

1. Edenhofer B.: Physikalische und metalkundliche Vorgängebeim Nitrieren im Plasma einer Glimmentladung. Härterei - Techn. - Mitt. 1974. Nr 2, s. 105-112.
2. Gawlik J., Suchoń E.: En Investigation of the wear resistance of tool steels after an additional surface treatment. Zag. Ekspl. Maszyn Z. 4, Vol. 18,1983, s.477-483.
3. Gawlik J., Harasymowicz J.: Steigerung der abrasiven Verschleissfestigkeit von Werkzeug - und Konstruktionstähle durch Jonitrieren. II Symposium Intertribo '84, Vysoke Tatry 1984, s. 290-297.
4. Gawlik J., Suchoń E.: Steigerung der Standzeit und Zuverlässigkeit von Werkzeugen durch Oberflächenbehandlung. (Anmeldung des Referates an 6-Symposium "Werkzeugwerkstoffe" Miškolc 27-29.08.85 Ungarn).

J.Gawlik, J.Harasymowicz

Z u s a m m e n f a s s u n g

Die Oberflächenbehandlung von Werkzeugen durch Jonitriren charakterisiert die hohe Wiederholbarkeit der Eigenschaften von Oberflächenschichten. Die güngstige tribologische und mechanische Eigenschafte dieser Schichten ermöglichen die Standzeit von Werkzeugen wesentlich steigem, steigern, durchschnittlich um 50 bis zu 150%, sowie die Schmeidfähigkeitsstreunung von 20 bis 30%

XIX SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE
Kragujevac, septembar 1985.

MOGUĆNOST PRIMENE NOVIH VRSTA KERAMIČKIH REZNIH ALATA U OBRADE STRUGANJEM KAO ZAMENA BRUŠENJA

R. Pantić, IHP "Prva petoletka", RO Hidraulika, Trstenik
M. Vukotić, IHP "Prva petoletka", RO Hidraulika, Trstenik

REZIME

U ovom radu dati su rezultati ispitivanja obradivosti primenom reznih alata od najnovijih vrsta metalokeramike u operacijama završne obrade struganjem kaljenog čelika radi zamene operacije brušenja. Eksperiment i matematičko modeliranje ispitivanih zavisnosti, tj. funkcija procesa R_a i T izveden je primenom savremene teorije višefaktornih planova eksperimenta i matematičke statistike.

1. UVOD

Sadašnji tehnološki nivo ostvaren je zahvaljujući dobrim delom razvoja i usavršavanja postupka izrade postojećih alatnih materijala u oblasti reznih alata. Razvojni period u ovoj oblasti inteziviran je naročito poslednjih dvadeset godina, koga karakteriše, ne samo usavršavanje konvencionalnih već i uvodjenje nekonvencionalnih alatnih materijala. Navedena pojava odnosi se na tvrde metale sa prevlakom, reznu keramiku i super tvrde alatne materijale. Rezna svojstva savremenih - nekonvencionalnih alatnih materijala u obradi rezanjem su ispred mogućnosti alatnih mašina. Ako se razvoj alatnih materijala posmatra u f-ciji vremena, može se reći da su brzine rezanja imale tendenciju stalnog porasta. Ovaj proces i dalje se odvija, što uz uvodjenje novih numeričkih (CNC) alatnih mašina treba da čini još jedan korak ka povećanju produktivnosti u obradi metala rezanjem. Danas se kod vodećih svetskih proizvodjača reznih alata ulažu napori na razvoju i poboljšanju reznih osobina alatne keramike. Obzirom na postojeće resurse osnovne sirovine alatne keramike, ova oblast vredna je izuzetne pažnje i strateškog je karaktera u oblasti mašinogradnje kao vitalne nacionalne privredne grane.

2. KERAMIČKI REZNI ALATI

Rezna keramika spada u grupu specijalnih keramika, koja sadrži okside, karbide, a u poslednje vreme i nitride. Svi keramički materijali za izradu reznih alata sastoje se od metalnih i nemetalnih čestica iz čega proizilaze njihova osnovna obeležja: visoka tačka topljenja, velika tvrdoća, visoka hemijska stabilnost, neznatna zatezna čvrstoća, velika otpornost na habanje i pritisak.

Navedena tribomehanička svojstva posebno dolaze do izražaja pri obradi sa visokim brzinama rezanja. Smanjena žilavost i otpornost na savijanje u odnosu na tvrde metale, uslovljavaju povećanu osetljivost keramičkih reznih pločica na udarna (prekidno rezanje) i promenljiva opterećenja. Smanjena otpornost na promenljiva termička naprezanja dovodi često do loma i krzanja pločica.

U osnovi razlikuju se dve vrste rezne keramike /3/:
- mineralokeramika, čista oksidna keramika (bela keramika);
- metalokeramika, mešana keramika (crna keramika);

Mineralokeramika je čista oksidna keramika sa 99% Al_2O_3, a ostatak najčešće čine oksidi magnezijuma (MgO), hroma (CrO) ili cirkonijuma(ZrO) /3/ . Ovi oksidi dodaju se radi poboljšanja reznih osobina (žilavost i otpornost na promenljiva termička naprezanja).

Metalokeramika (mešana) sastoji se od 6o% oksida (Al_2O_3), a ostatak čine karbidi i (ili) nitridi titana (TiN), volframa (W), vanadijuma (V), cirkonijuma (Zr), molibdena (Mo), tantala (Ta), miobdijuma (Nb), silicijuma (Si) i drugih. Nitridi kao dodatak metalokeramici počeli su da se koriste poslednjih nekoliko godina zahvaljujući usavršavanju tehnike sinterovanja. U procesu rezanja nitridi poseduju veću temičku provodljivost od karbida i povećavaju otpornost alata na promenljiva termička naprezanja. Osnovne fizičko-mehaničke osobine metalokeramike nalaze se izmedju osobina oksidne keramike i osobina tvrdih metala. Rezna sposobnost metalokeramike povećana je pre svega usled povećanja čvrstoće na savijanje od 35 daN/mm^2 na (6o÷7o) daN/mm^2.

2.1. Oblasti primene keramičkih reznih alata

Najnoviji /3/, /4/, /7/, keramički rezni alati u obliku izmenljivih pločica sa mehaničkim pričvršćivanjem uspešno se primenjuju za obradu konstrukcijskih (ugljeničnih i legiranih) i visokolegiranih čelika, sivog i tvrdog liva, legura obojenih metala i nemetala. Obzirom na prirodu osnovnog hemijskog sastava ne preporučuje se primena ovih reznih alata za obradu aluminijuma, titana i njihovih legura.

Načelno se može uzeti da je mešana (crna) keramika namenjena za obradu materijala iz grupe P ISO podele, a bela keramika se koristi za obradu iz K grupe materijala. Poslednjih godina /3/, /4/, /7/, pojavljuju se novi kvaliteti rezne keramike čija je oblast primene proširena po vrstama materijala obratka i vrstama obrade (gruba, završna, struganje, glodanje), pri čemu se neki kvaliteti /3/, /4/, /7/, mogu primenjivati za obradu materijala iz svih osnovnih grupa P, M, K. Prema preporukama /3/, /4/, /7/, i literaturnim podacima, primenom keramičkih reznih alata najbolji efekti postižu se pri obradi sivog liva i kaljenih čelika tvrdoće (30÷66) HRC.

Preporuke o režimima obrade mogu se naći u navedenoj literaturi ovoga rada /3/, /4/, /7/. Pri završnoj obradi čelika veće tvrdoće (50÷64) HRC intezivno habanje keramičkih reznih alata nastaje na pomoćnoj ledjnoj površini reznog klina, pa se vrednost ovog parametra mora uzimati za kriterijum zatupljenja alata.

3. OBRADNI SISTEM

Eksperimentalna ispitivanja izvedena su pri završnoj unutrašnjoj strugarskoj obradi sa sledećim karakteristikama elemenata obradnog sistema:

M a š i n a: Univerzalni strug, PA-22, "Potisje", Ada

A l a t: Rezna pločica SNGN120412T, WIDALOX R, mešana keramika, proizvodjač "KRUPP-WIDIA, držač S50T-CSKNR-12, $\varkappa = 70^{\circ}$; f=0,25 mm; $\gamma_f = -20^{\circ}$,

M e r n a i n s t r u m e n t a c i j a: "Talysrf 5 M", instrument za merenje hrapavosti, firme "Taylor Hobson", Subito "Tess".

O b r a d a k: Otkovak, Č 5430, prečnik prethodne obrade $\emptyset 99^{+0,1}$ x43 mm, površinska tvrdoća (520÷580)HB na dubini t = 1,5 mm; ulaz $1/45^{\circ}$;

Geometrijska tačnost i kvalitet završne obrade:
$\emptyset 99^{+0,05}_{+0,015}$, Ra=1,6 μm; R_t=6,3 μm (∇^{N7});
Obrada kontinualna bez upotrebe sredstva za hladjenje i podmazivanje (SHP).

4. EKSPERIMENTALNI REZULTATI I MATEMATIČKA OBRADA

Ispitivanja obradivosti izvedena su u nepovoljnijim uslovima u odnosu na realne proizvodne, pre svega sa aspekta krutosti i stabilnosti obradnog sistema, kao i mogućnosti kontinualne promene brzine rezanja u toku zahvata. Ispitivanja su obavljena radi definisanja obradivosti u obradi struganjem u cilju zamene postojeće operacije unutrašnjeg kružnog brušenja. Za koordinate vektora ulaza ($\vec{X}$) uzeto je: brzina rezanja (V), pomak (S), dubina rezanja (δ), kao i odgovarajuća združena dejstva varijabli V,S, u oblasti zadatih tehnoloških ograničenja (R_a, R_t, Δd). Za "izlaz" obradnog procesa, f-cija cilja uzet je parametar kvaliteta obrade (R_a) i postojanost (T) reznog alata. Plan matrica obradnog procesa sa N=12 eksperimenata prikazana je u tabeli T-1. Preliminarni eksperimenti i vrednosti ulaza ($\vec{X}$) uzete su prema /3/. Sve varijable kodirane su sa tri nivoa, pri čemu su vrednosti u centralnoj tački N_o odredjene prema metodologiji /1/.

T-1

Red br. eksperimenta	Ulazni hiper prostor: prirodne promenljive nivoi						Višefaktorni plan 2^{k-1}, n_o, k=3, n_o=4				Izlazni hiper prostor: Prirodne izlazne promenljive $R_a = \bar{Y}_1$; $T = \bar{Y}_2$				
		ϑ [m/min]		δ [mm]											
	prirodne prom. / kod. vred.		X_1		X_2	X_3	X_1X_2	X_1X_3	X_2X_3	$X_1X_2X_3$	$\bar{Y}_1$	$\bar{Y}_2$	$\ell_n \bar{Y}_1$	$\ell_n \bar{Y}_2$	$\ell_n \bar{Y}_1 \bar{Y}_2$
1	4	+1	-1	128,2	-1	+1	+1	-1	-1	-1	0,85	13,35	-0,16252	2,590592	2,428340
2	11	+1	0	105,7	0	0	0	0	0	0	1,06	14,6	0,058268	2,681021	2,739289
3	3	+1	+1	85,5	-1	+1	-1	+1	-1	+1	0,64	12,87	-0,44628	2,55423	2,10795
4	7	+1	+1	128,2	+1	-1	+1	-1	-1	+1	1,02	18,59	0,019802	2,922624	2,942426
5	9	+1	0	105,7	0	0	0	0	0	0	1,33	12,4	0,28518	2,517697	2,802877
6	2	+1	-1	85,5	+1	+1	-1	-1	+1	-1	1,87	18,48	0,625944	2,916589	3,542533
7	1	+1	+1	128,2	+1	+1	+1	+1	+1	+1	1,96	10,21	0,672944	2,323567	2,996511
8	5	+1	+1	105,7	+1	+1	+1	+1	+1	-1	1,51	6,12	0,412096	1,811621	2,223717
9	12	+1	0	85,5	0	0	0	0	0	0	0,85	15,81	-0,16252	2,760643	2,598123
10	6	+1	-1	128,2	-1	+1	-1	+1	-1	-1	1,45	9,24	0,371564	2,223542	2,595106
11	8	+1	-1	105,7	-1	-1	+1	+1	+1	-1	0,75	28,1	-0,28768	3,33577	3,047890
12	10	+1	0	85,5	0	0	0	0	0	0	0,88	13,12	-0,12783	2,57435	2,446520

Matematičko modeliranje zavisnosti Ra = Ra (V,S,δ) i T=T (V,S,δ), izvodi se na osnovu kodiranog oblika stepene f-cije:

$$Y_i = b_o + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + b_{12}X_1X_2 + b_{13}X_1X_3 + b_{23}X_2X_3 ; i=1,2 \quad ..(1)$$

Parametar hrapavosti Ra meren je na tri merna mesta u svakoj od N tačaka eksperimenta, pri čemu je za Y_1 uzeta srednja vrednost izraza. Koeficijenti regresije b_o, b_{ij} iz (1) odredjeni su prema /1/, na osnovu vrednosti iz T-1, ili u matričnom obliku izraz za odredjivanje koeficijenata iz (1) je oblika:

$$\{b\} = \{X'X\}^{-1} \cdot \{X\} \cdot \{\bar{Y}\} \quad ..... \quad (2)$$

$\{X\}$ - ortogonalna plan matrica iz T-1;

$\{X'\}$ - transponovana matrica;

$\{X' X\}^{-1}$ - inverzna matrica proizvoda;

$\{\bar{Y}\}$ - matrica kolone iz T-1;

Pre odredjivanja koeficijenata u (1) vrši se ocena singifikantnosti za svaki koeficijent regresije b. Ocena singifikantnosti vrši se na osnovu disperzione analize /6/, i vrednosti iz T-1, za obe f-cije stanja Ra i T. Razlike medijana (Δ Me) za ulazne faktore obe f-cije stanja Ra i T, date su u T-2.

T-2

Ulazni faktori $X_i, X_i X_j$	f-cija Ra $\lvert\Delta Me\rvert$	f-cija T $\lvert\Delta Me\rvert$
X_1	0,11	7,375
X_2	0,85	9,245
X_3	0,1	1,76
$X_1 X_2$	0,06	0,895
$X_1 X_3$	0,16	6,995
$X_2 X_3$	0,295	7,481

Selekcija i rang dejstva ulaza X_i, X_i, X_j na f-cije stanja $\bar{Y}_1$ i $\bar{Y}_2$ izvršena je /6/, na osnovu računskih vrednosti B_i, B_{ij} i t_{ri}, prema T-3.

T-3

Ulazni faktori X_i, X_{ij}	f-cija $\bar{Y}_1$		f-cija $\bar{Y}_2$		Karakterist Studenta
	Bi, Bj	tri	Bi, Bij	tri	
X_1	0,05	0,381	6,845	2,888	
X_2	0,88	6,6176	4,7825	2,0173	$f = 16-8 = 8$
X_3	0,15	1,145	—	—	$\alpha = 0,05$
$X_1 X_3$	0,29	2,2137	0,53	0,22363	$t_t = 1,860$
$X_2 X_3$	0,11	0,846	6,95	2,9319	

Uticaj dejstva ulaza na f-cije stanja $\bar{Y}_1$ i $\bar{Y}_2$ dat je dijagramski na Sl. 1 i Sl. 2.

Na osnovu računskih i tabelarnih vrednosti za

$t_{ri} > t_t$, (T-3), f-cije $\bar{Y}_1$ i $\bar{Y}_2$ mogu se pisati u kodiranim koordinatama u obliku:

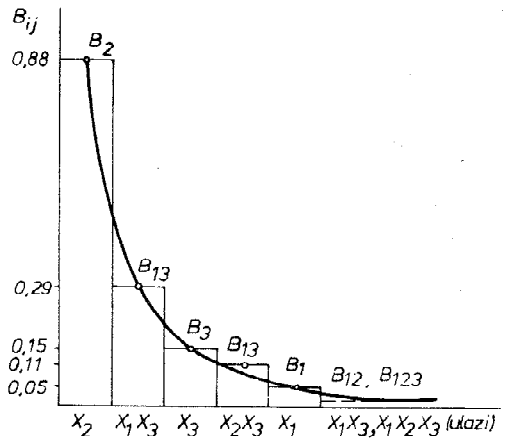
$$\bar{Y}_1 = 0,16289 + 0,3467\, X_2 + 0,114\, X_1 X_3$$

$$\bar{Y}_2 = 2,9002 - 0,22827\, X_1 - 0,312623 X_2 + 0,2432\, X_2 X_3,$$

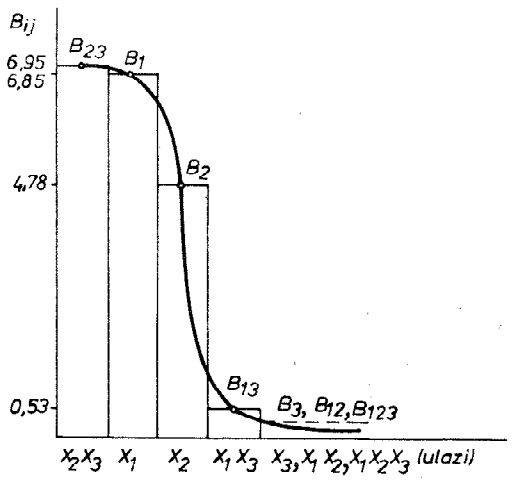
gde su:

koeficijenti b_o, b_{ij} izračunati na osnovu (2) i odgovarajućih eksperimentalnih vrednosti izlaza iz T-1.

Prelaskom sa kodiranih na prirodne koordinate pomoću jednačina krivolinijske transformacije /1/, dobijaju se traženi matematički modeli f-cija stanja u konačnom obliku:



Sl. 1 Rang dejstva ulaza na f-ciju $\bar{Y}_1 = Ra$



Sl. 2 Rang dejstva ulaza na f-ciju $\bar{Y}_2 = T$

Ocena adekvatnosti modela (3) izvršena je primenom statistike Fišera (Fr).

$$Ra = 0,0122497 \cdot \vartheta^{(1,2919871 + \ln \delta^{0,6152764})} \cdot S^{0,673453} \cdot \delta^{-2,861773}$$

$$T = 761,82 \cdot \vartheta^{-1,129352} \cdot S^{0,5001426} \cdot \delta^{(1,13076 + \ln S^{0,5273})} \quad (3)$$

Za usvojeni nivo značajnosti $\alpha = 0,05$ i stepene slobode k_1 i k_2, Ft = 9,01

Kako su računske vrednosti: $F_{tr(\bar{Y}_1)} = 1,1668$;

$F_{tr(\bar{Y}_2)} = 5,68$, sledi da je:

$\left[F_{tr(Y_1)}; F_{tr(Y_2)}\right] < F_t = 9,01$, pa je model (3) adekvatan i pouzdan.

Na osnovu izloženog u ovom radu, eksperimentalnih i računskih rezultata može se dati:

5. ZAKLJUČAK:

- Primenom ispitivanog reznog alata, keramičkih pločica od mešane keramike moguća je zamena operacije brušenja završnom obradom struganjem;
- Dobijeni eksperimentalni rezultati i matematički modeli u saglasnosti su sa proizvodnim uslovima i isti su provereni na seriji od 3oo obradaka;
- Keramički rezni alati nezamenjuju rezne alate od tvrdih metala većih samo dopunjuju. U uslovima adekvatne primene, rezna svojstva i efekti obrade daleko nadmašuju efekte pri obradi sa tvrdim metalom;
- Pri obradi sa ovom vrstom alata na programskim i numeričkim mašinama, uvek kada je to moguće brzine rezanja smanjiti pri ulazu i izlazu za ~ 3o % u odnosu na radne brzine rezanja.

L I T E R A T U R A:

/1/, Dr Stanić Joko, Metod inženjerskih merenja osnove matematičke teorije eksperimenta, MF, Beograd 1981 godina

/2/, Dr S.Hadživuković, Planiranje eksperimenata, Privredni pregled, Beograd 1977 godina;

/3/, Krupp-Widia,Esen, Prospektna i kataloška dokumentacija;

/4/, S. Coromant, Prospektna i kataloška dokumentacija;

/5/, Dr Svetozar Vukadinović, Teorija verovatnoće i matematičke statistike, Privredni pregled, Beograd 1973 godine;

/6/, Petar Ivanović, Mogućnost modeliranja obradnih procesa, Projekat, MF Kragujevac, 1985 godine;

/7/, Feldmühle, SPK- rezna keramika, prospektna i kataloška dokumentacija.

R.Pantić, M.Vukotić

APPLICABILITY OF NEW TYPES OF CERAMIC CUTTING TOOLS TO METAL TURNING AS A REPLACEMENT FOR GRINDING

Abstract

Presented in the paper are results of machinability testing with cutting tools made of the newest types of metal-ceramic materials in final turning of annealed steel, aimed at replacing the grinding operation.The experiment and mathematical modelling of the investigated relationships, i.e. of the functions of the processes R_a and T were carried out through the application of modern theory of multifactor experiment planning and mathematical statistics.

XIX SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE

Kragujevac, septembar 1985.

ZAVRŠNA OBRADA U ELEKTROMAGNETNOM POLJU

Z. Nikić, Pedagoško tehnički fakultet, Čačak
M. Djekić, Pedagoško tehnički fakultet, Čačak
E. Wantuch, Politehnika Krakov

1. Uvod

Poznato je da je zahtev za visokim kvalitetom obrade metalnih površina veoma čest. Takodje su dobro poznate i mogućnosti - prednosti i mane klasičnih postupaka završne obrade. Razvoj postojećih, u praksi primenjivanih postupaka, i uvodjenje novih, je predmet neprekidnog interesovanja i istraživanja.

Visoki kvalitet obradjene površine moguće je postići i nekonvencionalnim postupkom obrade u elektromagnetnom polju. Ovim postupkom je moguće, u proizvodnim uslovima, u serijskoj proizvodnji, zadovoljiti sve zahteve visokog kvaliteta uz, istovremeno, relativno niske troškove obrade. Kao što je poznato, ovaj postupak se realizuje rezanjem mikropikova površine obrade česticama praha velike tvrdoće i posebnih magnetnih osobina u elektromagnetnom polju, 1.2 .

Tema ovoga rada je optimizacija postupka završne obrade u elektromagnetnom polju uvodjenjem u proces obrade novih prahova, prikaz uredjaja pomoću kojeg se ostvaruje elektromagnetno polje kao i analiza pogodnosti primene postupka u savremenim proizvodnim uslovima.

Rad je nastao kao rezultat saradnje na razvoju novih tehnologija u obradi metala rezanjem izmedju Politehnike u Krakovu i PTF-a u Čačku.

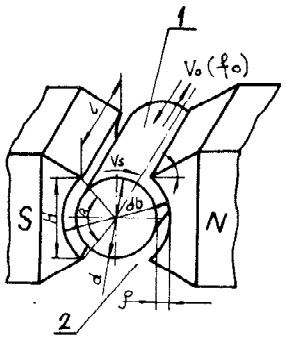
Predmetni postupak će u narednoj godini biti uveden u probnu proizvodnju u FAD-u, Gornji Milanovac.

2. Tehnološke karakteristike obrade u elektromagnetnom polju

2.1. Princip rada

Osnovni princip metode se zasniva na delovanju sila magnetnog polja, koje ima ulogu veza izmedju magnetnih zrna abrazivnih svojstava, koja delujući kao kompaktno čvrsto telo, vrše obradu predmeta magnetnih osobina.

Šematski prikaz principa obrade dat je na sl.1.



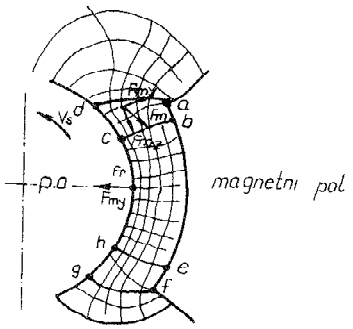
Sl.1. Sema obrade cilindričnog tela u magnetnom polju
1 - predmet obrade
2 - zazor
3 - magnetni polovi
f_o - frekvencija oscilovanja
V_s - obrtna brzina

Predmet obrade izvodi obrtno (V_s) i oscilatorno (V_o) kretanje u magnetnom polju.

Oblik silnica magnetnog polja koje se ostvaruje izmedju magnetnih polova dat je na sl. 2.

U osi pola magnetnog polja postoji samo radijalna komponenta sile Fmy. U toku procesa obrade, kao posledica triboloških procesa, javlja se i sila trenja F_r.

U ostalim tačkama polja, koje nisu u osi pola, (zona a,b,c,d) postoji rezultujuća sila F_m sa komponentama F_{my} i F_{mz}.

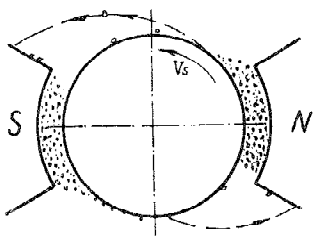


Sl.2. Magnetno polje - raspored magnetnih linija i analiza sila magnetnog polja

Postizanjem velike vrednosti F_m, usled postojanja njene tangentne komponente, postižemo veću kompaktnost zrna u zoni rezanja.

Povećanje "tvrdoće" brusnoga tela ima za posledicu i smanjeno ispadanje zrna iz "brusnog tela" tj. procesa obrade.

Izborom optimalnih geometrijskih i kinematskih parametara, uz odgovarajuću vrednost, moguće je povećati proizvodnost procesa obrade uz smanjeni utrošak materijala.



Sl.3. Raspored zrna u procesu obrade

Na slici se vidi da zrno koje je ispalo iz "brusnog tela" preleće na drugi, suprotni magnetni pol i postoji mogućnost da na tom drugom polu udje u proces obrade.

2.2. Kinematski elementi obrade

Na priloženoj slici (sl.4) dat je šematski prikaz pozicioniranja uredjaja za elektromagnetnu obradu na alatnoj mašini. Kretanje sa elektromotora prenosi se na mehanizam za glavno obrtno kretanje i dodatni uredjaj za pomoćno oscilatorno kretanje.

Opružni sistem ima ulogu amortizera oscilatornog kretanja i nalazi se na mestu šiljka konjića.

Obrada se izvodi sa brzinom od 80 do 100 m/min. pri čemu je oscilatorno kretanje frekvencije 50 Hz i amplitude 0,5 - 3 mm.

Uredjaj za elektromagnetnu obradu je moguće postaviti, kao što je ovaj na slici, na doradni strug ili na posebno izveden uredjaj.

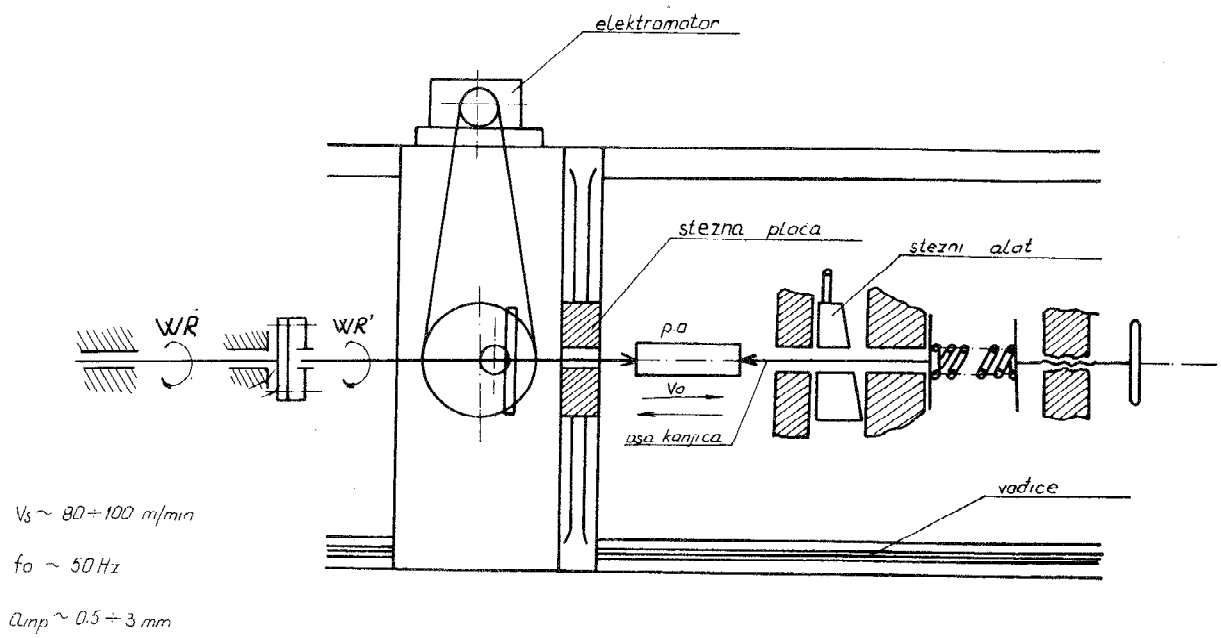
2.3. Eksperimentalni rezultati

Brusni prah je jedan od najvažnijih elemenata procesa obrade u elektromagnetnom polju. Prah se mora odlikovati, prvenstveno, dobrim magnetnim osobinama kao i dobrim brusnim osobinama. Karakteristike magnetnih svojstava praha se ogledaju prvenstveno u visokoj vrednosti početne magnetne induktivnosti i sa svojstvom velike vrednosti tačke Curie. Otuda se najčešće kao komponenta sastava zrna primenjuje gvozdeni prah. Sastavna komponenta brusnog materijala su teško topljiva jedinjenja elemenata IV i VI grupe periodnog sistema (ugljenik, broj, azot i sl.).

Jačina veze brusnih i magnetnih komponenata je zavisna od vrste i veličine komponenti materijala kao i od postupka ostvarivanja te veze. Postoji veliki broj metoda dobijanja brusnoga praha, medju kojima je najrasprostranjenija metoda jednog postupka sinterovanja. U svakom slučaju radi se o jednom orginalnom i specijalnom postupku.

Radi obezbedjenja i visoke ekonomičnosti procesa obrade u elektromagnetnom polju prešlo se na korišćenje otpadne frakcije brusnih zrna pri proizvodnji brusnih ploča (plemeniti elektrokorund). Feromagnetna komponenta - gvoždje se obezbedjivalo iz ulaznih sirovina i delimično usled habanja uredjaja u kojima se usitnjavao brusni materijal.

U ovom radu se prezentiraju rezultati istraživanja sa više magnetnih brusnih prahova i to: Fe-Al_2O_3, Fe-TiC, magnetna frakcija plemenitog korunda, silicijum karbid. Veličina brusnih zrna i procentualni sastav brusnog materijala u ukupnom sastavu dat je na dijagramu sl.5. Ispitivanja su izvedena pri obradi osovina od visokolegiranog hrom-molibden čelika, tvrdoće



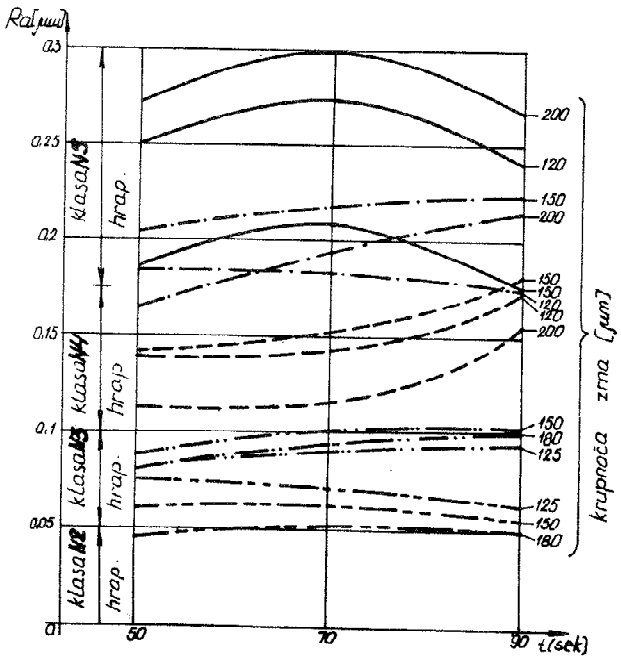
Sl. 4. Kinematska šema obrade u EM-polju

64 HRC. Ulazna hrapavost osovina se kretala u dijapazonu R_a=0,63-1.25.10^{-3}mm. Obrada je izvodjena sa brzinom 86 m/min i 300 osc/min.

Grafički prikaz dobijenih rezultata je izveden na bazi regresione analize. Utvrdjeno je da ova obrada u elektromagnetnom polju omogućuje postizanje visokog kvaliteta obradjene površine. Najboji rezultati, što se vidi iz dijagrama postižu se pri primeni brusnoga praha SiC I i 95AI.

Vrsta brusnog praha

$FeAl_2O_3$	15	———
$FeAl_2O_3$	25	—·—·—
FeTiC	20	— — —
SiCI		—·—·—
95AI		— — —



Sl.5. Zavisnost hrapavosti obradjene površine (Ra) od veličine zrna i vrste brusnoga praha i vremena trajanja procesa obrade

3. Zaključci

1. Obrada u elektromagnetnom polju omogućuje postizanje visokog kvaliteta obrade (Ra = = 0,05. 10^{-3}mm).

2. Najbolji rezultati se postižu pri primeni brusnoga praha SiCi i 95AI, krupnoće zrna od 150 - 180.10^{-3}. Vreme obrade je od 30 do 50sec.

3. Brusni prahovi sa kojima su postignuti najbolji rezultati obrade odlikuju se i visokom otpornošću na koroziju u procesu obrade.

4. Postupak obrade je moguće uvesti u veći broj specijalnih tehnoloških operacija završne obrade.

4. Literatura

1. Baron I.M.: Technologis obrazivnoj obrabotki v magnitnom pole. Mašinostroenie, Moskva 1975.
2. Wozniak K.: Materiay magnetyczno-ścierne i ich zastosowanie. Prace Wydziau Mechanicznego inž.Koszalin 1985.
3. Woźniak K.: Badanie nad otruzymywaniem materiałów magnetyczno-ścernych. Szkło i Ceramika 1984.,nr.1.s.26-29.
4. Wantuch E.: Efekty techologiczne zastosowanis obróki ściernej w polu magnetycznym przy polerowaniu czopów wał -ów korbowych. Referat na VII Naukowej Szkole Obróbki Sciernej. Gdansk 18-20.09.84. Materiał y konferencyjne s.218-225.

Z.Nikić, M.Djekić, E.Wantuch

FINISHING IN AN ELECTROMAGNETIC FIELD

Abstract

Presented in the paper is a procedure for finishing metal surfaces in an electromagnetic field. A special type of grinding agent - grinding powder, possessing special cutting and magnetic properties is used, which under the action of electromagnetic forces behaves like solid body.This body finishes metal surfaces under a specified regime.The application of this method results in very high degree of surface finish, as high as roughness class M2. The device for finishing in the magnetic field can be fitted to a lathe, or a similar machine tool.Presented in the paper are experimental results obtained by using a special kind of grinding powder that produces best surface finish.

XIX SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE

Kragujevac, septembar 1985.

NOVE METODE OBRADE ZASNOVANE NA KORIŠĆENJU MAGNETNIH I ELEKTRIČNIH POLJA

P.I.Jašćericin, AN BSSR, Minsk
P.J.Skvorčevskij
V.L.Šaduja

R e z i m e

Rad je posvećen novim završnim obradama koje se zasnivaju na korišćenju energije magnetnih i električnih polja - magnetno-abrazivna i elektro-hidro-impulsna obrada.

U radu se detaljno analizira uticaj pojedinih parametara režima magnetno-abrazivne obrade i sredstava za hladjenje i podmazivanje na proizvodnost procesa i mikrogeometriju obradne površine. Posebna pažnja poklonjena je specifičnostima ove obrade vezanim za obradu gvoždja i obojenih metala. Na osnovu rezultata eksperimentalnog istraživanja procesa konstatuje se abrazivna priroda obrade.

U drugom delu, pored objašnjenja principa elektro-hidro-impulsne obrade, detaljno je iznet proračun pritiska koji deluje na predmet obrade u zavisnosti od vrste radne tečnosti, energije napajanja, vremena i koeficijenta njenog pražnjenja.

Savremenu mašinogradnju karakteriše neprekidan rast kvaliteta, pouzdanosti i veka trajanja obradjenih elemenata.

Poboljšanje kvalitativnih karakteristika elemenata i pojednostavljenje njihove izrade postiže se kako usavršavanjem postojećih procesa, tako i iznalaženjem novih - zasnovanih na novim fizičkim pojavama. U ovom radu razmotreni su procesi zasnovani na korišćenju energije magnetnog polja (magnetno-abrazivna obrada - MAO) i impulsnog električnog pražnjenja (elektro-impulsna obrada).

Magnetno-abrazivna obrada pripada grupi finih završnih obrada. Za razliku od postojećih obrada koje koriste čvrsti abrazivni alat ona omogućava objedinjavanje prednosti obrada sa čvrsto vezanim i slobodnim abrazivom, čime se bitno proširuju njene tehnološke mogućnosti - posebno pri obradi složenih profila. Mogućnost korišćenja elastičnog reznog alata sa usmerenom orijentacijom abrazivnih zrna daje joj prednost u odnosu na postojeće vrste završne obrade |1|.

Suština metoda sastoji se u sledećem: obradjivani predmet i feromagnetni abrazivni prašak, koji ima ulogu reznog alata, relativno se kreću u magnetnom polju, usled čega se sa predmeta obrade uklanja sloj metala. Razvoj metode predstavlja proces njegovog neprekidnog kvalitativnog usavršavanja putem stvaranja novih konstrukcijskih šema, a takodje korišćenjem fizičkih zakonomernosti uslovljenih dejstvom spoljašnje sredine i magnetnog polja u zoni obrade.

Za realizaciju procesa obrade potrebno je postojanje tri osnovne komponente: mašine ili uredjaja, feromagnetnog abrazivnog praška (FAP) i sredstva za hladjenje i podmazivanje (SHP).

Mašine mogu biti specijalne ili se bazirati na poznatim mašinama alatkama: strugovi, glodalice, brusilice. Osnovni deo mašine predstavlja elektromagnetni sistem koji se sastoji od jezgra i namotaja. U cilju proširivanja tehnoloških mogućnosti jezgra su snabdevena promenljivim magnetnim polovima. To omogućava da se na jednoj mašini obradjuju predmeti različitih dimenzija.

Prvobitno je kao rezni alat korišćena strugotina gvoždja. Zatim su osvojene specijalne vrste praška dobijene pečenjem abrazivne i feromagnetne komponente, čime su stvoreni uslovi za znatno povećanje proizvodnosti obrade. Razvijaju se novi magnetno-abrazivni materijali za specijalnu ili univerzalnu primenu, koji vidno proširuju oblast primene MAO.

Potrebno je da sredstva za hladjenje i po-

dmazivanje udovolje odredjenim zahtevima. Ispitivanja su pokazala da ocenjivanje samo preko proizvodnosti nije dovoljno. Postojanje u zoni obrade finih slobodnih čestica gvoždja i abraziva nameće potrebu izrazito dobrog spirajućeg dejstva sredstva za hladjenje i podmazivanje. Razvijene vrste sredstava za hladjenje i podmazivanje zadovoljavajuće ispunjavaju pomenute zahteve.

Ovaj metod se može primenjivati kako za obradu veoma tačnih elemenata, tako i za dekorativno poliranje.

U mašinogradnji su najzastupljenije tri grupe materijala: čelici, gvoždje i obojeni metali. Proces je dovoljno izučen s obzirom na različite vrste konstrukcijskih i ugljeničnih čelika |1|. Tako se u cilju postizanja visokog kvaliteta obradjene površine koristi prašak krupnoće 100-160 m, magnetna indukcija do 0,9 T, pri čemu odnos brzine oscilatornog kretanja predmeta obrade i brzine njegovog okretanja mora biti jednak ili veći od 0,1. U slučaju kada se kao kriterijum usvoji povećanje zapremina uklonjenog materijala koristi se prašak veće krupnoće - do 400 μm, jače magnetno polje 1,1-1,2 T, a brzina rotacije predmeta obrade maksimalno 3,5-4 m/s. Zavisno od varijacija parametara režima obrade mogu se dobiti hrapavosti obradjene površine u rasponu Ra = 0,2-0,02 μm. Sopstveni Mikroreljef magnetno-abrazivne obrade ostvaruje se, po pravilu, pri uklanjanju sloja debljine 4 - 7 μm.

Potrebno je imati u vidu da obrada slobodnim abrazivom u magnetnom polju tela sa nejednorodnom mikrotvrdoćom površina, na primer različitih vrsta gvoždja, ima niz specifičnosti. Tako dok pri obradi čelika postoji gornja granica krupnoće abrazivnog praška, jer se sa povećanjem dimenzija zrna izaziva pogoršanje hrapavosti obradjenih površina, obrada gvoždja velike čvrstoće nameće i donju granicu. To ograničenje povezano je sa pojavom utiskivanja veoma malih abrazivnih zrna u grafitne uključke. Pri tome dolazi do punjenja obradjivane površine i pojave mikrodefekata. Eksperimentalno je utvrdjeno da se optimalna hrapavost gvoždja velike čvrstoće postiže pri sledećem odnosu:

$$\frac{\Delta_z}{Dr} > 2,5 - 3 \qquad (1)$$

gde je: Δ_z - dimenzija reznih zrna praška, Dr - prečnik grafitnih uključaka u gvoždju.

Pri magnetno-abrazivnoj obradi gvoždja velike čvrstoće dolazi do potpunog "ogoljavanja" grafitnih uključaka, dok se pri drugim vrstama završne obrade oni prekrivaju slojem metala. Potrebno je primetiti da se i pri poliranju čeličnih predmeta obrade potpuno skrivaju tačkasti defekti nastali u predhodnim operacijama obrade.

Uporedna ispitivanja su pokazala da zapremina uklonjenog metala pri obradi različitih vrsta gvoždja (sivog livenog, kovnog, gvoždja povećane čvrstoće), zavisi od fizičko-mehaničkih svojstava, dok postignutu hrapavost uslovljava prostorni razmeštaj grafita. Promena magnetne indukcije i brzine oscilovanja predmeta obrade pri poliranju sivog gvoždja ne prati znatnija promena hrapavosti obradjene površine. To je posledica stvaranja mreže dispergovanih čestica abraziva u grafitnim uključcima.

Odredjene poteškoće izaziva poliranje kovnog gvoždja jer oblik grafita u njemu pogoduje formiranju mikrodefekata površine. U tom slučaju veoma je bitno održavati režim obrade u strogo definisanom intervalu.

Poliranje u magnetnom polju obojenih metala takodje karakterišu odredjene specifičnosti. S obzirom na to da oni ne pripadaju nemagnetnim materijalima postoji velika razlika u karakteru mehaničkog medjudejstva abrazivnih zrna sa obradjivanom površinom. U poredjenju sa feromagnetnim materijalima, pri jednakom magnetnom polju, proizvodnost obrade obojenih metala je znatno niža.

Na osnovu eksperimentalnih rezultata ustanovljeno je takodje, da pri odredjenim uslovima obrade dolazi do još neintizivnijeg skidanja materijala, a takodje do zatupljivanja abrazivnih zrna i narušavanja njihove orijentacije. Analiza pokazuje da se na površini predmeta obrade od bakra, bronze, mesinga i hrom-aluminijuma javlja prevlaka koja nastaje delovanjem tzv. pojave strukturnog prilagodjavanja.

Poznato je da se pri završnim operacijama uporedo sa procesima mikrorezanja odvijaju i pojave koje se podvrgavaju zakonima normalnog trenja (po podacima |2| 15-17% od ukupnog broja zrna obavljaju mikrorezanje, dok 83-85% elasto - plastično deformisanje obradjivane površine). Iz toga sledi da pojava strukturnog prilagodjavanja

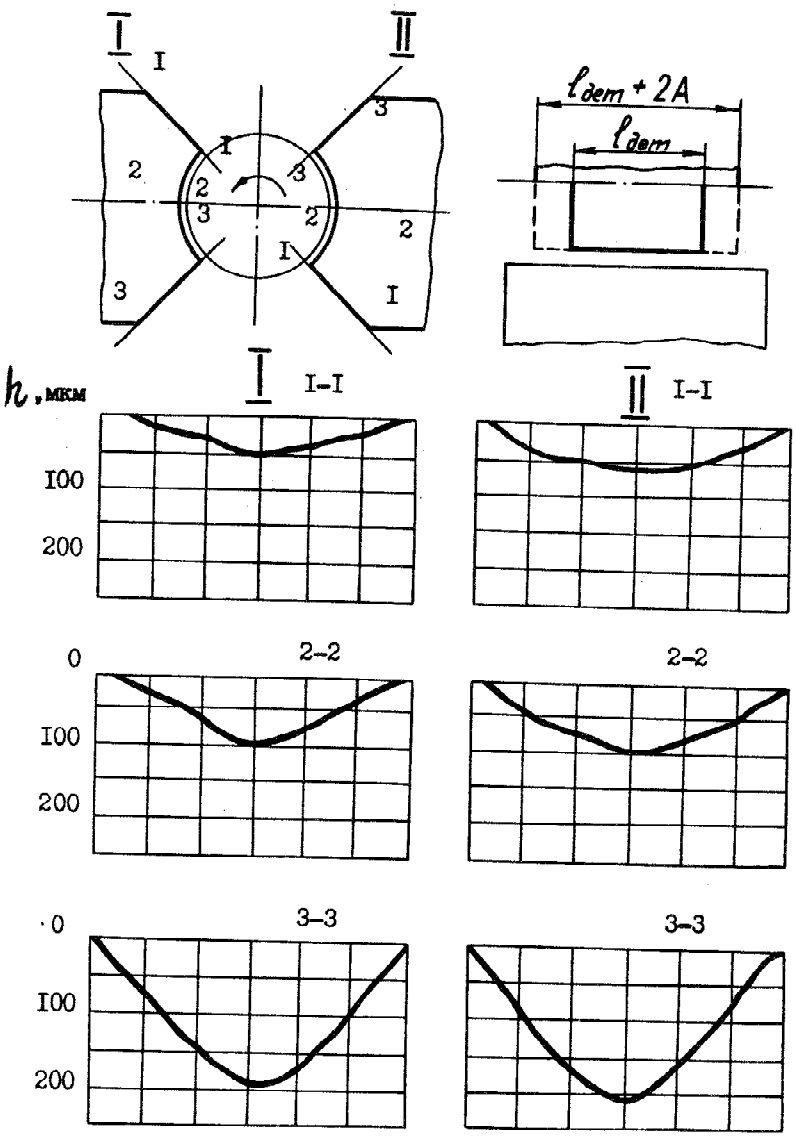
ima svoje mesto i pri obradi metala. Obavljena ispitivanja su potvrdila ispravnost postavljene hipoteze. U eksperimentima su menjani kako parametri obrade, tako i uslovi spoljašnje sredine-sastav sredstava za hladjenje i podmazivanje, koji mogu uticati na veličinu specifičnog kritičnog rada (on odgovara formiranju sekundarnih struktura).

Analiza dobijenih rezultata je pokazala da osnovni uticaj na uklanjanje metala iskazuje energetske karakteristike procesa: pri povećanju magnetne indukcije od 1,0 do 1,35 T i brzine obrtanja predmeta obrade od 2,00 do 4,00 m/s, pri nepromenjenim ostalim uslovima, prati intenzivniji pad zapremine uklonjenog metala. Pri tome obradjivana površina dobija matiranu nijansu boje i posle 30-40 sekundi od početka obrade praktično se prekida dalje uklanjanje metala.

Očigledno je da promena režima rezanja i sastava sredstava za hladjenje i podmazivanje dovodi do pomeranja kritičnih vrednosti specifičnog rada trenja, pri kojima na površini metala nastaju strukturne promene koje rezultiraju pojavom površinskih prevlaka. Mehaničke karakteristike prevlaka su znatno više u odnosu na osnovni metal, i zato nastaje usporavanje i prekidanje uklanjanja metala sa predmeta obrade.

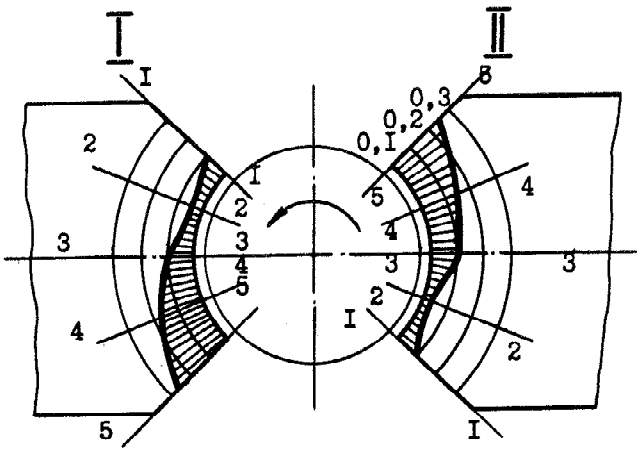
Kako je već rečeno, na mašinama za magnetno-abrazivnu obradu primenjuju se promenljivi magnetni polovi, koji omogućavaju obradu predmeta različitih dimenzija bez promene konstrukcijskih parametara osnovnog magnetnog pogona. U današnje vreme poznati su magnetni polovi i za predmete obrade tipa rotirajućih tela, koji sa predmetom obrazuju koncentričan radni zazor u obliku srpa, kao i polovi sa pravolinijskim profilom i osom simetrije pomerenom u odnosu na osu radnog komada. Medjutim, najveću primenu imaju koncentrični polni nastavci, koji obezbedjuju zadovoljavajuću proizvodnost procesa obrade i hrapavost obradjene površine. Smatralo se da je dejstvo feromagnetno-abrazivnog praška na njihovu radnu površinu neznatno. Zato su u cilju utvrdjivanja stvarnog habanja magnetnih polova obavljena ispitivanja njihovih dimenzija i težinskih karakteristika. Promena dimenzija radnih površina polnih nastavaka u uzdužnom i poprečnom pravcu kontrolisana je pomoću davača sa tačnošću merenja do 1 μm.

Analiza habanja magnetnih polova u pravcu normalnom na pravac vektora brzine okretanja (profilno habanje) pokazuje da se njegova najveća vrednost uočava u centru (sl. 1). Sa približavanjem krajevima obradjivanog komada habanje se umanjuje. Ukupna dužina profilnog habanja iznosi $\ell = \ell_{pr} + 2A + 0{,}02$, gde je: ℓ_{pr} - dužina radnog komada, A - amplituda oscilacija.



Sl.1. Profilno habanje magnetnih polova

Habanje magnetnih polova u pravcu vektora brzine rotacije predmeta obrade ima složen karakter (sl. 2). Pri ulazu u radni zazor čestice



Sl. 2. Habanje magnetnih polova po njihovoj dužini

praška nošene rotirajućim predmetom obrade vrše intenzivno rezanje magnetnih polova (presek I-I). Zatim habanje unekoliko opada, ali ponovo počinje da raste od preseka II-II. Analiza pokazuje da se kriva habanja magnetnih polova po njihovoj dužini sa visokim stepenom tačnosti aproksimira jednačinom Arhimedove spirale:

$$\rho = \frac{a}{2\pi}\phi, \qquad (2)$$

gde je: ρ - priraštaj radijusa pri njegovom okretanju za ugao ϕ, a - korak Arhimedove spirale.

Za ispitivane parametre obrade a = 750 - 850 μm jednačina (2) ima sledeći oblik:

$$\rho = (0{,}12 - 0{,}14)\phi \qquad (3)$$

Za početak merenja usvojen je presek I-I, dok je ugao brojno jednak uglu obuhvata magnetnih polova i menja se od 0 do 90°.

Utvrdjeni način habanja u pravcu vektora brzine okretanja neposredno karakteriše stepen sabijanja, samim time utiče i na raspodelu pritiska praška na obradjivani predmet i dinamiku procesa. Očigledno je da i pri magnetno-abrazivnoj obradi postoji neprekidno prenošenje abrazivnih zrna iz jednog zazora u drugi. Pošto je u zoni rezne "četke" zbog zgušnjavanja mase praška linearna brzina reznih zrna smanjena, uočeno povećano habanje može se objasniti njihovim premeštanjem po zapremini radnog zazora.

Odstupanje radnog zazora od koncentrične forme dovodi do promene načina habanja magnetnih polova. Tako se pri primeni srpastog radnog zazora habanje u zoni rezne "četke" znatno intenzivira na račun nastajanja dopunskog mehaničkog pritiska kako na obradjivani komad, tako i na magnetne polove.

U tabeli 1 prikazan je uticaj vremena obrade na maksimalnu veličinu habanja magnetnih polova u različitim presecima.

Tabela 1.

Broj magnetnog pola		I			II		
Vreme rada (čas)		10	20	30	10	20	30
Težinsko habanje (g)		0,315	0,709	1,093	0,276	0,616	0,981
Linearno habanje u presecima (μm)	1-1	20	30	40	10	30	40
	2-2	10	20	20	0	30	30
	3-3	30	50	80	20	60	90
	4-4	70	100	150	40	80	150
	5-5	110	160	220	70	120	220

Kako se to vidi habanje je proporcionalno vremenu rada i pri t = 30 čas. dostiže vrednost 220 μm, što dovodi do narušavanja oblika radnog zazora i umanjenja veličine magnetne indukcije u zoni obrade.

Obavljena ispitivanja su pokazala da primena SHP sa visokom sposobnošću spiranja doprinosi povećanju habanja magnetnih polova za 10-15%. To je povezano sa njegovim uticajem na stanje mreže feromagnetnih-abrazivnih zrna: pri odsustvu filtracije lepljivih komponenti znatno se intenzivira proces prenošenja reznih zrna iz jednog radnog zazora u drugi.

Analiza uticaja SHP na kinematiku kretanja praška je pokazala da se pri korišćenju SHP povećava realna vrednost amplitude i proizvodnost procesa, dok se hrapavost površine smanjuje od Ra = 0,049 μm do Ra = 0,03 μm (pri odredjenim vrednostima amplitude i brzine rotacije predmeta obrade).

Kao rezultat intenzivnog habanja magnetnih polova dolazi do sniženja magnetne indukcije u centru za 15-20%. Zato se skidanje metala u navedenom preseku takodje umanjuje, što dovodi do

do pogoršanja tačnosti obrade (tabela 2).

Tabela 2. Uticaj habanja magnetnih polova na proizvodnost i tačnost obrade

Habanje u preseku 5-5 (μm)	Težinsko habanje	Hrapavost radn.komada Ra (μm)		Bočno bacanje (μm)
		U centru	Na krajevima	
0	0,275	0,035	0,035	0
50	0,270	0,037	0,32	0,5-1,0
100	0,263	0,056	0,044	1,0-2,0
150	0,258	0,064	0,037	2,0-3,0
200	0,246	0,071	0,03-	3,0-6,0

Kako se to vidi iz tabele 2 ukupna količina materijala koja se skida sa predmeta obrade se smanjuje za 10-15% sa porastom radnog zazora, dok bočno bacanje dostiže 6 μm pri dužini predmeta obrade od 32 mm. Očigledno je da je za otklanjanje ovakve netačnosti obrade potrebno smanjiti habanje magnetnih polova, posebno pri primeni SHP sa visokom sposobnošću spiranja, koje doprinosi intenziviranju prenosa praška iz jednog radnog zazora u drugi.

Formiranje površine pri obradi običnim abrazivnim alatom dovoljno je izučeno i izloženo u radu |3|. Razmotrićemo neka pitanja formiranja površine uslovljena specifičnošću samog procesa magnetno-abrazivne obrade pri postojanju "četke" slobodnih feromagnetnih-abrazivnih zrna.

Analiza literature pokazuje da postoje različite hipoteze o mehanizmu uklanjanja metala. Jedni autori tvrde da proces obrade treba razmatrati kao sveukupnost diskretnog masovnog mikrogrebanja površinskog sloja abrazivnim komponentama feromagnetnih zrna uz postojanje fizičkih i hemijskih pojava koje se odvijaju u zoni rezanja. Egzistira takvo mišljenje da znatan udeo u uklanjanju metala imaju mikrostruje koje tope vrhove mikroneravnina. Medjutim, eksperimentalno potvrdjivanje navedenih hipoteza autori su obavljali putem modeliranja, pri čemu se ostvaruju uslovi bitno različiti u odnosu na realni proces.

Može se pretpostaviti da se pri magnetno-abrazivnoj obradi kontakt reznog zrna i površine predmeta obrade ostvaruje preko jedne ili nekoliko submikroneravnina radijusa zaobljenja ρ. Pri relativnom pomeranju zrna i površine nastaje tangencijalna sila Ft, koja deluje u centru zrna. Očigledno je da će se proces plastične deformacije i skidanja strugotine ostvariti ukoliko je zadovoljen uslov

$$F_t > \tau_{sm}$$

gde je τ_{sm} - naprezanje na smicanje u metalu.

Poznato je da pri urezivanju zrna do dubine (a) veličina stvarnog grudnog ugla u bilo kojoj tački kontakta iznosi

$$\gamma_x = \arcsin \frac{\rho - a_x}{\rho} \qquad (4)$$

gde je: a_x-debljina uklonjenog sloja u toj tački, ρ - radijus zaobljenja vrha submikroneravnina zrna.

Pri rezanju čvrsto vezanim abrazivnim zrnom (na primer abrazivnom trakom) vrednosti γ_x su relativno postojane. Pri magnetno-abrazivnoj obradi odsustvo čvrste veze zrna dovodi do toga da na njega deluje obrtni moment jednak proizvodu tangencijalne sile F_t i radijusa zrna:

$$M = F_t . R_z \qquad (5)$$

Pri nekoj vrednosti debljine strugotine je $\tau_{sm} > F_t$. U tom slučaju zrno će se pod dejstvom obrtnog momenta zaokrenuti i stupiti u kontakt sa metalom novim reznim delom. Zakretanje zrna uslovljava povećanje radijusa zaobljenja reznog dela i promenu stvarnog grudnog ugla što dovodi do pomeranja plastične deformacije u dubinu obradjivanog metala.

Na taj način analiza predložene šeme pokazuje da se diskretnost procesa rezanja i preorijentacija zrna ostvaruje njihovim kotrljanjem po površini metala na račun postojanja obrtnog momenta. Pojava kotrljanja slobodnih abrazivnih zrna pri poliranju abrazivnom trakom utvrdjena je u radu |2|.

Potrebno je naglasiti da se prekidni kontakt reznog zrna sa metalom delimično ostvaruje zbog postojanja realnog hrapavog profila obradjivane površine.

Kao eksperimentalna potvrda karaktera dispergovanja metala pri magnetno-abrazivnoj obradi može poslužiti analiza topografije mikrostrugotina koje nastaju u realnom procesu rezanja. Na osnovu izgleda strugotine može se suditi o nastalim deformacijama pri obradi, geometrijskim parametrima zrna i drugim karakteristikama procesa. U cilju dobijanja mikrostrugotina u čistom obliku korišćena su različita magnetna

svojstva praška i materijala predmeta obrade. Projektovan je uredjaj koji u potpunosti objedinjuje sedimentacionu analizu i magnetno razdvajanje.

Vreme taloženja mikrostrugotine odredjenih dimenzija odredjuje se izrazom

$$t = \frac{Hg.\eta}{2r^2(D-D')g} \quad (s) \qquad (6)$$

gde je: H - visina stuba tečnosti u kojoj se taloži strugotina, η - viskozitet tečnosti, r - dimenzija strugotine, D - gustina materijala strugotine, D' - gustina tečnosti, g - zemljino ubrzanje.

Ova formula podrazumeva sveričan oblik čestica i taloženje koje se odvija dalje od zidova posude.

Na osnovu apriornih informacija i postojećih podataka o dimenzijama mikrostrugotine pri brušenju usvojeno je r = 0,1 μm.

Radi odvajanja i skupljanja magnetne frakcije iz ukupnog taloga koji je propuštan kroz filter korišćeno je magnetno polje, čija je snaga odabirana putem eksperimenta.

U tabeli 3 dato je proračunsko vreme taloženja (u časovima) mikrostrugotine za metale različite gustine.

Tabela 3.

Dimenzije strugotine r (μm)	Materijal strugotine		
	Aluminijum	Nerdjajući čelik	Bakar
0,1	380	108	94
1,0	3,83	1,1	0,96
10,0	2,3	0,7 min	0,5min

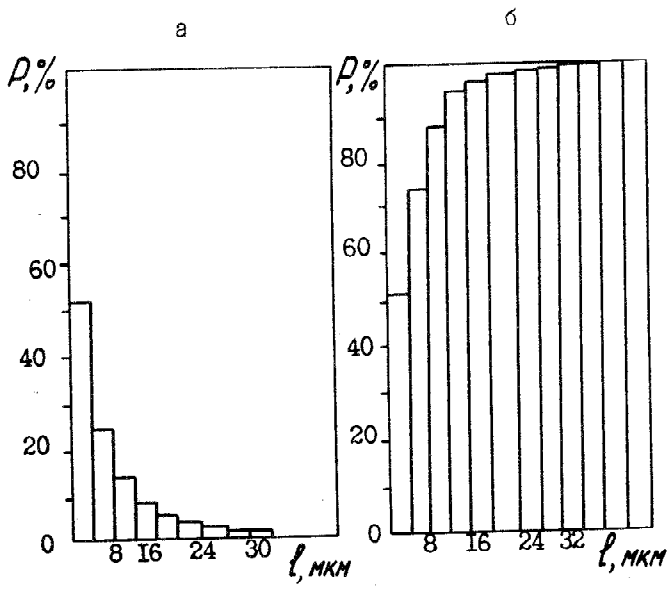
Dimenzije mikrostrugotine dobijene posle magnetno-abrazivne obrade merene su na mikroskopu sa ekranom, a njihov oblik i radijus zaobljenja odredjivani su pomoću fotografisanja na elektronskom mikroskopu.

Rezultati merenja su automatski zapisivani i unošeni u histogram, na kome su na apscisi date grupisane dimenzije strugotine a na ordinati procentualna zastupljenost strugotine odredjenih dimenzija (sl. 3). Napravljena su dva tipa histograma-diferencijalni (sl. 3a) na kojima je data procentualna zastupljenost svake grupe dimenzija i integralni (sl. 3b) gde je obavljeno sumiranje svake naredne sa prethodnim grupama.

Analiza raspodele mikrostrugotine po dimenzijama pokazala je da se ona dovoljno tačno aproksimira krivom oblika:

$$y = y_o e^{-\alpha x} \qquad (7)$$

gde je: x - dimenzija strugotine (μm), y - procentualna zastupljenost strugotine date dimenzije.



Sl. 3. Histogrami diferencijalne (a) i integralne (b) raspodele mikrostrugotine po dimenzijama

Najveća količina mikrostrugotine (oko 80%) pri korišćenju praška krupnoće 100-160 m imala je dimenzije do 8 μm, a maksimalna dimenzija dostiže 24-26 μm. Sa povećanjem krupnoće praška uočava se preraspodela strugotine po dimenzijama: smanjuje se udeo strugotine malih dimenzija sa istovremenim porastom udela krupnijih čestica.

Strugotina posle magnetno-abrazivne obrade predstavlja segmentne elemente ili elemente u obliku zapete, tj. ima oblik sličan obliku strugotine dobijene u procesu brušenja. Odnos širine strugotine i njihove dužine iznosi 5-20.Na površini strugotine uočavaju se pojedini jako deformisani delovi što svedoči o postojanju velikih plastičnih deformacija u zoni rezanja.

Pri analizi površina mikrostrugotine nisu otkriveni tragovi topljenja. Očigledno je da formiranje mikroprofila i fizičko-mehaničkih svojstava pri magnetno-abrazivnoj obradi ima abrazivni karakter, a dejstvo mikrostruja ne postoji. Nalaženje mikrostrugotina sa jako deformisanim delovima i umanjenim vrednostima radij-

jusa zaobljenja omogućilo je da se objasni mehanizam nastajanja zaostalih naprezanja različite veličine u odnosu na druge operacije, završne obrade.

Na osnovu obavljenih ispitivanja sačinjene su preporuke za optimalne režime rezanja, šeme obrade, feromagnetne - abrazivne praškove i sredstva za hladjenje i podmazivanje, što omogućuje šir uvodjenje ove vrste obrade u proizvodnju.

Poslednjih godina takodje se široko primenjuje metod elektro-hidro-impulsne obrade zasnovan na korišćenju visokonaponskih električnih pražnjenja ili električnih detonacija provodnika u vodi. Pri tome, osnovni faktor delovanja na predmet obrade predstavljaju udarni talas, hidrotok izazvan nastajanjem u vodi mehura para i gasova i kavitacija, koja nastaje pri delovanju udarnih talasa, para i gasova na predmet obrade. Dok je kod otvorenih zapremina vode osnovni faktor opterećenja predmeta obrade udarni talas, kod zatvorenih komora, posebno sa smanjenjem zapremine, to su pare i gasovi.

Sa stanovišta efektivnosti procesa obrade materijala osim amplitudne vrednosti pritiska (p) u radnim komorama bitno je i vreme njegovog trajanja (t). Ispitivanja su pokazala da vrednosti tih parametara delovanja na predmet obrade pri elektro-hidro-impulsnom procesu variraju u širokom rasponu u zavisnosti od parametara odvodnog kola instalacije i uslova obavljanja eksperimenta: p = 1 - 100 MPa, t = 1 - 500 μs. U skladu sa tim i veličina impulsa pritiska $i = \int_{t_1}^{t_2} p\,dt$ znatno se menja. Pri tome potrebno je razlikovati impulse pritiska od udarnog talasa i širenja para i gasova, čije dejstvo na predmet obrade vremenski razgraničeno i čija veličina u znatnoj meri zavisi od oblika i zapremine komore.

Za ocenu pritiska od delovanja udarnog talasa na predmet obrade u zatvorenim radnim komorama male zapremine sa dovoljnom tačnošću može se koristiti izraz /4/:

$$p_m = \frac{v_n \rho c}{4 w_p} \qquad (8)$$

gde je: p_m - maksimalni pritisak na čelu udarnog talasa, v_n - početna brzina kretanja predmeta obrade koji nije fiksiran u izlaznom preseku komore - odredjena eksperimentalno, ρ i c - gustina materijala predmeta obrade i brzina prostiranja talasa u njemu, w_p - koeficijent prolaska talasa kroz granicu metal-voda:

$$w_p = 1 - \left(\frac{\rho c - \rho_o c_o}{\rho c + \rho_o c_o}\right)^2 , \qquad (9)$$

gde je: ρ_o i c_o - gustina vode i brzina prostiranja talasa (zvuka) kroz nju.

Pokazano je da veličina v_n zavisi od mase predmeta obrade, njegovih svojstava, parametara odvodnog kola uredjaja (C, U, L, Vo) i parametara komore. Veličina p_m pri U = 2,0 kW, C = 1810 uF, (W_o = 3,62 kJ) i konstantnim parametrima radne komore (v_k = 368 cm^3, α = 60°), detoniranih provodnika (ℓ_{vp} = 68 mm, d_{vp} = 0,8 mm, materijal - čelik 65G) proračunata po formuli (8) iznosi 18,7 MPa. Za navedene uslove $t \approx 11{,}5 \cdot 10^{-6}$ s.

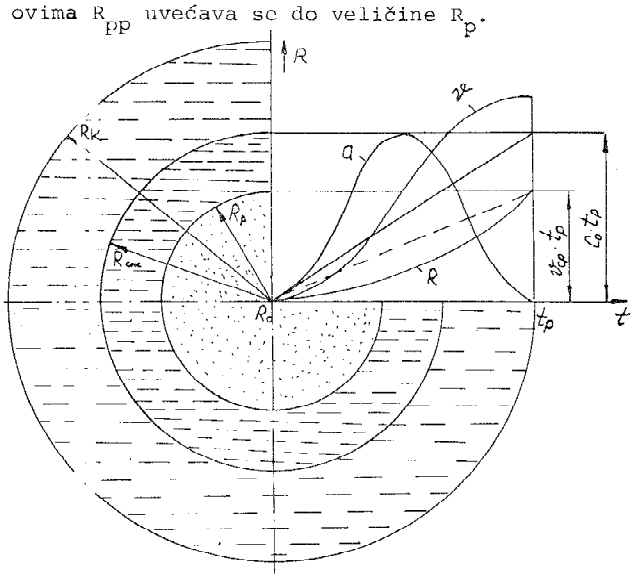
Uzimajući u obzir da promenu pritiska u komori karakteriše zavisnost

$$p(t) = p_m e^{-t/\theta} , \qquad (10)$$

veličinu impulsa pritiska udarnog talasa možemo aproksimirati u obliku:

$$i = p_m \, 0/2 .$$

Za ocenu impulsa pritiska na predmet obrade koji potiče od dejstva pare i gasova razmotrićemo zatvorenu zapreminu vode (sl. 4) u kojoj se ostvaruje visokonaponsko električno pražnjenje ili detonacija provodnika. Za vreme pražnjenja t_p (vreme ulaska u kanal pražnjenja energije akumulatora) radijus mehura sa parom, gasovima R_{pp} uvećava se do veličine R_p.



Sl.4. Odvijanje razvijanja tokom vremena detonacije u zatvorenoj zapremini

Prihvatajući sferni oblik mehura gasova i pare smatramo da se ciklusi širenje-sabijanje obavljaju po sinusoidnom zakonu, tj.

$$R = \int_o^t v\,dt;\quad v = \int_o^t a\,dt \tag{12}$$

gde su: v i a brzina i ubrzanje širenja gasnog mehura.

Za vreme t_p voda u komori R_k se sabija na veličinu $R_p = v_{cp}.t_p$, a u to vreme front talasa pomera se za veličinu $R_{sž} = C_o t_p$, gde je c_o - brzina prenošenja talasa pritiska u vodi (uzima se jednaka brzini zvuka), θ_{sr} - srednja brzina širenja mehura pare i gasa za vreme t_p. Ukoliko se u momentu t_p usvoji brzina širenja mehura jednaka brzini v_p, onda je $v_{ST} = v_p/2$, a veličina srednjeg ubrzanja širenja mehura biće:

$$a_{sr} = \frac{1}{t_p}\int_o^{t_p} a\,dt = \frac{2\,v_{sr}}{t_p} \tag{13}$$

Za vreme oslobadjanja energije u kanalu pražnjenja (smatrajući da se ona troši na širenje mehura gasa i parai na sabijanje tečnosti) srednju veličinu sile predstavljamo u obliku zbira dve komponente - sile inercije kretanja vode i sile otpora njenom sabijanju:

$$P_{sr} = m_v\,a_{sr} + f\varepsilon_{sr}Ev \tag{14}$$

gde je: f - površina mehura, ε_{sr} - srednja deformacija talasa pritiska, Ev - modul elastičnosti vode; m_v masa vode ,

$$M_v = f\rho_{sr}\frac{1}{t_p}\int_o^{t_p}(c_o - v_{sr})t.dt = f\rho_{sr}t_p\frac{c_o - v_{sr}}{2} \tag{15}$$

gde je: ρ_{sr} - srednja gustina talasa pritiska.

Uzimajući da je:

$$\varepsilon_{sr} = v_{sr}/c_o t_p = v_{sr}/c_o,$$

$$C_o = Ev/\rho_o;\ \rho_{sr} = (c_o - v_{sr})/t_r = \rho_o c_o t_p\ ,$$

na osnovu jednačina (13), (14) i (15) dobija se:

$$P_{sr} = f\rho_{sr}t_p\frac{c_o - v_{sr}}{2}\frac{2v_{sr}}{t_p} + f\frac{v_{sr}}{c_o}c_o^2\rho_o = \tag{16}$$

$$= fv_{sr}\left|\rho_{cp}(c_o - v_{sr}) + c_o\rho_o\right| = 2fv_{sr}\rho_o c_o.$$

Odavde sledi da je srednja vrednost pritiska na površini mehura koji se širi ($p_{sr} = P_{sr}/f$) upravo proporcionalna zavisnosti od brzine njegovog nastajanja:

$$p_{sr} = 2v_{sr}\rho_o c_o = v_p\rho_o c_o \tag{17}$$

U radu [5] učinjena je pretpostavka da u momentu završetka pražnjenja sva oslobodjena energija prelazi u energiju širenja mehura w_{pp} i energiju talasa sabijanja $W_{sž}$. Medjutim, to je u odredjenoj meri uprošćen model za proračun, jer on ne uzima u obzir energiju tečnosti koja se kreće - energiju hidrotoka W_{gp}.

Na taj način, za proračun primenjujemo sledeću relaciju:

$$W_{pp} + W_{gr} + W_{sž} = W_o$$

gde η - predstavlja koeficijent korisnog dejstva oslobadjanja energije u odvodnom vodu.

Veličina energije mehura odredjuje se na osnovu njegove zapremine i unutrašnjeg pritiska, tj. $W_{pp} = pV$, i za moment završetka pražnjenja (sl. 4) može se pisati:

$$W_{pp} = P_p V = \frac{1}{3}P_p f R_1 = \frac{1}{3}P_p f v_{sr} t_p\ . \tag{18}$$

Uzimajući da je

$$v_{sr} = \frac{p_{sr}}{2\rho_o c_o}\ ;\ p_o = 2\rho c_p$$

dobijamo:

$$W_{pp} = 2p_{sr}\frac{p_{sr}t_p f}{6\rho_o c_o} = \frac{p_{sr}^2 t_p f}{3\rho_o c_o} \tag{19}$$

Kinetičku energiju vode (energiju hidrotoka) odredjujemo na osnovu poznavanja brzine njenog kretanja u momentu t_p i mase sloja koji se kreće:

$$W_{gp} = \frac{m_v v_p^2}{2} \tag{20}$$

Uvršćivanjem u formulu (20) vrednost m_v iz jednačine (15) i uzimajući da je:

$$v_p = 2v_{sr};\ \rho_{sr} = (c_o - v_{sr})t_p = \rho_o c_o t_p;$$

$$v_{sr} = p_{sr}/2\rho_o c_o$$

dobijamo:

$$W_{gp} = \frac{f\rho_{sr}t_p(c_o - v_{cp})4v_{sr}^2}{2} = \frac{2f\rho_o c_o t_p p_{sr}^2}{4\rho_o^2 c_o^2} = \frac{p_{sr}^2 t_p f}{2\rho_o c_o} \tag{21}$$

Kao rezultat širenja vazdušnog mehura u vodi obrazuje se talas pritiska koji se prostire brzinom zvuka. Ukoliko je T - perioda talasa, ω_v - energija kretanja talasa po jedinici

zapremine, a ω_v - energija kretanja talasa koji prolazi kroz jedinicu površine u jedinici vremena, onda je $\omega_f = c_o v$.

Pri sinusoidnom talasu u vodi sa početnom gustinom ρ_o veličinu ω_f možemo pisati u obliku |5|:

$$\omega_f = p_{max}^2/2\rho_o c_o \cdot \qquad (22)$$

Prema tome, ukupna energija sabijanja jednog talasa (ukoliko se smatra da je za vreme t_p formiran prvi polutalas, tj. $T = 2t_p$) biće jednaka:

$$W_{sž} = \frac{p_{max}^2 T_f}{2\rho_o c_o} = \frac{p_{max}^2 2t_p f}{2\rho_o c_o} .$$

Uzimajući da je $p_{max} = 2p_{sr}$ dobijamo:

$$W_{sž} = \frac{4p_{sr}^2 t_p f}{\rho_o c_o} . \qquad (23)$$

Kada se uvrste u jednačinu (18) vrednosti za W_{pp}, W_{gp} i $W_{sž}$ dobija se:

$$\frac{p_{sr}^2 t_p f}{3\rho_o c_o} + \frac{4p_{sr}^2 t_p f}{\rho_o c_o} + \frac{p_{sr}^2 t_p f}{2\rho_o c_o} = w_o$$

$$\frac{29 p_{sr}^2 t_p f}{6\rho_o c_o} = \eta w_o ,$$

odnosno,

$$p_{sr} = \frac{6\eta w_o \rho_o c_o}{29 f t_p} = \frac{6\eta w_o \rho_o c_o}{29 4\pi R_1^2 t_p} = \frac{1}{R_1} \frac{3\eta w_o \rho_o c_o}{58\pi t_p} \qquad (24)$$

$$p_{max} = 2 p_{sr} = \frac{0,257}{R_1} \frac{\eta w_o \rho_o c_o}{t_p} \qquad (25)$$

Za vodu $\rho_o = 10^3$ kg/m^3 i $c_o = 1500$ m/s i zato izraz (25) dobija oblik

$$p_{max} = \frac{314,48}{R} \frac{\eta w_o}{t_p} , \qquad (26)$$

gde je R rastojanje predmeta obrade od kanala pražnjenja.

Na taj način je dobijena formula (25) za proračun pritiska u zatvorenim komorama elektrohidroimpulsnih uredjaja u zavisnosti od primenjene radne tečnosti, energije akumulatora, vremena i koeficijenta korisnog dejstva njenog oslobadjanja. Uzajamna veza navedenih parametara pri proračunu sklopa uredjaja i tehnoloških režima obrade može se predstaviti grafički |6|.

Veličina impulsa pritiska od dejstva mehura pare i vazduha na predmet obrade iznosi:

$$i = \int_{t_1}^{t_2} p\,dt = \int_{o}^{t_p} p_{max}\,dt = \int_{o}^{t_p} \frac{314,48}{R} \frac{\eta w_o}{t_p} dt =$$

$$= \frac{628,96}{R} \eta w_o t_p \qquad (27)$$

Rezultati merenja načina narastanja pritiska u zatvorenoj komori pokazali su da pri promeni energije akumulatora u granicama 3-8 kJ veličina impulsa pritiska varira u rasponu 2800-7000 Pa.s, što sa dovoljnom tačnošću ($\pm 5\%$) potvrdjuje proračunsku zavisnost (27).

Na taj način obavljena ispitivanja su pokazala da u zatvorenim komorama malih zapremina veličina impulsa pritiska od delovanja mehura gasa i para na predmet obrade više od 10 puta prevazilazi pritisak od udarnog talasa.

LITERATURA

1. SAKULEVIČ F.J., Osnovy magnitno-abrazivnoj obrabotki, Mn., Nauka i tehnika,1981,327 str.
2. JAŠĆERICIN P.I., ZAJCEV A.G., BARBOTKO A.M., Tonkie dovodočnye processy obrabotki detaljej mašin i priborov, Minsk, Nauka i tehnika, 1976., 326 str.
3. MASLOV E.N., Teorija šljifovanija metallov, M. Mašinostroenije, 1974, 319 str.
4. ČAČIN V.N., ŠADUJA V.L., Opredelenije načaljnoj skorosti dviženija zagotovki ot vazdejstvija udarnoj volny, V kn.: Impuljsnye metody obrabotki materialov, Mn.? Nauka i tehnika, 1979. str. 119-124.
5. OMORI M., INOUE T., Rasčjot davljenija, formirujemnogo razrjadom v židkosti, 1971, Tom. 37, No. 2, str. 119-124.
6. ČAČIN V.N., ŠADUJA V.L., Isledovanije energosilovyh parametrov nagruženija zagotovki v zamknutyh rabočih kamerah, VescI AN BSSR, Ser. FIz-tehn. nauk, 1982, No I,str.50-55.

P.I.Jašćericin, P.J.Skvorčevskij,
V.L.Šaduja

NEW MACHINING METHODS BASED ON THE APPLICATION OF MAGNETIC AND ELECTRIC FIELDS

Abstract

The paper is devoted to new finishing methods based on the use of magnetic and electric field energy - the magneto-abrasive, and the electro-hydro-impulse machining.

Detailed analysis is presented in the paper of the effects of individual parameters of the magneto-abrasive machining regime, and of the coolant/lubricant upon the process throughput and the machined surface microgeometry. Special attention is devoted to specific features of this method of machining as regards machining of iron and non-ferrous metals. On the basis of experimental results it is concluded that the process has abrasive nature.

In addition to the explanation of the principles of electro-hydro-impulse machining, the second part of the paper contains a detailed exposition of the procedure for calculating the pressure acting on the workpiece in terms of the working liquid type, supply energy, and the time and the coefficient of discharging.

XIX SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE
Kragujevac, septembar 1985.

IZRADA PRECIZNIH OTVORA PROVLAČENJEM I TEHNOLOŠKE MOGUĆNOSTI PRIMJENE U VAZDUHOPLOVSTVU

A. Mišković, Mašinski fakultet, Mostar
J. Kevelj, "SOKO" RO "Vazduhoplovstvo", Mostar
D. Vukelja, Mašinski fakultet, Kragujevac

REZIME

Za izradu preciznih otvora u mašinogradnji postoje dosta široki i opravdani razlozi naročito u savremenoj avio i raketnoj industriji, gdje se u sklopu trebaju obrađivati različite vrste materijala npr. konstrukcioni čelik - duralaluminijum.
Određene vrste provlakača i uređaja omogućuju izradu otvora povišenog kvaliteta i na nepristupačnim mjestima.

1. UVOD

Funkcionisanje tehničkog sistema zavisi od pouzdanosti rada njegovih elemenata koji međutim zavise od tačnosti i kvaliteta obrade površina tih elemenata između ostalih i otvora.
S obzirom na tačnost obrade otvora u odnosu na druge površine i pomenute zahjteve, u svijetu se sve više pažnja poklanja izradi preciznih otvora.Tako se i kod nas prišlo razvoju nove tehnologije izrade preciznih otvora za potrebe domaće vazduhoplovne industrije. Uprkos relativno skupe izrade provlakača, jednostavnost procesa obrade uz visoku tačnost i produktivnost ova obrada ima široke mogućnosti u primjeni.

U radu je riječ o provjerenim rezultatima u proizvodnim uslovima.

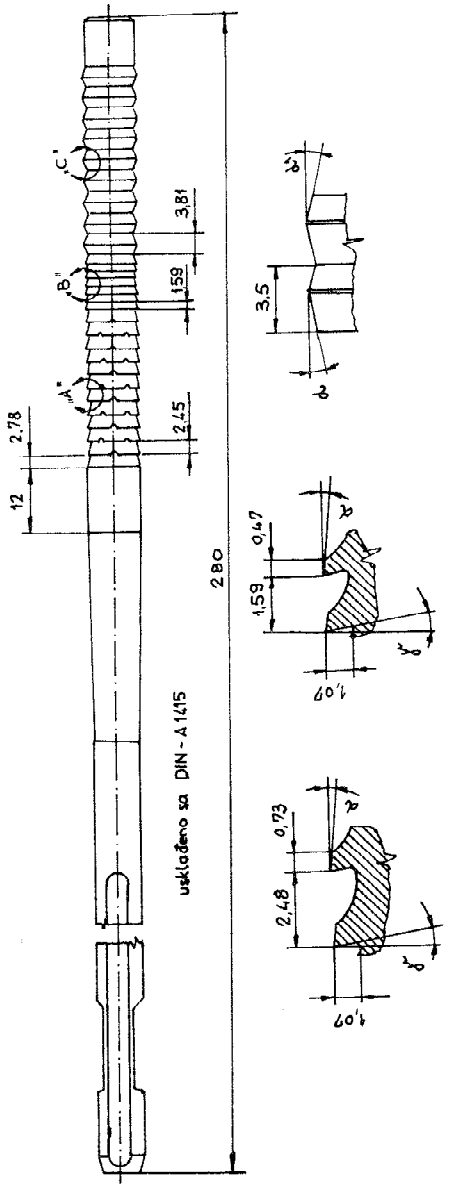
2. KONSTRUKCIJA PROVLAKAČA***

Sveobuhvatna praktična ispitivanja potvrdila su da se prečnik obrađivanog otvora uvijek razlikuje od prečnika provlakača kojim je taj otvor obrađen. Ovo se događa pod uticajem niza faktora koji se mogu podijeliti na slučajne i sistematske. Uticaj pojedinih faktora nije moguće da se opiše zakonima mehanike procesa rezanja, a pogotovo njihovo udruženo dejstvo na veličinu vibracija obrađivanog otvora (uveća-

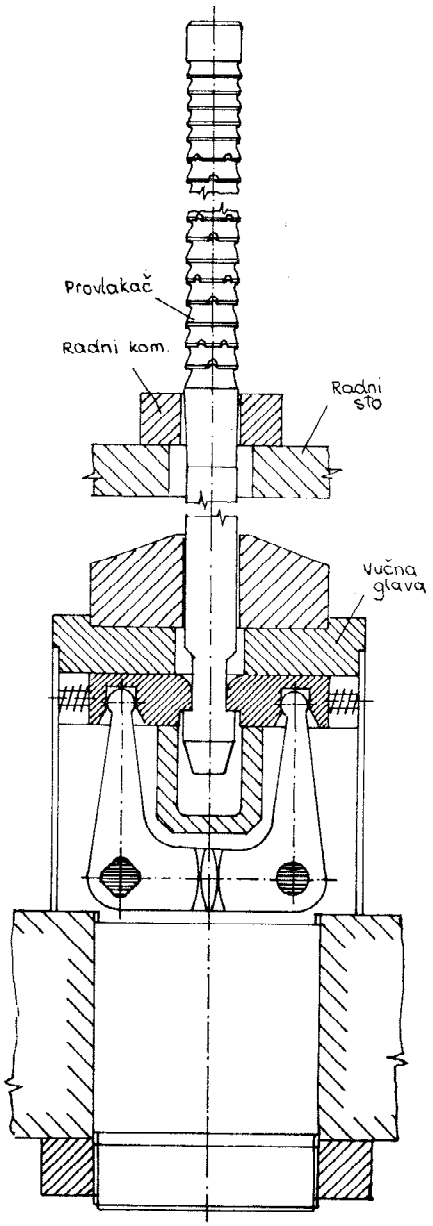
* Dr Anto Mišković,dipl.inž.V.prof.Mašinskog fakulteta u Mostaru
Mr Jusuf Kevelj,dipl.inž."SOKO" RO "VAZDUHOPLOVSTVO" Mostar
Dr Đušan Vukelja,dipl.inž.prof.Mašinskog fakulteta Kragujevac

** Rad je realizovan u laboratoriji za tehničku kibernetiku, tehnologiju mašinogradnje i obradu metala Mašinskog fakulteta u Mostaru u saradnji sa "SOKO" RO "VAZDUHOPLOVSTVO" Mostar

*** U radu [5] izložen je postupak konstruisanja optimalnih provakača pri čemu se pošlo od vektora $x=\begin{Bmatrix} t \\ l \\ z \end{Bmatrix}$ koji minimizira funkciju L=L (z,Ra,U), a u ovom radu daje se postupak određivanja optimalnog prečnika kalibrišućeg dijela korištenjem statističkih obrađenih rezultata eksperimenta.



Sl. 1 Rezno-deformabilni provlakač sa pločicama od TM



Sl. 2 Provlakač u radnom položaju

nje odnosno umanjenje). Obzirom na veliki broj prisutnih uticajnih faktora, ovaj problem se za sada rješava statističkom obradom rezultata eksperimenta. Prečnik kalibrišućeg dijela provlakača bio bi

$$Dsa = Ds \pm \delta$$

ovdje je: Ds - prečnik obrađivanog otvora

δ - razlika prečnika otvora i alata (može biti pozitivan ili negativan)

Uvećanje odnosno umanjenje otvora pri obradi dobiveno je pod uticajem niza faktora koji se

mogu podijeliti (kao što j e poznato) na sistematske i slučajne. Sistematski bi bili:
- vrsta materijala koji se obrađuje,
- vrsta materijala od kojeg je izrađen alat,
- režimi obrade,
- način hlađenja i SHP,
- veličina pohabanosti alata,
- elementi geometrije alata,
- način vođenja alata,

Slučajni faktori:
- varijacija mehaničkih svojstava materijala,
- varijacija dodatka za obradu,
- nejednakost otpora rezanja,
- stvaranje naslaga na zupce alata i odljepljivanje naljepljenog metala sa zubaca it d.

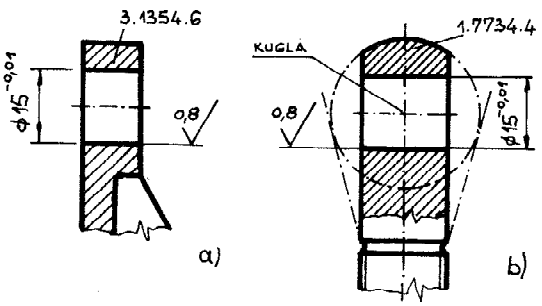
Udružena svojstva slučajnih i sistematskih faktora izazivaju rasturanje prečnika obrađivanog otvora. Uz predpostavku da su prečnici distribuirani po zakonu koji je nastao kompozicijom normalnog i uniformnog zakona, prečnik provlakača (kalibrišućeg dijela) iskazuje se jednačinama:

$$Dmax = Do + T - K.t\sigma_s - \bar{\delta}$$
$$Dmin = Do - \bar{\delta} + K.t\sigma_s$$

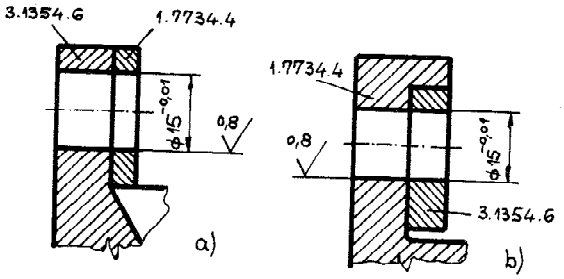
pri čemu je:
Do-nazivni prečnik,
σ -standardna devijacija,
$\bar{\delta}$-aritmetička sredina odstupanja

3. PROVJERA EKSPERIMENTALNIH ISTRAŽIVANJA U PROIZVODNIM USLOVIMA

Pri provjeri kvaliteta konstruisanih alata i tehnologija vršeno je u proizvodnim uslovima obrađujući elemente iz proizvodnog programa kao što prikazuju slike 3 i 4.



Sl.3 Elementi iz proizvodnog programa kod kojih se rade precizni otvori provlačenjem



Sl. 4 Elementi iz proizvodnog programa (sendvić konstrukcije) kod kojih se rade precizni otvori provlačenjem

Obzirom da su otežani uslovi obrade na pozicijama a i b sl. 4 to su prikazani rezultati verifikacije tehnologije prikazani upravo na tim pozicijama.

3.1. OSOBINE MATERIJALA PREDMETA OBRADE

Čelik W.1.7734.4 je hrom-molibden-vanadijum čelik za poboljšanje. Zbog svojih mehaničkih osobina mnogo se koristi u vazduhoplovnoj industriji. Mehaničke osobine i hemijski sastav su dati u tabelama 1 i 2.

Tabela 1.

Mehaničke osobine 1.7734.4			
Istezanje $\sigma_{o,2}$ [daN/mm^2]	Istezanje σ_{max} [daN/mm^2]	Smicanje τ [daN/mm^2]	Tvrdoća HV [daNmm^2]
55	70	42	205

Tabela 2.

Hemijski sastav 1.7734.4								
%	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	V
od	0,13	--	0,8	-	-	1,25	0,80	0,20
do	0,16	0,20	0,9	0,02	0,01	1,50	1,00	0,30

Drugi materijal korišten u eksperimentu je duraluminijum oznake WH.3.1354,6 Mehaničke osobine i hemijski sastav dati su u tabelama 3 i 4.

Tabela 3.

Mehaničke osobine 3.1354.6			
Istezanje $\sigma_{0,2}$ [daN/mm²]	Istezanje σ_{max} [daN/mm²]	Smicanje τ [daN/mm²]	Tvrdoća HV [daN/mm²]
34-35	45-48	21-22	115

Tabela 4.

Hemijski sastav 3.1354.6								
%	Cu	Mg	Mn	Si	Zn	Cr	Fe	Al
od	3,8o	1,2o	o,3o	-	-	-	-	-
do	4,9o	1,8o	o,9o	o,5o	o,25	o,1o	o,5o	Ostalo

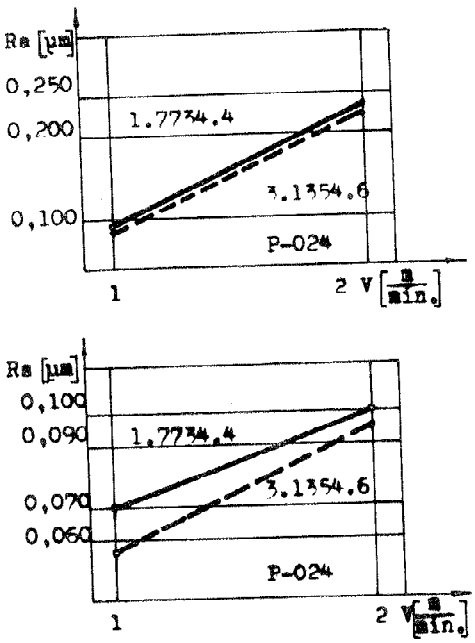
3.2 REZULTATI ISPITIVANJA

Tabela 5.

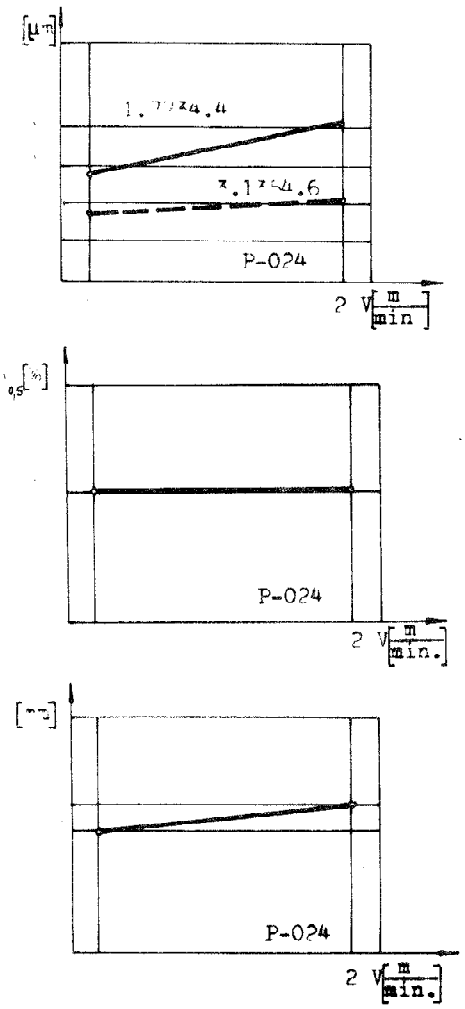
Rezno-defor.provlakač P-024			Ø 15+0;81 REZULTATI MJERENJA				
Broj eksp.	V [m/min]	Materijal	Ra [µm]	Rs [µm]	Rt [µm]	tp(o,5) [%]	D [mm]
1	1	1.7734.4	o,o7o	o,o5o	2,12o	1oo	14,99o
		3.1354.6	o,o7o	o,o5o	4,o2o	1oo	
2		1.7734.4	o,o7o	o,o5o	4,2oo	1oo	14,99o
		3.1354.6	o,o7o	o,o4o	2,16o	1oo	
3		1.7734.4	o,11o	o,11o	4,o3o	1oo	14,989
		3.1354.6	o,12o	o,o8o	2,16o	1oo	
X		1.7734.4	o,o93	o,o7o	3,45o	1oo	14,99o
		3.1354.6	o,o86	o,o56	2,78o	1oo	

Tabela 6.

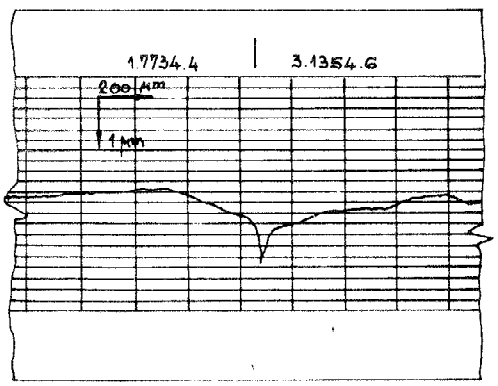
Rezno-defor.provlakač P-024			Ø 15 +0,o -o,o1 REZULTATI MJERENJA				
Broj eksp.	V [m/min]	Materijal	Ra [µm]	Rs [µm]	Rt [µm]	tp(o,5) [%]	D [mm]
4	2	1.7734.4	o,22o	o,1oo	3,9oo	1oo	14,992
		3.1354.6	o,22o	o,o9o	4,o7o	1oo	
5		1.7734.4	o,25o	o,1oo	4,2oo	1oo	14,992
		3.1354.6	o,23o	o,1oo	2,o9o	1oo	
6		1.7734.4	o,235	o,1oo	4,15o	1oo	14,992
		3.1354.6	o,22o	o,o95	3,o79	11o	
X		1.7734.4	o,235	o,1oo	4,o8o	1oo	14,992
		3.1354.6	o,225	o,o95	3,o8o	1oo	



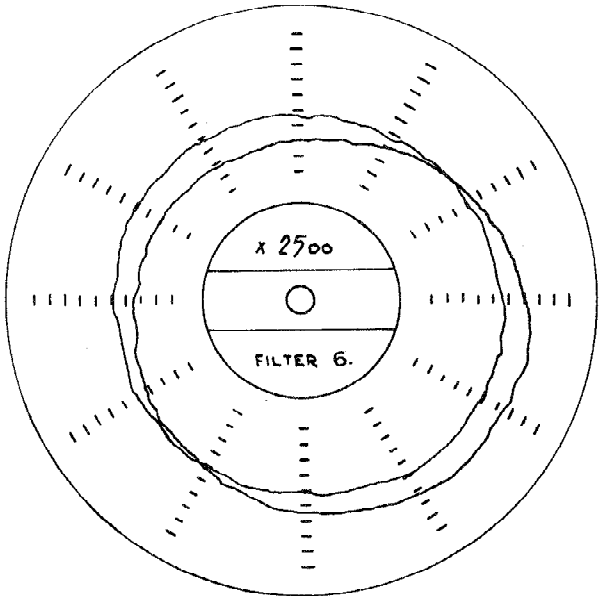
Sl. 5 Zavisnost parametara Ra,Rsod brzine provlačenja sendvića 1.7734.4 + 3.1354.6



Sl. 6 Zavisnost parametara Rt,tp i D od brzine provlačenja sendvića 1.7734.4 + 3.1354.6



Sl. 7 Isječak trake (epruveta 2)



Sl.8 Polarni dijagram (epruveta 2)

4. ZAKLJUČAK

Na osnovu iznijetog mogu se dati slijedeći zaključci:

- Obrada otvora je složenija u odnosu na obraru spoljnih prečnika.
- Obradom otvora provlačenjem posdiže se bolji kvalitet. Kod dijelova izrađenih provlačenjem ne pogoršavaju se dinamička svojstva.
- U poređenju sa postojećim tehnologijama može se konstatovati da je vrijeme obrade kraće za 15÷20 puta, a integritet obrađene površine, uzet preko parametara srednjeg aritmetičkog odstupanja profila, bolji i do deset puta, što povećava kvalitet obrade za dvije do tri klase.

To jasno govori koliki bi bili bolji tehnoekonomski efekti kada bi novi način izrade preciznih otvora bio primjenjivan u serijskoj proizvodnji.

5. LITERATURA

[1] D.Vukelja
A.Mišković
Konstrukcija alata za obradu rezanjem, Mašinski fakultet Mostar, 1984. godine

[2] D.Vukelja
Određivanje dimenzija reznom alatu za obradu otvora pomoću statističke metode, Mašinstvo 13. 1984. godine

[3] A.V.Sćegoljev
Konstrukcija protjažek, Lenjingrad 1960.

[4] M. Rozenberg
Rasćot i projektirovanje tujordosplavnih deformirujušćih protjažek i procesa protjagivanija, Kiev 1978.

[5] A.Mišković
Optimizacija i dimenzionisanje reznih elemenata alata primjenom metode konačnih elemenata, disertacija,Mostar 1982.

[6] Grupa avtorov
Tehničeskij progres v samoljetostrolnii, Moskva 1975. godine

[7] J.Kevelj
Razvoj postupaka izrade preciznih otvora provlačenjem, magistarski rad, Mostar, 1984. godine.

[8] A.Mišković
J.Kevelj
D.Vukelja
Neke nove mogućnosti izrade preciznih otvora. Zbornik radova XVI Savjetovanje proizvodnog mašinstva Jugoslavije Mostar, 1982. godine

[9] D.Vukelja
A.Mišković
Metode inžinjerskih optimizacija sa primjerima iz prakse. Građevinska knjiga, Beograd 1985. godine

[10] A.Mišković
J.Kevelj
D.Vukelja
Mogućnosti obrade otvora provlačenjem. Vidici RO "Vazduhoplovstvo" Mostar, 1984. godine

A.Mišković, J.Kevelj, D.Vukelja

NEW POSSIBILITES FOR ACCURATE HOLE MACHINING IN AERONAUTICS

Abstract

There is a wide range of justified reasons for accurate hole machining in the machinery production, which is especially true for modern aircraft and rocket industry, where different kinds of material should be machined in assembly (e.g. construction steel-duraluminium).Certain designs of broaches and associate devices make it possible to machine accurate holes even in non-accessible places.

XIX SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE
Kragujevac, septembar 1985.

PROJEKTOVANJE I PROIZVODNJA PRIBORA NA OSNOVU TIPIZIRANIH I STANDARDIZOVANIH ELEMENATA

V. Stanojević, ZCZ, Kragujevac
S. Jovičić, Mašinski fakultet, Kragujevac

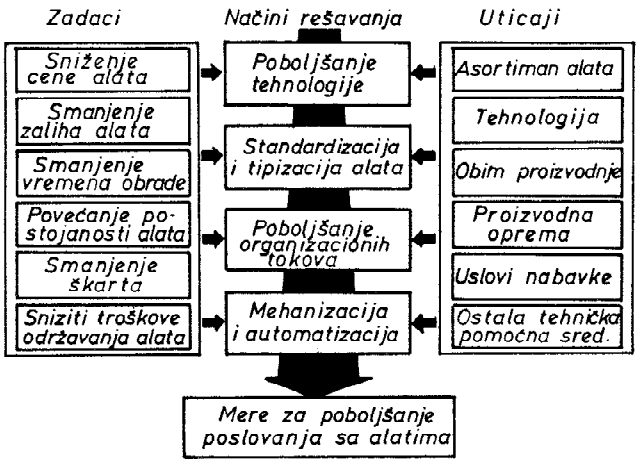
Dug vremenski period osvajanja novih proizvoda, modifikacije i uvodjenja novih tehnoloških rešenja u domaćoj industriji prerade metala u velikoj meri je posledica dugog ciklusa izrade pomoćnih pribora za svaku proizvodnu operaciju.
U radu se daje predlog za projektovanje i proizvodnju pomoćnih pribora na bazi standardnih elemenata čime bi se vreme osvajanja novih proizvoda znatno skratilo. Prednosti ovog pristupa su što korisnik dobija pomoćne pribore na bazi standardnih elemenata koji su jeftiniji od specijalnih a proizvodjač može preći na serijsku proizvodnju istih.

1. UVOD

U poslednje vreme, u pojedinačnoj i serijskoj proizvodnji, postoje tendencije u metalopreradjivačkoj industriji za smanjenjem troškova proizvodnje, povećanjem kvaliteta i fleksibilnosti, odnosno brzog menjanja proizvodnog programa jer je to i jedini način opstanka u uslovima sve veće konkurencije. Racionalizacije vršene u cilju pojevtinjenja proizvodnje vršene su uglavnom na polju poboljšanja proizvodne opreme dok je polje alata i pribora zanemarivano, mada troškovi alata na ukupne troškove proizvodnje učestvuju sa 30-35%.

Analizirajući strukturu poslovanja sa alatom, može da se primeti, da postoje oblasti gde ima prostora za poboljšanja i za dostignuća smanjenja udela troškova alata. Tu se prvenstveno misli na poboljšanje tehnologije, standardizaciji i tipizaciji alata, zatim efikasnije sprovodjenje organizacionih tokova, a i u sprovodjenju mehanizacije i automatizacije (sl. 1).

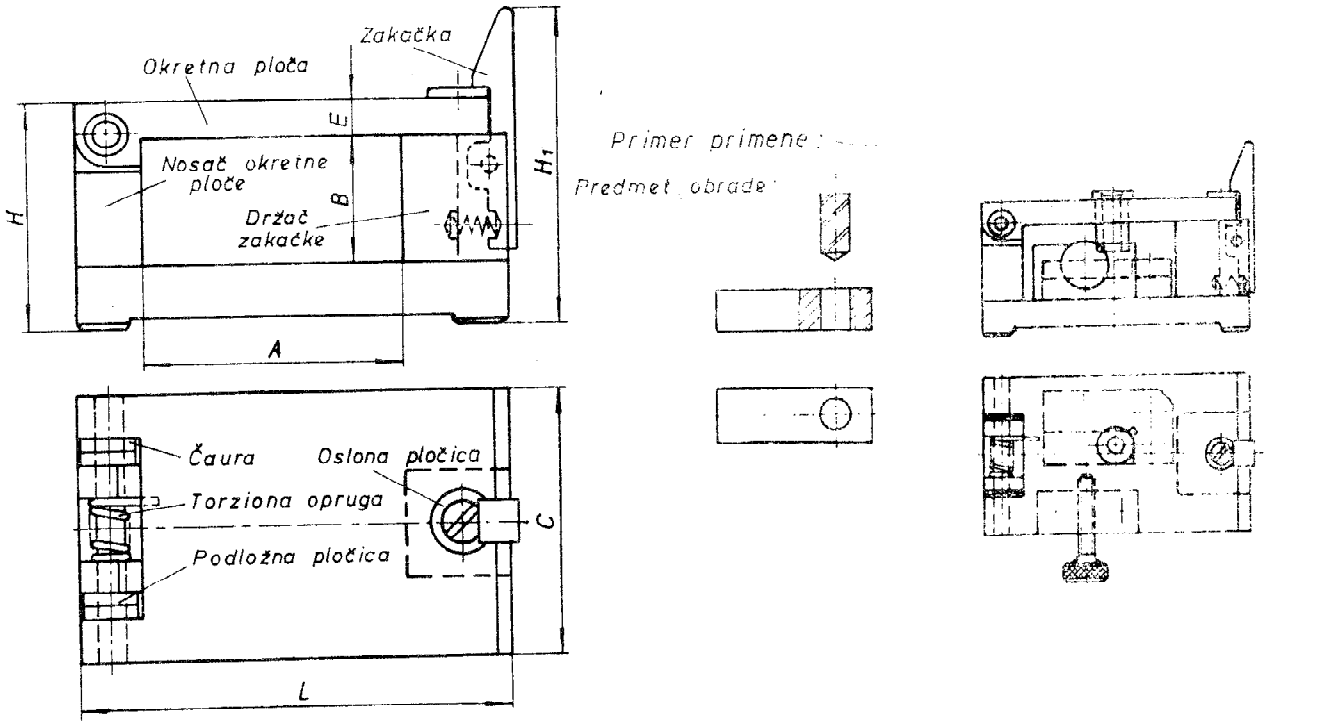
U ovom radu će biti prikazani kako kroz standardizaciju i tipizaciju pomoćnih pribora za glodanje i bušenje, a sledstveno tome i promenjenoj organizaciji nabavke i korišćenja pribora, može da dodje do ušteda.



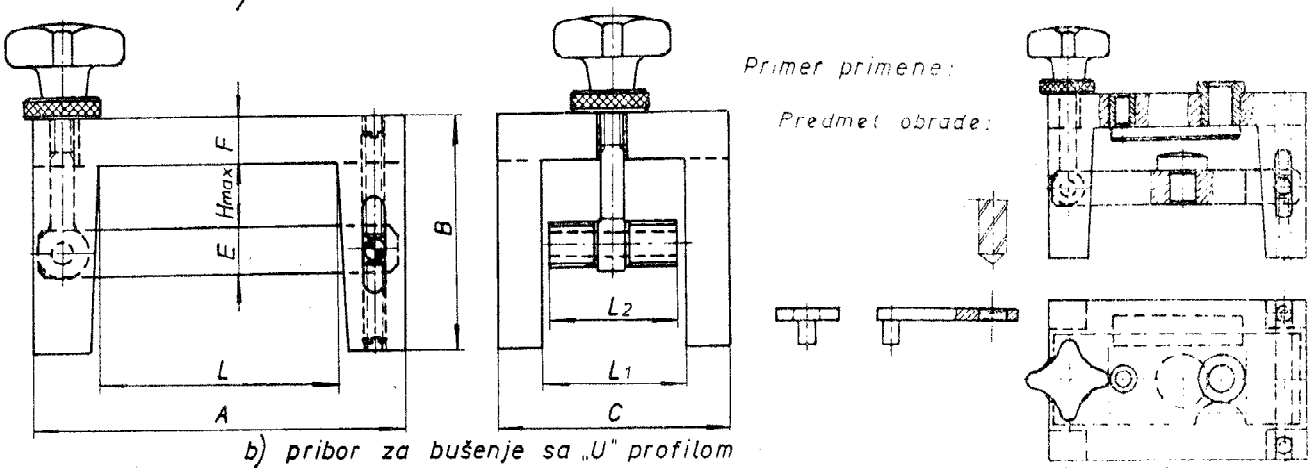
Sl. 1. Moguće smernice za reorganizaciju poslovanja sa alatom

2. PROJEKTOVANJE PRIBORA

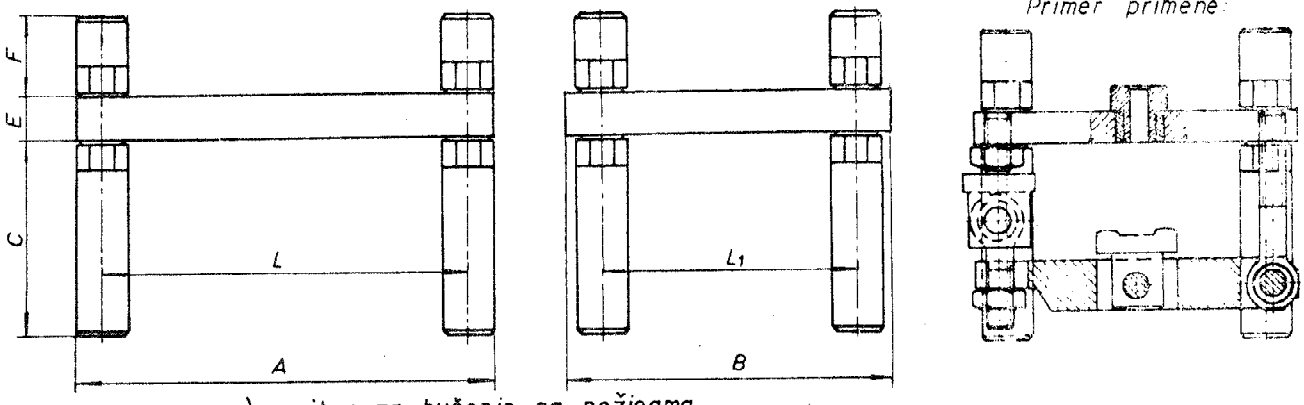
Očigledno je da klasično projektovanje pribora ima niz nedostataka. Naime, projektant ima na raspolaganju veoma mali broj standardnih elemenata obradjenih u JUS standardima u odeljku K.G3., koji su izradjeni pedesetih godina i za pojedine elemente, možemo reći da dimenziono ne odgovaraju savremenim rešenjima pomoćnih pribo-



a) pribor za bušenje sa okretnom pločom



b) pribor za bušenje sa „U" profilom



c) pribor za bušenje sa nožicama

Sl. 2. Primeri primene podsklopova kod pribora za bušenje

ra. Raznolikost pomoćnih pribora je uzrokovana različitim prilazima projektovanja od različitih projektanata, tako da dobijamo komplikovanije pribore sa velikim brojem nestandardnih pozicija. Ovakav način rada dovodi do dugotrajne pripreme projektne dokumentacije, kasnije do otežane izrade pribora i na kraju do vrlo skupog održavanja pribora u eksploataciji. Imajući sve to u vidu i analizirajući nove trendove u razvoju pomoćnih pribora Mašinski fakultet u Kragujevcu u saradnji sa ZCZ - OOUR Alatnica je razvio sistem standardnih elemenata i standardnih polufabrikata koji bi se koristili za pomoćne pribore u operacijama glodanja i bušenja. Na sl. 2 je prikazan primer projektovanja pomoćnih pribora za operacije bušenja pri čemu se koriste standardni elementi i standardni podsklopovi. Očigledno se vidi da na postojeće podsklopove, koji su razvijeni u nekoliko veličina, je potrebno dodati neki standardni element za graničenje i lociranje u zavisnosti od zadanog predmeta obrade. Ovakav način projektovanja pribora omogućuje daleko bržu izradu projektne dokumentacije, jer je potrebno nacrtati samo sklopni crtež na kome će se dati veza sa svim upotrebljenim standardnim elementima.

3. IZRADA PRIBORA

Izrada pribora se vrši na dva načina:

A) Stok standardnih elemenata, polufabrikata i podsklopova nalazi se kod korisnika pribora. U ovom slučaju vrši se:

- izbor standardnih elemenata, polufabrikata i podsklopova prema projektnoj dokumentaciji pribora,
- ako je predvidjena dorada na standardnim polufabrikatima ona se vrši u radionicama korisnika ili, ako to nije moguće, kod proizvodjača pribora kroz uslugu,
- montaža pribora i
- predaja pribora u skladište.

B) Stok standardnih elemenata, polufabrikata i podsklopova nalazi se kod proizvodjača pribora.

Izrada pribora u ovom slučaju vrši se na dva načina i to:

1) Korisnik pribora naručuje pribor za odgovarajuću proizvodnu operaciju i dostavlja proizvodjaču samo operacijsku listu za koju je pribor potreban.

U ovom slučaju proizvodjač vrši:

- izradu projektne dokumentacije pribora,
- doardu na polufabrikatima ako je potrebna,
- montažu pribora pomoću elemenata koji se nalaze u skladištu i
- isporuku kompletnog pribora korisniku.

2) Korisnik pribora naručuje pribor po svojoj projektnoj dokumentaciji.

U ovom slučaju proizvodjač vrši samo:

- doradu na polufabrikatima ako je potrebna,
- montažu pribora i
- isporuku kompletnog pribora korisnika.

Na sl. 3 je prikazan hodogram dolaženja do pribora korišćenjem standardnih elemenata, polufabrikata i podsklopova.

4. OSNOVNE PREDNOSTI SISTEMA PROJEKTOVANJA I IZRADE PRIBORA KORIŠĆENJEM STANDARDNIH ELEMENATA

A) U fazi projektovanja koriste se unapred pripremljeni crteži elemenata i podsklopova kao i unapred izabrane koncepcije pribora.

B) Proces nabavke standardnih elemenata je pojednostavljen i skraćen pošto su cene elemenata unapred utvrdjene katalogom.

C) U fazi izrade pribora vrši se samo dorada na polufabrikatima akoje njihovo korišćenje predvidjeno u priboru i montaža pribora.

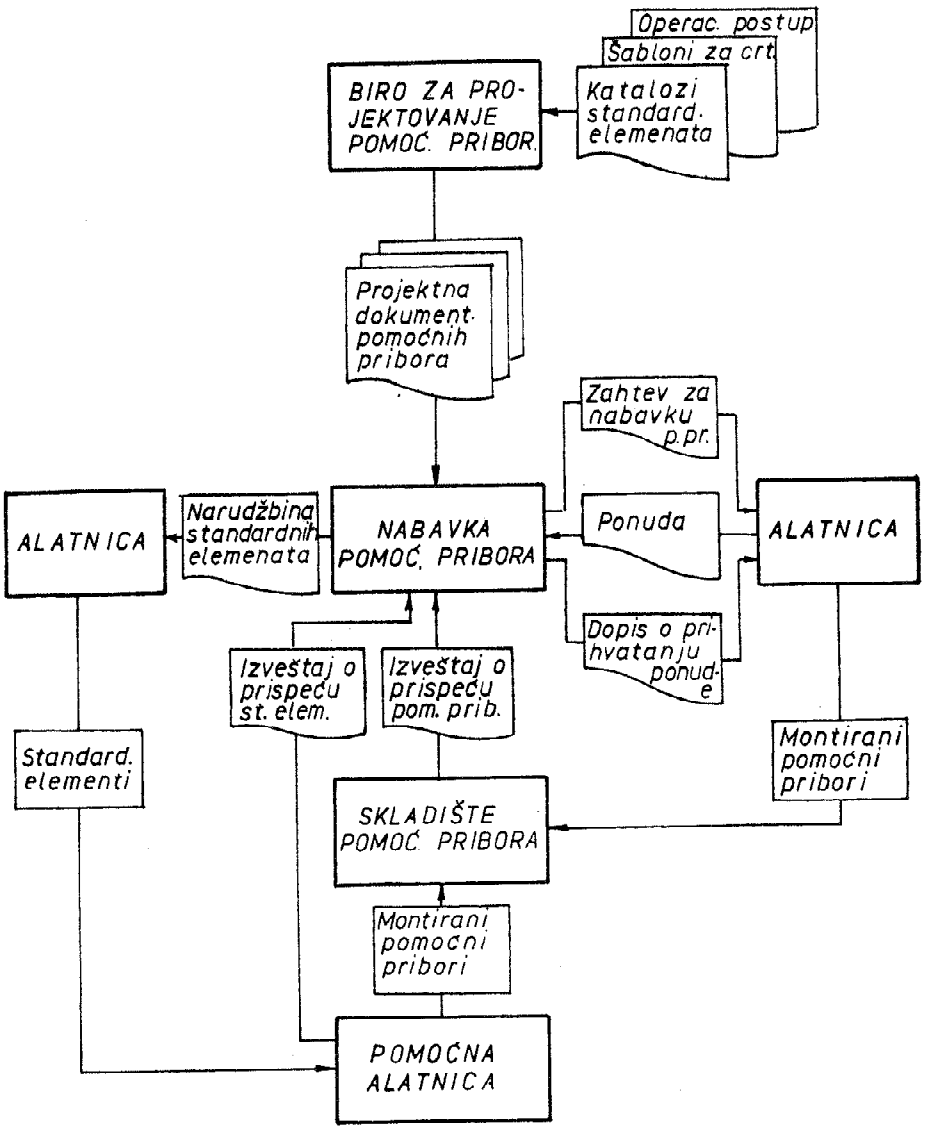
Dorada polufabrikata, ako je predvidjena u izradi pribora, zahteva po pravilu najviše 10% od ukupnog vremena izrade pribora. U trenutku naručivanja pribora 90% rada na izradipribora je već obavljeno.

D) U fazi korišćenja pribora postoji mogućnost brze zamene pohabanih elemenata novim kao i korišćenje većine elemenata za izradu novih pribora ako pribor nije potreban.

Pored navedenih osnovnih prednosti postoji i čitav niz drugih koje se odnose kako na proizvodnju pribora tako i na njegovo projektovanje i korišćenje.

U osnovi primena ovog sistema treba da omogući dobijanje pribora za kraće vreme i po nižoj ceni(korisniku) i maloserijsku i serijsku proizvodnju elemenata kod proizvodjača.

Primena pomoćnih pribora na bazi standardnih elemenata pri osvajanju nove proizvodnje i pri prelazu s jednog proizvoda na drugi kao i pri neophodnim promenama tehnoloških rešenja u proizvodnom ciklusu, predstavljala bi još jedan značajan prilog povećanju niske produktiv-



Sl. 3. Hodogram dolaženja do pomoćnih pribora na bazi standardnih elemenata

nosti rada u domaćoj industriji prerade metala. Time bi bio napravljen još jedan korak ka tendencijama koje vladaju u savremenom industrijskom svetu u kome su sistemi pomoćnih pribora na bazi standardnih elemenata već uveliko primenljivi.

V.Stanojević, S.Jovičić

THE DESIGN AND PRODUCTION OF JIGS ON THE BASIS OF STANDARDISED ELEMENTS

Abstract

Long lead times for the manufacture of new products, and long times needed for the modification and introduction of new technological solutions in the domestic metal industry are to a large extent the consequence of the long cycle of jig manufacture for each production operation.

Proposed in the paper is a method for the design and manufacture of jigs on the basis of standard elements, which would considerably shorten the time needed to start new production. The advantage of this method is that the user obtains the jigs on the basis of standard elements which are cheaper than the special ones, and the manufacturer can make them in series.

XIX SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE
Kragujevac, septembar 1985.

OSNOVNE PODLOGE ZA AUTOMATIZOVANO PROJEKTOVANJE I IZBOR PRIBORA

M. Rodić, Fakultet tehničkih nauka, Naučno-obrazovni isntitut za proizvodno mašinstvo, Novi Sad

REZIME

U savremenim proizvodnim sistemima sa automatizovanim projektovanjem proizvoda i tehnoloških procesa ističe se potreba za razvojem odgovarajućih invormacionih podloga za automatizovano projektovanje pribora. Zbog toga se u radu za potrebe automatizovanog projektovanja i izbora pribora izlažu osnovne podloge kroz jedinstven sistem označavanja pribora.

1. UVOD

Na osnovu literaturnih i iskustvenih podataka može se zaključiti da je u savremenim uslovima, koji se karakterišu postojanjem velikog broja tipova mašina alatki i pribora, potrebno ostvariti njihovu medjusobnu zamenljivost, kao i zamenljivost sa savremenim priborima kako bi se ostvarili manji troškovi proizvodnje. Konstrukcija pribora na mašinama alatkama zavisi od puno faktora. Zato se izboru konstrukcije pribora za date uslove poklanja značajna pažnja. Priprema proizvodnje, a u okviru nje pribori moraju omogućiti primenu visokoproduktivne opreme u svim tipovima proizvodnje, da bi se skratilo vreme izrade, odnosno troškovi proizvodnje. Konstrukcija i proizvodnja alata i pribora čini 50-80% od ukupnog vremena za primenu proizvodnje. Skraćivanjem tog vremena skraćuje se i vreme osvajanja novih proizvoda, kao i odgovarajući troškovi. To se postiže, izmedju ostalog, primenom novih metoda u organizaciji, konstrukciji i izradi pribora. Te nove metode baziraju na klasifikaciji, unifikaciji, standardizaciji, mehanizaciji i automatizaciji pribora.

2. OSNOVNI USLOVI ZA RACIONALAN IZBOR I KONSTRUKCIJU PRIBORA

Konstrukcija pribora (mehanizama za stezanje) za mašine alatke obuhvata kompleks radova vezanih za unifikaciju, standardizaciju i projektovanje pribora. Metode konstruktivne pripreme pribora koje se baziraju na individualnom prilazu svakom delu i operaciji, za koje se razradjuju pribori orginalne konstrukcije, sve više se izbacuju iz proizvodne prakse i zamenjuju sa metodama koje znatno skraćuju rokove i troškove pri projektovanju i izradi pribora. To su sledeće osnovne metode (koje se medjusobno i preklapaju):

- kompleksna primena metoda pozajmljivanja
- unifikacija i standardizacija konstrukcija pribora i njihovih elemenata
- korišćenje ranije razradjenih konstrukcija pribora
- automatizacija izbora i projektovanja pribora

Konstrukcija, izbor i optimizacija konstrukcije pribora su složeni zadaci koji zavise od mnogih faktora, a može se predstaviti:

$$\gamma = f\{x_1, x_2, \ldots\ldots, x_n \mid \phi(Z_1, Z_2 \ldots\ldots, Z_m)\}$$

gde su: γ = optimalna varijanta konstrukcije pribora
$x_1 x_2, \ldots\ldots, x_n$ - osnovni faktori koji odredjuju konstrukciju pribora
$Z_1, Z_2, \ldots, Z_m$ - pomoćni faktori koji utiču na konstrukciju pribora

Osnovni faktori koji utiču na izbor i konstrukciju pribora su:

- tehnološke karakteristike operacije
- konstruktivne i dimenzione karakteristike obradka
- vrsta pribora
- šema pozicioniranja (baziranja) obradka
- način stezanja i sila stezanja
- tip pogona itd.

Pomoćni faktori su organizacioni, ekonomski i drugi.

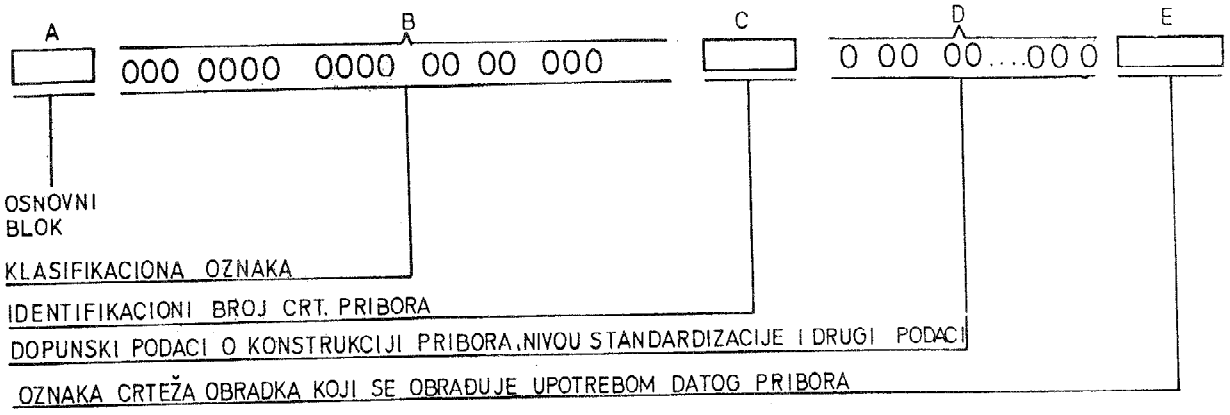
Prilikom rešavanja zadataka izbora i konstrukcije pribora treba utvrditi vezu izmedju osnovnih i pomoćnih faktora. Za automatizovani izbor i projektovanje pribora potrebno je stvoriti odgovarajuće informacione podloge.

3. JEDINSTVEN SISTEM OZNAČAVANJA PRIBORA

Informacioni sistem predstavlja kompleks uzajamno povezanih podsistema. Svi podaci su smešteni u odgovarajućim bankama podataka i označeni na odgovarajući način. Dobro stuktuiran sistem označavanja pribora je osnova za automatizovan izbor i konstrukciju pribora i angažovanje mašina alatki za ostvarivanje odgovarajućih tehnoloških oblika na radnom predmetu. Njegovim uvodjenjem u rešavanje proizvodnih zadataka dobija se sledeće:

- skraćenje ciklusa tehnološke pripreme proizvodnje
- smanjenje proizvodnih i drugih troškova
- povećan kvalitet predmeta rada
- povećan stepen korišćenja raspoloživih potencijala
- porast tehnološke specijalizacije rada
- optimalno operativno i dugoročno planiranje i upravljanje proizvodnjim.

Razvijena celokupna oznaka pribora sastoji se iz pet osnovnih blokova (slika 1). Za svaki blok postoji detaljno objašnjenje. Ovde ćemo se zadržati na bloku B koji definiše klasifikacionu oznaku pribora (slika 2). Struktura, sadržaj i formalna konstrukcija klasifikacione oznake predstavlja veliki značaj za celishodnost

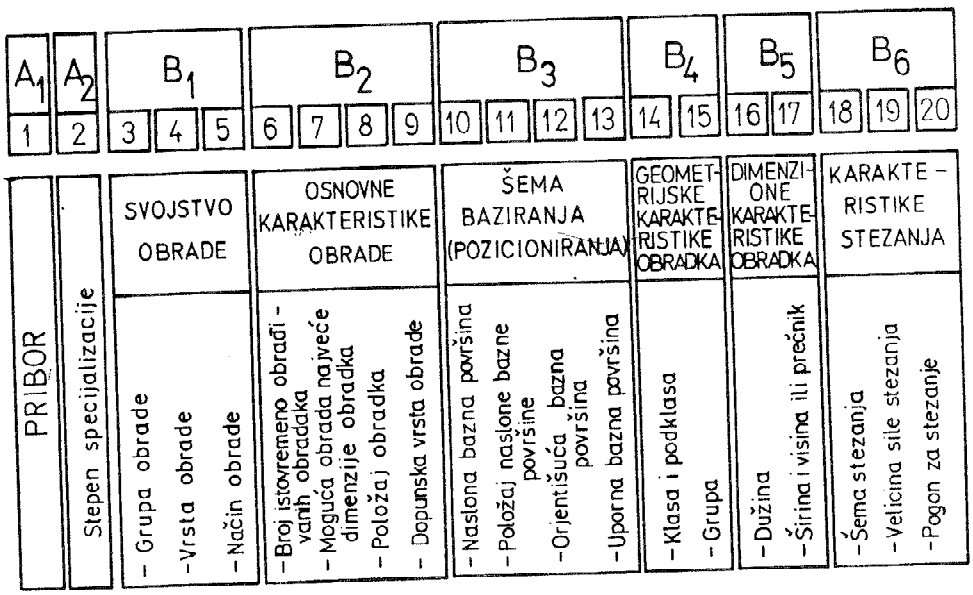


S1.1 Struktura oznake pribora

ukupne koncepcije sistemske tehnologije rada.
Sistem klasifikacije pribora koncepcijski se zasniva na:
- funkcionalnoj i tehnološkoj klasifikaciji pribora,
- brzoj i pouzdanoj informisanosti o svojstvima i karakteristikama pribora i mogućnostima korišćenja savremenih tehničkih sredstava za memorisanje i obradu podataka,
- klasifikaciju i unifikaciju konstrukcija pribora prema tipskim tehnološkim operacijama, čija sistematizacija omogućava da se unificiraju i standardizuju konstrukcije pribora i elemenata pribora
- intenzivnosti tehničkog progresa u ekonomiji rada
- humanizaciji rada

te su sledeća:
B_1 - svojstvo obrade
B_2 - osnovne karakteristike obrade
B_3 - šema baziranja
B_4 - geometrijske karakteristike obradka
B_5 - dimenzione karakteristike obradka
B_6 - karakteristike stezanja obradka u priboru

Svako od ovih polja je detaljno definisano, a ovde se za ilustraciju prikazuje obeležje B_3 (slika 3.). Obeležje B_3 sadrži kodove naslone bazne površine pribora, položaj naslovne bazne površine u odnosu na sto mašine ili osu oko koje se okreće obradak, orjentišući baznu površinu i upornu baznu površinu. Pod pojmom naslone



S1.2 Klasifikaciona oznaka pribora

Kao što se vidi iz klasifikacione oznake pribora osnovna polja za opisivanje pribora i operacija koje ih pra-

bazne površine pribora A podrazumeva se površina, skup površ kojima se obradak orijentiše na kordinatnu površinu XOY.

Kao naslona banzna površina može poslužiti ravna, rotaciona, zavojna i zupčasta, spoljašnja i unutrašnja površina kao i njihove kombinacije. Orjentišuća bazna površina B orjentiše obradak u odnosu na ravan ZOX. Kao orjentišuća bazna površina se mogu koristiti iste vrste površine kao kod naslone bazne površine. Uporna bazna površina V orjentiše obradak u odnosu na treću kordinatnu ravan ZOY, koji time gubi poslednji šesti stepen slobode. Kao uporna bazna površina koriste se razni konstruktivni oblici proizvoda. Kada je prilikom obrade sa priborom predvidjno nekoliko položaja jednog ili više obradaka sa različitim šemama baziranja u oznaku se za svaki položaj upisuje novi red. Oznake bloka C se u tom slučaju ponavljaju, što svedoči o konstrukciji pribora sa nekoliko položaja postavljanja obradka.

4. ALGORITAM IZBORA KONSTRUKCIJE PRIBORA I ELEMENATA PRIBORA

Prilikom rešavanja zadatka izbora pribora nalog za izbor može biti na više načina ukonponovan i postavljen u zavisnosti od kombinacije obeležja B_1, B_2, B_3, B_4, B_5, B_6. Maksimalna tačnost i minimalna punoća izdvajanja dobija se kad se poklope sva obeležja na crtežu pribora i datom uputu. Ako ovaj uslov ne zadovolji onda se isključuje jedno za drugim mladje obeležje dok se ne poklopi sa datim upitom. Najčešće se kod traženja crteža pribora za mašine alatke uzimaju tri nivoa tačnosti. Način traženja treba da ispuni sledeće uslove:

$$B_r = B_{i1} \cap B_{i2} \cap B_{i3} \cap B_{i4} \cap B_{i5} \cap B_{i6}$$

NASLONA BAZNA POVRŠINA A	RAZMEŠTAJ NBP PRIBORA ODNOSNO STOLA MAŠINE ILI OSE POLU-FABRIKATA	ORJENTIŠUĆA BAZNA POVRŠINA B	OSNOVNA ŠEMA (BEZ UPORNE BAZNE POVRŠINE)	UPORNA BAZNA POVRŠINA V			
				RAVAN NORMALNA ILI HORIZONTALNA NBP	BOČNA	POVRŠINA ŽLJEBA	OTVOR NORMALAN NA NBP
RAVAN	HORIZONTALNO	NORMALNA RAVAN NA NBP	1000	1001	1002		1004
	VERTIKALNO		1100	1101	1102		1104
	KOSO		1200	1201	1202		1204
	HORIZONTALNO	NORMALAN OTVOR NA NBP	1010	1011	1012	1013	1014
	VERTIKALNO		1110	1111	1112	1113	1114
	KOSO		1210	1211	1212	1213	1214
	HORIZONTALNO	PARALELAN OTVOR NBP	1020	1021	1022		1024
	VERTIKALNO		1120	1121	1122		1124
	KOSO		1220	1221	1222		1224
	HORIZONTALNO	CILINDAR SA OSOM NORMAL NOM NA NBP	1030	1031	1032	1033	1034
	VERTIKALNO		1130	1131	1132	1133	1134
	KOSO		1230	1231	1232	1233	1234
	HORIZONTALNO	CILINDAR SA OSOM PARA LELNOM NBP	1040	1041	1042		104
	VERTIKALNO		1140	1141	1142		
	KOSO		1240	1241	1242		
CILINDRIČNA	HORIZONTALNO	RAVAN NORMALNA NA OSU NBP	2000	2001	2002	2003	
	VERTIKALNO		2100	2101	2102	2103	
	KOSO		2200	2201	2202	220	
	HORIZONTALNA	ROTACIONA POV. NORMALNA NA NBP					
	VERTIKALNO						
	KOSO						
UNUTRAŠNJA CILINDRICNA	HORIZONTALNO	RAVAN NORMALNA NA NBP	3000	3001			
	VERTIKALNO		3100	3101			
	KOSO		3200	320			
	HORIZONTALNO	ROTACIONA POV. NORMAL NA NA					
	VERTIKALNO						
	KOSO						

Sl.3 Oznaka B_3 šeme baziranja

Po istoj analogiji vrši se klasifikacija i elemenata pribora.

$$B_t = B_{i1} \cap B_{i2} \cap B_{i3} \cap B_{i4}$$

$$B_b = B_{i1} \cap B_{i2}$$

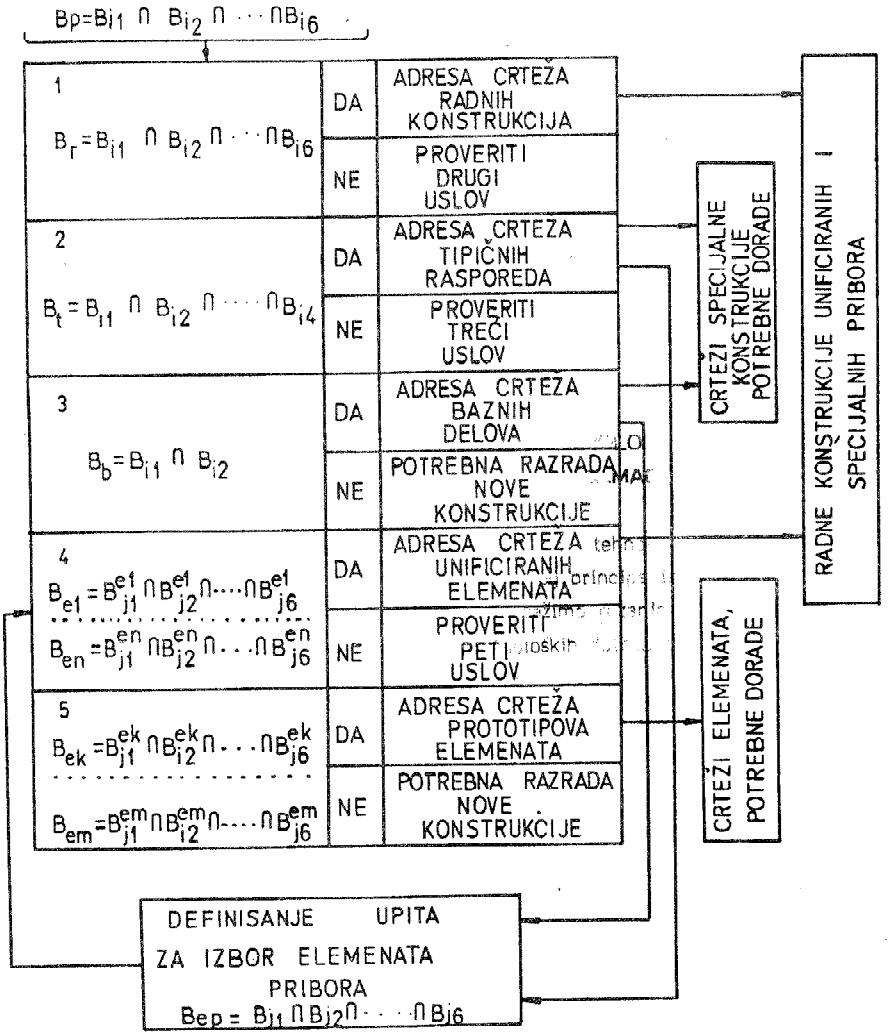
Kad se ispuni prvi uslov, postiže se najveća tačnost izdvajanja crteža pribora. Kad je ispunjen drugi uslov izdvajaju se pribori za odredjenu vrstu obrade obradka koji je identičan po obliku i istom šemom baziranja. Kada se ispuni treći uslov izdvajaju se crteži pribora koji imaju svojstva obrade što se tiče rasporeda proizvoda u odnosu na sklopove mašine alatke, broja obradaka koji se istovremeno stežu, itd. Moguće su i druge kombinacije obeležja kod pretraživanja crteža pribora. Prvi uslov definiše radnu konstrukciju pribora, drugi tipsku, a treći osnovnu (baznu). Ako ni jedan od tri uslova nije ispunjen konstruiše se novi pribor korišćenjem unificiranih i standardnih elemenata i na odgovarajući način zapamti u banci podataka.
Algoritam izbora konstrukcije pribora i elemenata pribora dat je na slici 4.

nisu uzete u obzir sile koje elemenat može da nosi niti materijal od kog je napravljen. Kad ni ovaj uslov nije ispunjen pristupa se konstruisanju novih elemenata pribora, koji se označe i pamte u banci podataka.

5. ZAKLJUČAK

Na osnovu napred rečenog mogu se izvući sledeći osnovni zaključci:

1. Razvoj sistema označavanja, posebno klasifikacije omogućava stvaranje sistematizovane banke podataka baznih, tipskih i radnih konstrukcija pribora kao i elemenata pribora
2. Na osnovu memorisanih podataka o priborima i elementima pribora moguće je automatizovano birati pribore i njihove elemente ili ih u dijalogu računar-čo-



Sl.4 Agoritam izbora konstrukcije pribora i elemenata pribora

Izbor konstruktivnih elemenata takodje se može vršiti uz nekoliko uslova. Kad je zadovoljen četvrti uslov dobijaju se unificirani radni elementi. Ako taj uslov nije zadovoljen onda se proverava peti uslov. U tom slučaju se dobijaju crteži prototipova elemenata gde

vek automatizovano projektovati.

3. Sistem klasifikacije pribora i elemenata pribora u velikoj meri je olakšao unifikaciju. Osnovni cilj unifikacije je da se objedine pozitivne osobine univerzalnih i specijalnih pribora. Od univerzalnih

pribora pozajmljuju se široke mogućnosti primene i standardizacija, a od specijalnih velika tačnost baziranja, brzina stezanja i mogućnost istovremene obrade više obradaka.

LITERATURA

1. Kimer,J,,: Pribori za mašinsku obradu i montažu, III izdanje, Novi Sad, Fakultet tehničkih nauka, 1973, 125 s,
2. Eversheim W., König W., Weck M.,: Rationalisierung der Vonichtungskonstruktion, Ind.Anz., 1979, 101, N 37, 29-32,
3. Varaškina,B,N., Danilevskgo,V.V.:Stanočnie prisposobleniJa, Moskva, Mašinostroenie, 1984, 655 s.
4. Puhov,A.S.,: Informaciono-poiskovie sistemi pri proektirovanni osnastki, Mehanizacija i avtomatizacija proizvodstva, 1973, N 4, s.43-46.

M.Rodić

PRINCIPAL BASES FOR AUTOMATIC DESIGN AND SELECTION OF JIGS

Abstract

In modern manufacturing systems with automated design of the products and technological processes, there is a need for the development of suitable information bases for automated design of jigs.Presented in the paper are principal bases for automated design and selection of jigs with a unified system of jig marking.

XIX SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE

Kragujevac, septembar 1985.

UREDAJ ZA GLODANJE ŽLJEBOVA NA OBRATCIMA VALJČASTOG I KONIČNOG OBLIKA S AUTOMATSKOM KRUŽNOM PODELOM

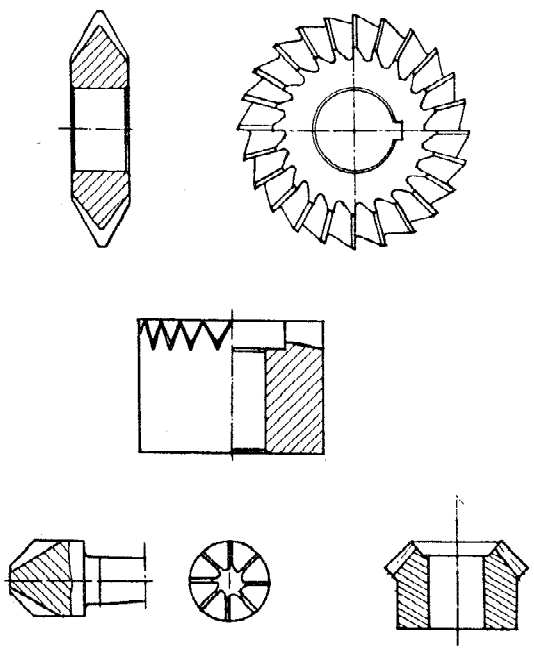
N. Bradarić, Pokrajinski sekretarijat za industriju, Novi Sad

R E Z I M E

Uredjaj za glodanje žljebova na obratcima koničnog i valjčastog oblika s automatskom kružnom podelom sastoji se iz mehaničkog, pogonskog i upravljačkog dela. Ti delovi predstavljaju funkcionalnu celinu koja se kao uredjaj može koristiti na glodalicama klasične konstrukcije ili na nekoj drugoj mašini alatki, pri čemu se ta mašina uključuje u sistem upravljanja upravljačkog dela uredjaja. Tako se dobija glodalica sa poluautomatskim ciklusom rada kod koje operator samo postavlja i skida obradke, dok se kretanje obratka u pravcu glodanja, ubrzani povratni hod i kružna podela izvode u automatskom ciklusu rada, što omogućava da jedan operator poslužuje 3 do 4 glodalice opremljene uredjajem.

U V O D

Na slici 1 prikazano je nekoliko obradaka koji na koničnim površinama imaju prave žljebove odredjenog profila. Takvi karakteristični delovi su ugaona i pločasta glodala za obradu metala.



Sl.1

Izrada žljebova na prikazanim obratcima u maloserijskoj i serijskoj proizvodnji u našoj zemlji izvodi se na glodalici uz korišćenje univerzalnog podeonog aparata.

Primera radi, da bi se izradio jedan žljeb na glodalici uz korišćenje univerzalnog podeonog aparata operator mora napraviti sledeće zahvate:

- izvući ručicu:
- okrenuti ručicu;
- vratiti ručicu;
- okrenuti graničnik podele;
- uključiti kretanje stola u pravcu glodanja;
- isključiti kretanje stola;
- uključiti kretanje stola u povratnom hodu;
- zaustaviti povratno kretanje stola.

Ako se radi o izradi žljebova na ugaonom glodalu, prikazanom na slici 1, koje ima 30 zuba, operator mora napraviti ukupno 480 zahvata u vremenu od oko 16 minuta. Razume se da to predstavlja veliki fizički i psihički napor za radnika uz mogućnost da svaki pogrešno izveden zahvat podele prouzrokuje kvar obratka.

Da bi se uprostio proces izrade, smanjio zamor radnika i skratila pomoćna vremena izrade, konstruisan je uredjaj kod koga se navedeni zahvati izvode u automatskom ciklusu rada. Zadatak operatora se svodi na to da samo postavlja

i skida obradne predmete sa prihvatnog probora.

U radu se daje prikaz i opis takvog uredjaja, koji je konstrukciono razradjen, izradjen prototip i potvrdjene karakteristike u radioničkim uslovima rada.

STRUKTURA UREDJAJA

Uredjaj se sastoji iz mehaničkog, pogonskog i upravljačkog dela. Mehanički deo prikazan na slici 2 zajedno sa pogonskim i upravljačkim delom predstavlja kompletnu glodalicu za izradu pravih žljebova na koničnim i valjčastim delovima s poluautomatskim ciklusom rada.

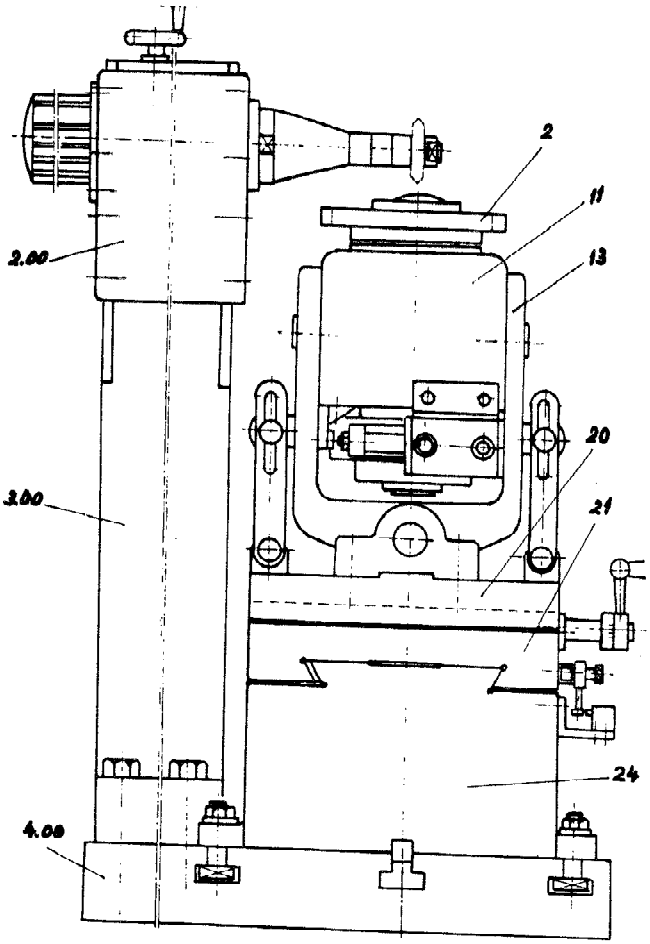
Konstrukciona rešenja sklopa telo 3.00, stola 4.00 i prenosnika za glavno kretanje 2.00 neće biti predmet razmatranja u radu, jer postoji vrlo veliki broj izvedenih rešenja od strane domaćih i inostranih proizvodjača mašinalatki. Ostali delovi na slici 2 zajedno sa delom za upravljanje i pogonskim delom za pomoćno kretanje uzdužnog klizača i ostvarivanje kružne podele, predstavljaju funkcionalnu celinu koja se kao uredjaj može postaviti na glodalicu ili drugu alatnu mašinu koja ima sto za prihvatanje uredjaja i kružno kretanje nosača radnog alata-glodala.

Mehanički deo uredjaja

Mehanički deo uredjaja, prikazan na slici 2, sastoji se iz tela 24 koje sa donje strane ima čepove za pozicioniranje po žljebovima na stolu mašine alatke na kojoj se uredjaj koristi. Na bočnim stranama tela uredjaja nalaze se ispusti za pričvršćivanje uredjaja pomoću vijaka. U telu uredjaja ugradjen je hidraulični cilindar 42,slika 3. Cilindar je za telo pričvršćen preko prirubnice vijcima. Gornji deo tela je izveden u obliku vodjica trouglastog preseka po kojima klizi uzdužni klizač 11. Čvrsta veza uzdužnog klizača sa klipnjačom ostvarena je preko konzole 39, slika 3.

Gornji deo uzdužnog klizača je takodje izveden u obliku vodjica trouglastog preseka koje stoje normalno u odnosu na uzdužni klizač. Po ovim vodjicama može da se pomera poprečni klizač 20, koji pogon dobija preko ručice i zavojnog vretena.

Na poprečnom klizaču je pričvršćena podeona glava koja se sastoji iz nosača kućišta 13, po-



Sl.2

deonog vretana 1 i izmenljive podeone ploče 2.

Nosač je za poprečni klizač pričvršćen preko dva cilindrična rukavca i dva ležaja tako da se može zaokrenuti u ravni kretanja poprečnog klizača. Pored toga, kućište sa vretenom i podeonom pločom može se u kućištu zaokrenuti iz osnovnog vertikalnog do horizontalnog položaja.

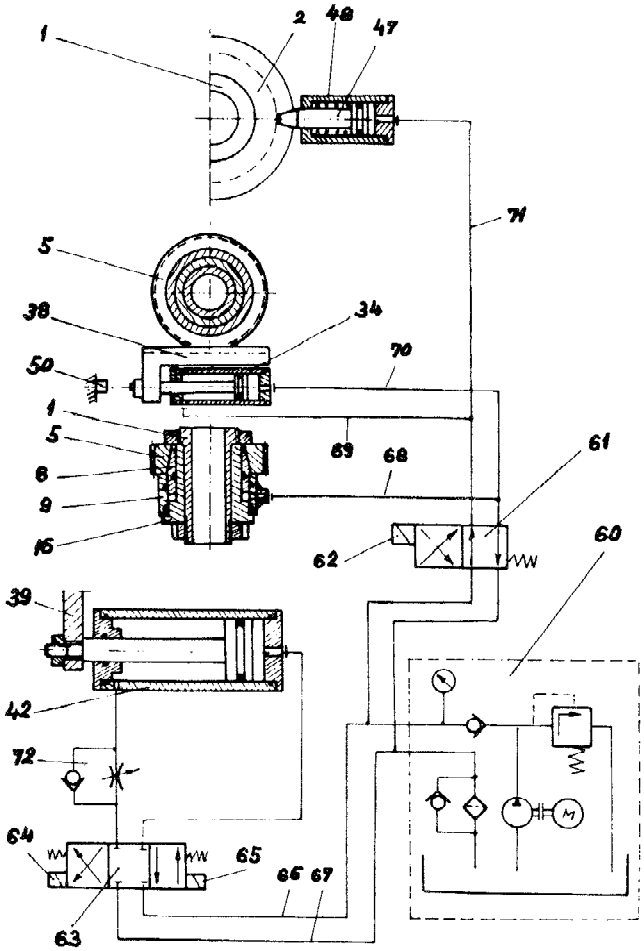
Hidraulična i električna instalacija

Na slici 3 prikazana je hidraulična, a na slici 4 električna instalacija.

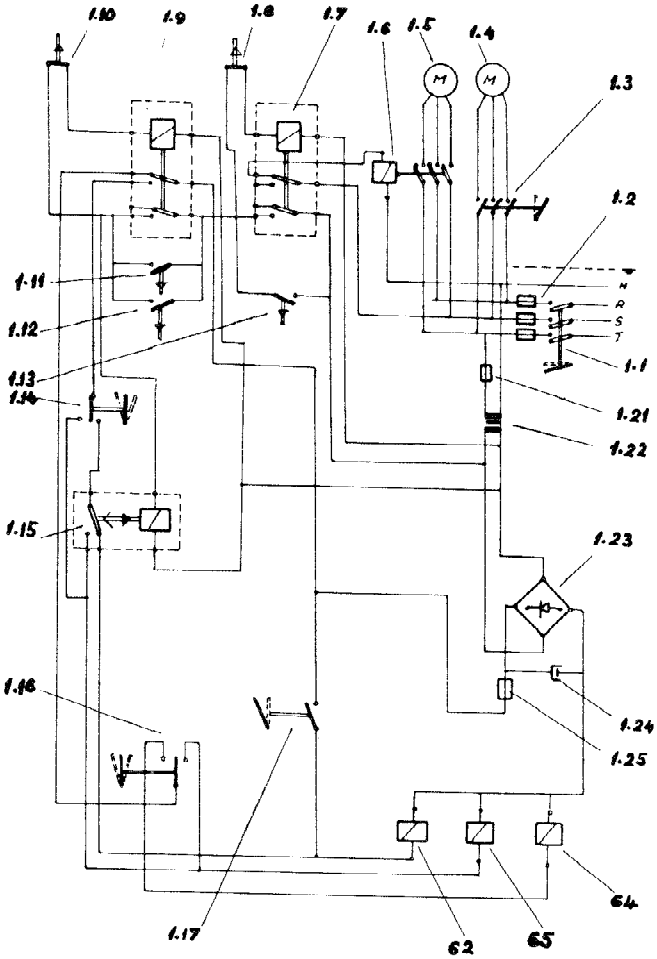
OPIS FUNKCIONISANJA

Da bi se razumeo ciklus rada automatske kružne podele uskladjene sa kretanjem podeone glave i obratka u pravcu pomaka glodanja i ubrzani povratni hod daje se opis funkcionisanja uredjaja, pri čemu treba posmatrati oznake elemenata na

slikama 2, 3 i 4.



Sl.3



Sl.4

Uključivanjem glavne sklopke 1.1, slika 4 i postavljanjem sklopke 1.14 u desni i sklopke 1.16 u levi položaj klipa razvodnika 63 na slici 3 iz neutralnog položaja prelazi u položaj tako da leva strana cilindra 42 u odnosu na klip 43 spojena sa potisnim vodom od hidrauličnog agregata 60. Prebacivanjem sklopke 1.3 u položaj uključeno uključuje se elektromotor 1.4 koji pokreće pumpu hidrauličnu agregata, tako da pumpa stalno radi.

Nakon uključivanja pumpe ulje pod pritiskom, kroz cev 67 i razvodnik 63 ulazi u cilindar 42 i potiskuje klip na levu stranu a preko konzole 39 i uzdužni klizač 21. Istovremeno ulje pod pritiskom kroz razvodnik 61 i cev 71 ulazi u cilindar 48 i potiskuje klip 47 ka podeonoj ploči 2 i pozicionira je preko prednjeg dela.

Pozicioniranje podeone ploče je moguće jer se za vreteno za koje je podeona ploča pričvršćena zajedno sa koničnom čaurom 6 i čaurom 16 može slobodno okretati u odnosu na zupčanik 5 i zupčastu letvu 38. Konična čaura može da se aksijalno pomera po čauri ali ne može da se okreće u odnosu na nju. Izmedju čeonih površina konične čaure 6 i čaure 16 postoji slobodan prostor povezan preko priključka 9 sa dovodom ulja kroz cev 68. U periodu pozicioniranja podeone ploče ovaj prostor je preko razvodnika 61 povezan sa rezervoarom ulja.

Prethodno opisane radnje spadaju u pripremu poedone glave, odnosno postavljanje podeone ploče u polazni položaj.

Pritiskom na tipkalo 1.13, preko preklopnog releja 1.7 uključuje se elektromagnetna sklopka

1.6 a preko nje i elektromotor 1.5 za glavno kretanje radnog vretana sa nosačem glodala.

Pritiskom na tipkalo 1.12, preko preklopnog releja 1.9, sklopke 1.14 i vremenskog releja sa zatezanjem pri uključivanju 1.15, uključuj se elektromagnet 62 koji prebacuje klip razvodnog ventila 61 u položaj tako da se prostor izmedju čaure 16 i konične čaure 6 spaja sa dovodom ulja pod pritiskom. Usled dejstva ulja izmedju klizne čaure i zupčanika 5 uspostavlja se čvrsta veza. Istovremeno se cilindar 47 preko cevi 71 spaja sa rezervoarom ulja pa opruga vraća klip 47 a ulje pod pritiskom dolazi u cilindar 34 s desne strane klipa i pomera ga zajedno sa zupčastom letvom koja okreće zupčanik 5 zajedno sa podeonom pločom 2.

Veličina pomeranja zupčaste letve a time i okretanje zupčanika reguliše se pomerljivim graničnikom 50.

Ulje pod pritiskom deluje na klip u celindru 34 sve dotle dok ne istekne vreme podešeno na vremenskom releju 1.15. Posle isteka podešenog vremena isključuje se elektromagnet 62, a klip razvodnika 61 dolazi u položaj da ulje pod pritiskom dolazi u cilindar 48 i pomera klip 47 koji pozicionira podeonu ploču 1. Nakon toga se isključuje elektromagnet 65 koji pomera klip razvodnika 63 u položaj da ulje pod pritiskom ulazi u cilindar 42 s desne strane klipa se klip pomera zajedno sa uzdužnim klizačem na levu stranu. Pomeranje uzdužnog klizača reguliše se regulatorom protoka 72 u radnom hodu, dok se pomeranje klizača u povratnom hodu izvodi ubrzano. Dužina hoda uzdužnog klizača reguliše se pomerljivim graničnicima 32 koji nailaze na krajne prekidače 1.10 i 1.11.

Isključivanjem elektromagneta 62 uspostavlja se veza priključka 9 sa rezervoarom ulja a leva strana cilindra 34 sa pumpom. Zbog prekida čvrste veze izmedju konične čaure 6 i zupčanika 5 ulje pod pritiskom gura klip u cilindru 34 na desnu stranu zajedno sa zupčastom letvom 38 koja koreće zupčanik 5 u suprotnom smeru ali podeona ploča ostaje u okrenutom položaju.

Nailaskom levog graničnika 32 na mikrosklopku 1.11 prekida se kretanje klipa u cilindru 42 i zaustavlja kretanje uzdužnog klizača a zatim ponovo nastavlja opisani ciklus rada, koji se nastavlja sve dotle dok poseban graničnik, vezan za podeonu ploču 2, ne naidje na mikrosklopku 1.8. Nailaskom graničnika na mikrosklopku 1.8 prekida se rad elektromotora za pokretanje prenosnika za glavno kretanje radnog vretena sa nosačem glodala, uzdužni klizač dolazi u početni položaj za izmenu obratka.

Ako se rukohvat sklopke 1.14 postavi u levi položaj tada se isključuje automatska posela pa se opisani ciklus rada može izvoditi ručnim uključivanjem sklopki 1.13, 1.16 i 1.17. Opis funkcionisanja ručnim upravljanjem je očigledan iz šeme prikazane na slici 4.

Na slici 3 nisu prikazani elementi za obezbedjenje izvesnog kašnjenja dotoka ulja u cilindar 34 u odnosu na cilindre koji su povezani preko zajedničkog voda. Takva dva elementa su neophodna na cevima 69 i 70.

TEHNIČKE KARAKTERISTIKE UREDJAJA

Prikaz proračuna svih mehanizama mehaničkog i hidrauličnog dela uredjaja bio bi preširoka za okvire ovog rada, zato se takav proračun i ne prikazuje, već se daju samo osnovne tehničke karakteristike uredjaja iz kojih se može sagledati mogućnost korišćenja:

- radni pritisak 25 Bara;
- sila na uzdužnom klizaču 9 KN;
- brzina kretanja klizača u radnom hodu 25 do 300 mm min^{-1};
- brzina povratnog hoda klizača 800 mm min^{-1};
- hod klizača 120 mm;
- hod poprečnog klizača 60 mm;
- zaokretanje podeone glave u ravni pomaka glodanja iz osnovnog vertikalnog položaja za 90°;
- zaokretanje podeone glave u ravni normalnoj na ravan kretanja uzdužnog klizača $\pm 25^{o}$;
- optimalan broj podela kod automatskog ciklusa rada 8 do 50;
- mogući broj podela kod ručnog upravljanja 2 do 50;
- pričvršćivanje obratka preko konusa Morz 4 i preko prirubnice prečnika ϕ 65 mm;

ZAKLJUČAK

Konstrukciono rešenje uredjaja za glodanje pravih žljebova na valjčastim i koničnim obratcima zbog toga što ima upravljački deo, vlastiti pogon za pomoćno kretanje u pravcu pomaka

glodanja i obezbedjenje kružne podele u automatskom ciklusu rada, može da se koristi na bilo kojoj glodalici ili nekoj drugoj mašini alatki, pri čemu se ta mašina uključuje u sistem upravljanja upravljačkog dela uredjaja.

Druga mogućnost je da se uredjaj koristi kao posebna mašina-glodalica na način kako je prikazano na slici 2.

Uredjaj je univerzalan u pogledu moguće primene ali bi optimalna primena bila za izradu zuba na glodalima za obradu metala.

Pored toga, uz neznatne konstrukcione izmene i dopune na povećanju brzine kretanja uzdužnog klizača i povećanju hoda klizača, uredjaj se može koristiti kao mašina za oštrenje glodala ili za profilno brušenje sličnih obradaka.

Obzirom da je zadatak operatora da samo postavi obradak i da ga skine sa steznog pribora, moguće je da poslužuje 3 do 4 mašine opremljene uredjajem. To omogućava povećanje produktivnosti rada, smanjuje zamor radnika, povećava pouzdanost u radu, jer se isključuje greška operatora. Pod uslovom da obim posla ne dozvoljava da se radi paralelno na 3 do 4 uredjaja, opremanje i samo jedne mašine uredjajem postiže se povećanje proizvodnosto za 30 do 40% uz manji napor radnika.

LITERATURA

1. N.S.Ačerkana, Metalorežušćie stanki, Mašgiz, Moskva, 1958.
2. Pavle Stanković, Mašine alatke, knjiga 2, Gradjevinska knjiga, Beograd, 1970.
3. V.F.Bobrov, Osnovi teorii rezanija metalov, Mašinostroenije, Moskva, 1975.
4. Slobodan Veriga, Mašinski elementi, II sveska, Mašinski fakultet, Beograd, 1970.
5. Pavle Stanković, Mašinska obrada metala rezanjem, Gradjevinska knjiga, Beograd, 1971.
6. V.I.Anurev, Spravočnik konstruktora mašinostriotelija, Mašinostroenie, Moskva, 1967.
7. V.I.Dikušon, Smaska metalorežušćih stankov, Mašgiz, Moskva, 1956.
8. Razni katalozi i standardi hidrauličnih i električnih komponenti

N.Bradarić

A DEVICE FOR MILLING SLOTS IN CYLINDRICAL AND TAPERED WORKPIECES, WITH AUTOMATIC CIRCULAR DIVISION

Abstract

The device for slot milling in tapered and cylindrical workpieces consists of the mechanical, driving, and control subsystems.These subsystems make a functional unit that can be used on classical milling machines, or on some other machine tool, connecting the host machine with the control subsystem of the device.In this manner, a semi-automatic milling machine is obtained, in which the feed, accelerated return stroke, and circular division are performed automatically, and the operator only positions and removes the workpieces.This enables one operator to serve 3 to 4 milling machines equipped with this device.

XIX SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE

Kragujevac, septembar 1985.

KLASIFIKACIJA I ANALIZA NA SISTEMITE ZA AVTOMATSKA IZMENA NA REZAČKITE ALATI

S. Trajkovski, Mašinski fakultet, Skoplje
M. Kuzinovski, Mašinski fakultet, Skoplje

УВОД

Основната намена на системите за автоматска измена на резачките алати - САИРА е да овозможат на металорезачката машина да и се стави на располагање и автоматски избор според зададената програма, една низа на резачки алати нужни за комплетна обработка на обработуваното парче. Нормално се претпоставува дека системот може да складира доволен број алати за комплетна обработка на релативно сложени делови при едно стегање.

Со развитокот на машините со НУ и барањата за нивна се поголема продуктивност, универзалност и флексибилност беше нужен и паралелен развој на САИРА, со цел да им се наголеми капацитетот, скуси времето на измената на алатот, наголеми работната и безбедносната сигурност, олесни одржувањето и др.

До денес развиен е голем број на различни САИРА кој што нашле поширока или потесна примена при обработувачките центри и работните станици во флексибилните обработувачки системи.

Развојот на САИРА и денес оди со силно темпо, така што се уште имаме пријавување на мноштво иновации и патенти што зборува за се уште незавршениот развој на САИРА.

САИРА во својата најпроста форма се состои од магацин за алат и механизам за измена на алатот помеѓу магацинот и работното вретено. За да ги задоволи барањата што се поставуваат пред САИРА, еден идеален САИРА би требал да ги поседува следниве основни карактеристики:

a) кусо време за измена,
b) висока функционална и работна сигурност,
c) можност да складира голем број алати нужни за комплетна обработка на определени типични делови при едно стегање,
d) да биде компактен по конструкција, технологичен и ефтин,
e) да пружа полна безбедност при работа.

Горенаведените карактеристики обично зависат од следниве услови:

1. Сложеноста на кинематиката на движењата нужни за измена на алатот, локацијата и и капацитетот на САИРА
2. Можноста или неможноста да се врши измена на алатот во секоја позиција на работното вретено во x-у рамнината.
3. Можноста на САИРА, сите подготвителни зафати за измена на алатот да ги врши во време на обработката на делот.
4. Можноста за лесно и безбедно рачно полнење и празнење на магацинот за алат.
5. Патиштата за измена на алатот да не го пресечуваат работниот простор на машината.

Се разбира сите напред наведени барања и услови неможат да бидат одеднаш задоволени, па и во овој случај се задоволуваме со извесни оптимални решенија за дадениот случај.

КЛАСИФИКАЦИЈА НА САИРА

САИРА, можеме да ги класифицираме набљудувано од различни аспекти:

- видот на резачките алати што се магацинираат,
- видот на магацинот на алат и неговата локација,
- позицијата на алатот во однос на оската на работното вретено пред неговата измена
- системот на кодирање
- конструктивните карактеристики и сл.,
- позицијата на работното вретено при измената на алатот.

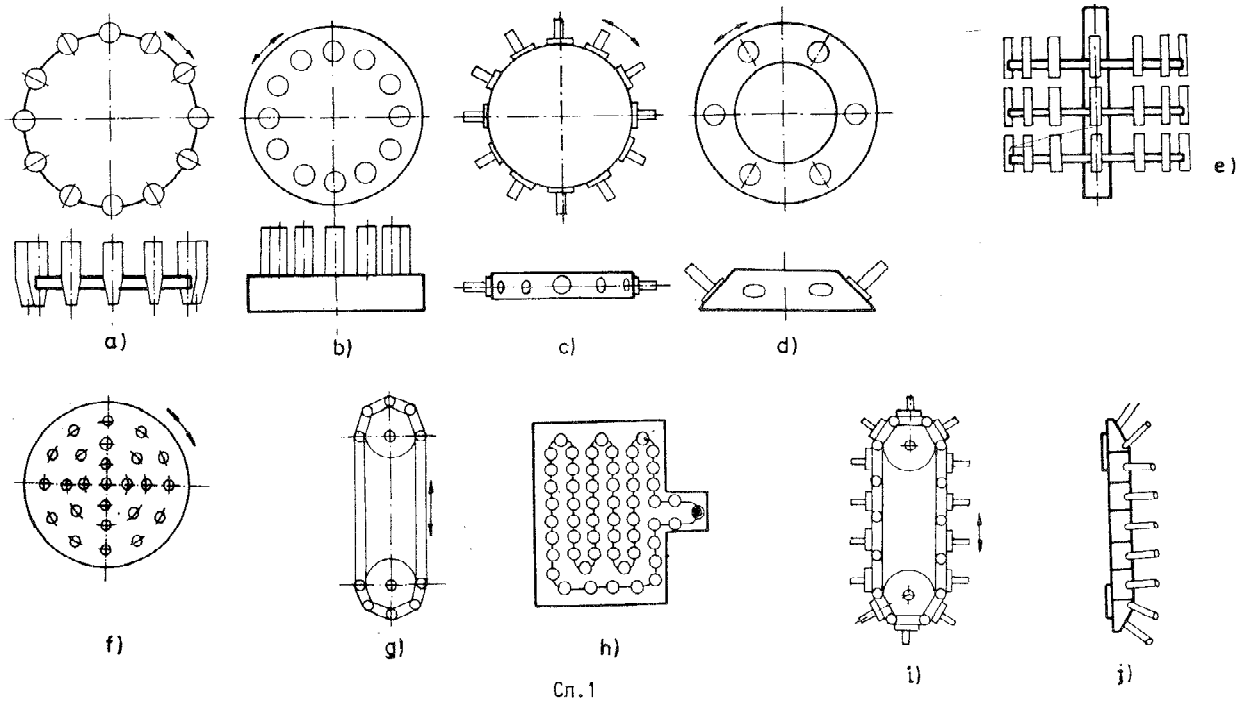
Магацинот за алат претставува најважен орган на САИРА и во основа го дефинира типот на САИРА. За да се задоволат барањата што треба да ги задоволи САИРА развиена е низа на различни типови магацини за алат. На сл. 1 прикажани се различни видови магацини за алат што нашле примена при САИРА кој што исто така можат да бидат класифицирани во различни групи /1/.

дат класифицирани на:

F - барабанести магацини за повеќеалатни глави
G - верижни магацини за повеќеалатни глави
H - комбинирани магацини за единични алати и алатни глави
I - многудискови (сл.1e) или многуверижни магацини
J - повеќередни барабанести магацини (сл.1f) и матрични магацини
K - палетни типови магацини за алатни глави.

Локацијата на магацинот и гнездото со алатот готов за измена во однос на работното вретено може да се дефинира со X,Y,Z и координатите (сл.2).

Теоретски за 4 променливи постојат 16 можни комбинации на положби на алатот. Меѓутоа трите комбинации на Z-оската во практика не се можни, со што бројот се редуцира на 13 (сл.2). Набљудувано од аспектот на механизамот за измена на алатот практички нема разлика помеѓу поставувањето на магацинот во Z-Y и Z-X рамнините. Затоа овие поло-



Сл.1

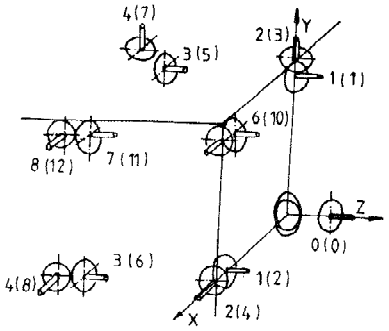
Според нивната основна форма на:

A - магацини од типот на ѕвездеста револверска глава (сл.1c)
B - магацини од типот на крунеста револверска глава (сл.1d)
C - магацини од типот на диск (сл.1a)
D - магацини од типот на барабан (сл.1b)
E - магацини од типот на верига (сл.1g-j)

Покрај горенаведените основни форми денес постојат и низа специјални типови магацини кој што можат да бидат

жби ги земаме како идентични, а со тоа и комбинациите (1) - (2), (3)-(4), (5)-(6) и (7)-(8) ги земаме како идентични и ги означуваме со исти ознаки (прва колона во таблицата на сл.2). Со оваа претпоставка бројот на комбинации на положбите на магацинот може да се сведе на 10. Меѓутоа положбите 5(9) и 7(11) немаат практична примена, така што вистинскиот број комбинации може да се сведе на осум.

Според механизамот што се користи за измена на алатот помеѓу работното вретено и магацинот за алат САИРА може



D.	X	Y	Z	∝
0	-	-	Z	-
1	-	Y	-	-
1	X	-	-	-
2	-	Y	-	∝
2	X	-	-	∝
3	-	Y	Z	-
3	X	-	Z	-
4	-	Y	Z	∝
4	X	-	Z	∝
5	X	Y	-	∝
6	X	Y	-	-
7	X	Y	Z	-
8	X	Y	Z	∝

Сл.2

да се класифицираат во 6 групи:

0 - без механичка рака

1 - со механичка рака вртлива околу една оска

2 - со механичка рака вртлива околу две оски

3 - со механичка рака и станица за чекање

4 - со механичка рака и транспортен систем

5 - со механичка рака, транспортен систем и станица за чекање

АНАЛИЗА НА ОСНОВНИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ НА САИРА

Sвездестите револверски глави што се користат при НУ дупчалките, строго земено не спаѓаат во САИРА. Меѓутоа во извесен смисол тие можат да се сметаат како САИРА. Нивниот капацитет е ограничен до 8 алати.

Крунестите револверски глави се користат за нешто поголем капацитет обично до 16 алати. Суштинска разлика помеѓу sвездестите и крунестите револверски глави е и во тоа што при првите имаме за секој алат посебно работно вретено, а при вторите само гнезда за алатот, од каде што алатот се поставува на работното вретено на машината.

САИРА со дисков и барабанест магацин се најчесто во примена. Тие се градат обично за капацитет од 20 до 40 алати. Капацитетот на овој вид магацини зависи од нивниот дијаметар и пречникот на алатиге. За да се наголеми капацитетот на овие магацини, развиени се повеќередни барабанести магацини (сл.1f) и повеќедискови магацини (сл.1e).

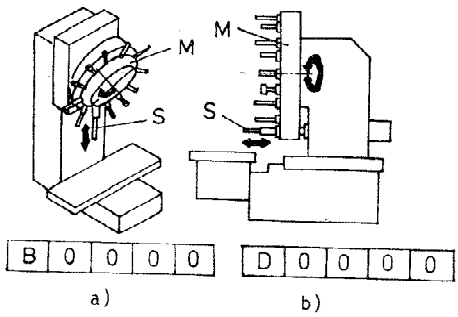
За поголеми капацитети обично се користат верижни магацини кој најчесто се градат за 40 - 60 алати, но можат да бидат изградени и за преку 100 алати.

Барабанестите магацини се градат со коаксијално извлекување на алатот, а дисковите за радијално извлекување, додека верижните најчесто се градат со коаксијално извлекување, но можат да бидат и со радијално извлекување на алатот.

Поставувањето на магацинот над машината (во Z-X рамнината), зафаќа помал производствен простор и обезбедува посигурно држење на алатот. Поставувањето на алатот странично на машината во Z-Y рамнината, овозможува полесно полнење на магацинот, но е понебезбедно и зафаќа поголем простор.

При поставувањето на магацинот на челната страна на машината X-Y рамнината се обезбедува кус пат на измена на алатот, но со тоа алатите се наоѓаат во работниот простор на машината или близу до него, со што е намалена безбедноста на системот.

САИРА без механичка рака можат да бидат со коаксијални и паралелни оски на алатот. На сл.3 прикажани се решенија со коаксијални оски применети при вертикалниот О.Ц. Olliveti (сл.3а), и хоризонталниот О.Ц.Wyssbrod (сл.3b).



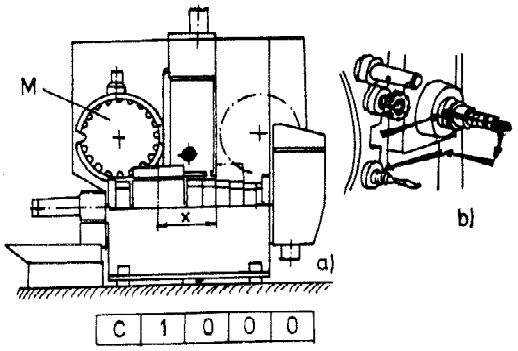
Сл.3

Предимството на САИРА со коаксијално поставен алат е во компактноста и едноставноста на конструкцијата при која што имаме минимален број на измена на алатот. САИРА со паралелно поставен алат без механичка рака прикажан е на сл 4. Во овој случај магацинот за алат се наоѓа странично од работното вретено или над истото и нужните движења за измена на алатот ги врши магацинот за алат. Овој тип на САИРА има почеста примена од претходниот, но обата ги поседуваат недостатоците врзани за челно поставување на магацинот за алат.

САИРА со механичка рака денес имаат најширока примена. Механичката рака овозможува магацинот за алат да се постави во рамнините Y-Z и X-Z и оддалечи од работниот простор на машината.

Во зависност од положбата на алатот готов за измена механичката рака може да биде поставена на фиксен или подвижен носач. Механичката рака нормално се прави со две шепи со челно (сл.5b) и радијално зафаќање (сл.5c). Механичките раце со една шепа се користат како дополнителни за да го опслужуваат магацинот за алат или за пренесување на алатот од магацинот до станицата за чекање. При користењето на механичка рака со радијален зафат

движењата за измена на алатот се сведени на минимум, но растојанијата на гнездата во магацинот треба да е поголемо, одошто при механичката рака со фронтален зафат.

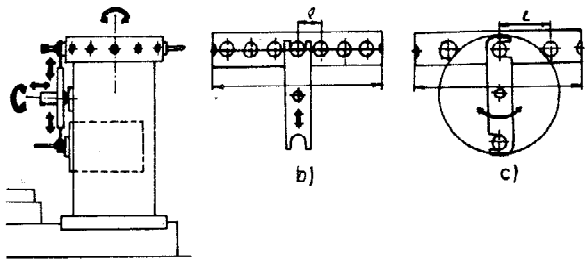


Сл.4

При САИРА, кај кој оските на алатот се под агол во однос на оската на работното вретено можни се две различни решенија:

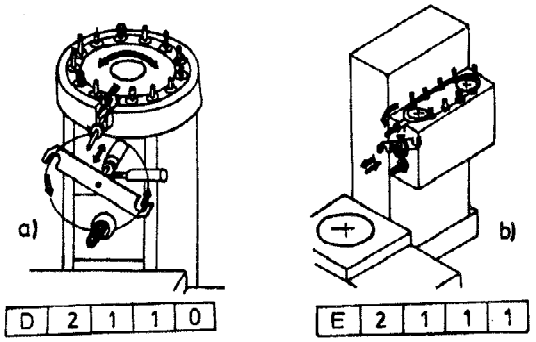
а) Решение со завртливи гнезда во магацинот, со цел алатот кој чека за измена да се доведе во паралелна положба со оската на работното вретено (сл.6)

б) Решение со механичка рака со оска на ротација поставена под 45° во однос на оската на работното вретено (сл.7). Решението на сл.7а е попросто и може да се користи при радијално извлекување на алатот од магацинот, а решението на сл.7b, при аксијално извлекување на алатот.



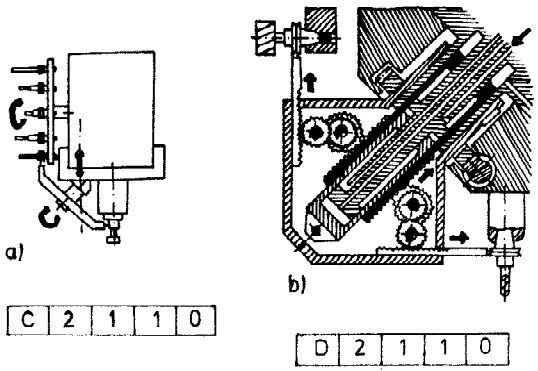
Сл.5

Доколку магацинот за алат е така поставен да алатот готов за измена се наоѓа на извесно одстојание од челната рамнина (поз.3 на сл.2) нужно е да се воведе и систем за транспорт на алатот. На сл.8 прикажано е едно вакво решение применето за хоризонтален О.Ц. Во овој случај механичката рака е изведена од два одделни крака, од кој едниот го носи алатот од магацинот до работното вретено, а вториот од работното вретено до магацинот. Во овакви случаи постојат и решенија со две механички раце, при што помошната (едношепата) рака која го транспортира алатот од магацинот до станицата за чекање и втората (двошепа) која врши измена на алатот помеѓу станицата за чекање и работното вретено и обратно. Станицата за чекање се поставува помеѓу магацинот за алат и работното вретено (PS - сл.9b).



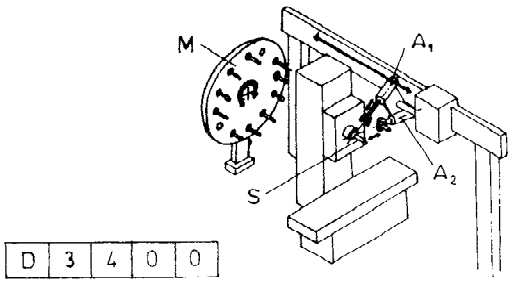
Сл.6

При положбата на алатот подготвен за измена означен со 4 (на сл.2), во зависност од растојанието Z, можат да се сретнат различни решенија:



Сл.7

а) Со механичка рака завртлива околу две оски (сл. 9а)
b) Со механичка рака и станица за чекање (сл. 9b)
c) Со механичка рака и транспортен систем (сл.10)

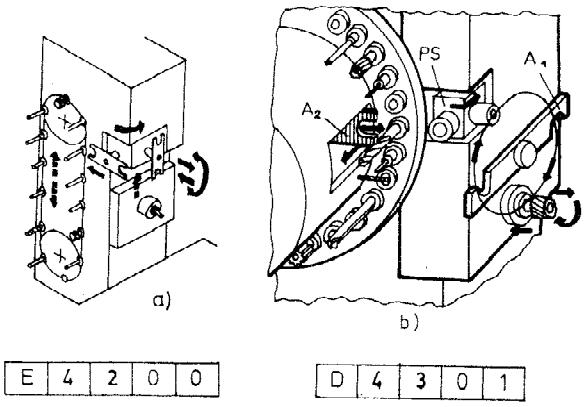


Сл.8

Последново решение се применува при поголеми растојанија Z.

Позицијата означена со "8" на сл.2 може да се сретне при решенија со повеќе верижни магацини (сл.11) - Cincinati. Во овој случај за измена на алатот се корис-

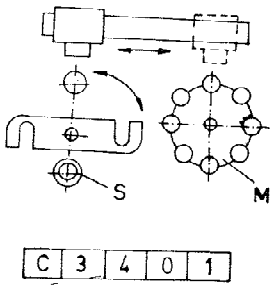
ти станица за чекање завртлива за 90^0 и две механички раце од кои едната игра улога на транспортен систем, а втората служи за измена на алатот помеѓу станицата за чекање и работното вретено.



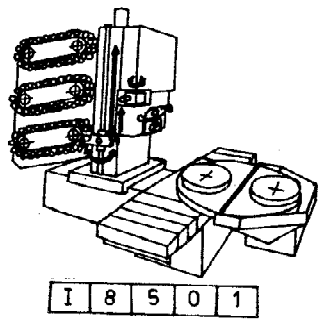
Сл.9

Помошната рака е програмирана да ја опслужува станицата за чекање од трите магацина.

При О.Ц. наменети за големосериско производство се користат и повеќе алатни глави. Тие можат да бидат поставени во магацин кој што истовремено може да прими единични алати и алатни глави или во одделен магацин.

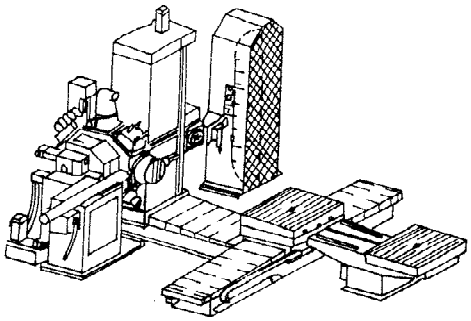


Сл.10



Сл.11

САИРА со комбинирани магацини се поедноставни но се одликуваат со низа недостатоци. Системите со одделни магацини обично за алатните глави користат палетен магацин, барабанест или револверска глава. На сл.12(Scharman) прикажан е О.Ц. со верижен магацин за единечни алати (М1) и барабанест за алатните глави (М2).



Сл.12

Системот за кодирање на алатот игра важна улога при САИРА. Во принцип постојат два система на кодирање на алатот:

а) систем со кодирани гнезда во магацинот

б) систем со кодирани држачи на алатот.

Системот со кодирани гнезда е попрост, но за измена на алатот магацинот треба да се повикува двапати едно по друго: првпат да се земе нужниот алат, а втор пат да се врати искористениот алат. Затоа оваков систем не е погоден за директна измена на алатот помеѓу магацинот и работното вретено. Меѓутоа доколку имаме станица за чекање времето за измена може да биде многу кусо.

При системите со кодирани држачи, можна е директна измена на алатот помеѓу магацинот за алат и работното вретено, бидејќи алатот може да се врати во кое било гнездо во магацинот. Меѓутоа овој систем не дозволува да се постават поголеми алати со испуштање на две соседни гнезда во магацинот и бара кодирани држачи за алат.

За да се искористат предимствата на овој систем, а избегнат неговите недостатоци, денес се користат системи со изменливи кодови на гнездата во магацинот преку привремена меморија. Во овој случај алатот се поставува во магацинот според ознаката на гнездата, но покасно преку меморијата се памти од кое гнездо алатот е извлечен и во кое е ставен, така што алатот немора да се враќа во истото гнездо како при конвенционалните системи со кодирани гнезда. Ова решение денес наоѓа се поширока примена.

Можноста измената на алатот да се врши во секоја положба на работното вретено во X-Y рамнината е од значење при хоризонталните О.Ц. при обработка на отвори последователно со повеќе алати при што се избегнува грешката од позициони-

рањето. На сл.5b и сл.10 прикажани се овакви решенија.

ОЗНАЧУВАЊЕ НА САИРА

Во овој труд направен е обид да се изврши означување на САИРА, според наведената класификација која на извесен начин би ги симболизирала типот на САИРА и во извесен смисол укажала на неговата сложеност.

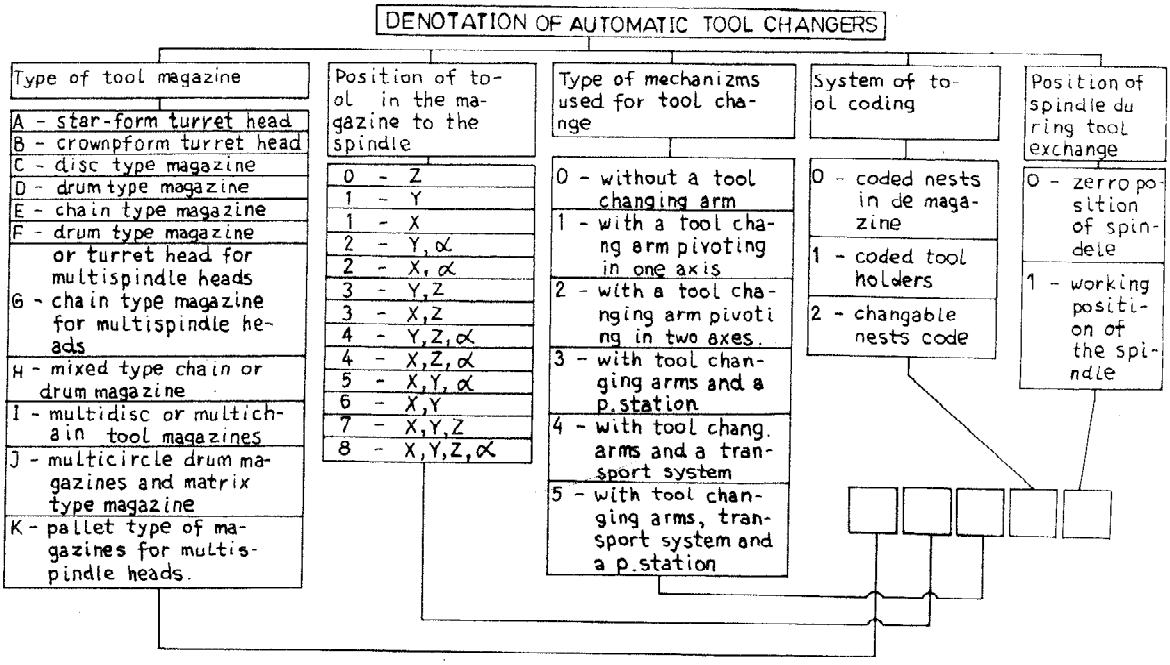
На сл.13 прикажан е блок дијаграм за класификацијата и означувањето на САИРА при што типот на магацинот е означен со алфабетични симболи А - К, а другите класификациски карактеристики со нумерички симболи 0 - 8.

ЛИТЕРАТУРА

/1/ Trajkovski S., Aravindan P.: Some Design Concideration of NC-machine tools. PSG College of Technology, Coimbatore, India, 1983.

/2/ Trajkovski S.: Automatic Tool Changers For NC-Machining Centres. 8th International Conference on Productions Research - August 20-23,1985, Stuttgart, W. Germany.

/3/ Трајковски С.: Анализа на магацините за алат во системите за автоматска измена на алатот.



Сл.13

Поголемиот број, односно подалечното слово означува истовремено и посложен механизам во САИРА.

На сл.3 до 11 прикажани се ознаки на САИРА според напред наведената класификација.

S.Trajkovski, M.Kuzinovski

CLASSIFICATION AND ANALYSIS OF AUTOMATIC TOOL CHANGERS

Abstract

In this paper a complex analysis of the main characteristics of the existing Automatic Tool Changers for Machining Centres is made.A speciaial attempt is made at the classification and denotation of different types of Automatic Tool Changres, according to their complexity in order to give the designers of machining centers an easier choice of automatic tool changers.

XIX SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE

Kragujevac, septembar 1985.

PRILOG PROBLEMU ISTRAŽIVANJA SPECIJALNOG STROJA ZA OBRADU TEMELJA BRODSKOG MOTORA

A. Hriešik, Tehnički Fakultet, Rijeka
A. Šestan, Brodogradilište "3.maj", Rijeka

Rezime

Daje se prikaz tehničko-tehnoloških karakteristika obrade temelja glavnog brodskog motora s akcentom na inovaciju ove tehnologije. Pri tome se moraju respektirati sve tradicionalne tehničke karakteristike brodskog prostora koji je vrlo limitiran i vrlo nepodesan za uvođenje nove tehnike i tehnologije.
Na bazi istraživanja karakteristika površina temelja glavnog brodskog motora, poznavanje metode uklinjenja i fundiranja motora, predlažu se nova rješenja za tehnologiju obrade. Tu se misli na nekoliko varijanti specijalnog stroja za obradu, izbor optimalne varijante rješenja, prijedlog vrste alata, nova suvremena tehnika za mjerenje i pozicioniranje itd.

1. U V O D

Gradnja jednog pomorskog objekta kao što je brod predstavlja vrlo složeni problem počev od ugovaranja, pripreme materijala i procesa, organizacije posla proizvodnje pojedinih sklopova i agregata do konačne montaže kompletnog objekta. Primjenjena tehnologija gradnje u suvremenim uvjetima traži još dosta fizičkog rada, a operacije se izvode od manuelnih do kompjutorizovanih. U odnosu na dostignuti nivo tehnologije gradnje trupa broda, tehnologija montaže mnoge brodske opreme u našim brodogradilištima je relativno malo razvijena i nedovoljno produktivna.

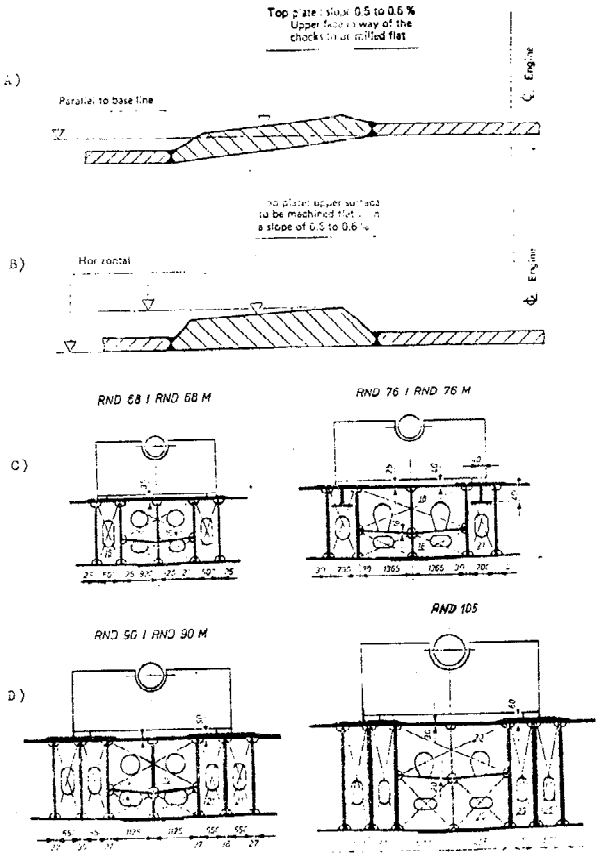
U navedeni kontekst nerazvijenosti spada danas i obrada temelja glavnog brodskog motora pomoću ručnih brusilica. Ta obrada je ergonomski vrlo nepodesna, a sa stanovišta kvalitete brušenih površina vrlo nezadovoljavajuća. Bržem uvođenju strojne obrade nalijegajućih površina za fundiranje motora stoje na putu i objektivne prepreke, kao što je vrlo limitirani brodski prostor za motor, promjenljivost ovog prostora s obzirom na veličine motora, mala serijnost od nekoliko brodova, istovremeno vršenje radova u istom prostoru različitih montažerskih ekipa, problem transporta zamišljenog specijalnog stroja itd.

U svijetu se susreću različite tehnologije za temeljenje glavnih motora i to od ručnog brušenja do temeljenja motora pomoću epoxi smola kojom se izbjegava obrada skidanjem strugotine. Ova tehnologija uspješno je primjenjivana kod motora tipa B&W i MAN, te se je s opravdanjem očekivalo da će prihvatiti i firma SULZER, po čijoj licenci gradi motore i "3.maj" iz Rijeke. Od spomenutih tehnologija obrade temelja ni rad sa smolama nije bez nedostataka, iako je ovaj postupak najnoviji. Očito je prema navedenom da u našim uvjetima dolazi u prvi plan konstrukcija jednog specijalnog stroja koji bi udovoljio mnogobrojnim zahtjevima. Taj stroj bi morao osloboditi radnika dugog i zamornog rada, morao bi znatno povećati produktivnost, a naročito bi morao postizavati visoku točnost i planparalelitet obrađenih površina.

Radi limitiranog prostora ovaj je rad ograničen samo na nekoliko aspekata i rezultata koji su prilikom istraživanja postignuti. Također je iz ovog rada ispušten veći broj slika i proračuna a koje su navedene i integralnom istraživačkom radu.

2. ANALIZA KONSTRUKCIJE TEMELJA MOTORA

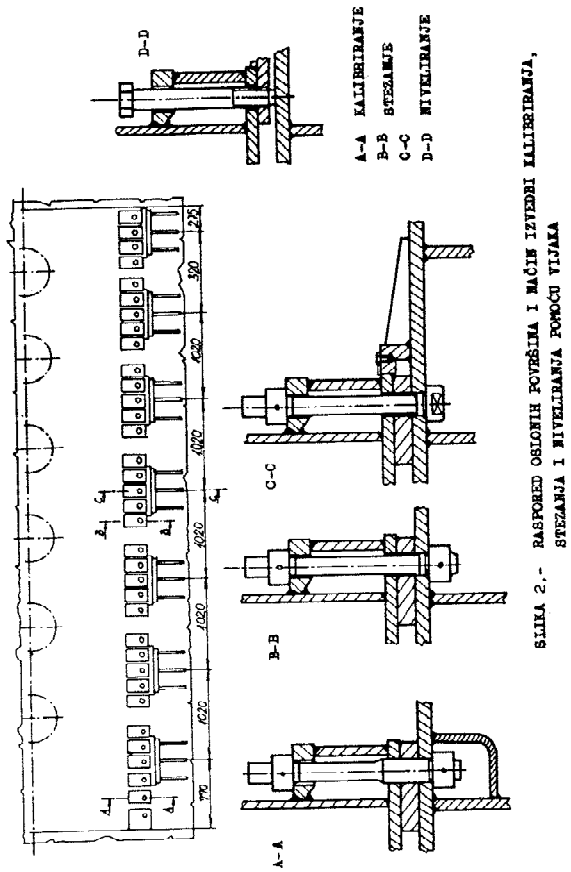
Na sl. 1. daje se prikaz konstrukcija nekoliko izvedbi strukture nosača temelja motora koji se proizvode u domaćem brodogradilištu. Ovi temelji moraju izdržati visoka statička opterećenja, kao i najnepovoljnija dinamička opterećenja u ekstremno lošim prirodnim uvjetima na moru, a da se sačuva točnost rada i funkcionalnost pogonskog sklopa (motor-propeler). Konstrukcija je od zavarenih limova (dvodno), a mora biti proračunata na vlastite vibracije broda da ne dođu u rezonancu sa vibracijama rotirajućih elemenata motora i propulzije broda.



Slika 1.- Konstrukcije temelja motora C) i D)
- Metode skošenja temeljnih površina A) i B)

Prema sl. 1 i sl. 2. vidljivo je da su oslonci motora dva reda klinova koji leže na uzdužnim trakama debelih limova oslonjeni na uzdužnim rebrima koja se protežu duž cijele strojarnice, te su ukrućena poprečnim rebrima.

Da bi se izbjegla upotreba dvostrukih klinova poređanih u dva reda navedene limene trake se obrađuju sa skošenjem, vidi A) i B) na sl. 1. Rješenje A) na sl. 1 prikazuje zavarenu traku lima tako da ima nagib od 0,5% do 0,6%. Pod B) na sl. 1. izvedena je povećana debljina trake za oko 5 mm, zavarena je horizontalno, a nagib od 0,5% do 0,6% izvede se naknadnom obradom strugotine. Na ovaj se način olakšava uklinjenje motora pošto gornja površina temelja ima nagib prema vanjskoj strani broda u odnosu na osu broda, a štedi se i po jedan red klinova sa svake strane motora.



SLIKA 2.- RASPORED OSLONIH POVRŠINA I NAČIN IZVEDBI KALIBRIRANJA, STEZANJA I NIVELIRANJA POMOĆU VIJAKA

3. ISTRAŽIVANJE POSTOJEĆE TEHNOLOGIJE OBRADE TEMELJA MOTORA

Na sl. 2. dat je prikaz rasporeda klinova odnosno površina za uklinjenje, kao i presjeci vijaka za niveliranje, kalibriranje i za stezanje. Uklinjenje motora izvodi se s ciljem da se postigne strukturalni spoj između njegove

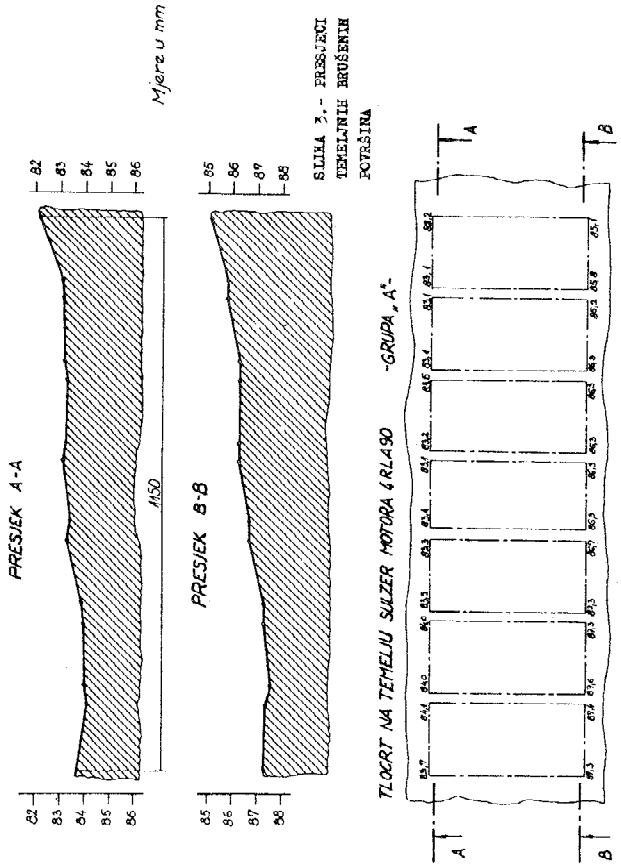
temeljne ploče i posebno izvedenog krova dvodna. Broj i površina klinova su tako dimenzionirani da već 50 do 60% ukupne nalijegajuće površine predstavlja dovoljno veliku nosivu površinu. Te nalijegajuće površine moraju biti tako obrađene da njihova makrogeometrijska odstupanja ne smiju dozvoljavati zračnost veću od 0,05 mm. U cilju izbjegavanja većih dubina brušenja, operaciji brušenja temelja prethodi tehnološki zahvat ispravljanja ulegnuća i izbočina temelja nastalih zbog unutarnjih naprezanja limova prilikom zavarivanja. To se vrši postupkom grijanja s jedne i hlađenja s druge strane lima.

Nakon ponovnog određivanja mjernih baza kolimatorom, pristupa se zahvatu ocrtavanja simetrala provrta steznih vijaka temeljne ploče motora. Ako slučajno simetrala vijka bude blizu simetrale lima za pojačanje, vrši se potreban pomak motora i ponavlja postupak određivanja mjernih baza. Ove baze su polazna osnova za ocrtavanje kontura koje treba brusiti, vidi gornji dio sl. 2. Oblik površina brušenja su geometrijski pravokutnici čije dimenzije i broj ovise o tipu motora. Tako je za tip motora GRL56 potrebno brusiti 70 kom površina, a za najveći motor GRND 90-86 kom. Širina brušenja je od 550 do 750 mm.

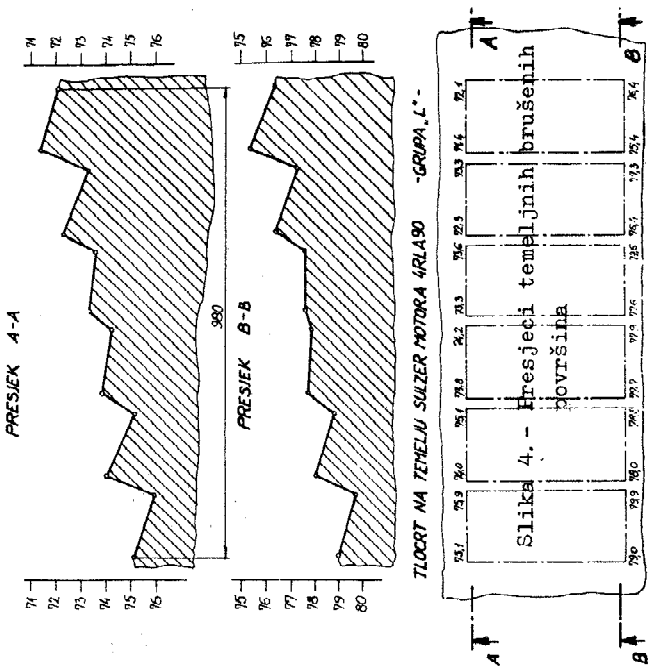
Navedene površine bruse se danas ravnim pneumatskim brusilicama i brusnim pločama s bakelitnim vezivom (46 m/s). Kontrola brušene nosive površine vrši se tuširnim pločama. Iz manipulativnih razloga te tuširne ploče imaju površine koje odgovaraju površini jednog klina. Pojedinačna obrada svake nalijegajuće površine klina na temelj pruža slobodu izbora ravnine u prostoru kod koje se izbrusuje najmanja količina čelika. Logički je da ovakav postupak obrade rezultira različitim položajima pojedinih obrađenih nosivih površina klinova u prostoru.

Istraživanje i mjerenje odstupanja točnosti obrade vršena su na dva temelja motora tipa Sulzer - "3. maj":6RL56 i 4RLA90. U fazi istraživanja motor je potpuno oslonjen na vijke za niveliranje i propisno je centriran. Temeljna ploča motora (baza) smatramo teoretski potpuno ravnom s obzirom da je strojno obrađena na velikoj glodalici.

Budući je naslanjanje motora samo na ograničenom i točno određenom broju pločica koji ovisi o tipu motora, to se mjerenje razmaka između baze motora (temeljne ploče motora), do temelja motora (zavareni brušeni lim), vršilo na svakom uglu pločica prema sl. 3 i 4. Mjerenjem je dobiven veliki broj rezultata prikazanih na oko 30 slika, koji su i statistički obrađeni, ali se u ovom radu prikazuju samo dvije slike.



Opći je zaključak da je ova tehnologija obrade vrlo nekvalitetna, da traži dodatne obrade, da je neproduktivna i skupa. Pored navedenog izvršena je i detaljna numerička analiza ručnog brušenja, kao i strojnog glodanja i strojnog brušenja. To je poslužilo kao baza za nova konstrukciona rješenja specijalnih strojeva za glodanje koja se prezentiraju u nastavku.



Slika 4. - Presjeci temeljnih brušenih površina

4. NOVA KONSTRUKCIONA RJEŠENJA SPECIJALNIH STROJEVA

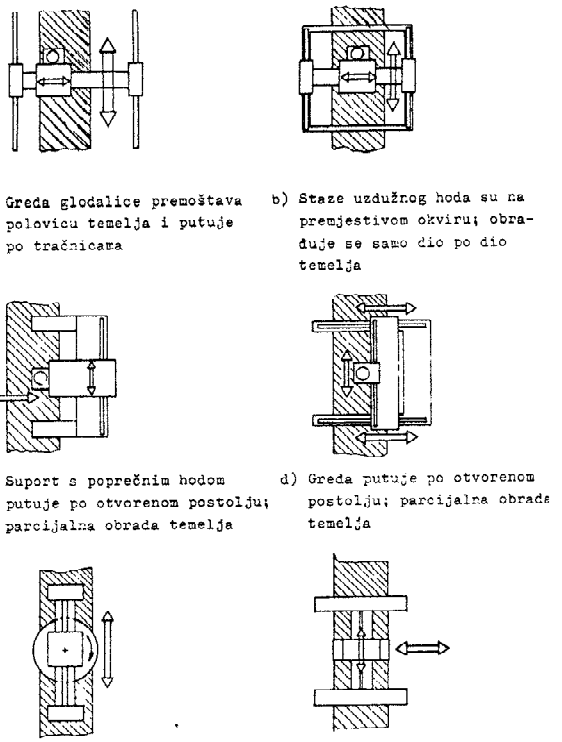
4.1 Pregled relevantnih konstrukcija

Sva predložena rješenja ne mogu se u ovom radu niti opisati niti prikazati slikovno, te se navode samo osnovne zajedničke karakteristike koje se traže od svih varijanti predloženih specijalnih strojeva. Osnovni elementi gibanja alata i stroja prikazani su na sl.5.

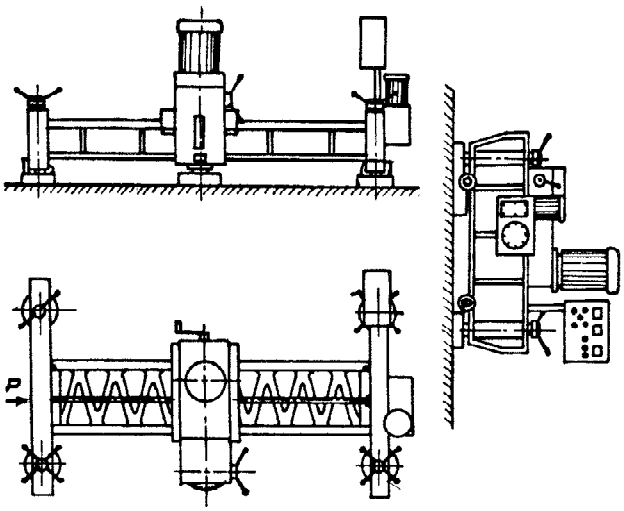
Potrebne karakteristike specijalnog stroja:

- visoka produktivnost obrade;
- visoka krutost nosača alata;
- minimalno potreban slobodan prostor;
- mogućnost obrade ravnih i skošenih ploha;
- izbjegavanje potreba za snažnim dizalicama;
- eliminiranje fiksiranja pomoću vijaka;
- automatski posmik u dvije ose;
- ručni vertikalni posmik alata;
- mala pripremno-završna vremena;
- mjerenje i pozicioniranje pomoću elektronike;
- niska cijena izrade stroja;
- mogućnost izrade stroja u vlastitim radionicama.

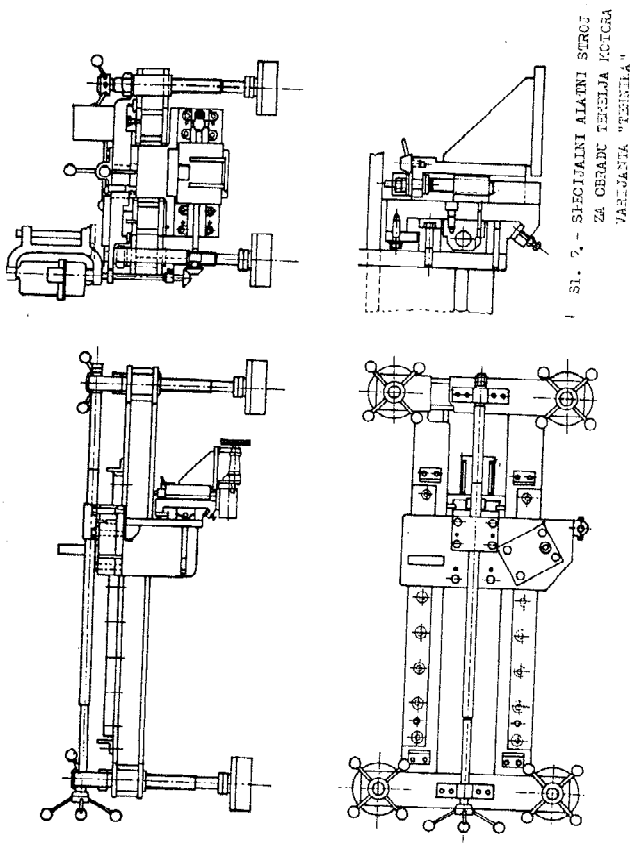
Od deset predloženih varijanti neke više a neke manje ispunjavaju postavljene karakteristike. Prikazuju se samo varijanta "Metalac", slika 6., i varijanta "Tehnika", slika 7.



Slika 5. - Osnovne koncepcije izvedbi specijalnih strojeva - rješenja a) do f)



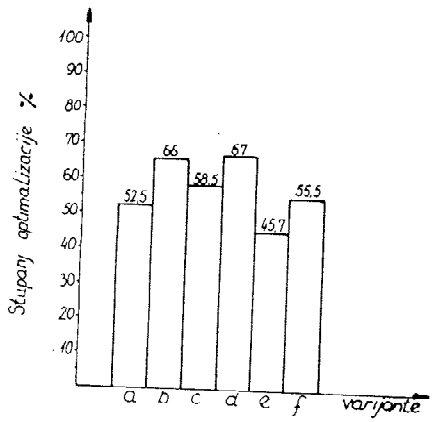
Slika 6.- Specijalni alatni stroj - glodalica za obradu temelja motora varijanta "Metalac"



Sl. 7.- SPECIJALNI ALATNI STROJ ZA OBRADU TEMELJA MOTORA VARIJANTA "TEHNIKA"

4.2 Kriteriji i matrice vrijednovanja konstrukcijskih rješenja

Izbor kriterija bitnih za konstrukcijsku i funkcionalnu vrijednost izvršen je na bazi poznatih metoda i iskustvenih spoznaja. Razlikovat će se konststrukciona rješenja specijalnog stroja za univerzalnu primjenu ili primjenu u interventnim slučajevima. Sve to prikazuju tablice I do V.



Slika 8.- Stupnjevi optimalizacije pojedinih konstrukcija alatnih strojeva za slučaj primjene na svim proizvedenim brodovima

Vrijednost funkcije (f_i)

Tablica I

Kriterij	Rješenje a	b	c	d	e	f
1.Zauzetost površine temelja	50	70	70	70	70	70
2.Ušteda prostora uz temelj	50	50	90	85	90	85
3.Posmak alata u smjeru klina	70	70	60	80	85	95
4.Pripremno završna vremena	70	60	60	60	60	60
5.Vrijeme rezanja	50	95	70	85	30	15
6.Cijena specijalnog stroja	45	30	30	35	70	90

Vrijednost pojedinih kriterija kod primjene specijalnog stroja na svim brodovima

Tablica II

Kriterij	Vrijednost t_i
1.Zauzetost površine temelja	0,05
2.Ušteda prostora uz temelj	0,1
3.Posmak alata u smjeru klina	0,05
4.Pripremno završna vremena	0,1
5.Vrijeme rezanja	0,4
6.Cijena specijalnog stroja	0,3
	1,0

Vrijednost pojedinih kriterija (t_i') kod korištenja stroja u interventnim slučajevima

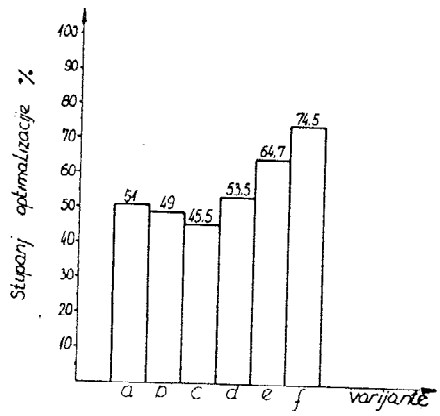
Tablica III

Kriterij	Vrijednost t_i'
1.Zauzetost površine temelja	0,05
2.Ušteda prostora uz temelj	0,05
3.Posmak alata u smjeru klina	0,05
4.Pripremno završna vremena	0,1
5.Vrijeme rezanja	0,15
6.Cijena specijalnog stroja	0,6
	1,00

Matrica vrijednovanja kriterija ($f_i \cdot t_i$) kod slučaja korištenja stroja na svim brodovima

Tablica IV

Kriterij	Rješenje a	b	c	d	e	f
1.Zauzetost površine temelja	2,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
2.Ušteda prostora uz temelj	5	5	9	8,5	9	8,5
3.Posmak alata u smjeru klina	4,5	4,5	3	4	4,2	4,5
4.Pripremno završna vremena	7	6	6	6	6	6
5.Vrijeme rezanja	20	38	28	34	12	6
6.Cijena specijalnog stroja	13,5	9	9	11	21	27
	52,5	66	58,5	67	47,7	55,5

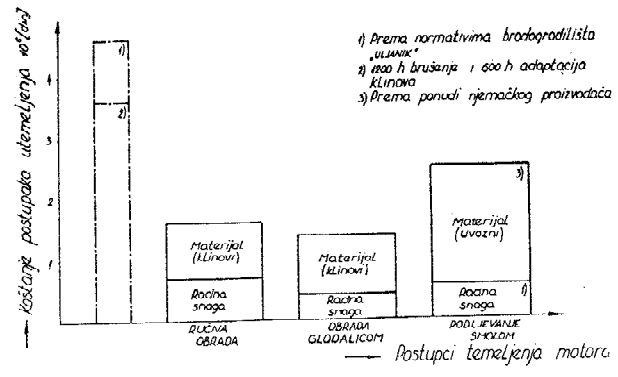


Slika 9.- Stupnjevi optimalizacije pojedinih konstrukcija strojeva samo kod primjene u interventnim slučajevima

Matrica vrijednovanja kriterija ($f_i \cdot t'_i$) u slučaju korištenja stroja u interventnim slučajevima

Tablica V

Kriterij	Rješenje a	b	c	d	e	f
1.Zauzetost površine temelja	25	35	35	35	35	35
2. Ušteda prostora uz temelj	25	25	45	42	45	42
3.Posmak alata u smjeru klina	45	45	3	4	42	45
4.Pripremno završna vremena	7	6	6	6	6	6
5.Vrijeme rezanja	75	14	105	1375	45	22
6.Cijena specijalnog stroja	27	18	18	22	42	54



Slika 10.- Komparativne veličine troškova motora-pojedinih postupaka temeljenja

Matrice vrijednovanja pokazuju da je obrada temelja motora prijenosnim specijalnim strojem na svim proizvedenim brodovima najpovoljnija s visoko produktivnom glodalicom, rješenje d), sl.5. To rješenje ima gredu s agregatom za obradu i magnetima za učvršćivanje položaja. Drugo po redu je rješenje b), sl.5. U interventnim slučajevima primjene (havarije, dorade, planski poremećaj), najoptimalniji obradni sistem je rješenje f), sl. 5.

Sl. 8. i 9. prikazuju stupnjeve optimalizacije specijalnih alatnih strojeva na temelju empirijskih podataka, a za univerzalnu i interventnu primjenu.

Sl. 10. prezentira komparativne numeričke veličine troškova pojedinih postupaka temeljenja motora na brodovima.

5. Z A K L J U Č A K

Kod izbora konstrukcijske varijante značajno je respektirati slijedeće parametre: proizvodnost stroja, vrsta upotrijebljenog alata, krutost konstrukcije, minimalan prostor za postavljanje stroja, univerzalnost s obzirom na tipove i veličine motora, način transporta stroja, stupanj automatizacije, visina investicija itd.

Na osnovi desetak predloženih varijanti i postavljenih kriterija vrijednovanja strojeva, može se predložiti:

1. Optimalno idejno rješenje predstavlja specijalnu glodalicu, rješenje d), sl.5, a slijedeće je rješenje b) na istoj slici.
2. Najpovoljniji alat za obradu je visokoproduktivna glava za glodanje s više noževa od tvrdog metala.
3. Ugradnja inkrementnih linearnih i rotacionih mjernih davača s numeričkim digitalnim pokazivačima dimenzija i pozicija obrade.
4. Poluautomatski rad specijalnog alatnog stroja - glodalice.

6. L I T E R A T U R A

[1] Hriešik Andrej, Šestan Anton: Ispitivanje specijalnog stroja, alata i nove tehnologije za obradu temelja glavnog brodskog motora, Rijeka, 1984.

[2] Muren Hinko: Odrezavanje, Ljubljana, Tehnička založba Slovenije, 1976., str. 384.

[3] Milačić V.R. i kolektiv: Ispitivanje alatnih mašina, Beograd, IAMA, 1971.

[4] Boras Berislav: Mehaniziranje i automatiziranje naprave i uređaji, Zagreb, Sveučilišna naklada Liber, 1980., str. 509.

[5] Zdenković Rudolf: Atlas alatnih strojeva, Sveučilišna naklada Liber, Zagreb, 1976.

A.Hriešik, A.Šestan

A CONTRIBUTION TO THE RESEARCH OF A SPECIAL MACHINE FOR MACHINING MARINE ENGINE FOUNDATIONS

Abstract

An outline is given of the technical and technological characteristics of the machining of main ship engine foundation, emphasising the inovation of this technology.In performing this operation, all traditional technical characteristics of the ship engine room must be respected, namely the limited space and inconveniences in introducing new techniques and technologies.
On the basis of the investigations of the characteristics of the surfaces of ship main engine foundations, and of the knowledge of the methods of engine founding, new solutions are proposed for the machining technology.By this are meant several variants of the special machine tool, the choice of the optimal variant of the solution, tool propositions, new modern techniques for measurement and positioning, etc.

XIX SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE
Kragujevac, septembar 1985.

PRIMENA RAČUNARA NA IZRAČUNAVANJU REŽIMA I VREMENA IZRADE KOD UNUTRAŠNJEG BRUŠENJA TVRDOG METALA

M. Drndarević, "Prvi partizan", Titovo Užice

REZIME

Na osnovu sagledavanja proizvodnog programa OOUR Alatnica u kome je uglavnom zastupljena pojedinačna proizvodnja i kvaliteta tehničke dokumentacije došlo se do stava da je razvoj dokumentacije moguć i opravdan jedino uz primenu računara.
Cilj projekta je razvoj konstruisanja, tehnologije i normiranja. Projektom je obuhvaćeno odredjivanje dovoljno tačnih matematičkih modela i izrada programa za izračunavanje:
-parametara pri konstruisanju alata za vučenje, kovanje i specijalnih alata
-režima mašinske obrade i vremena izrade
-režima termičke obrade.

SADRŽAJ RADA

Primena računara na izračunavanju režima i vremena izrade kod unutrašnjeg brušenja tvrdog metala predstavlja prvu fazu projekta.

Sagledavanje činilaca koji utiču na režime kod unutrašnjeg brušenja tvrdog metala

Kao što je poznato, obrada tvrdog metala obavlja se dijamantskim alatima ili postupcima elektroerozione obrade. Unutrašnje brušenje je najznačajniji vid mašinske obrade kod izrade alata sa radnim elementima od tvrdog metala. U zavisnosti od željenog kvaliteta obradjene površine i mera obradka vrši se izbor alata. Osnovni činioci koji utiču na režime kod unutrašnjeg brušenja tvrdog metala su karakteristike dijamantskog tocila: krupnoća dijamantskih zrna, prečnik tocila, širina dijamantskog sloja, prečnik i dužina nosača.
Radi optimizacije zaliha dijamantskog alata, na osnovu tehnoloških zahteva, odredjeni su optimalni nizovi krupnoća dijamantskih zrna i prečnika dijamantskih tocila. Širine dijamantskog sloja i dužine nosača imaju po dve vrednosti za pojedine krupnoće dijamantskih zrna i prečnike dijamantskih tocila.

Odredjivanje dovoljno tačnog matematičkog modela

Dovoljno tačan matematički model obuhvata odredjivanje: dodatka za obradu sinterovanog pripremka, prečnika dijamantskog tocila, hoda tocila, broja obrtaja tocila i obratka, brzine stola, dubine brušenja i vremena izrade.
Dodatak za obradu sinterovanog pripremka odredjen je jednačinama:

$$\Delta = \Delta(D,H)$$
$$\Delta_{min} = 0.6\Delta$$
$$\Delta_{max} = 1.2\Delta$$

gde su: D - nazivna mera otvora
H - visina pripremka

Dodatak za obradu narednog zahvata odredjen je jednačinama:

$$\delta = \delta(R_{max0}, R_{max1})$$

gde su: R_{max0} - maksimalna hrapavost površine nakon predhodnog zahvata
R_{max1} - maksimalna hrapavost površine nakon narednog zahvata

Prečnik dijamantskog tocila odredjuje se na osnovu prečnika otvora pripremka i optimalnog niza prečnika dijamantskih tocila uz ispunjenje tehnoloških uslova u pogledu veka i učinka tocila.
Hod tocila odredjuje se zavisno od dužine brušenja i širine dijamantskog sloja vodeći računa o širini dijamantskog sloja u zahvatu na

krajevima obradka.

Broj obrtaja tocila odredjen je jednačinom:

$$n_t = n_t(v_t, d_t)$$

gde je: $v_t = v_t(d_t)$ - obimna brzina tocila

d_t - prečnik tocila

Prema izračunatom broju obrtaja tocila usvaja se standardni koji se ostvaruje na radnom vretenu.

Broj obrtaja obradka odredjen je jednačinom:

$$n_o = n_o(n_t, d_t, D, A)$$

gde je: A - konstanta zavisna od odnosa obimne brzine tocila i obradka

Brzina stola odredjena je jednačinom:

$$v_{st} = v_{st}(n_o, T, K)$$

gde je: T - širina dijamantskog sloja tocila

$K \in (3,10)$ - faktor zavisan od kvaliteta obradjene površine

Dubina brušenja ima diskretne vrednosti za odredjene opsege tvrdoće tvrdog metala a koriguje se zavisno od odnosa prečnika nosača i dužine tocila.

$$t = t(HV, L_s, d_t)$$

gde je: HV - tvrdoća tvrdog metala po Vikersu

L_s - slobodna dužina tocila

Glavno vreme izrade odredjeno je jednačinom:

$$t_g = t_g(i, HT, v_{st})$$

gde su: i - broj prolaza

HT - hod tocila

koeficijent trošenja tocila je približno jednak jedinici.

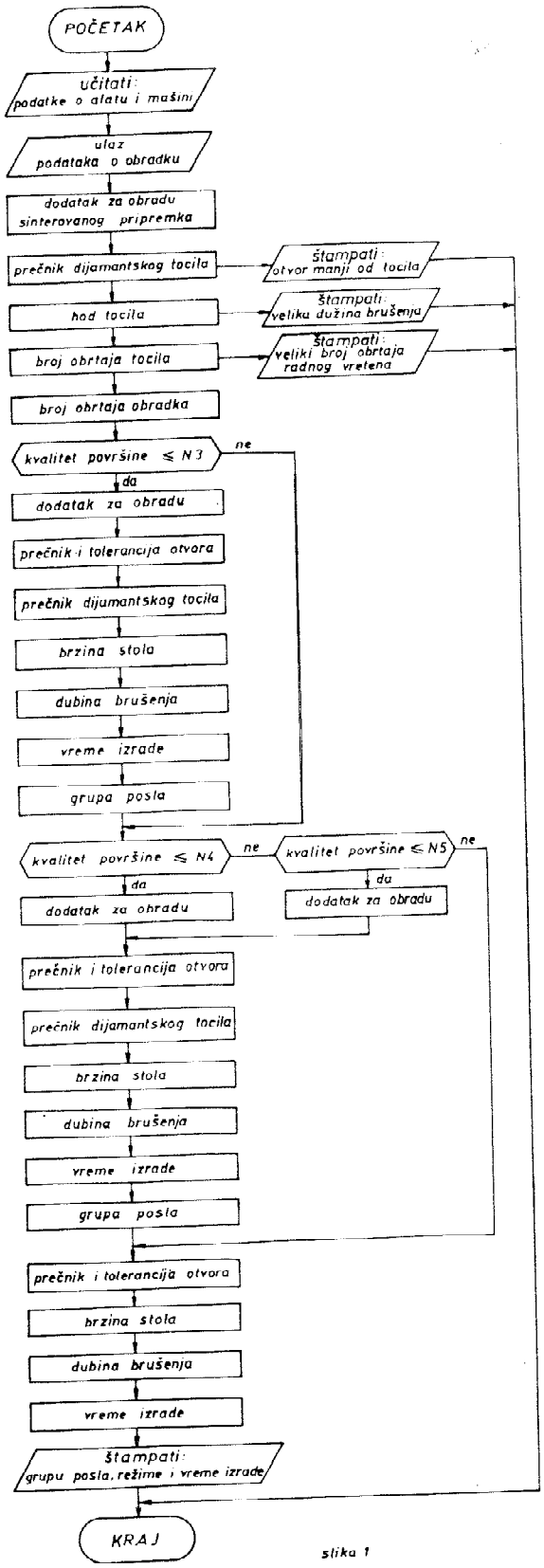
Sva pomoćna vremena su odredjena eksperimentalno na osnovu uslova rada.

Odredjivanje logičkog dijagrama (algoritma) i pisanje programa

Na osnovu matematičkog modela odredjen je logički dijagram koji je dat na slici 1.

Program je napisan na programskom jeziku fortran IV. Postoje dve verzije programa. Jedna verzija je data kao poseban program sa svojim podprogramima i koristi se u pojedinačnim slučajevima. Ulazne veličine programa su: prečnik otvora, tolerancija, visina tvrdog metala, dužina brušenja, ugao konusa, kvalitet obradjene površine, tvrdoća tvrdog metala i oblik površine. Druga verzija je data kao podprogram i koristi se u programima za odredjene tipove alata.

Izlaz programa su tehnološke radne liste koje



slika 1

su date na slici 2.

OOUR 66 Broj radnog naloga_____U.B.CILINDRA IZVRSILAC_____
GRUPA POSLA 0647 uzeto u rad komada___datum__.__zavrseno komada___datum__.__

OTVOR mm	TOL. mi	TOCILO mm	BR.OBR.TOCILA o/min	OBRADKA o/min	HOD mm	DUB.BR. mi/DH	STO m/min	VREME min
13.500	5	12.00-D30	18000. 24000.	178.	41.7	0.16	0.27	9.4

DODATAK mm	KONTROLA IZRADAKA dobri defektni skart overa	PRIMEDBA:
0.005		

OOUR 66 Broj radnog naloga_____U.B.CILINDRA IZVRSILAC_____
GRUPA POSLA 0636 uzeto u rad komada___datum__.__zavrseno komada___datum__.__

OTVOR mm	TOL. mi	TOCILO mm	BR.OBR.TOCILA o/min	OBRADKA o/min	HOD mm	DUB.BR. mi/DH	STO m/min	VREME min
13.495	6	12.00-D64	18000. 24000.	178.	41.7	1.26	0.36	3.7

DODATAK mm	KONTROLA IZRADAKA dobri defektni skart overa	PRIMEDBA:
0.020		

OOUR 66 Broj radnog naloga_____U.B.CILINDRA IZVRSILAC_____
GRUPA POSLA 0636 uzeto u rad komada___datum__.__zavrseno komada___datum__.__

OTVOR mm	TOL. mi	TOCILO mm	BR.OBR.TOCILA o/min	OBRADKA o/min	HOD mm	DUB.BR. mi/DH	STO m/min	VREME min
13.475	13	10.00-D126	18000. 24000.	178.	41.7	2.69	0.59	40.2

DODATAK mm	KONTROLA IZRADAKA dobri defektni skart overa	PRIMEDBA:
0.83		

Slika 2.

ZNAČAJ RADA

Rad ima višestruk značaj:
- dovodi do napredka u razvoju tehničke dokumentacije
- oslobadjaju se izvršioci u tehničkoj pripremi obimnih računanja i stvaraju se uslovi za kreativan i istraživački rad (unošenje ulaznih podataka je do jednog minuta, a dobijaju se izlazni podaci za par sekundi)
- stvaraju se preduslovi za planiranje optimalnog iskorišćenja proizvodnih i kadrovskih kapaciteta
- potrošnja dijamantskog alata svodi se u optimalne granice
- stvaraju se uslovi za realnije odnose u raspodeli
- racionalnije se koristi računar.

LITERATURA:

/1/ Grupa autora, Primena računara na izračunavanju parametara pri konstruisanju, režima mašinske i termičke obrade i vremena izrade, Istraživačko-razvojni projekat, "Prvi partizan" Titovo Užice, 1985.

/2/ Prospekti firmi: DIAMETAL, WINTER, WENDT, WEISS, ...

M.DRNDAREVIĆ

THE USE OF COMPUTERS FOR COLCULATING THE REGIME AND MACHINING TIME IN INTERNAL GRINDING OF CARBIDE INSERTS

Abstract

On the basis of an analysis of the production program of the OOUR "Alatnica", which consists mainly of products made as single units, and observing the quality of engineering documentation, the decision was made to organise the development of the documentation through the application of digital computers.
The goal of the project is the development of design technology and norms.The project consists of the determination of accurate enough mathematical models, and writing of the programs for the following computations:
- design parameters for the drawing, forging, and special tools;
- machining regimes and times;
- heat treatment regimes.

XIX SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE

Kragujevac, septembar 1985.

PRILOG RAZMATRANJU TEHNOLOŠKIH PODLOGA ZA NUMA ZA OBRADU STRUGANJEM

P. Dašić, Industrija "14.oktobar", Kruševac

R E Z I M E

Pojavom NU i KNU mašina alatki uloga tehnologije značajno je porasla, jer je numerički upravljana mašina alatka tako koncipirana da zahteva veće angažovanje tehnologa.

U radu je dat prilog razmatranju tehnoloških podloga i automatizacije izbora mašine, alata i optimalnih elemenata režima rezanja za NUMA za obradu struganjem. Tehnološke podloge sadrže detaljizirane informacije o mašini, reznom alatu, materijalu i režimu rezanja i omogućavaju pouzdano i brzo projektovanje NU tehnologije. Od informacija koje sadrže tehnološke podloge umnogome zavisi kvalitet projektovanog tehnološkog procesa izrade.

1. UVOD

Tendencija razvoja savremenih tehnologija, visoko automatizovane proizvodne opreme, NU, KNU, DNUili adaptivnog upravljanja obradnim sistemima, zahteva uporedni razvoj sistema za projektovanje tehnoloških informacija, odnosno zahteva ubrzanje tehnološkog procesa, smanjenje troškova proizvodnje, koji se ostvaruju primenom kompletne baze tehničko-tehnoloških informacija o mašinama, alatima i režimima rezanja.

Osnovni modul sistema za projektovanje tehnoloških informacija pri obradi na NU strugu /1/ jeste modul datoteka, koji se sastoji od sledećih datoteka:

- datoteka mašina koja sadrži sve tehničko-tehnološko-ekonomske podatke o NU mašinama za obradu struganjem,
- datoteka alata, datoteka držača pločica i datoteka izmenljivih pločica, koja sadrži podatke o alatima u obradnom procesu struganja,
- datoteka materijala koja sadrži podatke o najfrekventnijim konstrukcijskim i drugim materijalima iz industrijske prakse, i
- datoteka obradljivosti koja je sastavljena od numeričkih parametara u funkcijama obradljivosti za pojedine materijale za obradu struganjem.

2. TEHNOLOŠKE PODLOGE ZA IZBOR TEHNOLOŠKIH INFORMACIJA PRI OBRADI NA NU STRUGU

Sadržaj tehnoloških podloga (datoteka) proizilazi iz primenjenog principa izbora mašine, alata i optimalnih elemenata režima rezanja. To znači, da je za definisanje sadržaja tehnoloških datoteka potrebna sistematska analiza procesa projektovanja tehnoloških informacija obrade struganjem za NUMA /1/.

2.1. Datoteka mašina za obradu struganjem

Datoteka mašina sadrži informacije koje su vezane za identifikaciju mašine (ident broj, inventarski broj, naziv, tip, kod), radne karakteristike (maksimalni prečnik obrade, maksimalna dužina obrade, idealni prečnik obrade, opseg broja obrtaja i koraka, snagu itd.), upravljačku jedinicu (tip, korekcije, finoću ulazno izlaznih podataka) i ostale podatke (pritisak stezanja, kod steznog pribora, norma čas mašine i td.). Na sl. 1 prikazan je sadržaj datoteke mašina za obradu struganjem.

Pristup podacima definiše se zadavanjem ident broja mašine ili inventarskog broja.

	DATOTEKA MAŠINA	
01	IDENT BROJ MAŠINE	1 1 1 . 6 . 5 2 6
02	INVENTARSKI BROJ MAŠINE	1 1 1 - 4 2 4 4
03	NAZIV MAŠINE	K N U S T R U G
04	TIP MAŠINE	M D 5 S
05	KOD MAŠINE	1 3 4
06	RADNA OBLAST:	
	Razmak između šiljaka (mm)	1 0 0 0
	Poprečni hod suporta (mm)	2 8 0
	Uzdužni hod suporta (mm)	1 0 5 0
	Maksimalna dužina obrade (mm)	1 0 0 0
	Maksimalni prečnik obrade (mm)	4 0 0
	Idealni prečnik obrade (mm)	2 0 0
07	GLAVNO VRETENO:	
	Prečnik otvora u vretenu (mm)	5 0
08	GLAVNI POGON:	
	Pogonska snaga (KW)	2 5
	Maksimalni obrtni moment (Nm)	5 0 0 0
	Minimalni broj obrtaja (o/min)	2 0
	Maksimalni broj obrtaja (o/min)	4 0 0 0
09	POGON KORAKA:	
	Minimalni uzdužni korak (mm/o)	0 ▲ 0 0 1
	Maksimalni uzdužni korak (mm/o)	4 0 ▲ 0 0 0
	Sila koraka u uzdužnom smeru (KN)	1 0
	Minimalni poprečni korak (mm/o)	0 ▲ 0 0 1
	Maksimalni poprečni korak (mm/o)	4 0 ▲ 0 0 0
	Sila koraka u poprečnom smeru (KN)	1 0
	Brzi hod (m/min)	1 0
10	MAKSIMALNI BROJ ALATA U NOSAČU ALATA	1 2
11	KOLIČINA PROTOKA SREDSTVA ZA HLAĐENJE (l/min)	4 5
12	PRITISAK STEZANJA:	
	Minimalni (bar)	1
	Maksimalni (bar)	1 0 0
13	HOD PINOLE KONJIĆA (mm)	1 0 0
14	MAKSIMALNI PREČNIK STEZANJA LINETE (mm)	1 0 0
15	UPRAVLJAČKA JEDINICA:	
	Tip upravljačke jedinice	E L T R O P I L O T M
	Korekcija broja alata	2 0
	Korekcija broja obrtaja (%)	1 2 0
	Korekcija koraka (%)	1 2 0
	Finoća ulazno izlaznih podataka (μm)	1
16	KOD STEZNOG PRIBORA:	
	Standardne stezne glave	1 0 1 / 1 0 2
	Stezne glave sa aksijalnim stezanjem	0 / 0
	Stezni trnovi sa elastičnom čaurom	3 0 1 / 3 0 2
	Stezni pribor sa stezanjem između šiljaka	4 0 1 / 4 5 1
17	STEPEN ISKORIŠĆENJA MAŠINA (%)	9 0
18	NORMA ČAS MAŠINE Cm (din/h)	3 0 0 0
19	GODINA INSTALIRANJA	1 9 8 1
20	PROIZVOĐAČ	M A X I M U L L E R

Sl. 1 Sadržaj datoteke mašina

2.2. Datoteka držača pločica

Datoteka držača pločica sadrži informacije koje su vezane za identifikaciju držača pločica (ident broj, naziv, oznaka, kod, smer rezanja), geometriju alata(grudni ugao, ledjni ugao, glavni napadni ugao, pomoćni napadni ugao, ugao nagiba sečiva), dimenzije držača pločica(presek držača pločice, dužina, širina, minimalni prečnik obrade, dužina rezne ivice, maksimalna dubina obrade), popravne faktore u funkcijama obradljivosti (popravni faktori za grudni i glavni

napadni ugao) i ostale podatke (dozvoljeno naprezanje na savijanje držača pločice, cena držača pločice, proizvodjač itd.). Na sl. 2 prikazan je sadržaj datoteke držača pločica.

Pristup podacima definiše se zadavanjem ident broja držača pločica.

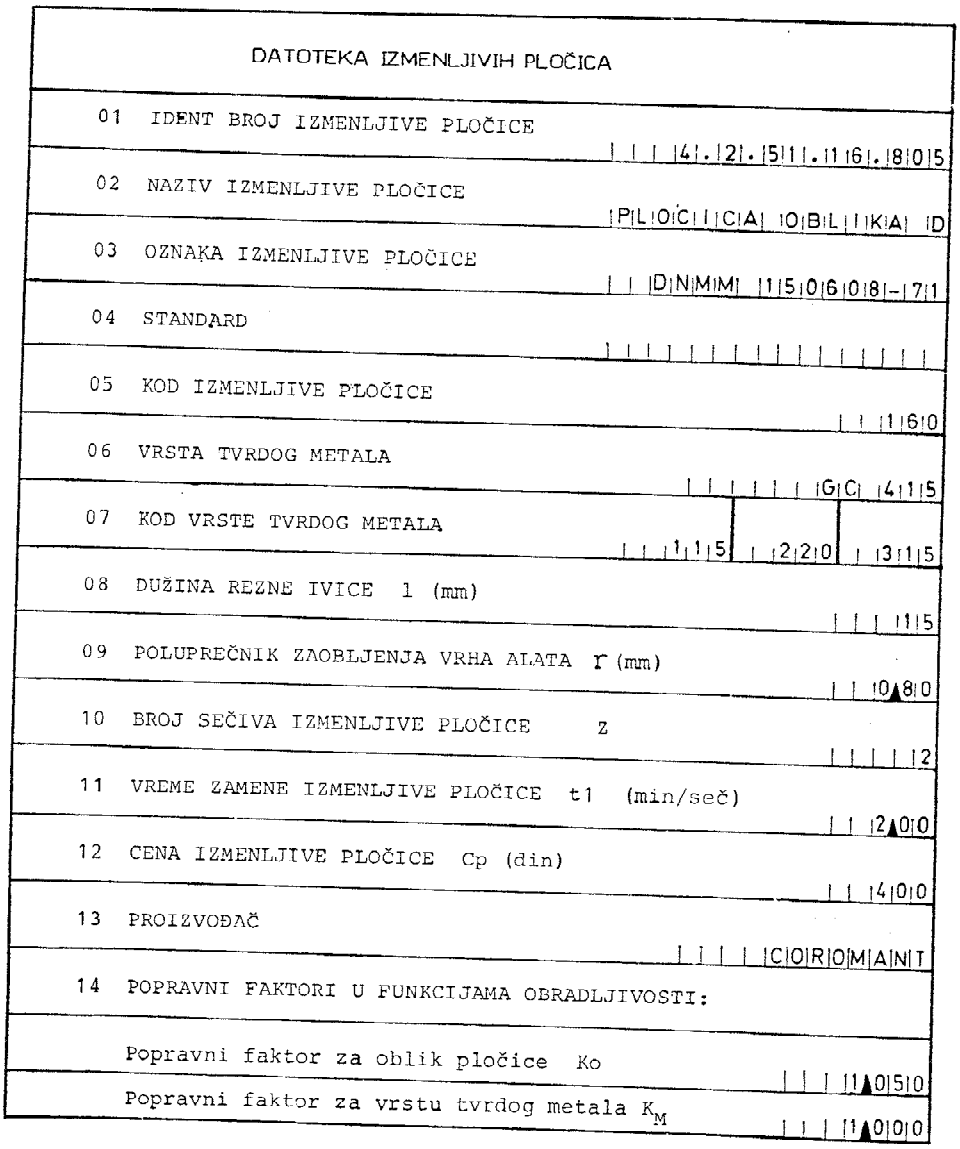
2.3. Datoteka izmenljivih pločica

Datoteka izmenljivih pločica sadrži informacije koje su vezane za identifikaciju izmenljivih pločica (ident broj, naziv, oznaka, kod), materijal reznog dela alata (vrsta tvrdog metala, kod vrste tvrdog metala), dimenzije izmenljivih pločica (dužina rezne ivice, poluprečnik zaobljenja vrha alata, broj sečiva izmenljive pločice), popravne faktore u funkcijama obradljivosti (popravni faktori za oblik pločice, vrstu tvrdog metala) i ostale podatke (vreme zamene izmenljive pločice, cena izmenljive pločice, proizvodjač i td.). Na sl. 3 je sadržaj datoteke izmenljive pločice.

Pristup podacima definiše se zadavanjem ident broja izmenljive pločice.

DATOTEKA DRŽAČA PLOČICA	
01 IDENT BROJ DRŽAČA PLOČICE	4.11.0115519.9911
02 NAZIV DRŽAČA PLOČICE	S-MAX P-DRZACI
03 OZNAKA DRŽAČA PLOČICE	PDJNL 2525M 15
04 STANDARD	
05 KOD DRŽAČA PLOČICE	2610
06 KOD IZMENLJIVE PLOČICE	1610
07 SMER REZANJA	LEVI
08 DUŽINA REZNE IVICE l (mm)	15
09 MAKSIMALNA DUBINA OBRADE δp (mm)	12,5 0
10 DOZVOLJENO NAPREZANJE NA SAVIJANJE K_f (KN/mm^2)	2200
11 PLANIRAN BROJ PLOČICA ZA JEDAN DRŽAČ N	45
12 GEOMETRIJA ALATA:	
Grudni ugao γ (°)	-6
Leđni ugao α (°)	6
Glavni napadni ugao $\varkappa$ (°)	93
Pomoćni napadni ugao $\varkappa_1$ (°)	32
Ugao nagiba sečiva λ (°)	-7
13 DIMENZIJE DRŽAČA PLOČICE:	
Presek držača pločice b x h ili D x h (mm)	25 25
Dužina držača pločice l_1 (mm)	150
Širina držača pločice f	32,0
Minimalni prečnik obrade Dmin (mm)	0,0
14 CENA DRŽAČA PLOČICE I REZERVNIH DELOVA Cd (din)	3500
15 PROIZVOĐAČ	PP-CORUN
16 POPRAVNI FAKTORI U FUNKCIJAMA OBRADLJIVOSTI:	
Popravni faktor za grudni ugao K_γ	1,0
Popravni faktor za glavni napadni ugao $K_\varkappa$	1,0

Sl. 2 Sadržaj datoteke držača pločica



Sl. 3 Sadržaj datoteke izmenljivih pločica

2.4. Datoteka materijala

Datoteka materijala sadrži informacije koje su neophodne za proces obrade skidanjem strugotine (oznaka, naziv, standard, stanje materijala, zatezna čvrstoća, tvrdoća, modul elastičnosti), hemijski sastav, kao i podatke vezane za identifikaciju i naziv proizvodjača. Na sl. 4 prikazan je sadržaj datoteke materijala.

Pristup podacima definiše se zadavanjem naziva i stanja materijala.

2.5. Datoteka obradljivosti

Datoteka obradljivosti sadrži informacije o parametrima obradljivosti brzine rezanja, glavnog otpora rezanja i kvaliteta obradjene površine kao i popravnim faktorima za uslove obrade. Na sl.5 prikazan je sadržaj datoteke obradljivosti. Osnovu za popunjavanje datoteke obradljivosti čine podaci iz domaće literature, sopstveni iskustveni podaci/2/, inostrani iskustveni podaci, preporučeni podaci od domaćih i inostranih proizvodjača alata /3/. Za materijale za koje su izvodjeni

DATOTEKA MATERIJALA		
01	IDENT BROJ MATERIJALA	| | | | | | | |
02	NAZIV MATERIJALA	| | |C|.|4|7|2|1
03	STANDARD	|J|U|S| |C|.|B|9|.|0|2|0
04	KOD MATERIJALA	| |1|1|9
05	STANJE MATERIJALA (TERMIČKA OBRADA)	| | | | | |Z|A|R|E|N|O
06	MEHANIČKA SVOJSTVA:	
	Zatezna čvrstoća σ_M(KN/cm^2)	| | |1|3|0
	Tvrdoća HB	| | |2|1|7
	Modul elastičnosti E (KN/cm^2)	| |2|1|0|0|0
07	HEMIJSKI SASTAV (%):	
	C	|0▲2|0|5
	Si	|0▲2|7|5
	Mn	|1▲0|5|0
	Cr	|1▲2|5|0
	Ni	|0▲0|0|0
	W	|0▲0|0|0
	Mo	|0▲2|5|0
	V	|0▲0|0|0
	P	|0▲0|3|5
	S	|0▲0|3|5
	Cu	|0▲0|0|0
	Al	|0▲0|0|0
08	PROIZVOĐAČ	| | |R|M|K| |Z|E|N|I|C|A

Sl. 4 Sadržaj datoteke materijala

eksperimenti u datoteci obradljivosti su uneti parametri obradljivosti za brzinu rezanja i kvalitet obradjene površine identifikovani u pogonskim uslovima /1,4/.

Pristup podacima obradljivosti definiše se zadavanjem naziva i stanja materijala.

3. AUTOMATIZACIJA PROJEKTOVANJA TEHNOLOŠKIH INFORMACIJA ZA NU STRUG

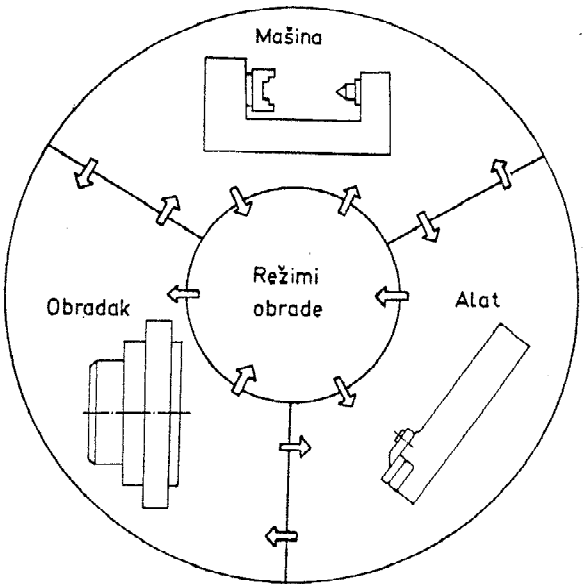
Da bi se proces struganja ostvario potrebno je ostvariti uzajamno dejstvo: obradak-mašina alatka-alat-režimi obrade, sl. 6, i oni u procesu projektovanja predstavljaju tehnološke informacije.

DATOTEKA OBRADLJIVOSTI		
01	KOD MATERIJALA	1 1 1 9
02	PARAMETRI OBRADLJIVOSTI BRZINE REZANJA V:	
	C_V	1 3 8 0 8 3
	m	0 1 7 7
	x	0 2 1 6
	y	0 6 1 5
03	PARAMETRI OBRADLJIVOSTI GLAVNOG OTPORA REZANJA F_1:	
	C_k	1 5 2 0 0 0
	x_1	1 0 6 2
	y_1	0 7 3 7
04	PARAMETRI OBRADLJIVOSTI KVALITETA OBRAĐENE POVRŠINE Ra:	
	C_R	3 6 9 7 2
	m_R	0 0 7 1
	x_R	0 0 3 0
	y_R	1 6 7 8
	z_R	0 8 9 5
	POPRAVNI FAKTORI ZA USLOVE OBRADE:	
05	RASHLADNO SREDSTVO K_{rs}:	
	Delimično hlađenje	0 8 0 0
	Intezivno hlađenje	1 0 0 0
06	STANJE PRIPREMKA K_k:	
	sa korom	0 7 0 0
	Bez kore	1 0 0 0
07	KRITERIJUMI ZATUPLJENJA K_h:	
	Pojas habanja na lednoj površini alata	
	h=0,5 (mm)	1 2 0 0
	h=0,8 (mm)	1 0 0 0
	h=1,3 (mm)	0 8 0 0
08	VITKOST STRUGOTINE:	
	q_{min}	4
	q_{max}	2 0
09	KOD VRSTE TVRDOG METALA:	
	Gruba obrada	1 2 0
	Završna obrada	1 1 0
10	GODINA STVARANJA PODATAKA	1 9 8 4

Sl. 5 Sadržaj datoteke obradljivosti

Grubo posmatrano u okviru tehnoloških informacija za NU strug, prisutne su tri grupe aktivnosti, i to/1/:

- izbor odgovarajuće mašine,
- izbor odgovarajućeg alata, i
- optimizacija elemenata režima rezanja u okviru zahvata.



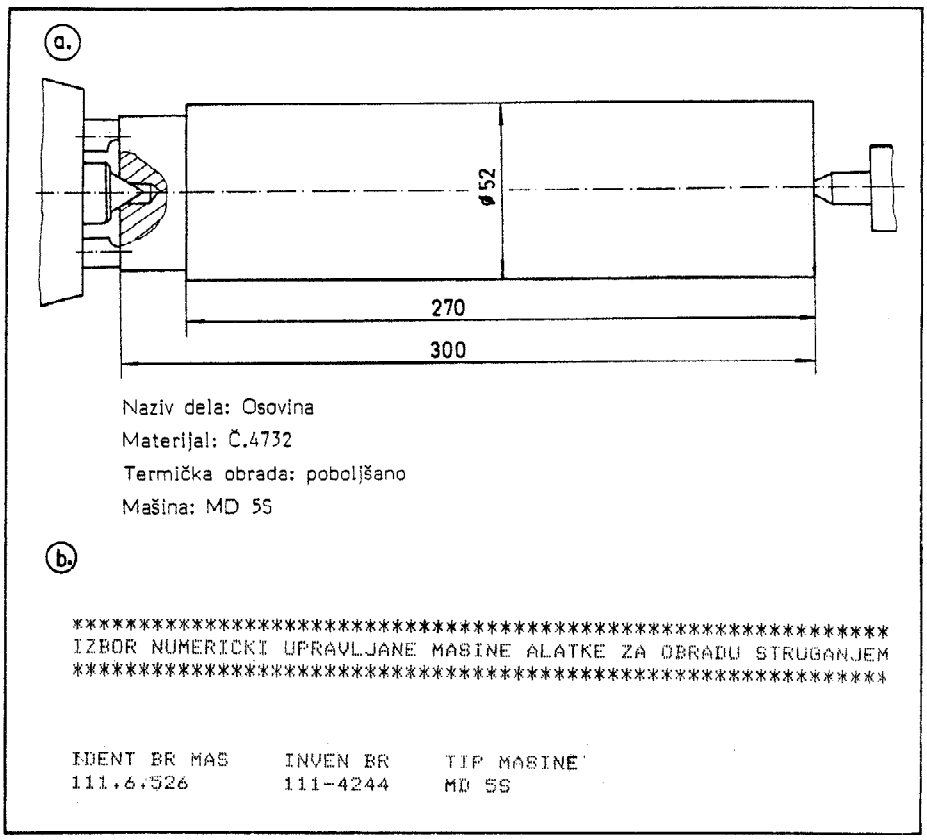
Sl. 6 Šematski prikaz elemenata procesa obrade struganjem

3.1. Automatizacija izbora NUMA za obradu struganjem

Automatski izbor mašine alatke treba da obezbedi izbor najpogodnije mašine alatke iz reda raspoloživih, sa stanovišta:

- geometrijsko-tehnoloških faktora(gabaritne dimenzije pripremka, zahtevi za specijalnim steznim priborom, materijal obratka, minimalno odstupanje idealnog prečnika obrade na mašini od srednjeg prečnika obrade obratka), i
- ekonomskih faktora (norma čas mašine).

Na sl. 7a prikazan je obradak, a na sl. 7b prikazan je izlaz iz automatskog izbora mašine za datu operaciju.



Sl. 7 Ilustracija rezultata automatskog izbora mašine za obradu struganjem

3.2. Automatizacija izbora alata od tvrdog metala pri obradi struganjem na NU strugu

Automatski izbor alata treba da obezbedi /1/ izbor najpogodnijeg tipa alata za odredjeni zahvat, kao i presek držača pločice, tipa izmenljive pločice od tvrdog metala, geometrije reznog dela alata, ispravne vrste tvrdog metala.

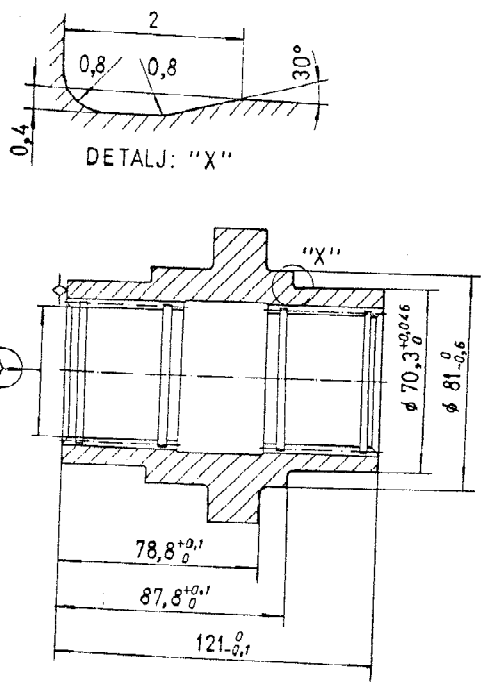
Na sl. 8a prikazan je primer obrade za jednu operaciju, a na sl. 8b prikazan je izlaz iz automatskog izbora alata za datu operaciju.

3.3. Automatizacija izbora optimalnih elemenata režima rezanja pri obradi struganjem na NU strugu

Optimizacija elemenata režima rezanja vrši se na bazi izabranog alata i mašine, vodeći računa o sledećim ograničenjima:

- raspoloživa snaga pogonskog motora mašine,
- ekstremne veličine kinematskih svojstava mašine (broj obrtaja i korak),
- dozvoljeni ugib obratka,

a.



Naziv dela: ZUPČANIK
Materijal: Č.4721
Mašina: MD 5S

b.

```
**********************************************************
IZBOR ALATA OD TVRDOG METALA PRI OBRADI STRUGANJEM ZA NUMA
**********************************************************

                        SISTEM ALATA:
STRUGATI UZDUZNO        NOSAC ALATA  0 638 966                 4.1.01.52.804
GRUBO SPOLJASNJI        DRZAC PLOCICE PCLNL 2525M 12           4.1.01.55.925
KONTURNI SEGMENT        PLOCICA  CNMM 120412-71 GC1025         4.2.51.15.908
                            L=75
                            Q=55

                        SISTEM ALATA:
STRUGATI ZLJEB          NOSAC ALATA  0 638 966                 4.1.01.52.804
ZA IZLAZ ALATA          DRZAC PLOCICE  PDJNL 2525M 15          4.1.01.55.991
                        PLOCICA  DNMM 150608-71 GC415          4.2.51.16.805
                            L=75
                            Q=55
```

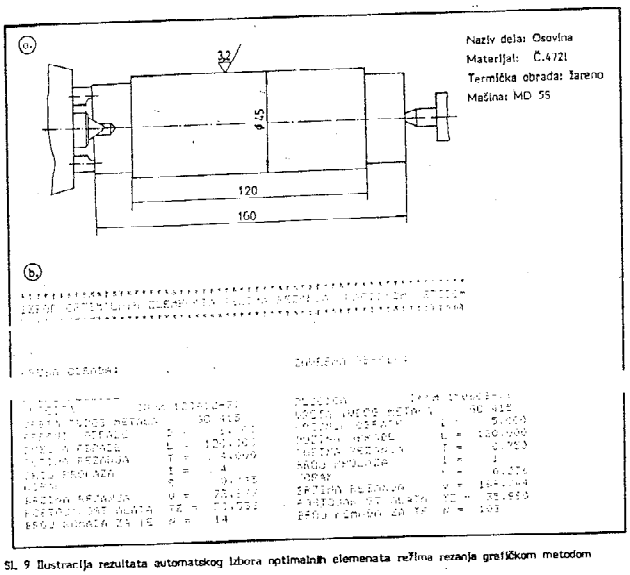
Sl. 8 Ilustracija rezultata automatskog izbora alata za obradu struganjem

- otpornost držača pločice na savijanje,
- dozvoljeni obrtni moment glavnog vretena mašine,
- rezne mogućnosti alata (ekonomski period rezanja),
- zahtevani kvalitet obradjene površine obratka.

Pri tome su kao funkcije cilja (optimizacije) uzete sa stanovišta obezbedjenja minimalnog vremena obrade i troškova obrade zahvata.

Izlazni rezultati automatskog odredjivanja optimalnih elemenata režima rezanja grafičkom metodom/1/, odnose se na raspodelu zahvata na prolaze grube obrade i prolaz završne obrade u smislu definisanja: dubine rezanja, broja prolaza, brzine rezanja, koraka, ekonomskog perioda rezanja, broja komada za ekonomski period rezanja, i ukupnog vremena obrade.

Na sl. 9a prikazan je primer grube i završne obrade, a na sl. 9b prikazan je izlaz iz automatskog izbora optimalnih elemenata režima rezanja grafičkom metodom za date zahvate grube i završne obrade.



SL. 9 Ilustracija rezultata automatskog izbora optimalnih elemenata režima rezanja grafičkom metodom

4. ZAKLJUČAK

Kompletna baza tehničko-tehnoloških informacija o mašini, alatu, materijalu, obradljivosti i dr., karakteriše se neprestanim izmenama, dopunama i proverama postojećih informacija, čime se obezbedjuju trenutno najadekvatnije i najpouzdanije informacije kao osnovni sadržaj i izlaz pri projektovanju tehnoloških informacija za NUMA za obradu struganjem.

Razvoj software za automatizaciju izbora mašine, alata i optimalnih elemenata režima rezanja podrazumeva organizaciju i logično povezivanje kompletne baze tehničko-tehnoloških informacija, kao i analizu više kriterijuma za njihov izbor.

LITERATURA

/1/ Dašić P.: Razvoj osnova sistema za projektovanje tehnoloških informacija obrade struganjem za numerički upravljane mašine alatke u Industriji "14. oktobar" - Kruševac, magistarski rad, Mašinski fakultet, Beograd, 1985.

/2/Interni standardi industrije "14. oktobar"

/3/Wahl der drehwerkzeuge und schnittdaten, Sandvik Coromant, 1978.

/4/Dašić P.: Razvoj banke tehnoloških podataka za režime rezanja, MAG 1985. (u pripremi)

P.Dašić

A CONTRIBUTION TO THE CONSIDERATION OF TECHNOLOGICAL BASES FOR NC MACHINE TOOLS IN TURNING

Abstract

Introduction of NC machine tools has made the importance of technology considerably larger, as the NC machine tool is devised so as to require more attention from the technologist. A contribution to the consideration of technological bases and automatic selection of the machine, tool, and optimium cutting parameters is presented in this paper for the case of turning. The technological bases contain detailed data on the machine, cutting tool, work material and cutting regime, making it possible to design NC technology quickly and reliably. Quality of the designed manufacturing process technology depends considerably upon the information stored in technological bases.

XIX SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE

Kragujevac, septembar 1985.

UPORABA RAČUNALNIKA PRI IZBIRI PREDPISOV ZA ELEKTROEROZIJSKO OBDELAVO

M. Dobovšek, Fakulteta za strojništvo, Ljubljana
F. Roethel, Fakulteta za strojništvo, Ljubljana

REZIME

Pri načrtovanju tehnologije za elektroerozijsko obdelavo uporabljamo računalnik. Bazo podatkov razvijamo s podporo relacijskega sistema za delo z bazami podatkov 1022 na računalniku DEC-10. Pripravili smo shemo načrtovanja tehnologije za elektroerozijsko obdelavo, formirali datoteke za bazo podatkov in pripravili aplikativne programe za nekatere oblike, ki jih lahko obdelamo z elektroerozijsko obdelavo. Programe za izbiro predpisov obdelave smo pripravili tako, da izberejo predpise z najkrajšim časom obdelave in število stopenj obdelave z najmanjšimi stroški obdelave.

1.UVOD

Raziskave elektroerozije so v svetu in pri nas usmerjene predvsem v analizo procesa in razvoj adaptivnega krmiljenja /1/. Načrtovanje tehnologije je v večji meri prepuščeno uporabnikom. Zaradi velikega števila vplivnih parametrov so za uspešno delo na elektroerozijskih napravah potrebni visokokvalificirani kadri z dolgoletnimi iskušnjami. Ti načrtujejo tehnologijo po navodilh izdelovalcev naprav. Naprave različnih proizvajalcev se med seboj razlikujejo po vrednostih nastavnih in tehnoloških parametrov, ki so zbrani v tabelah in nomogramih. Postopek načrtovanja tehnologije pa ni odvisen od vrste naprav. Njegova logika ima fizikalno osnovo in je odvisna od oblike obdelanih površin. Za izdelavo optimalne logike pa so potrebne izkušnje pridobljene z delom na napravah in dobro poznavanje elektroerozijskega procesa. Naša naloga je zbrati znanje v največji možni meri in ga narediti dostopnega čim večjemu številu uporabnikov /2,3,4,5/.

2.POSTOPKI ELEKTROEROZIJSKE OBDELAVE

Postopke elektroerozijske obdelave ločimo predvsem po relativnem gibanju med elektrodo-orodjem (imenujemo jo elektrodo) in elektrodo obdelovancem (imenujemo jo obdelovanec).

Pri elektroerozijskem grezenju je relativno gibanje med elektrodo in obdelovancem premočrtno. Pri tem se oblika elektrode preslika v obdelovanec kot negativ. Obdelana oblika je povečana za velikost reže. Postopek omogoča izdelavo lukenj skozi obdelovanec in zaprtih trodimenzionalnih oblik. Za ta postopek moramo iz ustreznih materialov izdelati elektrodo. Natančnost obdelane oblike je odvisna predvsem od natančnosti elektrode.

Numerično krmiljenje je omogočilo razvoj elektroerozijskega rezanja z žico. Za izdelavo oblike je potrebno pripraviti program za numerično krmiljenje po katerem žica izreže obliko v obdelovancu.

Poleg teh postopkov uporabljamo še elektroerozijsko brušenje. Pri tej obdelavi se elektroda vrti. Pri obdelavi okroglih obdelovancev se vrti tudi obdelovanec.

3.ZNAČILNOSTI ELEKTROEROZIJSKEGA PROCESA

Vhodi v elektroerozijski proces so surovec s svojim materialom, obliko in dimenzijami, elektroda s svojim materialom, obliko, dimenzijami in kvaliteto obdelane površine, dielektrik s svojimi lastnostmi, energija ter informacije.

Izhodi iz procesa so obdelan obdelovanec s svojo obli-

ko, dimenzijo in kakovostjo obdelane površine, obrabljena elektroda, produkti elektroerozijske obdelave ter parametri obdelovalne in procesne performance. S stališča tehnologije proces popiše obdelovalna performanca s parametri: odvzem materiala na enoto časa (V_W), volumetrična obraba elektrode (ϑ), geometrična obraba elektrode (ϑ_1), maksimalna hrapavost obdelane površine (R_{maks}), globina toplotno prizadete plasti (δ) in stranska reža (s_L).

4. NAČRTOVANJE TEHNOLOGIJE

Načrtovanje tehnologije brez uporabe računalnika je zamudno in drago. V praksi poteka izbira predpisov močno poenostavljeno. Zaradi varnosti so dodatki za posamezne stopnje obdelave preveliki. Posledica so daljši časi obdelave in slabša izkoriščenost naprav.

Uporabniku bo načrtovanje tehnologije uporaba računalnika močno poenostavila. Zato oblikujemo odgovarjajočo bazo podatkov in pripravljamo aplikativne programe. Ti morajo za vnešene podatke o obdelovancu izbrati ustrezne naprave, vpenjalne pripomočke, elektrodne materiale, dielektrike in končno predpise obdelave s katerimi bo obdelovanec obdelan v najkrejšem možnem času oziroma z najmanjšimi možnimi stroški. Pri elektroerozijski obdelavi z grezenjem moramo dobiti še podatke potrebne za izdelavo elektrod.

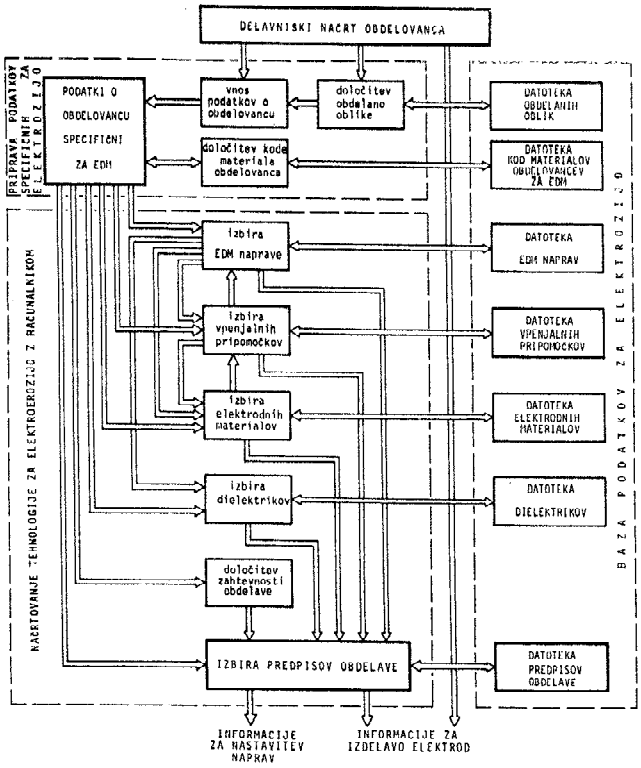
4.1. Zgradba baze podatkov za elektrorerozijsko obdelavo

V sedanji fazi razvoja tvori bazo podatkov za elektroerozijsko obdelavo sedem datotek v katerih so zbrani podatki o obdelanih oblikah, materialih obdelovancev, elektroerozijskih napravah, vpenjalnih pripomočkih, dielektričnih tekočinah, elektrodnih materialih in predpisih obdelave (slika 1.).

V datoteki obdelanih oblik so klasificirane oblike,ki jih lahko obdelamo z elektroerozijsko obdelavo. Obdelane oblike so klasificirane po njihovem vplivu na načrtovanje tehnologije. Za enako obliko je postopek načrtovamja enak.

Materiali obdelovancev so razdeljeni v skupine z enakimi obdelovalnimi lastnostmi.

V datoteko elektroerozijskih naprav so vnešeni podatki s katerimi ugotovimo primernost naprav za obdelavo obdelovanca. Zapisi v datoteki elektroerozijskih naprav vsebujejo vrednosti atributov s katerimi izberemo napravo glede na obdelano obliko, vrednosti atributov s katerimi ugotavimo primernost stroja glede na velikost in težo obdelovanca in elektrode ter vrednosti atributov s katerimi ugotovimo, ali lahko na napravi dosežemo zahtevano natančnost izdelka in kakovost obdelane površine.



Slika 1: Shema načrtovanja tehnologije za elektrerozijsko obdelavo /4/

V datoteki vpenjalnih pripomočkov so zbrani podatki o pripomočkih za vpetje obdelovanca in elektrode. Ti omogočajo izbiro najprimernejših vpenjalnih pripomočkov.

V datoteki elektrodnih materialov so zbrani podatki o razpoložljivih materialih za izdelavo elektrod. Pri grezenju uporabljamo za izdelavo elektrod različne materiale od katerih zahtevamo, da so električno prevodni in da se v elektroerozijskem procesu čim manj obrabljajo. Največ uporabljamo elektrolitski baker, različno goste grafite z različno zrnatostjo, sintrane materiale kot n.pr. volfram-baker itd.

Podatki o dielektričnih tekočinah so zbrani v datoteki dielektrikov. Na elektroerozijskih napravah za grezenje uporabljamo dielektrike iz ogljikovodikovih spojin.

Datoteka predpisov obdelave je v bazi podatkov za elektroerozijsko obdelavo najobširnejša datoteka. Podatke za posamezne predpise obdelave zbiramo s standardiziranimi testi /3/. Zbrani podatki popisujejo obdelovalno in procesno performanco. Izmed zbranih predpisov izberemo z računalnikom tiste, s katerimi bo obdelovanec obdelan v najkrajšem času.

4.2. Postopek načrtovanja tehnologije z računalnikom

Predno pričnemo z načrtovanjem tehnologije moramo zbrati vse potrebne podatke o obdelovancu. Pripravili smo program s pomočjo katerega v dialogu z računalnikom vnašamo podatke, ki so za načrtovanje tehnologije za elektroerozijsko obdelavo potrebni (slika 1.). Podatke dobimo iz delavniškega načrta obdelovanca.

Načrtovanje tehnologije pričnemo z izbiro naprave. S primerjavo podatkov o obdelovancu in ustreznih vrednosti v datoteki naprav izberemo naprave , ki so za obdelavo obdelovanca primerne. Če je ustreznih naprav več, izberemo eno izmed njih.

Vpenjalni pripomoček izberemo glede na zahteve o obdelovancu in izbrano napravo. Zato za njegovo izbiro poleg podatkov o obdelovancu potrebujemo še podatke o izbrani napravi.

Za izbiro ustreznega materiala za elektrode potrebujemo podatke o obdelovancu, napravi in vpenjalnemu pripomočku za vpetje elektrode. Na izbiro vpliva material obdelovanca, dimenzije obdelane površine in zahtevana kakovost obdelanih površin. Zaradi omejene nosilnosti vpliva na izbiro materiala tudi nosilnost pinole in vpenjalnega pripomočka. Tudi zato elektrode z veliko prostornino izdelujemo iz lažjega grafita.

Raziskave so pokazale, da ima struktura in viskoznost dielektrika vpliv na odvzem materiala in obrabo elektrode . Za grobo obdelavo so primernejši dielektriki z večjo, za fino obdelavo pa z manjšo viskoznostjo. To pomeni, da bi dosegli boljšo izkoriščenost naprav, če bi dielektrike med posameznimi stopnjami obdelave menjavali. Ker uporabljene izvedbe agregatov ne omogočajo menjave dielektrikov med posameznimi stopnjami obdelave niti pri menjavi obdelovancev, je z izbiro naprave povezana tudi izbira dielektrika.

Za izbiro predpisov obdelave moramo določiti še razmernik zahtevnosti obdelave in dopustne obrabe elektrod. Ta pove, kolikokrat manjše odnašanje materiala predvidevamo pri obdelavi obdelovanca v primerjavi z odnašanjem materiala dobljenim s standardiziranimi testi. Zaradi obrabe elektrode se spremeni obdelana oblika obdelovanca. Zato je z dovoljenimi odstopki povezana tudi dopustna obraba elektrod . Razmernike zahtevnosti obdelave in dopustne obrabe elektrod določimo izkustveno po vplivu posameznih vrednosti podatkov o obdelovancu.

Za grezenje izberemo predpis z največjim odvzemom materiala s katerim dobi zahtevano hrapavost obdelane površine in ne presežemo dopustne obrabe elektrode.

Izbira predpisov za vmesne in grobe obdelave je odvisna od oblike obdelane površine. Izmed predpisov pri katerih obraba in delovni tok ne smeta presegati predpisanih vrednosti izberemo predpise in število stopenj obdelave s katerimi bo obdelovanec obdelan v najkrajšem času oziroma z najmanjšimi stroški.

Na čas izdelave vplivajo tudi časi potrebni za vpetje in izpetje obdelovanca in elektrode. Ti časi so odvisni od vpenjalnih pripomočkov, natančnosti pozicioniranja, natančnosti izdelave elektrod in stopnje avtomatizacije menjave elektrod in pozicioniranja.

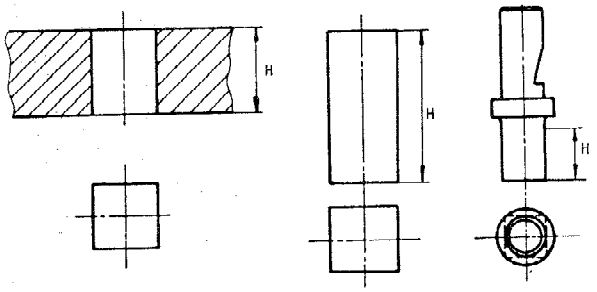
Na stroške izdelave orodja z elektroerozijsko obdelavo vpliva tudi cena elektrod. Z obrabo elektrod je povezano tudi število potrebnih elektrod pri obdelavi trodimenzionalnih oblik, oziroma njihova dolžina pri obdelavi dvodimenzionalnih oblik.

Izhod iz načrtovanja tehnologije so informacije potrebne za nastavitev naprave in informacije za načrtovanje postopka izdelave elektrod.

4.3. Program za izbiro predpisov obdelave za obdelane oblike 111, 121, 122 z grezenjem

Za navedene oblike je značilno, da se velikost čelne ploskve ne spreminja ter da imajo elektrode iztek (slika 2.). Z naraščanjem obrabe elektrode se

povečuje potrebna dolžina elektrode. Točnost obdelane oblike je zagotovljena, ko ostane rob elektrode nasproti smeri obdelave neobrabljen, oziroma v toleranci.



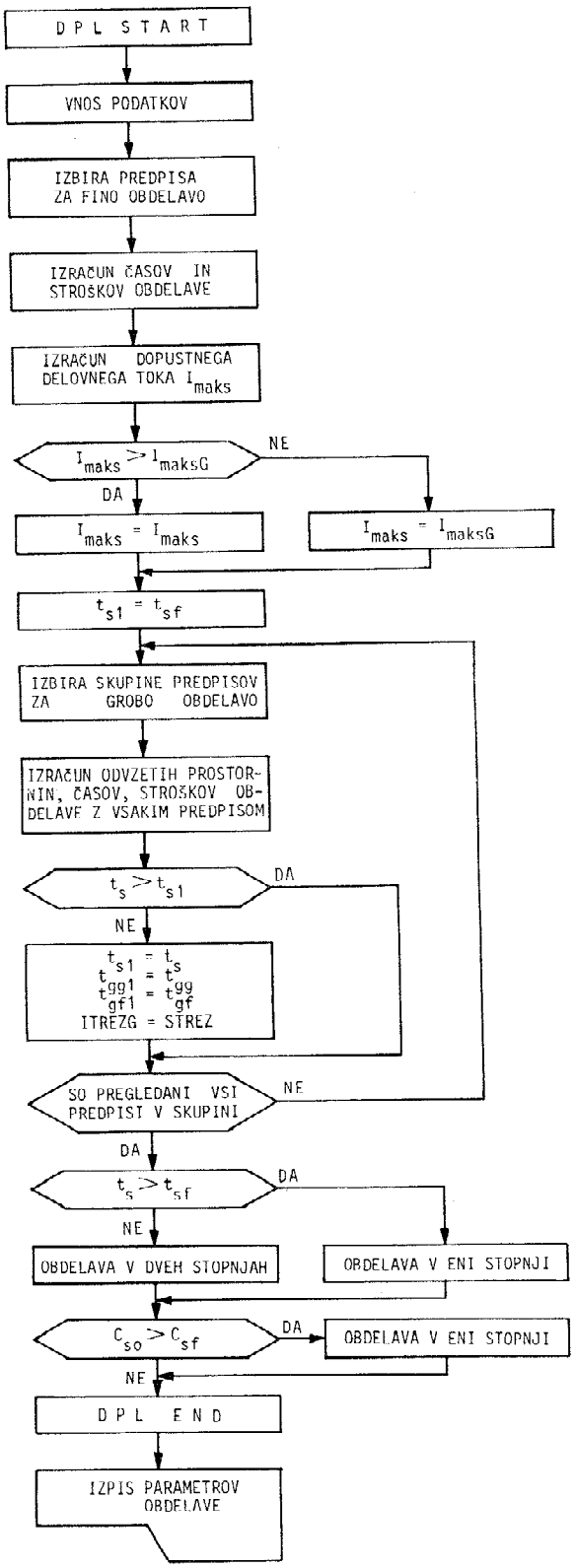
Slika 2: Obdelane oblike 111, 121, 122 /3/

Program je pripravljen tako, da izbere predpise za obdelavo v dveh stopnjah (slika 3.). Pričnemo z izbiro predpisa za fino obdelavo iz selekcije predpisov, ki vsebujejo zahtevane podatke podatke o napravi, materialu obdelovanca in elektrode. Pri tem mora biti hrapavost enaka ali manjša od zahtevane in obraba elektrode ne sme presegati dovoljene obrabe za fino obdelavo.

Program izbere predpis z največjim odnašanjem meteriala (V_W). Sledi izračun skupnega časa (t_{sf}) in stroškov obdelave (C_{sf})

Iz dopustne gostote delovnega toka za podani par materiale elektrode in obdelovanca (I_{Amaks}) in velikosti čelne ploskve (A) računalnik izračuna dopustni delovni tok (I_{maks}). V kolikor je izračunana vrednost večja od največjega delovnega toka generatorja (I_{maksG}), je za največji delovni tok izbran največji delovni tok generatorja.

V skupini predpisov za grobo obdelavo obraba elektrode (ϑ) ne sme presegati dopustne obrabe (ϑ_g) in delovni tok (I) ne sme biti večji od dopustnega (I_{maks}). Pri obdelavi v dveh stopnjah je s fino obdelavo odnešena prostornina odvisna od dodatka za fino obdelavo (D_f). Večje odnašanje materiala je povezano z večjo hrapavostjo površine po grobi obdelavi (R_{maksg}) in večjo globino toplotno prizadete plasti grobo obdelane površine (δ_g). Krajši čas grobe obdelave (t_{gg}) bo povzročil daljši čas fine obdelave (t_{gf}). Računalnik poišče predpis z najkrajšim časom skupne obdelave (t_s). Ta je seštevek časov gro-



Slika 3: Shema računalniškega programa

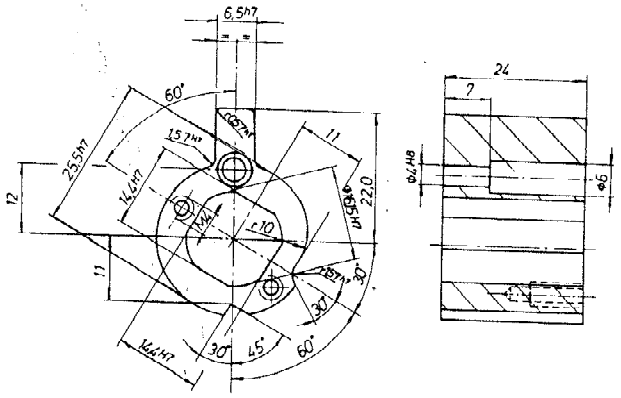
be in fine obdelave, časov za vpetje in izpetje elektrode (t_{pvie}) in obdelovanca (t_{pvio}).

V primeru, da je čas obdelave v dveh stopnjah daljši kot v eni, izbere računalnik obdelavo v eni stopnji. Do takih primerov pride pri dolgih časih potrebnih za menjavo elektrod in majhnih odnašenih prostorninah, ko so časi obdelave kratki.

Cena izdelave elektrode vpliva na stroške obdelave. Lahko jih poveča v taki meri, da je obdelava v eni stopnji cenejša od obdelave v dveh stopnjah. Tudi v tem primeru izbere računalnik obdelavo v eni stopnji (slika 3.).

4.4. Testiranje programa za izbiro predpisov obdelave za obdelane oblike 111 ,121, 122 z grezenjem

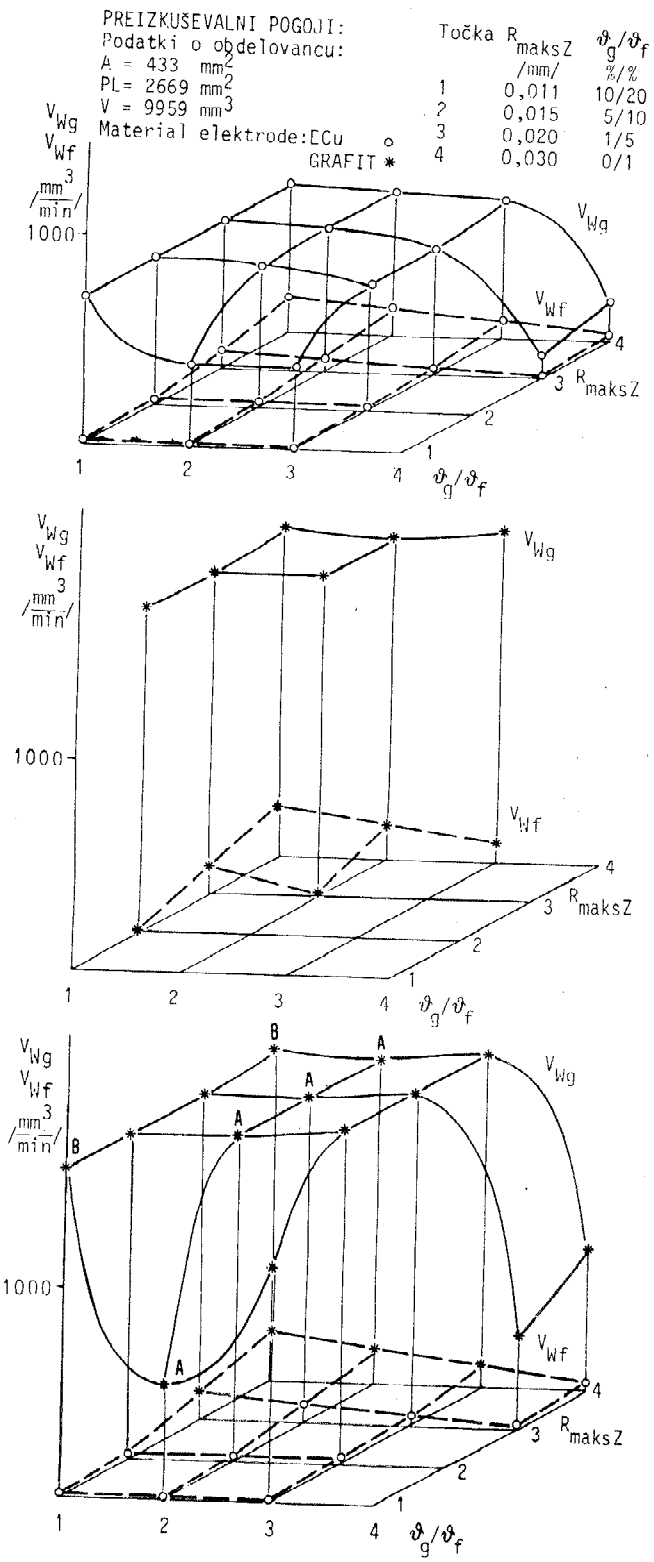
Programe smo testirali z obdelovancem z obdelano obliko 121 (slika 4.). Iskali smo odvisnost odvzemov materiala za grobo (V_{Wg}) in fino obdelavo (V_{Wf}) za različne zahtevane hrapavosti obdelanih površin (R_{maksZ}) in različne dopustne obrabe elektrod za fino in grobo obdelavo (ϑ_g/ϑ_f):



Slika 4: Obdelovanec za testiranje programov /3/

Za elektrodni material smo izbrali v prvem primeru za obe elektrodi elektrolitski baker (slika 5a.), v drugem primeru za obe elektrodi grafit (slika 5b.), v tretjem primeru pa elektrodnega materiala nismo predpisali tako, da je bil z optimalnimi predpisi izbran tudi elektrodni material (slika 5c.).

Za vse tri primere je značilno, da odnašanje materiala pri fini obdelavi narašča z naraščanjem zahtevane hrapavosti (R_{maksZ}) in dopustne obrabe elektrode (ϑ_g). V nekaterih primerih za podane zahteve ni predpisov



Slika 5: Odvisnosti odvzemov grobe (V_{Wg}) in fine obdelave (V_{Wf}) od zahtevane hrapavosti (R_{maksZ}) obrabe elektrod (ϑ_g/ϑ_f) /3/

obdelave. Pri uporabi elektrolitskega bakra sta to dve točki, pri uporabi grafita pa je teh točk deset. Standardni grafit torej ni primeren za fino obdelavo z majhnimi hrapavostmi obdelanih površin. V primerih, ko dovoljujemo večjo hrapavost obdelanih površin in večjo obrabo elektrode za fino obdelavo, pa je za izdelavo elektrode za fino obdelavo grafit primernejši od bakra (slika 5c.).

Pri grobi obdelavi odnašanje materiala s povečevanjem dovoljene hrapavosti po fini obdelavi tako pri bakreni, kakor tudi pri grafitni elektrodi hitro naraste dokler ne doseže največjih možnih vrednosti. Pri bakru so to predpisi z največjim odnašanjem materiala v datoteki predpisov obdelave, pri grafitu pa so to največje vrednosti odnašanja, ki ne presegajo dovoljenih delovnih tokov. V podanem primeru so ti omejeni z velikostjo čelne ploskve in gostoto delovnega toka, ki ne smo presegati 129 A (slika 5a, b,c.).

Tudi s povečanjem obrabe grobe elektrode iz bakra odnašanje narašča dokler ne doseže največjih možnih vrednosti (slika 5a.). Pri elektrodi iz grafita pa odnašanje z naraščanjem dopustne obrabe sprva naglo naraste nato pade (točka A) in v drugih primerih zopet naraste (točka B). To je posledica manjših globin toplotno prizadetih plasti pri predpisih z večjimi obrabami elektrod. Zato je dodatek za fino obdelavo manjši in s tem tudi skupni časi fine ter skupne obdelave krajši (slika 5c.).

Rezultati so nadalje pokazali, da je grafit primernejši za grobo obdelavo. Grafit bolje prenaša visoke tokovne obremenitve od bakra. Z njim lahko tudi pri velikih tokovih delamo s krajšimi časi impulzov, kjer so debeline toplotno prizadetih plasti tanjše in je zato čas fine obdelave krajši.

5. SKLEP

Oblikovali smo bazo podatkov za elektrocrozijsko obdelavo. V programskem jeziku DPL relacijskega sistema 1022 smo pripravili programe za izbiro predpisov za obdelavo oblik 111, 121, 122 in tudi stoščaste oblike.

Analiza programov je pokazala, da je za izdelavo elektrod za fino obdelavo z manjšimi hrapavostmi obdelanih površin in manjšimi obrabami elektrode primernejši elektrolitski baker, za večje hrapavosti obdelanih površin, večje obrabe elektrod in za grobo obdelavo pa grafit.

Bazo podatkov bomo dograjevali z vnašanjem novih podatkov v datoteke. Razvijamo aplikativne programe za izbiro elektroerozijskih naprav, elektrodnih materialov, za določitev zahtevnosti obdelave in izbiro predpisov za ostale obdelane oblike. Uporabljeni sistem 1022 omogoča enostavno dograjevanje datotek in neodvisno pripravo novih aplikativnih programov.

LITERATURA

/1/Garbajs, V.: Raziskava lokalnih porazdelitev parametrov elektroerozijskega procesa , Disertacija Ljubljana, 1984

/2/Roethel, F.: Stanje in perspektive domačih raziskav na področju elektroerozije; Seminar 7, Fakulteta za strojništvo v Ljubljani, 1981, s. 297-318

/3/Avtorski kolektiv: Obdelovalni sistemi in proizvodna kibernetika; poglavje 5 - Raziskava in optimizacija EDM tehnologije, poročilo LAKOS št. C2 - 0131, Ljubljana 1981, 1982, 1983, 1984,

/4/Sluga, A.,Butala, P.,Roethel, F.,Dobovšek, M.,Šuput J.: Razvoj baze podatkov za računalniško podprto načrtovanje tehnoloških procesov, Seminar 11, druga knjiga, Ljubljana 1985, s.215-260.

M.Dobovšek, F.Roethel

THE USE OF DIGITAL COMPUTER FOR SELECTING THE CONDITIONS OF ELECTRIC DISCHARGE MACHINING

Abstract

The use of digital computer for designing the technology of electric discharge machining is described.The data base is developed with the support of the relational data base system 1022 on the DEC-10 computer.The flow diagram of the technology design process is prepared, data base is formed, and application software developed for certain shapes that are easily produced on electric discharge machines.The programs for the selection of the conditions are written so as to select the conditions with the shortest machining time and the number of manufacturing phases with the minimal machining costs.

XIX SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE

Kragujevac, septembar 1985.

DEFINISANJE GEOMETRIJE ALATA ZA IZRADU GLODALA SA LEDJNO STRUGANIM ZAVOJNIM ZUBIMA, POMOĆU RAČUNARA

M.Radosavljević. OOUR "Alatnica", ZCZ, Kragujevac

R E Z I M E

U radu je izložen postupak definisanja geometrije alata za izradu ledjno struganih glodala sa zavojnim zubima i pozitivnim grudnim uglom, pri čemu se unapred zna profil predmeta obrade koji se generiše glodanjem. Na reprezentativnom primeru predloženog postupka, pomoću računara odredjen je profil alata u ravni upravnoj na ledjnu površ noža (ravan profilisanja).

1. UVOD

Ledjno strugana glodala sa pravim zubima najčešće se izradjuju bez grudnog ugla ($\gamma=0$), jer pojava pozitivnog grudnog ugla usložava konstrukciju (proračun profila glodala je složeniji), izradu i kontrolu, a takodje izaziva grešku na predmetu obrade posle oštrenja (gubi" se profil). Problem je još složeniji ako se radi o glodalima sa ledjno struganim zavojnim zubima.

Medjutim, glodala sa pozitivnim grudnim uglom i zavojnim zubima imaju veću postojanost, ravnomerniji rad pri obradi i manji otpor rezanja. Kod nekih materijala obrada sa glodalima bez grudnog ugla je neizvodljiva.

Osnovna ideja ovog rada je formiranje matematičkog modela, na osnovu poznatog profila predmeta obrade, za definisanje geometrije alata za izradu glodala sa ledjno struganim zavojnim zubima (glodalo generiše profil na predmetu obrade), pri čemu je realizacija ove ideje čvrsto vezana za upotrebu računara.

2. FORMULACIJA PROBLEMA

Posmatrajmo sistem predmet obrade - glodalo - nož (sl. 1). Uočimo tačku na profilu predmeta obrade sa koordinatama (Z,ρ). Ovu tačku formira zub glodala kada svojom rotacijom oko ose Z (u pozitivnom matematičkom smeru gledano sa vrha ose) preseče ravan XOZ. Prema situaciji na slici (ravan XOY) u početnoj konfiguraciji, odgovarajuća tačka na zubu glodala odredjena je potegom ρ i uglom (prema X osi) $\phi+\varepsilon$. Njoj ekvivalentna tačka na nožu ima koordinate (u,Y_n). S obzirom da nož izvodi translaciju u pravcu X ose (smer kretanja je suprotan od smera ose X), a glodalo rotaciju, iz uslova kinematike procesa rezanja sledi da se translatorno pomeranje noža za veličinu Δ izvede za isto vreme kao i rotacija glodala za ugao ε.

Pod navedenim pretpostavkama koordinate profila noža odredjuju se prema sledećem postupku

$$a = R \sin\gamma , \qquad (2.1)$$

$$k = R\,\mathrm{tg}\,\beta , \qquad (2.2)$$

$$\psi = \arcsin\frac{a}{\rho} , \qquad (2.3)$$

$$\delta = \gamma - \psi , \qquad (2.4)$$

$$\theta = \frac{Z}{K}\cdot\frac{180}{\pi} , \qquad (2.5)$$

$$Y_n = \frac{Z}{\mathrm{tg}\kappa} - b , \qquad (2.6)$$

$$\phi = \arcsin\frac{Y_n}{\rho} , \qquad (2.7)$$

$$\varepsilon = \theta + \delta - \phi \ , \ \varepsilon \geq 0 \qquad (2.8)$$

$$\Delta = \frac{Kz\varepsilon}{360} , \qquad (2.9)$$

$$u = \rho \cos \kappa + \Delta, \tag{2.10}$$

$$v = \frac{z}{\sin \kappa}, \tag{2.11}$$

$$w \equiv 0, \tag{2.12}$$

$$U = u, \tag{2.13}$$

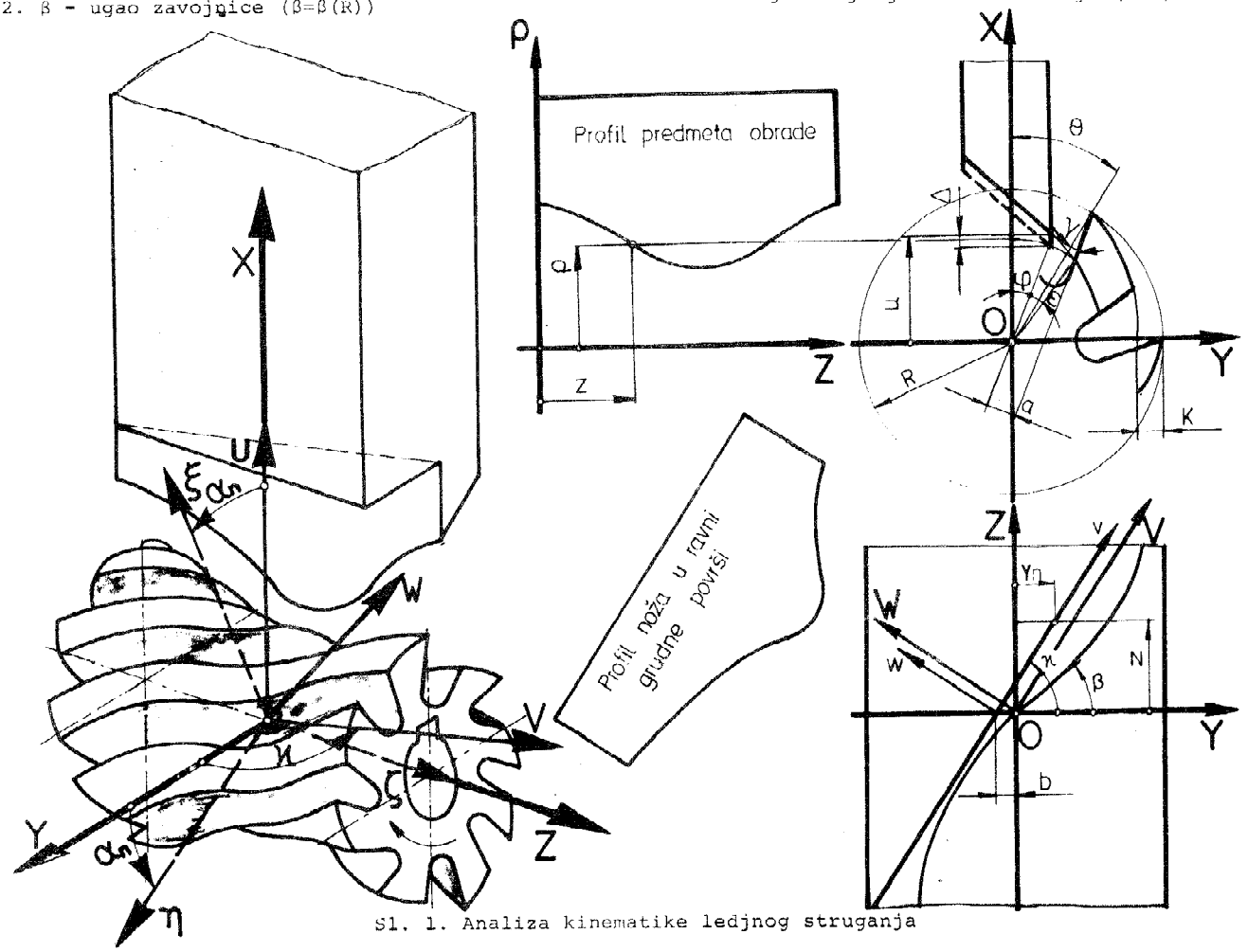
$$V = v - b \cos \kappa, \tag{2.14}$$

$$W = w + b \sin \kappa, \tag{2.15}$$

gde su poznati ulazni parametri

A) Parametri o glodalu:

1. R - Poluprečnik (max)
2. β - ugao zavojnice ($\beta = \beta(R)$)



Sl. 1. Analiza kinematike ledjnog struganja

3. γ - Grudni ugao
4. K - "Hinter" pad
5. z - Broj zuba

B) Podatak o nožu

6. α_n - Ledjni ugao

C. Elementi koji odredjuju medjusobni položaj glodala i noža

7. κ - Ugao postavljanja noža
8. b - Pomeranje noža iz ose glodala ($b \geq 0$)

D) Informacija o predmetu obrade

9. $\rho = \rho(Z)$ - Zakon promene profila na predmetu obrade

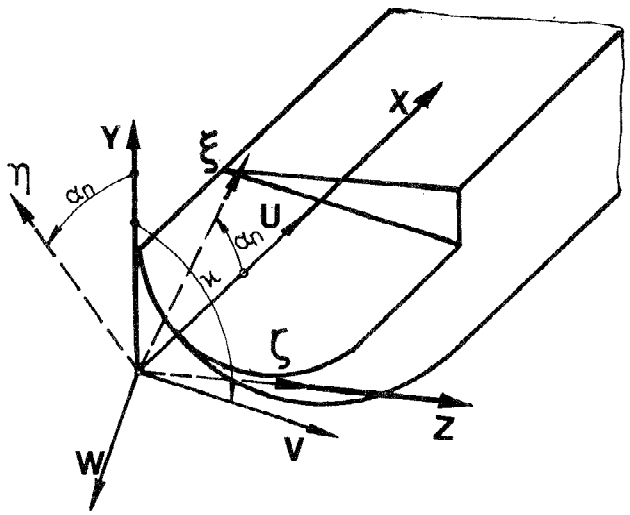
Veličine U,V,W definišu koordinate profila noža u koordinatnom sistemu UVW. U slučaju da se prema relaciji (2.8) dobije negativna vrednost ugla ε, potrebno je povećati veličinu b koja odredjuje pomeranje noža iz ose glodala, uz napomenu da je ova veličina limitirana, širinom medjuzublja glodala. Relacija (2.9) izvedena je pod predpostavkom da je profil ledjne površi glodala u obliku arhimedove spirale. U praktičnim primerima isti se izraz može koristiti i za glodala sa profilom ledjne površi u obliku logaritamske spirale, jer su, za male veličine ε, greške neznatne.

3. ELEMENTI PROFILA NOŽA U RAVNI PROFILISANJA

Koordinatama U,V,W u potpunosti je definisana geometrija profila noža. Iz tehnoloških razloga potrebno je dati profil u ravni profilisanja ($\xi 0 \zeta$).

Odredimo, najpre, preslikavanje koordinata iz sistema UVW u sistem XYZ, pomoću transformacije

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\kappa & -\sin\kappa \\ 0 & \sin\kappa & \cos\kappa \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U \\ V \\ W \end{bmatrix} \qquad (3.1)$$



Slika 2. Geometrija noža

S obzirom da se kontrola kvaliteta izrade izvodi pomoću projektora profila, zbog same tehnike merenja neophodan je profil u ravni XOZ. Iz (3.1) neposredno sledi

$$X = U$$
$$Z = V \sin\kappa + W \cos\kappa . \qquad (3.2)$$

Prelaz iz sistema XYZ u sistem $\xi\eta\zeta$ ima oblik

$$\begin{bmatrix} \xi \\ \eta \\ \zeta \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\alpha_n & \sin\alpha_n & 0 \\ -\sin\alpha_n & \cos\alpha_n & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} \qquad (3.3)$$

Zamenjujući (3.1) u (3.3) dobijamo zavisnost ξ,η,ζ od poznatih koordinata U,V,W

$$\begin{bmatrix} \xi \\ \eta \\ \zeta \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\alpha_n & \sin\alpha_n\cos\kappa & -\sin\alpha_n\sin\kappa \\ -\sin\alpha_n & \cos\alpha_n\cos\kappa & -\cos\alpha_n\cos\kappa \\ 0 & \sin\kappa & \cos\kappa \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U \\ V \\ W \end{bmatrix} \qquad (3.4)$$

Pošto nas interesuju koordinate u ravni $\xi 0 \zeta$, $\eta \equiv 0$. Prema tome iz (3.4) slede koordinate profila noža neophodne za profilisanje

$$\xi = U \cos\alpha_n + V \sin\alpha_n \cos\kappa - W \sin\alpha_n \sin\kappa, \qquad (3.5)$$
$$\zeta = V \sin\kappa + W \cos\kappa .$$

Diskretne vrednosti profila (ξ i ζ) aproksimiraju se kružnom ili linearnom interpolacijom (u zavisnosti od veličine krivine luka) uz definisanu grešku aproksimacije.

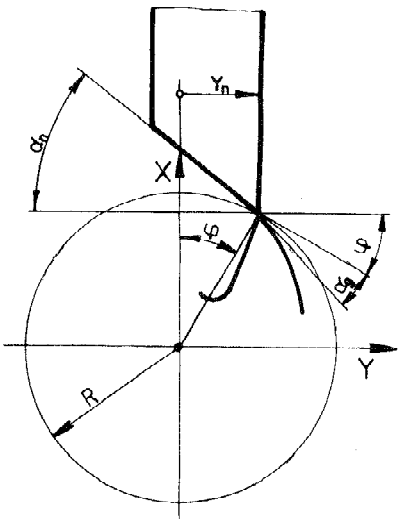
4. ODREDJIVANJE VREDNOSTI MINIMALNOG LEDJNOG UGLA NA NOŽU

U procesu obrade, ledjnim struganjem, egzistiraju dinamičke veličine ledjnog i grudnog ugla. Minimalno dozvoljena vrednost ledjnog ugla na nožu sledi iz uslova rezanja

$$\alpha_n > \alpha_{nd} , \qquad (4.1)$$

gde je:

α_n - geometrijska veličina ledjnog ugla na nožu,
α_{nd} - dinamička vrednost ledjnog ugla



Sl.3. Položaj ledjnih površi noža i glodala

Sa slike 3. može se odrediti:

$$\alpha_{nd} = \alpha_g + \phi_{max} , \qquad (4.2)$$

pri čemu su:

α_g - ledjni ugao na glodalu, a ϕ_{max} proističe neposredno iz (2.7)

$$\phi_{max} = \text{arc sin} \frac{Y_n}{\rho - k} . \qquad (4.3)$$

Ledjni ugao na glodalu determinisan je oblikom ledjne površi. Za glodala sa profilom ledjne površi u obliku arhimedove spirale imamo

$$\alpha_g = \text{arctg} \frac{Kz}{2\pi(\rho - k)} . \qquad (4.4)$$

Za ledjno strugana glodala sa logaritamskom

spiralom, α_g se odredjuje u obliku

$$\alpha_g = \text{arctg}\ (-\frac{z}{2\pi}\ln\frac{\rho-K}{\rho}). \qquad (4.5)$$

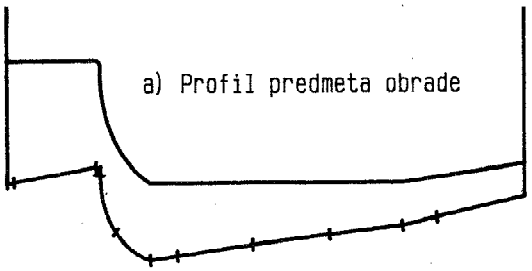
U praksi veličina α_n iznosi 30°. Ako, time nije zadovoljena relacija (4.1), potrebno je povećati vrednost ledjnog ugla.

5. DISKUSIJA REZULTATA I ZAKLJUČCI

U reprezentativnom primeru predloženog postupka na osnovu poznatog profila predmeta obrade (sl.4a) odredjen je profil noža u ravni profilisanja za izradu glodala, pri čemu glodalo formira poznati profil predmeta obrade. Datim rezultatima rezna geometrija noža i glodala je potpuno definisana.

Rezultati proračuna

```
R =          10.0000
U[illegible]ce =
             5.0000
Grudni ugao =
             5.0000
Hinter ugao =
             5.5000
z =         18.0000

Ledjni ugao =
            30.0000
Korak =     78.0000
b =          0.0000


alfan min=
            24.2332

→ aproksimacija


Gresku aproksima
cije =       0.0100


x1 =        30.0000
y1 =        36.8664
x2 =        19.7603
y2 =        35.1644
R =          9.3905

x1 =        19.7603
y1 =        35.1644
x2 =        15.7500
y2 =        34.4896
R =          9.6739

x1 =        15.7500
y1 =        34.4896
x2 =         7.3718
y2 =        33.7739
R =          4.8823

x1 =         7.3718
y1 =        33.7739
x2 =        -1.4054
y2 =        32.9457
R =          5.3905

x1 =        -1.4054
y1 =        [illegible]7
x2 =       -10.1826
y2 =        32.0803
R =          5.9027

x1 =       -10.1826
y1 =        32.0803
x2 =       -18.3745
y2 =        31.6888
R =          6.2493

x1 =       -18.3745
y1 =        31.6888
x2 =       -17.3874
y2 =        34.0300
X=         -11.9051
Y=          39.8455
R=           8.4151

x1 =       -17.3874
y1 =        34.0300
x2 =       -19.1386
y2 =        38.9454
X=         -12.5407
Y=          38.5295
R=           6.6033

x1 =       -19.1386
y1 =        38.9454
x2 =       -19.6380
y2 =        39.3255
X=         -13.5394
Y=          38.9369
R=           0.4005

x1 =       -19.6380
y1 =        39.3255
x2 =       -29.2029
y2 =        38.1193
R =          7.1874

x1 =       -29.2029
y1 =        38.1193
x2 =       -30.0000
y2 =        38.0154
R =          7.4253
```



b) Aproksimirani profil noža

Slika 4.

S obzirom da se proračun geometrije alata za ledjno struganje izvodi pomoću računara, software koji je razvijen za ovu problematiku omogućava korisniku vrlo jednostavno rukovanje podacima, metodom dijaloga, uz istovremenu grafičku interpretaciju unetih podataka, što predstavlja vizuelni oblik kontrole.

Profilisanje noža izvodi se na dva načina: brušenjem ili eroziranjem žicom. Ako se koristi ovaj drugi način, s obzirom da erozimat radi prema programu, nije neophodno vršiti kontrolu noža na projektoru profila. Dovoljno je samo proveriti unete podatke, što je zaista jednostavno.

Izloženim postupkom definisanja geometrije alata, stvorena je tehnološka mogućnost izrade glodala sa ledjno struganim zavojnim zubima bez nabavke složenog uredjaja za kopiranje profila a koji se obezbedjuje iz uvoza.

LITERATURA

1. SIDORENKO STEFAN MIHAJLOVIČ - Vyčisliteljnaja geometrija v mašinostroenii, Moskva, "Mašinostroenie", 1983, 160 s.
2. LAŠNEV S.I. i JULIKOV M.I - Rasčot i konstruirovanie metallorežušćih instrumentov s primeneniem EVM, Moskva, "Mašinostroenie", 1975., 392 s.
3. VUKELJA DUŠAN - Konstrukcija alata za obradu rezanjem, Beograd,"Gradjevinska knjiga", 1982,, 580 s.
4. REBEC BRUNO - Rezni alati, Zagreb, "Tehnička knjiga", 1973., 638 s.

M.Radosavljević

DEFINING TOOL GEOMETRY FOR MACHINING FORM RELIEVED MILLING CUTTERS WITH HELICOIDAL TEETH BY MEANS OF A COMPUTER

Abstract

Presented in the paper is a procedure for defining tool geometry for machining form relieved milling cutters with helicoidal teeth and positive face angle, knowing in advance the profile of the workpiece to be generated by the milling.An example is shown to illustrate the application of the proposed procedure to the determination of the tool profile in plane perpendicular to the relief surface of the cutter (the profile plané), using a computer to carry out the necessary computations.

XIX SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE
Kragujevac, septembar 1985.

PRILOG DEFINISANJU GEOMETRIJE PROFILNOG BRUŠENJA NA PROVLAKAČIMA ZA OBRADU OŽLJEBLJENIH GLAVČINA

M.Paunović, OOUR "Alatnica", ZCZ, Kragujevac

R E Z I M E

U radu su data teorijska razmatranja definisanja profila alata za brušenje provlakača unutrašnjeg provlačenja ožebljenih glavčina. Analiziran je slučaj brušenja uzdužnih žljebova izdizanjem zadnjeg kraja provlakača. Izvršena je sistematizacija mogućih grešaka provlačenja na profilu glavčine. Razmatrani su posebni slučajevi profila glavčine koji se pojavljuju u praksi.

1. UVOD

Za slučaj klasičnog brušenja žljebova provlakača za unutrašnje provlačenje ožljebljenih glavčina sa ravnim paralelnim bokovima zubaca, zatim sa trouglastim i evolventnim profilom, profil žljebova provlakača identičan je profilu ožljebljenja glavčine. Kod tako obrušenih provlakača, po čitavoj dužini provlačenja ostvaruje se trljanje bočnih površi glavčine i provlakača. Iz navedenog se da zaključiti da u takvim uslovima sila trenja ima max. vrednosti, a negativne posledice takvog stanja su sledeće:

- sila provlačenja za dati režim rezanja ima max. vrednost pa su i naprezanja materijala provlakača maksimalna;
- ima teškoća u ostvarivanju kvaliteta obradjenih površina naročito pri provlačenju žilavih materijala (naleplјivanje);
- otežano je hladjenje i podmazivanje reznih ivica u toku provlačenja; i
- postoji opasnost zaglavljivanja i kidanja provlakača pri provlačenju dubokih profila žilavog materijala glavčine.

U cilju eliminisanja negativnih posledica pristupa se formiranju bočnih reznih ivica zuba provlakača sa bočnim pomoćnim uglom (τ) i ledjnim uglom rezanja (α_b) čime se kontakt provlakača i glavčine svodi na minimum. Ovaj zahtev se ostvaruje na dva načina:

- izdizanjem zadnjeg kraja provlakača pri čemu je to i položaj za brušenje žljebova provlakača, ili,
- podešavanjem položaja brušenja iskretanjem zadnjeg kraja provlakača (pomeranje u levo i desno od uzdužne ose provlakača).

U ovom radu analizira se brušenje provlakača izdizanjem zadnjeg kraja jer se iz razloga ekonomičnosti najčešće upražnjava. Za razliku od brušenja iskretanjem provlakača pri brušenju žljebova izdizanjem zadnjeg kraja oba boka bruse se istovremeno.

Prilikom brušenja žljebova provlakača izdizanjem zadnjeg kraja profili žljeba i brusne ploče ne odgovaraju profilu zubca glavčine. Medjutim, projekcije tačaka profila provlakača u radnom položaju (preseci glavnih i bočnih sečiva), na ravan koja je upravna na pravac kretanja provlakača, treba da se preslikavaju na profil zupca glavčine. Ovaj način brušenja omogućava porast prečnika provlakača po zakonu koničnosti.

Praktično su utvrdjene i preporučene vrednosti izdizanja u granicama $\Delta = 0{,}100\text{-}0{,}200$ mm na 1000 mm dužine provlakača.

2. TEORIJSKA RAZMATRANJA DEFINISANJA PROFILA ALATA ZA BRUŠENJE SA PROFILOM PROVLAKAČA

2.1. Definisanje geometrije profila brusne ploče i provlakača

Analiza se odnosi na sve zube provlakača kod kojih su porast po zubu i korak konstantni

($2S_z$=const. i t=const.).

Na osnovu sl. 1. slede relacije:

$$\zeta_i = \zeta_1 + (i-1)t \qquad (2.1)$$

za i=(1,2,3,...,m,m+1,...,r,...,n)

$$\rho_i = \rho_1 + (i-1)S_z \qquad (2.2)$$

$$\zeta_i = \rho_i/\lambda_A + \zeta_o \qquad (2.3)$$

$$\rho_i = \sqrt{\xi_i^2 + \eta_i^2} \qquad (2.4)$$

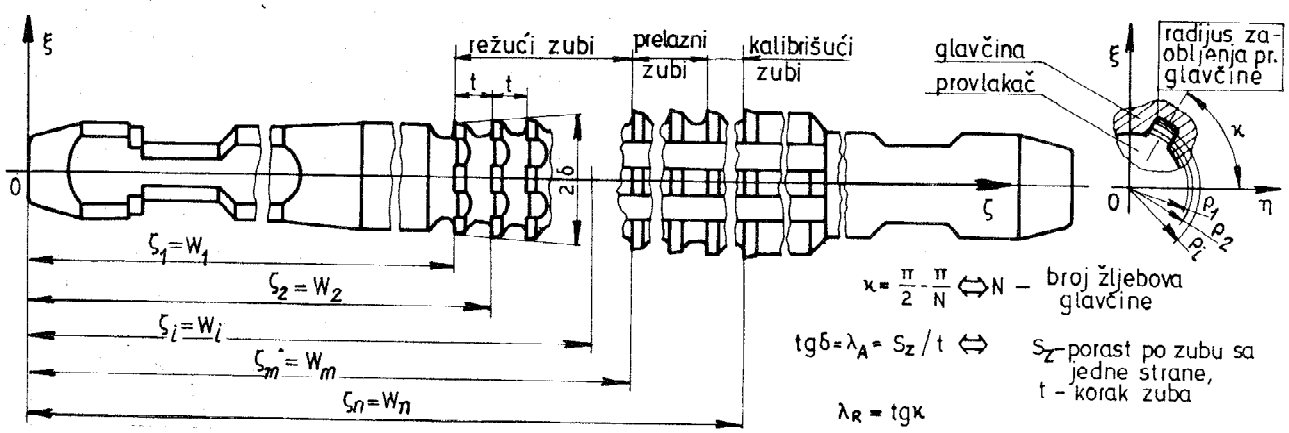
$$\xi_i = \rho_i \cos\phi_i \qquad (2.5)$$

$$\eta_i = \rho_i \sin\phi_i \qquad (2.6)$$

za i = (1,2,3,..,m)

$$\begin{bmatrix} X_i \\ Y_i \\ Z_i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\psi & 0 & \sin\psi \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin\psi & 0 & \cos\psi \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \xi_i \\ \eta_i \\ \zeta_i \end{bmatrix} \qquad (2.8)$$

Aproksimacijom (pravom ili krivom linijom) projekcija tačaka profila (2.8), u k.r. XOY, dobija se profil alata za brušenje žljebova provlakača u izgidnutom položaju. U opštem slučaju profil brusne ploče za pokretni k.s. O_1xyz dat je u f-ji nekog parametra (θ):



Sl. 1. Sematski izgled profilnog provlakača

U datim relacijama i predstavlja redni broj zuba provlakača, tako da je: i = m redni broj zadnjeg zuba sa $2S_z$=const, i=r je redni broj režućeg prelaznog zuba koji započinje formiranje radijusa zaobljenja profila glavčine i i=n je redni broj poslednjeg zuba (kalibrišući zub).

Tačke površi žljeba na spoljašnjem prečniku ma kog profilnog zuba provlakača od i=1 do m, za k.s. $O\xi\eta\zeta$, mogu se izraziti u f-ji od ζ koristeći zakonitost profila zubca glavčine i zakon koničnosti (2.3), pri čemu slede opšte relacije:

$$\left.\begin{aligned} \xi_i &= \xi(\zeta_i) \\ \eta_i &= \eta(\zeta_i) \\ \zeta_i &= \zeta_i \end{aligned}\right\} \qquad (2.7)$$

Izdignuti položaj provlakača pri brušenju sa profilom žljeba koji odgovara profilu zubca glavčine ($O\xi\eta\zeta$), sistem brušenja (OXYZ), pokretni k.s. profila brusne ploče (O_1xyz) i k.s. provlakača u radnom položaju (OUVW) dati su na sl.2.

Tačke površi žljeba (preseci glavnih i bočnih reznih ivica) j-ne (2.7) preslikavamo u k.s. brušenja:

$$\left.\begin{aligned} x &= x(\theta) \\ y &= y(\theta) \end{aligned}\right\} \qquad (2.9)$$

Na osnovu sl. 2 i (2.9) j-ne obrušene površi žljeba, aproksimiranim profilom alata, za k.s. OXYZ, date su opštim izrazima:

$$\left.\begin{aligned} X &= x(\theta) \\ Y &= y(\theta) \\ Z &= z \end{aligned}\right\} \qquad (2.10)$$

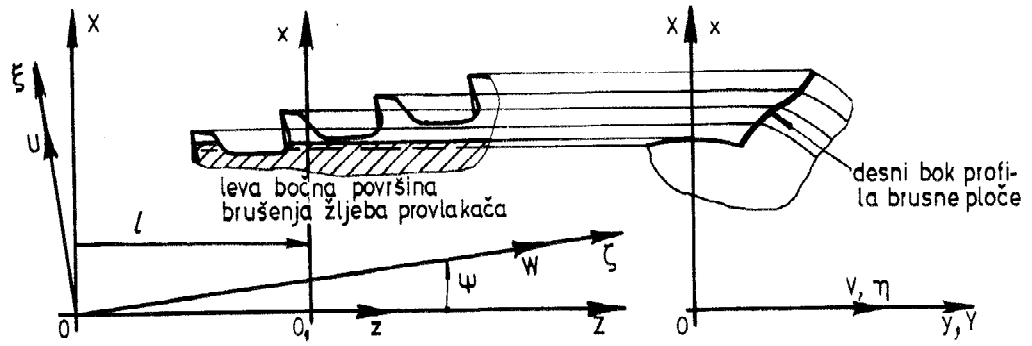
Koordinate tačaka obrušene površi u radnom položaju provlakača (k.s.OUVW) slede iz matricne relacije:

$$\begin{bmatrix} U_i \\ V_i \\ W_i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\psi & 0 & -\sin\psi \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin\psi & 0 & \cos\psi \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x(\theta_i) \\ y(\theta_i) \\ z_i \end{bmatrix} \qquad (2.11)$$

2.2. Definisanje pomoćnih uglova bočnih reznih ivica zuba (τ)

Bočni pomoćni ugao (τ) smanjuje kontakt provlakača i glavčine. Bočni ugao definišu tangenta na profil zubca glavčine i tangenta na profil žljeba provlakača u radnom položaju.

J-ne profila (preseci površi žljeba sa ravnima



Sl. 2. Koordinatni sistemi različitih položaja provlakača

koje su paralelne k.r. UOV)slede iz (2.11) izvlačenjem parametra ℓ_i iz W_i i njegovim prosledjivanjem u izraz za U_i:

$$\left.\begin{aligned} U_i &= \frac{x(\theta_i)}{\cos\psi} - W_i \operatorname{tg}\psi \\ V_i &= y(\theta_i) \end{aligned}\right\} \qquad (2.12)$$

Prema (2.7) i (2.12) izraz za bočni ugao (τ) u opštem slučaju glasi:

$$\tau = \operatorname{arc\,tg} \frac{(\partial v/\partial\zeta)_i}{(\partial\xi/\partial\zeta)_i} - \operatorname{arctg} \frac{(\partial y/\partial\theta)_i}{(\partial x/\partial\theta)_i} \cos\psi \qquad (2.13)$$

Vrednosti parametra (θ_i) slede iz (2.12) formiranjem jednačine:

$$x(\theta) - U\cos\psi - W\sin\psi = 0 \Longrightarrow \theta_i \qquad (2.14)$$

U j-ni 2.14 izvodi se smena

$U = \xi_i$ i $W = \zeta_i$.

2.3. Definisanje ledjnog ugla bočnog sečiva (α_b)

Uglovi izmedju ravni UOW i tangenti presečnih krivih boka zuba sa ravnima koje su paralelne k. r. VOW odredjuju ledjni ugao za date tačke bočne rezne ivice. Izvlačenjem parametra ℓ_i (2.11) i prosledjivanjem istog u W_i slede j-ne krivih koje predstavljaju preseke bočne površi žljeba sa ravnima paralelnim VOW:

$$\left.\begin{aligned} V_i &= y(\theta_i) \\ W_i &= \frac{x(\theta_i)}{\sin\psi} - \frac{U_i}{\operatorname{tg}\psi} \end{aligned}\right\} \qquad (2.15)$$

Na osnovu (2.15) sledi opšti izraz za definisanje bočnog ledjnog ugla (α_b),

$$\alpha_{b_i} = \operatorname{arc\,tg} \frac{(\partial V/\partial\theta)_i}{(\partial W/\partial\theta)_i}$$

odnosno

$$\alpha_{b_i} = \operatorname{arc\,tg} \frac{(\partial y/\partial\theta)_i}{(\partial x/\partial\theta)_i} \sin\psi \qquad (2.16)$$

Vrednosti parametra (θ_i) dobijaju se iz 2.14 za $U = \xi_i$ i $W = \zeta_i$.

3. SISTEMATIZACIJA GREŠAKA PROFILA PRI PROVLAČENJU OŽLJEBLJENIH GLAVČINA

Greške koje se pojavljuju pri provlačenju ožljebljenih glavčina nastaju iz više razloga na osnovu kojih se mogu razvrstati u četiri osnovne grupe:

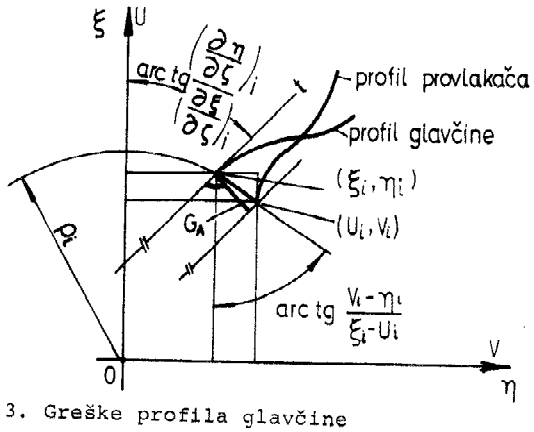
- greške provlačenja usled aproksimacije profila brusne ploče,
- greške provlačenja usled brušenja provlakača izdizanjem zadnjeg kraja provlakača
- greške provlačenja u zavisnosti od date konstrukcije provlakača, i
- greške provlačenja usled postignutih mera provlakača u okviru projektovanih tolerancija izrade.

Suma ostvarenih grešaka ne sme izaći iz granica tolerancije datog profila glavčine.

3.1. Greške provlačenja profila glavčine usled aproksimacije profila brušenja provlakača

Grešku aproksimacije treba izračunati za svaki zub provlakača na osnovu j-na profila glavčine i jednačina profila provlakača. Definisanje postupka za izračunavanje vrednosti grešaka je sledeći:

1. Na osnovu (2.7) izračunavaju se vrednosti koordinata tačaka (ξ_i, η_i) koje odgovaraju profilu glavčine (i = 1÷m),
2. Iz j-na profila provlakača (2.12)eliminiše se parametar (θ),



Sl.3. Greške profila glavčine

$$\left.\begin{aligned} U_i &= \frac{x(\theta_i)}{\cos\psi} - W_i \operatorname{tg}\psi \\ V_i &= y(\theta_i) \end{aligned}\right\} \Longrightarrow f(U_i V_i) = 0 \qquad (3.1)$$

3. Na osnovu (3.1) i j-ne kruga za poluprečnik ρ_i slede koordinate preosečnih tačaka profila provlakača i kružnog luka,

$$\left.\begin{aligned} f\,U(W_i), V(W_i) &= 0 \\ U^2 + V^2 - \rho_i^2 &= 0 \end{aligned}\right\} \Longrightarrow (U,V) \qquad (3.2)$$

4. Na osnovu svega predhodnog i sl. 3, vrednosti grešaka, u pravcu normale na profil glavčine, usled aproksimacije profila alata dobijaju se na osnovu opšteg izraza:

$$G_A = \sqrt{(V-\eta_i)^2 + (\xi_i - U)^2}\cos\left[\frac{\pi}{2} - \operatorname{arc\,tg}\frac{\left(\frac{\partial\eta}{\partial\zeta}\right)_i}{\left(\frac{\partial\xi}{\partial\zeta}\right)_i} - \operatorname{arc\,tg}\frac{V-U_i}{\zeta_i - U}\right] \qquad (3.3)$$

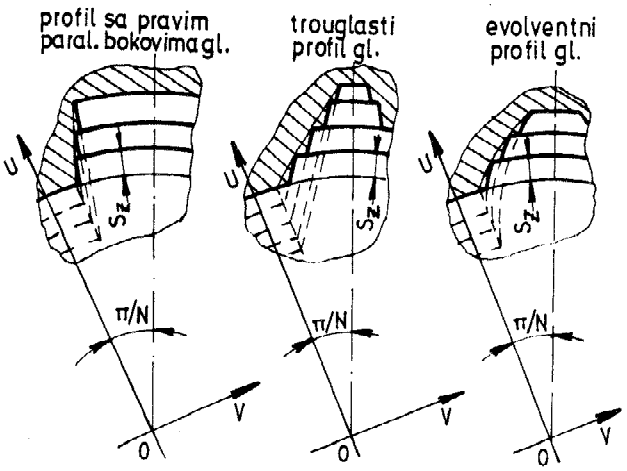
Kao kriterijum greške često se koristi i razlika apcisa profila. Postupak za dobijanje vrednosti na ovaj način tretirane greške sadrži se u sledećem:

1. Na osnovu ζ_i iz (2.7) dobijaju se vrednosti koordinata tačaka (ξ_i, η_i) koje odgovaraju profilu glavčine.
2. Zamenom u (2.14), $u=\xi_i$ i $W=\zeta_i$ dobija se $x(\theta_i) - \xi_i \cos\psi - \zeta_i \sin\psi = 0 \Longrightarrow \theta_i$. (3.4)
3. Vrednost θ_i ubacuje se u izraz za V_i (2.12).
4. Izračunava se vrednost greške profila glavčine (razlika apcisa),

$$G_{A.A.} = \eta_i - V_i. \qquad (3.5)$$

3.2. Greške provlačenja profila glavčine prouzrokovane načinom brušenja provlakača

Pojava ovih grešaka je direktna posledica izdizanja zadnjeg kraja provlakača pri brušenju žljebova provlakača. Sa naslagama materijala ove greške povećavaju hrapavost obrade bočnih površina zubaca glavčine.



Sl.4. Prikaz grešaka profila glavčina usled načina brušenja provlakača

Za izračunavanje vrednosti ovih grešaka (G_{pod}) koriste se izrazi (3.1), (3.2) i (3.3) iz poglavlja 3.1. s tim što se izvode odgovarajuće smene:

- u izrazu (3.2) ρ_{i-1} umesto ρ_i,
- u izrazu (3.3) ζ_{i-1} i η_{i-1} umesto ζ_i i η_i (važi i za parcijalne izvode).

3.3. Greške profila provlačenja koje su posledica konstruktivnog resenja provlakača

Na zubima provlakača čiji prečnici ne odgovaraju zakonu koničnosti (prelazni i kalibrišući zubi) takodje nastaju odgovarajuće greske pri provlačenju profila glavčine. Odgovarajuće greške nastaju i za S_z=const kada odstupanja od koničnosti nastaju usled projektovanog uzdužnog koraka sa više uzastopno različitih vrednosti.

3.3.1. Greške odstupanja profila usled nejednakog porasta po zubu provlakača

Najveće odstupanje je na režućem prelaznom zubu prečnika kalibrišućih zuba umanjenog za radijus zaobljenja profila glavčine. Proširivanja širine žljeba provlakača na prečnicima iznad pomenutog ustvari formiraju radijus zaobljenja.

Kalibrišući zubi ne utiču na formiranje bokova profila glavčine. Veličina greške definiše se po sledećem postupku:

1. Preko relacije (2.3) za $\rho_i = r_k$ nalazi se $\zeta_{prof.}$ (r_k-poluprečnik kalibrišućih zuba).
2. Preko (2.7) izračunavaju se (ξ_i, η_i) za $\zeta_i \leq \zeta_{prof.}$ (iz $\zeta_i = \zeta_{prof} \Longrightarrow (\xi_{prof.}, \eta_{prof.})$).
3. Iz izraza (3.2), uvodeći smenu $\rho_{pre.}$ umesto ρ_i, sledi (U,V).
4. Opšti izraz za izračunavanje vrednosti ovih grešaka, u pravcu normale na profil glavčine, identičan je izrazu (3.3).

Za korišćenje izraza (3.2) i (3.3) uzimajući u obzir date smene, važi sledeće:

- $\rho_{pre.}$ predstavlja prečnike režućih prelaznih zuba ($\rho_{pre.} = \rho_{m+1} \neq \rho_r$),
- kada je $\zeta_i < \zeta_{prof.} \Longrightarrow U(W_i) = \xi_i$, $V(W_i) = \eta_i$;
- kada je $\zeta_i \geq \zeta_{prof.} \Longrightarrow U(W_i) = \xi_{prof.}$; $V(W_i) = \eta_{prof.}$

Vrednosti parametra ζ odredjuju se preko relacije (2.1).

Za izračunavanje grešaka preko kriterijuma razlika apcisa važi izneto u 3.1. uz uvažavanje prethodnih napomena za korišćenje izraza (3.2) i (3.3).

3.3.2. Greške odstupanja profila usled promenljivosti uzdužnog koraka zuba provlakača

U ovom slučaju se više različitih koraka grupiše sa ponavljanjem tih grupa za sve zube provlakača. Pri definisanju dužina ζ_i (relacija (2.1)) umesto (t) stavlja se srednja vrednost koraka (t_s),

$$t_s = \frac{t_1 + t_2 + \ldots + t_f}{f} \qquad (3.6)$$

gde f predstavlja broj različitih koraka.

Ove greške se izračunavaju samo za zube kod kojih je $\zeta_i = W_i = \zeta_1 + (i-1)t_s \neq \zeta_{st.} = W_{st.}$ (ξ_{st} i $W_{st.}$ su stvarne vrednosti).

Za izračunavanje vrednosti ovih grešaka koriste se izrazi (3.2) i (3.3) sa sprovodjenjem odgovarajuće smene u izrazu 3.2 gde se stavlja $U(W_{st.})$ i $V(W_{st.})$ umesto $U(W_i)$ i $V(W_i)$.

Postupak za izračunavanje razlike apcisa dat je u 3.1. s tim što se u (2.14) stavlja:

$U_i = \xi_i$ i $W_i = W_{st} = \zeta_{st}$.

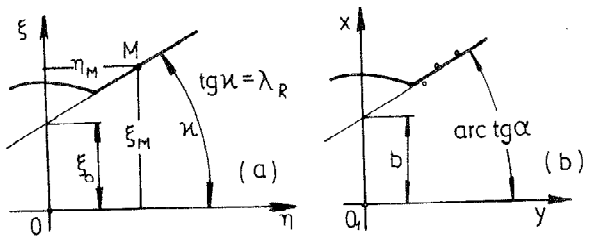
3.4. Greške provlačenja profila usled tolerancija izrade provlakača

Tolerancije izrade provlakača nalaze se u okviru projektovanih tolerancija profila glavčine s tim što su znatno uže od njih (podela, centričnost profila i dr.). Uz dovoljnu tačnost mašine za provlačenje to garantuje traženi kvalitet. Medjutim, tolerancija uzdužnog koraka, odnosno dozvoljena odstupanja dužina ζ_i, mogu doprineti povećanju predhodno opisanih grešaka. Veličine ovih grešaka definišu se identično datom postupku 3.3.2.

4. SVODJENJE OPŠTIH RAZMATRANJA NA POSEBNE SLUČAJEVE PROFILA GLAVČINE

U praksi se uglavnom obradjuju standardizovani oblici ožljebljenih glavčina sa profilima u obliku kružnog luka, evolvente i kose prave.

4.1. Profil ožljebljenja glavčine-kosa prava



Sl.5. (a) Profil ožljebljenja glavčine; (b) profil aproksimacije

Na osnovu sl. 5(a) i (2.3) slede j-ne profila za kosu pravu u k.s. $O\xi\eta\zeta$,

$$\left.\begin{aligned} \xi_i &= \xi_o + \lambda_R \eta_i \\ \eta_i &= \eta_i \\ \zeta_i &= \zeta_o + \frac{\rho_i}{\lambda_A} \end{aligned}\right\} \qquad (4.1)$$

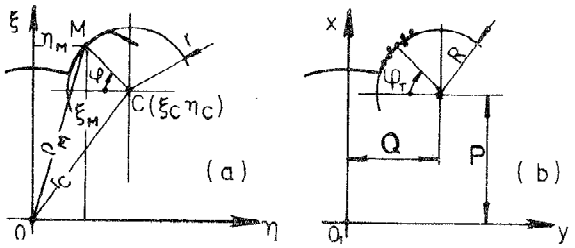
Koristeći relacije (2.4) i (4.1) definišu se j-ne profila u f-ji parametra (ζ) čime je razvijen opšti izraz (2.7) u:

$$\left.\begin{aligned} \xi_i &= \zeta_o + \frac{\lambda_R \sqrt{\lambda_R^2 \xi_o^2 - (\lambda_R^2+1)\left[\xi_o^2 - \lambda_A^2(\zeta_i - \zeta_o)^2\right]}}{\lambda_R^2 + 1} - \frac{\lambda_R^2 \zeta_o}{\lambda_R^2+1} \\ \eta_i &= \frac{-\lambda_R \xi_o + \sqrt{\lambda_R^2 \xi_o^2 - (\lambda_R^2+1)\left[\xi_o^2 - \lambda_A^2(\zeta_i - \zeta_o)^2\right]}}{\lambda_R^2+1} \\ \zeta_i &= \zeta_i \end{aligned}\right\} \qquad (4.2)$$

Aproksimacija tačaka profila (k.r.XOY), relacije (2.8), izvodi se metodom najmanjih kvadarta s tim što je u ovom slučaju korelaciona kriva, profil tocila, prava linija (sl.5(b)) pa za ovaj slučaj j-ne profila alata (2.9) glase:

$$\left.\begin{aligned} x &= ay + b \\ y &= y \end{aligned}\right\} \qquad (4.3)$$

4.2. Profil ožljebljenja glavčine-kružni luk



Sl.6(a) Profil ožljebljenja glavčine
(b) Profil aproksimacije

Na osnovu sl.6(a) i (2.3) slede j-ne profila za kružni luk u k.s. Oξηζ,

$$\left.\begin{aligned}\xi_i &= \xi_c + r\sin\phi_i\\ \eta_i &= \eta_c - r\cos\phi_i\\ \zeta_i &= \zeta_o + \frac{\rho_i}{\lambda_A}\end{aligned}\right\} \qquad (4.4)$$

Koristeći relacije (2.4) i (4.4) razvija se opšti oblik j-na (2.7):

$$\left.\begin{aligned}\xi_i &= \xi_c - \frac{\xi_c A_i - \eta_c\sqrt{4r^2r_c^2 - A_i^2}}{2r_c}\\ \eta_i &= \eta_c - r\cos\left(\arcsin\frac{\eta_c\sqrt{4r^2r_c^2-A_i^2}-\xi_c A_i}{2rr_c^2}\right)\\ \zeta_i &= \zeta_i\end{aligned}\right\} \qquad (4.5)$$

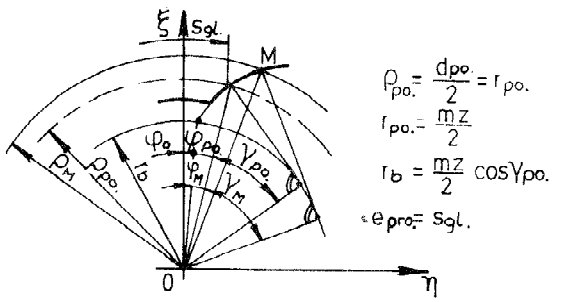
za

$$A_i = r^2 + r_c^2 - (\zeta_i-\zeta_o)^2\lambda_A^2.$$

I u ovom slučaju aproksimacija se izvodi metodom najmanjih kvadrata stim što je korelaciona kriva, profil tocila, kružni luk (sl.6(b) te opšte jednačine profila alata (2.9) glase:

$$\left.\begin{aligned}x &= P + R\sin\phi_T\\ y &= Q - R\cos\phi_T\end{aligned}\right\} \qquad (4.6)$$

4.3. Profil ožljeb.glavčine-evolventna kriva



$$\rho_{po} = \frac{d_{po}}{2} = r_{po}.$$

$$r_{po} = \frac{mz}{2}$$

$$r_b = \frac{mz}{2}\cos\gamma_{po}.$$

$$e_{pro} = s_{gl}.$$

Sl.7. Profil ožljebljenja glavčine

Na osnovu osobina evolvente, sl. 7 i relacije (2.5) slede j-ne profila evolventne f-je

$$\left.\begin{aligned}\xi_i &= \frac{r_b}{\cos\gamma_i}\cos(\phi_o + tg\gamma_i - \gamma_i)\\ \eta_i &= \frac{r_b}{\cos\gamma_i}\sin(\phi_o + tg\gamma_i - \gamma_i)\end{aligned}\right\} \qquad (4.7)$$

$$\zeta_i = \zeta_o + \frac{\zeta_i}{\lambda_A\cos(\phi_o + tg\gamma_i - \gamma_i)}$$

Koristeći relacije (2.4) i (4.7) razvija se opšti oblik j-na (2.7) u:

$$\left.\begin{aligned}\xi_i &= \lambda_A(\zeta_i-\zeta_o)\cos\left[\frac{s_{gl}}{mz} + \text{inv.arc}\cos\frac{mz\cos\gamma_{po}}{2\lambda_A(\zeta_i-\zeta_o)} - \text{inv}\gamma_{po}\right]\\ \eta_i &= \lambda_A(\zeta_i-\zeta_o)\sin\left[\frac{s_{gl}}{mz} + \text{inv.arc}\cos\frac{mz\cos\gamma_{po}}{2\lambda_A(\zeta_i-\zeta_o)} - \text{inv}\gamma_{po}\right]\\ \zeta_i &= \zeta_i.\end{aligned}\right\} \qquad (4.8)$$

U j-nama (4.8) sadržana je relacija,

$$\phi_o = \frac{s_{gl}}{d_{po}} - tg\,\gamma_{po} + \gamma_{po}.$$

Aproksimacija i j-ne profila alata identični su navedenom u 4.3.

5. ZAKLJUČAK

Greške usled različitosti uzdužnog koraka provlakača eliminišu se koničnim brušenjem svih režućih zuba bez obzira što će biti $s_z \neq const$. Naprotiv, $t \neq const$ i $s_z \neq const$ utiču pozitivno na proces rezanja strugotine. U ovom slučaju za sve relacije i jednačine ne izračunavaju se dužine ζ_i preko t_s već se uzimaju stvarne vrednosti. Zbog velikog obima i znatne složenosti matematičkog aparata, obrada ovih informacija obavlja se na digitalnim računarima.

L I T E R A T U R A

1. V.I.Klimov, A.S.Lerner, M.D.Pekarski, L.N.Smirnov, M.A.Šlemović - PRIRUČNIK ZA KONSTRUKTORE REZNOG ALATA, Beograd, Gradjevinska knjiga, 1964, 582, preveo sa ruskog Dipl.ing. Milan Pantović.
2. Kapp & CO - Werkzeugmaschinenfabrik-Coburg (Bawern) S/RS 803; 1203; 2003 Berechnungsunterlagen

M.Paunović

A CONTRIBUTION TO DEFINING THE GEOMETRY OF PROFILE GRINDING ON BROACHING TOOLS FO MACHINING SLOTTED HUBS

Abstract

Presented in the paper are theoretical considerations of defining tool profile for grinding the tools for internal broaching of slotted hubs. The case analysed is the grinding of longitudinal slots by raising the rear part of the broaching tool. Possible errors of broaching on the hub profile are systematised. Special cases of hub profile appearing in the practice are considered.

XIX SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE
Kragujevac, septembar 1985.

JEDAN NAČIN PRORAČUNA EKONOMSKOG PERIODA REZANJA ZA KONVENCIONALNE I NC REVOLVERSKE STRUGOVE

A. Perić, Mašinski fakultet, Sarajevo

R E Z I M E

Rad sadrži analizu ekonomskog perioda rezanja za konvencionalni i NC revolverski automatski strug. U razmatranje je uzet slučaj revolverskog rada različitih alata u različitim uslovima. Svi alati se zamjenjuju čim se jedan od njih zatupi. Matematičkim izvodom funkcije troškova operacije dobijena je originalna formula za ekonomski period rezanja za revolverski strug. Ova formula može se primjeniti direktno u praksi za proračun optimalne vrijednosti ekonomskog perioda rezanja. Formula se može koristiti za konvencionalni i NC revolverski strug.

1. U V O D

U dosadašnjim istraživanjima pojavljuju se dva osnovna prilaza kod razmatranja ekonomskih perioda rezanja. U prvoj grupi radova ne uzima se u obzir nikakva mogućnost uticaja periodizacije rezanja pri proračunu ekonomske postojanosti odnosno ekonomskog perioda rezanja [1,2]. U drugoj grupi radova periodizacija rezanja, istina različito definisana, uzima se u obzir kao jedan od bitnih faktora koji odredjuje veličinu ekonomskog perioda rezanja [3, 4, 5]. Ovaj rad spada u grupu ovih drugih radova i obuhvata analizu ekonomskog perioda rezanja za konvencionalne i NC revolverske strugove. U radu se razmatra slučaj rada k-različitih alata sa različitim Taylor-ovim eksponentom kod obrade na revolverskom strugu. Alati rade pod različitim uslovima sa različitim režimom rezanja. Postojanost pojedinog alata je u jednoalatnoj operaciji različita. Po zatupljenju ili dimenzionom pohabanju jednog od alata treba zamijeniti sve alate, koji inače rade na ciklican način na mašini vršeći kratkovremena rezanja.

Na osnovu teorijske analize i matematičkog izvoda dobijena je jedna originalna formula za praktičan proračun ekonomskog perioda rezanja za konvencionalne i NC revolverske strugove. Izvod formule dat je na dva načina, od kojih jednostavniji način omogućava lakše razumijevanje i prihvatanje formule za praktičnu upotrebu.

2. IZVOD EKONOMSKOG PERIODA REZANJA ZA KONVENCIONALNE I NC REVOLVERSKE STRUGOVE

Za izvod su korištene slijedeće relacije važeće za kratkovremena odnosno periodična naizmjenična rezanja alata

- uticaj faktora kratkovremenog ili periodičnog rezanja na postojanost i brzinu rezanja,
- nezavisnost odnosa vremena hladjenja i rezanja pojedinog alata od postojanosti,
- konstantnost odnosa vremena hladjenja i rezanja za odredjeni alat, obradjivanu površinu i praktično područje brzina,
- smanjenje neproduktivnog vremena svakog alata sa povećanjem brzine rezanja,

Postojanost alata kod kratkovremenog ili periodičnog rezanja je jednaka [5, 6]

$$T_o = T_u \qquad (1)$$

a brzina rezanja je

$$v = \frac{C_{VT}}{u^m T^m} \qquad (2)$$

gdje je T_o - postojanost alata kod neprekidnog rezanja, T - postojanost alata kod periodičnog rezanja, u - koeficijent učestalosti rezanja, C_{vt}, m - konstante.

Vrijeme rezanja alata je

$$t_r = C_1 u^m T^m \qquad (3)$$

U operaciji sa revolverskom glavom radi svaki alat periodično. Nakon vremena rezanja alata t_r slijedi odgovarajuće neproduktivno vrijeme t_{ne}, pa je ciklusno vrijeme na mašini

$$t_c = t_r + t_{ne} \qquad (4)$$

Neproduktivno vrijeme alata općenito je jednako [5, 6, 7]

$$t_{ne} = t_{hl} + t_č \qquad (5)$$

gdje je $t_{hl} \leq t_{hl_o}$ - vrijeme hladjenja alata, t_{hl_o} - vrijeme hladjenja alata do temperature okoline, $t_č$ - vrijeme čekanja alata nakon hladjenja.

Formula (5) može se dati i u obliku

$$t_{ne} = \frac{t_{hl}}{t_r} t_r + t_č = z(u) t_r + t_č \qquad (6)$$

Odnos vremena hladjenja i rezanja za svaki alat je općenito neka funkcija nezavisna od postojanosti alata, a vrijednost te funkcije je odredjena konstanta za odredjeni alat, obradak tj. obradjivanu površinu i praktično područje brzina rezanja [6]

$$\frac{t_{hl}}{t_r} = \frac{1-I}{I} = \frac{\sqrt{1-\left(\frac{u-A}{1-A}\right)^2}}{1-\sqrt{1-\left(\frac{u-A}{1-A}\right)^2}} = z(u) \qquad (7)$$

gdje je I - stepen učestalosti rezanja [5, 6].

Povećanjem brzine rezanja istovremeno se smanjuju vremena hladjenja i rezanja svakog alata a i njihovo neproduktivno vrijeme. Princip smanjenja neproduktivnog vremena svakog pojedinog alata sa povećanjem brzine rezanja u operaciji na revolverskom strugu uvijek postoji u praksi i lako se može dokazati (sl.1).

Za revolverski strug sa pomoćnim vremenom tp važe slijedeće jednačine

$$t_c = t_{r_1} + t_{ne_1} = t_{r_2} + t_{ne_2} = \cdots = t_{r_k} + t_{ne_k} = t_{r_i} + t_{ne_i}$$

$$t_{ne_1} = t_{r_2} + t_{r_3} + t_{r_4} + \cdots + t_{r_k} + t_p = t_{hl_1} + t_{č_1} \qquad (8)$$

$$t_{ne_2} = t_{r_1} + t_{r_3} + t_{r_4} + \cdots + t_{r_k} + t_p = t_{hl_2} + t_{č_2}$$

i td.

Troškovi operacije bez fiksnih troškova su

$$C = C_M \left[t_{r_1} + t_{ne_1} + \sum_{i=1}^{i=k} \left(t_{sm_i} + \frac{C_{Ai}}{C_M} \right) \frac{t_{r_i}}{T} \right] \qquad (9)$$

gdje je C_M - troškovi eksploatacije radnog mjesta u min, t_{sm_i} - vrijeme smjene i-tog alata u min, C_{Ai} - troškovi alata na jednu oštricu i-tog alata. Ako se u jednačinu (9) stavi prema (3) i (6)

$$t_{r_i} = (C_1)_i \, u_i^{m_i} T^{m_i}$$

$$t_{ne_1} = z(u_1) t_{r_1} + t_{č_1}$$

kao i (10)

$$t_{r_1} = \frac{t_{r_i}}{p_i}$$

gdje je $p_i = \frac{t_{r_i}}{t_{r_1}}$ - koeficijent vremena rezanja, dobija se

$$C = C_M (C_1)_i \, u_i^{m_i} \left\{ \frac{1}{p_i} T^{m_i} [1 + z(u_1)] + \frac{t_{č_2}}{(C_1)_i u_i^{m_i}} + \sum_{i=1}^{i=k} \left(t_{sm_i} + \frac{C_{Ai}}{C_M} \right) T^{m_i - 1} \right\} \qquad (11)$$

Uzevši $\frac{\partial C}{\partial T} = 0$ dobija se

$$1 = \frac{1}{1 + z(u_1)} \sum_{i=1}^{i=k} \left(\frac{1-m_i}{m_i} \right) p_i \left(t_{sm_i} + \frac{C_{Ai}}{C_M} \right) T^{-1} \qquad (12)$$

a zamjenom prema jednačini (7)

$$z(u_1) = \frac{t_{hl_1}}{t_{r_1}}$$

i jednačini za stepen učestalosti rezanja [5,6]

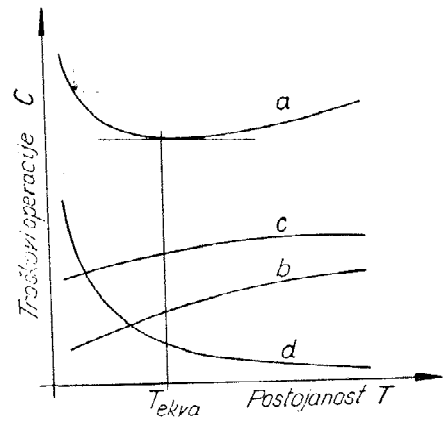
$$I_1 = \frac{1}{1 + \frac{t_{hl_1}}{t_{r_1}}} \qquad (13)$$

konačno se dobija jednačina za ekonomski period rezanja za konvencionalne i NC revolverske strugove

$$T_{ekva} = I_1 \sum_{i=1}^{i=k} \left(\frac{1-m_i}{m_i} \right) \left(t_{sm_i} + \frac{C_{Ai}}{C_M} \right) p_i \qquad min \qquad (14)$$

Jednačina (14) može se izvesti i jednostavnije ako se prva relacija zanemari [7]. Uzevši prema Taylor-u [1, 2, 8]

$$v = \frac{C_v}{T^m} \qquad (15)$$



Sl. 1 - Troškovi operacije u zavisnosti od postojanosti a) ukupni b) i c) troškovi rezanja i neproduktivnog vremena i-tog alata d) troškovi alata (opšti prikaz)

dobija se

$$t_r = C_1 T^m \qquad (16)$$

Ako se u jednačinu (9) stavi prema (6),(1o), (16)

$$t_{ne_1} = z(u_1)\, t_{r_1} + t_{\check{c}_1}$$

$$t_{r_1} = \frac{t_{r_i}}{p_i}$$

$$t_{r_i} = (C_1)_i\, T^{m_i}$$

dobija se

$$C = C_M (C_1)_i \left\{ \frac{1}{p_i} T^{m_i} [1 + z(u_1)] + \frac{t_{\check{c}_1}}{(C_1)_i} + \sum_{i=1}^{i=k} (t_{sm_i} + \frac{C_{A_i}}{C_M}) T^{m_i - 1} \right\} \qquad (17)$$

Uzevši $\frac{\partial C}{\partial T} = 0$ izvodom se dobija

$$1 = \frac{1}{1 + z(u_1)} \sum_{i=1}^{i=k} \left(\frac{1 - m_i}{m_i} \right) p_i \left(t_{sm_i} + \frac{C_{A_i}}{C_M} \right) T^{-1} \qquad (18)$$

a zamjenama prema jednačini (7) i (13) konačno se ponovo dobija ista jednačina (14)

$$T_{ekva} = I_1 \sum_{i=1}^{i=k} \left(\frac{1 - m_i}{m_i} \right) \left(t_{sm_i} + \frac{C_{A_i}}{C_M} \right) p_i$$

3. PRIMJERI PRAKTIČNE PRIMJENE IZRAZA (14)

a) Proračun ekonomskog perioda rezanja za NC revolverski strug

Kao primjer za proračune služi u tabeli 1 dati obradak od Č.1530 koji se obradjuje na NC strugu proizvodnje Gildemeister [9] i ostali ulazni podaci o operaciji (tabela 1). Sa pomoćnim vremenom u ciklusu t_p=1,41 min i sa vrijednostima iz tabele 1 je

$$t_{ne_1} = t_{r_2} + t_{r_3} + t_{r_4} + t_{r_5} + t_p = 0{,}234 + 0{,}125 + 0{,}254 + 0{,}323 + 1{,}41 = 2{,}34 \text{ min}$$

$$t_c = t_{r_1} + t_{ne_1} = 0{,}77 + 2{,}34 = 3{,}11 \text{ min}$$

Tako se dobija da je

$$t_{hl_1} = t_{hl_4} = 1{,}33 \text{ min}$$

$$t_{\check{c}_1} = t_{ne_1} - t_{hl_1} = 2{,}34 - 1{,}33 = 1{,}01 \text{ min}$$

a proračunate vrijednosti za I i p se unose u tabelu 1.

Za strugarske noževe sa pločicama od TM(P20) je

$$C_A \approx 105 \text{ din}, \quad t_{sm} = 1 \text{ min}, \quad m = 0{,}2$$

a za spiralne burgije D=28 mm od BRČ je

$$C_A \approx 133 \text{ din}, \quad t_{sm} = 0{,}3 \text{ min}, \quad m = 0{,}2$$

Sa vrijednosti $C_M \approx 87{,}5$ din/min i ostalim vrijednostima iz tabele 1 je ekonomski period rezanja za NC revolverski strug

$$T_{ekva} = I_1 \sum_{i=1}^{i=k} \left(\frac{1 - m_i}{m_i} \right) \left(t_{sm_i} + \frac{C_{A_i}}{C_M} \right) p_i = 0{,}38 \left[4 \left(0{,}3 + \frac{133}{87{,}5} \right) + 4 \left(1 + \frac{105}{87{,}5} \right) 0{,}3 + 4 \left(1 + \frac{105}{87{,}5} \right) 0{,}16 + 4 \left(1 + \frac{105}{87{,}5} \right) 0{,}33 + 4 \left(1 + \frac{105}{87{,}5} \right) 0{,}41 \right] =$$

$$= 0{,}38 \cdot 17{,}8 = 7 \text{ min}$$

b) Proračun ekonomskog perioda rezanja za konvencionalni revolverski strug

Sa vrijednosti C_M=8,75 din/min i istim ostalim vrednostima, ekonomski period za revolverski strug je

$$T_{ekva} = I_1 \sum_{i=1}^{i=k} \left(\frac{1 - m_i}{m_i} \right) \left(t_{sm_i} + \frac{C_{A_i}}{C_M} \right) p_i = 0{,}38 \left[4 \left(0{,}3 + \frac{133}{8{,}75} \right) 1 + 4 \left(1 + \frac{105}{8{,}75} \right) 0{,}3 + 4 \left(1 + \frac{105}{8{,}75} \right) 0{,}16 + 4 \left(1 + \frac{105}{8{,}75} \right) 0{,}33 + 4 \left(1 + \frac{105}{8{,}75} \right) 0{,}41 \right] =$$

$$= 0{,}38 \cdot 123 = 47 \text{ min}$$

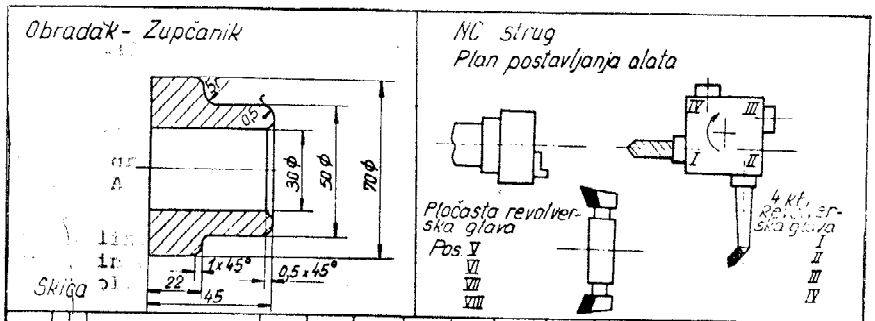
4. ZAKLJUČAK

Jednačina (14) za ekonomski period rezanja koja važi za naizmjeničnu višealatnu obradu na konvencionalnim i NC revolverskim strugovina, lako se može primjeniti u praksi i omogućava proračun realnih praktičnih vrijednosti.

[1] Bobrov V.F., Osnovi teorij rezania metalov, Mašinostroenie, Moskva, 1977.

[2] Armarego E.J.A, Brown R.H, The machining of metals, Prentice-Hall, Inc, New Jersey, 1969.

[3] Stanković P., Specifična proizvodnost tehnološkog procesa i broj prolaza kao funkcije osnovnog vremena pri obradi, Zbornik SAN br. 8, 1958.



	Pos	Nr	Alat	Materijal	m	L mm	D mm	a mm	s mm/o	V_{60} m/min	n o/min	t_r min	I	p (za t_{r1}=0,77)
4 kt. Revolver glava	I	1	Spiralna burgija	BRČ	0,2	65	28	-	0,3	25	280	0,77	0,37	1
	II	2	Nož za obradu otvora, uzdužno	P20	0,2	~48	~30	1	0,15	132	1400	0,234	0,15	0,3
Pločasta revolverska glava	V	3	Nož za poprečnu obradu	P20	0,2	21	70		0,3	123	560	0,125	0,09	0,16
	IV	4	Nož za uzdužnu obradu	P20	0,2	24,2 25	70 60	5 5	0,3 0,3	~123 123	560 710	0,254	0,15	0,33
	III	5	Nož za kopiranje	P10	0,2	9 0,5 18,5 ~5 3,7 2,3	48 50 50 29,5 67,4 72	0,3 0,3 0,3 0,3 0,3 0,5	0,2 ~0,1 0,2 0,1 0,2 0,5	111 66 150	710	0,52	0,19	0,41

Tabela 1. Podaci i primjer proračuna vrijednosti I i p

[4] Tašlickij N.I. Raščet ekonimičeskoj stoikosti rezušč. instrum. Vostn. mašinostroit. 47, 1967.

[5] Perić A., Analysis of tool life for minimum Cost per component at normal cutting in single-pass machining operations. Proc. of VI ICPR, Novi Sad, 1981.

[6] Perić A., Periodično rezanje temperature i postojanost alata, Zbor. rad. XIII Jugosl. savjetovanje proizvodnog mašinstva, Banja Luka, 1980.

[7] Perić A., Prilog definiranju ekonomske postojanosti za NC mašine. Zbor. saopšt. 15 Jupiter simpozijum i 7 Jugosl. savj. NUMA i ROBOTI, Beograd, 1985.

[8] Opitz. H., Moderne produktionstechnik, Verlag W. Girardet, Essen, 1970.

[9] Werkzengmaschinen fabrik Gildemeister, Programierbeispiel for Gildemeister NC Drehmaschine vom Typ RN 40/S. 1971.

A.Perić

A METHOD FOR CALCULATING TOOL LIFE FOR MINIMUM COST PER COMPONENT MACHINED ON CONVENTIONAL AND NC TURRET LATHES

Abstract

Presented in the paper is an analysis of tool life for minimum cost per component for machining on the conventional and NC turret lathes. The case of turret operation of various tools in different conditions has been considered.Each tool is replaced as soon as becoming dull.By way of differencing the cost curve, an original formula is obtained for calculating the tool life for minimum cost per part machined on turret lathe.This formula is directly applicable to the practical calculations of the economic tool life value.The formula may be used for both conventional and NC turret laths.

XIX SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE

Kragujevac, septembar 1985.

NEKI MATEMATIČKI MODELI FUNKCIJE TROŠKOVA ZAMENE REZNOG ALATA

B. Nikolić, Institut za zaštitu na radu, zaštitu od požara i projektovanje, savremenu organizaciju i obrazovanje, Novi Sad

REZIME

U radu se koristi teorija pouzdanosti za razvijanje metode za kvantitativno merenje ekonomičnosti i sigurnosti elemenata obradnog sistema. Prikazana su tri matematička modela zamene alata i za njih izvršena analiza funkcije ukupnih troškova održavanja. Prikazani modeli su: korektivno održavanje (sa zamenom alata nakon njegovog otkaza u radu do potpunog iskorišćenja), preventivno održavanje pri kojem se za vreme trajanja vremena preventivne zamene očekuje pojava slučajnih otkaza i preventivno održavanje pri kojem za vreme trajanja vremena preventivne zamene nema pojave slučajnih otkaza.

1. UVOD

Ispitivanjem alata u radioničkim uslovima i posmatranje problema sa aspekta pouzdanosti, može se oprobanim metodama, relativno jednostavno, doći do pouzdanih podataka o kvalitetu alata, troškovima i, što je najvažnije, mogu se dobiti statistički podaci koji će poslužiti kao baza za dugoročno planiranje potrebnih stokova alata, kao i za odredjivanje rasporeda akcije popravke i održavanja. Zamena alata, nakon otkaza, dovodi do pojave troškova nastalih spajanjem sistema, troškova oštrenja i zamene alata. U radu su primenjene dve vrste akcija održavanja:

- korektivno (održavanje bez redosleda i plana akcije) i
- preventivno (ili prema unapred utvrdjenom rasporedu)

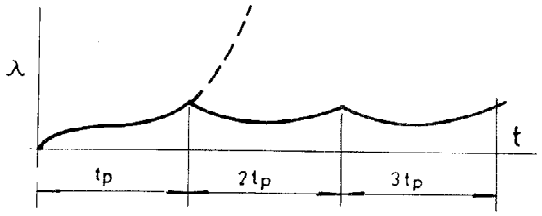
Korektivnim održavanjem se sistem osposobljava za dalji rad. Ovaj način održavanja podrazumeva što je moguće duži rad sistema, sa zamenom, opravkom, ili prilagodjavanjem komponenata.

Preventivno održavanje pretpostavlja planiranje akcije održavanja, ili zamene u odredjenim intervalima, zbog održavanja sistema na odredjenom nivou, odnosno, održavanje odredjenih nivoa pojedinih komponenata sistema u odredjenim uslovima. Da bi se primenila neka od strategija preventivnog održavanja moraju da se ispune tri uslova:

1. Da je stanje opreme uvek poznato
2. Da bi preventivna akcija bila ekonmski opravdana troškovi zamene, posle otkaza, moraju da budu veći od troškova preventivne zamene. Planirani zastoji sistema ili mašine, smanjuju troškove zamene, ali povećava torškove usled ne iskorišćenosti alata do njegovih krajnjih mogućnosti.
3. Intenzitet otkaza mora biti u porastu.

U sistemima sa konstantnim i opadajućim intenzitetom otkaza (eksponencijalna, hiper eksponencijalna rayleighova (za $\beta<1$) i Gama(za $\beta<1$) preventivno održavanje se ne primenjuje.

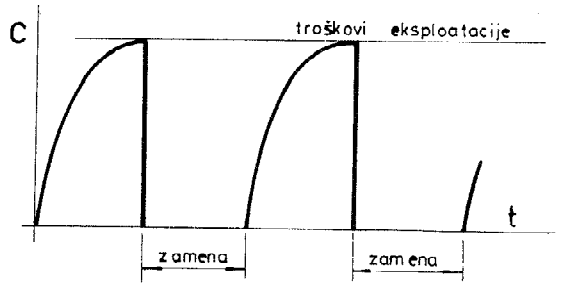
Preventivna zamena se izvodi u cilju smanjivanja intenziteta otkaza alata (slika 1). Efekat preventivne zamene na funkciju intenziteta otkaza zavisi od izabranog preventivnog vremena. Smanjivanje intenziteta otkaza ispod projektovanog ni-



Slika 1.

voa putem preventivnog delovanja mogu biti akcije kao što su: regularna briga, za normalno funkcionisanje sistema, (čišćenje, pregledi, podmazivanje i tako dalje), popravke komponenata i zamena komponenata blizu istrošenja, bez obzira što nisu otkazale.

Naročito pogodni za preventivno održavanje su deterministički sistemi, odnosno, sistemi u kojima su svi zakoni ponašanja poznati. Na slici 2, je prikazan jedan takav sistem, u kome se troškovi eksploatacije povećavaju sa daljim korišćenjem.



Slika 2

Stohastički ili probabilistički problemi imaju vremensku karakteristiku slučajnog karaktera. Zbog potpune neizvesnosti pojave otkaza otkaz se smatra slučajnom veličinom. Uz pretpostavku da se zamenom oprema vraća u početno, ispravno, stanje, minimizaciju ili maksimizaciju nekog od kriterijuma, za izbor strategije zamene je neophodno i što bolje poznavanje stohastičnog problema.

2. MATEMATIČKI MODELI I FUNKCIJE UKUPNIH TROŠKOVA

Korektivno održavanje

Karakteristika korektivnog održavanja je zamena elemenata, posle njihovih otkaza, onim redosledom po kojem su se desili otkazi. Primenjuje se kod sistema sa iznenadnim, to jest, sa nepredvidjenim otkazom i tamo gde vremena korektivnih akcija ne traju duže, ili mnogo duže, od vremena preventivnih zahvata.

Funkcija troškova ima oblik:

$$Cc(t) = \frac{Cc_1 \cdot Q(t)}{\int_0^t R(t)\cdot dt} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

gde su:

Cc_1 - troškovi zamene alata (ne planirani)

$Q(t)$- verovatnoća otkaza

$\int_0^t R(t)dt$ - srednje vreme rada alata do otkaza

$Cc(t)$- troškovi zamene u jedinici vremena

Ako postoji samo korektivna akcija, onda $Q(t)$ 1, odnosno, vreme rada do otkaza je jednako vremenu rada alata.

Funkcija troškova ne planirane zamene alata je:

$$Cc_1 = Ca + Co + Cm + Cz$$

Ca - troškovi alata izmedju dva oštrenja

Co - troškovi oštrenja alata

Cm - troškovi stanja mašine

Cz - troškovi zamene

Tokom izvodjenja eksperimenta uočeno je da pri ovakvoj strategiji održavanja dolazi do loma alata. Ovo je sasvim opravdano jer ne postoji kriterijum za zamenu, osim kriterijuma "upotreba do loma". Primećena su dva slučaja loma: lom na dršci i lom na reznoj ivici. Kod pojave loma na dršci alata, alat više nije upotrebljiv, odnosno nema oštrenja. Kod loma rezne ivice moguće je oštrenje alata, u zavisnosti od dužine loma duž ivice. Više oštrenja od jednog je teško jer, nakon njega i dalje upotrebe alata, odredjeni broj alata se lomi na dršci a i alat se lomom na ivici nema više ivicu sa potrebnom radnom dužinom. Dakle, alat sa lomom na reznoj ivici ima samo jedno oštrenje pa elementi iz jednačine 1, imaju oblik:

$$Ca = \frac{C_A}{i+1} \cdot Lri + \frac{C_{an}}{i} Ld \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

C_A - cena novog alata

i - broj oštrenja

L_{ri}- procenat alata sa lomom na reznoj ivici

Ld - procenat alata sa lomom na dršci

$$Co = \frac{t_o' \cdot s_o}{60}(1+R)L_{ri}$$

t_o' - vreme oštrenja

s_o - satnina radnika koji izvodi oštrenje

R - režijski troškovi

$$C_z = \frac{t_z' \cdot s_z}{60}(1+R)$$

Pošto oštrenje izvodi radnik koji vrši zamenu onda je $s_o = s_z$.

t_z' - vreme zamene alata

$$C_m = \frac{C_M \, p_m}{100 \Sigma t_{im}} t_z' \,,$$

C_M - cena mašine

p_m - amortizaciona stopa mašine

Σt_{im} - vreme rada mašine za vreme trajanja od godinu dana

Jednačina troškova korektivnog održavanja je:

$$C_c = \left| \frac{C_A}{i+1} L_{ri} + \frac{C_A}{i} L_d + \frac{t_o' \cdot s_o}{60}(1+R) L_{ri} + \frac{t_z' \cdot s_z}{60}(1+R) + \frac{C_M \cdot p_m}{100 \Sigma t_{im}} t_z' \right| \frac{Q(t)}{\int_o^t R(t)dt} .$$

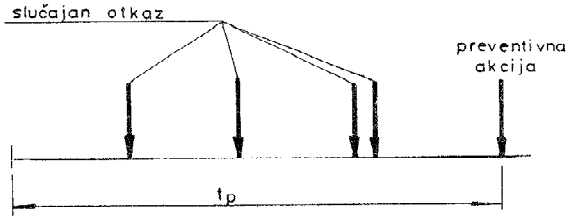
Preventivno održavanje

Kod korektivnog održavanja otkazi alata su neočekivani, što ima uticaj na povećanje vremena čekanja mašine i radnika, odnosno povećanje vremena i troškova zamene. Zato primena strategije preventivnog održavanja ima opravdanje tamo gde je vreme zamene pri preventivnom održavanju kraće od vremena zamene pri korektivnom održavanju. S obzirom da se zamena alata planira, ukupno vreme zamene pa time i troškovi zamene su kod ovakog načina održavanja manji. U radu su prikazana dva modela preventivnog održavanja. Odredjivanje optimalnih vremena izmedju preventivnih zahvata, odnosno minimizacije funkcije ukupnih troškova, ukazuje na izbor strategije održavanja.

Preventivno održavanje kada su za vreme trajanja preventivnog vremana slučajni otkazi mogući

Kod ovog modela (slika 3) zamena se izvodi nakon planiranog vremena "t_p". Za vreme trajanja vremena rada alata mogući su slučajni otkazi. Broj otkazanih alata je funkcija vremena i predstavlja očekivani broj kvarova u intervalu izmedju dva preventivna zahvata "$H_{(t_p)}$".

Funkcija troškova je zbir troškova preventivne akcije i troškova korektivne akcije uvećanog brojem očekivanih kvarova (slučajnih otkaza) u intervalu izmedju dva preventivna zahvata:



Slika 3

$$C_{p1} = |C_p + C_{c1} H(t_p)| / t_p \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3)$$

C_p - troškovi preventivne zamene

C_{c1} - troškovi korektivne zamene

$H_{(t_p)}$ - očekivani broj kvarova u intervalu izmedju dva preventivna zahvata

Za jednostavnije raspodele očekivani broj kvarova se relativno lako odredjuje. Za složenije raspodele, kao što je raspodela "Weibull"-a, s obzirom da se kod odredjivanja očekivanog broja kvarova koristi "Laplace"-ova transformacija, odredjivanje ove funkcije je veoma složeno i prevazilazi inženjerske mogućnosti. Osim toga, dovoljna preciznost odredjivanja očekivanih broja kvarova po ovoj metodi postiže se samo za odredjene distribucije i za podatke sa vrlo malom devijacijom. Postoji mogućnost da se složena distribucija zameni sa nekoliko prostiji, kao specijalni slučajevi, što opet nepovoljno utiče na tačnost dobijenih rezultata. Tako na primer: raspodela "Weibull"-a kao mešovita, sa područjem vrednosti parametara oblika $\beta=1$ i $\beta=3$, može se opisati sa jednom eksponencijalnom i jednom Normalnom raspodelom. Pčekivani broj otkaza mešovite raspodele se sastoji iz:

$$H_{(t_p)} = \lambda t$$

$$H_{(t_p)} = \frac{t}{\mu} + \frac{\sigma^2 - \mu^2}{2\mu^2}$$

gde je:

$\mu = n\Gamma\ (1+1/\ )$

$\sigma^2 = n^2 \{\Gamma(1+2/\beta) - |\Gamma(1+1/\beta)|^2\}$

Za diskretnu veličinu izvanredno precizan način odredjivanja očekivanog broja kvarova je prema jednačini:

$$H_{(t_p)} = \sum_{i=0}^{t_p - 1} |1 + H(t_p - i - 1)| \int_i^{i+1} f(t)dt \quad \ldots\ldots\ldots (4)$$

Broj očekivanih kvarova je zbir proizvoda: broja očekivanih kvarova u jednom intervalu kada se

prvi kvar dogadja u odredjenom trenutku i verovatno će dogadja prvog kvara u granicama tog trenutka. U jednačini e pojavljuje onoliko koraka koliko je vremenskih jedinica u intervalu "t_p", pa je pogodna samo za obradu na računaru. Krajnji oblik funkcije troškova za ovaj model je:

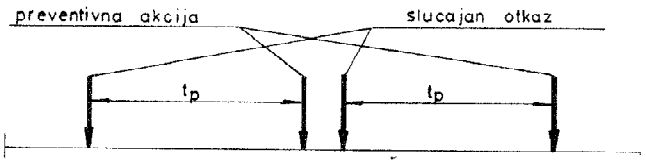
$$C_{p1}=\frac{1}{t_p}\{\frac{C_A}{i+1}+\frac{t''_o s_o}{60}(1+R)+\frac{t''_z s_z}{60}(1+R)+\frac{C_m\cdot p_m}{100\Sigma t_{im}}t_z+$$
$$+|\frac{C_A}{2}(L_{ri}+2L_d)+\frac{t'_o s_o}{60}(1+R)L_{ri}+\frac{t'_z s_o}{60}(1+R)+$$
$$+\frac{C_n\cdot p_m}{100\Sigma t_{im}}t'_z|H_{(t_p)}\}.....(5)$$

t'_o - vreme oštrenja alatka kod preventivne zamene

t'_z - vreme zamene alata kod preventivne zamene

Preventivno održavanje kada za vreme trajanja preventivnog vremena nema slučajnih otkaza

Ovaj model preventivnog održavanja je prikazan na slici 4, Nakon slučajnog otkaza počinje treći period "t_p". Ukoliko nema pojave slučajnih otkaza, alat se menja nakon isteka vremena "t_p". Ako se u intervalu dva preventivna zahvata pojavi slučajni otkaz, od tog momenta počinje teći novi period preventivnog održavanja. Ovako postavljen model može se predstaviti sledećom jednačinom:



Slika 4.

$$C_{p_2}=\{C_p R(t_p)+C_{c1}|1-R(t_p)|\}/\{t_p R(t_p)+$$
$$+M(t_p)|1-R(t_p)|\}\ .....(6)$$

gde su:

$R(t_p)$ - verovatnoća bezotkaznog rada u periodu "t_p"

$1-R(t_p)$ - verovatnoća otkaza u periodu "t_p"

$M(T_p)$ - očekivano vreme rada do otkaza

$$M(t_p)=\int_o^{t_p} R(t_p)dt\ .....(7)$$

Razvijanjem ovog integrala preko "Mac Loren"-ovog reda, dobija se za očekivano vreme do otkaza:

$$M_{(t_p)}=\frac{N_1}{N}\{t-\frac{\eta_1(\frac{t}{\eta_1})^{\beta_1+1}}{\beta_1+1}+\frac{\eta_1(\frac{t}{\eta_1})^{2\beta_1+1}}{2!(2\beta_1+1)}...+..$$
$$+\frac{\eta_1(\frac{t}{\eta_1})^{n\beta_1+1}}{n!(n\beta_1+1)}\}+\frac{N_2}{N}\{t-\frac{\eta_2(\frac{t}{\eta_2})^{\beta_2+1}}{\beta_2+1}+\frac{\eta_2(\frac{t}{\eta_2})^{2\beta_2+1}}{2!(2\beta_2+1)}+$$
$$....+\frac{\eta_2(\frac{t}{\eta_2})^{n\beta_2+1}}{n!(n\beta_2+1)}\}\ .....(8)$$

Funkcija troškova ima konačan oblik:

$$C_{p_2}=\frac{\frac{C_A}{i+1}+\frac{t''_o s_o}{60}(1+R)+\frac{t''_z s_o}{60}(1+R)}{t_p R(t_p)+\int_\infty^{t_p} tf_{(t)}dt\ 1-R_{(t_p)}}+$$
$$+\frac{\frac{C_m p_m}{100\Sigma t_{im}}t''_z|R(t_p)+0,65\cdot C_a+0,7\frac{t'_o s_o}{60}(1+R)}{t_p R(t_p)+\int_\infty^{t_p} tf_{(t)}dt|1-R_{(t_p)}}+$$
$$+\frac{\frac{t'_z s_z}{60}(1+R)+\frac{C_m p_m}{100\Sigma t_{im}}t_z|(1-R_{(t_p)}}{t_p R(t_p)+\int_\infty^{t_p} tf_{(t)}dt|1-R_{(t_p)}|}.....(9)$$

3. EKSPERIMENTALNI REZULTATI

Ispitivanje usvojenih modela zamene izvršeno je na skupu od 3[illegible] ureznika. Rezultati su prikazani na slici 6 i u tabeli 1. Skup je opisan raspodelom "Weibull"-a kao mešovitom sa razdvajanjem na dva podskupa sa parametrima:

$\beta_1 = 1.1$ $\beta_2 = 3$

$\eta_1 = 100$ $\eta_2 = 530$

$N_1 = 7$ $N_2 = 23$

Srednje vreme bezotkaznog rada cele distribucije je:

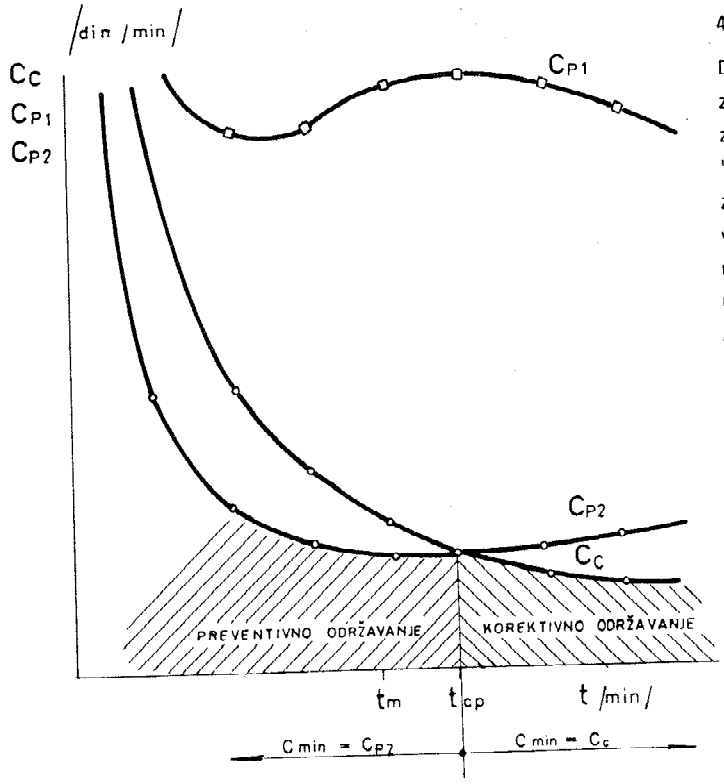
$$T_{SR}=\frac{N_1}{N}\eta_1\,\Gamma(1/\beta_1+1)+\frac{N_2}{N}\eta_2\,\Gamma(1/\beta_2+1)\ .....(10)$$

Nakon formiranja konstantni u funkcijama troškova dobijamo jednačine:

$$C_c(t)=720,20\ t\ .....(11)$$

$$C_{p1}=\frac{383,40+720,20\ H(t_p)}{t}\ .....(12)$$

$$C_{p2}=\frac{283,40\ R_{(t)}+720,20\ Q_{(t)}}{t}\ .....(13)$$



Slika 5.

4. ZAKLJUČAK

Dobijeni rezultati ukazuju na to da su troškovi zamene najmanji kod drugog modela preventivne zamene. Prema ovom modelu zamenu treba vršiti "t_p" minuta nakon slučajnog otkaza. Ovakav model zamene obezbedjuje minimalne troškove za svako vreme $t_p < t_{cp}$. Posle ovog vremena, usled povećanog broja očekivanih otkaza povećanje troškova Cp_2, iznad nivoa troškova korektivne zamene. Ako alat u radu predje vreme t_{cp} treba se odlučiti za nastavak sa korektivnom akcijom, odnosno raditi do loma alata. I pored vrlo složenih metoda i glomaznih funkcija ponddjena metodologija izbora optimalne strategije zamene je pogodna za praktičnu primenu. Prema sačinjenom programu svi rezultati su dobijeni računarom. Verifikacija dobijenih rezultata je potvrdjena jednakošću srednjeg vremena bezotkaznog rada i očekivanog vremena do otkaza za ceo skup. Praktična primena predložene metodologije izbora strategije je moguća, uz odredjene organizacione pripreme. Izvodjenje zamene, nakon signala sa mašine, izvodljivo je u širokom vremenskom intervalu t_{cp}-t u kojem je funkcija troškova bliska minimumu.

TABELA 1:

t_i	$R_{(t)}$	$f_{(t)} \cdot 10^{-4}$	$\lambda_{(t)} \cdot 10^{-1}$	$Q_t = F_t$	Hit (kom)	$M_{(tp)}$ (min)	Cc_1 (din/min)	Cp_1 (din/min)	Cp_2 (din/min)
0- 50	0,9178	14.5	15.84	0.0822	2,63	47,9	14,4	43,55	9,798
50-100	0,8565	9.38	10.947	0.1435	4,59	92,32	7,2	35,89	3,498
100-150	0,8098	8.719	10.77	0.1904	6,09	133,72	4,80	31,13	2,495
150-200	0,7660	8.986	11.73	0.2340	7,49	172,99	3,60	28,39	1,99
200-250	0,9175	10.558	14.71	0.2825	9,04	210,275	2,88	27,18	1,70
250-300	0,6594	12.764	19.36	0.3406	10,90	244,31	2,40	27,11	1,54
300-350	0,5899	15.16	25.69	0.4101	13,12	276,49	2,06	27,81	1,45
350-400	0,5105	16.666	32.6	0.4895	15,66	304,8	1,80	28,90	1,407
400-450	0,4248	17.438	41.0	0.5752	18,41	327,58	1,60	30,09	1,408
450-500	0,3380	17.074	50,5	0.6620	21,12	246,12	1,44	30,99	1,43
500-550	0,2558	15.613	61	0.7442	23,81	362,3	1,31	31,84	1,48
550-600	0,1833	13.308	72.6	0.8167	26,13	372,98	1,20	31,84	1,54
600-650	0,1236	10.53	85.176	0.8764	28,04	380,42	1,108	31,50	1,61
650-700	0,078	7.7	98.7	0.9220	29,5	384,68	1,03	30,76	1,68
700-750	0.0459	6.6	145	0.9541	30,53	388,1	0,96	29,69	1,73

5. LITERATURA

1. Barlow R.E. J.C. Hunter — "Optimum Preventive Menintence Policies" Operations Res. Vol. 8, 1960
2. Barlow R.E. — "Comparison of Replacement Policies and Renewal Theory Implications" Ann Nath.Stat. Vol.35, 1964
3. Field M. — Analysis and Optimization at Cost and Production in Metal Removal, First International Conference on Product Development and Manifacturing Tehnology, Glasgov, 1969
4. Grothus H. — Failure prevention by preventive maintenance "Machines and equipment maintenance No4,1973
5. Ivković B. — Struktura troškova proizvodnje u obradi metala, Kragujevac, 1974
6. Jardine A.K.S. — Maintenance, Replecemant and Reliability, The Pitman Press, Bath, Great Piritain, 1973
7. Jorgenson D.W. McCall J.J. Radner R. — Optimal Replacement Policy, Nord-Holland Publishing Company, Amsterdam, 1974
8. Nikolić B. Stankov J. Dakić P. — The Choice of Economical number of Tap Sharpening, IV Symposium on Operation Research, Köln, 1980
9. Stankov J. Nikolić B. — Reliability Application in Preventive Maintenance Program and Cost Consideration for Cutting-Tools, III Simposium on Operations Research, Mannheim, 1978
10 Thomson W.T. — Laplace Transformation, London, 1957
11 Vukadinović S. Teodorović D. — Elementi teorije pouzdanosti i teorije obnavljanja tehničkih sistema, Privredni pregled, Beograd, 1979

B. Nikolić

SOME MATHEMATICAL MODELS OF THE FUNCTION OF THE CUTTING TOOL REPLACEMENT COST

Abstract

Reliability theory is employed in this work to determine a method for quantitative measurement of the economics and safety of the elements of a machining system.Three mathematical models of tool replacement are outlined, and for each of them the analysis is performed of the function of total maintenance cost.The models dealt with are: corrective maintenance (tool replacement after the failure following full use), preventive maintenance with failure replacement at constant intervals "t_p", and preventive maintenance without random failures within constant intervals "t_p".

XIX SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE

Kragujevac, septembar 1985.

STVARNI I PROSJEČNI UČIN ODREZIVANJA PRI HORIZONTALNOM TRAČNOM PILJENJU

E. Kuljanić, Tehnički fakultet, Rijeka
L. Kravanja, TAP Prvomajska Raša, Raša

Sažetak: Stvarni učin odrezivanja horizontalnim tračnim piljenjem, mm^2/min, ne daje dovoljno informacija korisniku da bi mogao utvrditi koliko se odrezaka, odnosno površine može odrezati u određenim uvjetima. Da bi se, koristeći stvarni učin odrezivanja, mogao odrediti mogući broj odrezaka odnosno odrezana površina, npr. u jednoj smjeni, predloženi su i istraženi prosječni i stvarni učin odrezivanja te omjer odrezivanja. Omjer odrezivanja za piljenje čelika ugljičnim trakama je $O = 0,56 \ldots 0,62$ zavisno da li je piljenje pojedinačno ili je automatsko. Međutim, za piljenje čelika bimetalnom trakom omjer odrezivanja je $O = 0,25$ za pojedinačno piljenje i $O = 0,38$ za automatsko piljenje.

1 UVOD

Horizontalno tračno piljenje je važan postupak obrade skidanjem strugotine za odrezivanje zbog: visoke produktivnosti, malog otpada materijala, najčešće automatiziranog procesa i relativno malog investicionog ulaganja u opremu. Činjenica je da se horizontalno tračno piljenje približno četiri puta više primjenjuje u SAD i u Japanu, nego u Evropi.

Tri osnovna posmična sistema pri horizontalnom tračnom piljenju su: gravitacioni, posmični sistem s konstantnom posmičnom silom F_s = konst. i posmični sistem s konstantnom posmičnom brzinom v_f = konst. Vrijeme odrezivanja obratka određenog presjeka može se izračunati samo za posmični sistem s konstantnom posmičnom brzinom. Za prva dva posmična sistema posmak po zubu mijenja se za vrijeme obrade. Zbog toga, proizvođači alata ili strojeva za horizontalno tračno piljenje daju korisnicima približne vrijednosti učina odrezivanja mm^2/min za određeni materijal obratka s odgovarajućom trakom, koji se odnosi na efektivno rezanje. Budući da u literaturi nema podataka o vremenima za pojedine zahvate pri tračnom piljenju, npr. za pripremno završno vrijeme, za pomoćno vrijeme i sl., stvarni učin odrezivanja ne daje dovoljnu informaciju korisniku da bi mogao procijeniti vrijeme odrezivanja, ili koliko se površine, odnosno odrezaka, može odrezati u određenim uvjetima, npr. u jednoj smjeni. Zbog toga predlaže se u ovom radu prosječni učin i omjer odrezivanja, tj. omjer prosječnog i stvarnog učina odrezivanja.

2 PROSJEČNI I STVARNI UČIN ODREZIVANJA

Prosječni učin odrezivanja horizontalnim tračnim piljenjem je omjer odrezane površine A i ukupnog vremena piljenja t

$$U_p = \frac{A}{t} \quad . \qquad (1)$$

Stvarni učin odrezivanja horizontalnim tračnim piljenjem je omjer odrezane površine A i glavnog strojnog vremena t_{gs}, koji je za horizontalno tračno piljenje jednako glavnom vremenu t_g

$$U_s = \frac{A}{t_{gs}} \qquad (2)$$

Proizvođači alata ili strojeva za horizontalno tračno piljenje navode podatke stvarnog učina odrezivanja.

Jedan od osnovnih razloga zbog čega se predlaže prosječni učin odrezivanja horizontalnim tračnim piljenjem, a ne neki drugi način, je mogućnost korištenja podataka o učinu odrezivanja, odnosno o stvarnom učinu odrezivanja u literaturi.

3. OMJER ODREZIVANJA

Da bi se jednostavno mogao odrediti prosječni učin odrezivanja horizontalnim tračnim piljenjem pomoću stvarnog učina odrezivanja u industrijskim ili radioničkim uvjetima, uvodi se omjer odrezivanja, tj. omjer stvarnog i prosječnog učina.

$$O = \frac{U_p}{U_s}, \qquad (3)$$

ili uvrštenjem (1) i (2) u (3)

$$O = \frac{t_g}{t} \qquad (4)$$

Pokusima su određeni prosječni i stvarni učin odrezivanja te omjer odrezivanja.

4. PLAN POKUSA

Da bi se utvrdio utjecaj alata na prosječni učin odrezivanja i na omjer odrezivanja, te da se odredi omjer odrezivanja za dvije najčešće upotrebljavane vrste traka, pokusi su izvršeni s :

- bimetalnim trakama i s
- ugljičnim trakama.

Izvršeno je pet pokusa sa svakom vrstom trake. Također izvršeno je pet mjerenja vremena koja čine ukupno vrijeme piljenja t .

5. UVJETI IZVOĐENJA POKUSA

5.1 Alatni stroj, alat i obradak

Pokusi su izvršeni na horizontalnoj tračnoj pili SELECT-O-MAT 320S, proizvod "Prvomajska", Raša, slijedećim alatima.

Bimetalna traka MZ HSS, proizvod "Prvomajska", Raša :

broj zubi na col - 4
oblik zuba - standardni
razmetanje zuba - standardno
dimenzije trake - 3660 x 25 x 0,90 mm

Ugljična traka Select standard 100 proizvod "Prvomajska" - Raša:

broj zubi na col - 4
oblik zuba - standardni
razmetanje zuba - standardno
dimenzije trake - 3660 x 25 x 0,90 mm.

Obradak je bio čelični trupac promjera D = 150 mm za pokuse s bimetalnom trakom, a za pokuse s ugljičnom trakom D = 140 mm. Materijal obratka bio je u oba slučaja Č.1530.

5.2 Režimi obrade

Režimi obrade su različiti za primijenjene trake. Za bimetalnu traku brzina rezanja bila je v = 80 m/min. Vrijeme praznog hoda, tj. vrijeme potrebno za spuštanje okvira pile na 100 mm bez rezanja, bilo je t_{ph} = 1,5 min/100 mm.

Režim obrade za ugljičnu traku bio je: brzina rezanja v = 35 m/min, a vrijeme praznog hoda t_{ph} = 3 min/100 mm.

5.3 Ostali uvjeti izvođenja pokusa

Hlađenje i podmazivanje vršeno je pomoću 10% emulzije za hlađenje i podmazivanje - Sintolin ulja. Protok sredstva za hlađenje i podmazivanje bio je 0,16 dm^3/s. Pokusi su vršeni u Laboratoriju za obradu materijala i alatne strojeve Tehničkog fakulteta Rijeka.

6. REZULTATI POKUSA I ANALIZA REZULTATA

Za određivanje prosječnog učina odrezivanja horizontalnim tračnim piljenjem treba poznavati ukupno vrijeme piljenja.

6.1 Ukupno vrijeme piljenja

U ovom radu ukupno vrijeme piljenja rastavljeno je, kao i za druge postupke obrade skidanjem strugotine, na:

pripremno završno vrijeme, t_{pz}

komadno vrijeme, t_k

dopunsko vrijeme, t_d,

a jednako je

$$t = 1{,}15\ (t_{pz}/N + t_o + t_{sp}/N) \qquad (5)$$

gdje su: t_{pz} - pripremno završno vrijeme, t_o - operativno vrijeme, t_{sp} - sporedno vrijeme i N - broj izvršenih rezova. Dopunsko vrijeme t_d uzeto je u obzir s faktorom 1,15.

Ova vremena rastavljaju se prema (sl. 1) [1] za pojedinačno odrezivanje kako slijedi

$$t = 1{,}15\ \left[t_{pz}/N + t_{gs} + t_{ps} + t_{psr} + t_{prč} + (t_{prt} + t_{pro})/N + t_{pod}/N\right]. \qquad (6)$$

Međutim za automatsko odrezivanje ukupno vrijeme piljenja je

$$t = 1{,}15\ \left[t_{pz}/N + t_{gs} + t_{ps} + (t_{prt} + t_{pro})/N + t_{pod}/N\right], \qquad (7)$$

tj. izostavljena su vremena vezana za ručni rad.

U iznosima (6) i (7) imamo: t_{gs} - efektivno vrijeme odrezivanja, t_{ps} - pomoćno strojno vrijeme, t_{psr} - pomoćno strojno - ručno vrijeme, $t_{prč}$ - pomoćno ručno vrijeme, t_{prt} - vrijeme za tehničko posluživanje radnog mjesta, t_{pro} - organizaciono vrijeme i t_{pod} - vrijeme potrebno za prirodne potrebe i za odmor.

Ukupno vrijeme piljenja čelika Č.1530 s ugljičnom trakom pri pojedinačnom odrezivanju horizontalnim tračnim piljenjem određeno je na temelju pokusa (tabl. 1) pomoću izraza (6)

$t = 19{,}74$ min.

Ukupno vrijeme piljenja istog čelika s istom trakom pri automatskom odrezivanju horizontalnim tračnim piljenjem (tabl. 1) je

$t = 17{,}94$ min.

Pri pojedinačnom odrezivanju horizontalnim tračnim piljenjem čelika Č.1530 s bimetalnom trakom ukupno vrijeme piljenja je (tabl.2)

$t = 6{,}23$ min,

dok je ukupno vrijeme piljenja istog čelika s istom trakom samo pri automatskom odrezivanju horizontalnim tračnim piljenjem (tabl. 2)

$t = 4{,}16$ min.

6.2 Stvarni i prosječni učin te omjer odrezivanja pri pojedinačnom odrezivanju - traka Select standard 100

Na temelju pokusa odrezivanja čelične šipke Č.1530 promjera D = 140 mm ugljičnom trakom Select Standard 100 brzinom rezanja v = 35 m/min i s vremenom praznog hoda t_{ph} = 3 min/100 mm (tabl. 3) [2] određen je prema (2) stvarni učin odrezivanja horizontalnim tračnim piljenjem

$U_s = 1372\ mm^2/min.$

Prema izrazu (1) koristeći ukupno vrijeme piljenja za pojedinačno odrezivanje na horizontalnoj tračnoj pili u istim uvjetima određen je prosječni učin odrezivanja

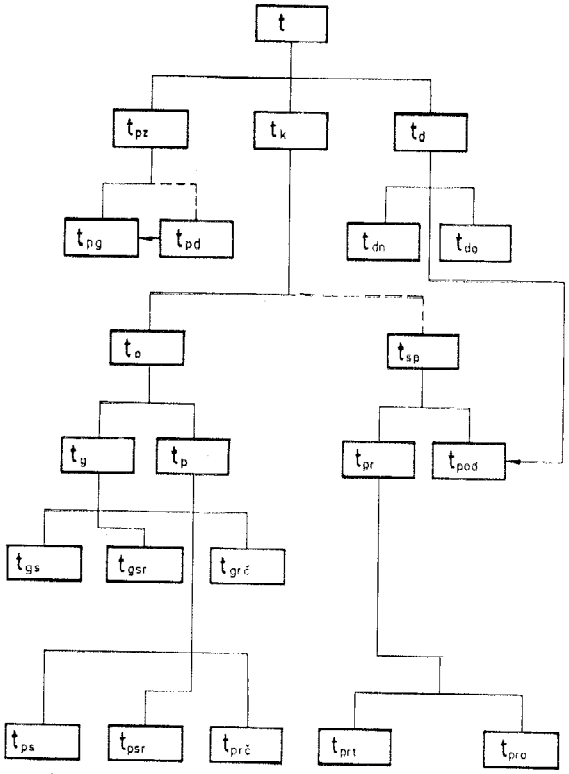
$U_p = 779\ mm^2/min.$

Treba istaknuti da prema definiciji (2) stvarni učin zavisi o površini presjeka obratka i o potrebnom vremenu za jedan rez, dok prosječni učin zavisi o načinu odrezivanja, tj. da li je odrezivanje pojedinačno ili automatsko.

Omjer odrezivanja pri pojedinačnom piljenju ugljičnom trakom prema (3) je

$$O = \frac{U_p}{U_s} = 0{,}56\ .$$

6.3 Prosječni učin te omjer odrezivanja pri automatskom odrezivanju - traka Select Standard 100



Sl. 1 Ukupno vrijeme piljenja na hor ntalnoj tračnoj pil i njegovi dijelovi.

TABLICA 1. VREMENA ZA PILJENJE S UGLJIČNOM TRAKOM

	ZAHVATI	VREMENA U MINUTAMA						
		t_{pz}	t_{gs}	t_{ps}	t_{psr}	t_{pro}	t_{prz}	t_{per}
1.	PREUZIMANJE ZADATKA I ODREĐIVANJE REŽIMA OBRADE	5						
2.	POSTAVLJANJE OBRATKA DIZALICOM NA STROJ	12						
3.	POSTAVLJANJE TRAKE I PODEŠAVANJE VODILICA	4,5						
4.	ZAGRIJAVANJE STROJA	10						
5.	PODEŠAVANJE VISINE DIZANJA OKVIRA	1						
6.	PODEŠAVANJE VISINE REZANJA	4,5						
7.	PODEŠAVANJE POSMAKA REZANJA POMOĆU VREMENA PRAZNOG HODA	1						
8.	PODEŠAVANJE DUŽINE REZANA OBRATKA	1						
9.	POČETNO NAMJEŠTANJE OBRATKA ZA REZANJE	0,5						
10.	VRIJEME REZANA OBRATKA		11,2					
12.	PROVJERA DUŽINE OBRATKA						12	
13.	ISKLJUČIVANJE STROJA IZ AUTOMATSKOG CIKLUSA RADA	0,10						
14.	SKIDANJE TRAKE	2						
15.	SPUŠTANJE OKVIRA PRI KRAJU CIKLUSA OBRADE	1						
16.	ČIŠĆENJE I PODMAZIVANJE STROJA					20		
17.	ODMOR							30
18.	NAPUŠTANJE RADNOG MJESTA RADI FIZIOLOŠKIH POTREBA							10
19.	OTPREMANJE MATERIJALA I GOTOVIH DIJELOVA	10						
20.	NAMJEŠTANJE OBRATKA U POČETNI POLOŽAJ REZANJA				2			
21.	UKLJUČIVANJE STROJA				0,10			
22.	PROVJERA DUŽINE OBRATKA				0,10			
23.	DIZANJE OKVIRA U GORNJI POLOŽAJ			0,10				

TABLICA 2. VREMENA ZA PILJENJE S BIMETALNOM TRAKOM

	ZAHVATI	VREMENA U MINUTAMA						
		t_{pz}	t_{gs}	t_{pa}	t_{psr}	t_{pro}	t_{prt}	t_{pod}
1.	PREUZIMANJE ZADATKA I ODREĐIVANJE REŽIMA OBRADE	5						
2.	POSTAVLJANJE OBRATKA DIZALICOM NA STROJ	12						
3.	POSTAVLJANJE TRAKE I PODEŠAVANJE VODILICA	4,5						
4.	ZAGRIJAVANJE STROJA	1o						
5.	PODEŠAVANJE VISINE DIZANJA OKVIRA	1						
6.	PODEŠAVANJE VISINE REZANJA	o,5						
7.	PODEŠAVANJE POSMAKA REZANJA POMOĆU VREMENA PRAZNOG HODA	6						
8.	PODEŠAVANJE DUŽINE REZANA OBRATKA	1						
9.	POČETNO NAMJEŠTANJE OBRATKA ZA REZANJE	o,5						
1o.	VRIJEME REZANA OBRATKA		1,7					
12.	PROVJERA DUŽINE OBRATKA						12	
13.	ISKLJUČIVANJE STROJA IZ AUTOMATSKOG CIKLUSA RADA	o,1o						
14.	SKIDANJE TRAKE	2						
15.	SPUŠTANJE OKVIRA PRI KRAJU CIKLUSA OBRADE	1						
16.	ČIŠĆENJE I PODMAZIVANJE STROJA					2o		
17.	ODMOR							3o
18.	NAPUŠTANJE RADNOG MJESTA RADI PRIRODNIH POTREBA							1o
19.	OTPREMANJE MATERIJALA I GOTOVIH DIJELOVA	1o						
2o.	NAMJEŠTANJE OBRATKA U POČETNI POLOŽAJ REZANJA				2			
21.	UKLJUČIVANJE STROJA				o,1o			
22.	PROVJERA DUŽINE OBRATKA				o,1o			
23.	DIZANJE OKVIRA U GORNJI POLOŽAJ			o,1o				

Tablica 3 Pokusi odrezivanja horizontalnim [illegible] činim piljenjem čelika Č.1530, D = 110 mm, v = 35 m/min, t_{ph} = 3 min/100 mm [illegible] rakom Select standard 100, 4 z/1 col

Red. br.	t_{gs} min	U_s mm^2/min	Red. br.	t_{gs} min	U_s mm^2/min
1	11,354	1355,80	17	11,166	1378,63
2	11,366	1354,37	18	11,233	1366,39
3	11,366	1354,37	19	11,250	1368,33
4	11,316	1360,35	20	11,150	1380,61
5	11,333	1358,31	21	11,116	1384,83
6	11,283	1364,33	22	11,136	1382,09
7	11,250	1368,33	23	11,083	1388,95
8	11,266	1366,39	24	11,133	1382,71
9	11,200	1374,44	25	11,083	1388,95
10	11,283	1364,33	26	11,133	1382,71
11	11,216	1372,48	27	11,100	1386,83
12	11,316	1360,35	28	11,050	1393,10
13	11,250	1368,33	29	11,030	1395,33
14	11,266	1366,39	30	11,083	1388,95
15	11,200	1374,44	31	11,100	1386,82
16	11,216	1325,22			

U_s - stvarni učin odrezivanj

t_{gs} - glavno strojno vrijeme

Stvarni učin odrezivanja je po definiciji isti za pojedinačno i za automatsko odrezivanje

$$U_s = 1372 \text{ mm}^2/\text{min}.$$

Međutim, mijenja se prosječni učin koji zavisi o ukupnom vremenu piljenja. Iz izraza (1) i ukupnog vremena piljenja za automatsko odrezivanje na horizontalnoj tračnoj pili proizlazi prosječni učin odrezivanja

$$U_p = 857 \text{ mm}^2/\text{min}.$$

Omjer odrezivanja pri automatskom piljenju je

$$O = \frac{U_p}{U_s} = 0,62.$$

6.4 Stvarni i prosječni učin te omjer odrezivanja pri pojedinačnom odrezivanju - bimetalna traka s brzoreznim čelikom

Na isti način kao i u prethodnim točkama određeni su stvarni i prosječni učini odrezivanja, te njihov omjer pri pojedinačnom odrezivanju čelika Č.1530 bimetalnom trakom s brzoreznim čelikom M2 HSS domaće proizvodnje TAP - Prvomajska - Raša.
Na temelju pokusa na domaćoj horizontalnoj tračnoj pili i dobivenih rezultata određen je prema (2) stvarni učin odrezivanja horizontalnim tračnim piljenjem

$$U_s = 11200 \text{ mm}^2/\text{min}.$$

Prema izrazu (1) i prije utvrđenim ukupnim vremenom piljenja za pojedinačno odrezivanje na horizontalnoj tračnoj pili određen je prosječni učin odrezivanja

$$U_p = 2834 \text{ mm}^2/\text{min}.$$

Omjer odrezivanja pri pojedinačnom piljenju bimetalnom trakom je

$$O = \frac{U_p}{U_s} = 0,25.$$

6.5 Prosječni učin te omjer odrezivanja pri automatskom odrezivanju - bimetalna traka s brzoreznim čelikom

Također i pri automatskom odrezivanju bimetalnim trakama s brzoreznim čelikom stvarni učin odrezivanja je isti kao i stvarni učin za pojedinačno odrezivanje.

$$U_s = 11200 \text{ mm}^2/\text{min}.$$

Iz izraza (1) i utvrđenog ukupnog vremena piljenja za automatsko odrezivanje na horizontalnoj tračnoj pili proizlazi prosječni učin odrezivanja

$$U_p = 4243 \text{ mm}^2/\text{min}.$$

Omjer odrezivanja pri automatskom piljenju je

$$O = \frac{U_p}{U_s} = 0,38 .$$

7. Zaključna razmatranja i zaključci

Uvođenjem prosječnog učina odrezivanja i omjera odrezivanja dolazimo do novih saznanja koja daju više svjetla u postupak odrezivanja horizontalnim tračnim piljenjem.
Vrst trake, odnosno materijal trake, značajno utječe na ukupno vrijeme odrezivanja određeno izrazima (5), (6) i (7).
Zajednički utjecaj načina odrezivanja (pojedinačno ili automatsko odrezivanje) i materijala trake također značajno utječe na ukupno vrijeme odrezivanja. Ukupno vrijeme odrezivanja veće je za 50% pri pojedinačnom odrezivanju s bimetalnom trakom od ukupnog vremena odrezivanja pri automatskom odrezivanju s istom trakom. Međutim, ukupno vrijeme odrezivanja pri pojedinačnom odrezivanju s ugljičnom trakom veće je samo za 10% od ukupnog vremena odrezivanja pri automatskom odrezivanju s istom trakom.

Obrnuti zajednički utjecaj načina odrezivanja i materijala alata trake dobije se za prosječni učin što proizlazi iz definicije prosječnog učina, izraz (1). Prosječni učin pri automatskom odrezivanju veći je za 50% od prosječnog učina pri pojedinačnom odrezivanju s bimetalnom trakom, dok je prosječni učin pri automatskom odrezivanju s ugljičnom trakom veći za 10% od prosječnog učina pri pojedinačnom odrezivanju s istom trakom.
Omjer odrezivanja, tj. omjer prosječnog i stvarnog učina odrezivanja za ugljične trake kreće se od O = 0,56 ... 0,62 zavisno o načinu odrezivanja. Veća vrijednost odnosi se na automatsko odrezivanje ugljičnim trakama, a manja vrijednost vrijedi za pojedinačno piljenje. Međutim omjer odrezivanja je mnogo manji za bimetalne trake O = 0,25 pri pojedinačnom piljenju, a omjer odrezivanja pri automatskom piljenju bimetalnim trakama je O = 0,38.
Također iz dobivenih rezultata proizlazi da je omjer odrezivanja pri automatskom piljenju s ugljičnim trakama veći za 11% od omjera odrezivanja pri pojedinačnom piljenju s istom trakom. Međutim, omjer odrezivanja pri automatskom piljenju s bimetalnim trakama veći je za 52% od omjera odrezivanja pri pojedinačnom piljenju s istim trakama. Do ovako velikih razlika u omjeru odrezivanja dolazi, budući da materijal trake jače utječe na glavno strojno vrijeme t_{gs} nego na ukupno vrijeme odrezivanja t.
Vrijednosti ovdje određenog omjera odrezivanja mogu se primijeniti u radioničkim i industrijskim uvjetima kao približne veličine za određivanje prosječnog učina odrezivanja U_p koristeći se vrijednostima stvarnog učina odrezivanja U_s iz literature, pošto se dobiveni rezultati u ovom radu temelje na pokusima s jednim materijalom obratka Č.1530 te da je veličina serije jednaka broju odrezaka prije navedenih dimenzija koji se mogu odrezati u jednoj smjeni.
Ako su u praksi velike serije sličnih odrezaka, poželjno je da se pokusima odredi stvarni učin odrezivanja i prosječni učin odrezivanja čije će vrijednosti imati veću pouzdanost.
U daljnjem radu trebalo bi nastaviti ovo istraživanje, budući da su ovdje postavljene osnove prosječnog učina odrezivanja i omjera odrezivanja.

8. LITERATURA

1. Vodenik Ferdo, Studij i analiza vremena izrade - normiranje, Zagreb, Tehnička knjiga, 1969, str. 12

2. Vodarić Spomenko, Diplomski rad, Tehnički fakultet Rijeka, Rijeka 1983.

E.Kuljanić, L.Kravanja

THE REAL AND AVERAGE OUTPUT OF THE CUTTING IN HORIZONTAL BAND SAWING

Abstract

The real output of the cutting in horizontal band sawing, expressed in mm^2/min, does not give the user enough data to determine how many pieces and/or how much surface can be sawed in given conditions.In order to enable one to determine on the basis of the real cutting output possible number of pieces and/or the value of the surface that can be cut e.g. during one shift, the average and real cutting outputs were studied as well as the cutting ratio.For steel sawing with carbon bands the cutting ratio was found to range from 0.56 to 0.62, depending upon whether the cutting was single or automatic. However, for steel sawing with the bimetal band was 0.25 for single sawing, and 0.38 for the automatic case.

XIX SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE

Kragujevac, septembar 1985.

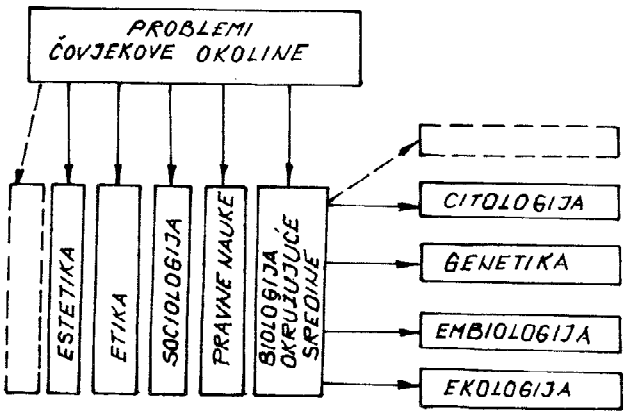
METODE ODSISAVANJA PRAŠINE I RASPLINJENOG SHIP-a STVORENOG U PROCESU OBRADE REZANJEM METALA I NEMETALA

Lj. Zirojević, Industrija alata "Trebinje",
Trebinje

Rezime

Porast brige o zdravlju radnog čovjeka i sve veća strogost propisa dovode nas u položaj da moramo primijenjivati najsavremenije uredjaje koji obezbijedjuju te zahtijevane uslove. U radu se opisuju ti moderni uredjaji koji obezbijedjuju odsisavanje prašine i rasplinjenog SHIP-a po principima elektrostatičkog odsisavanja u pojedinačnom izvodjenju ili u obliku centralnog sistema. Opisani su uslovi pod kojima dolazi do rasplinjavanja SHIP-a u procesu rezanja kao i načini spriječavanja stvaranja magle od rasplinjenog SHIP-a.

Probleme čovjekove okoline i zdravlja čovjeka, današnja nauka razmatra sa različitih aspekata. Obično se kaže da je najviše ekologija uključena u ta istraživanja, medjutim, slika 1., pokazuje da i ostale nauke istražuju probleme čovjekove okoline, a zbir svih tih istraživanja će dovesti do prave i potpune zaštite i čovjeka i okoline.
U procesima obrade metala rezanjem, kao i rezanju nemetala, stvara se nusprodukt strugotina a sredstvo za hladjenje, ispiranje i podmazivanje (SHIP) se rasplinjuje i pretvara u najfinije čestice koje lebdeći u okolini procesa rezanja dolaze u respiratorne organe radnika. Osim toga strugotina iz procesa rezanja se takodje pretvara u najfinije čestice, kao i otpaci iz alata (tocilo) i napadaju



Slika 1.

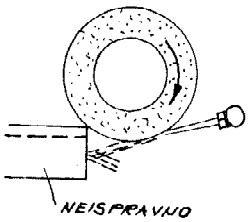
Mjesto ekologije u sistemu nauka

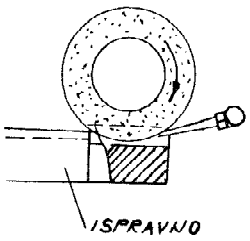
organe za disanje.
U današnje vrijeme pojačane štednje svih sirovina, potrebno je takodje, rasplinjeno SHIP ponovo vraćati u proces (recycling) upotrebe, a ne sa njim zagadjivati čovjekovu okolinu. Da bi se ovo postiglo razvijene su metode odsisavanja prašine i rasplinjenog SHIP-a iz procesa rezanja i spoljnje okoline mašine i mogu biti:

- primjena običnih ventilatora;
- primjena ventilatora otpornih na agresivnu sredinu i izvedenih u posebnoj zaštiti od požara te elektro "s" izvedbi;
- primjena pojedinačnih uredjaja na principu elektrostatičkog odsisavanja i
- primjena centralnih sistema elektrostatičkog odsisavanja.

Prije opisa pojedinih sistema potrebno je opisati uslove pod kojima dolazi do rasplinjavanja SHIP-a:

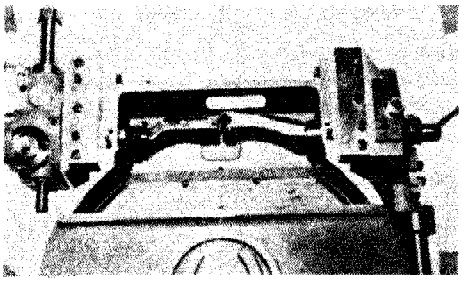
- ako temperatura SHIP-a prelazi granicu od 30^0C
- ako u procesu dovodjenja SHIP-a dolazi do razbijanja mlaza o predmet obrade, odnosno ako nema uvodnika mlaza, vidjeti sliku 2.
- ako brzina dovodjenja SHIP-a u zonu rezanja ne odgovara brzini rezanja već dolazi do razbijanja mlaza na više mlazeva;
- ako okolni prostor zone rezanja nije oivičen zaštitnim poklopcima radi boljeg skupljanja i odvodjenja uljne magle stvorene u procesu rezanja, slika 3.
- ako pritisak dovodjenja SHIP-a ne odgovara uslovima rezanja, posebno ako je previsok,
- ako SHIP dovodimo sa više mlaznica pa su one postavljene tako da se medjusobno sučeljavaju i izazivaju rasipanje mlaza, sl. 4.
- ako je odabrani SHIP takav da ima sklonost ka rasplinjavanju pa je koncentracija uljne magle u zavisnosti od vremena nastajanja suviše velika, slika 5.





Slika 2.

Ispravan i neispravan način dovođenja SHIP-a



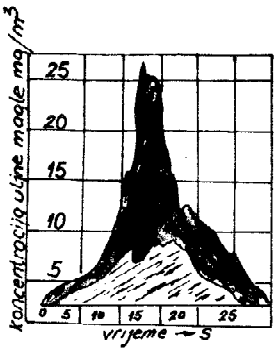
Slika 3.

Zaštitni poklopac zone rezanja i prostor za odvodjenje stvorenog rasplinjenog SHIP-a



Slika 4.

Dovodjenje SHIP-a u zonu rezanja kod visokoučinske brusilice



Slika 5.

Koncentracija uljne magle u zavisnosti od vremena nastajanja

Svi ovi uslovi, zavisno od uslova rezanja, primijenjene tehnologije i konstrukcije mašine po savremenim zahtjevima o zaštiti čovjekove okoline, mogu da utiču da se koncentracija nečistoće u zoni disanja radnika poveća do te mjere da narušava zdravlje radnika.

Primjena običnih ventilatora je stara koliko i sama industrija. Ventilatori se primjenjuju za odvod zraka, rasplinjenog SHIP-a i koncentrisane prašine u kojem koncentracija ne prelazi 100 mg/m³ a 98 procenata tih čestica ne prelazi veličinu od 50 mikrometara. Smjesa koja se odsisava ne smije sadržavati sastojke koji bi se prolaskom kroz ventilator lijepili ili taložili na kolo u tolikoj mjeri da bi uzrokovali prekomjerne vibracije ili izazivali koroziju.

Iz tih razloga došlo je do primjene ventilatora iz polipropilena otpornih na agresivnu sredinu i u posebnoj zaštiti od požara te u elektro "s" izvedbi.

Na osnovu mjerenja aerozagadjenja radne sredine došlo je do razvoja modernih uredjaja koji ispunjavaju sve zahtjeve koncentracije (MDK) štetnih gasova, para i aerosola u atmosferi radnih prostora. MDK je ona koncentracija štetne supstance u zoni disanja radnika (1,5 m iznad poda radnog mjesta) koja pri svakodnevnom osmočasovnom radu i normalnim uslovima rada neće izazvati oštećenje zdravlja radnika. "Sl. list SFRJ br. 35/71" i JUS Z.BO.ool su propisali maksimalno dozvoljeni MDK.

Blagovremeno otkrivanje različitih štetnih gasova, para i aerosola, koncentracije para SHIP-a, u radnoj sredini i dobivanje pouzdanih podataka o nivou njihovih koncentracija kao i sistematsko praćenje i sagledavanje stanja zagadjenosti su od prvorazrednog značaja za ostvarenja boljih uslova rada.

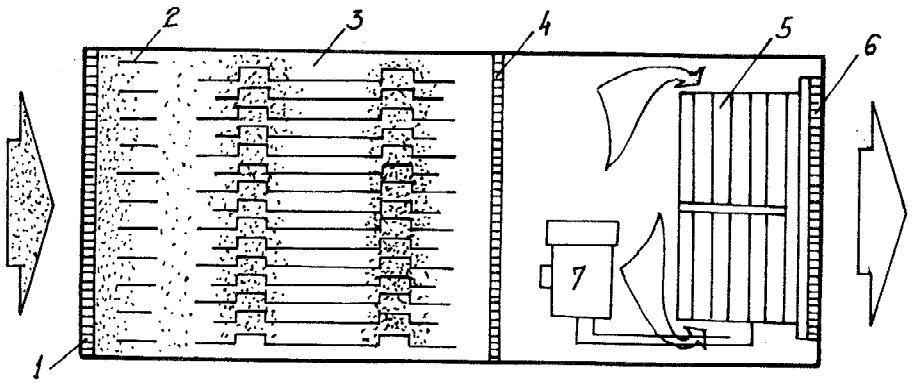
Veliki je broj metoda koje se danas primijenjuju za analizu plinova u zoni rezanja i radnoj sredini i dijele se u tri glavne grupe:

- indikatorske metode
- hemijske metode
- instrumentalne metode

U indikatorske metode spadaju mjerenja pomoću indikatorskih cjevčica i metode pomoću indikatorskih otopina.
Hemijske analitičke metode su gravimetrijske, volumetrijske, metode vizuelnog fotometra i turbidimetrijske metode.
Instrumentalne metode su fotokolometrija, apsorpciona spektrofotometrija, emisiona spektrofotometrija, fluorometrija i plinska kromatografija.
Primjena plinske kromatografije je uticala na razvoj uredjaja na principu elektrostatičkog odsisavanja, slika 6.
Uredjaji za elektrostatičko odsisavanje se rade u veličinama 17oo do 68oo (m3/h) u pojedinačnom izvodjenju.

odsisni vod uredjaja, u zavisnosti od kapaciteta uredjaja, slika 7.

U inostranstvu se sada prišlo izgradnji velikih centralizovanih sistema odsisa, kapaciteta 68oo do 4o9oo (m3/h) pri čemu su moguće razne kombinacije ovih uredjaja.
Tako na primjer u serijskoj vezi tri elektrostatička uredjaja a sa jednim ventilatorom priključit se može oko loo visokoučinskih brusilica, slika 8., što daje praktično potpunu čistoću zraka, a posebna mu je prednost kod hala koje se zagrijavaju toplim zrakom što se ne uvodi hladni zrak spolja već koristi postojeći u reciklaži.



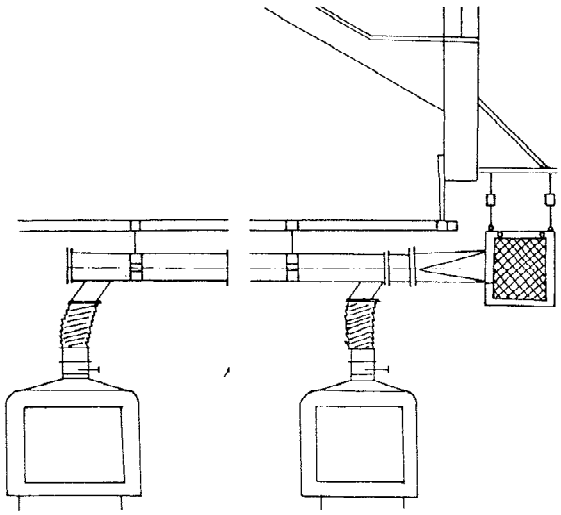
Slika 6.

Uređaj za elektrostatičko odsisovanje

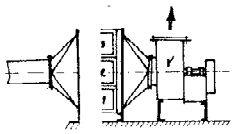
1. predfilter - kvotač grubih čestica nečistoće
2. jonizaciona komora - volframove elektrode
3. sakupljač izgorjelih čestica
4. krojnji filter čestica
5. ventilotor
6. spojno rešetko na izlozu
7. elektromotor

Ventilator usisava zrak sa svim vidovima prašine, dima, aerosola, rasplinjenog SHIP-a, koji prolazi kroz jonizacionu komoru (visokonaponska jonizacija) pri čemu praktično sve izgara osim jona čistog zraka. Devedeset devet posto je čistoća zraka, uredjaj eliminiše sve čestice do o,ol mm. Održava se na taj način što se komora sa pepelom svaki treći dan istrese kao obična pepeljara. Mogu da se spajaju dvije ili više mašina u zajednički

Porast brige o zdravlju radnog čovjeka i sve veća strogost propisa dovode nas u položaj da moramo primijenjivati najsavremenije uredjaje koji obezbjedjuju te zahtijevane uslove. Navedeni uredjaji i načini njihovog povezivanja to sigurno omogućuju i zato se preporučuju.



liko 7.
Spojenje dvije ili viš mošina na zajednički
sistem odsisa sa dnim uredajem za elektro-
statičko c sisavanje



iko 8.
Centralizovani stem za elektrostatičko
odsisavanje stvo nih para i rasplinjenog
SHIP-a iz više atnih mošina

Lj.Zirojević

METHODS FOR REMOVING THE DUST AND GASIFIED CUTTING FLUID CREATED IN THE PROCESSES OF METAL AND NON-METAL CUTTING

Abstract

Increased care for workers health and the stringent regulations give rise to the use of the best equipment that guarantees the conditions being enforced.The paper desribes these modern devices which are used for removal of the dust and gasified cutting fluid bi way of electrostatic action, either in stand-alone mode or in centralised system operation.Conditions are described under which the cutting fluid is gasified in the cutting process, and methods are dealt with which prevent the formation of mist from the gasified cutting fluid.

Korišćena literatura:

1. Zirojević,Lj., Termodinamski aspeksti primjene rashladnog sredstva pri izradi alata za obradu rezanjem visokoučinskim brušenjem, Doktorska disertacija, Mašinski fakultet, Mostar, 1982

2. Zirojević,Lj., Umweltfreundlicher Kühlschmiermittelkreislauf, "tz" für Metalbearbeitung, 75 Jahrg. 1981., H.1o/82.

3. Zirojević,Lj., Karakteristike alatnih mašina za visokoučinsko brušenje, prognoze i granice primjene visokoučinskog brušenja reznog alata, "Goriva i maziva" Godina 22, broj 3, 1983, str. 129-135.

XIX SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE

Kragujevac, septembar 1985.

REZANJE MATERIALOV Z LASERSKIM SNOPOM

A. Grželj, Fakulteta za strojništvo, Ljubljana

REZIME

Laserski snop prinaša v tehnološki postopek posebne kakovosti. Priredbe laserja za industrijsko uporabo so številne in so presegle okvir inštitutskih raziskav. Uporaba laserja pri obdelavi materialov kovin in nekovin postaja tudi pri nas resničnost. Danes deluje v naši industriji doma izdelani računalniško krmiljeni laserski obdelovalni sistem -ISKRA LMP 600, ki ima vgrajen trajno delujoči CO2 laser. Izbira parametrov za obdelovalni postopek je odvisna od vrste in dimenzij materiala, načina delovanja laserja, njegove izhodne moči, valovne dolžine laserske svetlobe in zahtev po točnosti in kakovosti obdelovanca. Pri rezanju, vrtanju, prebijanju, vrezovanju je pomembno ali obdelujemo kovine ali nekovine; to narekuje izbiro rezalne šobe in plina.

1. UVOD

Razvoj laserja za industrijsko uporabo, od prvih industrijskih priredb, teče vedno hitreje brez predaha. Za nemoten tehnološki postopek rezanja, prebijanja, luknjanja, vrezovanja materialov z laserskim snopom moramo poznati medsebojni vpliv laserskega snopa in materiala. Laserski snop prinaša v tehnološki postopek posebne kakovosti: točnost in hitrost postopka, odlično ponovljivost, ohranjanje fizikalnih in kemičnih lastnosti materialov, ni mehanskih pritiskov na obdelovanec. Količina obdelovancu dovedene energije je krmiljena, ni termičnih sprevrženj, edino orodje je laserski snop idr. Laserski obdelovalni sistem za rezanje ima: laserski sistem z orodjem - središčenim laserskim snopom, sistem za premikanje obdelovanca napram laserskemu snopu in računalniško krmilno enoto.

Izbira parametrov za obdelovalni postopek je odvisna od vrste in dimenzij materiala, načina delovanja laserja, izhodne moči in valovne dolžine laserskega sevanja ter od točnosti in kakovosti obdelovanca oziroma reza. Z vedno večjo uporabo različnih materialov v strojni in vseh vejah industrije pridobivajo laserski obdelovalni sistemi (LOS) na vse večjem pomenu. Pri tem je velikega pomena učinek laserskega sevanja na material. Primernost le-teh za obdelavo z laserskim snopom in priprava tehnoloških postopkov za posamezne primere. Vrsta materiala obdelovanca narekuje izbiro rezalne glave s šobo, skozi katero gre središčeni laserski snop ter plinski tok, ki pri rezanju odstranjuje raztaljeni material. Odvisno od izbranega postopka in od tega ali obdelujemo kovine ali nekovine, uporabljamo kot rezalni plin kisik, izbrano mešanico plinov ali inertni plin. Primerjava laserskih obdelovalnih postopkov, s stališča gospodarnosti in učinkovitosti, z drugimi termičnimi in mehanskimi postopki daje velike spodbude za uporabo računalniško krmiljenih laserskih obdelovalnih sistemov.

2. UČINEK LASERSKEGA SEVANJA NA MATERIAL

Pri laserski obdelavi materialov imamo prednost v veliki moči laserskega snopa in dobrem središčenju laserskih žarkov, ko usmerimo večji del toplote na izbrano zelo majhno površino. Material, na katerega pade laserski snop, se zaradi vpijanja toplotnega sevanja segreje; segreti material se nato ohlajuje s prevodom toplote v globino materiala, v manjši meri s sevanjem in prestopom toplote v okolico. Ko je material lokalno segret nad tališče ali nad točko fazne spremembe materiala, dosežemo laserski obdelovalni postopek: Poboljšanja; Kaljenja; obžiganja; odvzemanje materiala - rezanja, izrezovanja, vrtanja, preibjanja, luknjanja, vrezovanja, ...; taljenja s hitrim strjevanjem, s tvorbo novih faz.

Uporaba laserja pri obdelavi materialov z odvezmanjem je pogojena z lastnostmi njegovega svetlobnega sevanja, ki je za razliko od sevanja drugih znanih svetlobnih virov, koherentno v prostoru in času, strogo vzporedno, monokromatsko, zato ga lahko središčimo v svetlobno pego zelo majhnega premera - reda velikosti valovne dolžine laserske svetlobe. Zaradi tega in s pomočjo optičnega sistema zbiralnih leč lahko dosežemo zelo veliko gostoto svetlobnega toka na zelo majhnem delčku površine obdelovanca.

Odvisno od velikosti gostote svetlobnega toka, valovne dolžine laserske svetlobe trajanja sevanja na površino materiala, pride do različnih fizikalnih procesov v materialu. Ko gostota svetlobnega toka - toplotnega toka doseže vrednosti reda velikosti 10^5 W/cm², se prične taljenje materiala. Glede na količino materialu dovedene energije se meja med tekočo in trdno fazo postopno premšča v globino materiala ali v smeri gibanja laserskega snopa. Pri povečanju gostote toplotnega toka do 10^7 W/cm², nastopi poleg taljenja tudi intenzivno uparjanje materiala - pride do porušitve materiala. Povečanje gostote svetlobnega toka do 10^9 W/cm² pa povzroči tvorbo visokotemperaturne plazme, ki prične ovirati pristop sevalni energiji laserskega snopa k površini materiala. Pri posameznih obdelovalnih postopkih in različnih materialih je potrebna točno določena gostota svetlobnega toka in tudi količina materialu dovedene energi-

je, zato moramo izbrati tudi pogostnost in dolžino posameznih svetlobnih impulzov oziroma čas trajanja sevanja.

Vpijanje svetlobe in toplotne lastnosti materialov so močno odvisne od temperature in zato je lasersko segrevanje materialov termodinamičen tridimenzionalen nelinearen pojav. Svetlobna vpojnost je kritičen faktor pri vsakem primeru laserske obdelave materialov. Materiali imajo večjo vpojnost pri manjših valovnih dolžinah svetlobe, npr. pri 1,06 um Nd:YAG laser), kot pri daljših, npr. pri 10,5 um (Co_2 laser). Kljub temu pa lahko plinski Co_2 laser prekaša Nd:YAG laser, pri uporabi preprostih, cenenih in zanesljivih prevlek, ki povečajo vpojnost pri valovni dolžini 10,6 um. Materiale z veliko toplotno prevodnostjo često zelo težko obdelujemo z zvezno delujočimi laserji. Pri tem navadno uporabimo najprej kratkotrajne laserske impulze, da dosežemo želeno lokalno segretje, brez prevelike toplotne izgube v notranjost obdelovanca. To je eno najpomembnejših vprašanj pri obdelavi kovin, kot so npr.: Cu in Al, ki narekujejo proučitev odboja svetlobe materiala. Odbojnost površine je funkcija materiala, oblike in kakovosti površine, stopnje oksidacije, temperature, valovne dolžine laserske svetlobe in gostote toplotnega toka vpadlega sevanja. Težko izločimo relativen pomen različnih parametrov pri določanju celovite odbojnosti površine, vendar vsa dela s tega področja soglašajo s tem, da odbojnost strmo pada s povečanjem gostote vpadlega svetlobnega toka, časa izpostavitve in temperature.

Načini učinka laserskega snopa pri obdelavi materialov z odvzemanjem so, zaradi medsebojnega vpliva med laserskim sevanjem in materialom, različni. Pri tem ločimo več vrst učinkovanja:

- taljenje z odpihovanjem materiala,
- uparjanje materiala,
- gorenje materiala z reaktivnim plinom,
- vrezovanja materiala,
- usmerjeno lomljenje materiala.

Pri rezanju s taljenjem in odpihovanju materiala je energija laserskega snopa dovolj velika, da stali plast materiala, ki ga inertni plin sproti odpihuje kot talino. Inertni plin struji skozi posebno šobo, ki je navadno nameščena soosno z laserskim snopom. Laserski snop zadene površino obdelovanca, nekaj njegove energije se odbije, preostali del pa vpije in upori material, da nastane v njem mala votlinica, ki deluje kot črno telo, ki vpija skoro vso lasersko energijo. Tok inertnega plina odstranjuje staljeni material. Laserski snop se napram obdelovancu giblje in pušča za seboj rez. Središčeni laserski snop pada sedaj samo na čelo reza, iz katerega inertni plin odstranjuje staljeni material. Potrebna moč za rezanje je približno desetkrat manjša kot pri rezanju z uparjanjem.

Pri rezanju z uparjanjem laserski snop segreje plast materiala nad točko uparjanja, material se odstranjuje kot para. V ta namen potrebujemo zelo velike gostote moči laserskega snopa (10^8 W/cm²). Ta način uporabljamo pri rezanju materialov z impulznimi laserji, ali pri rezanju materialov, ki se ne talijo, npr. ogljiku, lesu, nekaterih plastičnih materialih. Velike gostote svetlobnega toka pa povzroče pri tem zelo strme temperaturne gradiente v obdelovancu, kar ima lahko za posledico velike termične napetosti. Potrebno je do desetkrat več energije kot pri postopku s taljenjem z odpihovanjem.

Lasersko rezanje materiala z reaktivnim plinov - najpogosteje s kisikom zahteva segretje materiala do temperature vžiga. Material nato gori v kisiku, ki struji skozi rezalno šobo in odstranjuje nastalo žlindro in odgorke. Poleg energije, ki jo prinaša laserski snop, imamo tudi vir toplote zaradi gorenja plasti materiala. Fizikalni pojav je bolj zapleten. Čelo reza ima rastaljene stene, kjer pride do toplotnosnovne izmenjave k raztaljeni žlindri in steni reza, intenzivnost le-te in difuzije skozi žlindro k robu fronte gorenja materiala vpliva na intenzivnost gorenja. Čim večje je razmerje kisika, hitrejše je gorenje in odstranjevanje materiala. Izven področja temperature vžiga deluje tok kisika kot hladilno sredstvo, ki zmanjšuje cono toplotnega vpliva.

Vrezovanje materiala z laserskim snopom je različica rezanja z uparjanjem materiala, pri čemer uporabljamo slepi rez ali niz votlinic na površini materiala, kot izvir termičnih napetosti, ki jih povzroči toplotni tok laserskega snopa, in ki omogočajo lomljenje materiala po črti obdelave. Laserski snop naredi pri tem zlebič - vrez ali niz votlinic v določeno globino materiala. Vrezi ali votlinice so dobri oziroma boljši, če je cona toplotnega vpliva zelo majhna in so površinske podrtine robov vreza čim manjše.

Laserski snop vzpostavi v krhkem materialu toplotno polje s termičnimi napetostmi, ki omogočajo razlom obdelovanca po črti obdelave. Khrke materiale, ki so občutljivi na termične zlome lahko hitro, usmerjeno razlomimo z laserskim točkovnim segrevanjem. Ko laserski snop segreje ozek pas ali majhno točko nekaterih krhkih materialov, nastanejo na tem mestu izrazito ostre termične napetosti, ki povzročijo razpoko v materialu. S krmiljenim gibanjem laserskega snopa po površini obdelovanca lahko usmerimo potek razpoke v katerikoli smeri - z usmerjanjem temperaturnih gradientov, vendar pa ne moremo pri tem narediti ostrih kotov in zavojev, niti ne moremo rezati ob robu vogala. Krmiljeni parametri so: laserska moč, dolžina in pogostnost impulzov, velikost središčene svetle pege, hitrost obdelave pri znani debelini, širini in dolžini obdelovanca.

3. LASERJI ZA REZANJE MATERIALOV

Lasersko rezanje je danes doseglo velike uspehe, posebno pri rezanju in razrezovanju pločevine, tako v ravnini, kot tudi v prostoru. Ravninsko rezanje lahko obravnavamo v dveh skupinah: rezanje pločevine do debeline 8 mm pri rezalni hitrosti do 10 m/min, vendar z veliko točnostjo od 0,05 do 0,1 mm, in rezanje nekovin in sintetičnih materialov z zelo velikimi hitrosti, do 40 m/min, toda z majhno točnostjo. V tab.1 so zbrane nekatere značilnice pri rezanju različnih materialov. Navedimo dva primera, ki odražata hitri razvoj na tem področju: proizvajalec Laser Tecniques je danes predstavil CO2 laser, moči 500 W, ki lahko reže pločevino od 3 do 4 mm s hitrostjo 6 m/min in točnostjo reza 0,05 mm; Cilas Alcatel je izdelal CO2 laser moči 1 KW za rezanje pločevine od 6 do 10 mm s hitrostjo 8 m/min. V obeh primerih je LOS krmiljen z računalnikom.

Pri krojenju konfekcijskih oblek so dosegli s 500 W CO2 laserjem hitrosti rezanja 40 m/min s točnostjo 0,5 mm. Tako velike hitrosti zahtevajo zelo lahke podajalne sisteme in računalniško vodene obdelovalne mize. Soočamo se pri tem z občutljivimi tehničnimi problemi posluževanja, nameščanja in transporta obdelovanega materiala, ki jih moramo reševati od primera do primera. Povdariti moramo, da sta pri tem laser in ves LOS vodena z računalnikom.

Laser je visokokakovostno hitrorezoče sodobno orodje. Njegova največja slabost je v globini reza, ki je značilno odvisna od izhodne moči in žariščne globine.

Tab.1. Rezanje materialov s Co2 laserjem moči 500 W:

material	debelina reza	hitrost rezanja	širina reza
	mm	m/min	mm
Jeklena pločevina	1	5,5	0,15
	2	2,5	0,15
	3	1,6	0,2
	4	1,0	0,25
	5	0,7	0,3
	6	0,4	0,35
nerjavno jeklo	1	4,5	0,2
	1,5	3,5	0,2
vzmetno jeklo	2	2	0,1
pocinkana pločevina	2	1,5	0,3
titan	6	5	1,2
baker	0,8	0,4	0,2
aluminij	0,5	1,5	0,2
vezana plošča	20	0,7	0,5
les	25	0,4	0,8
pleksi steklo	5	4	0,3
telefon	4	5	0,3
usnje	3	10	0,3
tekstil-bombaž več plasti	10	20	-
azbest	2	1	0,3
plastika PVC	5	5	0,3

Gradnja laserjev velikih moči in zahtevne optike za središčenje laserskega snopa predstavlja, poleg velikih tehnoloških zahtev, tudi veliko investicijo, ki pa v primerjavi s cenami sodobnih računalniško krmiljenih obdelovalnih sistemov, ni niti tako velika.

Možnost krmiljenja laserskega snopa po moči in trajanju, pri zvezno delujočih in impulznih laserjih omogoča široko izbiro uporabe vrste laserjev. Priredbe laserjev so danes prestopile okvire raziskovalnih institucij. Med najbolj prisotnimi vrstami laserjev zasledimo plinske CO2 laserje, ki prevladujejo, sledijo trdni rubidijevi in niodimijevi stekleni - Nd : YRG laserji. Za rezanje je danes uporabljenih največ CO2 in ND:YRG laserjev - približno 90 %. Nd:YRG laserji se uporabljajo pogosteje v elektro in elektronski industriji, z njimi je mogoča točnejša obdelava; dosežene so moči 600 W z možnostjo krmiljenja pogostnosti in trajanja impulzov. CO2 laserji so dosegli komercialno uspešnost z močjo 15 W; so zelo uspešni za rezanje, ker se odlikujejo s skoro 100 % Gaussovim - Too modom, ki omogoča središčenje laserskega snopa v svetlobno pego premera 0,1 mm, kar daje kakovostnejši rez. Pri rezanju v težki industriji je približno 80 % postavljenih sistemov z močjo pod 5 KW. V primerih potrebe po večji moči uporabniki raje združijo več manjših v enega, če manjši odpove ga je lažje nadomestiti, možna je večja gibkost proizvodnje.

Povpraševanje po prostorskem rezanju obdelovancev je vse večje, posebno v avtomobilksi industriji, ko izrezujemo načrtovane odprtine v že oblikovani lupini avtomobila; to v mnogočem poceni proizvodnjo in omogoča posebno pri iskanju novih rešitev oblike, ogromen prihranek pri izdelavi novih orodij za oblikovanje lupin in posameznih pločevinskih delov avtomobila. Za te namene potrebujemo računalniško krmiljeni petosni LOS, ki ima sledilno tipalo stanovitne razdalje žarišča-laserskega snopa od obdelovane površine.

Posebno pozornost zasluži težnja po izdelavi laserja, ki bo prostorsko in po teži dovolj majhen, ki se bo lahko namestil na robota. ASEA je naredila 500 W laser, ki je vgrajen v robota in ki s pomočjo optike nameščene v vodljivih cevah, omogoča prostorsko pozicioniranje laserske obdelovalne šobe, pritrjene v roki robota.

Uporaba laserskega snopa pri rezanju in obdelavi plastike in drugih nekovin je zelo uspešna. Razne vrste plastike, od akrilatovu do polivinilklorida, zelo dobro vpijajo lasersko svetlobo valovne dolžine 10,5 um, tj. lasersko sevanje CO2 laserja. Z laserskim snopom lahko režemo, vrtamo, vrezujemo, segrevamo in celo varimo plastiko.

Z laserjem lahko režemo in vrtamo tudi zelo mehke in upogljive materiale, kot npr. gumo; ker laserski snop ni v dotiku z obdelovancem, ni mehanskega sprevrženja. Lep primer za to je rezanje okroglih gumijastih tesnil, ko se tesnilo vrti z veliko hitrostjo in mu laserski snop obrezuje rob pod kotom. V nekaj sekundah je tesnilo obdelano in to tudi najtanjše (0,2 mm), katero je skoro nemogoče rezati mehansko.

V elektronski industriji uporabljamo impulzne laserje za vrezovanje velikih keramičnih plošč, ki nosijo množico vezij in ki jih nato razlomimo na posamezna vezja. Impulzni laser moči 200 W z dolžino impulzov do 300 us vrezuje keramično ploščo debeline 6 mm do 50% debeline. Na enak način vrtamo keramične ploščice v elektronski industriji. Pomembna je pri tem točnost obdelovalnega postopka, ki je 0,02 mm.

Zvezno delujoči laserji so primerni za rezanje z velikimi hitrostmi, s čistim uparjanjem, kjer želimo čisti, gladki rez. S krmiljenjem pogostnosti in dolžine impulzov impulznih laserjev dosežemo pri povečani pogostnosti zelo velike vršne moči. Material se pri tem v trenutku upari in v rezu ali izvrtini nimamo nit žlindre niti raztaljenih delcev. Ker sta pas vpliva toplote in toplotna sprevrženost zmanjšani kar se da, lahko z laserskim postopkom dosežemo dimenzije obdelovanca, ko ni več potrebna tradicionalna faza končne obdelave.

4. LASERSKI OBDELOVALNI SISTEMI

LOS za rezanje, vrtanje, vrezovanje, luknjanje sodijo med najsodobnejše in najučinkovitejše sisteme te vrste; imajo vse značilnosti računalniško krmiljenih obdelovalnih sistemov. Pri njih je orodje laserski snop. Danes imamo LOS, kjer mikroprocesor krmili vse enote sistema, vključno z vsemi funkcijami za pravilno delovanje laserskega sistema.

Naloga LOS je da izvrši obdelovalni postopek po algoritmu obdelave, ki vključuje parametre načina delovanja laserja ter pogoje prostorskega in časovnega gibanja obdelovanca napram žarišču središčenega laserskega snopa, z vsemi tehnološkimi zahtevami. Glavne enote LOS so: laserski sistem, usmerjevalna optima, laserska obdelovalna glava s sistemom za središčenje laserskega snopa, sistem za pozicioniranje obdelovanca ali laserskega snopa.

Ker ni rezalnih sil, je obremenitev podajalnega sistema med obdelavo mnogo manjša, kot pri podobnih klasičnih strojih; potrebne pa so na splošno večje podajalne hitrosti .

LOS ima lahko eno ali več laserskih obdelovalnih glav; laserski snop večje moči razcepimo na več manjših ali pa ima vsaka obdelovalna glava svoj laserski vir. Laserske glave lahko obdelujejo sinhrono ali vsaka na svoj način - več obdelovalnih mest. Podajalni sistem lahko premika obdelovanec, laserski snop ali oba istočasno. Od tega ali je obdelava načrtovana po premici, v ravnini ali prostoru je odvisna potreba po eno- ali večosnem podajalnem sistemu.

Tako povdarjeno točnost obdelave materiala z laserskim snopom dosežemo samo z zelo točnim pozicioniranjem obdelovanca napram žarišču laserskega snopa. Vprašanje ali gibanje obdelovanca ali laserskega snopa moramo reševati ob vsakem primeru posebej,.vendar pa v primeru gibanja laserskega snopa mora podajalni sistem premikati manjše mase - laserski snop nima "mase". Slednji primer je posebno ugoden pri obdelavi zelo majhnih obdelovancev, pri vrezovanju in pisanju po obdelovancih; pri tem se premikajo ali vrtijo usmerjevalna ogledalca.

Značilnice laserskega obdelovanega postopka so edinstvene in zelo pomembne pri obravnavi številnih priredb laserja v industriji. Oglejmo si najpomembnejše značilnice LOS za rezanje, luknjanje, vrtanje, vrezovanje:

- velika rezalna hitrost, mnogo večja in neprimerljiva s hitrostjo rezanja s tračno ali krožno žago;
- laserski snop ne prinaša na material nobenih onesnaževalcev;
- izmere segrevanju podvržene cone okrog reza ali luknje so zelo majhne, termično sprevrženje je zelo neznatno in zanemarljivo;
- rez ima pravokotne (po želji pod kotom) robove;
- robovi reza ali luknje so gladkejši, kot pri klasičnem rezanju, naknadna obdelava robov ni potrebna;
- velika točnost zanesljivost in ponovljivost obdelovalnega postopka;
- rez je zelo ozek, kar vpliva na prihranek materiala;
- rezanje in vrtanje trdih, krhkih, elastičnih, mehkih, drobljivih, zelo tankih obdelovancev - dejansko brez posebnih zahtev za vpetje obdelovanca;
- rez lahko naredimo v katerikoli smeri, z rezanjem lahko začnemo kjerkoli;
- krmiljenje prostorskega rezanja vseh mogočih oblik;
- lahko naredimo slepe reze in raznovrstne izreze;
- z enako lahkoto lahko prebijamo, luknjamo in vrtamo pravokotno ali poševno glede na površino obdelovanca;
- izdelava točnih lukenj zelo majhnih premerov;
- obdelava dejansko vseh vrst materialov - kovin in nekovin;
- zmanjšanje odpadnega materiala pri razrezovanju in izrezovanju;
- obdelava brez dotika obdelovanca, laserski snop je edino orodje - ni obrabe orodja in ni rezalnih sil na obdelovanec;
- laserski snop nima vztrajnostne mase, mogoče so velike obdelovalne hitrosti, poraba energije je manjša;
- obremenitev podajalnega sistema je med obdelovalnim postopkom vedno enaka;
- lažje jih krmilimo in avtomatiziramo;
- zurazcepitvijo laserskega snopa je mogoča obdelava na več mestih hkrati;
- več laserskih virov manjših moči se da združiti v en močnejši vir - po potrebi;
- menjava programa obdelave je zelo gibka, hitra in enostavna;
- velike prednosti v kombinaciji z drugimi klasičnimi obdelovalnimi sistemi;
- neslutene možnosti v robotizaciji proizvodnje;
- ni odrezkov, manj prahu pri postopkih z azbestom, steklenimi vlakni ipd.;
- obdelovanec ni potrebno tako trdno vpeti, kot pri mehanski obdelavi.

S tem smo omenili najpomembnejše značilnice in prednosti pred klasičnimi obdelovalnimi sistemi.

Laserski obdelovalni sistem ISKRA LMP 600 je računalniško krmiljeni obdelovalni sistem, ki ima laserski sistem z zvezno delujočim CO2 laserjem moči 600 W in računalniško krmiljeno koordinatno mizo. Namenjen je predvsem za rezanje različnih vrst materialov. Jedro LMP 600 je plinski CO2 laser z valovno dolžino 10,5 um.

Laserski sistem je mogoče namestiti na različne vrste obdelovalnih sistemov. ISKRA je izdelala laserski sistem za tovarno Ivo Lola-Ribar, kjer je vgrajen v stroj, ki dela v kombinaciji s stiskalnicami za štancanje. To je prvi LOS v naši industriji, ki je izdelan doma, predstavlja lep primer osvajanja sodobnih laserskih sistemov in uspešnega sodelovanja med delovnimi organizacijami.

LITERATURA

/1/ Šesti mednarodni kongres in mednarodna razstava; Laser 83 in optoelektronika. Muenchen 1983. /2/ Affolter P.K.: Laserbohren und - schneiden, Technische Rundschau, N.23/83, s.13-15. /3/ Valič M. Najnovejše iz laboratorija za plinske laserje. Laserski obdelovalni sistem ISKRA LMP 600, Laserski žarki, Iskra, 1.2.3 -/83, s.4. /4/ Grželj A.: Uporaba industrijskega laserja 7.konferenca BIAM 84, Zbornik del s.B-61-66.
/5/ Piernaz P.: Laser industriels- La bataille est commoncee, L'usine nouvel, n.8, 2/84, s.26-28.
/6/ ISKRA LMP 600, tehnične značilnice LOS, Iskra 1984.

A.Grželj

MATERIAL CUTTING WITH A LASER RAY

Abstract

Laser ray introduces special qualities into the technological procedure.Industrial versions of lasers are numerous, exceeding the framework of laboratory tests.The use of lasers for the cutting of metals and non-metals becomes a reality in this country.In the Yugoslav industry today operates a Yugoslav-made computer-controlled laser cutting system ISKRA LMP 600, equipped with a continuously operating CO_2laser.The selection of parameters for the cutting process depends upon the kind and dimensions of the material, type of laser function, output power, wavelength of the laser light, and the accuracy and surface finish requirements to be fulfilled by the workpiece.In the cutting, boring, percing or engraving it is important whether metal or non-metal is being cut, dictating the choice of the cutting nozzle and the gas.

XIX SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE

Kragujevac, septembar 1985.

PROBLEMI MEĐUSOBNE USKLAĐENOSTI KAPACITETA I MOGUĆA REŠENJA U METALOPRERADIVAČKOJ INDUSTRIJI SREDNJEG OBIMA

M. Kokić, OOUR "Mehanička obrada", RO FAZ, ZCZ,
Kragujevac

REZIME

U sadašnjem privrednom trenutku ograničenih investicija,neophodno je problematiku međusobnog usklađivanja proizvodnih kapaciteta često rešavati bez većih ulaganja. Neke mogućnosti razrešenja uskih grla i načina usklađivanja kapaciteta bez opsežnijih investicija,date su na primerima metaloprerađivačke industrije srednjeg obima kakav se sreće u trenutnim uslovima proizvodnje odnosno obrade rezanjem delova putničkih automobila u ZCZ u Kragujevcu. Posebno je naglašeno da je za donošenje adekvatnih odluka neophodno raspolagati tehno-ekonomskim analizama uz poznavanje stvarnih troškova obrade i proizvodnje,a bilo bi značajno poznavati kapacitete i mogućnosti drugih srodnih proizvođača u zemlji, radi međusobne dopune i ukupno većeg zajedničkog stepena iskorišćenja kapaciteta.

1. UVOD

Za našu zemlju sada je karakteristično da imamo neadekvatan rast i nivo produktivnosti u odnosu na nivo tehničke opremljenosti sredstvima rada,nivo primenjene tehnike i tehnologije i nivo stručnog i naučno-istraživačkog kadra. Iako spadamo u slabije razvijene zemlje u evropskim razmerama po nivou opremljenosti, ipak su i drugi faktori doveli do nesrazmerno niže produktivnosti,posebno tamo gde naš nivo opremljenosti i primenjene tehnologije bitno ne zaostaje za razvijenim zemljama.

Poznato je da je u poslednjih 15 godina nivo opremljenosti kod nas rastao brže od nivoa ostvarene produktivnosti kako industrije tako i privrede u celini,što znači da je opadala efikasnost korišćenja raspoloživih kapaciteta. Ocenjuje se da rezerve kapaciteta u industriji u proseku iznose oko 30% a u pojedinim granama i više.Navedene rezerve kapaciteta ne odnose se isključivo na povećanje broja smena već pre svega na povećanje stepena iskorišćenja kapaciteta u toku osmočasovnog radnog vremena kroz veću usklađenost kapaciteta i rešavanje uskih grla,jer su tu prisutne evidentne slabosti pa time i rezerve.

2. PROBLEMATIKA KAPACITETA I NIVO AUTOMATIZACIJE

Opadanjem akumulativne i reproduktivne sposobnosti većine organizacija udruženog rada, umanjene su mogućnosti novih investicionih ulaganja iz sopstvenih sredstava.Iz tih razloga,sve češće je neophodno ići na potpunije korišćenje raspoloživih kapaciteta a prisutne probleme nedostatka i međusobne neusklađenosti kapaciteta i uska grla,nerešavati isključivo nabavkom nove opreme već primenom savremenih organizaciono-tehničkih mera u postojećim uslovima.Nedovoljna usklađenost kapaciteta odražava se kroz nepotpuno iskorišćavanje pojedinih raspoloživih kapaciteta uz istovremeno preopterećenje drugih,koji često deluju kao ograničavajući faktor porasta obima proizvodnje i produktivnosti rada.S druge strane,kada su radna mesta organizaciono grupisana i međusobno povezana na primer u okviru linije,radionice,pogona i sl. tada se kapacitetom te organizacione celine ne može smatrati prosti zbir kapaciteta pojedinih radnih mesta,već je kapacitet manji i zavisi od propusne moći i stepena međusobne usklađenosti pojedinih kapaciteta. Kada se pak radi o linijskom rasporedu radnih mesta povezanih u čvrst tehnološki redosled,

tada se za kapacitet te linije mora uzeti najmanji kapacitet pojedinog radnog mesta koje time predstavlja usko grlo te organizacione celine. Tako na osnovu analize izvršene za oko 180 mašina za obradu rezanjem koje su većinom specijalne i prilagođene za obradu jedne operacije a samo manji broj njih izvodi do 4 operacije,proizilazi da je njihov zbirni stepen iskorišćenja samo oko 40% računajući mogući fond na 247 dana po 15 h.dnevno. Tako nizak stepen iskorišćenja kapaciteta je upravo posledica što su mašine uglavnom raspoređene u čvrst tehnološki lanac sa linijskim rasporedom pa pored velike međusobne neusklađenosti kapaciteta,deluje i faktor nisko postavljenog plana i podbacaja plana.Ako se pak analizira zbirni stepen korišćenja navedenih kapaciteta u odnosu na planirani,dobijaju se drugačiji pokazatelji koji se kreću na nivou oko 90%.

Takođe,treba istaći da jednom projektovani kapacitet kao tehnička veličina u toku eksploatacije ima tendenciju smanjivanja,najčešće usled razvoja triboloških procesa na kontaktnim površinama tribo para.

2.1. Stepen automatizacije kapaciteta

Kod neprekidnih obradnih procesa kao što je slučaj proizvodnje organizovane na tekućoj traci,učešće vremena automatskog rada mašina u ukupnom vremenu izrade iznosi u proseku 50 do 60% a kod diskontinualnih proizvodnih procesa procenjuje se na 20 do 30% zavisno od učešća ručnog rada.

Poređenja radi,na primeru metaloprerađivačke industrije srednjeg obima kakva je zastupljena u proizvodnji delova putničkih automobila u ZCZ,daće se u tabeli T1.pregled procentualnog učešća pojedinih elemenata u strukturi ukupnog vremena rada mašina za izabrani reprezentativni uzorak delova iste namene i slične konstrukcije za vozilo Z.750 i Z.101.

Iz date tabele se jasno vidi da je stepen automatizacije znatno viši kod opreme za vozilo Z 101.Ovo je ostvareno nabavkom opreme gde je stezanje automatizovano i gde je izvršeno znatno grupisanje reznih alata i obezbeđeno preklapanje glavnog i pomoćnog vremena,čime je skraćeno ukupno vreme izrade u odnosu na vozilo Z.750.

Tabela T1.

Struktura vremena	Tip vozila	
	Z750	Z.101
Vreme automatskog rada	39,3%	53,1%
Pomoćno vreme	30,4%	25,2%
Dodatno vreme	19,2%	9,0%
Vreme promene alata	7,0%	8,3%
Pripremno završno vr.	4,1%	4,4%
Ukupno vreme izrade	100,0%	100,0%

Od dve transver mašine italijanske proizvodnje kojima raspolaže ZCZ za obradu doboša kočnice svih putničkih vozila,veći je stepen automatizacije kod novije a manje transver mašine i iznosi čak 88% a 12% otpada na vreme zamene nosača alata.Naime,kod novije transver mašine, promena zatupljenih reznih alata se vrši van mašine na rezervnom nosaču,gde se vrši i podešavanje položaja što nije slučaj kod starije a veće transver mašine kod koje vreme automatskog rada učestvuje sa 70%. Stariju transver mašinu je potrebno zaustaviti u proseku oko 15 puta u smeni radi zamene zatupljenog reznog alata na samoj mašini,pa je koncepcija zamene na novoj mašini povoljnija.

2.2. Problematika usklađivanja kapaciteta

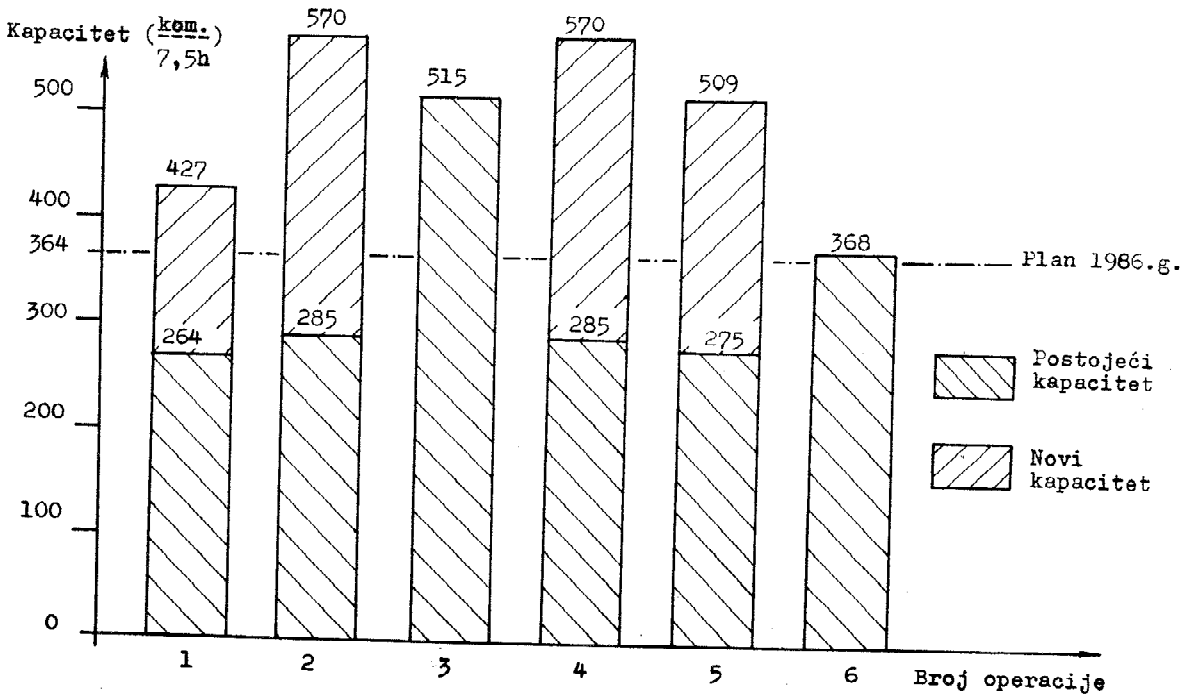
Čak i za slučaj linijske neprekidne proizvodnje srednjeg i većeg obima,nije uvek moguće postići potpunu ravnomernost i međusobnu usklađenost pojedinačnih kapaciteta. Primer dat u sledećoj tabeli T2. odnosi se na opremu koja je projektovana pre 15 godina za obradu detalja kutije menjača Z.101. Za svih 6 operacija obrade rezanjem,izabrana je oprema sa značajnim stepenom grupisanja reznog alata i sa automatskim stezanjem a na 4 mašine praktično je eliminisano pomoćno vreme jer se posluživanje mašine vrši za vreme glavnog vremena rezanja bez zaustavljanja ciklusa okretnih i pokretnih stolova,pa je kod ove 4 mašine učešće automatskog rada dominantno u strukturi ukupnog vremena obrade.

Iz podataka o mogućoj produkciji navedenog detalja kutije menjača iz tabele T2. vidi se da je prisutna znatna neusklađenost kapaciteta na operacijama broj 1,2,4 i 5 u odnosu na operacije br.3 i 6. Potrebom proširenja kapaciteta za vozilo Z.128 i Jugo,izvršena je nabavka nove dodatne opreme za operacije br.1,2, 4 i 5 kao dopuna do potrebnih kapaciteta,čime je istovremeno stepen međusobne neusklađenosti kapaciteta sa 1,95 opao na 1,55. Posle realizacije navedenih investicija,najmanji kapacitet je na operaciji br. 6. a pre investiranja to je bila operacija br.1.

Ilustracije radi,na dijagramu sl.1. prikazani su ukupni kapaciteti za svih 6 operacija u mogućem broju obrađenih proizvoda za 7,5 h.(u toku jedne smene). Za očekivani plan proizvodnje vozila u 1986. god. od 364 jedinice u smeni,proizilazi da neće postojati usko grlo jer je najniži kapacitet na operaciji broj 6 u iznosu od 368 jedinica u smeni. Za slučaj daljeg povećanja plana proizvodnje, pored prisutne međusobne neusklađenosti,pojavio bi se problem uskog grla prvo na operaciji broj 6. a kasnije i na operaciji broj 1.

Tabela T2.

Redni br. operacije	Naziv operacije	Mašina	Produkcija u kom. za 7,5 h rada	Učešće automatskog rada u %
1	Prethodno glodanje	Vertikalna glodalica	264	64,8%
2	Bušenje otvora	Obradna jedinica	285	69,6%
3	Glodanje ravne pov.	Vertikalna glodalica	515	30,9%
4	Bušenje i struganje	Obradna jedinica	285	69,6%
5	Završno glodanje	Vertikalna glodalica	275	76,5%
6	Urezivanje navoja	Mašina za navoj	368	50,0%



Slika 1. Pregled usklađenosti kapaciteta kutije menjača pre i posle investiranja

3. NEKE MOGUĆNOSTI USKLAĐIVANJA KAPACITETA I REŠAVANJA USKIH GRLA

Radi ocene uticajnih faktora na nivo kapaciteta kao i na stepen iskorišćenja kapaciteta,mora se obezbediti kompletna tehnoekonomska analiza za svaku konkretnu operaciju pojedinačno i grupno,pri čemu je neophodno poznavati troškove obrade i proizvodnje.

Tako na primer kod pomenutih transver mašina za obradu doboša kočnice bilo bi opravdano vršiti istraživanja triboloških procesa na reznim alatima u cilju usporavanja razvoja procesa habanja,što bi uz uvođenje još kvalitetnijih alatnih materijala uz adekvatan izbor SHP,dovelo do još većeg stepena iskorišćenja kapaciteta.Ako bi se na starijoj transver mašini uveli brzoizmenjivi nosači reznog alata u obimu u kome je to moguće,efekti bi bili još veći.

Vraćajući se na problematiku usklađivanja kapaciteta koja je prikazana na dijagramu na slici br.1.za detalj kutije menjača, može se reći da je najjednostavnije za operaciju broj 6 kao završnu i br.1. kao početnu,manjak kapaciteta organizaciono rešiti radom u 3 smene. Međutim,pre ovakve odluke,obično je opravdano iznaći neko drugo rešenje jer bi se postavio problem skladištenja i uspostavljanja kontinualnog ciklusa. Tako na primer kod operacije br.1. postoje dve vertikalne glodalice sa okretnim stolom pri čemu obe imaju po dve glodačke glave i to jednu za prethodnu a drugu za završnu obradu sa mehanički stegnutim pločicama od tvrdog metala. Stezanje radnog komada je automatsko pomoću pneumatike. Na okretnom stolu čiji se ciklus okretanja po pravilu ne prekida i odvija se kontinualno čineći pomoćno kretanje,istovremeno može da se vrši obrada glodanjem ravnih površina navedene kutije menjača i njenog poklopca. Zato je za slučaj operacije br.1. moguće primera radi na novoj glodalici obrađivati samo poklopac uz rekonstrukciju i nabavku dodatnih stega a na staroj glodalici samo kutiju menjača.Na taj način obrada kutije gde je znatno blaži zahtev kvaliteta površine može se odvijati sa oštrijim režimima uz ređu zamenu reznog alata.

Kod nove mašine bi bilo neophodno povećati broj delova- poklopaca menjača koji se jednovremeno obrađuju na okretnom stolu što je moguće jer je gabarit poklopca dosta manji od gabarita kutije menjača.

Takođe,moguće je kod obe glodalice zamenu zatupljenih pločica vršiti van mašine uz duple glodačke glave ali treba obezbediti lak i brz način za skidanje glave sa zatupljenim reznim pločicama i montiranje druge glave gde su pločice već zamenjene i podešene.

Pored ovoga,za obe mašine,kapacitet odnosno iskorišćenje kapaciteta bi se znatno povećali ako bi se poboljšala obradljivost materijala. Tako,zavisno od stanja isporuke odnosno serije, obradljivost varira kako kod istog proizvođača tako i između različitih isporučilaca. Zbog variranja kvaliteta isporuka po osnovu obradljivosti,broj promena reznog alata se uvećava 2 do 5 puta što se u određenoj srazmeri preko troškova alata odražava na troškove proizvodnje i iskorišćenje kapaciteta.

Primera radi, za proizvodnju odlivaka poklopca kutije menjača uključena su 3 proizvođača. Kod 2 proizvođača obradljivost često varira pa je za slučaj nedostatka kvalitetnog odlivka neophodno vršiti češće zamene reznog alata pri čemu se gubi u kapacitetu i do 30%, što je čest slučaj u uslovima lošeg snabdevanja.

Uvođenje pak kvalitetnijih reznih alata sa boljim tribološkim svojstvima i kod ovih operacija bi se povoljno odrazilo.

Već je naglašeno da bez tehno-ekonomske analize i poznavanja trenutnih troškova obrade i proizvodnje svake proizvodne operacije, nema uslova za donošenje pravilnih odluka.Iz navedenih primera proizilazi da postoji niz različitih mogućnosti i varijanti kojima je moguće delovati kako na nivo stepena iskorišćenja kapaciteta i njihovu međusobnu usklađenost tako i na samu veličinu jednom projektovanog kapaciteta.

Na kraju se može reći da ako isključimo mogućnost uvođenja potpuno novih kapaciteta ili usluga kod drugih OOUR-a, u cilju usklađivanja kapaciteta i rešavanja uskih grla,neophodno je prethodno izvršiti preispitivanje nekih od sledećih mera čiji redosled nije dat po značaju:

- preispitati tehnološki postup izrade, nivo tehničko-tehnoloških rešenja,

tehnologičnost konstrukcije i td.,

- preispitati optimalnost režima obrade, dodatke za obradu i broj prolaza i faza,
- preispitati mogućnost remonta i rekonstrukcije postojeće opreme sa ciljem da se uveća stepen automatizacije i mehanizacije,uveća kapacitet uz uvođenje savremenih reznih alata viših triboloških svojstava,izvršiti grupisanje reznih alata i omogućiti veći stepen obrade i jednovremenu obradu većeg broja istih ili različitih delova sa preklapanjem glavnih i pomoćnih vremena,
- preispitati adekvatnost primenjenog SHP,
- preispitati makro i mikro organizaciju posla i radnog mesta sa ciljem obezbeđenja uslova za zatvoreni tip radnog mesta sa posebnim osvrtom na rešenja međuoperacijskog i ukupnog transporta i manipulacije u fazi obrade kao i prikupljanja i uklanjanja otpadnog materijala iz radne zone,
- projektovati i rekonstruisati savremene i efikasne stezne i pomoćne pribore,kontrolne alate i uređaje,
- preispitati adekvatnost raspoređivanja i usavršavanja izvršilaca uz stimulativno nagrađivanje za povećanje stepena iskorišćenja kapaciteta i povećanje produktivnosti rada,
- preispitati i poboljšati uslove rada sa aspekta zaštite na radu i humanizacije rada,
- preispitati efikasnost primenjenih metoda kojima se obezbeđuje visok stepen pogonske spremnosti opreme i duži rad bez otkaza i zastoja,
- preispitati efikasnost mera koje imaju za cilj smanjenje svih vidova gubitaka radnog vremena i td.

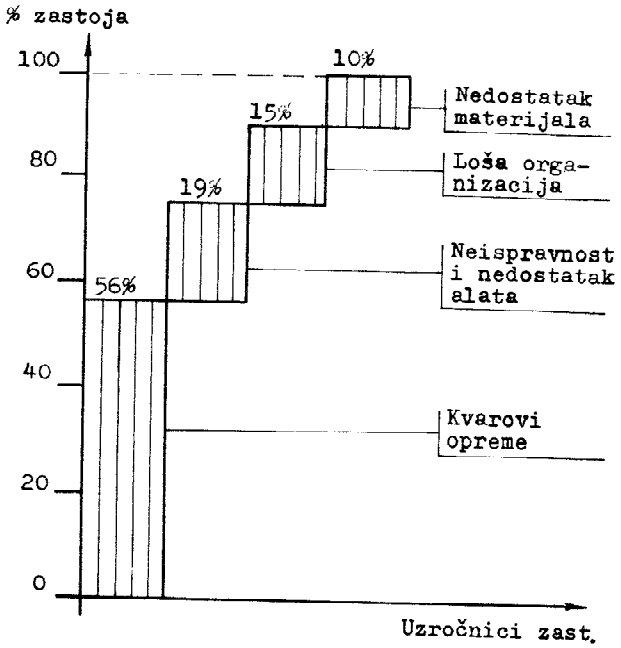
Uticaj ljudskog faktora preko visine gubitaka fonda radnog vremena može biti znatan na nivo iskorišćenja kapaciteta. Pored odsustva sa posla po raznim dozvoljenim i nedozvoljenim osnovama, značajno je gubljenje kapaciteta zbog trenutne neispravnosti opreme da proizvodi.Ilustracije radi na primeru metaloprerađivačke proizvodnje srednjeg obima za oko 1500 direktnih radnika,pregled strukture fonda radnog vremena bez godišnjeg odmora i državnog praznika ima sledeći izgled za prosek u 1984. godini :

- vreme provedeno u radu 57,7%
- vreme po osnovu bolovanja . . . 12,5%
- vreme opravdanog odsustva . . . 4,4%
- vreme neopravdanog odsustva . . 0,7%
- vreme čekanja posla(zastoji) . . 17,5%
- vreme sednica i sastanaka . . . 0,9%
- vreme za odmor od 1/2 h dnevno . 6,3%

Ukupno . . 100,0%

Proizilazi da treba pre svega delovati na smanjenju vremena čekanja na posao i smanjenju zastoja u radu jer učestvuju sa 17,5% a zatim na nivo bolovanja i ostala odsustva.

Analiza uzročnika zastoja izvršena za oko 250 direktnih radnika ilustrativno je prikazana na dijagramu slika br.2. Uočljivo je da najviše zastoja prouzrokuje kvar odnosno otkaz proizvodne opreme. Ovaj uticaj kod linijski organizovane proizvodnje je najviše izražen iz razloga što kvar ili zastoj jedne mašine u lancu uglavnom izaziva zastoj čitave linije.



Sl.2. Struktura uzročnika zastoja u radu

4. ZAKLJUČAK

U našoj metaloprerađivačkoj industriji postoje velike rezerve kapaciteta pri čemu je prisutna znatna neusklađenost kako na nivou OOUR-a tako i šire. Nažalost ne postoji ažurna banka podataka koja bi u svakom trenutku dala stanje viška i manjka kapaciteta po granama, grupacijama i t.d. pa je nedovoljna cirkulacija usluga između srodnih organizacionih celina.

Sigurno je da bi širom razmenom usluga između srodnih organizacionih celina i uz primenu tehničkih, organizacionih i ekonomskih mera, došlo do znatnijeg prevazilaženja problema uskih grla a ukupni stepen iskorišćenja bi porastao, uz dalji porast obima proizvodnje i produktivnosti rada.

5. LITERATURA

1. Dr B. Ivković, Uticaj veličine radne organizacije na produktivnost rada, Produktivnost u industriji br. 8/'83, MF Kragujevac,

2. D^r Đ. Vrcelj, B. Božović i Dr I. Ogorelec, Metodi merenja iskorišćenja proizvodnih kapaciteta u industriji, prvo izdanje, Beograd, Privredni pregled, 1981.god.

M.Kokić

THE PROBLEMS OF CAPACITY MATCHING, AND POSSIBLE SOLUTION FOR MEDIUM-VOLUME METAL INDUSTRY

Abstract

At times when investments are limited, it is often necessary to solve the problems of production capacity matching without larger capital spendings. Some possibilities for eliminating bottlenecks, and matching capacities without larger investments are discussed on examples of medium-volume metal industry, such as encountered in current conditions of automobile parts machining in ZCZ of Kragujevac. It is stressed that for decision making one must have at his disposal engineering and economic analyses, should know the real machining and production costs, and it would be important to know the capacities of other similar producers in the country for subcontracting and achieving higher joint efficiency of the installed capacities.

XIX SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE

Kragujevac, septembar 1985.

GEOMETRIJA RUPE KAO KRITERIJUM VREDNOVANJA ZAVOJNIH BURGIJA

R.Milić, "SOKO", RO Vazduhoplovstvo, Mostar

Rezime

Ovim radom sam htio da na jedan nov način ukažem na veličinu geometrije rupe, sve u cilju izbora optimalne tehnologije fabrikacije zavojnih burgija gledano kroz problematiku operacije bušenja. Kroz rad je ukazano na prednosti tri poznate tehnologije fabrikacije zavojnih burgija gledano kroz kriterijum geometrije rupe, proizvoda operacije bušenja. Geometrija rupe je opisana preko dvije veličine i to: koeficijent oblika rupe i upravnost rupe na baznu površinu. Koeficijent oblika rupe je dat u funkciji tolerancije rupe, kružnosti rupe i cilindričnosti rupe.

UVOD

Ovaj rad je sastavni dio moje doktorske disertacije. Kroz razmatranje ove veličine htio sam da na jedan nov način ukažem na kvalitet operacije bušenja sve sa ciljem vrednovanja zavojnih burgija kao alata i izbora optimalne tehnologije proizvodnje istih.

Kroz ovo razmatranje biti će posmatrane tri tehnologije fabrikacije zavojnih burgija gledano sa stanovišta oblikovanja žlijebova i zaledja na istim i to:

- glodana tehnologija
- valjana tehnologija
- brušena tehnologija

1. POJAM GEOMETRIJE RUPE

Pod pojmom geometrije rupe sam posmatrao dvije veličine i to:

- koeficijent oblika rupe "k_R"
- upravnost rupe na baznu površinu "⊥"

1.1. Koeficijent oblika rupe

Kroz koeficijent oblika rupe sam dao funkcionalnu zavisnost triju veličina

$$k_R = f(\Delta D_1, \Delta D_2, \Delta D_3)$$

pri čemu su:

ΔD_1 m - tolerancija rupe, data kao odstupanje prečnika rupe od prečnika alata.

ΔD_2 m - kružnost rupe, data kao razlika maksimalnog i minimalnog prečnika rupe mjerenog u jednoj ravni (ravni maksimalnih razlika)

ΔD_3 m - koničnost rupe, data kao razlika izmedju maksimalnog i minimalnog prečnika rupe mjerena u dvije ravni (ravni maks. i min.prečnika)

Za matematsku obradu (povezivanje) gornjih veličina poslužio sam se linearnom relacijom

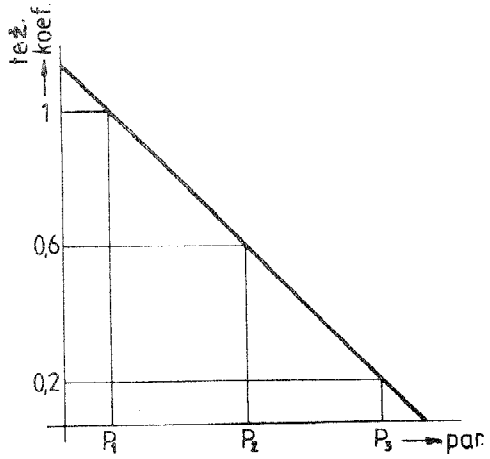
$$k_R = p_1 \cdot \Delta D_1 + p_2 \cdot \Delta D_2 + p_3 \Delta D_3$$

a, za brojčano odredjivanje parametara p_1, p_2 i p_3 sam koristio grupnu metodu izbora. Ova metoda se zasniva na kolektivnom rangovanju tretiranih veličina, koje nezavisno jedna od druge utiču na traženu veličinu, od strane stručnog tima i na matematskoj obradi tih podataka.
Kako se ovdje radi o koeficijentu koji treba da da odgovor na kvalitet rupe poslije operacije bušenja to sam ja uz konsultacije stručnih ljudi koji se bave tom problematikom kao i koristeći svoja iskustva navedene parametre rangirao, a rezultate prikazao u tabeli 1.

Paramet.	Rang. paramet.	Smjer paramet.	Vrijedn. paramet.
P_1	1	↑	1
P_2	2	↑	0,6
P_3	3	↑	0,2

Tabela 1.

U tablici su ujedno dati i težinski koeficijenti pomenutih parametara koje sam odredio na isti gore pomenuti način. Uzeo sam linearnu zavisnost izmedju parametara i njihovih težinskih koeficijenata dijagram slika 1.



Slika 1.

Za prvi parametar sam uzeo težinski koeficijent 1 a za treći o,2 dok sam srednji odredio po obrascu

$$P_2 = \frac{P_1 + P_3}{2} = \frac{1 + 0{,}2}{2} = 0{,}6$$

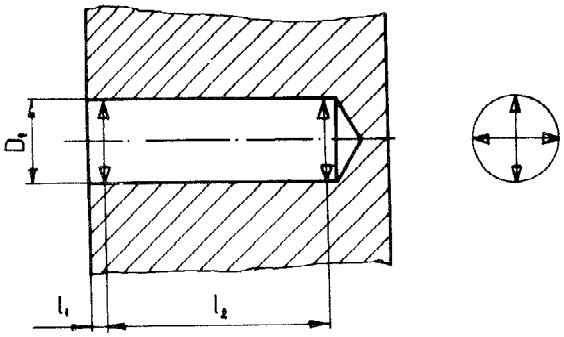
U pomenutoj tablici 1 je uz rang i vrijednost pomenutih parametara dato i njihovo djelovanje na ukupni rezultat traženog koeficijenta. Vidljivo je da svi parametri djeluju u smjeru povećavanja što je i logično jer je koeficijent oblika rupe tim veći što su ranije pomenuti činioci (ΔD_1, ΔD_2 i ΔD_3) veći, a samim tim i kvalitet oblika rupe manji.

1.2. Upravnost rupe na baznu površinu

Pod ovim pojmom sam posmatrao i odredjivao upravnost zamišljene ose rupe na baznu površinu, odnosno njeno odstupanje od idealno upravne ose. Kao osnovni problem nametnulo se pitanje kako naći osu ovako nepravilnoj rupi kakva je u operaciji bušenja.

Taj problem sam ja riješio na taj način što sam odredjivao odstupanja izvodnica dvaju zamišljenih ravnina simetrije. Zorni prikaz ovoga odredjivanja dat je na sl. 2, a položaj mjernih mjesta u odnosu na usta rupe u tablici 2.
Na osnovu ovako dobivenih rezultata sam geometrijskim sabiranjem (principom paralelograma) dobio položaj ose rupe po obrascu

$$X_R = \sqrt{X_1^2 + X_2^2}$$



Slika 2.

D_1	l_1	l_2
6	1	20
8,5	1	30
12	1	40

Tabela 2.

Koristeći se poznatim obrascima iz trigonometrije odredio sam ugaona odstupanja traženih osa.

$$tg\alpha_1 = \frac{X_R}{L}$$

iz čega se dobije vrijednost ugaonog odstupanja po obrascu

$$\alpha_1 = arctg \frac{X_R}{L}$$

2. EKSPERIMENTALNA OBRADA

2.1. Matematski model i plan eksperimenta

Za definisanje pomenutih veličina u funkciji elemenata koji se ubrajaju u glavne uticajne faktore u operaciji bušenja (D, v, s, L) opredijelio sam se za eksponencijalnu funkciju u obliku

$$k_R = C_k . v^{a_1} . s^{a_2} . D^{a_3} . L^{a_4}$$

$$\perp = C_\perp . v^{b_1} . s^{b_2} . D^{b_3} . L^{b_4}$$

Za odredjivanje ekspomenata (a_1, a_2, a_3, a_4 i b_1, b_2, b_3, b_4) kao i slobodnih članova (C_k i $C_\perp$) sam koristio faktorski plan eksperimenta 3^4, četiri uticajna faktora (D,v,s,L) i tri nivoa (donji, srednji i gornji).

2.2. Oprema za obavljanje eksperimenta i mjerenje traženih veličina

2.2.1. Mašina

Eksperiment sam izvodio na stubnoj bušilici ACIERA LELOC E SUISSE sa kontinuiranom promjenom broja obrtaja, godina proizvodnje 198o.
Ispitivanje je obavljeno u laboratorijskim uslovima (laboratorija Industrije alata "Trebinje")

2.2.2. Pribor za stezanje

U cilju smanjenja uticaja radijalnog bacanja pribora za stezanje eksperiment sam obavio sa specijalnim priborom sopstvene konstrukcije, kod koga je kao stezni element korištena stezna čaura.

2.2.3. Instrumentarij za mjerenje odstupanja rupa

Za odredjivanje (mjerenje) ovih veličina koristio sam instrument za mjerenje prečnika otvora Innenmessgerät za dimenzije ø 6 - 18 mm. Tačnost mjerenja pomenutog instrumenta iznosi o,ol mm

2.2.4. Instrument za mjerenje upravnosti rupa

Za ovo mjerenje sam koristio uredjaj sopstvene konstrukcije sa komparaterima kao mjernim instrumentima. Uredjaj je radjen dovoljno tačno, tako da je njegovo odstupanje iznosilo o,o2 mm za hod nosača mjernih elemenata 2oo mm.

2.3. Alat za obavljanje eksperimenta

Za obavljanje eksperimenta sam koristio zavojne burgije proizvodnje Industrije alata "Trebinje" po ranije pomenutim tehnologijama fabrikacije. Koristio sam tri dimenzije burgija (6, 8,5 i 12 mm).
Sve burgije su radjene iz iste šarže materijala, a njihova geometrija i stanje termičke obrade su u granicama tolerancije, te se uticaj ovih veličina u rezultatima mjerenja može zanemariti.

2.4. Materijal za izvodjenje eksperimenta i priprema epruveta

Za izvodjenje eksperimenta sam koristio materijal Č 1731.4. Prema tome radi se o materijalu za poboljšanje ojačanom na zateznu čvrstoću 6o5-62o MPa i tvrdoću 248-255 HB.

Analizom pomenutog materijala ustanovio sam da je njegov hemijski sastav u granicama tolerancije i da mu je naponsko stanje takvo da nema prisustva lamelarnog perlita koji se pokazao kao struktura vrlo nezgodna za obradu, a posebno obradu bušenjem.

Pomenuti materijal sam dobio u kvadratnim šipkama 6ox6o. Iz tako dobivenih šipki pravio sam dva oblika epruveta. Jedan oblik za bušenje potrebno radi habanja alata radio sam sječenjem navedenih šipki na dužine 3oo mm, a potom dvije paralelne strane obradjivao radi eliminacije cundera.

Obratke, potrebne radi mjerenja veličina tretiranih u ovom radu, sam radio tako što sam pomenuti materijal sjekao na dužine koje su funkcija prečnika burgije i to:

- za burgije ø 6 - L = 27 mm
- za burgije ø 8,5 - L = 35 mm
- za burgije ø 12 - L = 52 mm

a potom dvije nalijegajuće strane sam brusio u cilju postizanja tražene paralelnosti radi nesmetanog mjerenja upravnosti rupe.

2.5. Odredjivanje potrebnih veličina i prikaz rezultata mjerenja

2.5.1. Odredjivanje potrebnih veličina

Pomenute veličine potrebne za računsko odredjivanje koeficijenta oblika rupe i upravnosti rupe sam odredjivao na taj način što sam odgovarajuće veličine mjerio poslije svake etape, a prije naredne i to za svaku burgiju u po tri rupe, a potom računao srednje vrijednosti dobivenih veličina.
Eksperiment je ponovljen tri puta i iz tri ponavljanja odredjena srednja vrijednost traženih veličina.

2.5.2. Mjerni i računski rezultati

Podaci o rezultatima mjerenja su dati u tablicama i to:

- koeficijent oblika rupe, glodana tehnologija, tablica 3.

Slične tablice su napravljene i za ostale tražene veličine. U ovom radu zbog ograničenja prostora iste nisam prikazivao.

Na osnovu pretpostavljenog eksperimentalnog oblika funkcionalnih zavisnosti izlaznih veličina i uticajnih faktora (ulaznih veličina), a poslije njihovog logaritmiranja dobiju se slijedeće jednačine:

1. za koeficijent oblika rupe

$$\log k_R = \log C_k + a_1 \cdot \log v + a_2 \cdot \log s + a_3 \cdot \log D + a_4 \cdot \log L$$

Tabelarni pregled rezultata eksperimenta Tabela 3

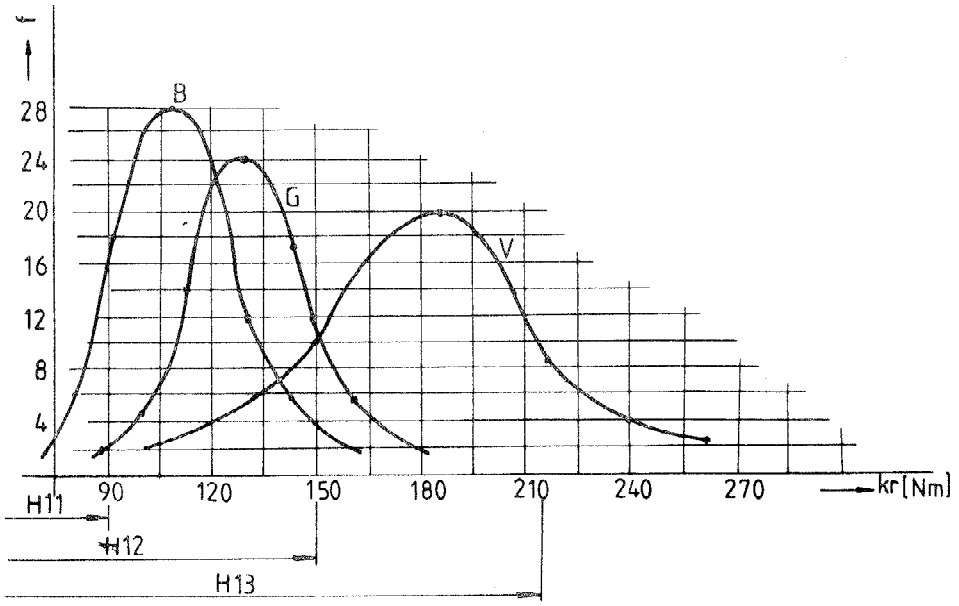
Plan eksp. 3^4		v [m/min]	23			27,5			33		
Oblik tehnolo.	d [mm]	s [mm/o]	0,02	0,04	0,10	0,02	0,04	0,10	0,02	0,04	0,10
		L [m]	kr=f(D,V,S,L) [Mm]								
Glodano	6	0,00	268	261	300	218	295	252	349	194	224
		0,55	244	233	284	200	309	184	314	151	201
		0,91	241	212	264	201	305	191	284	144	214
	8,5	0,00	134	134	131	114	91	137	72	96	131
		0,55	111	182	129	122	103	125	106	96	103
		0,91	158	134	121	114	123	121	126	128	110
	12	0,00	318	310	334	220	285	251	165	180	335
		0,55	186	209	213	166	279	218	157	115	291
		0,91	187	232	210	140	358	213	127	97	261

2. za upravnost rupe

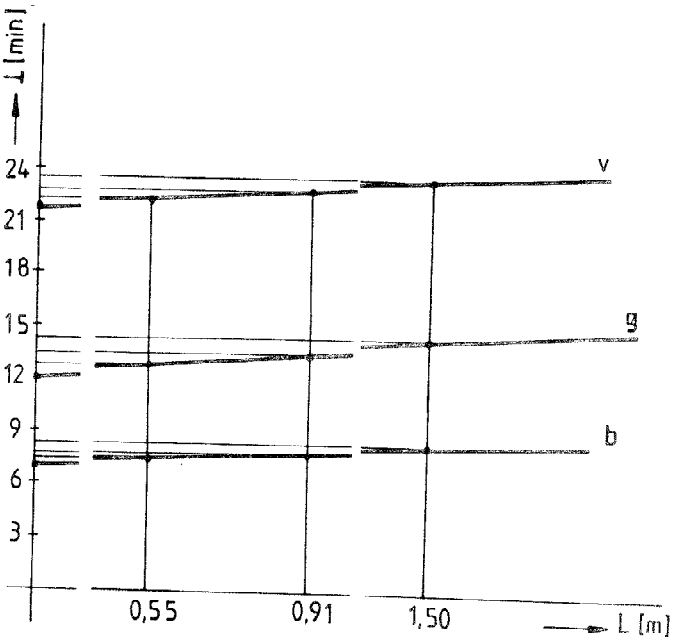
$$\log \perp = \log C_\perp + b_1 \cdot \log v + b_2 \cdot \log s + b_3 \cdot \log D + b_4 \cdot \log L$$

par. / teh.	Ck	a_1	a_2	a_3	a_4	$C_\perp$	b_1	b_2	b_3	b_4
glod.	44,78	-0,156	-0,636	0,069	-0,058	0,817	-0,562	0,236	0,135	0,134
valj	49658	1,126	0,830	0,085	-0,109	13,988	-0,038	0,549	0,201	0,189
bruš.	243723	1,617	0,085	0,026	-0,068	10,22	0,025	0,107	0,039	0,180

Tabela 4



Slika 3



Slika 4

Uz pomoć elektronskog računala multiregresivnom analizom su odredjene veličine eksponenata (a_1, a_2, a_3, a_4 i b_1, b_2, b_3, b_4) i slobodnih članova C_k i C_t, a rezultati istih prikazao sam u tabeli 4.

Dijagramske prikaze traženih veličina sam dao na slikama 3 i 4.

2.6. Testiranje rezultata eksperimenta

Testiranje signifikantnosti regresivnih koeficijenata je obavljeno pomoću T testa.
Signifikantnost višestruke regresije je testirana pomoću F testa.

T testom sam ustanovio da je brzina rezanja, brzina pomoćnog kretanja i prečnik burgije bez većeg uticaja na koeficijent oblika rupe, dok je njihov uticaj na upravnost rupe znatniji.

Drugim riječima,na koeficijent oblika rupe znatnije utiče samo dubina izbušene rupe (radna sposobnost alata).

F testom sam ustanovio da je višestruka regresija jako signifikantna. Utvrdio sam da su dati izrazi koeficijenta oblika rupe i upravnost rupe jako signifikantni, a to ujedno znači da su pretpostavljenim matematičkim modelima dobro protumačene radom tretirane jednačine.

2.7. Zaključci

Kako su koeficijent oblika rupe i upravnost rupe dati u obliku eksponencijalnih izraza, analizom rezultata se da zaključiti:

1. Uticaj dubine rupe L (radna sposobnost alata)je daleko veći od ostala tri parametra.
2. Koristeći se rezultatima eksperimenta, a na osnovu radom tretiranih veličina (koeficijenta oblika rupe) moguće je ustanoviti:
   - brušenu tehnologiju valja koristiti za slučajeve kvaliteta rupe na prelazu izmedju 11 i 12 klase tolerancije
   - glodanu tehnologiju za slučajeve izmedju 12 i 13 klase tolarancije
   - valjanu tehnologiju valja koristiti za klase tolerancije 13 i iznad 13.
3. Rad je isto tako ukazao na izvjesnu prednost brušene tehnologije i kroz drugu radom tretiranu veličinu (upravnost rupe na baznu površinu), vidi sliku 4.
4. Na kraju želim istaći da je ovaj rad ukazao na vjerodostojnost pretpostavke o razlici u kvalitetu zavojnih burgija gledano sa stanovišta tehnologija njene fabrikacije.

L i t e r a t u r a:

1. Mr Milić Radivoje, dipl.maš.ing. Izbor optimalnih perfomansi zavojnog svrdla u odnosu na obradu žlijebova i zaledja (Doktorska disertacija), Zagreb 1983.
2. P.G. Kacev Statističeskoje metodi isledovanija režuščeva instrumenta, Mašinostroenije 1974.
3. Mr Ivo Pavlić Statistička teorija i primjena, Zagreb 1965.

R.Milić

BORE GEOMETRY AS THE CRITERION FOR EVALUATING TWIST DRILLS

Abstract

The purpose of the paper is to point to a new way toward coupling the bore geometry with the process of choosing optimal technology for twist drill production, cast from the problems of the drilling process.Advantages of the three known technologies for twist drill fabrication are dealt with in the paper from the standpoint of bore geometry.The bore geometry is described by means of two quantities: the bore shape coefficient, and normality of the bore with respect to the base surface.The bore shape coefficient is given in terms of the bore tolerance, bore circularity, and bore cylindricality.

C. OBRADA DEFORMISANJEM

XIX SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE
Kragujevac, septembar 1985.

NOVA METODA ODREDJIVANJA KRAKA DEFORMACIONE SILE PRI VALJANJU KOMPAKTNIH PROFILA

M. Jurković, Mašinski fakultet, Banja Luka
V. Mečanin, Mašinski fakultet, Mostar

R E Z I M E

Do sada primjenjivane metode odredjivanja kraka sile valjanja ne daju dovoljno tačne rezultate, a osim toga neke od njih su i složene za primjenu.

Predložena nova analitičko-eksperimentalna metoda zasniva se na uspostavljanju tačnog odnosa izmedju obrtnog momenta i sile valjanja, čime se uzimaju u obzir svi uticajni faktori koji proizilaze iz vrste postupka i konkretnih uslova valjanja.

1. U V O D

Pri odredjivanju energetskih parametara tehnološkog procesa valjanja, kao i pri projektovanju nove deformacione mašine za valjanje neophodno je poznavati krak deformacione sile valjanja. Poznavanjem momenta valjanja, kao i drugih momenata (moment praznog hoda, moment trenja i dinamički moment) koji su po intenzitetu znatno manji od momenta valjanja, moguće je odrediti obrtni moment i snagu pogonskih elektromotora deformacione mašine.

Kod odredjivanja kraka sile valjanja do sada poznate metode su:

- približno tačne metode zasnovane na korištenju literaturnih podataka i metode neutralnog presjeka koje mogu biti analitičke i eksperimentalne, te

- tačna eksperimentalno - analitička metoda zasnovana na odredjivanju težišta raspodjele radijalnog specifičnog pritiska.

Metoda neutralnog presjeka i metoda težišta zahtijevaju izuzetno složenu mjernu aparaturu za identifikaciju stanja na kontaktnoj površini, što je i glavni nedostatak ovih metoda.

Da je to tako dovoljno pokazuje i podatak da u našoj zemlji za sada postoji tek jedan takav mjerni uredjaj koji je izradjen za vlastite potrebe naučno istraživačkog rada, a korišten je pri istraživanju u radovima |1|, |2|, |3|.

* Ovaj rad radjen je u okviru naučne inovacije "Osvajanje nove visokoproduktivne fleksibilne automatske linije za izradu osnosimetričnih i drugih kompaktnih profila" koju finansira SIZ nauke BiH i RMK Zenica - RO "Krajinametal" Bihać.

2. POZNATE METODE ODREDJIVANJA KRAKA DEFORMACIONE SILE

Poznate metode polaze od toga da sila valjanja djeluje u neutralnom presjeku ($a=l_N$) ili da je $a < l_N$ što se odredjuje aproksimativno (metoda literaturnih podataka) ili tačno (metoda težišta).

a. Metoda literaturnih podataka

Za odredjivanje kraka sile valjanja obično se koriste literaturni podaci |4|, |5|, zasnovani na približnoj metodi, gdje je napadna linija sile valjanja na 1/3 do 1/2 kontaktne dužine mjerene od vertikalne ose valjaka (sl. 1), tako da je

$$a = \psi l = (0{,}333 - 0{,}50)\sqrt{R\Delta h} \qquad (1)$$

gdje su:

l - dužina kontakta zone deformacije

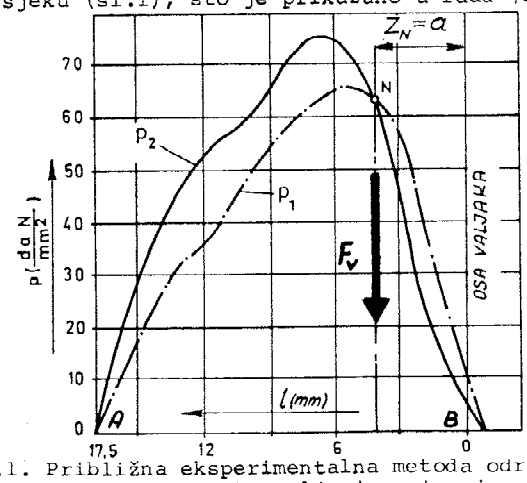
R - poluprečnik valjaka

Δh - apsolutna deformacija

Uzima se kod vrućeg valjanja da je $\psi = 0{,}45 - 0{,}50$, odnosno kod hladnog valjanja $\psi = 0{,}35 - 0{,}45$.

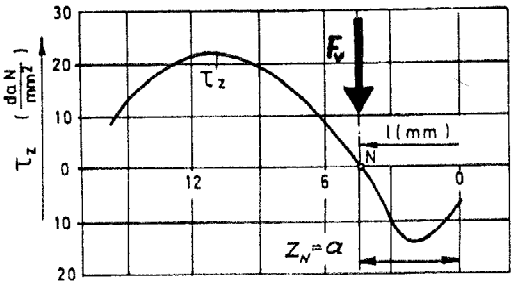
b. Eksperimentalna metoda odredjivanja neutralnog presjeka

Krak sile valjanja moguće je približno tačno odrediti snimanjem specifičnog pritiska metala na valjke p_1 i p_2 i iznalaženjem neutralnog presjeka zone deformacije ($p_1=p_2$), te aproksimacijom da se krak sile nalazi u neutralnom presjeku (sl.1), što je prikazano u radu |3|.



Sl.1. Približna eksperimentalna metoda odredjivanja kraka sile valjanja snimanjem pritiska p_1 i p_2

Neutralni presjek moguće je odrediti i eksperimentalnim snimanjem sila trenja na kontaktnoj površini zone deformacije (sl.2), što je dovoljno samo za približno tačno odredjivanje kraka sile valjanja.



Sl.2. Približna eksperimentalna metoda odredjivanja kraka sile valjanja snimanjem specifičnih sila trenja

c. Analitička metoda odredjivanja neutralnog presjeka

Kod valjanja širokih traka i limova koristi se jednačina za odredjivanje koeficijenta neutralnog presjeka

$$\psi_N = \frac{l_N}{l} = \frac{h_N - h_1}{\Delta h} = \frac{1-\varepsilon}{\varepsilon}\left(\frac{h_N}{h_1} - 1\right) \qquad (2)$$

odnosno

$$\psi_N = \frac{l_N}{l} = \frac{1-\varepsilon}{\varepsilon}\left(\frac{1}{1-0{,}5\varepsilon} - 1\right) \qquad (3)$$

gdje su:

h_N - debljina obradka u neutralnom presjeku

h_1 - debljina obradka na izlazu iz zahvata valjaka

ε - relativni stepen deformacije

$l_N=a$ - dužina apscise neutralnog presjeka, odnosno veličina kraka sile valjanja

Pri valjanju debelih limova i valjanju profila |6| uzima se da je

$$\psi_N = \frac{a}{l} \approx \frac{l_N}{l} = \frac{1}{2}\left(1 - \psi_{pr}\frac{\Delta h}{l}\right) \qquad (4)$$

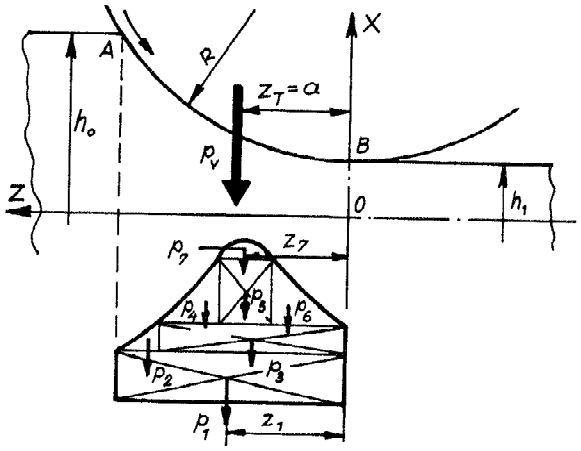
gdje je:

$$\psi_{pr} = \frac{l}{2\mu}\ln\frac{l}{2\mu} \qquad (5)$$

Prema tome i kod ove metode je pretpostavka da je napadna linija sile valjanja u neutralnom presjeku zone deformacije.

d. Eksperimentalno-analitička metoda odredjivanja težišta raspodjele specifičnog pritiska

Krak sile valjanja moguće je nešto tačnije odrediti pomoću pisača eksperimentalnim snimanjem intenziteta radijalnog pritiska p_x |1|, |2| |3| i iznalaženjem težišta raspodjele toga pritiska po dodirnoj dužini zone deformacije (sl. 3), gdje je krak rezultante, odnosno sile va-



Sl.3. Metoda odredjivanja težišta raspodjele specifičnog pritiska

ljanja jednak apscisi težišta

$$z_T = a = \frac{p_1 z_1 + p_2 z_2 + \ldots + p_i z_i}{p_v} \qquad (6)$$

3. NOVA METODA TAČNOG ODREDJIVANJA KRAKA DEFORMACIONE SILE

Nova metoda zasniva se na uspostavljanju tačnog odnosa izmedju momenta i sile valjanja.

Poznata jednačina momenta valjanja je

$$M_v = z F_v a = z F_v \psi l \qquad (7)$$

gdje su:

- z - broj pogonjenih valjaka
- F_v - sila valjanja
- a - krak sile valjanja
- ψ - koeficijent kraka sile valjanja
- l - dužina kontaktne zone deformacije ($l = \sqrt{R \Delta h}$)

Poznavanjem momenta valjanja i sile valjanja moguće je za svaki konkretan proces valjanja tačno odrediti krak sile valjanja

$$a = \frac{M_v}{z F_v} \qquad (8)$$

Krak sile zavisan je od niza uticajnih faktora, kao što su:

- kontaktno trenje (površinska obrada valjaka, kvalitet podmazivanja, stepen, brzina i temperatura deformacije),
- elastično deformisanje valjaka (prečnik valjaka, krutost valjaka),
- kontaktna dužina zone deformacije i
- geometrija obradka (limovi, trake, kompaktni profili itd.).

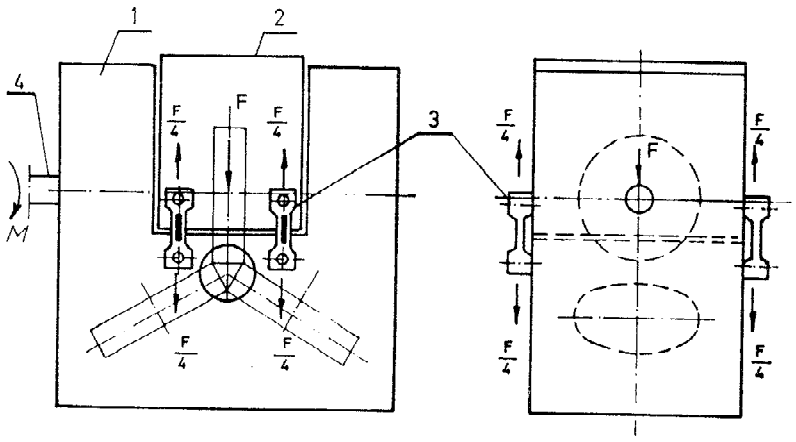
Prema tome, krak sile valjanja se mijenja u funkciji postupka i uslova valjanja, što znači da ga za svaki konkretan tehnološki postupak valjanja treba posebno odrediti. Ovako dobivene podatke za krak sile valjanja moguće je kasnije statistički obraditi i prikazati u funkciji stvarnih uslova valjanja.

Prema tome da bi odredili tačnu vrijednost kraka sile valjanja prethodno je potrebno odrediti stvarnu silu valjanja i stvarni moment valjanja. S obzirom da krak sile zavisi od niza uticajnih faktora, pa i od elastičnog sabijanja radne površine valjka neophodno je sve faktore uticaja uzeti u obzir, što se najbolje postiže primjenom eksperimentalne metode, gdje se istovremeno digitalno očitavaju i putem pisača snimaju podaci za silu valjanja i obrtni moment valjanja.

Eksperimentalno odredjivanje sile i momenta valjanja izvedeno je za valjanje kompaktnih profila pomoću trovaljkastog sistema valjaka |8|.

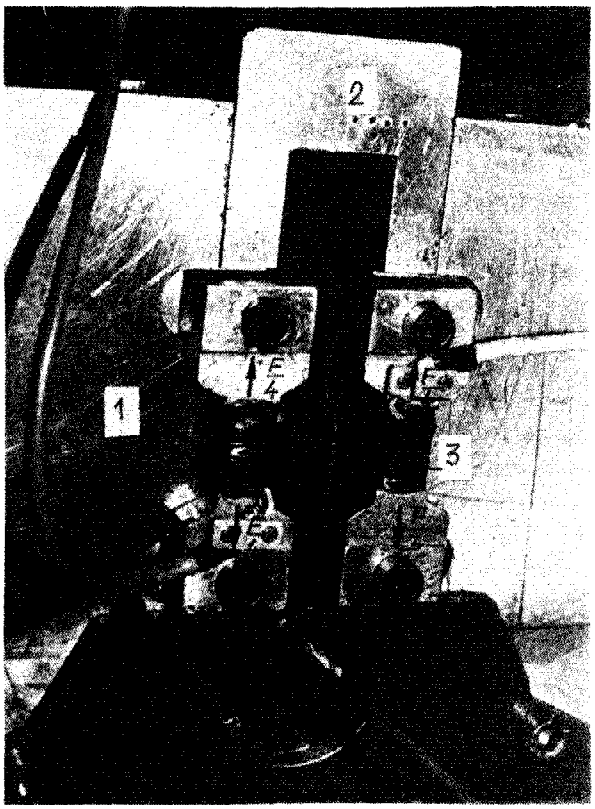
3.1. Odredjivanje sile valjanja

Sila valjanja je odredjena postavljanjem tenzometrijskih pretvarača na mjestu spoja dvodijelnog kućišta (sl.4). Dakle, kućište trovaljkastog sistema valjaka sastoji se iz nepokretnog (1) i pokretnog dijela (2) koji su medjusobno spojeni pomoću četiri elastična elementa (3). Na elastičnim elementima postavljene su mjerne trake tipa Hottinger 10/120 LA 11.



Sl.4. Lokacija tenzometrijskih pretvarača na kućištu trovaljkastog sistema valjaka

Na sl.5. prikazan je snimak postavljenih mjernih pretvarača na dvodjelnom kućištu.

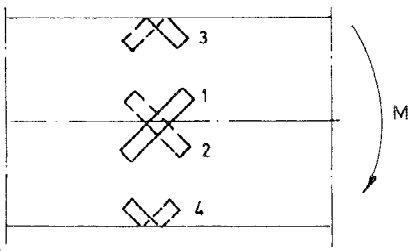


Sl.5. Snimak tenzometrijskih pretvarača

Baždarenje tenzometrijskih pretvarača izvedeno je na kidalici "Amsler" od 100 kN. Mjerenje sile valjanja registrovano je preko pojačala "Hottinger" tip KWS 3072 na galvanometrijskom pisaču "Honeywell - visicorder" tip 1508.

3.2. Odredjivanje momenta valjanja

Mjerenje momenta valjanja izvedeno je na pogonskom vratilu (4) prikazanom na sl.4. Četiri mjerne trake su postavljene na vratilo u smjeru maksimalnih smičućih napona tj. pod uglom od 45°, odnosno 90° u odnosu jedna prema drugoj spojene su u puni Wheatstoneov most, kako je prikazano na sl.6.



Sl.6. Šema postavljanja mjernih traka na pogonskom vratilu

Lokacija tenzometara za mjerenje momenta valjanja na pogonskom vratilu prikazana je na sl.7, gdje je sa (1) označen reduktor, sa (2) mjerač broja obrtaja, sa (3) mjerač obrtnog momenta - dvodjelno obuhvatno kućište, sa (4) tenzometri i sa (5) pogonsko vratilo valjaka.

Moment torzije vratila može se odrediti pomoću jednadžbe

$$M = \Delta_o \frac{1}{2} K_s \quad (kNm) \tag{9}$$

gdje je:

$K_s = X\ G\ W_p$ (Nm/v) - konstanta sistema

G - modul smika (N/m^2)

W_p - polarni moment otpora vratila (m^3)

$X = \frac{\varepsilon_p}{U}$ - mjerilo sistema

$$U = |U_k - U_{mo}| \tag{10}$$

U_k - kalibracioni izlazni napon (V)

U_{mo} - nulti nivo napona mirovanja vratila (V)

Relativna deformacija izražena pomoću dimenzionalnih veličina je

$$\varepsilon_p = \frac{\Delta l}{l} \tag{11}$$

odnosno preko električnih veličina

$$\varepsilon_p = \frac{R_t}{K_t\ R_k} \tag{12}$$

gdje su:

K_t - konstanta tenzometra (faktor osjetljivosti tenzometra)

R_t - otpor tenzometra

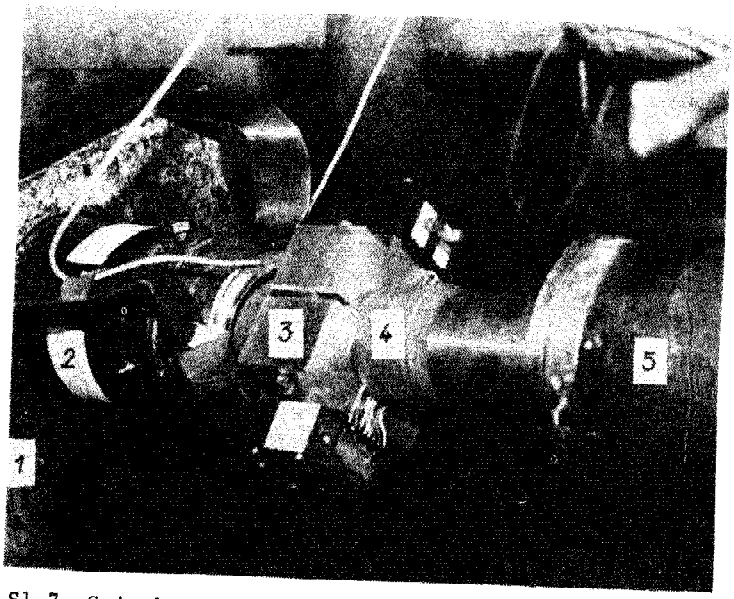
R_k - kalibracioni spojni otpor

Vrijednost Δ_o odredi se na bazi dobijenog grafa pomoću pisača i odredjenog razmjera momenta. Napr, ako je razmjer za dati moment 1000 mV = 10,8 cm i na papiru pisača očitana vrijednost amplitude grafa od nulte linije 5,5 cm., tada je Δ_o = 509,26 mV.

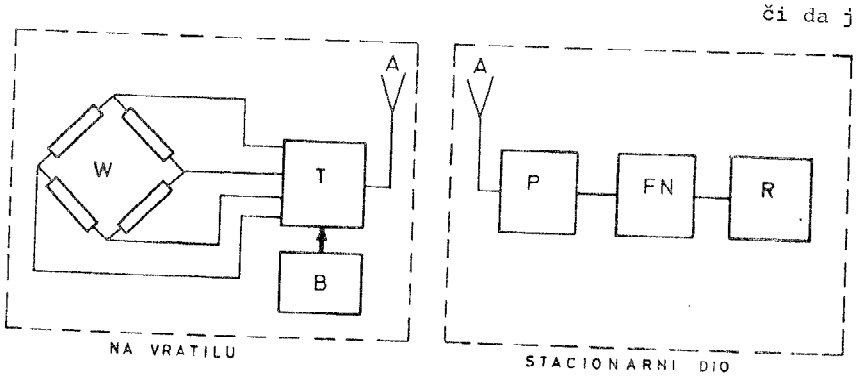
Mjerni signali sa rotirajućeg vratila prenose se bežičnim putem. Blok šema mjernog sistema prikazana je na sl.8.

Dispoziciona šema svih mjernih instrumenata koji su korišteni pri mjerenju momenta, sile valjanja i broja obrtaja data je na sl.9.

S obzirom da je po jednakosti (9) moment $M = M_v'$ odredjen na pogonskom vratilu veći od momenta valjanja M_v za veličinu momenta praznog hoda M_{ph}' trovaljkastog sistema valjaka, to je moment valjanja



Sl.7. Snimak mjerenja momenta na pogonskom vratilu valjaka



Sl.8. Blok šema mjernog sistema

W - spoj mjernih traka na vratilu, B-blok baterija za napajanje, T-naponsko frekvencijski pretvarač s predajnim pojačalom, A-antena, p-prijemno pred-pojačalo, FN-frekvencijsko naponski pretvarač (demodulator), R-registrator

$$M_V = M_V' - M_{ph} \qquad (13)$$

Moment praznog hoda je takodje eksperimentalno odredjen, i to tako da je prethodno izmjeren ukupni moment praznog hoda prenosnog mehanizma uključujući i trovaljkasti sistem valjaka M_{ph}, a zatim moment praznog hoda prenosnog mehanizma izuzev trovaljkastog sistema valjaka M''_{ph}, tako da je

$$M'_{ph} = M_{ph} - M''_{ph} \qquad (14)$$

Prema tome na osnovu eksperimentalno odredjenih momenata M_V', M_{ph} i M''_{ph} odredi se moment valjanja M_V po jednakosti (13).

3.3. Eksperimentalni rezultati

Eksperimentalno istraživanje izvedeno je pri hladnom valjanju materijala Č 0245.5, početnog prečnika osnosimetričnog profila $\varnothing$ 5,90 $\pm$ 0,05 mm. Osnovne mehaničke karakteristike materijala su: zatezna čvrstoća $_m$ = 53,7 - 59 daN/mm^2, granica razvlačenja $\delta_{o,2}$ = 47,1 - 53,3 daN/mm^2, izduženje δ_{10} = 11,3 - 15,0%.

Na sl.10 za odredjeni uzorak eksperimenta prikazan je snimak mjerenja obrtnog momenta, sile valjanja i broja obrtaja pogonskog vratila valjaka.

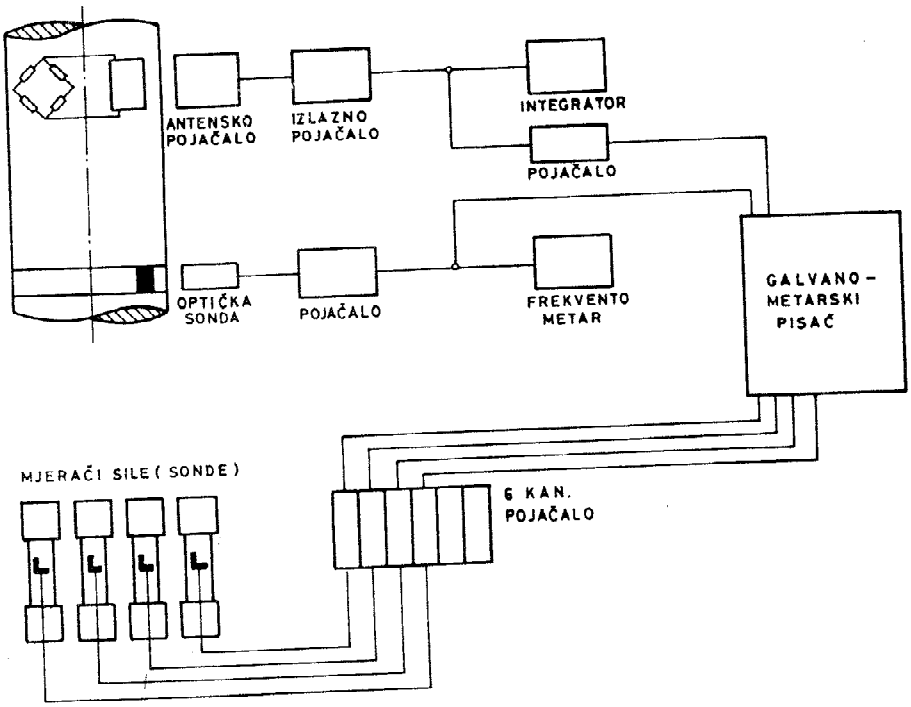
Dati grafovi mjerenih parametara dobiveni su ucrtavanjem stvarnih veličina na pokretnoj traki uredjaja pisača. Grafovi obrtnih momenata M_1 i M_2, odnose se na prvi odnosno drugi trovaljkasti sistem valjaka, što znači da je eksperimentalno istraživanje istovremeno izvedeno na dva valjačka sistema postavljena u liniji, s tim da je mjerenje sile valjanja izvedeno samo za prvi sistem. U eksperimentalnom dijelu rada ukupno je izveden 51 uzorak valjanja sa stepenom deformacije: ε_1=0,10, ε_2=0,21, ε_3=0,37 i ε_4 = 0,48.

Radi ograničenog prostora ne daju se pojedinačni tabelarni podaci za proračunati krak sile valjanja za svaki od izvedenih uzoraka valjanja, već se ukazuje na podatak da se koeficijent kraka sile valjanja mijenja u uskom intervalu ψ = 0,43 - 0,45, šta je dovoljno tačno za dalju tehničko - tehnološku primjenu.

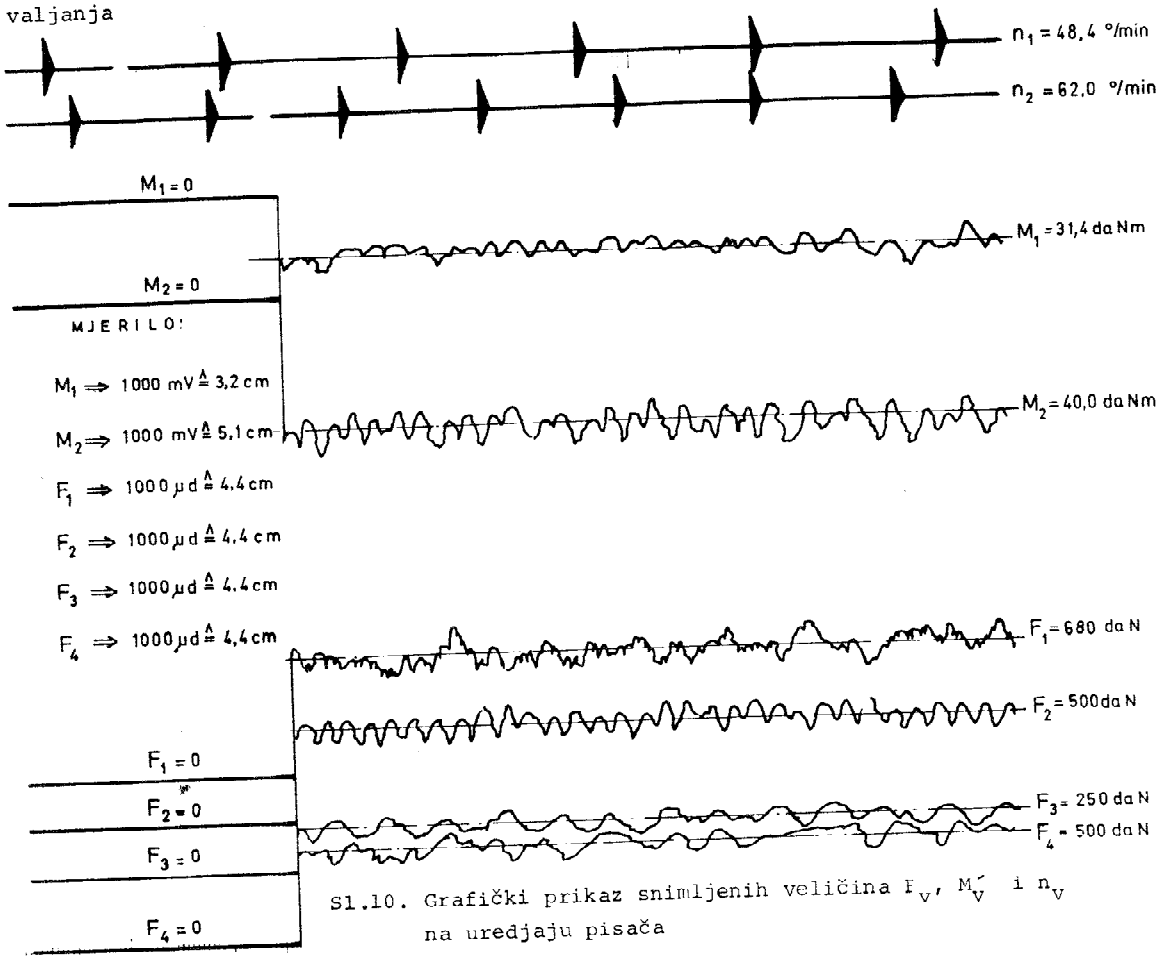
4. ZAKLJUČAK

Izvedeno istraživanje pokazuje da je primjenom prikazane metode moguće potpuno tačno odrediti krak sile valjanja, budući su pri tom odredjivanju uzeti u obzir svi uticajni faktor koji proizilaze iz postupka i konkretnih uslova valjanja.

Prikazana metoda može se uspješno koristiti i za sve druge postupke valjanja, jer je za primjenu vrlo jednostavna i ne zahtijeva veće adap-



S1.9. Šema elektronskih mjernih instrumenata za mjerenje momenta, broja obrtaja i sile valjanja



S1.10. Grafički prikaz snimljenih veličina F_V, M_V i n_V na uredjaju pisača

tacije na deformacionoj mašini za valjanje. Naime, dovoljno je izraditi i postaviti tenzometrijske pretvarače za mjerenje sile valjanja i navedenu aparaturu za mjerenje obrtnog momenta pogonskog vratila valjaka.

Ispitani koeficijent kraka sile valjanja nalazi se u intervalu $\psi = 0,43 - 0,45$, što potpuno zadovoljava u pogledu tačnosti.

Data metoda pored odredjivanja kraka sile omogućuje da se istovremeno ispita i utvrdi koeficijent korisnosti utrošene energije, jer se pored navedenog momenta utvrdjuje i moment praznog hoda, što nije bio cilj ovog rada.

LITERATURA

[1] Jurković Milan, Geometrija presjeka uske trake u funkciji termomehaničkih faktora i naponskog stanja procesa hladnog deformisanja, Banjaluka, Mašinski fakultet, 1981, str. 258.

[2] Jurković Milan, Ćurtović Kasim, Projektovanje i primjena prvog domaćeg uredjaja za identifikaciju mehaničkog opterećenja u zoni deformacije, Bihać, Nauka u praksi, 1984, str. 1-8.

[3] Jurković Milan, Živanović Stevan, Neutralni ugao u zoni deformacije osnov odredjivanja konstante deformacione mašine za valjanje profila, Novi Sad, Obrada deformisanjem u mašinstvu br.1, str.105-113.

[4] Celikov A.I., Nikitin G.S, Rokotjan S.E. Teorija prodolnoi prokatki, Moskva, Metallurgija, 1980, str. 317.

[5] Celikov A.I., Griškov A.I., Teorija prokatki, Moskva, Metallurgija, 1970, str.358.

[6] Korolev A.A., Konstrukcija i rasčet mašin i mehanizmov prokatnyh stanov, Moskva, Metallurgija, 1969.

[7] Čaušević, Mustafa, Teorija plastične prerade metala, Sarajevo, Svjetlost, 1979, str. 421.

[8] Jurković Milan, Ćurtović Kasim, Živanović Stevan i dr., Ispitivanje prototipa deformacione mašine, Knjiga 5, Banjaluka, Mašinski fakultet, 1984, str. 103.

M.Jurković, V.Mečanin

NEW METHODS OF DETERMINATION OF THE RADIUS OF DEFORMATION FORCE IN ROLLING COMPACT PROFILES

Abstract

Methods of determination of the radius of force in rolling used up to now do not give sufficiently accurate results; and besides, some of them are also complex for application.

The proposed new analytic-experimental method is based on establishing the exact ratio between the torque and rolling force, taking into account all influential factors which stem from the type of procedure and concrete rolling conditions.

XIX SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE

Kragujevac, septembar 1985.

PRIMJENA METODE IZRAŽENE ZONE DEFORMACIJE ZA ODREDJIVANJE SPECIFIČNOG DEFORMACIONOG OTPORA AI-LEGURE

M. Vukčević, Mašinski fakultet, Titograd
V. Domazetović. Mašinski fakultet, Titograd

R e z i m e

U radu se izlaže mogućnost eliminacije uticaja trenja kod odredjivanja specifičnog deformacionog otpora pri pritisku optimalnim izborom geometrije uzoraka. Utvrdjeni su geometrijski odnosi za koje se korišćenjem uzoraka u paru relativno jednostavno dobijaju krive ojačavanja bliske uporednim. Takodje razradjen je i uticaj geometrije uzoraka na veličinu i ravnomjernost deformisanja mjerodavnog dijela istog.

1. Uvod

Specifični deformacioni otpor je karakteristika koja velikim dijelom obuhvata mehanička svojstva metala pri odredjivanju sile i rada plastične deformacije. Ova karakteristika može biti odredjena po rezultatima ispitivanja na istezanje, savijanje, uvijanje, izvijanje.itd. Od osobitnog je interesa ispitivanje na pritisak, gdje se u većoj mjeri u odnosu na druge metode uzimaju u obzir pojave koje se javljaju kod većine procesa u oblasti obrade deformisanjem (presovanje, istiskivanje, valjanje itd.).

Glavni nedostatak postupaka za odredjivanje specifičnog deformacionog otpora na pritisak je teškoća isključivanja uticaja spoljašnjeg trenja te se nastoji naći najpovoljniji način za eliminisanje istog.

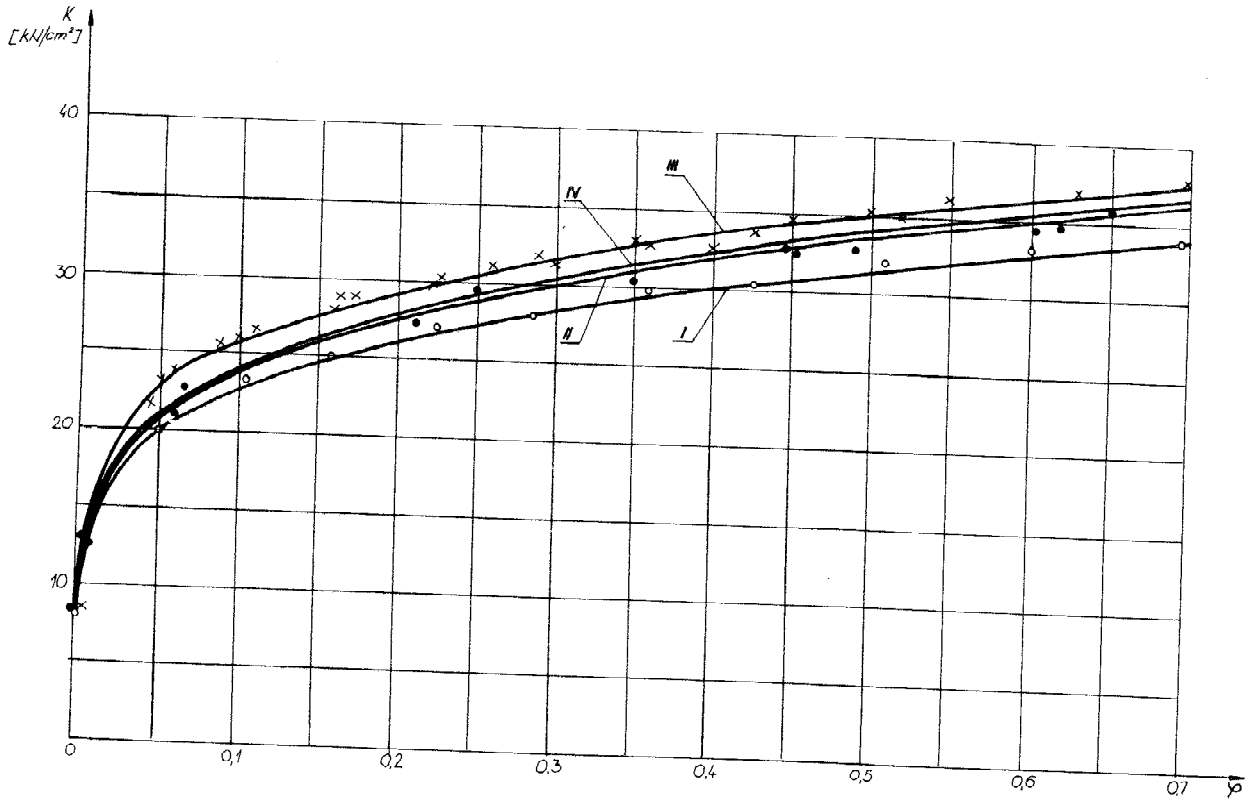
2. Kratak osvrt na najčešće korišćene metode za odredjivanje specifičnog deformacionog otpora pri pritisku

Autor prve publikacije u kojoj se predlaže ispitivanje pritiskivanjem cilindričnih uzoraka je Zihaze 1920.g. Na ovom problemu je kasnije radio veliki broj istraživača /1,2,3,4,5/. U cilju eliminisanja trenja izmedju obrasca i pritisnih

ploča mašine tj. postizanja linijskog naponskog stanja obrasca predložena je fina obrada dodirnih površina, upotreba maziva, pravljenje čeonih udubljenja ili kanala sa mazivom, korišćenje folija od plastičnih materijala, upotreba koničnih pritiskivača itd.

Takodje, predložene su metode kod kojih se dozvoljava prostorno naponsko stanje pa se grafičkim aproksimativnim postupkom vrši eliminacija uticaja trenja /4/ ili se pak primjenom hipoteza o plastičnom tečenju uspostavlja veza izmedju napona i deformacija /6/.

Pokazatelji kvaliteta pojedinih metoda osim kvantitativno i kvalitativno su različiti što uslovljava da je teško naći jedan jedinstveni pokazatelj koji bi rangirao metode. To znači da svaka od metoda ima svoje prednosti i nedostatke te se ne bi mogla dati bezuslovna prednost ni jednoj od njih već se pri izboru metode treba rukovoditi vrstom materijala za koji se odredjuje specifični deformacioni otpor, mjernom opremom i mašinom koja se posjeduje kao i dotadašnjim iskustvom eksperimentatora.



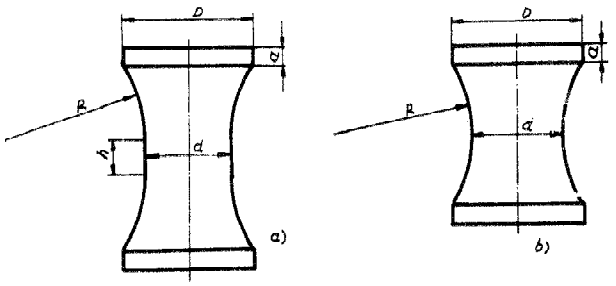
Sl.1. Krive ojačavanja Al-legure dobijene istezanjem i metodama na pritisak:
I - Šofmanov metod (o): II - korišćenjem plastičnih podmetača (•): III - korišćenjem uzoraka sa koncentričnim čeonim kanalima (x): IV - istezanjem.

3. Odredjivanje uporednih krivih ojačavanja

U cilju analize postojećih, najčešće korišćenih metoda nalažene su krive ojačavanja (sl.1) za eksperimentalni materijal Al-leguru hemijskog sastava, (F_e=0,30%; S_i=0,39%; T_i=0,014%; C_u=0,006%; Z_n=0,233%; V=0,01%; C_r=0,018%; M_n=0,39%; M_g=1,3%) temperature žarenja 400°C /8,9/. Vrijeme žarenja je 2 časa uz lagano hladjenje u zagrijanoj peći.

Na osnovu izloženog očigledna je potreba za metodom kod koje se relativno lako eliminiše trenje i tako uspostavlja linijsko naponsko stanje a s druge strane da se može primijeniti za svaki metal bez posebnih prilagodjavanja. Prilikom sabijanja cilindričnih uzoraka dolazi do središnje ispupčenosti istih pa se ova zona neravnomjerne deformacije na pogodan način uklanja /6, 7, 8/. Izgled eksperimentalnog uzorka je dat

na sl. 2a.



Sl.2. Probni uzorci za odredjivanje krivih ojačavanja po metodi izražene zone deformacije.

Varijacijom geometrijskih odnosa l=D/d; m=R/d; g = a/d /tablica 1/ za f=h/d=0,4 na dva nivoa prema više faktornim ortogonalnim planovima, i sa četiri ponavljanja u centralnoj tački je dobijeno 12 eksperimentalnih uzoraka koji su sabijani u 7 faza

Tablica 1 - geometrijski odnosi uzoraka

veličina	D/d	R/d	a/d
osn.nivo	1,4	1,4	0,2
int.varij.	0,2	0,2	0,04
g.nivo	1,5	1,6	0,22
d.nivo	1,3	1,2	0,18

Kao optimalna funkcija kojom se opisuje kontura uzoraka tokom faza deformisanja na osnovu programa uradjenog na računaru se pokazao polinom 4-tog stepena:

$$r = a_o + a_1 z + a_2 z^2 + a_3 z^3 + a_4 z^4 \quad \ldots\ldots \quad (1)$$

Ako se sa r_{ij} obilježi radijus a sa F_j sila faze deformisanja tada će zavisnost $k_{ij} = k_{ij}(\varphi_{ij})$ imati oblik:

$$k_{ij} = \frac{F_j}{r_{io}^2 \pi} e^{-\varphi_{ij}} \quad \ldots\ldots (2)$$

i = 1,2, ... 9 - broj uzorka

j = 1,2,.....,7 - broj faze deformisanja

Od osobitog je značaja naći krivu ojačavanja koja je najbliža stvarnoj jer ista u daljim istraživanjima služi kao uporedna. Pomoću računara korišćenjem : a) uslova o konstantnosti zapremine; b) Simsonovog pravila nadjene su visine h_{ij} središnjeg cilindričnog dijela uzoraka nakon pojedinih faza sabijanja. Dakle, osim $r_{ij\ max}$ nadjene su korišćenjem (1) i vrijednosti $r_{ij\ min} = r_{ij\ min}(h_{ij})$ što omogućava s obzirom na malu ispupčenost da se kao mjerodavan definiše poluprečnik:

$$r_{ij} = (r_{ij\ max} + r_{ij\ min})/2 \quad \ldots\ldots \quad (3)$$

Prema eksperimentlanim rezultatima usvojen je oblik krive ojačavanja /1,3,5/:

$$k = k_o + C\varphi^n \quad \ldots \quad (4)$$

gdje su: C - koeficijent koji zavisi od vrste materijala

n - pokazatelj ojačavanja

Na osnovu podataka za sve eksperimentalne uzorke i sve faze deformisanja (84-eksperimentalne tačke) korišćenjem (3) dobijena je zbirna kriva ojačavanja i zbirni koeficijent korelacije kao jedinstveni reprezenti istaknutog postupka:

$$\bar{k} = 8{,}34 + 31{,}44\ \bar{\varphi}^{0{,}28};\quad r = 0{,}99 \ \ldots\ (5)$$

4. Metod izražene zone deformacije

Ovaj metod bazira na hipotezi da razlika sabijanja dva uzorka istovjetne geometrije (sl.2) osim što prvi u odnosu na drugi ima središnji cilindar predstavlja veličinu sabijanja središnjeg cilindra /8/:

$$\Delta S_{ij} = \Delta h_{ij} - \Delta h_{ij} \quad \ldots\ldots \quad (6)$$

Δh_{ij} - veličina sabijanja uzoraka prikazanih na sl 2a.

Δh_{ij}-veličina sabijanja uzoraka prikazanih na sl.2b.

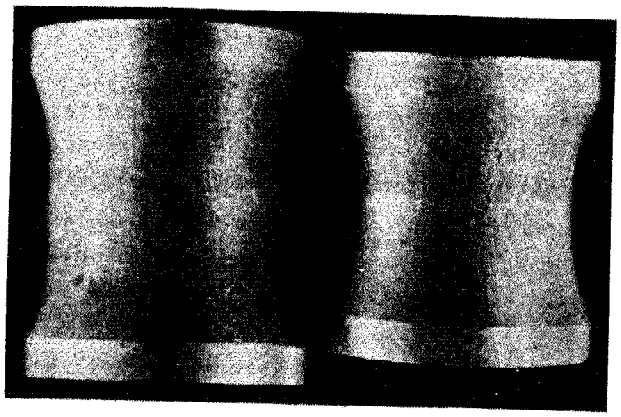
i = 1,2,...,12 - broj parova uzoraka

j = 1,2,...,7 broj faze sabijanja

Izgled eksperimentalnih uzoraka nakon pete faze deformisanja je dat na sl.3.

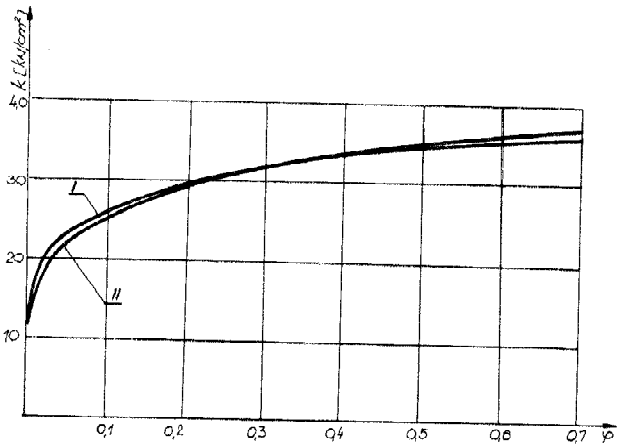
Prema ovoj metodi za odredjivaje krivih ojačavanja nužno je eksperimentalno utvrditi veličinu sabijanja uzoraka poslije svake faze sabijanja. To se može relativno lako i sa velikom preciznošću uraditi. Kriva ojačavanja dobijena korišćenjem podataka od svih 12 parova eksperimentalnih uzoraka poslije svake faze deformisanja ima oblik.

$$k = 8{,}34 + 30{,}96\ \varphi^{0{,}27};\quad r = 0{,}99 \ \ldots\ (7)$$



Sl.3. Izgled para uzoraka poslije 5-te faze deformisanja

Krive (5) i (7) dobijene na osnovu diskretnih zavisnosti specifičnog deformacionog otpora i stepena deformacije su grafički interpretirane na (sl.4).



Sl.4. Kriva ojačavanja Al.legure
I-po metodi izražene zone deformacije;
II-uporedna kriva

5. Uticaj geometrije uzoraka na veličinu i ravnomjernost deformisanja mjerodavnog dijela istog

Uticaj geometrijskih veličina koje definišu uzorak na maksimalni radijus središnjeg cilindra je pretpostavljen u stepenom obliku. Pravljana je plan-matrica za svaku fazu deformisanja. Napravljen je program za računar pomoću kojeg je izvršeno odredjivanje parametara, ocjena signifikantnosti argumenata i adekvatnosti modela. Za petu fazu deformisanja je dobijeno:

$$r_{max}=4,7294\ D^{0,1153}\ R^{0,0122}\ a^{-0,0498} \quad \ldots (8)$$

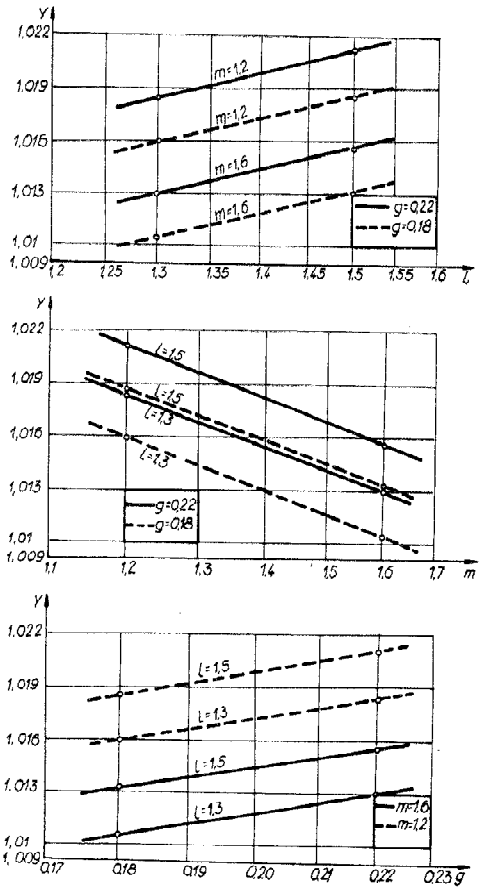
Analogne zavisnosti prema intezitetu i karakteru uticaja su dobijene i za ostale faze deformisanja.

Bitno pitanje tretirane problematike je bilo ispitati uticaj geometrijskih veličina uzoraka na ravnomjernost deformisanja središnjeg cilindra. Definisana je veličina koja je mjera ravnomjernosti deformisanja /8/:

$$Y = \frac{r_{z=0}}{r\frac{\partial r}{\partial z}=0} = \frac{r_{max}}{r_{min}} \quad \ldots . (9)$$

r_{max} - maksimalni poluprečnik središnjeg dijela uzorka;

r_{min} - minimalni poluprečnik središnjeg dijela uzorka



Sl.5. Neravnomjernost deformisanja Y u funkciji geometrijskih odnsoa za φ= 0,3

Veličina Y je odredjena na osnovu snimljenih kontura eksperimentalnih uzoraka (1). Y je odredjena za sve eksperimentalne uzorke i sve faze deformisanja tj. odredjeni su Y_{ij} gdje su: i = 1,2,...,12; j=1,...,7. Zavisnost iste od φ je predpostavljena u stepenom obliku:

$$Y = 1 + A\varphi^{B} \qquad \ldots (10)$$

Da bi se dobio uticaj geometrije uzoraka u eksplicitnom obliku u odnosu na Y iskorišćena je činjenica da je geometrija uzoraka varirana prema tablici 1. Data je grafička interpretacija zavisnosti Y = f(l, m, g) (sl.5) za logaritamski stepen deformacije =0,3. Očigledno s aspekta ravnomjernosti deformisanja najpovoljniji su uzorci sa minimalnim odnosima l i g a maksimalnim m za posmatrane intervale variranja geometrijskih odnosa.

6. Zaključak

U radu se razmatra mogućnost primjene metode izražene zone deformacije za odredjivanje krivih ojačavanja pri monotonom pritisku u hladnom stanju. Odredjeno je područje varijacije geometrijskih odnosa eksperimentalnih uzoraka za koje je relativno mali uticaj trenja na deformaciju mjerodavnog dijela uzorka. Dokazano je da se jednostavnim mjerenjima parova uzoraka deformisanih po fazama može dobiti kriva ojačavanja bliska uporednoj. Podmazivanje uzoraka se ne vrši. Metodu je moguće koristiti za nalaženje krivih ojačavanja kod različitih materijala. Nedostatak metode je utrošak vremena na pravljenje relativno složene geometrije uzoraka.

7. Literatura

1. V.A.KROHA, Krivie upročnenija pri halodnoj deformaciji, Mašinostrojenije, Moskva,1968.
2. S.J.GUPKIN, Teorija abrabotki metalov davljenijem, Metalurgizdat, Moskva, 1947.
3. E.G.THOMSEN, C.T.YANG, S.KOBAYASHI, Mechanics of plastic deformation in metal processing, The macmillan Company, New Jork, 1969.
4. L.A.ŠOFMAN, Teorija i rasčoti procesov halodnoj štampovki, Mašinostrojenije, Moskva, 1964.g.
5. W.JOHNSON, P.B.MELLOR, engineering plasticity, Van nostrand reinhold Company, London,1979.
6. S.S.SALUJA, P.C.PANDEY, S.DALELA, A. Simple method for flow stress deformation under metalworking conditions, SME Maunt Eeng. Trans.vol.9, Dearborn, Mich, 1981,153-157.
7. M.VUKČEVIĆ, V.DOMAZETOVIĆ, Prilog ispitivanju specifičnog deformacionog otpora Al-legure, XVIII Savjetovanje proizvodnog mašinstva Jugoslavije, Niš, 1984.
8. M.VUKČEVIĆ, Prilog ispitivanju specifičnog deformacionog otpora Al-legure - Metod izražene zone deformacije, Magistarski rad, Beograd, 1984.
9. A.P.GULJAJEV, Metalovedenije, Metalurgija, Moskva, 1984.

M.Vukićević, V.Domazetović

APPLICATION OF THE METHOD OF EXPLICIT DEFORMATION ZONE TO THE DETERMINATION OF SPECIFIC DEFORMATION RESISTANCE OF AL-ALLOYS

Abstract

Outlined in the paper is a possibility for eliminating the effects of friction in determining the specific deformation resistance at pressure through optimal selection of the billet.Geometrical ratios are determined, for which the strenghtening curves close to the reference ones are relatively simply obtained by using pairs of billets.The influence of the billet geometry upon the magnitude and uniformity of deformation of the reference section of the billet is also worked out.

XIX SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE
Kragujevac, septembar 1985.

ODREDJIVANJE GRANIČNOG ODNOSA PRI IZVLAČENJU EKSPLOZIVOM

V. Stoiljković, Mašinski fakultet, Niš
B. Dimitrov, Mašinski fakultet, Bor
B. Rančić, Mašinski fakultet, Niš

REZIME

U ovom radu izlaže se simulativna metoda odredjivanja graničnog odnosa izvlačenja u prvoj operaciji pri korišćenju eksploziva kao izvora energije.Eksperimentalna ispitivanja vršena su u alatu bez kalupa.Odredjene su granične vrednosti odnosa izvlačenja za Č0146 i Cu 99,5 i proširuju saznanja u području izvlačenja eksplozivom . Sa povećanjem brzine deformacije smanjuje se odnos izvlačenja. Povećanje debljine lima i prelaznog radijusa zaobljenja dovode do povećanja graničnog odnosa izvlačenja.Povećanje graničnog odnosa moguće je dodavanjem pridrživača s druge strane lima i to je pravac daljih istraživanja.

UVOD

Postoji veći broj metoda da se odredi granična sposobnost lima za oblikovanje izvlačenjem [1,2,3]. Te metode se koriste pri konvencionalnim izvlačenjima, a tada se radi sa malim brzinama deformisanja. Dobijene vrednosti graničnih odnosa izvlačenja tim metodama ne mogu da se koriste pri izvlačenju lima eksplozivom, pošto se značajno razlikuju brzine deformisanja. Naime, pri izvlačenju eksplozivom proces se odigrava veoma brzo, pa su i brzine deformisanja, kao i brzine deformacije veoma velike. Zato je potrebno da se iznadje metoda, koja će omogućiti odredjivanje graničnih odnosa izvlačenja i pri vrlo velikim brzinama.

U ovom radu se izlaže simulativna metoda odredjivanja graničnog odnosa izvlačenja u prvoj operaciji pri košrišćenju eksploziva kao izvora energije. Eksperimentalna ispitivanja su vršena u alatu bez kalupa. Alat se sastojao iz prstena za izvlačenje i krutog držača lima, koji je činio celinu sa bazenom za vodu. Za izvlačenje su korišćeni limovi Č.0146 i Cu 99,5 sa debljinama 1,5 i 3 mm.

Pri eksperimentalnom odredjivanju graničnog odnosa izvlačenja analiziran je uticaj sledećih faktora:

- položaj eksplozivnog punjenja;
- količina eksplozivnog punjenja;
- oblik eksplozivnog punjenja i
- poluprečnik zaobljenja prstena za izvlačenje.

TABELA 1

Poluprečnik zaobljenja prstena r_M (mm)	Odnos izvlačenja $k=\frac{D_o}{d}$	Debljina lima S=1,5 mm; Materijal: Č.0146; Masa eksplozivnog punjenja					
		G_1	G_2	G_3	G_4	G_5	G_6
5	1,3	6	7	10	15	25	26
		-	+	+	+	+	++
	1,4	7	9	15	20	24	25
		-	+	+	+	+	++
	1,5	11	12	15	20	22	24
		-	+	+	+	+	++
10	1,6	16	17	18	19	20	21
		-	-	+	+	+	++
	1,62	15	18	19	20	22	25
		-	-	+	++	++	++
	1,65	15	16	18	20	23	25
		-	-	-	++	++	++

* Ovaj rad predstavlja deo naučno-istraživačkog projekta: "Istraživanje i razvoj novih postupaka obrade lima deformisanjem sa analizom uticajnih parametara i uspostavljanjem odredjenih zavisnosti u cilju ispunjenja postavljenih zadataka" u čijem finansiranju učestvuje OZNR - Niš u MIN - Niš.

TABELA 2

Poluprečnik zaobljenja prstena r_M (mm)	Odnos izvlačenja $k=\frac{D_o}{d}$	Debljina lima S=3,0 mm; Materijal: Č.0146; Masa eksplozivnog punjenja G_1	G_2	G_3	G_4	G_5	G_6
5	1,3	15	16	20	30	37	38
		-	+	+	+	+	++
	1,4	18	19	25	30	35	36
		-	+	+	+	+	++
	1,5	22	23	27	30	34	35
		-	+	+	+	+	++
10	1,6	27	28	30	31	32	33
		-	+	+	+	+	++
	1,65	25	27	29	30,5	31	35
		-	-	-	+	++	++
	1,70	25	27	29	30	31	35
		-	-	-	++	++	++

(-) - nepotpuno izvučen deo
(+) - potpuno izvučen deo (++) - razoren pripremak

TABELA 3

Poluprečnik zaobljenja prstena r_M (mm)	Odnos izvlačenja $k=\frac{D_o}{d}$	Debljina lima S=1,5 mm; Materijal: Cu 99,5 %; Masa eksplozivnog punjenja G_1	G_2	G_3	G_4	G_5	G_6
5	1,3	2	3	7	10	15	16
		-	+	+	+	+	++
	1,4	3	4	7	10	14	15
		-	+	+	+	+	++
	1,5	4	5	8	10	13	14
		-	+	+	+	+	++
10	1,6	5	6	7	10	13	14
		-	-	+	+	+	++
	1,7	7	9	10	11	12	13
		-	-	+	+	+	++
	1,72	9	10	11,5	12	13	14
		-	-	+	++	++	++
	1,75	9	10	11	12	14	15
		-	-	-	++	++	++

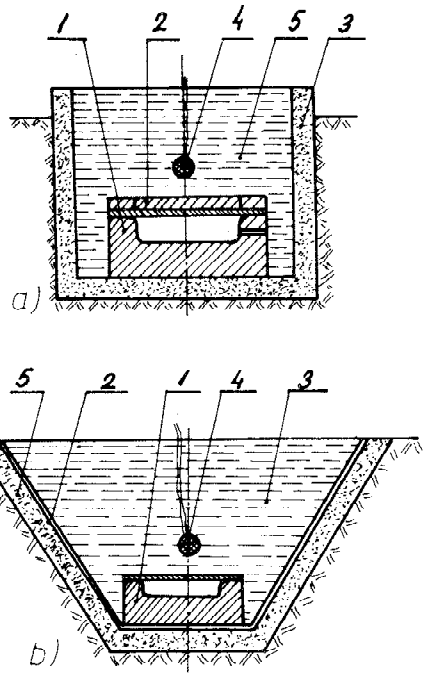
TABELA 4

Poluprečnik zaobljenja prstena r_M (mm)	Odnos izvlačenja $k=\frac{D_o}{d}$	Debljina lima S=3,0 mm; Materijal: Cu 99,5 %; Masa eksplozivnog punjenja G_1	G_2	G_3	G_4	G_5	G_6
5	1,3	7	8	15	25	32	33
		-	+	+	+	+	++
	1,4	10	11	15	25	31	32
		-	+	+	+	+	++
	1,5	12	13	20	25	30	31
		-	+	+	+	+	++
10	1,6	16	17	20	25	27	28
		-	+	+	+	+	++
	1,7	20	21	22	25	26	27
		-	-	+	+	+	++
	1,75	22	24	25	26	28	30
		-	-	+	++	++	++
	1,80	20	22	24	25	28	30
		-	-	-	++	++	++

ISPITNO MESTO

Energija eksplozije pruža velike mogućnosti primene u mašinogradnji. Stalno se ispituju nove metode primene energije eksplozije, i iznalaze se novi tehnološki postupci. Mnogobrojna ispitivanja na polju stvaranja novih tehnologija sa impulsnim opterećenjima pokazala su, da energija eksplozije može uspešno da se koristi naročito pri oblikovanju lima, i to pre svega pri izvlačenju. Pri izvlačenju lima eksplozivom potrebnu energiju za oblikovanje lima obezbedjuje eksploziv, pa tako otpada potreba za specijalnim pumpama visokih pritisaka i multiplikatora, kao i problem obezbedjenja složenih sistema zaptivanja.

Na slici 1a,b dat je prikaz najčešće korišćenih shema oblikovanja lima. Osnovni delovi takvih postrojenja za oblikovanje lima eksplozivom su: kalup (poz. 1); držač lima (poz. 2), bazen (poz. 3), eksploziv (poz. 4) i medijum za prenos energije (najčešće voda) (poz. 5). Radi

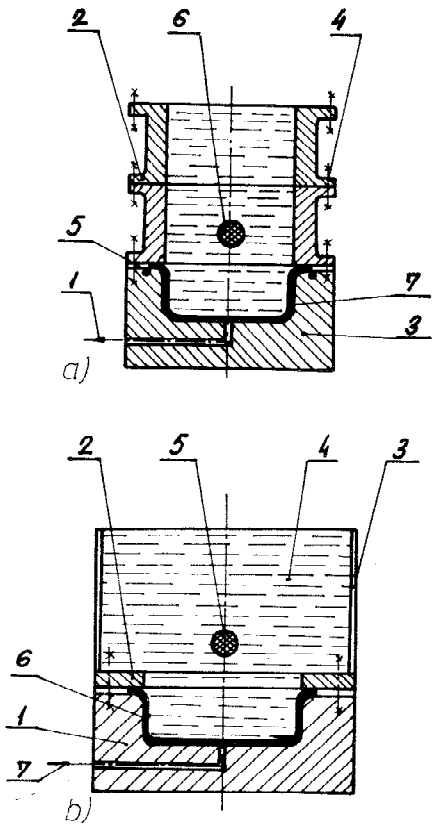


Sl. 1

umanjenja potresa koji se javljaju pri eksploziji najčešće se ispod kalupa postavljaju amortizeri. Jedna vrsta tih amortizera može biti gumeno crevo ispunjeno fluidom i namotano u koncentrične krugove ispod kalupa.

Konični bazen prikazan na slici 1b može da podnese veću količinu eksploziva u odnosu na cilindrični bazen pri istim debljinama zidova i istom kvalitetu materijala od koga se izradjuje bazen. Razlog za ovo leži u tome da kod koničnog bazena odbijeni talas od zida bazena izlazi na površinu vode, za razliku od cilindričnog bazena kod koga taj talas udara u suprotnu stranu bazena.

Umesto bazena često se koristi postrojenje sa nadzemnim rezervoarom, naročito kod izrade delova manjih dimenzija. Nadzemni rezervoari mogu biti stabilni (sl. 2a), ali samo za jednu upotrebu gde se prilikom eksplozije bazen uništava (sl. 2b). Bazeni za jednu upotrebu mogu biti izradjeni od drveta, plastike ili tankog lima. Takvi bazeni imaju tu prednost da se njima lakše manipuliše.



Sl. 2

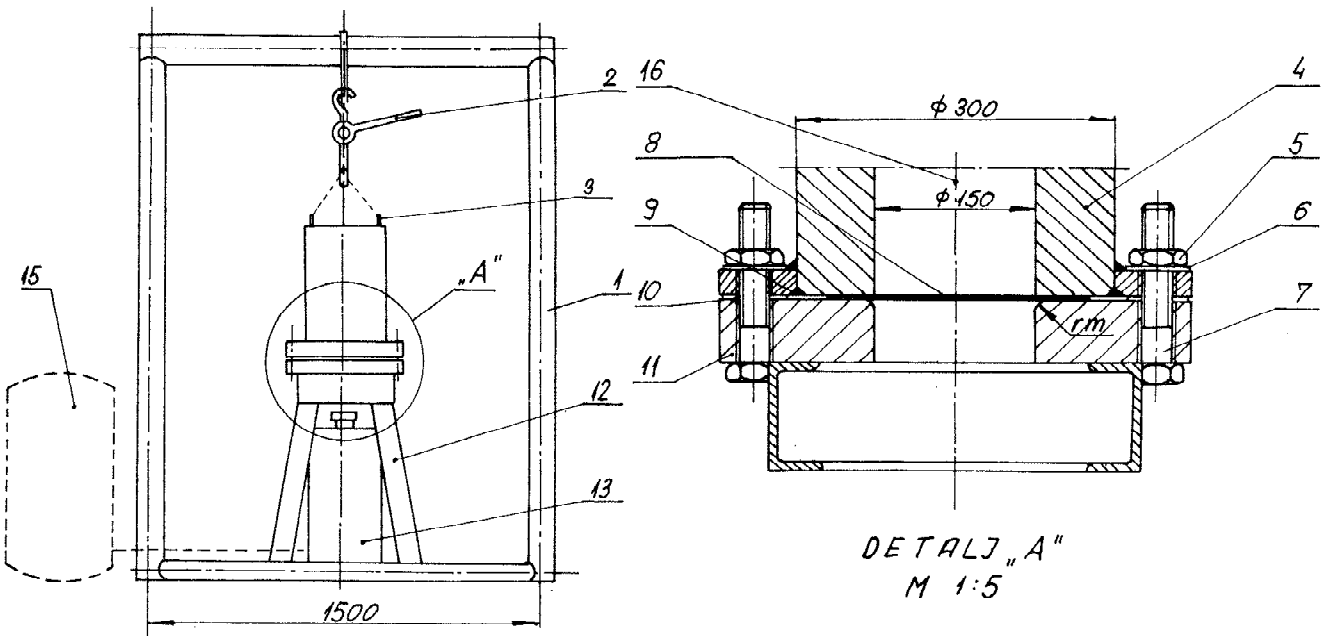
Kod svih napred prikazanih postrojenja potrebno je da se obezbedi zaptivanje izmedju kalupa i pripremka. Pored toga, neprekidno je, zbog velike brzine kojom se odvija proces deformisanja, da se pre početka izvlačenja obezbedi vakum u kalupu. U protivnom, ako se predvidi samo neki otvor u kalupu za izlaz vazduha, zbog velike brzine deformacije vazduh ne može da napusti kalupnu šupljinu, pa dolazi do stvaranja protivpritiska u kalupu i do nepravilnog oblikovanja lima.

Da bi se izbegao problem sa obezbedjenjem vakuma, kao i da bi se ublažio problem zaptivanja, a samo postrojenje pojevtinilo, napravljeno je ispitno mesto koje u alatu nema kalupa. To ispitno mesto prikazano je na slici 3. Alat za izvlačenje, koji se sastoji od prstena za izvlačenje (poz. 11) i krutog držača lima koji se nastavlja u bazen za smeštaj vode (poz. 4) smešteni su na postolju (poz. 12). Unutar postolja, a ispod alata nalazi se sud sa trinom (poz. 13) u koji pada izvučeni deo. Ovaj sud leži na osloncu.

Pre nego počne izvlačenje potrebno je da se stavi početni pripremak (poz. 8), čiji je obod namazan gustim mazivom, na prsten za izvlačenje. Centriranje pripremka, obzirom da se koriste pripremci različitog prečnika D_o, vrši se graničnim prstenom (poz. 9). Distantni prsten (poz. 10) ima zadatak da obezbedi zazor izmedju prstena za izvlačenje i držača lima, a u zavisnosti od debljine lima koji se izvlači.

Pošto je namešten i centriran početni pripremak ručnom dizalicom (poz. 2) spušta se u bazen (poz. 4) na prsten za izvlačenje (poz.11) i spaja sa vijcima. Ručna dizalica se nalazi na nosećem ramu (poz. 1).

Eksploziv (poz. 16), koji treba da obezbedi energiju za deformisanje lima, postavlja se u osi pripremka na odredjenom rastojanju od tog pripremka. Paljenje eksploziva vrši se električnim putem, a razvijeni udarni talas se prenosi kroz vodu, koja se nalazi u bazenu, prenoseći tako preko fluida pritisak na lim. Usled dejstva tog pritiska deformiše se početni pripremak i izvlači se preko zaobljene ivice prstena za izvlačenje, formirajući cilindrični deo sa slobodnim radijusom oblikovanja na dnu. Izvučen deo pada u posudu sa trinom.



Sl. 3

Pošto je završeno izvlačenje dela oslobadjaju se vijci i podiže bazen (poz. 4) pomoću ručne dizalice. Time je jedan ceo ciklus završen i počinje nameštanje pripremka za sledeći deo.

EKSPLOZIVNA SREDSTVA

Pored izbora vrste eksploziva koji se koristi za obradu materijala deformisanjem, potrebno je da se odredi i masa eksplozivnog punjenja za odredjenu tehnološku operaciju. Tačan proračun neophodne mase punjenja veoma je težak usled velikog broja faktora koji utiču na proces. Svako povećanje mase eksplozivnog punjenja dovodi do smanjenja veka kalupa i bazena. Smanjenje pak mase eksplozivnog punjenja dovodi do nepotpunog oblikovanja materijala pri deformisanju.

Danas se najčešće koriste izrazi za odredjivanje mase eksplozivnog punjenja, koji su dobijeni na bazi zavisnosti veličine energije potrebne za deformisanje materijala i energije koju razvija brizantno eksplozivno sredstvo. Primenom navedenog pristupa odredjeni su izrazi za masu eksplozivnog punjenja |8,9|.

$$G = \left(\frac{a \cdot S \cdot R^{1,8}}{1-\nu^2} \cdot N\right)^{0,8} \ |kg| \qquad (1)$$

za punjenje u obliku sfere.

- Za linijsko punjenje:

$$G = \left(\frac{a \cdot S \cdot R^{0,55}}{1-\nu^2} \cdot M\right)^{0,8} \ |kg/m| \qquad (2)$$

gde su:

G(kg) - masa eksplozivnog punjenja,

a(kgcm/cm^2) - potrebna energija za plastično deformisanje za jedinicu površine obratka,

S(cm) - debljina lima,

R(cm) - rastojanje punjenja od lima do centra obratka,

ν - koeficijent odbijanja talasa, jednak je odnosu pritiska u direktnom i odbijenom talasu i

M i N - koeficijenti zavisni od gustine materijala koji se deformiše.

Vrednosti koeficijenata ν, M i N dati su u literaturi |8|. Za Č.0146 te vrednosti su: $1-\nu^2=0,781$; $N=1,376 \cdot 10^{-6}$.

Položaj eksplozivnog punjenja R bitno utiče na proces deformisanja, obzirom da rastojanje udarnih talasa zavisi od tog rastojanja. Pri malom rastojanju izmedju obratka i punjenja eksplozivnog sredstva plastičnost se smanjuje, jer se pri tim rastojanjima prevazilazi vrednost kritične brzine deformacije za odredjeni materijal. Postavljanje eksplozivnog punjenja na rastojanja veća od optimalnih takodje dovodi do smanjenja plastičnosti, a

što još uvek nije teorijski objašnjeno.

Za ispitivanja iz okvira kojih je proizašao ovaj rad, položaj ekplozivnog punjenja odredjen je iz predeksperimenta. Pokazalo se da se najbolji rezultati dobijaju pri R=50 mm, tako da je kasnije pri svim eksperimentima eksplozivno punjenje postavljano na tom rastojanju.

Eksperimentalno odredjivanje graničnog odnosa izvlačenja

Za prvu operaciju dobokog izvlačenja cilindričnih elemenata odnos izvlačenja se definiše kao količnik prečnika početnog pripremka D_o, prema prečniku izvučenog dela d_1 (ako se radi o većoj debljini lima može da se uzme srednja vrednost d_{1sr}), tj.:

$$k_1 = D_o/d_1$$

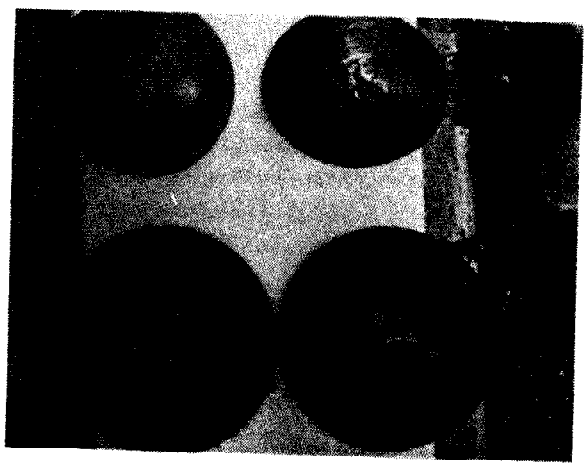
Za ekperimentalna istraživanja unutrašnji prečnik prstena za izvlačenje bio je d_M=150mm, a $d_{1sr}=d_M-S$.

Granični odnos izvlačenja zavisi od većeg broja faktora |5,10|.

Pri tome je teško da se utvrdi stepen uticaja pojedinih faktora, jer veoma mala promena nekog od faktora može složeno da se odrazi na uticaj ostalih faktora, a time i na odnos izvlačenja. Ovo je posebno izraženo pri velikim brzinama deformacija, kakav je slučaj pri izvlačenju eksplozivom.

U okviru ovog rada analiziran je uticaj mase eksplozivnog punjenja, debljine lima i radijusa zaobljenja prstena za izvlačenje na odnos izvlačenja, to to za materijale Č.0146 i Cu 99,5. Pri ispitivanju je korišćen pasivni eksperiment |11|, a to znači da ispitivač menja proizvoljno po jedan od faktora, zadržavajući pri tome ostale faktore konstantnim.

Ulazni faktor G, koji definiše masu eksplozivnog punjenja, odredjivan je eksperimentalno i uziman je u više nivoa. Pri tome je postupak bio sledeći. Za grupu pripremka odredjenog prečnika vršeno je prvo izvlačenje sa masom eksplozivnog punjenja odredjenom prema izrazu (1). Ta masa punjenja je bila baza za odredjivanje mase punjenja za naredne pripremke iz iste grupe. Na osnovu zaključka da li je deo neizvučen, izvučen ili razoren povećavala se ili smanjivala masa eksplozivnog punjenja. Na primer za Cu 99,5 i S=3 pri k=1,5 sa 12 gr početne mase eksplozivnog punjenja deo nije izvučen, već je ostao sa velikim vencem (sl. 4a). Već sa masom od 13 gr došlo je do potpunog izvlačenja. Sa povećanjem mase eksplozivnog punjenja na 20, 25 i 30 gr i dalje dobijani su dobro izvučeni delovi (sl.4b). Pri masi eksploziva od 31 gr došlo je do razaranja pripremka (sl. 4c). Razaranje je nastupilo u predelu prelaznog radijusa prstena za izvlačenje, i to pre nego je materijal počeo da se pomera sa venca, odnosno pre nego je počeo da se deformiše. Razlog za ovo leži u velikoj polaznoj brzini pripremka, koja dovodi do pojave graničnih deformacija u predelu prelaznog rebra, pre nego je došlo do pomeranja materijala na vencu elementa. Naime, longitudinalni talasi pod čijim dejstvom se premešta materijal, nisu se rasprostrli od prstenastog žarišta deformacije ka spoljašnjem vencu, pa nije moglo da dodje do premeštanja materijala sa venca na prelaznom zaobljenju prstena za izvlačenje. Premeštanje venca počinje samo tada, kada longitudinalni talasi dostignu odredjenu vrednost, a da pre toga ne dodje do graničnih deformacija u materijalu.



Sl. 4

Razaranje materijala, koje nastupa u predelu prelaznog radijusa prstena za izvlačenje, a pri primeni veće količine eksplozivnog punjenja, otvara mogućnost primene nove tehnologije probijanja i prosecanja |5|.

Naime, izradom prelaznog radijusa $r_M=0$ na prsten za izvlačenje dobija se rezna ploča za prosecanje ili probijanje. Na taj način, pri većim količinama eksplozivnog punjenja od potrebnog za izvlačenje, postupak izvlačenja eksplozivom može da se prevede u postupak probijanja ili prosecanja eksplozivom.

Za svaki odnos izvlačenja postoji odredjena brzina deformisanja i prema tome odredjena masa eksplozivnog punjenja, od kojih jedna obezbedjuje potpuno izvlačenje, a druga dovodi do kidanja pripremka. Taj dijapazon mase eksplozivnog punjenja se sužava sa povećanjem odnosa izvlačenja, jer se sa povećanjem k smanjuje količina eksplozivnog punjenja koje dovodi do razaranja materijala. To znači da je pri graničnom odnosu izvlačenja taj dijapazon jednak nuli, odnosno da postoji tačno odredjena količina punjenja pri kojoj dolazi do izvlačenja dela. Ukoliko je punjenje manje deo ne može da se izvuče, a ako je veće deo se razara.

Do razaranja materijala može da dodje i kada je količina eksplozivnog punjenja dobro izabrana, ali je odnos izvlačenja veći od graničnog. U tom slučaju materijal na vencu elementa počne da se pomera, ali samo do pojave maksimuma sile izvlačenja, što odgovara potpunom obuhvatu zaobljene ivice prstena za izvlačenje 5 . U tom trenutku otpori izvlačenju su veći nego što čvrstoća materijala može da podnese, pa zato dolazi do razaranja materijala na najslabijem delu elementa. Taj deo je u osi elementa (sl. 4d), pošto na tom delu dolazi do najvećeg stanjenja lima usled dvoosnog naponskog stanja istezanja i najvećeg pritiska prenetog preko fluida na lim.

Koeficijent trenja μ, kao ulazni parametar koji definiše trenje u procesu izvlačenja, uzet je u jednom nivou. Naime, pri izvlačenju je korišćeno mašinsko ulje sa koeficijentom trenja $\mu=0,12$.

Debljine limova, koji su ispitivani u eksperimentu, bile su: S=1,5 mm i S=3,0 mm.

Poluprečnik zaobljenja prstena za izvlačenje r_M biran je na četiri nivoa:

- $r_M=5$ i $r_M=10$ mm za S=1,5 mm
- $r_M=8$ i $r_M=15$ mm za S=3,0 mm

Za držanje lima korišćen je kruti držač lima sa zazorom:

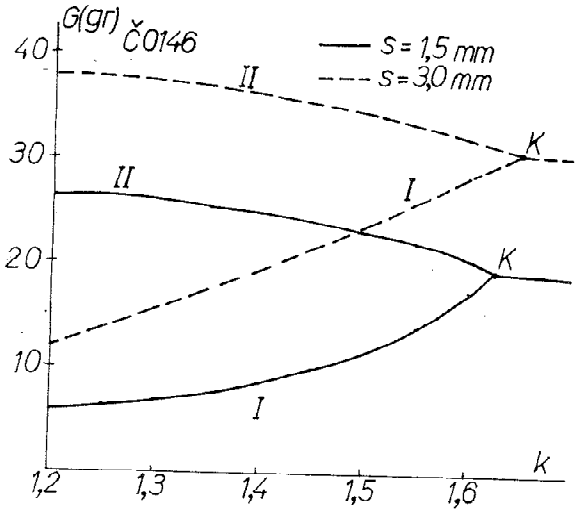
- za S=1,5 mm; $\Delta S=0,05\cdot S=0,05\cdot 1,5=0,075$ mm
- za S=3,0 mm; $\Delta S=0,05\cdot S=0,05\cdot 3,0=0,150$ mm

Pri izvodjenju eksperimenta unutrašnji prečnik prstena za izvlačenje bio je konstantan ($d_M=150$ mm). Ovaj prečnik ne utiče bitno na veličinu graničnog odnosa izvlačenja, ali ima znatan uticaj na količinu eksplozivnog punjenja. Povećanjem tog prečnika, pri istom odnosu izvlačenja, smanjuje se količina eksplozivnog punjenja, dok se pri smanjenju prečnika eksplozivno punjenje povećava.

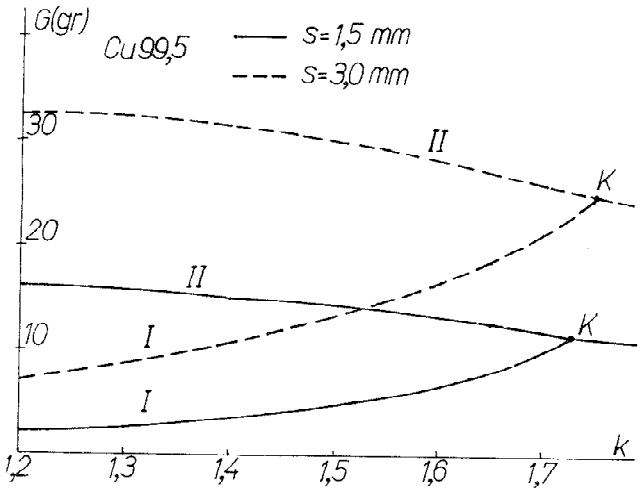
Sa napred datim parametrima izvršena su eksperimentalna ispitivanja. Najpre su za odredjeni odnos izvlačenja k odredjivane količine eksplozivnog punjenja pri kojima deo ne može da se izvuče (sl. 4b), izvlači se (sl. 4a) i dolazi do razaranja dela (sl. 4c). Dobijene vrednosti u eksperimentu za Č.0146 i debljinu lima S=1,5 mm date su u Tabeli 1, a za S=3 mm u Tabeli 2. Za Cu 99,5 i debljinu lima S=1,5mm rezultati su dati u Tabeli 3, odnosno za S= =3 mm u Tabeli 4.

Rezultati dati u Tabelama 1-4 prikazani su u vidu grafika na slikama 5 i 6. Na apscisi je odnos izvlačenja, a na ordinati količina eksplozivnog punjenja. Kako postoji, za odredjeni odnos izvlačenja veći broj količina eksplozivnog punjenja, to je uzeto da kriva I odgovara minimalnim vrednostima pri kojima deo može da se izvuče, a kriva II maksimumu. Izmedju ovih krivih su ostale količine eksplozivnog punjenja koje omogućuju izvlačenje dela. Ispod krive I je područje koje odredjuje manju količinu eksplozivnog punjenja, od minimalno potrebne za izvlačenje, pa deo ostaje neizvučen. Najzad, iznad krive II dolazi do razaranja dela, usled veće količine eksplozivnog punjenja o čemu je bilo napred reči.

Pri većim vrednostima k smanjuje se rastojanje izmedju krivih I i II. Kada k dostigne graničnu vrednost, za date uslove ispitivanja, dolazi do presecanja krivih I i II. Presečna tačka odredjuje granični odnos izvlačenja i to je veličina koja u datim uslovima odredjuje obradivost tog lima pri izvlačenju.



Sl. 5



Sl. 6

Dobijeni rezultati pokazuju, da pri ostalim jednakim uslovima izvlačenja, Cu 99,5 ima bolju obradivost od Č.0146, što je iskazano dostignutim većim graničnim odnosom izvlačenja.

Povećanje debljine lima dovodi do povećanja graničnog odnosa izvlačenja pri obradi eksplozivom. Isto tako i povećanje radijusa zaobljenja prstena za izvlačenje povoljno utiče na dobijanje boljih pokazatelja obradivosti lima. Pri tome mora da se vodi računa da je povećanje tog radijusa ograničeno minimalno dozvoljenom površinom ispod držača lima ispod koje dolazi do stvaranja nabora i pri većim silama držanja.

Maksimalne vrednosti odnosa izvlačenja dobijene u eksperimentu pri izvlačenju eksplozivom su niže nego pri konvencionalnom klasičnom izvlačenju |5|. Razlog za ovo leži u velikom stanjenju lima u osi elementa. Do stanjenja dolazi, jer se na tom delu javlja dvoosno naponsko stanje istezanja, koje izaziva pritisak udarnog talasa. Ukoliko se povećava odnos izvlačenja, utoliko je veće stanjenje debljine lima. Iznad nekog odnosa izvlačenja, koji je nazvan granični, dolazi do razaranja lima na centralnom delu. Da bi se sprečilo razaranje potrebno je da se doda pridrživač na centralnom delu sa donje strane |4,6|.

Dodavanjem pridrživača, koji dejstvuje na lim sa donje strane odredjenom silom dovodi do značajnih poboljšanja u odnosu na postupak koji je korišćen pri eksperimentu. Te prednosti su:

1) Znatno stanjenje lima na centralnom delu elementa.

2) Povećanje graničnog odnosa izvlačenja u odnosu na postupak bez pridrživača.

3) Mogućnost izrade delova različitog prelaznog radijusa iz cilindričnog dela u dno elementa. To znači dobijanje različitih oblika dna cilindričnih elemenata u istom alatu samo promenom sile pridržavača.

4) Eliminisana potreba za kalupom, prema kome se oblikuje deo.

5) Zbog nepostojanja kalupa eliminisan je problem zaptivanja i obezbedjenja vakuma u kalupu itd.

Postupak izvlačenja delova većih gabarita eksplozivom u alatu bez kalupa sa pridrživačem prvi autor je patentirao.

ZAKLJUČAK

Poznavanje graničnog odnosa izvlačenja je veoma važno, jer omogućuje konstruktoru alata izbor minimalno potrebnog broja operacija za izvlačenje nekog dela. U literaturi postoji podaci za granične odnose izvlačenja, ali pri klasičnim izvlačenjima, što ne može da se primeni za izvlačenje eksplozivom. Zato prikazana metoda i odredjene granične vrednosti odnosa izvlačenja za Č.0146 i Cu 99,5 proširuju sazna-

nja i u području izvlačenja eksplozivom. Dobijeni rezultati pokazuju da se sa povećanjem brzine deformacije smanjuje odnos izvlačenja. Povećanje debljine lima i prelaznog radijusa zaobljenja dovode do povećanja graničnog odnosa izvlačenja.

Za dostizanje većeg graničnog odnosa izvlačenja potrebno je da se odredi optimalna količina eksplozivnog punjenja,kao i njegov položaj u odnosu na pripremak. Jedan od puteva da se, na opisani način, postignut granični odnos izvlačenja uveća, jeste dodavanje pridrživača sa donje strane lima |12|. Time se, promenom uslova izvlačenja, stvaraju uslovi za dostizanje većeg odnosa izvlačenja. To je i pravac daljih istraživanja koja treba da omoguće maksimalno korišćenje plastičnog potencijala odredjenog materijala.

LITERATURA

|1| DEVEDŽIĆ B.: Obradivost materijala dubokim izvlačenjem, Mašinski fakultet Kragujevac, Kragujevac 1972.

|2| STOILJKOVIĆ V.: Odredjivanje karakterističnih veličina koje definišu obradivost lima izvlačenjem, "SIMOD", god. II, br. 2, Niš, 1976.

|3| STOILJKOVIĆ V.: Odredjivanje graničnog odnosa izvlačenja, "Elektronik" br. 1, Niš, 1981.

|4| STOILJKOVIĆ V.: Naponsko i deformaciono stanje pri izradi elemenata dubokim izvlačenjem nestišljivim fluidom i identifikacija uticajnih faktora sa uspostavljanjem njihovih korelacionih odnosa, Doktorska disertacija, Mašinski fakultet Niš, 1977.

|5| STOILJKOVIĆ V.: Teorija obrade deformisanjem, Univerzitet u Nišu, Niš, 1984.

|6| STOILJKOVIĆ V.: Analyse zylindrischer Elemente beim Tiefziehen mit Wirkmedien, Bänder Blech Rohre, 26 (1985) 3. p.73/77.

|7| ISAČENKOV I.E.: Štampovka rezinoi i židkostju, Mašinostroenie, Moskva, 1967.

|8| ANUČIN A.M.: Štampovka vzrivom, Mašinostroenie, Moskva, 1972.

|9| GRUPA AUTORA: Visokokorasnaja deformacija, Minsk, 1976.

|10| STOILJKOVIĆ V.: Odredjivanje graničnog odnosa izvlačenja, Elektronika, broj 1, 1981.

|11| VINARSKIJ M.S.: Planirovanie eksperimenta v tehnolcgiceskih issledovaniah, Kiev, 1975.

V.Stoiljković, B.Dimitrov, B.Rančić

THE DETERMINATION OF THE LIMIT RATIO IN DRAWING WITH EXPLOSIVE

Abstract

A simulation method is presented in the paper for the determination of the limit ratio in the first drawing operation using explosive as the energy source.The experiments were performed in a tool without the die.The limit values of draw ratio for ČO146 and Cu99,5 were determined, and the knowledge in the area of drawing with explosives was enlarged.The drawing ratio decreases with an increase in the deformation rate.Increases in the material thickness and the rounding radius give rise to increases in the limit drawing ratio.It is possible to further increase the limit ratio by adding a holder from the other side of the sheet metal, and it is the direction of further invstigations.

XIX SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE
Kragujevac, septembar 1985.

PORABA ENERGIJE PRI PROCESIH HLADNEGA MASIVNEGA PREOBLIKOVANJA

K. Kuzman, Fakulteta za strojništvo, Ljubljana
B. Cekuta, Fakulteta za strojništvo, Ljubljana

Rezime

Prispevek obravnava problematiko tehnološkega strojništva s stališča, koliko energije se porabi za izdelavo določenega izdelka. Največ energije na enoto mase je potrebno pri metalurški pripravi polizdelka, bistveno manj pa za njegovo dokončevanje s postopki odrezovanja ali preoblikovanja. Zato je izkoriščenost materiala tisti najpomembnejši faktor, od katerega je najbolj odvisna energetska poraba.

Razčlenitev energijske porabe pri preoblikovanju je pokazala, da gre največ energije za pripravljalne in vmesne operacije (žarjenje, priprava površin), za samo preoblikovanje pa relativno malo.

1. UVOD

Naftna kriza, ki je izbruhnila po letu 1970, je postavila celotno svetovno gospodarstvo pred popolnoma nove probleme. Pojavila so se vprašanja o smotrni porabi energije, o tehnologijah, ki so energijsko manj intenzivne, ...

Na področju tehnološkega strojništva je o tem med prvimi razmišljal Kellock /1/, Lange /2/ pa je pojasnil, da je z energetskega stališča priporočljivo uporabljati postopke preoblikovanja. Nadalje je zanimivo, da je Peklenik /3/ že leta 1967 na III. posvetovanju o tehnološkem strojništvu, ki je bilo v Ljubljani, govoril o velikih razlikah pri specifičnem delu, potrebnem pri različnih postopkih obdelave.

V pričujočem prispevku bomo skušali nakazano problematiko obravnavati s pomočjo konkretnih podatkov, do katerih smo prišli v okviru posebnih raziskovalnih nalog /4,5/ in ob sodelavi z nekaterimi slovenskimi delovnimi organizacijami.

Nadalje bi želeli spodbuditi tudi širšo tehniško javnost, da bi vsako svojo odločitev, vsak tehnološki postopek s pripadajočo opremo, vsak nov izdelek, ocenili še s stališča porabljene energije. Obstaja namreč še nedokazana trditev, da smo mi energijsko veliko bolj potratni kot ostali razviti svet. Glede na to tudi ni ugoden izvoz surovin ali polizdelkov, ker njihova proizvodnja terja bistveno več energije kot nadalnja obdelava do končnega izdelka. Po /2/ se za polizdelek iz aluminija porabi 340 MJ/kg, za jeklenega pa 39 MJ/kg. Nadalnja mehanska obdelava poveča te vrednosti le še za 1 do 4 MJ/kg.

2. ENERGIJSKI PROBLEMI PRI HLADNEM MASIVNEM PREOBLIKOVANJU

Po elementarni teoriji plastičnosti lahko potrebno preoblikovalno delo izrazimo kot

$$W = V \cdot \eta_{pr,m} \cdot \int_{\varphi_{e,1}}^{\varphi_{e,2}} k_f \, d\varphi_e \ , \quad /N\ mm/ \qquad (1)$$

kjer je

- V - volumen izdelka /mm^3/,
- $\eta_{pr,m}$ - povprečna vrednost preoblikovalnega izkoristka, ki upošteva izgube zaradi trenja,
- k_f - napetost tečenja /$N\ mm^{-2}$/,
- φ_e - ekvivalentna log. deformacija.

Funkcijo $k_f = k_f(\varphi_e)$ poznamo kot krivuljo plastičnosti, ploščino pod to krivuljo

$$w = \int_{\varphi_{e,1}}^{\varphi_{e,2}} k_f \, d\varphi_e \qquad /N\ mm/mm^3/ \qquad (2)$$

pa imenujemo specifično deformacijsko delo.

Običajno je, da krivulje plastičnosti malolegiranih jekel aproksimiramo s potenčnimi funkcijami oblike

$$k_f = C \varphi_e^n \ , \qquad (3)$$

z ozirom na enačbo 2 pa dobimo

$$w = \frac{C}{n+1} \varphi_e^{n+1} \ . \qquad (4)$$

V sliki 1 smo za jeklo Č. 1221 podali obe navedeni odvisnosti. Nato smo dodali še odvisnost w', ki predstavlja specifično deformacijsko delo, potrebno za preoblikovanje 1 kg jekla.

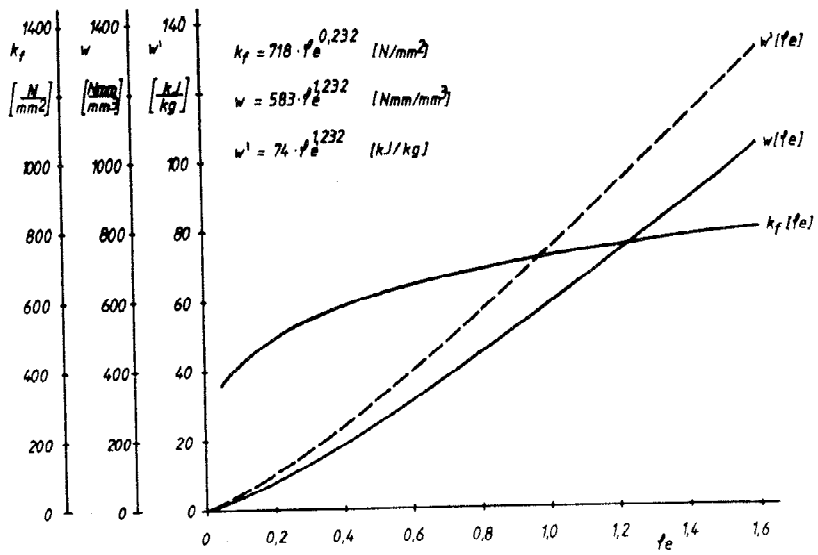
V predhodno omenjenih delih /4,5/ smo med drugim raziskovali vpliv stanja oziroma toplotne obdelave na krivuljo plastičnosti (enačba 3) in na sile pri istosmernem in protismernem hladnem iztiskovanju jekla.

Tako smo jeklo Č. 1221, ki je bilo v železarni po toplem valjanju nekontrolirano ohlajano, nato hladno vlečeno s $\varphi_e = 0{,}14$, iztiskovali v treh stanjih:

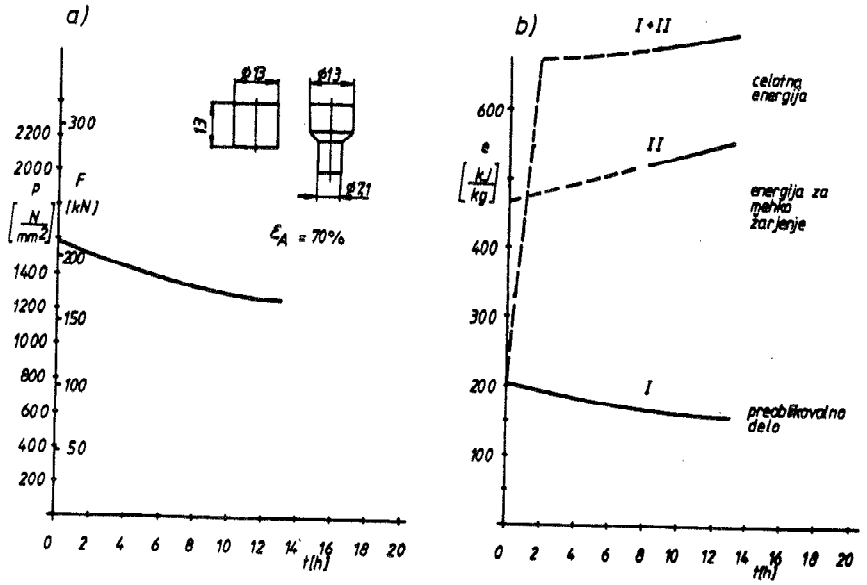
- dobavljeno stanje,
- mehko žarjeno (720 °C, 8h),
- mehko žarjeno (720 °C, 13 h).

Surovce smo nato površinsko obdelali (fosfatiranje in miljenje), potem pa iztiskovali. Pri istosmernem iztiskovanju so bile deformacije ε_A = 30, 50, 70%, pri protismernem pa 20, 50, 65 in 80%.

Vpliv stanja na preoblikovalno silo oz. na specifično obremenitev pestiča lahko razberemo iz slike 2a. Istosmerno iztiskovanje toplotno neobdelanih surovcev je potekalo pod najneugodnejšimi pogoji, toda izdelki in orodja niso bili poškodovani. S tem, ko se je podaljšal čas žarjenja, se je zmanjšala sila oz. tlak.



Slika 1. Krivulja plastičnosti in krivulji specifičnega deformacijskega dela za jeklo Č. 1221 po mehkem žarjenju 8h na 720 °C.



Slika 2.

Vpliv stanja preoblikovanega materiala na specifično obremenitev pestiča in silo (a) ter na porabo energije (b) pri istosmernem iztiskovanju.

Mehko žarjenje surovcev je bilo opravljeno v električni globinski peči brez zaščitne atmosfere. Z ozirom na njene dimenzije in uporabljene materiale smo lahko izračunali porabo energije pri masi vložka looo kg. Za segrevanje je potrebno 465 kJ/kg, za pokrivanje izgub pa 7 kJ/kg,h. Nadalje smo smatrali, da je sama peč že bila ogreta na delovno temperaturo, kontrolirano ohlajevanje pa je potekalo v posebnih komorah.

Energija, ki je bila porabljena za vsak kg istosmerno iztisnjenih izdelkov, je v odvisnosti od časa žarjenja prikazana v sliki 2b. Iz nje vidimo, da smo za žarjenje porabili nekajkrat več, kot pa smo prihranili pri preoblikovanju. Za preoblikovanje z osemurnim žarjenjem je bilo potrebno skupaj 635 kJ/kg, za preoblikovanje brez žarjenja pa le 2o5 kJ/kg.

Z energetskega stališča je posebno zanimivo področje kratkih časov, kar bomo obdelali v eni od prihodnjih raziskav.

3. PRIMERJAVA POSTOPKOV ODREZOVANJA IN PREOBLIKOVANJA

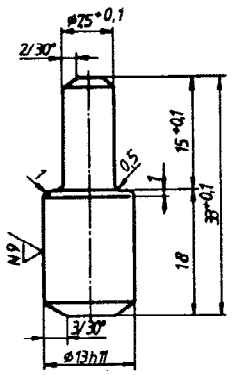
Delo profesorja Lange-ja /2/ nas je izzvalo, da smo opravili primerjavo porabe energije pri postopkih odrezovanja in preoblikovanja. Od vzorcev, ki smo jih dobili iz naših domačih organizacij združenega dela in, ki so bili napravljeni s postopki hladnega masivnega preoblikovanja, smo izbrali šest najbolj značilnih.

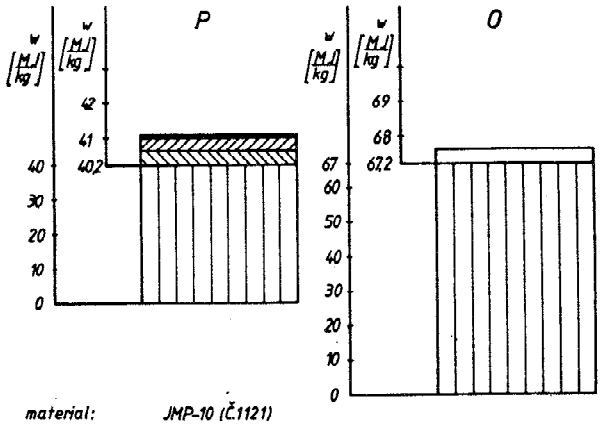
Za vsak primer smo določili tehnološki postopek odrezovanja in preoblikovanja ter za vsako operacijo izračunali potrebno energijo. Pri preoblikovanju smo upoštevali elementarno teorijo plastičnosti, pri odrezovanju pa smo upoštevali priporočila iz priročnika /6/, ki temeljijo na osnovni Kienzle-jevi enačbi. Nadalje smo upoštevali porabo energije za mehko in po potrebi še rekristalizacijsko žarjenje. Prav tako smo energetsko ovrednotili celoten proces fosfatiranja in miljenja. V izračunih pa niso zajeti izkoristki posameznih strojev, naprav in prenosnikov energije.

Poseben problem predstavlja energija, ki je bila porabljena za izdelavo surovcev, v našem primeru hladno vlečenih palic. Uvodoma smo že navedli, da v tujini /2/ porabijo za jeklo okoli 39 MJ/kg. Analiza energetske bilance ene od slovenskih železarn, ki ima z energetskega stališča zelo ugodno tehnologijo, je pokazala, da se tudi pri nas lahko dosežejo takšne porabe. Navedeno vrednost smo zato uporabili tudi v naših izračunih.

Obravnava vseh šestih primerov je zahtevala veliko dela /7/, povzetki so prikazani v slikah 3 in 4, vsi rezultati skupaj pa v sliki 5. Iz vsega navedenega lahko zaključimo naslednje ugotovitve:

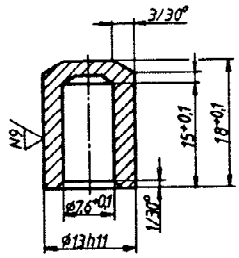
pr. 1

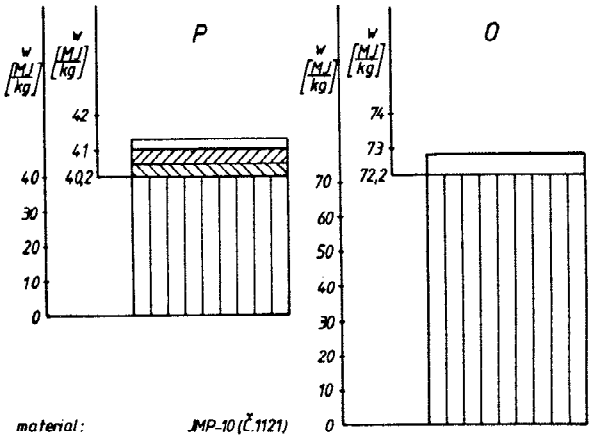




material: JMP-10 (Č.1121)
mase:
-izdelka 0,024 [kg]
-surovca(preobl) 0,025 [kg]
-surovca(odrez) 0,042 [kg]

pr. 2





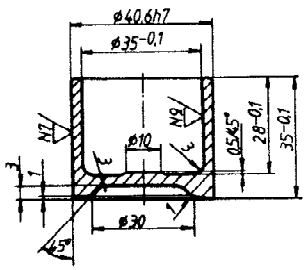
material: JMP-10 (Č.1121)
mase:
-izdelka 0,012 [kg]
-surovca(preobl) 0,013 [kg]
-surovca(odrez) 0,023 [kg]

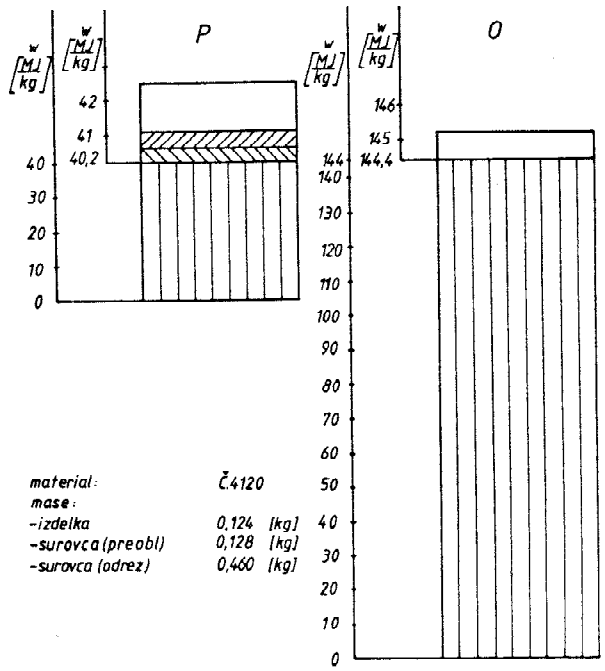
Slika 3.

Primerjava med porabljeno energijo na enoto mase izdelka pri preoblikovanju (P) in odrezovanju (O) za primere:

1 - tečaj vrat, čep;
2 - tečaj vrat, puša;
3 - dvigalo ventila.

pr. 3

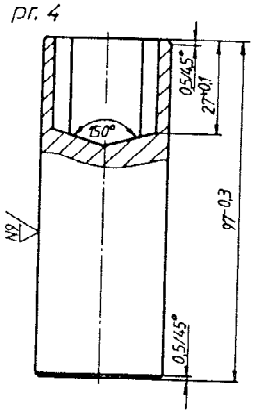


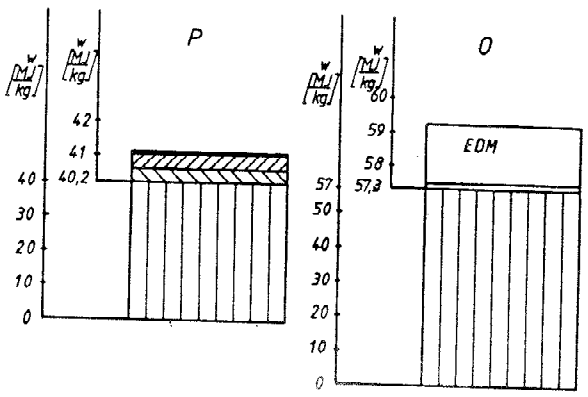


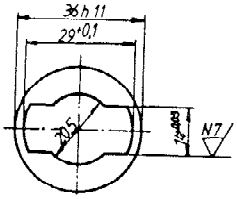
material: Č.4120
mase:
-izdelka 0,124 [kg]
-surovca(preobl) 0,128 [kg]
-surovca (odrez) 0,460 [kg]

Preoblikovanje
Priprava površin
Toplotna obdelava
Energija v materialu
Odrezavanje

pr. 4

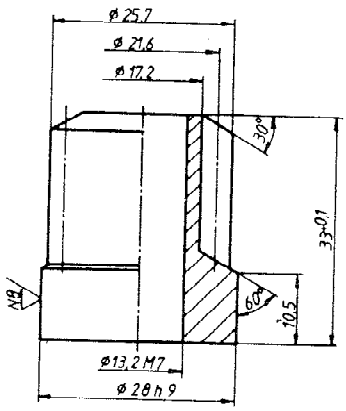




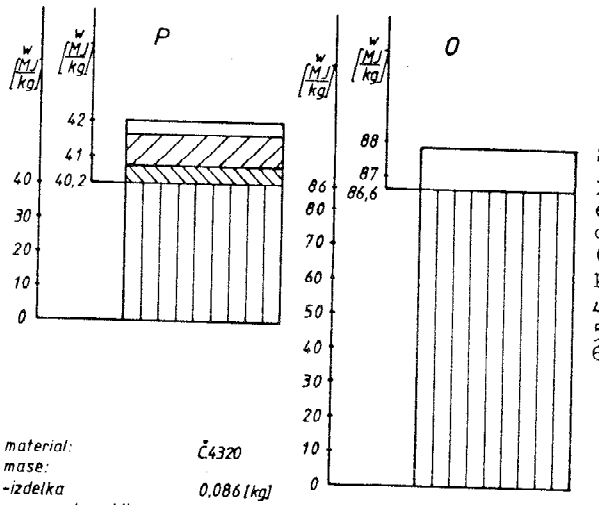


material: Č.1431
mase:
- izdelka 0,6380 [kg]
- surovca (preob) 0,6577 [kg]
- surovca (odrez) 0,9382 [kg]

pr. 5



m	2,25
z	9
x	0,3



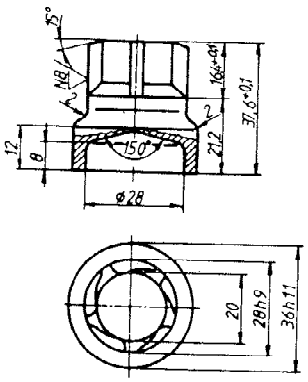
material: Č.4320
mase:
- izdelka 0,086 [kg]
- surovca (preobl) 0,088 [kg]
- surovca (odrez) 0,191 [kg]

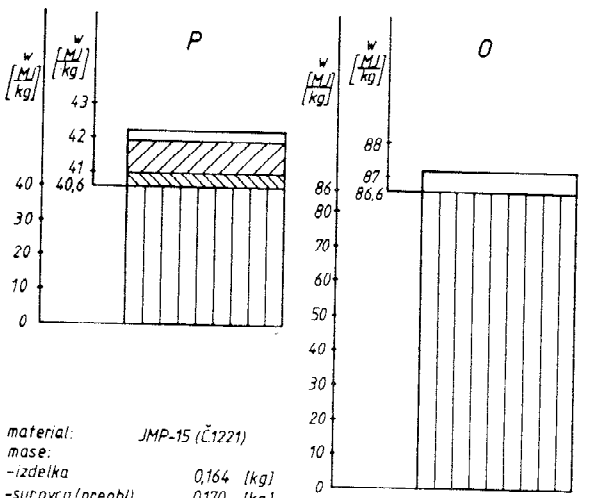
Slika 4.

Primerjava med porabljeno energijo na enoto mase izdelka pri preoblikovanju (P) in odrezovanju (O) za primere:

4 - os mesorezke,
5 - pastorek,
6 - sklopka torpeda.

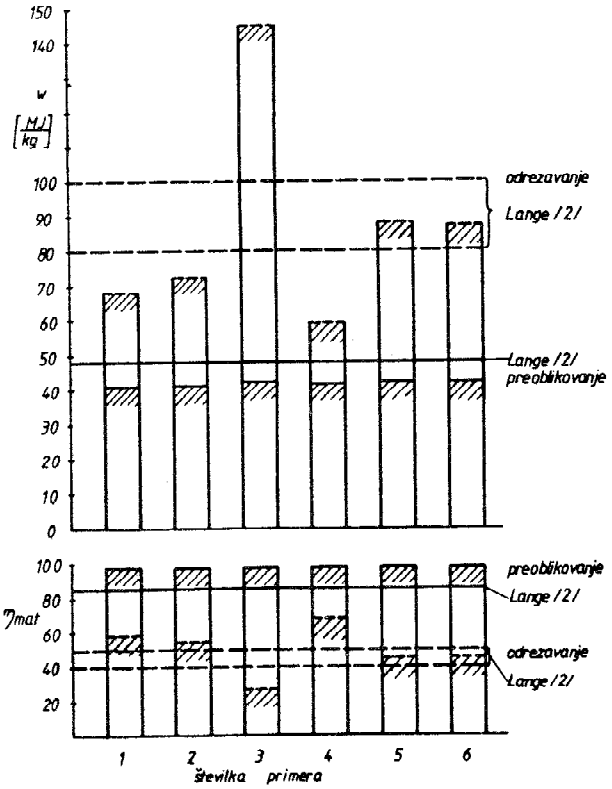
pr. 6





material: JMP-15 (Č.1221)
mase:
- izdelka 0,164 [kg]
- surovca (preobl) 0,170 [kg]
- surovca (odrez) 0,363 [kg]

Preoblikovanje
Priprava površin
Toplotna obdelava
Energija v materialu
Odrezavanje



Slika 5. Specifična poraba energije ter izkoriščenost materiala pri obdelavi šestih obravnavanih primerov.

- Največji vpliv na porabo energije predstavlja izkoriščenost materiala. Ta je pomembna zato, ker večino energije porabimo v železarni, pri izdelavi polizdelkov. Za hladno preoblikovanje porabimo nato le še nekaj MJ/kg, kar predstavlja manj kot 1o% celotne energije.

- Izdelek št. 4 ima pri obdelavi z odrezovanjem najboljši izkoristek materiala in najmanjšo celotno porabljeno energijo kljub temu, da smo uporabljali elektroerozijski (EDM) postopek z 42 MJ/kg (po /3/ do 38 MJ/kg). Ta primer je tudi edini, kjer je bila poraba energije večja pri odrezovanju kot pri preoblikovanju.

- Pri vseh postopkih preoblikovanja, razen pri tretjem primeru, je bilo porabljeno več energije za pomožne operacije kot pa za samo iztiskovanje.

- V primerjavi s tujimi viri imajo naši primeri visok izkoristek materiala in zelo ugodno porabo energije. Naši izdelki še niso primerni za vgradnjo, potrebovali bi še nekaj dodatnih operacij odrezovanja, kar bi dvignilo porabo energije in poslabšalo izkoriščenost materiala.

4. SKLEPNA RAZMIŠLJANJA

Ob koncu lahko ugotovimo, da je hladno masivno preoblikovanje najugodnejše s stališča izrabe celotne energije. Toda tudi pri tej tehnologiji je mogoče še marsikaj prihraniti.

Iz slike 1 vidimo, da za veliko deformacijo $\varphi_e = 1{,}2$ znaša idealno deformacijsko delo o,o9 MJ/kg. Tej deformaciji ustreza pri istosmernem iztiskovanju specifična deformacija $\varepsilon_A = o{,}7$, kar obravnava primer v sliki 2. Tu vidimo, da se zaradi trenja poveča specifično deformacijsko delo na o,17 do o,2o MJ/kg. Za žarjenje potrebujemo okoli o,6o MJ/kg, za fosfatiranje in miljenje pa o,46 MJ/kg. Največje specifično preoblikovalno delo smo zasledili pri protismernem iztiskovanju, kjer je pri primeru št.3 znašalo preko 1 MJ/kg.

Pri hladnem preoblikovanju torej 5o do 8o% celotne energije porabimo za toplotno obdelavo in pripravo površin. Zato bi se za toplotno obdelavo odločili prvenstveno le tedaj, ko so izčrpane preoblikovalne lastnosti materialov.

Veliko prihrankov je mogoče dobiti še pri izkoriščanju odpadnih toplot iz peči in kopeli. Z energetskega stališča bi zato priporočali mehanske postopke čiščenja namesto kemičnih in uporabo kombiniranih preparatov, ki zmanjšujejo število kadi.

5. LITERATURA

/1/ Kellock,B.,C.: Energy conservation in manufacturing. Mach.and prod.eng.,1976,7,13-16

/2/ Lange,K.: Energieeinsparung und Fertigungstechnik. wt-Z.ind.Fertig.68(1978)535-537

/3/ Peklenik,J.in sod.: Sodobna tehnika odrezavanja in njene razvojne smeri. Strojniški vestnik 13(1967),2,65-79

/4/ Kuzman,K.: Problematika orodij za hladno iztiskovanje jekel-I. Projekt: Obdelovalni sist.in proizv.kib.,FS Ljubljana 1981

/5/ Kuzman,K.: Problematika orodij za hladno iztiskovanje jekel-II. Projekt: Obdelovalni sist.in proizv.kib.,FS ljubljana 1982

/6/ Skupina avtorjev: Strojno-tehnološki priročnik, Tehniška založba Slovenije, 1981

/7/ Cekuta,B.: Poraba energije pri postopkih odrezovanja in preoblikovanja. Dipl.naloga Z-1897,FS Ljubljana 1984

K.Kuzman, B.Cekuta

THE EXPENDITURE OF ENERGY IN THE PROCESSES OF MASSIVE COLD RE-SHAPING

Abstract

Discussed in the paper is the complex of problems of technological engineering from the aspect of the amount of energy used for the production of a given part.The largest amount of energy per unit mass is expended in the metalurgical preparation of the semi-product, and considerably less in finishing the product by cutting or re-shaping.It is the efficiency of material use that represents the most important factor upon which the expenditure of energy most depends.

Decomposition of the energy expenditure for re-shaping shows that major part of the energy goes into the preparatory and intermediate operations (heating, surface proparation), and relatively small part goes to the re-shaping itself.

XIX SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE
Kragujevac, septembar 1985.

ODREDJIVANJE EKSPLOATACIJSKIH KARAKTERISTIKA ALATA ZA PROSECANJE I PROBIJANJE SA RADNIM ELEMENTIMA OD TVRDOG METERIJALA PRI IZRADI DELOVA OD DINAMOLIMA

Ž. Popović, Mašinski fakultet, Beograd
M. Jovičić, Mašinski fakultet, Beograd
D. Jovanović, RO FEP, Donji Milanovac

R E Z I M E

Radi utvrdjivanja stepena uticaja pojedinih faktora na pojavu prevremenog otkaza i veliku varijaciju postojanosti alata, pristupilo se sistemskom praćenju njihove eksploatacije u pogonskim uslovima RO "FEP", i to kako alata inostrane proizvodnje tako i osvojenih alata domaće proizvodnje.

U prvoj etapi ovih istraživanja posebna pažnja je posvećena razvoju objektivnog kriterijuma za utvrdjivanje zatupljenja (postojanosti) alata. Pri tome je usvojeno da se habanje radnih elemenata alata prati preko merenja visine izdignute ivice na obracima (za što je razvijen poseban pribor za merenje). U radu su prikazani neki izabrani rezultati dosadašnjeg ispitivanja ovih alata u okviru programa saradnje izmedju RO Fabrika elektroproizvoda u Donjem Milanovcu i Mašinskog fakutleta u Beogradu.

1. UVOD

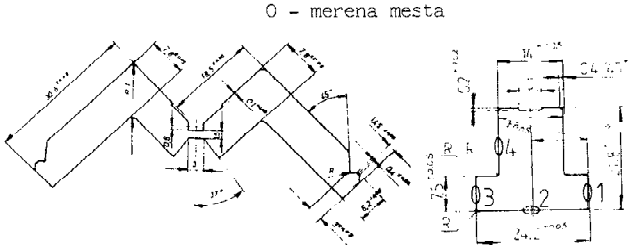
Alati za probijanje i prosecanje sa radnim elementima od tvrdog metala primenjuju se u slučajevima velikoserijske proizvodnje i kod izrade delova od teško obradljivih materijala, gde postojanost radnih elemenata od alatnog čelika ne zadovoljava. Postojanost alata sa radnim elementima od tvrdog metala je veća i od nekoliko desetina puta u odnosu na odgovarajuće alate sa radnim elementima od alatnog čelika. Radi smanjenja gubitka vremena koje se troši na promenu, tj. održavanje alata i moguće veće nivoa rada ostvaruje se značajno povećanje proizvodnosti.

Medjutim, s obzirom na značajne razlike u fizičko-mehaničkim osobinama tvrdih metala i alatnih čelika (posebno radi male žilavosti tvrdog metala) za ostvarenje maksimalnih ekonomskih efekata postavljaju se posebni zahtevi u odnosu na konstrukciju i izradu, uslove eksploatacije i održavanja alata sa radnim elementima od tvrdog metala.

U radnoj organizaciji FEP u Donjem Milanovcu već nekoliko godina primenjuju se alati za probijanje i prosecanje sa radnim elementima od tvrdog metala pri izradi delova, prigušnice M i T oblika od dinamolima. Medjutim, još uvek se ne postižu maksimalni ekonomski efekti usled čestih prevremenih otkaza alata /1/.

2. KARAKTERISTIKE IZRATKA (PRIPREMKA), KONSTRUKCIJE ALATA OPREME ZA EKSPLOATACIJU I ODRŽAVANJA ALATA

Izraci prikazani na sl. 1 su delovi „M" i „T" oblika (izradjuju se od dinamolima, hladno valjanog, neizolovanog). Širina trake iz koje se izradjuju M delovi je 259 mm, a širina trake za izradu T delova 61,5 mm. Debljina lima je 0,5 mm. Delovi se izradjuju iz trake tri proizvodjača, a tvrdoća i zatezna čvrstoća limova pojedinih proizvodjača date su u tabeli 1.



Sl. 1. Delovi prigušnice (M i T)

Alati su složene konstrukcije, a omogućavaju izradu po četiri dela u jednom hodu, uz maksimalno iskorišćenje trake. Stabilna konstrukcija, vodjenje i vezivanje alata za presu omogućuju rad sa velikim brojem hodova. Na sl. 2a prikazan je gornji deo alata, a na sl. 2b donji deo alata za prosecanje „T"-delova. Ploča za prosecanje je sastavljena iz segmenata od tvrdog metala. Ploča za vodjenje se vodi sa četiri stuba preko kugličnih ležajeva. Na gor-

njoj površini ploče za vodjenje radnih elemenata nalazi se basen za podmazivanje dela radnih elemenata koji se vode u ploči za vodjenje. Minimalna korisna visina prosekača (probojca) je 20 - 30 mm, a ploče za prosecanje 10--15 mm. Konstruktivni tehnološki zazor na početku rada alata jeste 8% debljine lima (0,04 mm). Otvor u ploči za prosecanje je oblika konusa (konus $\sim 10'$) i pri daljnjem radu zazor se povećava. Hod alata je 20 mm, a dubina ulaska prosekača u ploču za prosecanje 0,3 - 0,5 mm. Alat ima centraže (lovce) za ostvarivanje tačne pozicije trake.

Tabliça 1. Zatezna čvrstoća σ_m i tvrdoća HV10 dinamolima.

KARAKTERISTIKA / PROIZVODJAČ	HV10 (MPa)	σ_m(MPa)
italijanska traka 0,5 x 259 mm	1210	426
nemačka traža 0,5 x 259 mm	1230	466
jugoslovenska traka 0,5 x 259 mm	1520	519

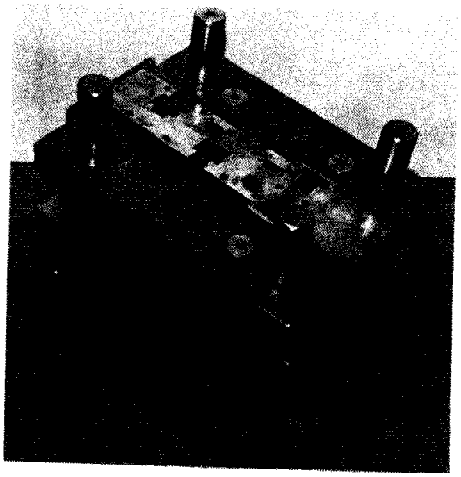
Alati se izradjuju u firmi Roos-Kübler (SR Nemačka), a u poslednje vreme izradjuje se i u RO Tvrdi metal - Titovo Užice. Za prosecanje "M" i "T" delova sa ovim alatima koriste se brzohodne ekscentar prese (tip BPA30-Jelšingrad) sa nominalnom silom 300 kN. Broj hodova kreće se u dijapazonu 0-1200 hodova / min, a radi se sa 400-800 hodova/ /min. U toku rada sredstvo za podmazivanje lima i radnih elemenata alata dovodi se na traku sa gornje strane kapanjem, a sa donje strane pomoću valjka, koji se okreće u rezervoaru sa sredstvom za podmazivanje. Sredstvo za podmazivanje lima ima i funkciju odvodjenja čestica lima nastalih u procesu prosecanja.

Preoštravanje alata izvodi se na brusilici za ravno brušenje LŽTK-Kikinda pomoću dijamantskih tocila.

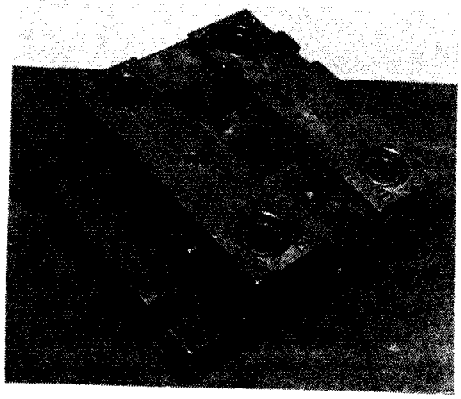
3. OSTVARENE POSTOJANOSTI I UKUPNA POSTOJANOST ALATA

Iz evidencije o broju izradjenih delova izmedju pojedinih preoštravanja odnosno od preoštravanja do otkaza, vodjene do sada u FEP-u za svaki alat može se reći da se u 30 - 60% slučajeva prekida rad alata zbog normalnog preoštravanja /1/.

Iz dijagrama na slikama 3 i 4 vide se intervali varijacije u kome se kretala postojanost kao i kumulativni broj izradjenih delova za dva alata inostrane proizvod-



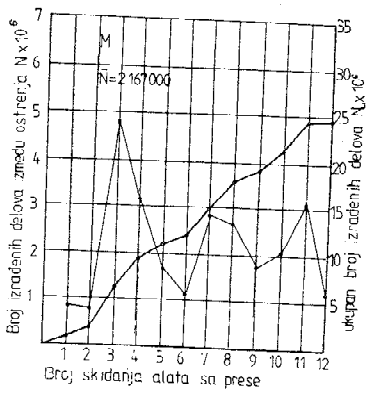
a)



b)

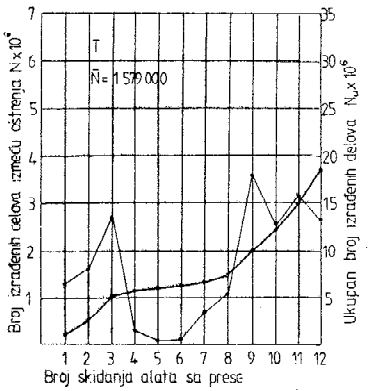
Slika 2. Alat za izradu delova "T" oblika

nje ("M" i "T"). Na levoj skali je broj izradjenih delova od preoštravanja do otkaza, a na desnoj ukupni broj izradjenih delova.



Sl. 3. Varijacije postojanosti i ukupna postojanost alata za izradu delova "M" oblika

Poredjenja radi dat je na slici 5 dijagram ostvarenih po-

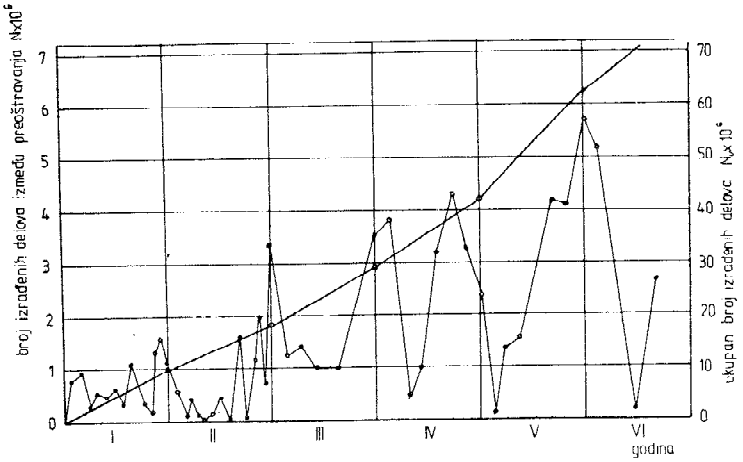


Slika 4. Varijacije postojanosti i ukupna postojanost alata za izradu delova "T" oblika

stojanosti alata sa radnim elementima od tvrdog metala u jednoj fabrici u SR Nemačkoj u toku nekoliko godina /2/. Izradjivani su delovi E oblika iz dinamolima, najveće dimenzije 50 - 70 mm i debljine 0,5 mm.

Vidi se da je prve dve godine srednja postojanost bila ispod milion izradjenih delova, da bi se kasnije sa povećanjem iskustva konstantno povećavao broj izradjenih delova od preoštravanja do otkaza. Nakon pet godina srednja postojanost je znatno povećana (jednom je izradjeno i 6 miliona delova do otkaza).

Alati za prosecanje delova "M" i "T" oblika su četvororedni, a alat za prosecanje delova E oblika jednoredan.



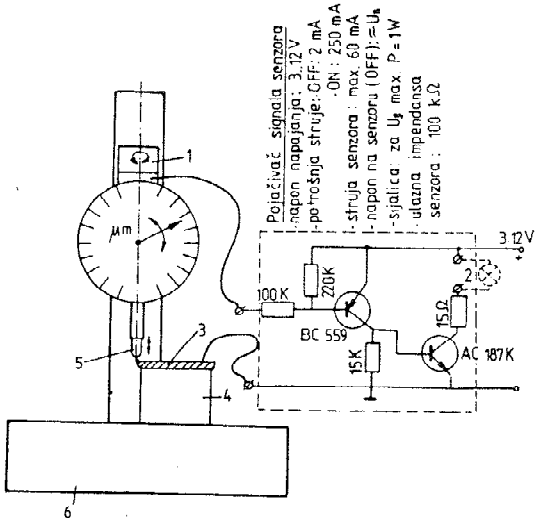
Slika 5. Varijacije i ukupna postojanost alata za izradu delova "E" oblika /2/

Veći broj kontura kod prosecanja (probijanja) delova "M" i "T" oblika povećava verovatnoću otkaza alata (kod prosecanja dela "M" oblika ima dosta oštrih prelaza izmedju kontura na radnim elementima, što utiče na postojanost radnih elemenata).

4. KRITERIJUM ZA ODREDJIVANJE POSTOJANOSTI ALATA I OSTVARENI REZULTATI ISPITIVANJA

Direktno merenje habanja radnih elemenata ovih alata, teško je izvodljivo u proizvodnim uslovima. Potrebno je alat demontirati sa prese što zahteva veliki utrošak rada i vremena a uz to u pojedinim slučajevima praktično je neizvodljivo jer je težak pristup do sečiva radnih elemenata. Stoga se najčešće koriste metode indirektnog merenja habanja, merenjem izdignute ivice na prosečenim delovima. Pri tom je pokazatelj habanja proseckača (probojaca) porast izdignute ivice na izratku (otpatku), a ploče za prosecanje porast izdignute ivice na traci (izdignuta ivica se formira oko sečiva odgovarajućeg radnog elementa).

U okviru ovih ispitivanja merenje izdignute ivice je izvodjeno mernim priborom sa komparaterom (sa mikronskom podelom) datim na sl. 6 /3/. Sila na pipku je uravnotežena protivsilom zavrtnja (1) a pomoću sijalice (2) se registruje trenutak dodira pipka komparatera (5) sa izratkom (3), čime se izbegava deformacija izdignute ivice usled pritiska na nju. Takodje, okretanjem zavrtnja (1) može se ostvariti fino pomeranje igle komparatera. Za sprečavanje kontaktnih pojava (varničenja, itd.) služi pojačivač signala (desno na sl. 6). Izradak se steže na magnetu (4) postavljenom na sto pribora (6). Veličina izdignute ivice se meri na tri mesta na svakoj elementarnoj konturi dela i to na najmanje tri izratka, a zatim se odredjuje srednja vrednost (u ovom slučaju visina izdignute ivice je merena na četiri konture, sl. 1). Mesta merenja su bila izvan spojeva segmenata ploče za prosecanje, odnosno izvan mesta gde se sastavljaju konture prosecane (probijane) u različitim koracima.



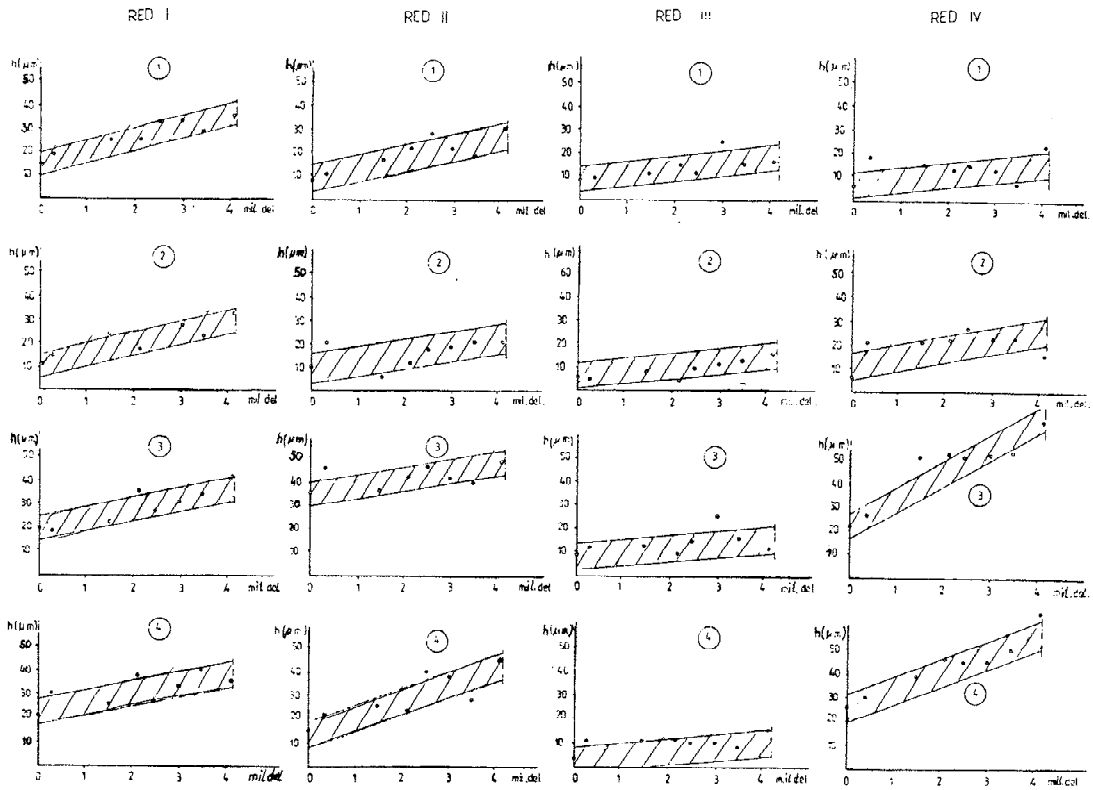
Slika 6. Pribor za merenje izdignute ivice

Sečiva radnih elemenata alata treba da su bez defekata (mikropukotine, ogrebotine, okrzani delići, itd.) a prisustvo defekata može se utvrditi na alatnom mikroskopu Za praćenje alata u eksploataciji korišćen je karton koji sadrži informacije o alatu, mašini, izratku i promena koje nastaju pri radu. Deo informacija odnosi se na broj izradjenih delova, porast izdignute ivice i visinu skinutog sloja na radnim elementima pri oštrenju.

Na slici 7. prikazan je dijagram promene visine izdignute ivice u zavisnosti od broja izradjenih delova "T" oblika alatom proizvodnje PP - Titovo Užice (radni elementi su od žilavije vrste tvrdog metala V30.

Iz dijagrama se vidi da je različita početna vrednost izdignute ivice, što govori da je bio neravnomeran zazor izmedju radnih elemenata. Povećanje izdignute ivice u toku vremena rada alata je takodje različito. Vidi se da je na četvrtom redu (kontura broj 3) visina izdignute ivice dostigla vrednost od $\sim 70\mu m$ nakon izradjenih 4,2 miliona delova.Bez obzira što je na ostalim mestima znatno manje povećanje izdignute ivice, bilo je potrebno preoštravanje alata.

U toku eksploatacije ovih alata primećeno je da je manja srednja postojanost alata kada je lim domaće proizvodnje. Ispitivanjem je utvrdjeno da je tvrdoća lima domaće proizvodnje veća za oko 300 MPa od dinamolima nemačke i italijanske proizvodnje, a zatezna čvrstoća lima domaće proizvodnje veća je za oko 70 MPa od čvrstoće lima italijanske proizvodnje, a za $\sim$ 50 Mpa od lima nemačke proizvod-



Slika 7. Visina izdignute ivice u zavisnosti od broja izradjenih delova ("T"-delova)

nje. Poznato je da povećanjem tvrdoće lima postojanost radnih elemenata opada. Zatezna čvrstoća direktno utiče na postojanost radnih elemenata, jer se povećava sila prosecanja sa povećanjem zatezne čvrstoće. S obzirom da mehaničke karakteristike lima ne igraju bitnu ulogu u eksploataciji jer se radi o delovima za prigušnicu, može se tražiti od proizvodjača lima da smanji ove dve mehaničke karakteristike lima.

Da bi se poboljšalo podmazivanje lima i hladjenje radnih elemenata kao i odvodjenje čestica lima nastalih u procesu prosecanja), razvijen je uredjaj za podmazivanje smešom vazduha pod pritiskom i tečnosti za hladjenje. Odgovarajuća ispitivanja pri ovakvom načinu podmazivanja traka su u toku.

5. LITERATURA

/1/ M. Jovičić, D. Jovanović, Iskustva u primeni alata za probijanje i prosecanje sa radnim elementima od tvrdog metala i program istraživanja uzroka njihovog prevremenog otkaza, XVIII Savetovanje proizvodnog mašinstva Jugoslavije, Niš, 1984

/2/ E. Wössner, Erfahrungen mit Hartmetallschneidwerkzeugen bei der Herstellung von Magnetkernblechen, Werkstattstechnik 1966, No 10

/3/ Grupa saradnika, podprojekt: Povećanje postojanosti alata sa radnim elementima od tvrdog metala za izradu delova "M" i "T" oblika poboljšanjem uslova njihove eksploatacije i održavanja, Mašinski fakultet, RO Tvrdi metal, Titovo Užice, RO FEP, Donji Milanovac, 1984/85

Ž.Popović, M.Jovičić, D.Jovanović,
DETERMINATION OF SERVICE CHARACTERISTICS OF PIERCING AND CROPPING TOOLS WITH CARBIDE INSERTS IN PRODUCING PARTS OF DYNAMO METAL

Abstract

In order to determine the degrees of influence of individual factors on the premature failure and large variability of tool life, systematic monitoring of their service in the production conditions in RO "FEP" was organised.Monitored were both the imported and the Yugoslav made tools.

In the first phase of these investigations, special attention was devoted to developing an objective criterion for determining the dullness of tools.It was adopted to monitor the wear of the working elements of the tools by measuring the height of the raised edges on the workpieces, for which a special measurement device was developed.Presented in the paper are selected results of the tests made so far within the cooperation programme between RO "FEP" of Donji Milanovac, and Mašinski fakultet of Belgrade.

XIX SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE

Kragujevac, septembar 1985.

ODREDJIVANJE NAPONA U PROCESIMA HLADNOG ISTISKIVANJA METODOM VIZIOPLASTIČNOSTI

M. Plančak, Fakultet tehničkih nauka, Institut za proizvodno mašinstvo, Novi Sad

REZIME

Poznavanje naponskog stanja u obradku za vreme procesa hladnog istiskivanja veoma je važno, kako sa stanovišta odredjivanja osnovnih parametara procesa tako i sa stanovišta optimalnog projektovanja svih elemenata obradnog sistema i iskorišćenja obradivosti materijala. Pomoću vizioplastične metode, odredjene su naponske komponente u obratku za vreme istosmernog istiskivanja ($\sigma_z, \sigma_r, \sigma_\theta, \tau_{rz}$). Kao granični uslov, koji je potreban prilikom primene ove metode, korišćen je radijalni napon na zidu matrice, odredjen eksperimentalno pomoću mernog pipka. Rezultati (raspored naponskih komponenti po meridijalnoj ravni) prikazani su u aksonometrijskoj projekciji.

1. UVOD

Naponsko stanje koje se javlja u obradku za vreme procesa deformisanja rezultat je dejstva spoljnih sila na materijal. Poznavanje komponenti napona po zapremini tela i na njegovim kontaktnim površinama sa alatom veoma je značajno kako sa aspekta samog odvijanja procesa (odredjivanje deformacionih sila, deformacionog rada) tako i sa aspekta konstrukcije alata kao i optimalnog iskorišćenja resursa obradivosti materijala. Odredjivanje naponskog stanja moguće je pomoću raznih metoda. Iako su ove metode po svom pristupu problemima istraživanja, svom obimu, tačnosti rešenja koja se njima dobijaju itd. medjusobno često veoma različita, ipak ih je moguće svrstati u tri osnovne grupe:

- teoretske metode,
- teoretsko-eksperimentalne metode,
- eksperimentalne metode.

Koja metoda će se u konkretnom slučaju primeniti, zavisi od mnogih faktora: od procesa koji se analizira (vučenje, istiskivanje, sabijanje...), od cilja istraživanja (odredjivanje deformacione sile, naposnko-deformacionog stanja, kinematskog polja...), od željene tačnosti rešenja, od raspoloživog vremena, opreme i drugo. U odredjenim slučajevima u cilju dobijanja rešenja mogu se istovremeno koristiti dve ili više metoda, kao i njihove kombinacije.

U ovom radu dat je prikaz odredjivanja naponskog stanja u procesu istosmernog hladnog istiskivanja metodom vizioplastičnosti.

2. METODA VIZOPLASTIČNOSTI

Medju do danas poznatim metodama analize procesa deformisanjem, metoda visoplastičnosti zauzima značajno mesto. To je eksperimentalno-teoretska metoda koja omogućuje odredjivanje ne samo kinematskih parametara, nego i naponskih komponenti u procesu deformisanja.

Metoda visioplastičnosti zasniva se na osnovnim relacijama teorije plastičnosti, kako je to u daljem tekstu prikazano na primeru aksijalno-simetričnog deformisanja. Jednačine ravnoteže za taj slučaj glase:

$$\frac{\partial \sigma_r}{\partial r} + \frac{\partial \tau_{zr}}{\partial z} + \frac{\sigma_r - \sigma_\theta}{r} = 0$$
$$\frac{\partial \tau_{zr}}{\partial r} + \frac{\partial \sigma_z}{\partial z} + \frac{\tau_{zr}}{r} = 0 \qquad (1)$$

Veza izmedju napona i brzina deformacija definisana je sledećim izrazima (Levy-Mises):

$$\dot{\varepsilon}_r = \lambda(\sigma_r + p)$$
$$\dot{\varepsilon}_z = \lambda(\sigma_z + p)$$
$$\dot{\varepsilon}_\theta = \lambda(\sigma_\theta + p) \qquad (2)$$
$$\dot{\gamma}_{zr} = 2\lambda\, \tau_{zr}$$
$$\dot{\gamma}_{r\theta} = \dot{\gamma}_{\theta z} = 0$$

Pri tome je:

$$\lambda = \frac{3}{2}\,\frac{\dot{\varepsilon}}{\sigma_e} \qquad (3)$$

gde je efektivna brzina deformacije definisana kao:

$$\dot{\varepsilon} = \frac{2}{3}\sqrt{\frac{1}{2}\left[(\dot{\varepsilon}_z - \dot{\varepsilon}_r)^2 + (\dot{\varepsilon}_r - \dot{\varepsilon}_\theta)^2 + (\dot{\varepsilon}_\theta - \dot{\varepsilon}_z)^2\right] + \frac{3}{4}\dot{\gamma}_{zr}^2} \qquad (4)$$

Kombinovanjem prve dve jednačine iz (2) dobija se:

$$\dot{\varepsilon}_z - \dot{\varepsilon}_r = \lambda(\sigma_z - \sigma_r)$$

$$\sigma_z = \frac{\dot{\varepsilon}_z - \dot{\varepsilon}_r}{\lambda} + \sigma_r \qquad (5)$$

Diferenciranjem gornje jednačine po "r" a za konstantno "θ" i "z" dobija se:

$$\frac{\partial \sigma_z}{\partial r} = \frac{\partial \sigma_r}{\partial r} + \frac{\partial}{\partial r}\left(\frac{\dot{\varepsilon}_z - \dot{\varepsilon}_r}{\lambda}\right) \qquad (6)$$

Iz jednačine ravnoteže (1) može se dobiti:

$$\frac{\partial \sigma_r}{\partial r} = -\frac{\sigma_r - \sigma_\theta}{r} - \frac{\partial \tau_{zr}}{\partial z} \qquad (7)$$

dok se iz jednačina koje predstavljaju vezu izmedju napona i brzina deformacije (2) dobija:

$$\sigma_r = \frac{\dot{\varepsilon}_r}{\lambda} - p, \quad \sigma_\theta = \frac{\dot{\varepsilon}_\theta}{\lambda} - p \qquad (8)$$

Zamenom (8) u (7) daje:

$$\frac{\partial \sigma_r}{\partial r} = \frac{\dot{\varepsilon}_\theta - \dot{\varepsilon}_r}{\lambda r} - \frac{\partial \tau_{zr}}{\partial z} \qquad (9)$$

Ako se gornji izraz zameni u jednačinu (6) dobija se:

$$\frac{\partial \sigma_z}{\partial r} = -\frac{(\dot{\varepsilon}_r - \dot{\varepsilon}_\theta)}{\lambda r} - \frac{\partial \tau_{zr}}{\partial z} + \frac{\partial}{\partial r}\left(\frac{\dot{\varepsilon}_z - \dot{\varepsilon}_r}{\lambda}\right) \qquad (10)$$

Kako je iz (2):

$$\tau_{zr} = \frac{\dot{\gamma}_{zr}}{2\lambda}$$

to jednačina (10) postaje:

$$\frac{\partial \sigma_z}{\partial r} = \frac{\partial}{\partial r}\left(\frac{\dot{\varepsilon}_z - \dot{\varepsilon}_r}{\lambda}\right) - \left(\frac{\dot{\varepsilon}_r - \dot{\varepsilon}_\theta}{\lambda r}\right) - \frac{\partial}{\partial z}\left(\frac{\dot{\gamma}_{zr}}{2\lambda}\right) \qquad (11)$$

Zamenom $\lambda = \frac{3}{2}\frac{\dot{\varepsilon}}{\sigma_e}$ u jednačinu (11) dobija se izraz za gradijent aksijalnog napona u procesu aksijalno-simetričnog deformisanja za ravni Z=const u obliku:

$$\frac{\partial \sigma_z}{\partial r} = \frac{2}{3}\sigma_e \left| \frac{\partial}{\partial r}\left(\frac{\dot{\varepsilon}_z - \dot{\varepsilon}_r}{\dot{\varepsilon}}\right) - \frac{\dot{\varepsilon}_r - \dot{\varepsilon}_\theta}{r\dot{\varepsilon}} - \frac{1}{2}\frac{\partial}{\partial z}\left(\frac{\dot{\gamma}_{zr}}{\dot{\varepsilon}}\right) \right| \qquad (12)$$

Kao što se iz gornje jednačine vidi, gradijent aksijalnog napona zavistan je od brzina deformacija i efektivnog napona u svakoj tački zone deformisanja.

Komponente brzine deformacije kao i efektivni napon odredjuju se eksperimentalno, da bi se zatim odredjenim matematičkim operacijama preko jednačine (12) dobila vrednost aksijalnog napona u relevantnim tačkama zapremine tela.

Poznavanjem aksijalnog napona u svakoj tački zapremine tela lako se dolazi i do ostalih komponenti napona i to korišćenjem jednačina (2):

$$\sigma_r = \sigma_z + \frac{2}{3}\sigma_e\left(\frac{\dot{\varepsilon}_r - \dot{\varepsilon}_z}{\dot{\varepsilon}}\right)$$

$$\sigma_\theta = \sigma_z + \frac{2}{3}\sigma_e\left(\frac{\dot{\varepsilon}_\theta - \dot{\varepsilon}_z}{\dot{\varepsilon}}\right) \qquad (13)$$

$$\tau_{zr} = \frac{\sigma_e}{3}\frac{\dot{\gamma}_{zr}}{\dot{\varepsilon}}$$

Iznalaženje kinematskog polja, potrebnog za rešavanje osnovne jednačine visioplastičnosti (12) vrši se eksperimentalnim putem.

3. ODREDJIVANJE NAPONSKOG STANJA

U ovom radu prezentirano je odredjivanje naponskih komponenti ($\sigma_z, \sigma_r, \sigma_\theta$) u procesu hladnog istosmernog istiskivanja čelika Č.1121 dimenzije pripremka Ø 28x28, stepen deformacije $\phi = 0{,}6$, ugao matrice $\alpha = 90^0$.

Postupak odredjivanja napona pomoću metode vizioplastičnosti sastoji se od nekoliko faza od kojih je prva faza priprema uzorka.

3.1. Priprema uzorka

Priprema uzorka sastoji se iz dva dela:

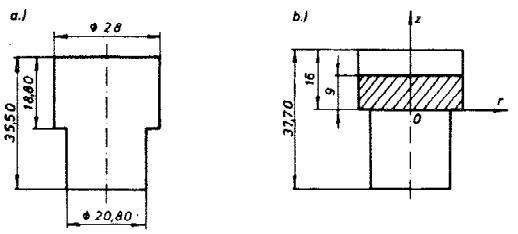
- izrada dva poluvaljka koji zajedno čine pripremak spreman za deformisanje,
- nanošenje mreže na meridijalnu ravan poluvaljka.

Poluvaljci su izradjeni glodanjem iz šipkastog materijala koji je struganjem bio prethodno doveden na dimenziju Ø $28^{+0,1}_{-0}$. Meridijalna ravan poluvaljka brušena je i polirana a zatim je na nju nanesena mreža elektrohemijskim putem, pomoću uredjaja EI 48 Mf-3.

3.2. Deformisanje uzoraka i očitavanje merne mreže

Proces istosmernog istiskivanja predstavlja stacionarni proces deformisanja. Za stacionarne procese karakteristično je da su elementi kinematskog i naponskog polja u jednoj nepokretnoj tački prostora u kome se odvija deformisanje nezavisni od vremena. Sledstveno tome, kinematsko polje se eksperimentalnim putem može kod stacionarnih procesa odrediti u bilo kom trenutku (etapi). Takodje nije od značaja dužina etape (pod pretpostavkom konstantne brzine alata).

U konkretnom slučaju uzorak sastavljen od dva poluvaljka deformisan je do trenutka kada je postignuta geometrija kao na slici 1a. U tom trenutku proces je zaustavljen, uzorak izbačen iz matrice, a na njegovoj meridijalnoj ravni naneta je mreža koja je fotografisana (slika 2a).



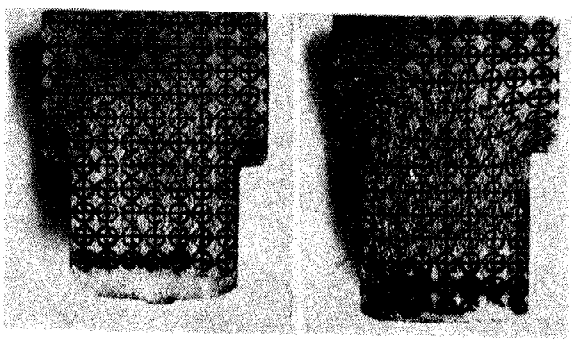
Slika 1. Početak i završetak analiziranog pritaštaja kod istosmernog istiskivanja

Taj trenutak predstavlja početak priraštaja koji se analizira. Uzorak je zatim ponovo sastavljen i sa konstantnom brzinom alata deformisan do trenutka postizanja geometrije kao na slici 1b. Put žiga je 2,8 mm. Deformisana merna mreža na kraju priraštaja takodje je fotografisana. Na taj način fiksirani su početak i kraj jednog priraštaja deformacije.

Uporedjenjem deformisane i nedeformisane merne mreže dobijaju se pomeranja svake tačke merne mreže u toku vremena Δt, koliko je posmatrani interval trajao. Uporedjenje deformisane i nedeformisane merne mreže izvršeno je direktnim preklapanjem i projektovanjem slajdova na projektno platno, sa uvećanjem od 30 puta.

Na slici 1 prikazana je etapa kod istosmernog istiskivanja koja je analizirana. Na slici 1b naznačena je i oblast u kojoj su odredjeni elementi kinematskog i naponskog polja (šrafirana površina).

Na slici 2 prikazana je merna mreža na meridijalnoj ravni na početku i na kraju posmatranog priraštaja.



Slika 2. Merna mreža na početku i završetku posmatrane etape

3.3. Kinematsko polje po zapremini tela

Na osnovu poznatih veličina pomeranja svake tačke u meridijalnoj ravni i vremena trajanja intervala, moguće je u svakoj tački deformisane merne mreže odrediti komponente brzine prema:

$$v = \frac{\Delta S}{\Delta t} \quad , \quad \Delta S \text{ - pomeranje}, \qquad (14)$$

Δt - vreme trajanja intervala

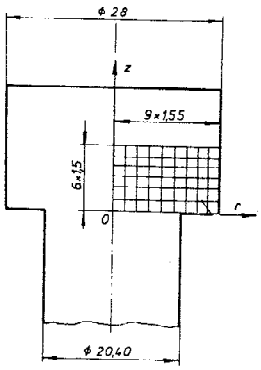
Poznavanjem radijalnih i aksijalnih komponenti brzine u tačkama meridijalne ravni moguće je odrediti brzine deformacije u tim tačkama ($\dot{\varepsilon}_r, \dot{\varepsilon}_z, \dot{\varepsilon}_\theta, \dot{\gamma}_{zr}$), što je neophodno za rešavanje jednačine (12).

Brzine deformacije se odredjuju kao:

$$\dot{\varepsilon}_r = \frac{\partial vr}{\partial r} \; ; \; \dot{\varepsilon}_z = \frac{\partial vz}{\partial z}$$

$$\dot{\varepsilon}_\theta = -(\dot{\varepsilon}_r + \dot{\varepsilon}_z) \; ; \; \dot{\gamma}_{zr} = \frac{\partial vr}{\partial z} + \frac{\partial vz}{\partial r} \qquad (14)$$

Tačke u meridijalnoj ravni u kojima su odredjene brzine deformacija prikazane su na slici 3.



Slika 3. Tačke u meridijalnoj ravni u kojima je odredjeno kinematsko polje

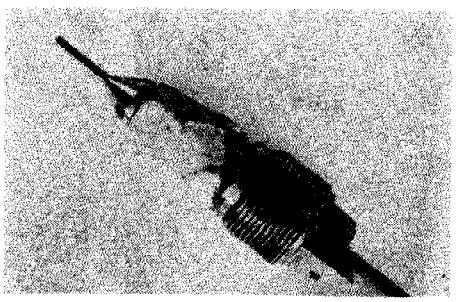
3.4. Odredjivanje komponenti napona

Raspored aksijalnog napona (σ_z) na ravnima z=const dobija se integracijom funkcije $\partial \sigma_z / \partial r = f(r)$:

$$\sigma_z = \int_0^r \frac{2}{3} \sigma_e \left| \frac{\partial}{\partial r} \left(\frac{\dot{\varepsilon}_z - \dot{\varepsilon}_r}{\dot{\varepsilon}} \right) - \left(\frac{\dot{\varepsilon}_r - \dot{\varepsilon}_\theta}{r\dot{\varepsilon}} \right) - \frac{1}{2} \frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{\dot{\gamma}_{zr}}{\dot{\varepsilon}} \right) \right| dr + K \qquad (15)$$

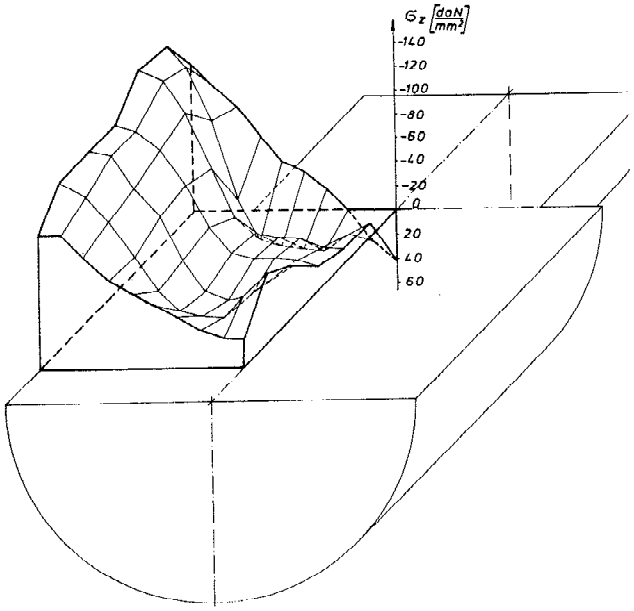
Kako podintegralna funkcija u izrazu (15) nije data eksplicitno nego diskretno (u konačnom broju tačaka), to je za rešavanje datog integrala korišćen metod numeričke integracije na bazi pravila trapeza.

Vrednost efektivnog napona u jednačini (15) dobijena je pomoću merenja tvrdoće u relevantnim tačkama meridijalne ravni (slika 3) korišćenjem tzv. etalon dijagrama |2|. Integraciona konstanta iz jednačine (15) odredjena je pomoću poznatog radijalnog napona na zidu matrice |2|. Ovaj napon je u odredjenim tačkama zida matrice meren pomoću mernog pipka (slika 4).

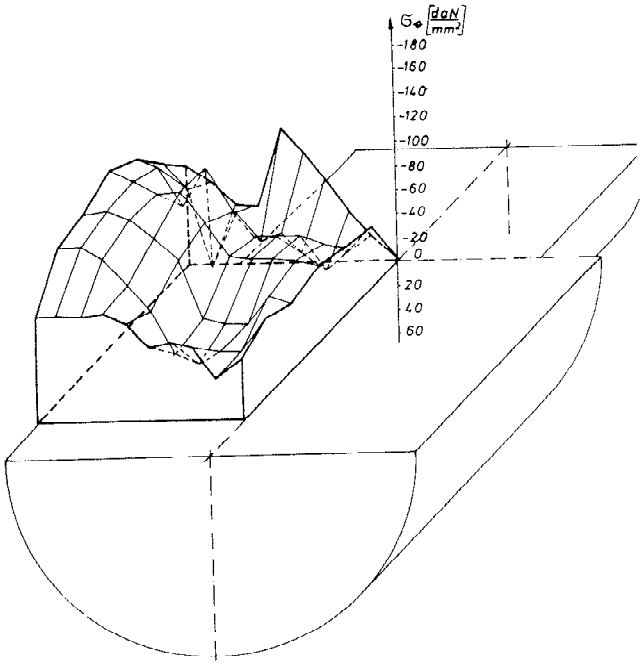


Slika 4. Merni pipak za merenje radijalnog napona na zidu matrice

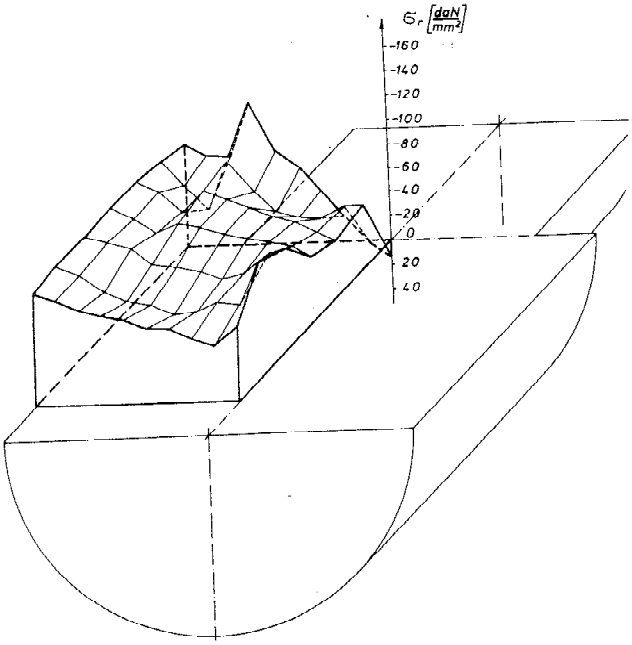
Na opisani način odredjene su vrednosti aksijalnog napona u 70 tj. 140 tačaka (usled simetrije procesa)



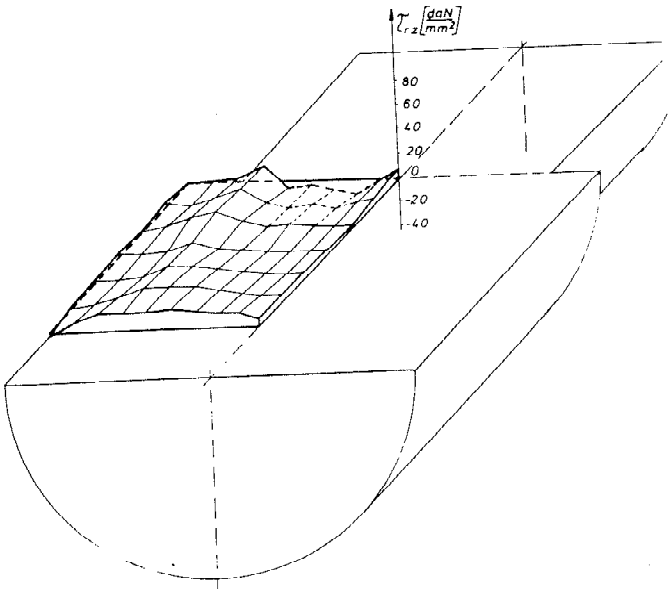
Slika 5. Naponska komponenta "σ_z"



Slika 7. Naponska komponenta "σ_θ"



Slika 6. Naponska komponenta "σ_r"



Slika 8. Naponska komponenta "τ_{rz}"

zapremine tela (slika 3). Pomoću jednačina (13) odredjene su i ostale komponente napona (σ_r,σ_θ, τ_{rz}). Grafički prikaz rasporeda svih naponskih komponenti po zapremini zone deformisanja prikazan je u aksionometrijskoj projekciji na slikama 5-8. Na datom prikazu na bazi diskretnih vrednosti pojedinih naponskih komponenti konstruisane su odgovarajuće naponske ravni iznad meridijalnog preseka obradka.

4. ZAKLJUČAK

U procesu istosmernog istiskivanja čelika odredjeni su svi elementi tenzora napona po zapremini obradka i to pomoću metode vizioplastičnosti.

Dobijeni rezultati ukazuju na to da su sve naponske komponente pritisnog karaktera po celoj zapremini, sa izuzetkom uske zone skoncentrisane oko ose obradka na izlazu iz matrice. U toj uskoj zoni pojavljuju se zatezni aksijalni i radijalni naponi.

Veće nezagitne vrednosti naponskih komponenti pojavljuju se u blizini zida matrice. Ravnomernije naponsko stanje javlja se u zonama bližim čelu žiga. Tangencijalna komponenta napona (τ_{rz}) je za jedan red veličina manja od normalnih komponenti. Metoda visioplastičnosti pokazala se kao relativno povoljna za odredjivanje naponskog stanja, s tim što tačnost rezultata u velikoj meri zavisi od tačnosti nanošenja i očitavanja merne mreže kao i ostalih uslova eksperimenta. U tom pravcu postoje još mnoge mogućnosti za poboljšanje ove eksperimentalne tehnike.

LITERATURA

|1| Voelkner,W.: "Spannungs-Kraft und Arbeitsermitlug beim Umformen", Fertigungstechnik und Betrieb 25(1975), 12.

|2| Plančak,M.: Naponsko-deformaciono stanje u procesima hladnog istiskivanja - Doktorska disertacija, Novi Sad, 1984.

|3| Shabaik,A.: "Analysis of forming processer: experimental and numerical methods", Annual Meeting of the American Society of Mechanical Engineers, San Francisko, Dec. 1978.

M.Plančak

DETERMINATION OF STRESSES IN THE COLD EXTRUSION PROCESSES BY THE METHOD OF VISIOPLASTICITY

Abstract

The konwledge of the stress state in a workpiece during the process of cold extrusion is very important from the standpoint of determination of basic parameters of the process, but also from the aspect of optimal design of all the elements of the forming sistem, and the use of material formability.By means of the visioplastic method, stress components were determined in a workpiece subjected to singledirection extrusion ($\sigma_z, \sigma_r, \sigma_\theta, \tau_{rz}$).As the boundary condition that is needed for the application of this method, the radial stress on the die wall was used, as determined experimentally bi means of a measurement probe.The results (distribution of the stress components in the meridional plane) are plotted on 3-dimensional representation of the workpiece.

XIX SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE
Kragujevac, septembar 1985.

ODREDJIVANJE SILE ISTISKIVANJA PRI ISTOSMERNOM ISTISKIVANJU CEVI

V. Stoiljković, Mašinski fakultet, Niš
B. Rančić, Mašinski fakultet, Niš
M. Milenković, RO "Djuro Salaj", Niš

REZIME

U ovom radu dat je eksperimentalno-analitički prikaz odredjivanja deformacione sile istosmernog istiskivanja zasnovan na primeni metode punog faktornog eksperimenta.Za uticajne faktore odabrani su stepen deformacije i ugao nagiba prstena za istiskivanje.Analitički izrazi do kojih se došlo ukazuju na zanenarljiv uticaj ugla nagiba prstena za istiskivanje.Uticaj stepena deformacije,uz mazivo čiji uticaj ovom prilikom nije istraživan,je najznačajniji.Dobijeni analitički izrazi omogućavaju jednostavan izbor prese za istiskivanje iz raspoloživog mašinskog parka.

1. UVOD

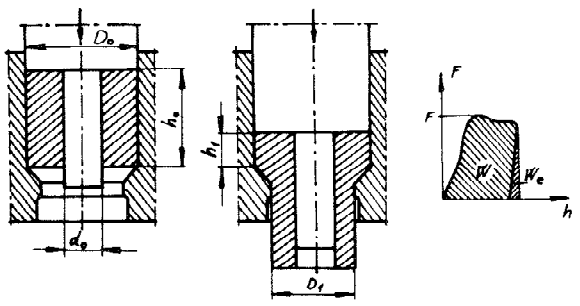
U literaturi |1,2,3,4,5| dat je veći broj metoda za odredjivanje deformacione sile istosmernog istiskivanja šupljih komada. Zajedničko u tim pristupima je da su izrazi za deformacionu silu odredjivani primenom neke od poznatih metoda (metoda zajedničkog rešavanja jednačine ravnoteže i uslova plastičnosti, metoda gornje procene, metoda deformacionog rada itd.), ili pak primenom neke od navedenih metoda za odredjivanje feformacione sile u idealnim uslovima, dok je uticaj ostalih otpora trenja odredjivan najčešće eksperimentalnim putem, i to primenom pasivnog eksperimenta |5|.

U ovom radu dat je eksperimentalno-analitički prikaz odredjivanja deformacione sile istosmernog istiskivanja zasnovan na primeni metode punog faktornog eksperimenta. Za uticajne faktore odabran je stepen deformacije i ugao nagiba prstena za istiskivanje. Ovi faktori su menjani na dva nivoa, a intervali njihovih promena su izabrani na osnovu postojećih saznanja uz uslov da zadovolje područje najčešće učestanosti tih veličina pri odredjivanja tehnologije izrade šupljih komada istiskivanjem.

Dobijeni numerički izraz za deformacionu silu odnosi se na aluminijum Al 99,5, koja se koristi za izradu pneumatskih cilindara istiskivanjem na hladno. Na taj način mogu da se dobiju slične zavisnosti i za druge materijale, koji se istiskuju. Tako dobijeni izrazi omogućuju dosta tačno odredjivanje vrednosti potrebnih sila istiskivanja u istiskivanom intervalu. Pored toga, dobijeni rezultati ukazuju i na postojanje optimalnog ugla nagiba prstena za ististkivanje, pri kome se dobija minimalna sila istiskivanja, za ostale nepromenjene uslove.

2. IZBOR UTICAJNIH FAKTORA

Istosmerno istiskivanje šupljih komada prikazano je na slici 1. Na toj istoj slici prikazan je i dijagram promene sile istiskivanja snimljen u eksperimentu, koji se nadalje opisuje.Sa prikazanog dijagrama se uočava da sila najpre raste



Sl. 1

do neke maksimalne vrednosti, a potom opada do nule. Teorijski je veoma teško definisati zakon promene sile istiskivanja u funkciji puta tiskača. Najčešće se daju samo izrazi koji definišu maksimalnu vrednost sile istiskivanja. Jedan od takvih izraza, odredjen kombinovanom metodom (metodom zajedničkog rešavanja jednačine ravnoteže i uslova plastičnosti pri kojoj je deformaciona sila odredjena u idealnim uslovima, dok je uticaj ostalih otpora odredjen eksperimentalnim putem), glasi:

$$P=K_{sr}A_1\varphi_1\left(1+2\frac{\mu}{\alpha}+\frac{1}{2}\cdot\frac{\alpha}{\varphi_1}\right)+\pi\cdot D_o\cdot h_o\cdot\mu\cdot K_o \qquad (1)$$

gde su:

$K_{sr}=\sqrt{K_o\cdot K_1}$ - srednji specifični deformacioni otpor;

K_o - ekstrapolirana vrednost specifičnog deformacionog otpora, odnosno vrednost pri $\varphi=0$;

$K_1=K(\varphi_1)$ - specifični deformacioni otpor materijala koji je pretrpeo deformaciju φ_1;

h_o - početna visina pripremka;

D_o - početni prečnik pripremka;

μ - koeficijent kontaktnog trenja;

α - ugao nagiba prstena za istiskivanja;

$\varphi_1=\ln\frac{A_o}{A_1}$ - logaritamski stepen deformacije;

$A_o=\frac{\pi}{4}(D_o^2-d_o^2)$ - početna površina preseka i

$A_1=\frac{\pi}{4}(D_1^2-d_1^2)$ - površina poprečnog preseka posle istiskivanja.

Na osnovu podataka datih u literaturi |1,2,3,4,5| smatra se da sila istiskivanja sporo opada sa tečenjem procesa istiskivanja, odnosno da je približno konstantna i jednaka maksimalnoj sili. Dijagrami promene sile istiskivanja u funkciji puta tiskača, koji su snimani u eksperimentu, u okviru sprovedenih istraživanja |7|, takvo shvatanje donekle demantuju, bar kad se radi o istiskivanju aluminijuma. Naime, snimljeni dijagrami ukazuju na značajan pad sile istiskivanja nakon dostizanja maksimuma. To ukazuje da zadnji član u izrazu (1) mora da opada sa smanjenjem visine pripremka u toku istiskivanja.

Analizom izraza (1), za silu istosmernog istiskivanja šupljih komada, uočava se da su za odredjeni materijal i koeficijent kontaktnog trenja μ promenljive veličine: φ_1 i α. Te veličine predtavljaju uticajne faktore. Medjusobni uticaj ovih veličina na silu istiskivanja može da se odredi primenom faktornog eksperimenta |6,8,9|. Pri tome, navedena dva faktora (k=2) mogu da se variraju na q nivoa. Najčešće se, zbog smanjenja broja potrebnih eksperimenata uticajni faktori variraju na dva nivoa. Prema tome, potreban broj eksperimenata iznosi $n=q^k=2^2=4$. Radi pouzdanosti dobijenih rezultata potrebno je da se svaki eksperiment ponovi tri puta, a da se kao odziv, u ovom slučaju veličina sile istiskivanja uzme srednja vrednost iz tri merenja.

Uticajni faktori φ_1 i α uzeti na dva nivoa su:

$\varphi_1=0,844\approx0,84$ - donji nivo;

$\varphi_1=1,189\approx1,19$ - gornji nivo;

$\alpha=45^o$ - donji nivo;

$\alpha=65^o$ - gornji nivo.

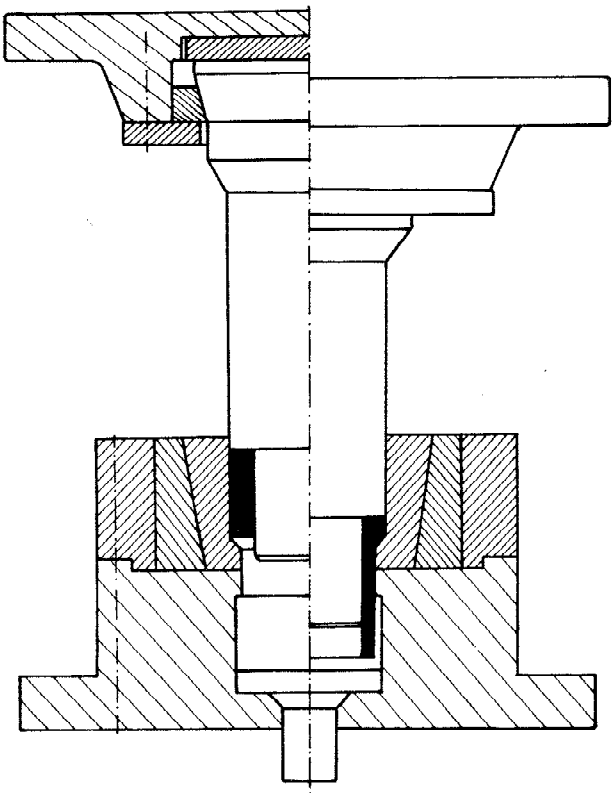
3. SPROVODJENJE EKSPERIMENTA

Za eksperimentalna istraživanja veličine sile istiskivanja šupljih komada primenom faktornog eksperimenta sa dva faktora na dva nivoa konstruisan je i uradjen alat (sl. 2). Ovaj alat ima izmenljive tiskače (2 kom.) i izmenljive prstene za istiskivanje (4 kom.). Koja kombinacija tiskača i prstena za istiskivanje se koristi zavisi od slučajnih brojeva izvodjenja istiskivanja, koji se daju u planu matrice eksperimenta.

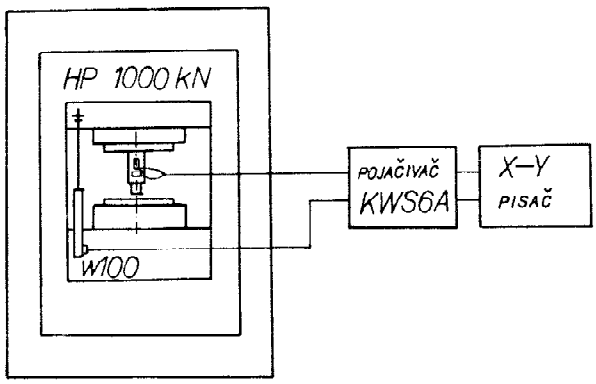
Za eksperimentalna istraživanja korišćen je Al 99,5 u žarenom i nežarenom stanju. Pri svim eksperimentima kao mazivo je korišćen loj. Istiskivanja su vršena na hidrauličnoj presi od 1000 kN, koju poseduje Mašinski fakultet. Brzina deformisanja je bila konstantna.

Za snimanje dijagrama sila istiskivanja - put istiskivanja korišćena je metoda merenja mehaničkih veličina električnim putem. Pri tome je sam tiskač predstavljao dinamometar, formiran jednim polumostom, a put je registrovan induktivnim snimačem puta W 100. Dalji prenos izmerenih veličina od snimača išao je preko pojačivača kWS 6 - firme Hottinger na x-y tipa firme Gerz. Blok šema merenih mesta i ostale merme opreme prikaza-

na je na slici 3.



Sl. 2



Sl. 3

4. PRIKAZ I ANALIZA REZULTATA

Prirodne vrednosti uticajnih faktora φ_1 i α mogu da se prevedu u kodirane. Ta veza je data izrazom |6,8,9|.

$$X_i = \frac{x_i - x_{io}}{\delta_1} \qquad (2)$$

gde su:

x_i - prirodna vrednost uticajnog faktora na donjem - gornjem nivou;

x_{io} - prirodna vrednost uticajnog faktora na nultom nivou i

δ_i - interval variranja.

Prirodne i kodirane vrednosti uticajnog faktora prikazane su u Tabeli 1.

Uslovi eksperimenta se zapisuju u obliku matrice u kojoj vrste odgovaraju različitim eksperimentima, a kolone vrednostima faktora. Takva matrica se naziva plan-matrica. Za dvofaktorni eksperiment, kakav se razmatra u ovom radu, plan matrica je data u obliku Tabele 2.

Da bi se isključile sistematske greške, izazvane spoljašnjim uslovima, preporučuje se slučajni redosled istiskivanja pri postavljanju eksperimenta. To znači da je neophodno da se eksperiment randomizira, odredi slučajni redosled istiskivanja, što je odredjeno i dato u Tabeli 2.

U tabeli 2 unete su i maksimalne vrednosti sila istiskivanja. Dijagrami promene sila istiskivanja - put, sa kojih su skinute maksimalne vrednosti, a koji su snimljeni na način kako je opisano u tački 3, prikazani su na slici 4.

Tabela 2, kako je već rečeno, daje plan izvodjenja eksperimenta i dobijene rezultate u eksperimentu. Svaki opit se ponavlja tri puta što je neophodno da bi se ocenila tačnost eksperimenta. Indeksom "u" obeležen je različit opit, a indeksom "p" ponovljen opit.

TABELA 1

Promenljivi faktori		Oznaka faktora	Nivo vrednosti			Interval promene
			donji	nulti	gornji	
Stepen deformacije	Stvarna (prirodna) vrednost	φ_1	0,84	1,015	1,19	0,175
	Kodirana vrednost	X_1	-1	0	+1	1
Ugao nagiba prstena za istiskivanje	Stvarna vrednost	$\alpha^{(o)}$	45	55	65	10
	Kodirana vrednost	X_2	-1	0	+1	1

TABELA 2

Red. br. u matrici	Slučajni redosled realizacije	Stepen deformacije		Ugao nagiba prstena za istiskivanje		Eksperimentalni rezultati za silu F_{up}							
						Žareno stanje				Nežareno stanje			
						Ponovljeni opit				Ponovljeni opit			
		X_1	φ_1	X_2	α	F_1	F_2	F_3	F_u	F_1	F_2	F_3	F_u
1	4	+1	1,19	+1	65	428825	450268	450268	434120,3	434187	451608	440887	442227,3
2	3	+1	1,19	-1	45	466348	436868	485110	462277,3	456967	490469	485714	477716,6
3	1	-1	0,84	+1	65	184115	205359	197097	195523,3	213621	220702	232503	222275,3
4	2	-1	0,84	-1	45	187654	214801	199026	200493,6	174673	186474	175854	179000,3

4.1. Sila istosmernog istiskivanja šupljih komada

a) Žareno stanje

Analizirajući izraz za silu istosmernog istiskivanja šupljih komada može da se aproksimira linearnom zavisnošću, čiji je jednačina regresije:

$$F=b_o+b_1\cdot X_1 + b_2\cdot X_2 + b_{12}\cdot X_1\cdot X_2 \qquad (3)$$

Vrednosti koeficijenata u izrazu (3), za slučaj korišćenja metode najmanjeg kvadrata, date su izrazima:

$$b_o = \frac{1}{n}\cdot\sum_{u=1}^{n}\overline{F}_u$$

$$b_i = \frac{1}{n}\sum_{u=1}^{n}X_{iu}\cdot\overline{F}_u$$

$$b_{ij} = \frac{1}{n}\sum_{u=1}^{n}X_{iu}X_{ju}\cdot\overline{F}_u \qquad (4)$$

gde su:

n - broj različitih opita ($n=2^k=2^2=4$);

$\overline{F}_u$ - srednja vrednost rezultata (sile istiskivanja) u u-tom opitu;

X_{iu} - kodirana vrednost i-tog faktora u u-tom opitu.

Zamenom vrednosti iz Tabele 2 u izraze (4) dobija se:

$b_o = 325478,1;$

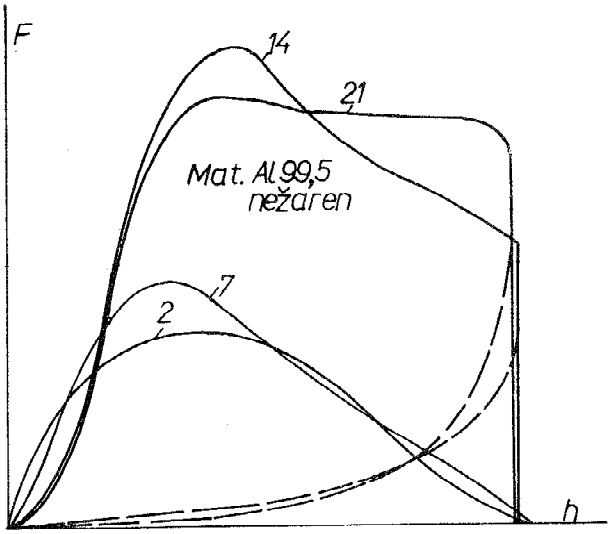
$b_1 = 127469,1;$

$b_2 = -6155,8;$

$b_{12} = -3670,6.$

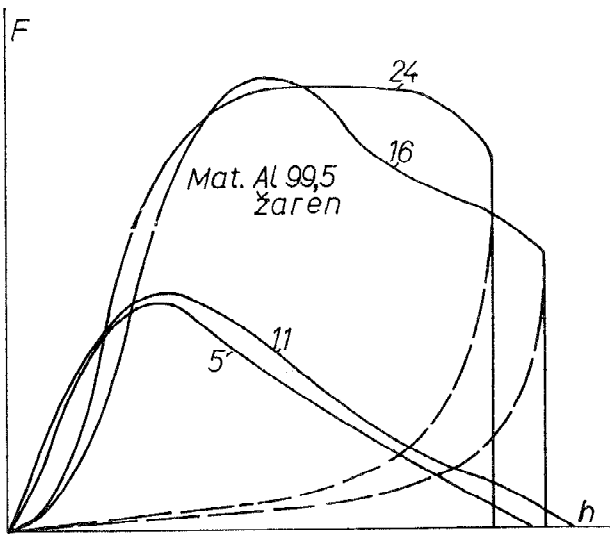
Pošto su odredjene vrednosti koeficijenata, može da se napiše izraz za silu istiskivanja, koji u kodiranom obliku glasi:

$$F = 325478,1+127469,1\cdot X_1-6155\cdot X_2-3670,6\cdot X_1\cdot X_2 \qquad (5)$$



$\varphi_1 = 0{,}84$ { $\alpha = 65°$ probe 2 i 5; $\alpha = 45°$ probe 7 i 11

$\varphi_1 = 1{,}19$ { $\alpha = 45°$ probe 14 i 16; $\alpha = 65°$ probe 21 i 24



$U_F = 5360\,daN/10\,mm_{crt.}$

$U_F = 4720\,daN/10\,mm_{crt.}$

$U_h = 4\,mm/10\,mm_{crt.}$

Sl. 4

b) Nežareno stanje

Ponavljajući isti postupak, kao što je to uradjeno za materijal koji je bio žaren, za isti materijal u nežarenom stanju, dobija se:

$b_o = 330304{,}9;$

$b_1 = 129667{,}1;$

$b_2 = 1946{,}4;$

$b_{12} = -19691$

Analitički izraz za silu istiskivanje nežarenog materijala u kodiranom obliku, glasi:

$$F = 330304{,}9 + 129667{,}1 \cdot X_1 + 1946{,}4 \cdot X_2 - 19691 \cdot X_1 \cdot X_2 \qquad (6)$$

4.2. Provera ponovljivosti opita

Pri jednakom broju paralelnih opita (u rasmatranom slučaju reč je o tri opita), na svakoj kombinaciji nivoa faktora, ponovljivost procesa se proverava po kriterijumu Kohrena |6,8,9|:

$$G = \frac{s^2_{u\,max}}{\sum_{u=1}^{n} s^2_u} \quad G(0{,}05;\ f_n;\ f_u) \qquad (7)$$

gde su: $s^2_u = \frac{\sum_{p=1}^{m} (F_{up} - \bar{F}_u)^2}{m-1}$ - disperzija, koja karakteriše rasipanje rezultata opita u u-toj kombinaciji faktora;

$s^2_{u\,max}$ - najveća disperzija u koloni plana;

m - broj paralelnih opita (u rasmatranom slučaju m=3);

$G(0{,}05;\ f_n;\ f_u;)$ - tablična vrednost kriterijuma Kohrena;

$f_n = n$ - broj nezavisnih ocena disperzije i

$f_u = m-1$ - broj stepeni slobode svake ocene.

a) Žareno stanje materijala

Vrednosti disperzija su:

$s^2_1 = 153267420;$

$s^2_2 = 591395600;$

$s^2_3 = 114683420;$

$s^2_4 = 185855440.$

Stvarna vrednost G po kriterijumu Kohrena: G=0,5658.

Pošto je ispunjena nejednakost G=0,5658 < G(0,05, 4, 2) = 0,768 proces se smatra ponovljivim.

Greška ponovljivosti opita odredjuje se preko izraza:

$$s_y^2 = \frac{\sum_{u=1}^{n} s_u^2}{n} = 261300470$$

b) Nežareno stanje materijala

Korišćenjem istog postupka, kao u slučaju početnog materijala u žarenom stanju, može se na osnovu podataka datih u Tabeli 2 da oceni ponovljivost opita i za istiskivanje cilindra od nežarenog materijala.

Vrednosti disperzije su:

$s_1^2 = 77220180;$

$s_2^2 = 328564010;$

$s_3^2 = 90989014;$

$s_4^2 = 42240460.$

Stvarna vrednost G po kriterijumu Kohrena:

$$G = 0,6095$$

Pošto je ispunjena nejednakost G=0,6095 < G(0,05, 4, 2)=0,7679 proces se smatra ponovljivim.

Greška ponovljivosti opita je:

$$s_y^2 = 134753420.$$

4.3. Ocena značajnosti koeficijenta regresije

Ova ocena se daje pomoću kriterijuma Studenta. Koeficijent se smatra značajnim, ako je ispunjena nejednačina:

$$|b_i| > \Delta b_i = t_{(0,05;\ f_u)} \frac{s_y}{\sqrt{n}} \qquad (8)$$

gde je:

$t_{(0,05;\ f_u)} = t_{(0,05;\ 4)} = 2,78$ - 5%-tna tačka raspodele Studenta sa f_u stepeni slobode.

Ukoliko nejednačina (8) nije ispunjena, može se smatrati da je taj koeficijent zanemarljiv i da faktor koji stoji uz taj koeficijent nema bitnog uticaja na ispitivanu veličinu.

a) Žareno stanje materijala

$$\Delta b_i = 2,78 \sqrt{\frac{261300470}{4}} = 22469$$

Značajni su sledeći koeficijenti:

$b_o = 325478,1$ i $b_1 = 127469,1$

Koeficijenti koji mogu da se zanemare su:

$|b_2| = 6155,8;\ |b_{12}| = 3670,6$

Dobijeni rezultati ukazuju da je uticaj drugog faktora (ugla nagiba prstena za istiskivanje) zanemarljiv u ispitivanom području.

Uzimanjem u obzir značajnost koeficijenata, analitički izraz za silu istiskivanja žarenog materijala u kodiranom obliku glasi:

$$F = 325478,1 + 127469,1 \cdot X_1 \qquad (5a)$$

b) Nežareno stanje materijala

$$\Delta b_i = 2,78 \sqrt{\frac{130753420}{4}} = 16135,5$$

Značajni su sledeći koeficijenti:

$b_o = 330304,9;\ b_1 = 129667,1;\ |b_{12}| = 19691$

Koeficijent b_2 može da se zanemari, pošto je manji od Δb_i.

Uzimanjem u obzir značajnost koeficijenata, analitički izraz za silu istiskivanja nežarenog materijala u kodiranom obliku glasi:

$$F = 330304,9 + 129667,1 \cdot X_1 - 19691 \cdot X_1 \cdot X_2 \qquad (6a)$$

4.4. Provera adekvatnosti linearnog modela

Provera adekvatnosti modela se vrši po kriterijumu Fišera. Adekvatnost modela je osnovana ako je ispunjena nejednačina |6,8,9|:

$$F = \frac{s_{AD}^2}{s_y^2} < F_{(0.05;\ f_{AD};\ f_u)} \qquad (9)$$

gde su:

$$s_{AD}^2 = \frac{\sum_{u=1}^{n} (\bar{F}_u - F_u)^2}{n-k-1}$$

F_u - računska vrednost sile u u-tom opitu,

$F_{(0,05;\ f_{AD}\ i\ f_u)}$ - tablična vrednost kriterijuma Fišer pri 5%-tnom nivoa značajnosti;

$F_{AD}=n-k-1=4-2-1=1$ - broj stepeni slobode disperzija adekvatnosti i

$f_u=n=4$ - broj stepeni slobode disperzije ponovljivosti.

a) Žareno stanje materijala

Računske vrednosti sile istiskivanja u u-tom opitu dobijaju se od izraza (5a):

$F_1=F_2=452947,2\ |N|;\quad F_3=F_4=198009\ |N|.$

$$S^2_{AD}=205511450$$

Stvarna vrednost po kriterijumu Fišer-a iznosi;

$$F=\frac{S^2_{AD}}{S^2_y}=0,786 < F_{(0,05,\ 1,\ 4)}=7,708$$

Pošto je prethodna nejednačina ispunjena, sledi da je linearni model adekvatan.

b) Nežareno stanje materijala

Računske vrednosti sile istiskivanja u u-tom opitu dobijaju se iz izraza (6a):

$F_1=440281\ |N|;\quad F_2=479663\ |N|;$

$F_3=220328,8\ |N|;\quad F_4=180946,8\ |N|$

$$S^2_{AD}=15154281$$

Stvarna vrednost po kriterijumu Fišerla iznosi:

$$F=\frac{S^2_{AD}}{S^2_y}=0,112 < F_{(0,05,\ 1,\ 4)}=7,708$$

Linearni model je adekvatan i u slučaju nežarenog stanja materijala.

4.5. Analitički izrazi za silu istosmernog istiskivanja

Prelaskom sa kodiranih vrednosti na prirodne vrednosti, dobija se analitički izraz za silu istosmernog istiskivanja šupljih komada.

a) Žareno stanje materijala

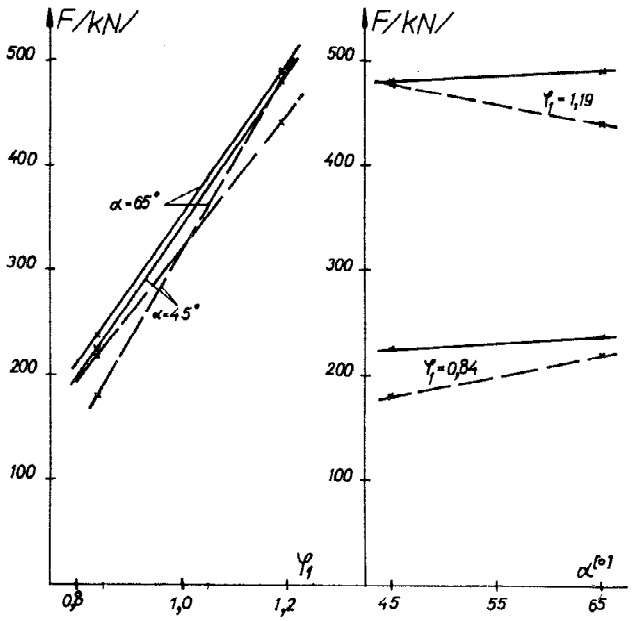
Zamenom kodiranih vrednosti u izraz (5a) dobija se:

$$F=-413842,68+728394,86\cdot\varphi_1 \qquad (10)$$

Ako se uzme u obzir i uticaj ugla nagiba prstena za istiskivanje, iako je koeficijent uz taj faktor zanemarljiv, dobija se:

$$F=-447699,58+728394,86\cdot\varphi_1+615,58\cdot\alpha \qquad (10a)$$

Zavisnost sile istosmernog istiskivanja od stepena deformacije φ_1, odnosno ugla nagiba prstena za istiskivanje, a prema izrazu (10a), prikazana je na slici 5, punom linijom.



Sl. 5

Sa slike 5, a i iz izraza (10a), odnosno izraza (10) vidi se da je uticaj ugla nagiba prstena za istiskivanje α, u rasmatranom intervalu promene ugla zanemarljiv. Nadalje se vidi da sa porastom ugla α od 45° ka uglu od 65° sila istiskivanja opada. U tom intervalu može da se javi ekstremum, odnosno da vrednost sile istiskivanja bude najmanja. To bi bila optimalna vrednost ugla nagiba prstena α_{op}. Prema datoj analizi $45^\circ < \alpha_{op} < 65^\circ$.

Uticaj stepena deformacije je najznačajniji na silu istosmernog istiskivanja. Pri tome, mali priraštaj stepena deformacije dovodi do znatnog povećanja sile istiskivanja.

b) Nežareno stanje materijala

Zamenom kodiranih vrednosti u izraz (6a)

dobija se:

$$F = -1049907{,}2 + 1359814{,}8 \cdot \varphi_1 + 11420 \cdot \alpha - 11252 \cdot \varphi_1 \cdot \alpha$$

Ako se uzme u obzir i uticaj ugla nagiba prstena za istiskivanje, koji je inače zanemarljiv, dobija se:

$$F = -1060612{,}4 + 1359814{,}8 \cdot \varphi_1 + 11614{,}6 \cdot \alpha - 11252 \cdot \varphi_1 \cdot \alpha \qquad (11a)$$

Zavisnost sile istosmernog istiskivanja od stepena deformacije φ_1, odnosno ugla nagiba prstena za istiskivanje, a prema izrazu (11a) prikazana je na slici 5, isprekidanom linijom.

Analiza zavisnosti sile istiskivanja od stepena deformacije φ_1, i ugla nagiba α je ista kao i u slučaju žarenog stanja materijala.

5. ZAKLJUČAK

Istosmernim istiskivanjem šupljih delova od aluminijuma mogu da se dobiju pneumatski cilindri do prečnika cca 110 mm. Time može da se izbaci skuplja tehnologija izrade tih cilindara od bešavnih čeličnih cevi i da se ostvare značajne uštede.

Izvršena istraživanja sa Al 99,5 pokazuju da može da se ostvari značajan stepen deformacije. Pri tome se dobija veoma dobar kvalitet obradjene površine, koji ne zahteva dodatnu obradu. Pošto su početni pripremci dobijeni livenjem, to je ostvarena deformacija i na unutrašnjem prečniku od Ø 50,5 na Ø 50, čime je obezbedjena kvalitetna površina i sa unutrašnje strane.

Dobijeni dijagrami promene sile istosmernog istiskivanja u funkciji puta tiskača, pokazuju znatan pad sile posle dostizanja maksimuma. To znači da je uticaj trenja u prijemniku značajan i da isti opada sa tečenjem procesa istiskivanja.

Analitički izrazi, do kojih se došlo primenom punog faktornog eksperimenta, ukazuju na zanemarljiv uticaj ugla nagiba prstena za istiskivanje na veličinu potrebne sile. Ovo je veoma značajno, jer može da pojednostavi i samu izradu prstena za istiskivanje. S druge strane pak, uticaj stepena deformacije, uz mazivo čiji uticaj ovom prilikom nije istraživan, je najznačajniji. Taj zaključak, a i dobijeni analitički izrazi za silu istiskivanja, u oblasti variranja faktora, omogućuju pravilan i jednostavan izbor prese za istiskivanje iz raspoloživog mašinskog parka.

LITERATURA

|1| MUSAFIJA B.: Obrada metala plastičnom deformacijom, Svijetlost, Sarajevo, 1972.

|2| MUSAFIJA B.: Primenjena teorija plastičnosti, Univerzitet u Sarajevu, Sarajevo, 1973.

|3| LONGE K.: Lehrbuch der Umformtechnik, Band 2, Massivumformung, Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg, New York, 1975.

|4| JAHNKE H., RETZKE R., WEBER W.: Umformen und Schneiden, Veb Verlag Technik, Berlin, 1972.

|5| STOILJKOVIĆ V.: Teorija obrade deformisanjem Univerzitet u Nišu, Niš, 1984.

|6| VINARSKIJ M.S., LURJE M.V.: Planiranje eksperimenta v tehnologičeskih issledovanijah, "Tehnika", Kiev, 1975.

|7| NAUČNO ISTRAŽIVAČKI PROJEKAT: Presovanje teško presujućih legura aluminijuma, Osnovna zajednica nauke Regiona Niš, Institut Mašinskog fakulteta Niš, 1983 - - 1986.

|8| PAVLOVIĆ A.: Osnovi teorije planiranja faktornog eksperimenta, Mašinski fakultet Niš, Niš, 1980.

|9| STOILJKOVIĆ V.: Laboratorijski praktikum sa teorijskim osnovama iz obrade deformisanjem, Univerzitet u Nišu, Mašinski fakultet Niš, Niš, 1980.

V.Stoiljković. B.Rančić, M.Milenković

THE DETERMINATION OF THE EXTRUSION FORCE IN FORWAD EXTRUSION OF PIPES

Abstract

An experimental-analytic outline is presented in the paper of the determination of the deformation force in forward extrusion, based on the application of the method of full factorial experiment.The deformation degree and the sloping angle of the extrusion ring were chosen as the influential factors.The analytical expressions obtained indicate a negligible influence of the latter factor.The effects of the deformation degree, together with the lubricant are most prominent, but the effects of the latter were not investigated this time.The analytical expressions obtained provide for simple selection of the extrusion press from the available set of units.

XIX SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE
Kragujevac, septembar 1985.

O METODI ISTRAŽIVANJA SPECIFIČNOG DEFORMACIONOG OTPORA ČELIKA ZA KOVANJE VALJČIĆA ZA KOTRLJAJUĆE LEŽAJEVE 100 Cr6 (C4146)

V. Mitković, Mašinski fakultet, Sarajevo
I. Pajić, Mašinski fakultet, Sarajevo
K. Elez, Mašinski fakultet, Sarajevo

R e z i m e

U priloženom radu se daje postupak primenjen prilikom ispitivanja specifičnog deformacionog otpora metodom sabijanja sa širom analizom uticajnih faktora vezanih za sam metod ispitivanja. Eksperimentalno je dokazano da neki faktori nemaju uticaja na dobijene rezultate ali se kod uporedbe nekih metoda javljaju razlike koje mogu biti bitne kod primene dobijenih rezultata.

S u m m a r y

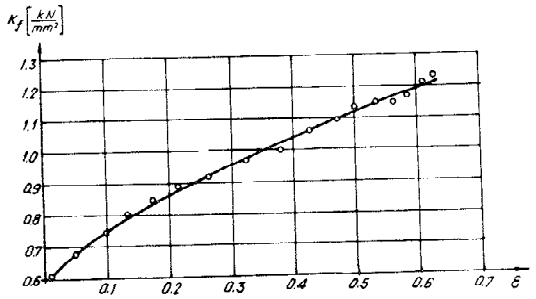
A work enclosed herewith deals with the procedure used for testing the specific deformational resistance by means of the compression method, and gives a broad analysis of influential factors connected with the testing method itself.

Experiments proved that many factors had no influence on the obtained results, but when making a comparison between some methods differences appear, and they may be essential for the application of obtained results.

Proces proizvodnje jedne grupe valjčića za kotrljajuće ležajeve započinje kovanjem u hladnom stanju na automatskim presama. Kao sirovina za obradu služi žica od materijala 100 Cr6 koja je dobijena valjanjem sa naknadnim kalibriranjem i fosfatiranjem površine. Pored osnovnih uslova koji opredeljuju upotrebnu vrednost datog materijala u ležaju, osnovni materijal mora imati odredjene tehnološke osobine koje ga čine pogodnim za preradu hladnim kovanjem. Jedna od osnovnih tehnoloških osobenosti materijala za hladno kovanje na osnovu koje se mogu proceniti plastična svojstva je dijagram specifičnog deformacionog otpora u funkciji deformacije.

Pomenuti dijagram se može dobiti na različite načine pri čemu je u ovom radu usvojen metod sabijanja probnog uzorka.

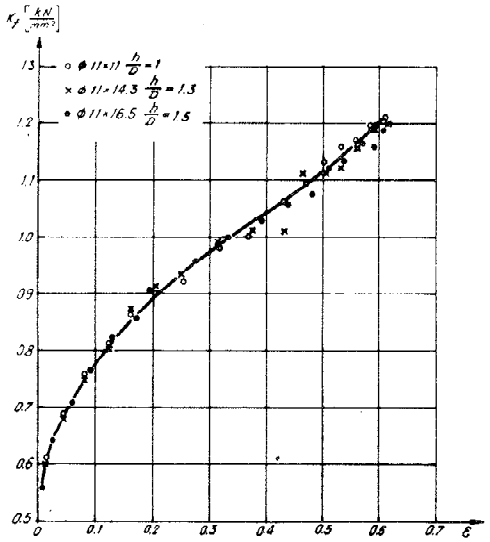
S obzirom na ograničenu silu prese sa kojom smo raspolagali (392, 4KN) maksimalni prečnik uzorka i stepen deformacije su bili ograničeni pa se moralo pristupiti prethodnom ispitivanju odakle je dobijena približna predstava o toku specifičnog deformacionog otpora u funkciji deformacije na osnovu čega je odveden maksimalni prečnik uzorka, stepen deformacije i gustina opitnih tačaka u dijagramu (sl.1).



Sl.1

Sa ovako odredjenim specifičnim deformacionim otporom a na osnovu raspoložive sile prese utvrdjene su maksimalne dimenzije probnog uzorka Ø 11x11 mm koji se može deformisati do deformacije cca 0.6. Za eliminaciju trenja u ovom opitu korišćena je teflonska folija debljine 0.1 mm [3].

Da bi se utvrdilo da li na dobijene rezultate ima uticaj odnos visine prema prečniku uzorka izvršen je opit sa uzorcima istog prečnika ali različite visine čiji su rezultati pokazani na sl. 2. Prema dijagramu na slici 2 vidimo

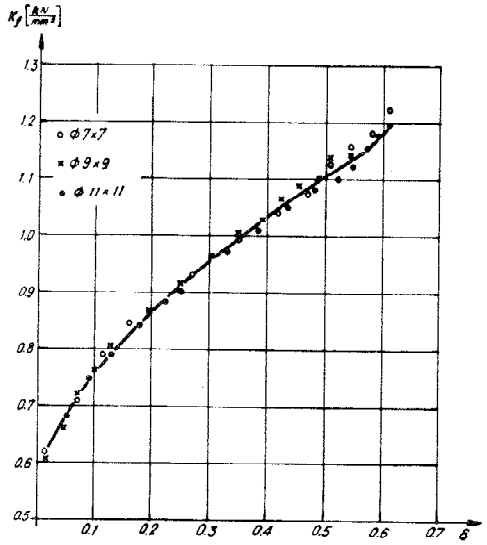


Sl. 2

da za sve odnose visine prema prečniku imamo jedinstvenu krivu od koje vrednosti za različite uzorke odstupaju u okviru normalnih eksperimentalnih grešaka.

I u ovom opitu kao i prethodnom za eliminaciju kontaktnog trenja korišćen je podmetač od teflonske folije.

Treća grupa ispitivanja odnosila se na uticaj apsolutnih dimenzija uzorka na krivu specifičnog deformacionog otpora. Ovaj opit vršen je zbog toga jer su uzorci na kojima je vršeno ispitivanje zbog ograničene sile prese u najvećem broju slučajeva morali biti manji od prečnika žice. Da bi se utvrdilo da li su mehaničke osobine ispitivanog materijala ravnomerne po celom preseku žice iz žice prečnika Ø 16 su izvadjeni uzorci dimenzija Ø 7x7, Ø 9x9 i Ø 11x11 koji su sabijani uz pomoć teflonske folije. Rezultati ovog ispitivanja prikazani su na slici 3 odakle vidimo da sva tri



Sl. 3

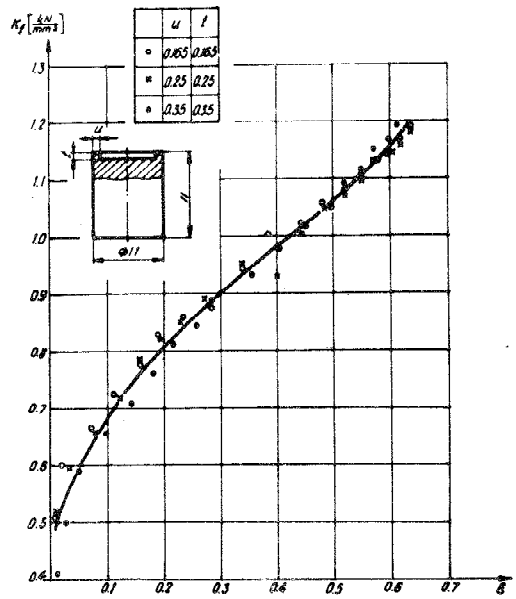
opita daju približno jednake rezultate što govori da postoji, uz mala dostupanja, jedinstvena kriva specifičnog deformacionog otpora tako da ovaj uticaj možemo zanemariti. Kao zaključak se nameće odgovor da pomenuta sirovina ima po preseku jednake mehaničke osobine i da veličina uzorka u odnosu na prečnik žice nema bitnog uticaja.

Pored eliminacije trenja na čelu uzorka pomoću teflonske folije 3 moguće je trenje eliminisati i pomoću čeonog cilindričnog upusta opisanog u [2] i [4]. U [2] su date empiriske vrednosti širine prstenastog dela kao i dubina upusta.

Iz ranijih ispitivanja koja su vršena pomoću čeonog upusta zapaženo je da uzorak ispitivan na ovaj način u toku deformacije gubi cilindričan oblik što ukazuje na pojavu složenog naponskog stanja.

Da bi se utvrdilo da li dimenzije čeonog upusta imaju uticaj na krivu specifičnog deformacionog otpora ispitana su tri uzorka sa različitim dubinama upusta i širinom prstenastog dela. Ove dimenzije kao i dobijena kriva specifičnog deformacionog otpora date su na sl. 4 pri čemu su najmanje dimenzije u opitu izabrane prema preporuci u [2] a ostale su proiz-

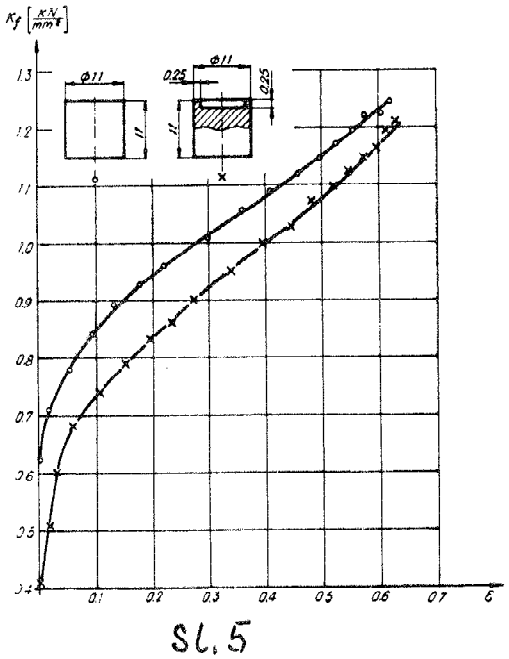
voljno usvojene.



Sl.4

Iz dijagrama na sl. 4 vidimo da nekih zakonomernih odstupanja rauličitih uzoraka nema u datom dijapazonu karakterističnih dimenzija pa se u datim okvirima može bez bojazni od neke greške primeniti svaki uzorak.

Konačno ispitivanje koje je izvršeno je uporedno ispitivanje sabijanjem sa eliminacijom trenja pomoću teflonske folije [3] i pomoću cilindričnog čeonog upusta [2], [4].



Sl.5

Iz uporednog dijagrama na sl. 5 vidljivo je da se dobijeni specifični deformacioni otpori po obe metode evidentno razlikuju s tim što su po prvoj metodi (teflonska folija) rezultati iznad druge metode. To znači da je eliminacija trenja po drugoj metodi bolja i da tako dobijena kriva stvarnih napona je približnija stvarnosti. Medjutim tokom opita je konstatovano da je prvi uzorak čiji smo oblik pratili u toku deformacije u svim stepenima imao gotovo idealni cilindrični oblik dok u drugom uzorku je odstupao od cilindričnog oblika sa povećanjem stepena deformacije.

Drugi fenomen koji se zapaža iz datog dijagrama je da je početak plastičnog tečenja u drugom slučaju pri nižim vrednostima specifičnog deformacionog otpora što se može objasniti početnom deformacijom prstenastog dela koja nastupa pri malim silama što se može videti u [4].

LITERATURA

[1] Lange K. Lerbuch der Unoformatechnik Band I Grundlagen. Springer - Verlag. Berlin - Heidelberg - New York.

[2] Kroha V.A. Krivie upročnenija pri holodnoj deformacii. Izdateljstvo "Mašinostroenije" - Moskva 1968.

[3] Kuzman K. Uporobnost tlačenega preizkusa za ugotovljanje nekatevih preoblikovanih lasnost jekel. Zbornik savještenja sa VII Savjetovanja proizvodnog mašinstva 1971. god. III knjiga materijali u mašinstvu.

[4] Mitković V. Analiza eksperimentalnih metoda dobijanja krivih očvršćavanja. IV Savetovanje proizvodnog mašinstva, Sarajevo 1968. godine.

XIX SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE
Kragujevac, septembar 1985.

JEDNA OD MOGUĆNOSTI MOIRE METODA ZA ODREDJIVANJE ZASTOJINIH ZONA U PROCESU SABIJANJA

V. Mitković, Mašinski fakultet, Sarajevo

R e z i m e

U ovom radu dat postupak za odredjivanje zastojnih zona na kontaktnim površinama i dubini uzorka podvrgnutog sabijanju.

Š u m m a r y

In the given work a stagnation zone in the process of compression by using Moire method, has been demonstrated and analysed.

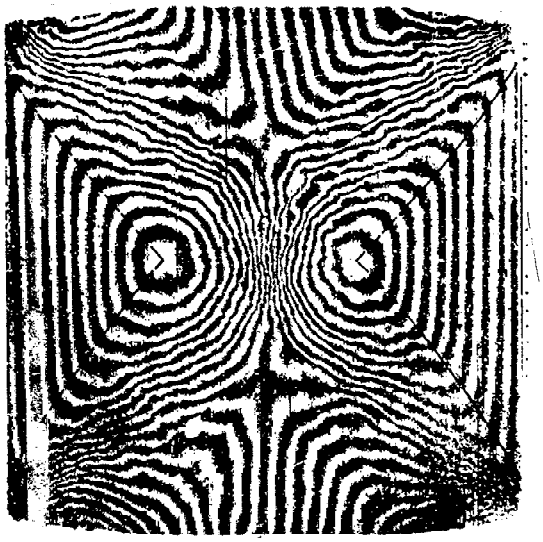
U realnim uslovima procesa obrade deformacijom na kontaktnim površinama sa alatom javlja se u zavisnosti od niza faktora, manje ili veće trenje koje uzrokuje pojavu neravnomernih deformacija unutar deformobilnog tela. Ista situacija nastaje u procesu sabijanja gdje na pojavu neravnomernih deformacija utiču kako uslovi trenja na kontaktnim površinama tako i geometrijski odnosi dimenzija. Naime, pri istim uslovima na kontaktnoj površini a različitim odnosima visine prema prečniku (širini) uzorka, raspored deformacija unutar tela je različit isto kao pri istim geometrijskim parametrima a različitim uslovima na kontaktnim površinama.

Eksperimentalno je dokazano [1] da na kontaktnoj površini izmedju alata i uzorka u procesu sabijanja mogu nastati dve zone i to zona klizanja i zona zastoja pri čemu se površinske čestice uzorka lepe na kontaktnu površinu te se u dubini metala koji se deformiše stvara kruta zona bez deformacija. Kruta zona može se uočiti i na bokovima uzorka.

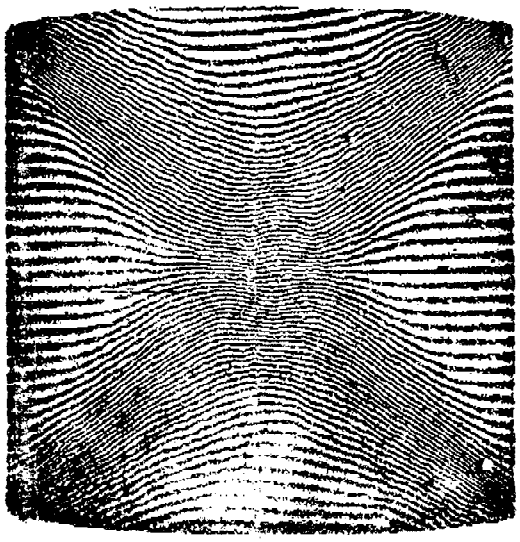
Obim krutih zona i njihova pojava zavise kako od geometrijskih parametara, tako i od trenja na kontaktnim površinama.

Što se tiče napona na kontaktnim površinama teoretski i eksperimentalno je utvrdjeno da isti raste od krajeva uzorka prema sredini i to u zoni klizanja po nekom eksponencijalnom zakonu a u zoni lepljenja linearno. Obim krutih zona i njihova širina na kontaktnim površinama može se utvrditi na različite načine sa manjom ili većom tačnošću. To su različite metode kao na primer mjerenje tvrdoće u preseku tela, i pomoću koordinatne mrežice nanesene u nekom preseku. Širina ovih zona na kontaktnoj površini može se utvrditi markiranjem pomoću dijamantne piramide kao što je to uradjeno u radu [2].

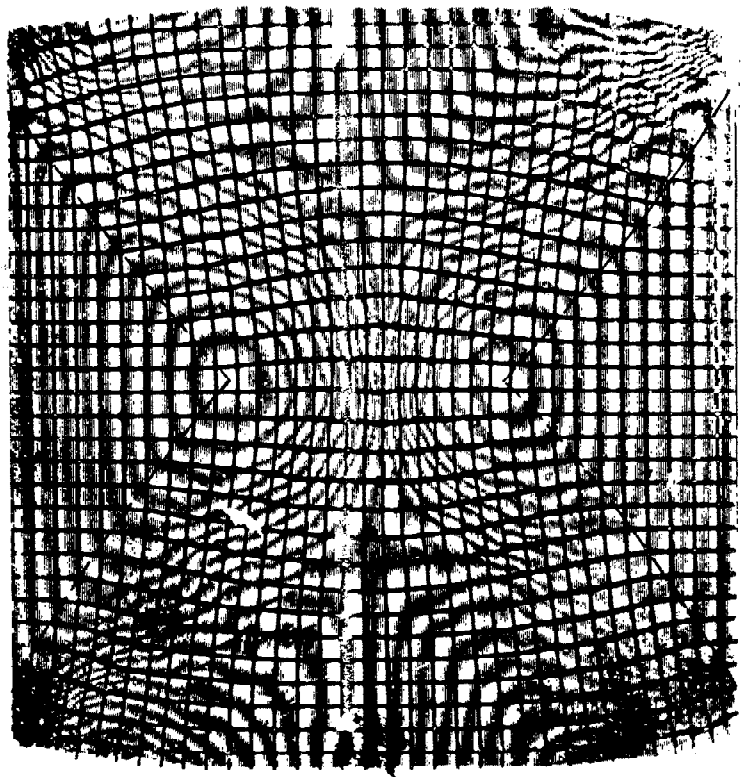
Prve dve metode su dosta neprecizne dok treća metoda daje rezultate samo na kontaktnoj površini a sem toga smo suočeni sa velikim eksperimentalnim teškoćama jer je potrebno da se reperne tačke odrede sa velikom preciznošću.



Sl. 1.



Sl. 2.



Sl. 3.

Jedna od preciznijih metoda, koja je korištena i u ovom radu, za odredjivanje polja deformacije a stim u vezi i širine i obima krutih zona, je metoda Moire. Ova metoda je pokazana u radu [3] za odredjivanje deformacija dok je ovde iskorištena da bi se utvrdio obim i širina krutih zona.

Metoda je korištena u uslovima ravninsko deformacionog stanja analogno kao i u [3]. Naime, u jednom preseku deformabilnog tela umetnute su pločice sa vertikalnim i horizontalnim rasterom koraka o,1 mm kao i pločica sa koordinatnom mrežicom koraka 1 mm. Posle izvršene deformacije od cca lo% uzorak je izvadjen iz alata za deformaciju i rasteri su snimljeni sa objektivom velike mogućnosti razlaganja na jako kontrastnom filmu. Na pločici je dobijen deformisani raster posle čega je prislanjanjem nedeformisanog rastera na deformisani dobijeno polje Moire linija. U slučaju iste razmere deformisanog rastera sa etalonom kruta zona bi se na snimku pojavila kao zatamnjenje čije je granice malo teže odrediti. Medjutim, deformisani raster u našem slučaju snimljen u nešto drugačijoj razmeri što je otežalo odredjivanje deformacija, ali je olakšalo fiksiranje krutih zona što nam je i bio cilj.
Naime, kod snimanja u drugoj razmeri korak rastera na uzorku je bio nešto različit od koraka rastera etalona pa su Moire linije koje se pojavljuju u zonama bez deformacije medjusobno paralelne i na istom rastojanju. Na taj način krute zone (zone bez deformacije) mogu se uočiti bez problema kao sistem paralelnih linija sa jednakim rastojanjem.

Na slici 1 prikazan je horizontalni sistem Moire linija koji je dobijen iz horizontalnog rastera (sistem linija rastera paralelan sa kontaktnom površinom) na kome su nacrtane granice krute zone kao granice paralelnih ekvidistantnih Moire linija. Kruta zona na kontaktnoj površini uočava se kao klin koji se utiskuje u plastični metal ispod sebe.

Analogna je situacija sa poljem vertikalnog rastera sl. 2 (linije rastera su upravne na kontaktnu površinu) gdje se u krutim zonama pojavljuju vertikalne Moire linije paralelne medjusobno i na jednakom rastojanju što takodje ukazuje na nedeformisanu zonu i potvrdjuje nalaze date u sl. 1.

Na vertikalnom rasteru sistem Moire linija seče kontaktnu površinu pa se iz njihovog rastojanja vidi i najmanja deformacija ako se njihovo rastojanje mijenja.

Iz pokazanih slika Moire linija vidi se da na bokovima za ove uslove ispitivanja nemamo krute zone jer sistem linija nije paralelan.

Pored pločica sa Moire rasterom, kao što je već rečeno, deformisana je i pločica sa kvadratnom koordinatnom mrežicom radi uporedjivanja zona zastoja ucrtanom u rasteru sa horizontalnim linijama rastera. Na slici 1 je ucrtana zastojna zona koja seče krajeve horizontalnih Moire linija.

Da bi uporedili ovako dobijenu zastojnu zonu sa koordinatnom mrežicom na sl. 3 dvostrukom ekspozicijom nanesena je na horizontalni raster deformisana pravougaona koordinatna mrežica.

Iz sl. 3 se vidi da na granicama zastojne zone imamo deformacije koordinatne mrežice što znači da čista zastojna zona dobijena iz horizontalnog rastera nije dobro ucrtana i da se bez obzira na preciznost Moire metoda moralo voditi računa konsekventno o tome da granice ucrtamo na pravim delovima Moire linija gde deformacije u krutoj zoni sigurno ne egzistiraju.

LITERATURA

[1] Vater M.: über die Spannungs und Formänderungsverteilung beim Stauchen. Fartschr - Ber. VDI - Z, Reiche 2, Nr. 5 1965. VDI - VERLAG, Diesseldorf

[2] Vater M.: Vorgänge in den Crenzschichten beim Stauchen metallischer Körper. Then. Mitt, 55; 12, 567-576, 1962

[3] Mitković V.: Odredjivanje deformacija u nestacionarnim procesima zapreminskog oblikovanja. Zbornik radova XIII savjetovanja proizvodnog mašinstva Jugoslavije, B. Luka 1979

XIX SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE

Kragujevac, septembar 1985.

ODREDJIVANJE GEOMETRIJE PRSTENA PRI SLOBODNOM SABIJANJU

V. Marinković, Mašinski fakultet, Niš

R E Z I M E

U radu je teorijski i eksperimentalno istraživan proces slobodnog sabijanja prstena izmedju ravnih paralelnih ploča. Karakteristika ovog postupka plastičnog deformisanja jeste dvostrano radijalno tečenje materijala, od ose i ka osi obratka. To ukazuje na egzistenciju "neutralne površine", koja obradak deli na dve zone-spoljašnju i unutrašnju, u kojima se tečenje materijala odvija u suprotnim smerovima.

Proračun geometrije prstena nakon sabijanja nije moguć bez prethodnog odredjivanja radijusa neutralne površine. U radu je dat metod odredjivanja ovog radijusa i ostalih dimenzija sabijenog prstena, što je i eksperimentalno verifikovano.

1. U V O D

Slobodno sabijanje prstenastih pripremaka izmedju ravnih paralelnih ploča sreće se često kao prethodna operacija (faza) u obradi materijala deformisanjem, u hladnom i toplom stanju.

Slobodno sabijanje prstena spada u tipične nemonotone i nestacionarne procese obrade deformisanjem. U praksi je davno uočena pojava, naročito pri sabijanju u toplom stanju, da materijal teče radijalno, u dva suprotna smera, pri čemu se spoljašnji prečnik povećava a unutrašnji smanjuje. Materijal pripremka ima, dakle, "dva stepena slobode tečenja", čiji intenzitet u jednom ili drugom smeru zavisi od uslova obrade, shodno zakonu najmanjeg otpora.

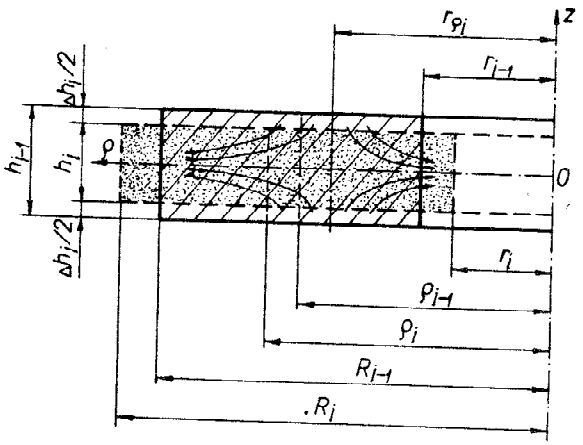
Iz navedenog proizilazi da se geometrija prstena nakon sabijanja ne može odrediti na uobičajeni način, neposrednim korišćenjem postulata o postojanosti zapremine tela koje se plastično deformiše. U tom cilju je potrebno analizirati kinematiku tečenja materijala kao i naponsko-deformacione odnose, kako bi se postavio dopunski uslov neophodan za odredjivanje geometrije obratka (gotovog komada).

Kao što će se pokazati geometrija sabijenog prstena zavisi od geometrije pripremka, stepena deformacije i uslova na kontaktnim površinama. Eksperimentalno je utvrdjeno da pri dobrom podmazivanju (kada je koeficijent trenja mali) materijal teče samo u jednom smeru, radijalno, od ose obratka ka periferiji. I obrnuto, što je koeficijent trenja veći to je intenzivnije tečenje materijala i u drugom smeru, radijalno, prema osi obratka.

2. KINEMATIKA TEČENJA MATERIJALA

Pri slobodnom sabijanju prstena, u najvećem broju slučajeva, materijal teče radijalno u dva suprotna smera, te shodno tome mora postojati površina razdvajanja("neutralna površi - na").

Ako se proces slobodnog sabijanja prstena razdeli na veći broj elementarnih stupnjeva onda se deformisanje u svakom stupnju može tretirati kao homogeno i monotono.Tada se površina razdvajanja tečenja materijala može smatrati cilindričnom,radijusa $r_{\varrho i}$=const(sl.1).



Sl.1.

Nakon svakog elementarnog stupnja menja se radijus $r_{\varrho i}$,ali pri dovoljno velikom broju stupnjeva tj.pri dovoljno malim vrednostima apsolutnog sabijanja Δh_i navedena hipoteza o cilindričnoj površini razdvajanja tečenja, konstantnog radijusa,bliska je realnom stanju.

Teorijski posmatrano,u graničnom slučaju za r_i=0 mora biti $r_{\varrho i}$=0,jer se sabijanje prstena transformiše u sabijanje valjka,pa materijal može da teče radijalno samo od ose valjka ka periferiji.

Ako se posmatra elementarna zapremina obratka izmedju cilindričnih površina $r_{\varrho i}$ i $\varrho_{i-1} > r_{\varrho i}$, visine h_{i-1},onda će se nakon sabijanja u i-tom stupnju dobiti elementarni prsten spoljašnjeg radijusa ϱ_i i unutrašnjeg $r_{\varrho i}$,visine h_i(sl.1),pa se iz uslova postojanosti zapremine dobija:

$$\pi(\varrho_{i-1}^2 - r_{\varrho i}^2).h_{i-1} = \pi(\varrho_i^2 - r_{\varrho i}^2).(h_{i-1} - \Delta h_i), \quad (1)$$

i odatle,

$$r_{\varrho i} = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_{zi}}} \cdot \sqrt{\varrho_{i-1}^2 + \varrho_i^2 \cdot (\varepsilon_{zi} - 1)} \quad (2)$$

gde je:

$\varepsilon_{zi} = \Delta h_i / h_{i-1}$ - relativni stepen deformacije i-tog stupnja sabijanja.

Dakle,pri sabijanju prstena razlikuju se dve zone:spoljašnja($\varrho_i < r_{\varrho i}$)i unutrašnja($\varrho_i > r_{\varrho i}$) Relacije(1) i (2) se mogu postaviti posmatrajući, na analogan način,unutrašnju zonu prstena.

Ako bi se relacija(2)primenila na radijuse R_i i r_i onda je jasna prethodna konstatacija da se geometrija prstena nakon elementarnog stupnja sabijanja ne može odrediti samo iz uslova postojanosti zapremine.

Za elementarni stupanj sabijanja logaritamske definicije su definisane izrazima:

$$\varphi_{zi} = \ln \frac{h_i}{h_{i-1}} = \ln\left(1 - \frac{\Delta h_i}{h_{i-1}}\right) = \ln(1 - \varepsilon_{zi}) \quad (3a)$$

$$\varphi_{\theta i} = \ln \frac{\varrho_1}{\varrho_{i-1}} = 0{,}5 . \ln \frac{1 - \varepsilon_{zi} . \bar{r}_{\varrho i}^2}{1 - \varepsilon_{zi}} \quad (3b)$$

$$\varphi_{ri} = -(\varphi_{zi} + \varphi_{\theta i}) = 0{,}5 . \ln \left(1 - \varepsilon_{zi} . \bar{r}_{\varrho i}^{-2}\right) . (1 - \varepsilon_{zi}) \quad (3c)$$

gde je:

$\bar{r}_{\varrho i} = r_{\varrho i} / \varrho_{i-1}$ - redukovani radijus "neutralne površine".

U izrazu (3b) je odnos $\varrho_i / \varrho_{i-1}$ odredjen iz obrasca (2).

Za unutrašnju zonu je $\bar{r}_{\varrho i} < 1$ pa je logaritamska definicija u cirkularnom pravcu $\varphi_{\theta i}$ negativna, i obrnuto, za spoljašnju zonu je $\bar{r}_{\varrho i} > 1$ i $\varphi_{\theta i}$ je pozitivna.

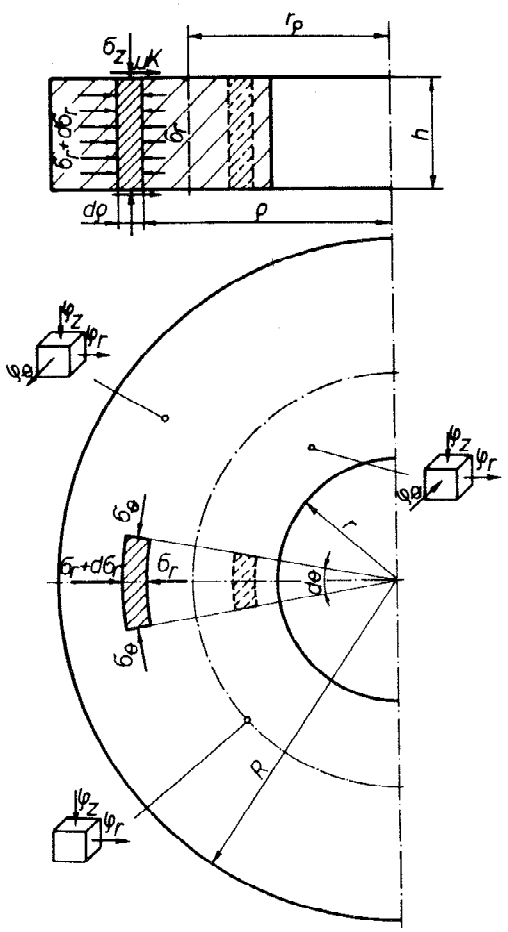
3. NAPONSKO STANJE

Za odredjivanje napona u spoljašnjoj i unutrašnjoj zoni sabijenog prstena najjednostavniji pristup jeste rešavanje diferencijalne jednačine ravnoteže elementarne zapremine tela, sa pretpostavkama i aproksimacijama uobičajenim za tzv. "inženjerski metod" teorije plastičnosti.

Na osnovu sl.2. može se postaviti diferencijalna jednačina ravnoteže:

$$(\sigma_r+d\sigma_r).(\rho+d\rho).d\theta.h-\sigma_r.\rho.d\theta.h-$$

$$-2\sigma_\theta.d\rho.h.\sin d\theta/2+2\mu K.\rho.d\rho.d\theta=0^{*)} \qquad (4)$$



Sl.2.

Zanemarajući proizvode diferencijala,kao beskonačno male veličine, i uzimajući da je za male uglove $\sin d\theta/2 \approx d\theta/2$,dobija se:

$$d\sigma_r=(\sigma_\theta-\sigma_r).\frac{d\rho}{\rho}-2\mu K.\frac{d\rho}{h} \qquad (5)$$

Razlika napona$(\sigma_\theta-\sigma_r)$može se odrediti na osnovu poznate jednačine plastičnog tečenja/1/:

$$\frac{\varphi_r-\varphi_\theta}{\sigma_r-\sigma_\theta}=\frac{\varphi_\theta-\varphi_z}{\sigma_\theta-\sigma_z}=\frac{\varphi_z-\varphi_r}{\sigma_z-\sigma_r}, \qquad (6)$$

i izraza za efektivni napon(napon tečenja) :

$$\sigma_e=K=\frac{1}{\sqrt{2}}.\sqrt{(\sigma_r-\sigma_\theta)^2+(\sigma_\theta-\sigma_z)^2+(\sigma_z-\sigma_r)^2} \qquad (7)$$

Nakon izvesnih transformacija dobija se:

$$\sigma_\theta-\sigma_r=\frac{K}{\sqrt{3}}.\frac{u-1}{\sqrt{1+u+u^2}}, \qquad (8)$$

gde je uveden odnos: $u=\varphi_\theta/\varphi_r$.

U graničnom sloju ($\varepsilon_z\to 0$) iz obrasca (3) se dobija:

$$u=\frac{1-\bar{r}_\rho^2}{1+\bar{r}_\rho^2} \qquad (9)$$

Izraz (8) se sada transformiše u oblik:

$$\sigma_\theta-\sigma_r=\frac{2K}{\sqrt{3}}.\frac{\bar{r}_\rho^2}{\sqrt{3+\bar{r}^4}} \qquad (10)$$

Unošenjem izraza (10) u diferencijalnu jednačinu (5) i integraljenjem dobija se /2/:

$$\sigma_r=\frac{K_{sr}}{\sqrt{3}}.\ln\left[\frac{R^2.(r_\rho^2+\sqrt{3\rho^4+r_\rho^4})}{\rho^2.(r_\rho^2+\sqrt{3R^4+r_\rho^4})}\right]-2\mu K_{sr}.\frac{R-\rho}{h} \qquad (11)$$

Analognim postupkom dibija se radijalni napon za unutrašnju zonu prstena:

$$\sigma_r=\frac{K_{sr}}{\sqrt{3}}.\ln\left[\frac{\rho^2.(r_\rho^2+\sqrt{3r^4-r_\rho^4})}{r^2.(r_\rho^2+\sqrt{3\rho^4+r_\rho^4})}\right]+2\mu K_{sr}.\frac{\rho-r}{h} \qquad (12)$$

Kako zbog neprekidnosti kontinuma mora na površini razdvajanja tečenja($\rho=r_\rho$)radijalni napon spoljašnje zone biti jednak radijalnom naponu unutrašnje zone,to se izjednačavanjem izraza (11) i (12) dobija /2/:

$$\bar{r}_n=\frac{\bar{R}+1}{2}-\frac{1}{4\cdot\sqrt{3}.\mu.\bar{r}}.\ln\left[\frac{\bar{R}^2.(\bar{r}_n^2+\sqrt{3+\bar{r}_n^4})}{\bar{r}_n^2+\sqrt{3\bar{R}^4+\bar{r}_n^4}}\right] \qquad (13a)$$

Za geometrijske odnose koji se javljaju u realnim uslovima obrazac(13a) se može svesti na jednostavniji,eksplicitni oblik:

$$\bar{r}_n\approx\frac{\bar{R}+1}{2}-\frac{\ln\bar{R}}{4\cdot\sqrt{3}.\mu.(\bar{r}+1/\bar{R})} \qquad (13b)$$

gde su:

$\bar{r}_n=r_\rho/r$- redukovani radijus "neutralne površine",

$\bar{R}=R/r$ - redukovani spoljašnji radijus prstena,

*)U daljem tekstu se,radi jednostavnosti,indeks "i" za označavanje stupnja sabijanja izostavlja.

$\bar{r}=r/h$ - redukovani unutrašnji radijus prstena.

4. ODREDJIVANJE GEOMETRIJE SABIJENOG PRSTENA

Postavljanjem izraza (13) za proračun radijusa površine razdvajanja tečenja materijala dobijen je dodatni uslov za odredjivanje dimenzija sabijenog prstena,što se postiže sukcesivnim proračunavanjem dimenzija prstena po etapama sabijanja. Tada važe sledeći obrasci:

$$\bar{r}_{ni}=\frac{\bar{R}_{i-1}+1}{2}-\frac{\ln\bar{R}_{i-1}}{4\cdot\sqrt{3}.\mu(\bar{r}_{i-1}+1/\bar{R}_{i-1})} \qquad (13c)$$

$$\frac{r_i}{r_{i-1}}=\sqrt{\frac{1-\varepsilon_i.\bar{r}^2_{ni}}{1-\varepsilon_i}} \qquad (14)$$

$$\bar{r}_i=(r_i/r_{i-1}).\bar{r}_{i-1}/(1-\varepsilon_i) \qquad (15)$$

$$\bar{R}_i=\sqrt{\frac{\bar{R}^2_{i-1}-\varepsilon_i.\bar{r}^2_{ni}}{1-\varepsilon_i.\bar{r}^2_{ni}}} \qquad (16)$$

$$r_i=\bar{r}_i.h_i \qquad (17)$$

$$R_i=\bar{R}_i.r_i \qquad (18)$$

$$h_i=h_{i-1}.(1-\varepsilon_i) \qquad (19)$$

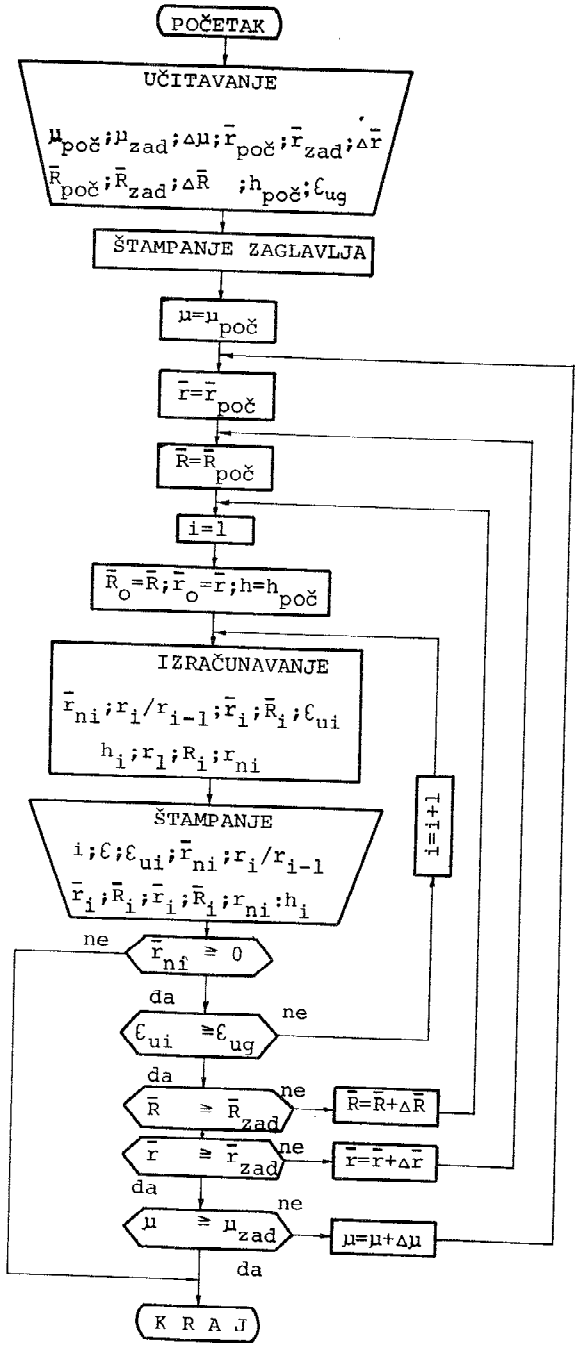
Ukupan stepen deformacije u i-tom stupnju sabijanja iznosi /3/:

$$\varepsilon_{ui}=1-(1-\varepsilon_1).(1-\varepsilon_2)\ldots(1-\varepsilon_i) \qquad (20)$$

Za jednostavniji slučaj proračuna,kada je $\varepsilon_i=\varepsilon=\text{const}$, važi izraz:

$$\varepsilon_{ui}=1-(1-\varepsilon)^i \qquad (21)$$

Da bi proračun bio što tačniji neophodno je da stepen deformacije elementarnog stupnja bude što manji.Za veliki broj stupnjeva ovakav proračun je mukotrpan i dugotrajan. Zbog toga je razvijen program("GESAP") za računar, čija je blok-šema algoritma prikazana na slici 3.



Sl.3.

Za izvodjenje kompletnog proračuna potrebno je navesti sledeće podatke:$\bar{r}_o,\bar{R}_o,h_o,\mu,\varepsilon$ .Navedeni program važi za $\varepsilon_i=\varepsilon=\text{const}$,pri čemu se preporučuje stepen deformacije po stupnju $\varepsilon=0,05$.Za proračun radijusa neutralne površine korišćen je obrazac (13c),pri čemu mora uvek

biti $\bar{r}_{ni} > 0$. Proverom je utvrdjeno da je ovaj uslov ispunjen za uobičajene geometrijske odnose i uslove na kontaktnim površinama ($\mu > 0,05$), koji se, inače, mogu očekivati u industrijskim pogonima za obradu metala deformisanjem.

5. EKSPERIMENTALNI REZULTATI

Radi provere teorijskih postavki i obrazaca za proračun geometrije prstena izvršene su dve serije sabijanja prstenastih pripremaka od meko žarenih čelika: Č 1120 (Sl.4a) i "Muk 7" (sl.4b).

Sabijanje je vršeno u hladnom stanju, između ravnih brušenih ploča, bez podmazivanja. Za te uslove procenjuje se da koeficijent trenja iznosi: $\mu \approx 0,20$ /4/.

Sa sl.4. se uočava veoma dobra usaglašenost teorijskih i eksperimentalnih rezultata (rezultati merenja su naznačeni isprekidanim linijama). Prosečna relativna greška je manja od $\pm$ 10%.

Odstupanja teorijskih rezultata od eksperimentalnih su u ovom slučaju posledica:

- uvedenih aproksimacija i uprošćenja pri teorijskom tretiranju procesa sabijanja prstena,
- grešaka geometrije pripremaka, nastalih u toku njihove izrade,
- greške pri odredjivanju vrednosti koeficijenta trenja,
- grešaka pri utvrdjivanju dimenzija sabijenog prstena merenjem, itd.

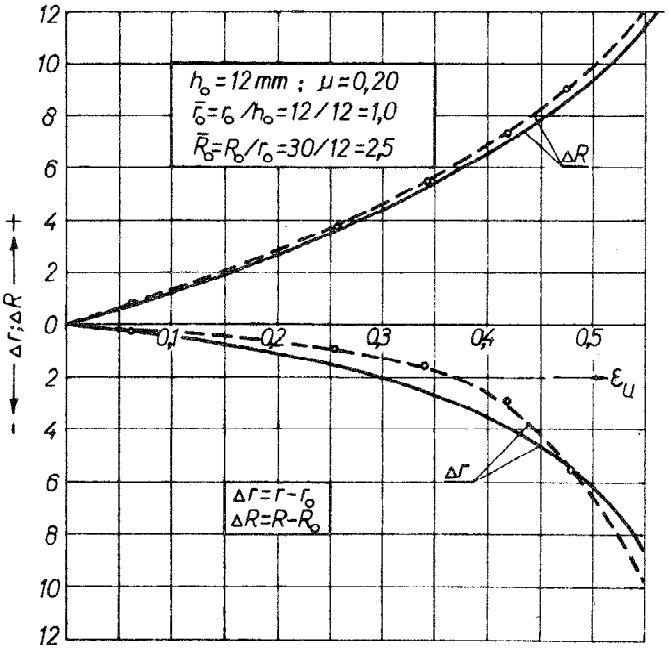
U vezi sa zadnjom napomenom treba reći da izvodnice omotača prstena nakon sabijanja dobijaju krivolinijski, paraboličan, oblik (sl. 5). Tada se srednje vrednosti spoljašnjeg i unutrašnjeg prečnika prstena mogu odrediti pomoću obrazaca /5/:

$$2r = \frac{2.(2r') + 2r''}{3} \qquad (22)$$

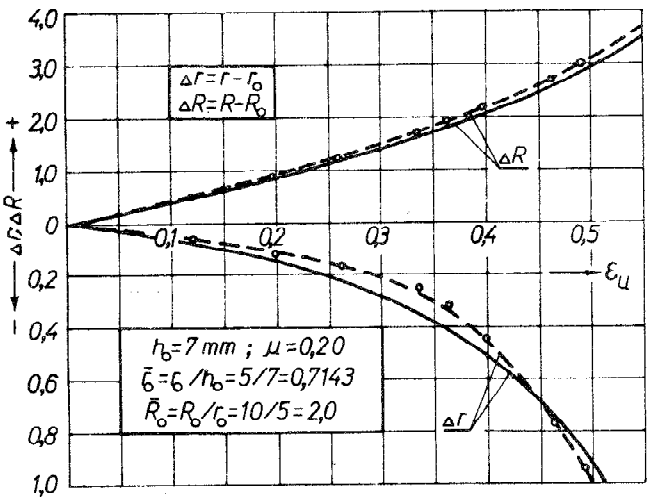
$$2R = \frac{2.(2R') + 2R''}{3} \qquad (23)$$

6. ZAKLJUČAK

Pri slobodnom sabijanju prstena u većini slučajeva, prisutno je dvostrano radijalno tečenje materijala, usled čega se geometrija gotovog komada ne može definisati samo na osnovu zakona o postojanosti zapremine.



a)

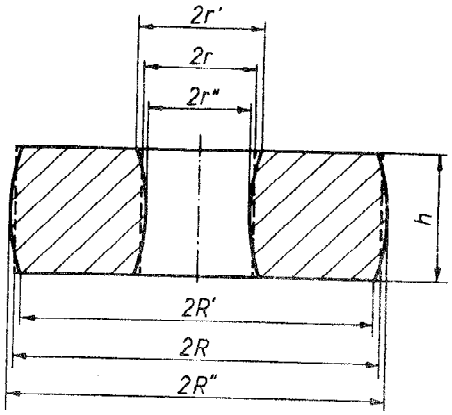


b)

Sl.4

Na osnovu teorijskog rasmatranja procesa dat je izraz za proračun radijusa neutralne površine-površine razdvajanja tečenja materijala ($r < r_n < R$), što predstavlja potreban i dovoljan uslov za potpuno definisanje geometrije sabijenog prstena.

Sprovedena eksperimentalna istraživanja potvrdila su valjanost teorijske analize, pa se



Sl.5

prikazani metod proračuna može smatrati dovo l-no pouzdanim i tačnim za neposrednu praktičn primenu.

Radi povećanja tačnosti proračuna i skr aćenja vremena računanja razvijen je program za računar,čija je blok-šema algoritma data u radu.

Treba još naglasiti da se pri slobodnom sabijanju prstena sa velikim stepenima deformacije,naročito pri manjim koeficijentima trenja,dolazi do izobličavanja poprečnog preseka, tako da konturne linije dobijaju oblik nepra - ilne elipse.

Da bi se geometrija sabijenog prstena jednostavnije definisala,a i izbegla napred navedena pojava,može se izborom dimenzija pripremka i konstrukcijom alata fiksirati prečnik spoljaš - nje ili unutrašnje konture prstena,čime se materijal primorava da u toku sabijanja teče radijalno ka osi ili radijalno od ose komada/6/.To medjutim,zahteva složeniju pripremu,komplikovaniji alat,veći utrošak energije i sl.,o čemu se mora voditi računa.

7. LITERATURA

/1/ DEVEDŽIĆ B.,Osnovi teorije plastičnog def - ormisanja metala,Mašinski fakultet,Kragujevac,1975.

/2/ ŠOFMAN L.A.,Teorija i rasčeti processov štampovki i pressovanija,Mašgiz,Moskva,1968.

/3/ MARINKOVIĆ V.,Neka istraživanja na polju obrade domaćih materijala istosmernim istis - kivanjem u hladnom stanju,Magistarski rad, Mašinski fakultet,Niš,1978.

/4/ MARINKOVIĆ V.,Istraživanje tečenja materijala u procesima zapreminskog(masivnog)deformisanja u hladnom stanju,Doktorska disertacija,Mašinski fakultet,Niš,1982.

/5/ BURGDORF M.,Über die Ermittlung des Reibwertes für Verfahren die Massivumformung durch den Ringstauchversuch,Industrie-Anzeiger,89. Jg., Nr 39,1967.

/6/ SMIRNOV-ALJAJEV G.A.,Soprotivlenie materialov plastičeskomu deformirovaniju,Mašgiz, Moskva-Leningrad,1982.

V.Marinković

DETERMINATION OF THE RING GEOMETRY IN FREE COMPRESSION

Abstract

The paper reports on theoretical and experimental investigation of the process of free compression of a ring between flat parallel plates. The characteristics of this plastic deformation process is two-way radial flow of the material away and toward the workpiece axis.This indicates that there exists a "neutral surface" which splits the workpiece into two zones (internal and external), in which material flows in opposite directions.

Calculation of the ring geometry after forming is not possible without prior determination of the neutral surface radius.A method for the determination of this radius and other dimensions of the compressed ring is presented in the paper. The method was experimenatlly verified.

XIX SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE
Kragujevac, septembar 1985.

PRIKAZ METODE EKSPERIMENTALNOG ODREDJIVANJA KONTAKTNIH NAPONA KOD SLOBODNOG SABIJANJA POLUCILINDRIČNIM ALATOM

D.Vilotić, Fakultet thničkih nauka, Naučno-obrazovni institut za proizvodno mašinstvo, Novi Sad

R E Z I M E

U radu je dat prikaz metode eksperimentalnog odredjivanja kontaktnih napona (normalnog i tangencijalnog) kod slobodnog sabijanja pločastih obradaka pomoću cilindričnih alata. Merenje kontaktnih napona vršeno je pomoću mernih čivija sa elektronskim tenzometarskim pretvaračima. Osim toga, u radu su dati i rezultati za kontaktne napone koji su odredjeni teorijskim putem primenom metode rešavanja približnih diferencijalnih jednačina ravnoteže. Provera dobijenih rezultata izvršena je merenjem deformacione sile. Eksperimentalna istraživanja vršena su na materijalu Č.1431.

1. UVOD

Odredjivanje kontaktnih napona u procesima obrade deformisanjem ima višestruki značaj jer se na taj način dolazi do podataka koji mogu poslužiti za odredjivanje osnovnih parametara procesa (deformaciona sila i deformacioni rad), zatim za definisanje naponskog stanja po zapremini obratka (granični uslov), za dimenzionisanje elemenata alata itd.

Merenje kontaktnih napona u procesima obrade deformisanjem vrši se primenom specijalnih mernih elemenata koji se ugradjuju u alat ili izučavanjem sekundarnih efekata kao što su naprimer deformacije na spoljnim površinama alata, isticanje metala u specijalno izbušene otvore u alatu i dr. Kao merni element koji se ugradjuje u alat za merenje kontaktnih napona često se koristi čivija malog prečnika koja je u sprezi sa elektronskim davačem.

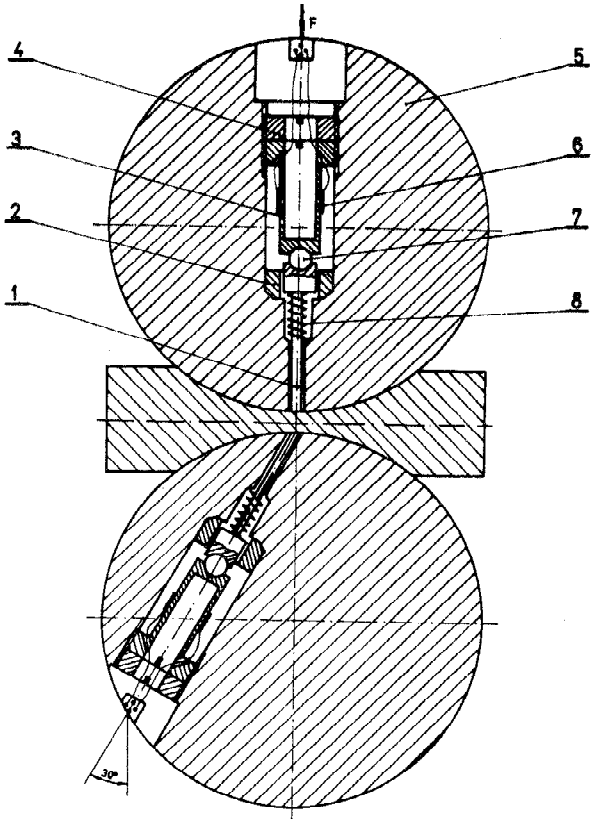
U ovom radu dat je prikaz načina i rezultata merenja kontaktnih napona kod slobodnog sabijanja pločastog obratka polucilindričnim alatom primenom mernih čivija sa elektronskim pretvaračem. Isti su uporedjeni sa rezultatima dobijenim primenom metode preseka za odredjivanje komponenata napona. Provera dobijenih rezultata izvršena je pomoću deformacione sile koja je ustanovljena merenjem. Eksperimentalna istraživanja izvršena su na uzorcima od čelika Č.1431.

2. PRIKAZ UREDJAJA ZA MERENJE KONTAKTNIH NAPONA PRI SLOBODNOM SABIJANJU POLUCILINDRIČNIM ALATOM

U literaturi postoji čitav niz rešenja uredjaja za merenje kontaktnih napona koji su zasnovani na čiviji kao elementu preko kojeg se kontaktno opterećenje prenosi na tenzortorski pretvarač. U radu [1] dat je prikaz rešenja uredjaja za merenje kontaktnih napona čiji su autori poznati istračivači: E.P.Unksov, E.G.Tomsen, W.A.Backofen, I.J.Tarnovskij i dr. U radovima [2 i 3] dati su uredjaji za merenje kontaktnih napona domaćih autora. Prvi, autora M.Plančaka, odnosi se na merenje radijalnih napona u procesima hladnog istiskivanja čelika, dok je u drugom, autora M.Jurkovića i S.Živanovića, dat prikaz mernog sistema za merenje kontaktnih napona u procesu hladnog izvlačenja.

Na sl.1 dat je prikaz cilindričnih alata za sabijanje pločastih obradaka koji u sebi imaju ugradjene merne elemente za odredjivanje kontaktnog normalnog i tangencijalnog napona.

U gornji valjak radijalno je ugradjen merni element koji služi za merenje normalnog napona σ_n, dok je u donji valjak ugradjen merni element pod uglom od 30° u odnosu na radijalni pravac i omogućuje odredjivanje i tangencijalnog



Sl.1. Merni elementi ugradjeni u valjke

1-čivija ø2, Č.7680, 60HRC, zazor 0,02 mm
2-prsten sa unutrašnjom četvrtkom od 8 mm, Č.1530
3-merni cilindar ø10/7 mm, Č.1530 normalizovan
4-kontranavrtka M20x1 mm, Č.1530
5-cilindrični alat ø100 mm, Č.4150, 60 HRC
6-merna traka "Hottinger" 1,5/120 LY21, 4 kom
7-kuglica, ø4,7 mm
8-opruga C=100 N/mm

kontaktnog napona τ_k.

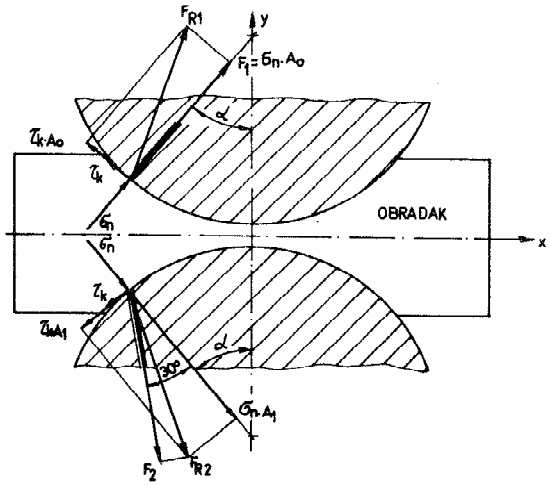
Kontaktno opterećenje se preko merne čivije 1 (sl.1) prenosi posredstvom kuglice 7 na čauru 3 na kojoj su zalepljene četiri merne trake (6). Čaura se za vreme procesa deformisanja obratka elastično defirmiše što izaziva promenu otpora mernih traka i stvaranje električnog impulsa koji se pojačava a zatim registruje pomoću pisača kao analogna veličina sa ukupnim opterećenjem na čiviji.

Merna čivija je prečnika 2 mm a izradjena je od materijala Č.7680 i termički obradjena na tvrdoću 60 HRC a zatim brušena tako da je zazor sa otvorom u valjku 0,02 mm.

Valjci 5 (sl.1) pomoću kojih se vrši deformisanje obradaka izradjeni su od Č.4150 i termički obradjeni takodje na tvrdoću od 60 HRC. Brušenje valjaka i mernih čivija vršeno je u sklopu kako bi čeone površine mernih čivija imale oblik radnih površina valjaka.

Valjci su uležišteni u kućište alata i u njemu se mogu zaokretati za veličinu ugla koja se meri pomoću uglomera postavljenih na čeonim površinama, što omogućuje pozicioniranje mernih čivija. Posle pozicioniranja vrši se fiksiranje valjaka pomoću navrtki koje se nalaze na zadnjoj strani alata.

Na sl.2 data je analiza sila na mernim čivijama na osnovu kojih se mogu izračunati komponente kontaktnih napona σ_n i τ_k.



Sl.2. Analiza opterećenja na mernim čivijama

Sa sl. 2 sledi:

$$F_{R1} = A_o\sqrt{\sigma_n^2+\tau_k^2} \qquad (1)$$

$A_o = \frac{d^2\pi}{4}$ - površina čela gornje čivije, d=2mm

$$F_1 = \sigma_n \cdot A_o; \qquad \sigma_n = \frac{F_1}{A_o} \qquad (2)$$

$$F_{R2} = A_1\sqrt{\sigma_n^2 + \tau_k^2} \qquad (3)$$

$A_1 = \frac{A_o}{\cos 30^o}$ - površina čela donje čivije

$$F_2 = \sigma_n \cdot A_1 \cos 30^o + \tau_k \cdot A_1 \cos 60^o \qquad (4)$$

Iz jednačine (4) može se izračunati tangencijal-

jalni napon:

$$\tau_k = \sqrt{3}\left(\frac{F_2}{A_o} - \sigma_n\right) \qquad (5)$$

Na osnovu Kulonove relacije za tangencijalni napon može se odrediti koeficijent trenja μ:

$$\mu = \frac{\tau_k}{\sigma_n} \qquad (6)$$

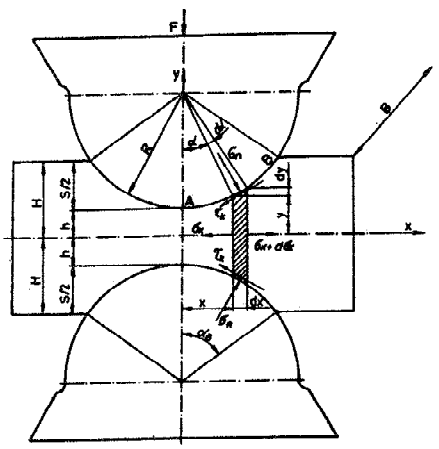
Na osnovu rasporeda komponente σ_n po kontaktnoj površini može se odrediti deformaciona sila:

$$F = \int_A \sigma_n \cdot dA \qquad (7)$$

3. ODREDJIVANJE KONTAKTNIH NAPONA REŠAVANIM PRIBLIŽNE DIFERENCIJALNE JEDNAČINE RAVNOTEŽE I USLOVA PLASTIČNOSTI

U radu |4| dat je detaljan prikaz odredjivanja komponenti napona u zoni deformisanja kod slobodnog sabijanja pločastog obratka polucilindričnim alatom primenom metode preseka.

Uz pretpostavku ravanskog deformacionog stanja i na osnovu šeme opterećenja (sl.3) dolazi



Sl.3. Komponente napona

se do jednačine ravnoteže koja u konačnom obliku glasi:

$$\frac{d\sigma_x}{d\alpha} + \sigma_x \frac{\mu\cos\alpha}{a-\cos\alpha} + 1{,}15k \frac{1-\mu\cdot\operatorname{cotg}\alpha}{a-\cos\alpha}\cdot\sin\alpha = 0 \qquad (8)$$

gde je:

$a = \frac{h}{R} + 1$ - geometrijski faktor

μ- koeficijent trenja

k - specifični deformacioni otpor čija se promena u zavisnosti od stepena deformacije iskazuje jednačinom:

$$k = k_o + A\cdot\phi_e^b \qquad (9)$$

$k_o = \sigma_v$ - početni deformacioni otpor

A,b - konstante zavisne od vrste materijala

ϕ_e - efektivna deformacija koja se menja duž zone deformacije prema sledećem izrazu:

$$\phi_e = 1{,}15\cdot\ln\frac{H}{R(a-\cos\alpha)} \qquad (10)$$

Rešavanje diferencijalne jednačine (8) po σ_x u konkretnom slučaju vršeno je numeričkim putem (metoda Runge-Kuta) uz granični uslov: za $\alpha=\alpha_B$, $\sigma_x=0$. Komponenta napona σ_n odredjuje se iz jednačine plastičnosti:

$$\sigma_n = 1{,}15k - \sigma_x \qquad (11)$$

dok se kontaktni tangencijalni napon τ_k izračunava prema izrazu:

$$\tau_k = \mu\cdot\sigma_n \qquad (12)$$

Na osnovu rasproeda napona σ_n duž zone deformisanja može se odrediti deformaciona sila:

$$F = 2B.R\int_0^{\alpha_B}\sigma_n\cos\alpha\cdot d\alpha \qquad (13)$$

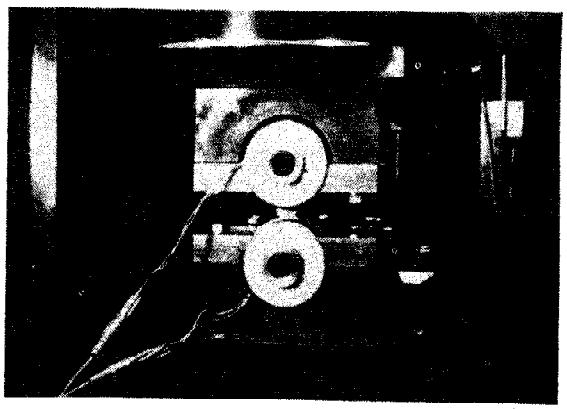
B - dužina obratka

4. EKSPERIMENTALNO ODREDJIVANJE KONTAKTNIH NAPONA

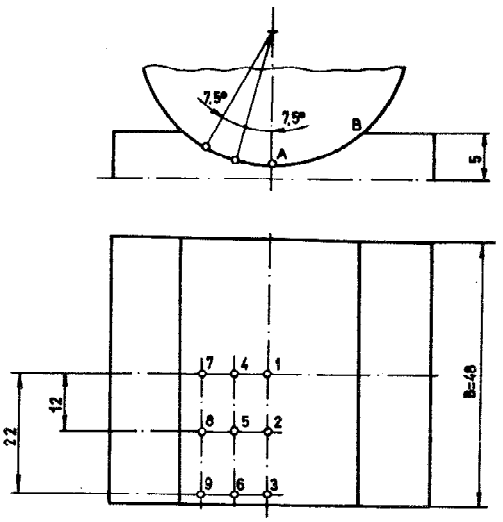
Pomoću alata prikazanog na sl.1 u Laboratoriji za obradu deformisanjem Instituta za proizvodno mašinstvo u Novom Sadu, vršena su eksperimentalna istraživanja kontaktnih napona kod slobodnog sabijanja cilindričnim alatima. Ispitivanja su vršena na uzorcima dimenzija 48x40x x10 mm koji su bili izradjeni od materijala Č.1431 u žarenom stanju.

Deformisanje uzoraka vršeno je na hidrauličnoj presi na koju je bio postavljen alat (sl.4). Registrovanje podataka sa mernih štiftova vršeno je kontinualno tokom procesa deformisanja pomoću dva X-Y pisača priključena na pojačavač u kojem je pojačavan signal sa mernih mostova. Podmazivanje uzoraka vršeno je mašinskim uljem. Položaj mernih tačaka na uzorku dat je na sl.5.

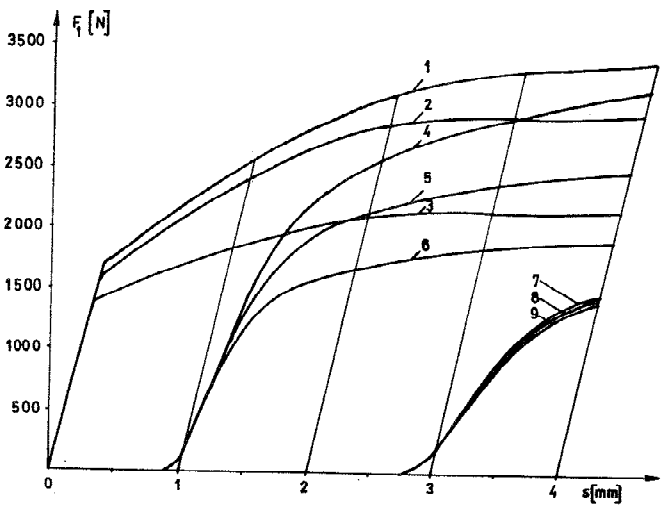
Na dijagramima (sl.6) dati su rezultati merenja kontaktnih napona u pojedinim mernim tačkama pomoću mernih čivija (sile F_1 i F_2) u zavisnosti od hoda alata S.

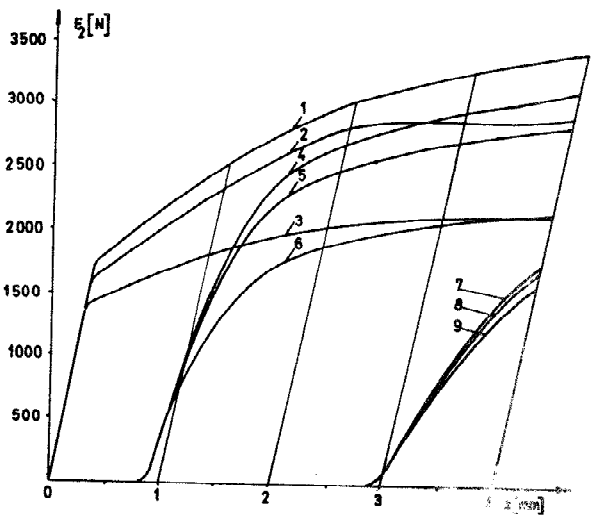


Sl.4. Oprema za eksperimentalna istraživanja



Sl.5. Raspored mernih tačaka na uzorku





Sl.6. Dijagrami sila na mernim elementima:a)F_1|N|;b) F_2|N|

Osim merenja kontaktnih napona u ovom slučaju registorvan je i dijagram deformacione sile u zavisnosti od hoda alata (sl.8).

5. OBRADA REZULTATA EKSPERIMENTA

Iz dijagrama sl.6 odredjene su vrednosti sila F_1 i F_2 pri vrednosti hoda alata S: 1,2,3 i 4 mm. Na osnovu vrednosti sile na gornjem mernom elementu F_1 odredjen je normalni napon

$$\sigma_n = \frac{F_1}{A_o}$$

a pomoću izraza (5) odredjen je tangencijalni kontaktni napon:

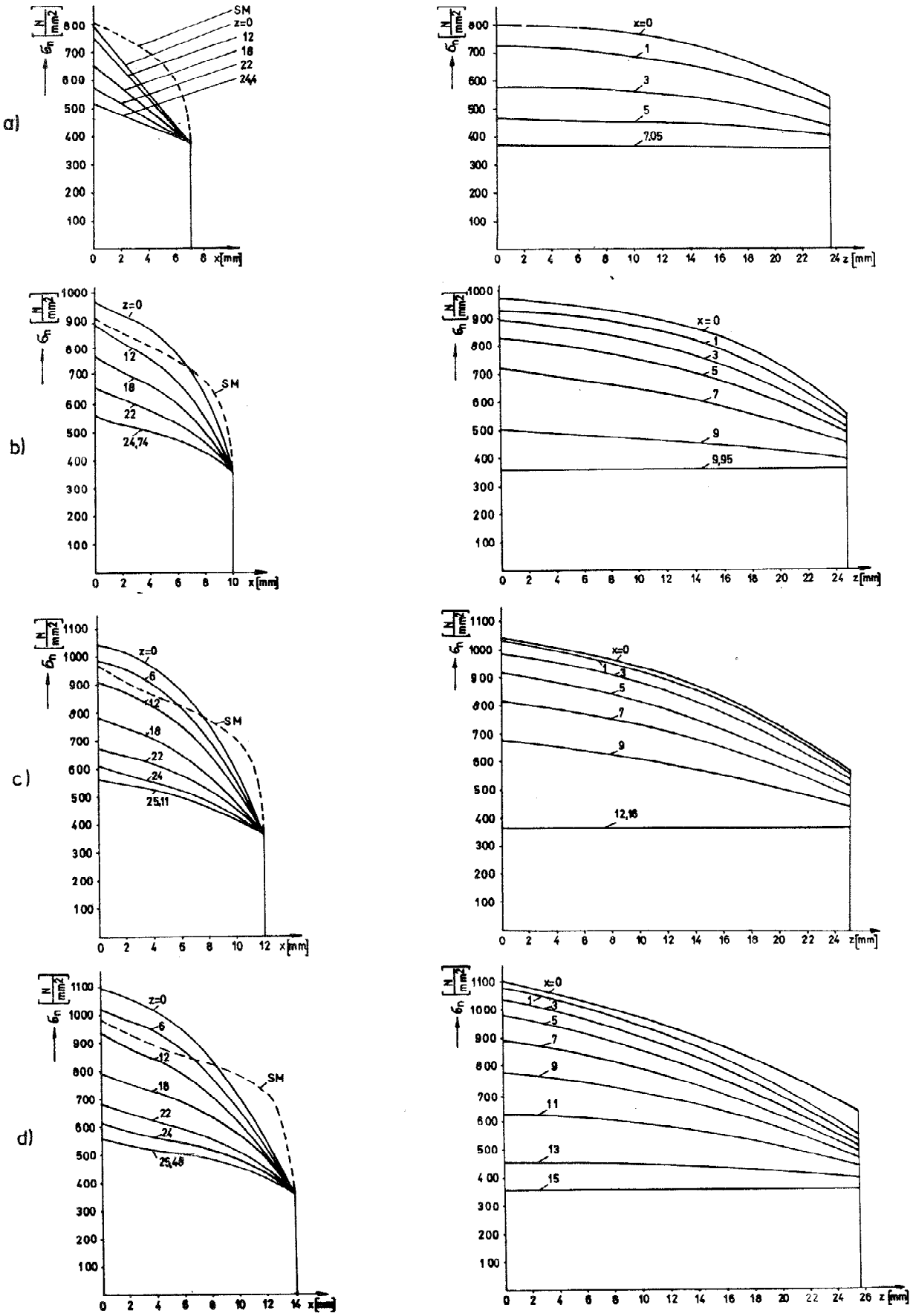
$$\tau_k = \sqrt{3}\left(\frac{F_2}{A_o} - \sigma_n\right).$$

Koeficijent trenja odredjivan je kao odnos:

$$\mu = \frac{\tau_k}{\sigma_n},$$

Posle toga izvršena je regresiona analiza podataka za napon σ_n primenom kubne jednačine:

$$F(x) = a + bx + cx^2 + dx^3. \qquad (14)$$



Sl.7. Raspored normalnog kontaktnog napona

a) S=1 mm; b) S = 2 mm; c) s=3 mm; d) S=4 mm

Rezultati regresione analize komponente napona σ_n dati su na dijagramima sl.7. Na istim dijagramima ucrtan je i raspored napona σ_n odredjen po metodi preseka (isprekidana linija) dok su u tabeli 1 date vrednosti tangencijalnog napona i koeficijenta trenja u pojedinim mernim tačkama.

Na osnovu ustanovljenog rasporeda normalnog napona po kontaktnoj površini odredjena je deformaciona sila prema sledećem izrazu:

$$F = \int_A \sigma_n \cdot dA$$

Integracija je vršena numerički pomoću računara, a rezultati su prikazani na dijagramu sl.8 (kriva 2) a takodje u istom dijagramu prikazan je i tok deformacione sile dobijen direktnim merenjem na mašini (kriva 1) kao i deformaciona sila odredjena teorijskim putem - metodom preseka (linija 3).

Pri odredjivanju rasporeda napona i deformacione sile teorijskim putem korišćeni su sledeći ulazni podaci:

Kriva tečenja: $k=369,7+668,3\cdot\phi_e^{0,379}\ |N/mm^2|$, odredjena sabijanjem cilindra sa udubljenjem na čeonim površinama (metoda Rastegajeva).

Koeficijent trenja $\mu=0,13$ odredjen sabijanjem prstena (metoda Conckroft-Male) za slučaj podmazivanja uljem.

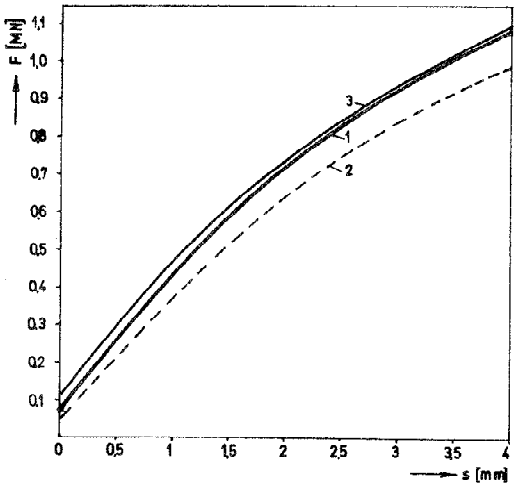
R=50 mm - radius alata

2H=10 mm - početna visina obratka

B=48 mm - dužina obratka

Tabela 1

		S=2 mm	S=3 mm	S=4mm
Z |mm|	X |mm|	0 6,53 12,04	0 6,53 12,04	0 6,53 12,04
0	τ_k |N/mm²|	0 125,8 -	0 104,5 -	0 96,9 146,3
	μ	0 0,160 -	0 0,119 -	0 0,103 0,312
12	τ_k |N/mm²|	0 202,1 -	0 195,7 -	0 200,8 109,0
	μ	0 0,297 -	0 0,260 -	0 0,255 0,229
22	τ_k |N/mm²|	0 130,9 -	0 157,3 -	0 176,5 124,3
	μ	0 0,250 -	0 0,277 -	0 0,302 0,287



Sl.8. Zavisnost deformacione sile od hoda alata pri slobodnom sabijanju polucilindričnim alatom.
1-direktno mereno; 2-merenje pomoću mernog elementa; 3-teorijsko rešenje

6. ANALIZA DOBIJENIH REZULTATA I ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Istraživanja naponsko-deformacionog stanja u procesima obrade metala deformisanjem spadaju u najsloženija istraživanja čiji rezultati omogućuju odredjivanje osnovnih parametara procesa (deformaciona sila i deformacioni rad) deformabilnosti metala, uslova tečenja metala i dr.

U Laboratoriji za obradu metala deformisanjem na Institutu za proizvodno mašinstvo čine se pokušaji da se primenom poznatih metoda teorije plastičnosti kao i primenom eksperimentalnih metoda dodje do što je moguće preciznijih vrednosti komponenata napona i deformacija kod pojedinih metoda i modela obrade deformisanjem sa ciljem izučavanja deformabilnosti materijala i njegovog ponašanja u obradnom sistemu. Rezultati prikazani u ovom radu predstavljaju deo istraživanja koja se u tom smislu obavljaju.

Raspored normalnog kontaktnog napona σ_n odredjen merenjem pomoću merne čivije (sl.7) pokazuje da se naponsko stanje veoma izražajno menja duž zone deformisanja i to kako u pravcu x-ose tako i u pravcu z-ose. Ovi dijagrami po svom obliku podsećaju na dijagrame koji se mogu sresti i kod drugih vidova sabijanja metala.

Najviša vrednost normalnog napona σ_n je u sredini obratka (x=0,z=0) i ima tendenciju pada idući ka periferiji. Vrednosti normalnog napona odredjene teorijskim putem pomoću metode preseka imaju sličan tok sa podacima odredjenim merenjem u središnjem delu zone deformisanja, odnosno više vrednosti idući ka periferiji obratka.

Deformaciona sila odredjena na osnovu podataka o rasporedu napona σ_n pomoću merne čivije uvek je niža od vrednosti dobijenih direktnim merenjem. Uzrok tome je uticaj kontaktnog trenja na pomeranje merne čivije u njenom ležištu. Razlike su uočljivije u kasnijem stadijumu procesa kada su veća ukupna opterećenja alata pa verovatno i kontaktno trenje u ležištu čivije.

Deformaciona sila odredjena teorijskim putem pokazuje veoma dobro slaganje sa izmerenim vrednostima iako postoji vidljiva razlika teorijskog rasporeda normalnog napona od podataka dobijenih merenjem.

Rezultati merenja tangencijalnog kontaktnog napona τ_k (tabela 1) pokazuju da je prisustvo ovog napona najmanje izraženo u sredini obratka sa tendencijom porasta ka periferiji zone deformacije. Koeficijent trenja u sredini obratka je $\mu=0$ a na periferiji obratka njegova prosečna vrednost je $\mu=0,244$.

Što se tiče same metode merenja kontaktnih napona pomoću mernih čivija i davača sa mernim trakama kod slobodnog sabijanja pločastih obradaka cilindričnim alatima treba reći da se radi o relativno složenom uredjaju koji zahteva dosta pažnje pri izradi i ugladjivanju kao i za vreme merenja. Povoljna okolnost u ovom slučaju je to što dva ugradjena merna elementa u alat omogućuju identifikaciju kontaktnih napona σ_n i τ_k po celoj kontaktnoj površini obratka zbog mogućnosti zaokretanja cilindričnih pritiskivača.

Greška merenja kontaktnog napona σ_n procenjena na osnovu podataka za deformacionu silu je na nivou od 10 do 15%.

LITERATURA

1. F.Dohmann: Die Messung der mechanishen Kontaktspannung in der Wirkfuge Werkzeug-Werkstük bei Umformverfahren, Verlag W.Girardet -Essen, 1974.
2. M.Plančak: Naponsko-deformaciono stanje u procesima hladnog istiskivanja čelika, FTN, Novi Sad, 1984.
3. M.Jurković i S.Živanović: Eksperimentalno-analitička metoda odredjivanja kontaktnog normalnog pritiska i sila trenja kod obrtnog alata za hladno izvlačenje, BIAM'82, Zagreb, 1982.
4. Vilotić D.: Analiza naponskog stanja pri slobodnom sabijanju paralelopipeda polucilindričnim alatom s obzirom na promenljivi deformacioni otpor, BIAM'84, Zagreb, 1984.

D.Vilotić

AN OUTLINE OF THE METHOD FOR EXPERIMENTAL DETERMINATION OF THE CONTACT STRESSES IN FREE COMPRESSION WITH A SEMI-CYLINDRICAL TOOL

Abstract

Outlined in the paper is a method for determination of the normal and tangential contact stresses in free compression of plate pieces with cylindical tools.The contact stresses were measured by means of pins with electronic stress transducers.In addition, results are presented of contact stress determination by solving the approximate differential equations of equilibrium.The obtained results are verified by measuring the deformation force.The experimental tests were performed on the steel Č.1431.

XIX SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE
Kragujevac, septembar 1985.

TOK MATERIJALA PRI ISPREŠAVANJU CIJEVI POMOĆU KOMBINIRANOG ALATA

I. Duplančić, Fakultet elektrotehnike, strojarstva
i brodogradnje, Split

REZIME

U radu su prikazani rezultati laboratorijskih ispitivanja utjecaja stupnja deformacije i visine komore alata na tok materijala pri ispreŠavanju aluminijskih cijevi pomoću kombiniranog alata.

1. UVOD

Cijevi i šuplji profili iz aluminija se danas industrijski u znatnoj mjeri izradjuju ispreŠavanjem pomoću kombiniranih alata. To su višedjelni alati sastavljeni od podložne ploče, matrice i trna smještenog na posebnom nosaču. Za ispreŠavanje koriste pune trupce koji se na ulazu u alat cijepaju u dva ili više dijelova. Odvojeni dijelovi materijala optiču oko nosača trna, te se u posebno oblikovanom prostoru izmedju nosača trna i matrice ponovno spajaju i istječu iz alata kao šuplji profil. Pri tome matrica oblikuje vanjsku a trn nutarnju stijenku profila. Profili izradjeni ovim načinom nisu homogeni, već imaju uzdužne šavove, čiji je broj jednak broju otvora na ulazu u alat.

Šuplje profile željenih kvaliteta moguće je izraditi samo ako se proces ispreŠavanja izvodi u optimalnim tehničko tehnološkim uvjetima. Jedan od utjecajnijih faktora je i tok materijala. Njegovo poznavanje je često od presudnog značaja za postavljanje općih zakonitosti pri projektiranju alata i definiranju uvjeta ispreŠavanja.

2. POSTUPCI ISPITIVANJA TOKA MATERIJALA

Prvi postupci izučavanja toka materijala za vrijeme ispreŠavanja potječu još od Tresce i Obermajera |1|, koji su postupak ispreŠavanja tretirali kao problem hidrodinamičkog tečenja tekućine. Od tada su obavljena brojna istraživanja i razvijene različite metode. Najveći broj istraživanja odnosio se na postupke ispreŠavanja rotaciono simetričnih punih i šupljih profila izradjenih klasičnim načinom ispreŠavanja.

Zbog specifičnog načina toka materijala kroz kombinirane alate, odnosno zbog cijepanja materijala na ulazu u alat te ponovnog spajanja u komorama, vrlo je teško pratiti njegovo kretanje. To je vjerojatno razlog da je o ovoj problematici do sada objavljeno vrlo malo radova, |2|, |3|, |4|, |5|.
Analiza objavljenih radova pokazuje da se ispitivanje toka materijala kroz kombinirane alate najbolje može provesti metodom:

a) ispreŠavanja višedjelnih trupaca
b) razvijanja makrostrukture presostatka i izratka

a) Kod ovog načina ispitivanja moguće je postupno ili u cijelosti ispreŠati višedjelne trupce sastavljene od ploča materijala različitih po sastavu ili boji. Uzdužnim ili poprečnim presjecanjem presostatka i izratka mogu se uočiti položaji pojedinih slojeva materijala u

radnom cilindru, alatu i izratku. Za ova istraživanja se koriste modelski materijali (vosak, plastelin), lako deformabilni metali (Pb, Sn) i proizvodni metali (Al, Cu). Modelski materijali i lako deformabilni metali se većinom koriste u laboratorisjkim istraživanjima, dok se sa proizvodnim metalima vrše ispitivanja i u pogonskim uvjetima.

b) Razvijanjem makrostrukture presostatka i izratka mogu se donijeti zaključci o toku i strukturnim promjenama materijala. To je naročito pogodno za proučavanje promjena mehaničkih svojstava i pojave grubozrnate strukture u pojedinim zonama alata.

Istraživanja toka materijala kroz kombinirane alate u pogonskim uvjetima su korisnija, medjutim zbog visokih troškova alata, materijala i ometanja redovne proizvodnje uputnije je provesti modelska ispitivanja u laboratorijima. Pomoću njih se utvrdjuju odredjene zakonitosti tečenja a rezultati se lako mogu prenijeti i provjeriti u pogonskim uvjetima.

3. PLAN I IZVODJENJE ISPITIVANJA

Do sada objavljeni radovi i vlastita istraživanja ukazuju da tok materijala kroz kombinirane alate ovisi o materijalu i pripremi trupca, temperaturi i brzini isprešavanja, stupnju deformacije te o obliku alata i profila. Ispitivanje utjecaja svih navedenih faktora moguće je provesti dugotrajnim i skupim istraživanjima. Istovremeno djelovanje većine faktora otežava ispitivanje njihovih pojedinačnih utjecaja. Zbog toga se postavljanjem odgovarajućih planova pokusa omogućava istovremeno ispitivanje manjeg broja faktora. Tako je u ovom radu ispitivan utjecaj samo dva faktora i to:

- stupnja deformacije φ
- visine komore alata h

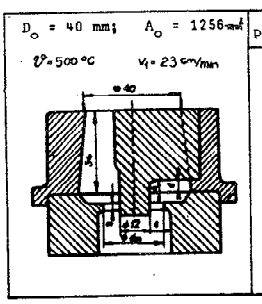
Pored toga analiziran je tok materijala kroz prazni i puni kombinirani alat.

Tok materijala kroz prazni alat nastaje u početnoj fazi isprešavanja šupljih profila pomoću kombiniranih alata s mostom koji strši u radni cilindar preše. U tom dijelu procesa odvija se nestacionarno tečenje materijala koji popunjava kanale i komore alata. Tek kad se čitav alat ispuni materijalom nastaje stacionaran tok, koji traje sve do kraja procesa. Kombinirani alati ovog tipa se nakon isprešavanja svakog trupca čiste od zaostalog materijala, te se slijedeći trupac opet isprešava kroz prazni alat.

U redovitoj, neprekinutoj proizvodnji šupljih profila kombiniranim alatima drugog tipa (Spieder, Porthole i sl.) popunjavanje kanala i komora nastaje samo na početku isprešavanja prvog trupca. Isprešavanja drugog i ostalih trupaca se odvija kroz alat već popunjen materijalom prethodnog trupca. U tom se slučaju od početka do kraja procesa odvija stacionarno tečenje materijala.

Planirani pokusi isprešavanja su provedeni na univerzalnoj hidrauličkoj preši max. sile F_{max} 2 MN pomoću naprave - modela preše i kombiniranog alata komornog tipa sa dva ulazna kanala. Držač alata je izveden konično tako da je omogućeno odstranjivanje materijala iz alata nakon isprešavanja svakog trupca. Promjena veličina ispitivanih faktora je vršena izborom odgovarajuće matrice. Karakteristične veličine korištenih alata su prikazane u tablici I.

Tablica I - Karakteristične veličine alata

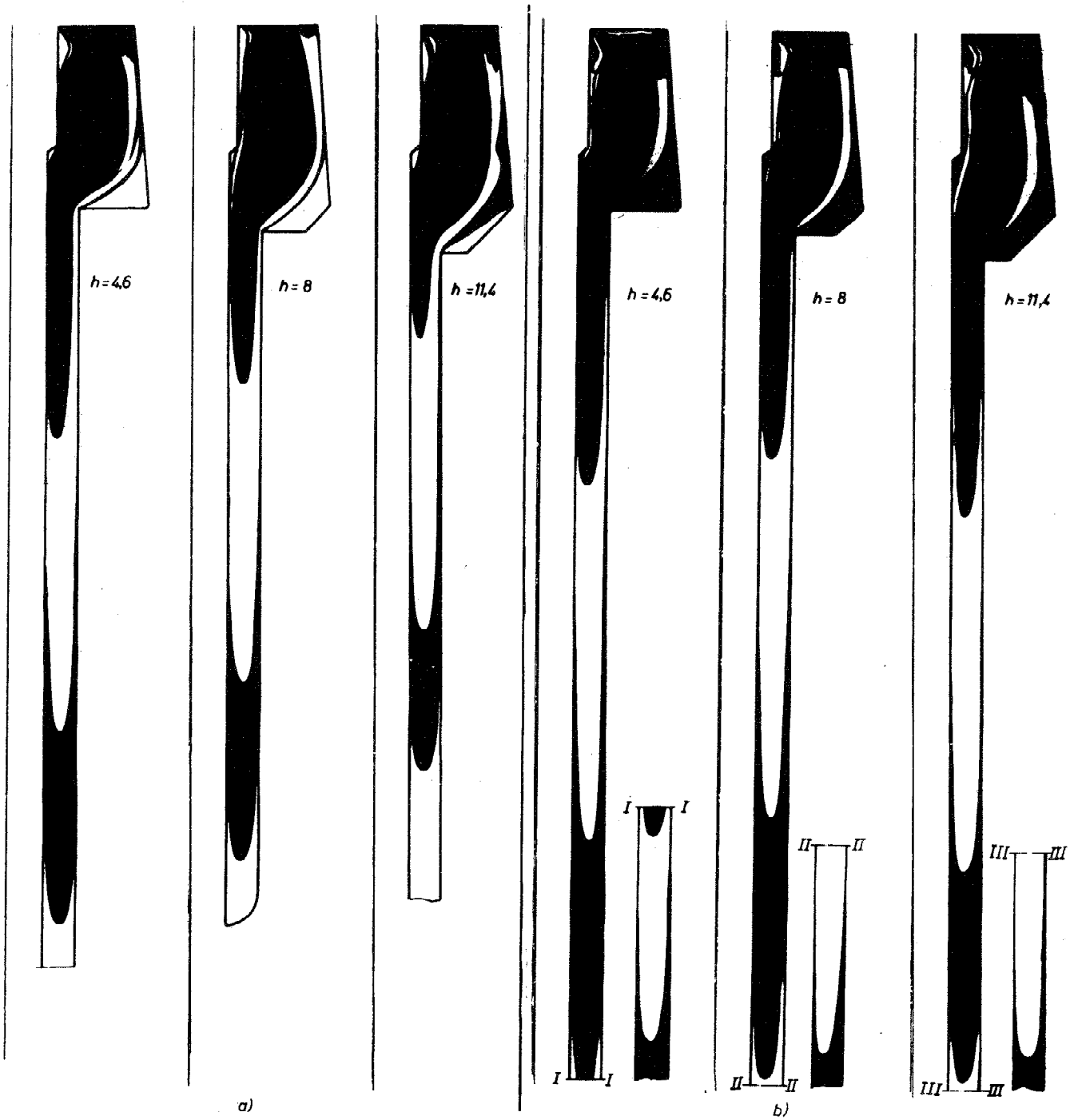


Br. pokusa	dm	h	φ	A_o/A_1	S
1	18,9	8	2,0	7,39	3,45
2	22,4	8	1,5	4,48	5,2
3	27,0	8	1,0	2,72	7,5
4	22,4	4,6	1,5	4,48	5,2
5	22,4	11,4	1,5	4,48	5,2

Isprešavanja su provedena sa višedjelnim trupcima sastavljenih od četiri pločice Ø 38 x 15, koje su izradjene iz Al99,5 i AlMgSi 1. One su postavljene naizmjenično jedna iza druge i isprešane kroz prazni alat.

Isprešavanje kroz puni alat je provedeno na način da je najprije u cijelosti isprešan trupac Ø 38 x 60 iz AlMgSi 1 a zatim višedjelni trupac sastavljen od pločica Al99,5 i AlMgSi 1.

Svi pokusi su provedeni pri temperaturi od ϑ = 500°C i brzini isprešavanja v_1 = 23 cm/min.



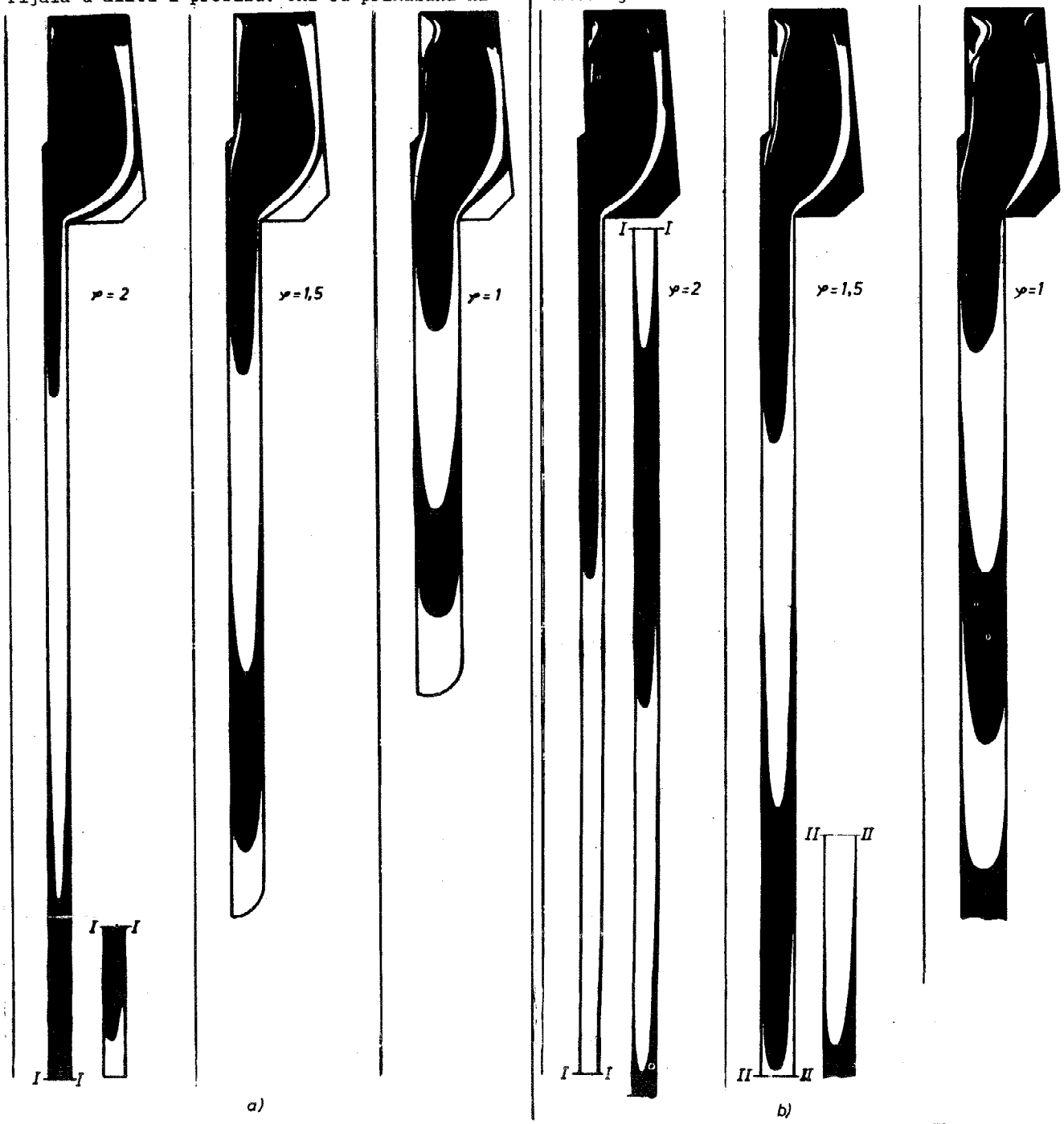
Sl. 2. Utjecaj visine komore na tok materijala kroz (y=1,5)
a - prazni alat
b - puni alat

□ – Al99,5
■ – AlMgSi1

Pri isprešavanju šupljih profila pomoću kombiniranih alata materijal ne teče ravnomjerno. Najbrže teče sredinom kanala i komora, dok uz rubne dijelove radnog cilindra i alata zaostaje, zbog djelovanja vanjskog trenja. Izdužene linije pojedinih slojeva materijala ukazuju da je zaostajanje materijala jače izraženo na vanjskoj nego na nutarnjoj stijenci profila. To je razumljivo, jer se taj dio profila ne nalazi naposredno ispod ulaznog otvora materijala u alat, te

4. REZULTATI ISPITIVANJA

Nakon ravnanja uzorci su izrezani u uzdužnom smjeru te su obradom i razvijanjem makrostrukture dobijeni položaji pojedinih dijelova materijala u alatu i profilu. Oni su prikazani na sl. 1. i 2. Pojedini materijali se prepoznaju po boji. Bijela boja predstavlja materijal Al99,5 a crna AlMgSi 1. Položaji pojedinih dijelova materijala ukazuju na osnovna obilježja toka materijala kroz kombinirane alate.



Sl. 1. Utjecaj stupnja deformacije na tok materijala kroz (h = 8)

a – prazni alat

b – puni alat

je onemogućeno njegovo direktno istjecanje u profil. Osim toga uočava se izrazito zaostajanje materijala u području uzdužnih spojeva, tj. na dijelu profila koji je pokriven nosačem trna. Zbog razlika u brzinama istjecanja pojedinih dijelova materijala spojevi pojedinih pločica ne leže u jednoj poprečnoj ravnini profila, već se protežu po njegovoj dužini tvoreći prostorno zakrivljene plohe.

U uglu izmedju držača alata i matrice nastaje zaobljena mrtva zona po čijem se rubu odvija intenzivno klizanje materijala. Njen oblik i duljina ovisi o ispitivanim faktorima. Sa povećanjem stupnja deformacije φ i visine komore alata h, povećava se njena duljina. Kod izrazito duboke komore alata, h = 10 mm, i kod najmanjeg stupnja deformacije φ = 1,0, materijal najlakše istječe u profil, tako da su zaostajanja pojedinih slojeva najmanja.

Na ulazu u alat materijal trupca nailazi na ravni nosač trna. Po njegovom čelu se stvara mrtva zona te nastaje izrazito skretanje i ponovno vraćanje materijala uz nosač trna. Tanke i izdužene linije ukazuju da se materijal iz nastale mrtve zone brzo izvlači, što nije slučaj na strani držača alata. Uočava se stvaranje mrtve zone i skretanje materijala u uskom području prelaza sa nosača na trn alata.

Provedena istraživanja ukazuju na stvaranje mrtve zone ispod nosača trna, što se na priloženim slikama ne vidi. Iz tako nastale mrtve zone materijal se zavlači u uzdužne spojeve profila tvoreći vrlo tanki film, čija se debljina s trajanjem procesa smanjuje.

Postojanje mrtvih zona u alatu uočeno je pri isprešavanju kroz prazni i puni kombinirani alat. Njihovi oblici i veličine su približno jednaki. Jedine se razlike primjećuju u gradji.

Pri isprešavanju kroz puni alat mrtva zona u alatu je sastavljena samo od materijala prvog trupca a prve dvije pločice višedjelnog trupca su u cijelosti istisnute iz alata. Kod isprešavanja kroz prazni alat, mrtvu zonu oblikuju prve dvije pločice višedjelnog trupca. Zbog toga se može zaključiti da stacionarni tok materijala nastupa već nakon isprešavanja polovine trupca. Ukoliko se isprešavanje odvija kroz prazni alat, spojevi pojedinih dijelova višedjelnog trupca u profilu leže na većoj udaljenosti od matrice. To znači da je taj proces isprešavanja u pogledu iskorištenja materijala bolji. Medjutim, u tom slučaju se dogadja da oksidi i nečistoće sa površine trupaca lako udju u isprešani profil i izazovu njegovo oštećenje. Za izradu šupljih profila kod kojih se zahtijeva visoka kvaliteta uzdužnih spojeva, te profila izradjenih iz slitina sa lošijim svojstvima samozavarljivosti uputnije je, ako to tehničke mogućnosti dopuštaju, koristiti postupak isprešavanja kroz prazni kombinirani alat. Tada sve nečistoće i oksidi sa površine trupca ostaju unutar mrtvnih zona, te se u obliku povećanog presostatka odstranjuju kao tehnološki otpad.

LITERATURA

|1| W.Dürrschnabel "Der Materialfluß beim Strangpressen von NE-Metallen (Literaturübersicht) Teil I, II, III, Metal 22 (1968) str. 426-437, 995-998, 1215-1219.

|2| K.Laue "Verfahrenstechnik der Nichteisenmetall - Halbzeugindustrie" Zeitschrift für Metallkunde 55(1964) H 10, str. 559-567.

|3| M.S.Gilljdengorn, V.G.Kerov, G.A.Krivonos "Pressovanie so svarkoi polljih izdelii iz alljominievljih splavov" Metalurgija, Moskva 1975.

|4| I.Duplančić "Isprešavanje šupljih profila pomoću kombiniranog alata u laboratorijskim uvjetima", III Simpozij o teoriji plastičnosti, Plitvice 1983, Zbornik radova, str. 120 - 128.

I.Duplančić

THE MATERIAL FLOW IN TUBE EXTRUSION BY MEANS OF THE COMBINED TOOL

Abstract

Presented in the paper are the results of laboratory investigations of the effects of deformation ratio, and tool chamber height upon the material flow in the extrusion of aluminium tubes by means of the combined tool.

XIX SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE

Kragujevac, septembar 1985.

ELEKTRONSKI UREDJAJ ZA MERANJE UGAONE BRZINE I NJEGOVA PRIMENA KOD ISPITIVANJA MEHANIČKIH PRESA

Ž. Tasić, Mašinski fakultet, Niš
M. Arsić, Elektronski fakultet, Niš
D. Temeljkovski, Mašinski fakultet, Niš
D. Domazet, Mašinski fakultet, Niš

ELEKTRONISCHEEINRICTUNG FÜR DREHGESCHWINDIGKEITSMESSUNGEN UND SEINE ANWENDUNG BEIM PRESSENPRÜFUNGS

Zussamenfasung

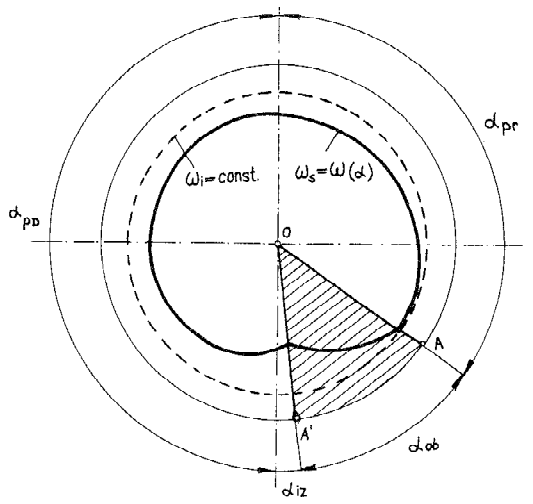
Im diesen Arbeit ist ein neuer Einrichtung für Drehgeschwindigkeitsmessungen(ω_1,ω_2) dargestelt.Aussgehend von die Aufgaben,die dargestelte EIngichtung haben muss,ist Konzepzion lösung ausgewählt und auf diese Grunde mit jugoslowischen komponenten und Baugruppen realisiert. Diese Einrichtung ernöglicht weiter Aufbau im sinn verkopling mit Einrichtungen mit spechern von digitalen Daten,digitale Darstelung Messergebnisse und verkoplung mit Rechner.

1. U V O D

U energetskom smislu mehaničke prese spadaju u mašine periodičnog dejstva u kojih se jedan radni ciklus sastoji od praznog hoda na dole(do dodira alata sa materijalom),radnog hoda,povratnog hoda i,pri pojedinačnom režimu rada,mirovanja.

Pri obrtu krivajnog vratila za ugao 360^0,za jedan dvostruki hod pritiskivača,samo pri jednom malom uglu(α_{ob}) izvršava se koristan rad dok,pri ostatku do 360^0 energija pogona se troši na savladjivanju otpora trenja.Zbog toga,za iskorišćenje snage elektromotora,skoro kod svih mehaničkih presa koristi se zamajac.U periodu ciklusa, karakterističnom po maloj potrošnji energije,zamajac se ubrzava,i na taj način okumulira energiju,a odaje je u periodu velike potrebe energije(ubrzavanje mehanizma i izvršavanje radne operacije)pri čemu se smanjuje ugaona brzina rotacije,kao što se vidi na sl.1.

Da bi se sprovelo ispitivanje energetskog bilansa mehaničkih presa pored ostalih parametara/1/ potrebno je meriti i ugaonu brzinu vratila zamajca i ekscentarskog vratila (kod ekscentarskih presa).Da bi se ona uspešno merila pristupilo se definisanju parametara i koncepcije jednog novog uredjaja,koji bi služio za merenje promenljivih ugaonih brzina,tj. uredjaja koji bi pratio promenu ugaone brzine u jednom radnom ciklusu.



Sl.1.

(α_{pr}-ugao približavanja,α_{po}-ugao povratka,α_{ob}-ugao obrade, α_{iz}-ugao izlaska,ω_1=const-idealni zakon promene ugaone brzine,$\omega_s=\omega(\alpha)$ -stvarni zakon promene).

2. IZBOR KONCEPCIJSKOG REŠENJA UREDJAJA ZA MERENJE UGAONIH BRZINA

U razradi koncepcije uredjaja /2/ pošlo se od osnovnih zahteva koji se odnose na broj ulaznih veličina(ugaone brzine ω_1 i ω_2) i način registrovanja izmerenih vrednosti tih veličina u funkciji vremena ili u funkciji neke druge veličine(pisačem x-t ili x-y). Sa stanovišta realizacije usvojeno je da uredjaj bude realizovan pouzdanim

*) Ovaj rad predstavlja deo naučno-istraživačkog projekta "Razvoj,istraživanje i projektovanje novih pogonskih sistema elektrozavojnih presa sa programskim upravljanjem i aplikacojom ,od 1ooo do 1o.ooo kN", u čijem finansiranju učestvuje Regionalna zajednica nauke Niš i Mašinska industrija Niš.

domaćim komponentama i sklopovima ili komponentama koje se lako mogu obezbediti na domaćem tržištu.

Polazeći od gornjih zahteva a imajući u vidu činjenicu da uredjaj treba da radi u blizini motora i elektromagneta kao jakih izvora smetnji umesto postojećih analognih metoda izabran je digitalan postupak merenja korišćenjem inkrementalnih enkodera kao pretvarača ugaonog pomeranja u električne impulse pogodne za daljnu obradu u dititalnim sistemima.Ovakav pristup omogućava dalj nu nadgradnju uredjaja u smislu povezivanja sa dodatnim memorijama kao i spregu sa računarom.

Za širok opseg merenja brzina pogodan je inkrementalni optoelektronski pretvarač(enkoder)koji se preko elastične spojnice može spojiti sa osovinom rotirajućeg dela ispitivane mašine. Karakteristika ovih enkodera je visoka klasa tačnosti merenja koja je u direktnoj vezi sa brojem impulsa po jednom obrtaju.Usvojen je enkoder tipa Z 1ooo C o5o5 proizvodnje RO ZRAK Sarajevo.Pored malih dimenzija,mase,polanog i radnog momenta ovaj pretvarač ispunjava i ostale zahteve.Obradom signala Y i X po jednom obrtaju mogu se dobiti 1ooo,2ooo i/ili 4ooo impulsa,odnosno rezolucije od 36o/1ooo,36o/2ooo i 36o/ /4oo delova stepena.

Neka pretvarač daje po jednom obrtaju N jednako vremenskih pomerenih impulsa koji označavaju ekvidistantne ugaone pozicije. Ako se usvoji relativno mali vremenski interval Δt(reda nekoliko milisekundi) za koji , sobzirom na namenu uredjaja,može se smatrati da ugaona brzina ima konstantnu vrednost,merenje i izračunavanje ugaone brzine može se vršiti polazeći od relacije

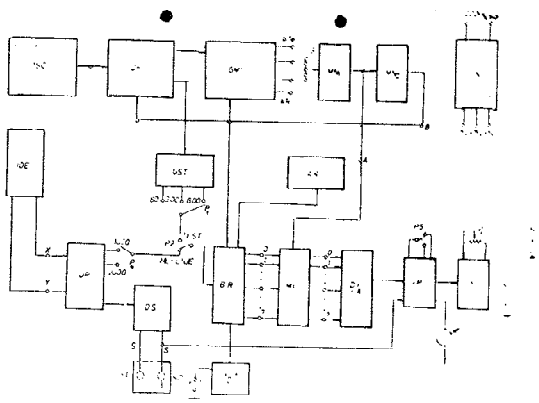
$$\omega = \frac{2.\pi.n_i}{N.\Delta t} \left[\frac{rad}{s}\right]$$

gde je :n_i-broj impulsa sa enkodera registrovanih u osnovnom mernom intervalu Δt.

3. PRINCIP RADA I OPIS REALIZOVANOG UREDJAJA

Blok šema realizovanog uredjaja za merenje ugaonih brzina data je na sl.2.Izvorom za napajanje IN obezbedjuje potrebni stabilisani naponi za rad logičkih kola,enkodera,operacionih pojačivača i izlaznih stepena.U kolu oscilatora OS učestanosti 2 MHz nalazi se visokofrekventna jedinka kristala kvarca čime je obezbedjen stabilan rad oscilatora u širokom temperaturnom opsegu.Ukupna tolerancija oscilatora iznosi ± 3o Hz/MHz.Pravougaoni impulsi učestanosti 2 MHz iz oscilatora se vode na ulaz delioca DF koji je realizovan pomoću integrisanih brojača TTL serije 74.Sa izlaza delioca impulsi se vode na ulaze generatora test signala GTS i generatora mernih intervala GMI.Pomoću generatora test signala dobijaju se impulsi učestanosti 1 KHz,5 KHz i 10 KHz.Pri usvojenom mernom intervalu Δt=1o ms,ove učestanosti odgovaraju učestanostima impulsa X i Y sa enkodera pri 60, 300 i 600 obrtaja u minuti.Impulsi iz GTS-a se preko preklopnika za zadavanje brzine pri testiranju P1 i preklopnika P2 za izbor režima rada uredjaja(test-merenje)vode na brojač BR.Generator mernih intervala u izlaznom delu ima BCD u decimalni dekoder što omogućava dobijanje mernog intervala izborom izlaza dekodera preko preklopnika P3 ili kratkospojnika.Na taj način se odredjuje trajanje mernog intervala Δt_1 do Δt_{1o}=1oΔt_1.Po završetku trajanja izabranog mernog intervala sukcesivno se trigerišu monostabilni multivibratori MN1 i MN2.Impuls A koji se javlja na izlazu MN1 trajanja 3o-4o μs služi za prebacivanje sadržaja brojača BR u prihvatnu memoriju ML.Impuls B koji se javlja po prestanku impulsa A na izlazu MN2 briše (resetuje)sadržaj prethodnog merenja u brojaču BR i postavlja brojače D, GTS i GMI u početno stanje čime započinje generisanje narednog mernog intervala. Pri testira nju,odnosno dobijanju referentnih nivoa na izlazu uredjaja preklopnik P2 se postavlja u položaj "test"a preklopnikom P1 se bira referentna brzina.Impulsi sa GTS tokom trajanja mernog intervala se dovode u brojač BR.Po isteku mernog intervala Δt,pomoću impulsa A,sadržaj brojača binarno kodiran se prebaci u prihvatnu memoriju ML.Vrednost brzine data u digitalnom obliku se pomoću D/A konvertora pretvara u analogni signal koji se pojačava pojačavačem IP. U kolo pojačivača je vezan preklopnik P5 za povećanje razmere odnosno nivoa signala 2X i merni instrument za očitavanje izabrane(merene)brzine.Pomoću izlaznog stepena IS vrši se prilagodjenje izlazne impedanse radi priključivanja na pisač .Proizvoljno podešavanje razmere vrši se pomoću potenciometra Pt.

Pri merenju preklopnik P2 se postavi u položaj "merenje" a preklopnikom P4 izabere broj podela po jednom obrtaju inkrementalnog enkodera. Signali sa inkrementalnog opto-



Sl. 2

elektronskog enkodera se preko ulaznih pojačivača UP dovode na brojač BR u vremenskom intervalu Δt. Dalja obrada signala se odvija na napred opisani način. Signali X i Y se preko ulaznih pojačivača dovode u kolo detektora smera DS. Sa izlaza detektora signali S i $\bar{S}$ koji označavaju smer se preko pojačivača vode na LED diode SL i SD čime se obezbedjuje svetlosna indikacija smera obrtanja. Polaritet izlaznog signala u odnosu na ω=0 definiše se logičkom vrednošću "1" ili "0" signala S koji se generiše u kolu za detekciju smera. Postavljanje izlaza na nivo koji odgovara ω=0 postiže se automatski preko kola AR pri uključivanju uredjaja na mrežu ili ručno pritiskivanjem tastera T. Memorisanje vrednosti ugaonih brzina u intervalu Δt kao i sprega sa računarom može se postići preko priključaka 0-7 prihvatne memorije ML.

Uredjaj za merenje ugaonih brzina je realizovan modularno u vidu funkconalnih celina koje su medjusobno spojene žičanim vezama preko konektora. Spoljni izgled uredjaja sa inkrementalnim davačem prikazan je na sl.3. Na prednjoj ploči uredjaja rasporedjene su komande za izbor kanala, potenciometri za podešavanje razmere, signalne lampe i instrument za merenje brzine. Merni opseg (60,300 i 600 o/min), izbor kanala (ω_1, ω_2) vrši se pomoću tastature. Sa zadnje strane uredjaja nalaze se ulazni priključnici za davače ugaonih brzina i izlazni priključci za pisač.

Za merenje manjih ugaonih brzina radi smanjivanja uticaja greške od $\pm$ 1 bit u mernom intervalu može se koristiti reduktor odredjenog prenosnog odnosa preko koga se inkrementalni enkoder vezuje sa mernim mestima.



Sl.3.

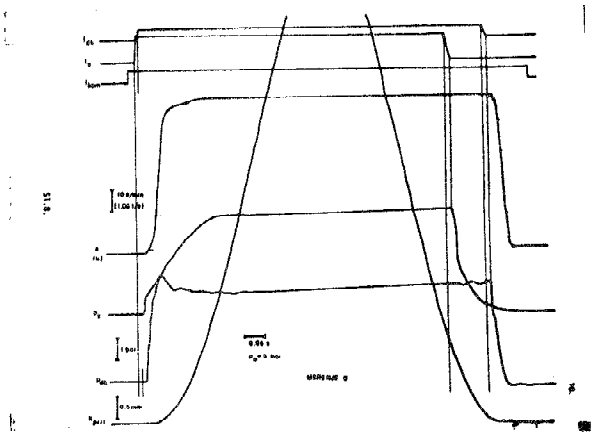
4. PRIMENA REALIZOVANOG UREDJAJA

Uredjaj je do sada korišćen za merenje ugaonih brzina na više mašina za obradu materijala deformisanjem/2/, /3/ i /4/ . Na sl.4. prikazan je inkrementalni davač ugaone brzine koji je u vezi (preko elastične spojnice) sa ekcentarskim vratilom čija je ugaona brzina merena.



Sl.4.

Na slici 5. prikazana je promena ugaone brzine odnosno broja obrtaja glavnog vratila pri ispitivanju glavne i dodatne kočnice ekscentarske prese /3/.



Sl.5.

Pošto se, s obzirom na digitalnu koncepciju uredjaja, merenje vrši sukcesivno u izabranim vremenskim intervalima na dijagramu se mogu uočiti stepenaste diskretne promene vrednosti brzine pri većoj brzini pisača.

Dobijene kontinualne krive (sl.5) se postižu spajanjem početnih tačaka ili uvodjenjem filtra.

5. ZAKLJUČAK

Na osnovu izloženog mogu se izvesti sledeći zaključci:

1. Uredjaj je koncipiran tako da meri dve ulazne veličine (ugaonu brzinu ω_1 i ω_2) i prilagodjen je da se registrovanje tih veličina vrši u funkciji vremena ($\omega(t)$) ili neke druge veličine ($\omega(h)$).
2. Izabran je digitalan postupak merenja korišćenjem inkrementalnih enkodera kao pretvarača pomeraja u električne impulse pogodne za daljnu obradu u digitalnim sistemima. Ovim izborom primene inkrementalnog opto-

elektronskog enkodera omogućava se širok opseg merenja ugaonih brzina i izbegava uticaj induktivnih i konduktivnih smetnji koje mogu uneti grešku pri radu sa induktivnim davačima.

3. Uredjaj je realizovan pouzdanim domaćim komponentama i sklopovima i komponentama koje se lako mogu dobiti na domaćem tržištu.
4. Uredjaj je do sada korišćen za merenje ugaonih brzina na više mašina /2 /,/3/ i /4/ i pokazalo se da se može primeniti za različite opsege ugaonih brzina i različita merna mesta.

LITERATURA

/1/ DRAGAN DOMAZET,-"Prilog eksperimentalnom odredjivanju energetskog bilansa i energetskog stepena iskorišćenja ekscentarskih presa"-XIII Savetovanje proizvodnog mašinstva Jugoslavije,Banja Luka,1977.

/2/ N/I PROJEKAT, "Istraživanje i razvijanje energetskih komponenti pogonskog mehanizma zavojnih presa",Elaborat br.3., Institut za mašinstvo Mašinskog fakulteta u Nišu,1983.god.

/3/ ISPITIVANJE EKSCENTARSKE PRESE EPS-63 za fabriku "Jelšingrad" iz Banja Luke, Elaborat Instituta za mašinstvo Mašinskog fakulteta u Nišu, 1984.godine.

/4/ ISPITIVANJE PRESE ZA BRIKETIRANJE DRVNO-CELULOZNIH OTPADAKA za fabriku "Igman" Konjic, Elaborat Instituta za mašinstvo Mašinskog fakulteta u Nišu,1985.g.

Ž.Tasić, M.Arsić, D.Temeljkovski, D.Domazet

ELECTRONIC DEVICE FOR MEASURING ANGULAR VELOCITY, AND ITS APPLICATION TO THE MECHANICAL PRESS TESTING

Abstract

Presented in the paper is a novel device for the measurement of angular velocity.Starting from the specifications that the device must possess the design concept is chosen, and the device is made of Yugoslav components and subsystems.The device is capable of further improvement aimed at enabling its connection to the additional memories, and/or digital computer.

XIX SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE

Kragujevac, septembar 1985.

NAPONSKO - DEFORMACIONO STANJE SILE PRI ROTACIONOM IZVLAČENJU CILINDRIČNIH DELOVA SA REDUKCIJOM DEBLJINE ZIDA

D. Lazarević, Mašinski fakultet, Niš

R e z i m e

U ovom radu je data analiza naponskog i deformacijskog stanja, kao i sila pri rotacionom izvlačenju cilindričnih delova sa redukcijom debljine zida i to istosmernim i suprotnom smernim postupkom. Za analizu napona korišćen je metod jednakosti rada unutrašnjih i spoljašnjih sila. Na osnovu iznadjenih napona, u neposrednoj zoni deformisanja, odredjene su komponentne sile. U cilju verifikacije ispravnosti dobivenih izraza snimljeni su dijagrami promene komponentnih sila pomoću trokomponentnog dinamometra.

1. U V O D

Cilindrični delovi, debelih zidova, oblikuju se rotacionim izvlačenjem u cilindre koji imaju manju debljinu zida, a veću dužinu.

Pri ovome razlikuju se dva postupka,i to:

a) istosmerni postupak (sinhroni) i

b) suprotnosmerni postupak (asinhroni).

Pri istosmernom postupku, kao što je pokazano na sl.1, kao pripremak koristi se cilindar sa dnom (1) koji je dobijen u prethodnoj operaciji na presi ili rotacionim izvlačenjem. Takav pripremak se postavlja na oblikujući trn (2) i priteže držaćem (3). U toku procesa deformisanja smer tečenja materijala (v_m) je isti sa smerom kretanja (v_v) pritisnutog valjka (4).

Suprotnosmernim postupkom oblikuju se cilindrični delovi debelih zidova bez dna (cevi) ili sa dnom. Kao što se vidi na slici 3, pripremak (1) se postavlja na oblikujući trn (2) koji ima čeoni graničnik. U ovom slučaju deformisanja, smer tečenja materijala (v_m) je suprotan od smera kretanja (v_v) pritisnugog valjka (3).

Ukoliko se pri procesu rotacionog izvlačenja zahtevaju veći stepeni deformacije debljine zida, može sam proces deformisanja da se odvija istovremeno sa dva ili više pritisna valjka. Pritisni valjci su, u ovom slučaju, postavljeni jedan naspram drugog u odnosu na oblikujući trn i aksijalno su pomereni za veličinu (c). Pri tome svaki pritisni valjak ostvaruje odredjeni stepen redukcije debljine zida.

2. NAPONSKO I DEFORMACIONO STANJE

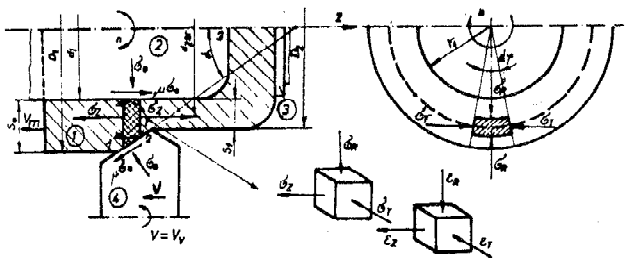
2.1 Istosmerni postupak

Rotacionim izvlačenjem, cilindričnih delova istosmernim postupkom, vrši se redukcija debljine zida od vrednosti s_o na vrednost s_1. Pri tome se spoljašnji prečnik cilindra smanjuje od vrednosti D_1 na vrednost D_2, a visina povećava od h_1 na h_2.

Rotaciono izvlačenje se vrši pomoću pritisnog valjka sa radijusom ili pomoću koničnog pritisnog valjka, sa napadnim uglom α i

oblikujućeg trna prečnika d_1 (to je ujedno i unutrašnji prečnik cilindra).

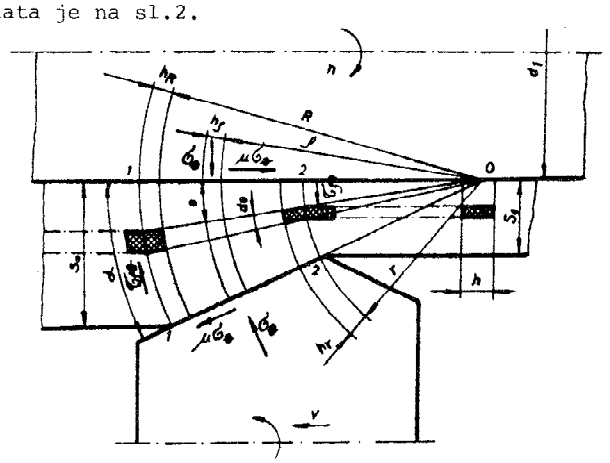
Pri rotacionom izvlačenju (sl.1), usled smanjenja debljine zida, javljaju se radijalni naponi pritiska (σ_R) i u pravcu tangente normalni naponi pritiska (σ_T). U pravcu rotacionog izvlačenja element zida čančeta opterećen je naponom istezanja (σ_Z). Na radnim delovima ala-



Sl.1

ta uočavaju se dve zone, i to: (1-2) zona deformacije u delu napadnog ugla pritisnog valjka, i (2-3) zona prenosa sile sa pritisnog valjka na cilindrični deo i dno.

Za približno odredjivanje veličine aksijalnog napona istezanja (σ_Z), koristi se metod jednakosti rada unutrašnjih i spoljašnjih sila, za zonu deformacije |1|. Šema zone deformacije data je na sl.2.



Sl.2

Metod jednakosti radova bazira na jednakostti:

$$W_u = W_s \qquad (1)$$

gde je:

W_u - rad unutrašnjih sila ili rad deformacije,

W_s - rad spoljašnjih sila; $W_s=W_a-W_t$,

W_a - rad aktivne aksijalne sile,

W_t - rad sila kontaktnog trenja.

Ukupan rad aktivne aksijalne sile može da se napiše u obliku:

$$W_a=W_s+W_t+W_u+W_t \qquad (2)$$

Kako u zoni deformacije imamo dve kontaktne površine (pritisni valjak i oblikujući trn), to se rad sile trenja može razdvojiti na dva dela:

$$W_t=W_{tv}+W_{tt} \qquad (3)$$

gde je:

W_{tv} - rad sile trenja na površini kontakta materijala sa pritisnim valjkom,

W_{tt} - rad sile trenja na površini kontakta materijala, u zoni deformisanja, sa oblikujućim trnom.

Rad deformisanja takodje se može podeliti na svoje komponente:

$$W_u=W_{\tau R}+W_{\tau r}+W_\sigma \qquad (4)$$

gde je:

$W_{\tau R}$ - rad deformisanja na ulazu u zonu deformisanja (1-1),

$W_{\tau r}$ - rad deformisanja na izlazu iz zone deformisanja (2-2),

W_σ - rad deformisanja u samoj zoni deformisanja.

Iz datih odnosa može da se dobije izraz za traženi rad aktivne aksijalne sile:

$$W_a+W_{\tau R}+W_{\tau r}+W_\sigma+W_{tv}+W_{tt} \qquad (5)$$

Svi ovi radovi se izračunavaju na osnovu elementarnog pomeranja pritisnog valjka.

Deformacioni rad se odredjuje na osnovu jednačine |2|:

$$W_\sigma = \int_V\int\int \sigma_i \cdot d\varepsilon_i \cdot dV \qquad (6)$$

Uzimajući da je $d\varepsilon_i \approx d\varepsilon_0 = \frac{r}{\rho} h_r$, $dV=\rho\cdot\alpha\cdot d\rho$, $\sigma_i=K$, i zamenom u jednačinu (6), posle integraljenja dobija se

$$W_\sigma=K\cdot\alpha\cdot r\cdot h_r \int_r^R \frac{d\rho}{\rho} = K\cdot\alpha\cdot r\cdot h_r\cdot \ln\frac{R}{r} \qquad (7)$$

Rad smičuće sile na ulazu u zonu deformisanja:

$$W_{\tau R}=\int_0^\alpha \frac{1}{2}K\cdot h_r\cdot\frac{r}{R}\,\mathrm{tg}\theta\cdot R\cdot d\theta \approx K\cdot r\cdot h_r\cdot\sin^2\frac{\alpha}{2} \qquad (8)$$

Rad smičuće sile na izlazu iz zone deformisanja:

$$W_{\tau r}=\int_0^\alpha \frac{K}{2}\cdot r\cdot h_r\cdot\mathrm{tg}\theta\cdot d\theta \approx K\cdot r\cdot h_r\cdot\sin^2\frac{\alpha}{2} \qquad (9)$$

Pri pomeranju pritisnog valjka za veličinu h, element pripremka se pomeri u smeru

kretanja pritisnog valjka za veličinu $h_\rho = \frac{r}{\rho} \cdot h_r$, i sila trenja ima suprotan smer od smera materijala. Elementarni rad trenja na pritisnom valjku:

$$W_{tv} = \int_r^R \mu \cdot K \left(1 - \ln \frac{R}{\rho}\right) \frac{r}{\rho} \cdot h_r \cdot d\rho = \mu \cdot K \cdot r \cdot h_r \left(1 - \frac{1}{2} \ln \frac{R}{r}\right) \cdot \ln \frac{R}{r} \quad (10)$$

Veličina relativnog pomeranja elemenata pripremka po oblikujućem trnu odredjuje se kao razlika izmedju veličine pomeranja elementa pripremka i pomeranja pritisnog valjka:

$$h_{\rho t} = h - h = \left(\frac{r}{\rho} - 1\right) \cdot h_r \quad (11)$$

Elementarni rad sile trenja na dodirnoj površini materijala i oblikujućeg trna:

$$W_{tt} = \int_r^R \mu \cdot K \cdot h_{\rho t} \cdot d\rho = -\frac{1}{2} \mu \cdot K \cdot r \cdot h_r \left(\ln \frac{R}{r}\right)^2 \quad (12)$$

Kao što se vidi iz formule (12), rad sile trenja na površini oblikujućeg trna ima suprotan znak od rada sile trenja na površini pritisnog valjka. To znači da sila trenja na površini oblikujućeg trna olakšava proces rotacionog izvlačenja.

Stavljanjem ovih komponentnih radova u jednačinu (5), i odgovarajućim uprošćenjem dobija se:

$$W_a = K \cdot r \cdot h_r \left| \alpha \cdot \ln \frac{R}{r} + 2 \cdot \sin^2 \frac{\alpha}{2} + \mu \left(1 - \ln \frac{R}{r}\right) \cdot \ln \frac{R}{r} \right| \quad (13)$$

Ako se sa σ_z označi napon u pravcu ose z, a koji deluje u zidu deformisanog dela, tada se elementarni rad aktivne aksijalne sile na pomeraju h pritisnog valjka, može dati jednačinom:

$$W_a = \sigma_z \cdot r \cdot \sin\alpha \cdot \frac{\alpha}{\sin\alpha} \cdot h_r = \sigma_z \cdot r \cdot \alpha \cdot h_r \quad (14)$$

Zamenom jednačine (14) u jednačinu (13) ima se da je:

$$\sigma_z = K \cdot \left| \ln \frac{R}{r} + 2 \cdot \frac{\sin^2 \frac{\alpha}{2}}{\alpha} + \frac{\mu}{\alpha} \left(1 - \ln \frac{R}{r}\right) \ln \frac{R}{r} \right| \quad (15)$$

Kako ugao α nema veliku vrednost, to se može uzeti da je $\alpha * \sin\alpha = 2 \sin \frac{\alpha}{2} \cdot \cos \frac{\alpha}{2} \approx 2 \sin \frac{\alpha}{2}$, pa se dobija:

$$\sigma_z = K \cdot \left| \ln \frac{R}{r} + \sin \frac{\alpha}{2} + \frac{\mu}{2 \sin \frac{\alpha}{2}} \left(1 - \ln \frac{R}{r}\right) \cdot \ln \frac{R}{r} \right| \quad (16)$$

Bez veće greške može se uzeti da je $\sin \frac{\alpha}{2} \approx \frac{\alpha}{2}$, pa formula (16) dobija oblik:

$$\sigma_z = K \cdot \left| \ln \frac{R}{r} + \frac{\alpha}{2} + \frac{\mu}{\alpha} \left(1 - \ln \frac{R}{r}\right) \cdot \ln \frac{R}{r} \right| \quad (17)$$

Odnos radujusa na granicama zone deformisanja jednak je odnosu početne i krajnje debljine dela:

$$\frac{R}{r} = \frac{s_o}{s_1} \quad (18)$$

Zamenom odnosa (18) u jednačinu (17), dobija se izraz za odredjivanje napona u pravcu ose z:

$$\sigma_z = K \cdot \left| \ln \frac{s_o}{s} + \frac{\alpha}{2} + \frac{\mu}{\alpha} \left(1 - \ln \frac{s_o}{s_1}\right) \ln \frac{s_o}{s_1} \right| \quad (19)$$

Pri rotacionom izvlačenju cilindričnih delova sa redukcijom, srednji prečnici cilindra po pojedinim operacijama su približno isti, pa je deformacija po prečniku (tangencijalna deformacija) jednaka nuli.

U toku procesa vrši se redukcija po debljini, pa je glavna logaritamska deformacija jednaka:

$$\varphi = \ln \frac{s_o}{s_1} \quad (20)$$

Deformacija poprečnog preseka (kontrakcija) se može izraziti pomoću koeficijenta redukcije debljine zida:

$$\psi = \frac{A_o - A_1}{A_o} = \frac{s_o - s_1}{s_o} = 1 - \frac{s_1}{s_o} = 1 - m_s = \varepsilon_s \quad (21)$$

gde je:

A_o - površina početnog poprečnog preseka,

A_1 - površina poprečnog preseka posle deformisanja,

$m_s = \frac{s_1}{s_o}$ - koeficijent redukcije debljine zida,

ε_s - relativna deformacija po debljini.

Pri ovom procesu deformisanja, očvršćavanje se računa preko stepena deformisanja preseka (ψ) i to korišćenjem krive drugog reda u linearnom obliku.

$$K = K(\psi) = \frac{\sigma_m}{(1 - \psi_m)^2} (1 - 2\psi_m) + \frac{\sigma_m}{(1 - \psi_m)^2} \cdot \psi \quad (22)$$

U izrazima za aksijalni napon σ_z operiše se sa srednjim specifičnim deformacionim otporom:

$$K_{sr} = \frac{K_o + K_1}{2} \quad (23)$$

gde je:

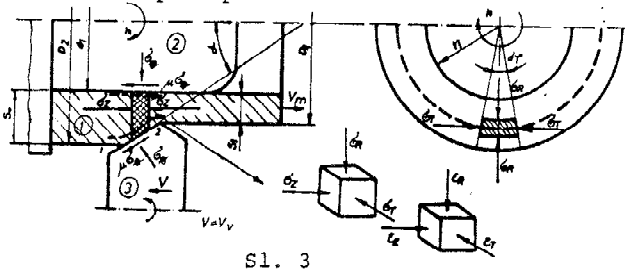
$K_o = K(\psi = 0)$ - specifični deformacioni otpor materijala pre deformisanja,

$K_1 = K(\psi_1)$ - specifični deformacioni otpor materijala pri stepenu deformisanja preseka u dotičnoj operaciji (ψ_1).

2.1 Suprotnosmerni postupak

Analiza napona i deformacija kod suprotnosmernog postupka može se sprovesti na isti način kao i kod istosmernog postupka. Ovde će će se dati samo razlike koje postoje, a koje proističu iz prirode samo procesa.

Na slici 3 dati su rasporedi napona i deformacija u zoni deformisanja (1-2) za suprotnosmerni postupak.



Sl. 3

Rad aktivnih sila, pri suprotnosmernom postupku, kao zbir komponentnih radova daje se u obliku:

$$W_a = W_{\tau R} + W_{\tau r} + W_\sigma + W_{tv} + W_{tt} \qquad (24)$$

Komponentni radovi $W_{\tau R}$, $W_{\tau r}$, W_σ i W_{tv} su kao i kod istosmernog postupka i dati su jednačinama (7), (8), (9) i (10).

Normalni napon, na kontaktnoj površini izmedju materijala i oblikujućeg trna, odredjuju se zanemarivanjem tangencijalnih napona(sl.1). Materijal u zoni deformisanja teče u suprotnom smeru od smera kretanja pritisnog valjka (sl.3). Samim tim, sila trenja koja se javlja na kontaktnoj površini, otežava proces deformisanja, odnosno rad sile trenja ima pozitivan znak.

Prema jednačini (12) rad sile trenja na kontaktnoj površini izmedju materijala i oblikujućeg trna je oblika:

$$W_{tt} = \frac{1}{2}\mu \cdot K \cdot r \cdot h_r \cdot \left(\ln \frac{R}{r}\right)^2 \qquad (25)$$

Unoseći izraze za komponentne radove (7) (8), (9), (10) i (25) u jednačinu (24), i odgovarajućom transformacijom, dobija se:

$$W_a = K \cdot r \cdot h_r \cdot \left(\alpha \cdot \ln \frac{R}{r} + 2 \cdot \sin^2 \frac{\alpha}{2} + \mu \cdot \ln \frac{R}{r}\right) \qquad (26)$$

Normalni napon σ_z u pravcu ose z iznalazi se iz jednakosti radova prema jednačinama (26) i (14):

$$\sigma_z = K\left(\ln \frac{R}{r} + 2 \cdot \frac{\sin^2 \frac{\alpha}{2}}{\alpha} + \frac{\mu}{\alpha} \ln \frac{R}{r}\right) \qquad (27)$$

Uzimajući da ugao nema veliku vrednost, i da je $\frac{R}{r} = \frac{s_o}{s_1}$, to jednačina (27) dobija konačan oblik:

$$\sigma_z = K_{sr} \cdot \left(\ln \frac{s_o}{s_1} + \frac{\alpha}{2} + \frac{\mu}{\alpha} \ln \frac{s_o}{s_1}\right) \qquad (28)$$

Deformacije pri suprotnosmernom postupku, kao i srednji specifični deformacioni otpor K_{sr} odredjuje se na istovetan način kao i za istosmerni postupak.

Analizirajući izraze za napone kod istosmernog (19) i suprotnosmernog (28) postupka, može se doći do zaključka da se pri izradi istih delova javljaju veći naponi kod suprotnosmernog postupka. Razlog tome je što se pri suprotnosmernom postupku na kontaktnoj površini izmedju materijala i oblikujućeg trna, javlja sila trenja koja otežava proces deformisanja.

3. ODREDJIVANJE KOMPONENTNIH SILA NA OSNOVU NAPONA

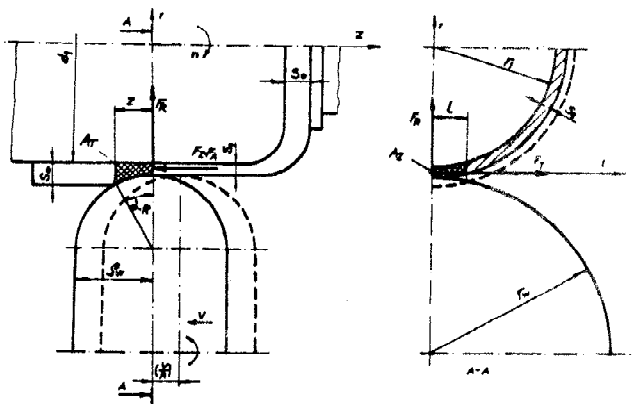
Na osnovu jednačine za aksijalni napon (19) i prirode samog procesa deformisanja, može se zaključiti da se napon σ_z ne menja u toku procesa deformisanja. Samim tim ostala dva napona σ_R i σ_T, kao i sile pri deformisanju, imaju konstantnu vrednost, što je i eksperimentalno potvrdjeno (sl.5) |3| ,|4| .

Aksijalna komponenta sile deformisanja data je u obliku

$$F_A = F_Z = \sigma_Z \cdot A_Z \qquad (29)$$

gde je:

A_Z - površina koja učestvuje u prenosu aksijalne sile (slika 4)



Sl. 4

$$A_Z = \sqrt{\frac{d_1 \cdot d_w}{d_1 + d_w}} \cdot \left(\frac{v}{n}\right) \cdot s_1 \qquad (30)$$

Koristeći približan uslova plastičnosti, dobija se izraz za radijalni napon

$$\sigma_R=\sigma_Z + 1{,}15\cdot K_{sr} \qquad (31)$$

Ako se uzme da je pritisnuta površina u radijalnom pravcu |3|

$$A_R=\sqrt{\frac{d_1\cdot d_w}{d_1+d_w}}\cdot\left(\frac{v}{n}\right)\cdot tg\,\frac{\alpha_R}{2}\cdot\rho_w\cdot\sin\alpha_R \qquad (32)$$

gde je:

d_1 - prečnik oblikujućeg trna,

d_w - prečnik pritisnog valjka,

$\left(\frac{v}{n}\right)$ - korak pritisnog valjka,

ρ_w - radijus vrha pritisnog valjka,

α_R - ugao dat jednačinom $\alpha_R=\arccos\frac{\rho_w+s}{\rho_w+s_o}$

onda je radijalna komponenta sile rotacionog izvlačenja:

$$F_R=\sigma_R\cdot A_R \qquad (33)$$

Ako se uzme da se pri deformisanju javlja ravansko deformaciono stanje, to se dobija izraz za tangencijalni napon u obliku:

$$\sigma_T=\frac{\sigma_Z+\sigma_R}{2} \qquad (34)$$

Tangencijalna komponenta sile je tada:

$$F_T=\sigma_T\cdot A_T \qquad (35)$$

gde je:

$$A_T=\frac{1}{2}(s_o+s_1)\cdot\rho_w\cdot\sin\alpha_R \qquad (36)$$

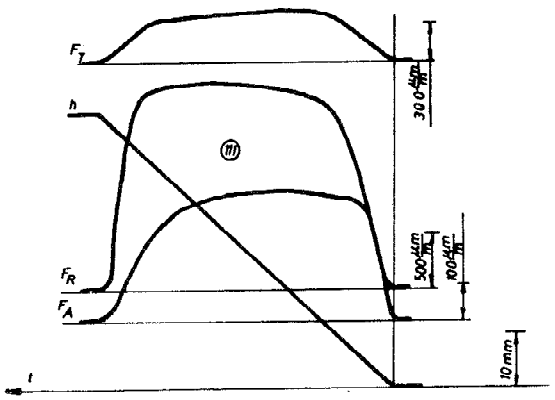
4. EKSPERIMENTALNA ISPITIVANJA

U cilju verifikacije ispravnosti dobivenih izraza, sprovedena su odgovarajuća eksperimentalna ispitivanja procesa rotacionog izvlačenja. Eksperimentalna ispitivanja procesa vršena su na mašini za rotaciono izvlačenje HYCOFORM firme BOKÖ u fabrici plemenitih metala "Zlatara"u Majdanpeku.

Pošto pri eksperimentu nije bio dostupan fabrički dinamometar, to je konstruisan specijalni trokomponentni dinamometar na bazi mernih traka |3|. Za registrovanje hoda (puta) pritisnog valjka korišćen je induktivni snimač hoda tipa W 100. Za pojačavanje mernih signala korišćen je petokanalni pojačivač (TIP KWS/6A).Zapisivanje komponentnih sila (F_R,F_A i F_T) i hoda pritisnog valjka, u funkciji od vremena, vršeno je desetokanalnim oscilografom (TIPA Fl6U) na specijalnom foto papiru. Ove instrumente poseduje Mašinski fakultet u Nišu.

Eksperimentalna istraživanja vršena su na cilindričnim delovima od aluminijuma Al 99,5 i od bakra. Debljina zida cevi je bila 6 mm,a prečnik oblikujućeg trna d_1=100 mm. Broj obrtaja glavnog vretena n=500 o/min, a koraci pritisnog valjka su 0,204; 0,086 i 0,364 mm/ob. Pritisni valjak, sa kojim je izveden eksperiment ima spoljašni prečnik d_w=250 mm i radijus pri vrhu ρ_w=12 mm, a proizvod je firme BOKÖ. Kao sredstvo za podmazivanje korišćena je mešavina loja i ulja (SAE 30), u odnosu 1:2.

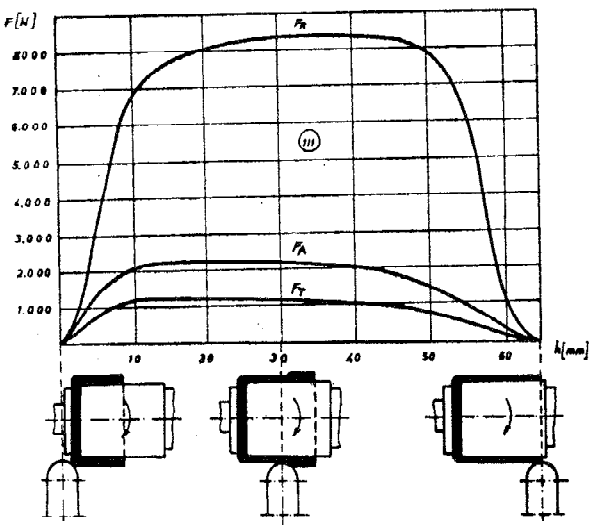
Na slici 5 dat je snimljeni dijagram komponentnih sila i hoda pritisnog valjka u



Sl.5

funkciji od vremena za rotaciono izvlačenje cilindričnog dela sa redukcijom debljine zida (uzorak lll) |3|.

U cilju jasnijeg sagledavanja toka promena komponentnih sila, daje se dijagram komponentnih sila u funkciji od hoda pritisnog valjka (sl.6).



Sl. 6

Analizirajući snimljene dijagrame može se zaključiti:

- pritisni valjak se tokom procesa kreće konstantnom brzinom, što se odražava pravom linijom na dijagramu;
- sve tri komponente tokom ustaljenog procesa zadržavaju približno konstantnu vrednost.

5. ZAKLJUČAK

Na osnovu rezultata dobijenih teorijskim razmatranjem i eksperimentalnim ispitivanjem, može da se konstatuje sledeće:

- vrednosti komponentnih sila (F_A, F_R i F_T), odredjene teoriskom analizom i izmerene u eksperimentu na dijagramu, dobro se slažu (odstupanje ne prelazi 20%);
- uzrok ovih neslaganja treba tražiti u nemogućnosti tačnog iznalaženja veličina površina koje učestvuju u prenosu odgovarajućih sila;
- kod rotacionog izvlačenja cilindričnih delova sa redukcijom debljine zida sve tri komponente sile, tokom procesa zadržavaju približno konstantnu vrednost;
- izrazi za izračunvanje komponentnih sila, koji su odredjeni na osnovu iznadjenih napona, za cilindrične delove sa redukcijom debljine zida (istosmerni i suprotnosmerni) su sveobuhvatljiviji i daju bolje rezultate, za ispitivane uslove, od izraza koji su dati u literaturi koja je bila dostupna autoru ovog rada;
- pri izradi istih delova istosmernim i suprotnosmernim veće sile se javljaju pri suprotnosmernom postupku.

Na osnovu datih razmatranja, predloženi izrazi mogu da se koriste pri rešavanju problematike rotacionog izvlačenja cilindričnih delova sa redukcijom debljine zida.

LITERATURA

|1| Storožev Mihail Vasiljevič; Popov Evgenij Aleksandrovič, Teorija obrabotki metallov davljenijem,IV - izrdanje N^{O} 873, Moskva, "Mašinostroeniie", 1977, 423.

|2| Musafija Binko, Primenjena teorija plastičnosti, II, Sarajevo, Univerzitet u Sarajevu, 1974, 312.

|3| Lazarević Dragoljub, Magistarski rad,Niš, Mašinski fakultet, 1983, 193.

|4| Hans - Jürgen Dreikandt, Untersuchungen über das Drück walzen zylindrischer Hohekörper und Beitrag der gedrückten Fläche und der Kräfte, 24, Stuttgart, 1973,200.

D.Lazarević

THE STRESS-STRAIN STATE AND FORCES IN ROTATIONAL DRAWING OF CYLINDRICAL PARTS WITH THE REDUCTION IN WALL THICKNESS

Abstract

An analysis is presented in this paper of the stress and strain state, and of forces in rotational drawing of cylindrical parts with the reduction in wall thickness.The method of equality of work of the external and internal forces has been employed in the stress analysis. On the basis of the determined stresses, components of the force in the deformation zone have been determined.In order to verify the obtained expressinos, deagrams of variation of the component forces were recorded by means of a three-component dynamometer.

XIX SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE
Kragujevac, septembar 1985.

ISPITIVANJE POSTOJANOSTI I POUZDANOSTI MATRICA OD TVRDOG METALA PRI IZVLAČENJU BAKARNE ŽICE

M. Božić, Tehnički fakultet, Bor
M. Dinić, Tehnički fakultet, Bor

REZIME

U radu se iznose rezultati ispitivanja pouzdanosti i postojanosti matrica od tvrdog metala pri izvlačenju bakarne žice. Odredjena je korelacija izmedju veličine prečnika izvučene žice i postojanosti matrica. Ispitivanja su vršena u pogonskim uslovima.

ELEMENTI I USLOVI ISPITIVANJA

Osnovni elementi i uslovi ispitivanja dati su u tabeli 1. Ispitivana je postojanost i pouzdanost jedne familije matrica od tvrdog metala sa 12 veličina nominalnog prečnika u dijapazonu od 1,55 mm do 7,00 mm, pri izvlačenju bakarne žice. Bakarna žica je pretnodno dobijena kontinuiranim livenjem Dip forming postupkom sa preko 99,995 % Cu. Livenjem je dobijena žica prečnika 16 mm. Posle livenja žica je bila podvrgnuta izvlačenju a potom žarenju.

Tabela 1

Nominalni prečnik matrice d /mm/	Broj matrica u uzorku N	Brzina izvlačenja v /m/s/	Stepen deformacije ε /%/
1,55	60	21,452	20,6
1,74	60	17,025	20,4
1,95	60	13,555	20,7
2,19	60	10,749	20,7
2,46	60	8,517	21,1
2,77	60	6,717	20,7
3,11	60	5,327	21,0
3,50	60	4,204	28,9
4,15	60	2,990	29,4
4,94	60	2,110	29,4
5,88	60	1,489	29,4
7,00	60	1,051	23,4

Za svaki prečnik matrice, ispitan je uzorak od 60 matrica. Matrice su od tvrdog metala, sinterovanih karbida volframa i kobalta. (Karbidi volframa 97÷85 %, kobalt 3÷15 %.) Ugao radnog konusa matrice bio je $2\alpha=18^0$ (kod matrica do 3,50 mm), i $2\alpha=20^0$ (kod matrica preko 3,50mm).

Izvlačenje na svim matricama obavljano je istovremeno na istoj mašini DH 5÷8. Mašina je sa klizanjem za grubo izvlačenje žice.

Za podmazivanje je korišćena emulzija ulja MULTIDRAW V 9800 i vode. Procenat ulja u emulziji je bio 10÷12 %. Radna temperatura emulzije je bila 30÷40 ^{0}C. Vrednost pH 8÷9.

Stepen deformacije pri izvlačenju na matricama pojedinih prečnika je

$$\varepsilon = \frac{Ao - A}{Ao} = \frac{do^2 - d^2}{do^2} \qquad (1)$$

Ovde su:

Ao, A - površine poprečnog preseka žice pre i posle izvlačenja;

do, d - prečnici žice pre i posle izvlačenja.

Kriterijum otkaza je pohabanost matrice. Ona se odredjuje vizuelnim pregledom i kontrolom prečnika izvučene žice.

REZULTATI ISPITIVANJA

U tabeli 2 date su srednje vrednosti za postojanost matrica izražene u masi izvučene žice sa pokazateljima dispersije. Na osnovu datih podataka, lako je izračunati i postojanost izraženu u vremenu rada matrice.

Tabela 2

Nominalni prečnik matrice d /mm/	Srednja vrednost mase izvučene žice m /10^3 kg/	Standardna devijacija σ/10 kg/	Koeficijent varijacije V=100σ/m %
1,55	11,87	5,64	47
1,74	12,13	6,61	54
1.95	12,46	6,36	51
2,19	12,81	6,05	47
2,46	13,51	7,19	53
2,77	13,42	7,15	53
3,11	13,61	7,36	54
3,50	13,78	7,55	55
4,15	14,05	7,50	53
4,94	13,86	7,66	55
5,88	14,42	7,61	53
7,00	13,79	7,54	55

Za pojedine prečnike matrica, odredjene su karakteristike pouzdanosti. Tako naprimer, za matrice prečnika 1.55 mm ove karakteristike su (sl. 1):

funkcija otkaza

$$F(x) = 0,5 + \Phi\left(\frac{x - 10,8571}{4,3072}\right) \qquad (2)$$

(normalna raspodela),

funkcija pouzdanosti

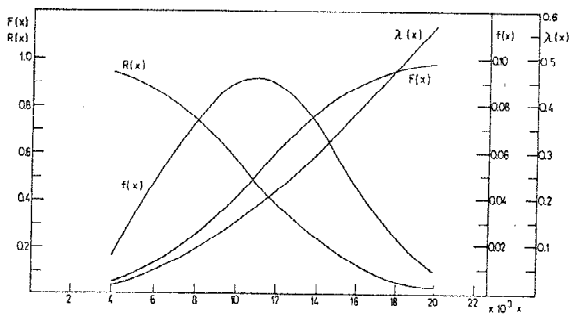
$$R(x) = 1 - F(x), \qquad (3)$$

funkcija gustine

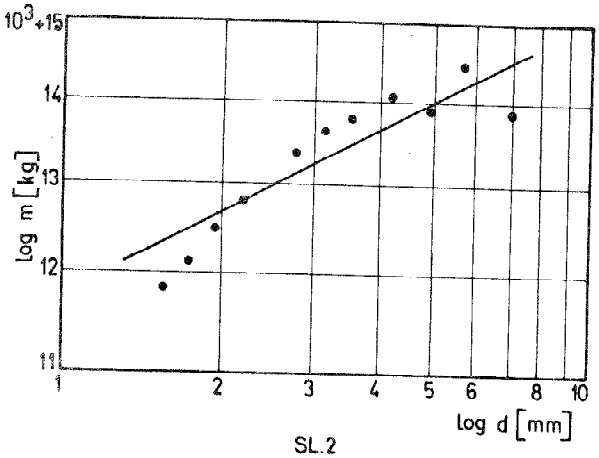
$$f(x) = 0,0926\, e^{-\frac{(x - 10,8571)^2}{37,1039}}, \qquad (4)$$

intenzitet otkaza

$$\lambda(x) = \frac{f(x)}{R(x)}. \qquad (5)$$



Sl.1. Karakteristike pouzdanosti matrice d 1.55 mm:
x/kg/- masa izvučene žice, F(x)-funkcija otkaza, R(x)-funkcija pouzdanosti, f(x)-funkcija otkaza, $\lambda(x)$- intenzitet otkaza



SL.2

Umesto vremena t, što je uobičajeno, iz praktičnih razloga, promenljiva x predstavlja masu izvučene žice.

Izmedju prečnika matrice (d) i njene postojanosti, izražene preko srednje vrednosti mase izvučene žice (m), utvrdjen je visok stepen korelacije. Metodom najmanjih kvadrata utvrdjena je funkcija korelacije u obliku potencijalnog trenda

$$m = 11,776\, d^{0,108} \qquad (6)$$

sa visokim indeksom krivolinijske korelacije $\rho = 0,87$ (sl. 2).
Slični rezultati dobijeni su i pri ispitivanju pouzdanosti i postojanosti dijamantskih matrica prečnika od 1,5 do 0,08 mm /1/, kao i pri odgovarajućem ispitivanju matrica od tvrdog metala pri grubom izvlačenju bakarne žice prečnika iznad 8 mm /2/.

ZAKLJUČAK

Na osnovu ispitivanja u pogonskim uslovima, na velikim uzorcima, dobijeni su podaci o pouzdanosti i postojanosti matrica od tvrdog metala pri izvlačenju bakarne žice u datim uslovima. Utvrdjen je visok stepen korelacije izmedju prečnika matrice i njene postojanosti, izražene u masi izvučene žice, u vidu potencijalnog trenda.

LITERATURA

1. Božić M., Ispitivanje pouzdanosti i postojanosti dijamantskih matrica pri izvlačenju bakarne žice, Obrada deformisanjem u mašinstvu, 9 (1984) 1, spec. izdanje, 275-279
2. Božić M. i dr., Ispitivanje pouzdanosti i postojanosti matrica pri grubom izvlačenju bakarne žice, Zbornik saopštenja XVI Oktobarskog savetovanja, Bor, 1984, 631-634

M.Božić, M.Dinić

INVESTIGATION OF TOOL LIFE AND RELABILITY OF CARBIDE DIES FOR COPPER WIRE DRAWING

Abstract

Presented in the paper are the results of investigation of reliability and life carbide dies for copper wire drawing.Correlation is determined between the value of the drawn wire diameter and die life.The experiments were performed in the production conditions.

XIX SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE

Kragujevac, septembar 1985.

UTICAJ GEOMETRIJSKOG OBLIKA GLAVE ŽIGA NA HABANJE CILINDRIČNOG DELA GLAVE ŽIGA

Č. Veselinović, Metalopreradjivačka industrija
"Bane Sekulić", Sombor

R E Z I M E

U ovom radu se istražuje uticaj faktora koji reprezentuju geometriju glave žiga, na proces habanja cilindričnog dela glave žiga. Faktori koji reprezentuju geometrijski oblik glave žiga namenjenog za hladno zapreminsko suprotnosmerno istiskivanje su ugao vrha žiga α, prečnik zatupljenja vrha žiga d i širina cilindričnog dela L. Ako analiziramo preporučene vrednosti ovih faktora tada nemožemo biti zadovoljni jer primenom preporučenih ekstremnih vrednosti razlika u habanju je višestruka što je nakon obrade rezultata eksperimenta i potrvdjena.

Rezultati eksperimenta su obradjeni na računaru a dobijena jednačina nakon obrade rezultata je prikazana u trodimenzijalnom prostoru. Ovakvo prikazivanje je od značaja za uočavanje karaktera stohastičke veze izmedju habanja cilindričnog dela glave žiga i analiziranih uticajnih faktora.

1. Definisanje problematike

Hladno zapreminsko oblikovanje se razvija u više pravaca dok jedan od razvojnih pravaca je izrada izradaka čije su dimenzije tolerisane užim tolerantnim poljem. Jedan od faktora koji utiče na promenu dimenzija izratka je habanje vitalnih elemenata alata: matrica, tiskača, žigova i drugih vitalnih elemenata u toku eksploatacije. Od ovih elemenata najbrže se habaju žigovi koji služe za formiranje odgovarajućih rupa u izratku, tehnologijom suprotnosmernog istiskivanja. To su izratci za automobilsku i vojnu industriju, industriju gradjevinskog i nameštajnog okova. Imajući u vidu da se radi o masovnoj proizvodnji eksploatacija žiga se vrši na specijalnim visokoproduktivnim automatima gde habanje posebno dolazi do izražaja. U cilju smanjenja ovog habanja vrše se istraživanja u sledećim pravcima:

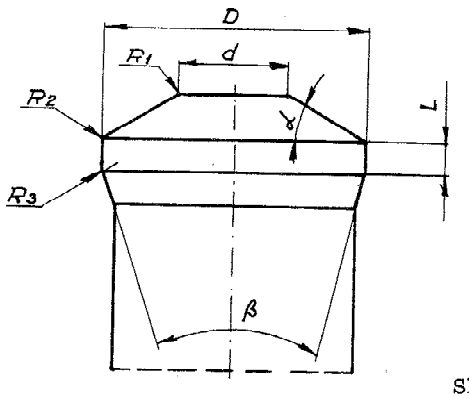
- istraživanje uticaja geometrijskog oblika glave žiga na habanje cilindričnog dela glave žiga
- istraživanje tehnologije termičke obrade u cilju smanjenja habanja žiga
- istraživanje tehnologije površinskog ojačavanja
- istraživanja u pravcu novih materijala
- istraživanja u pravcu novih koncepcija konstrukcija žiga

U ovom radu se istražuje uticaj geometrijskog oblika glave žiga na proces habanja cilindričnog dela glave žiga.

Faktori koji definišu geometrijski oblik glave žiga su:

- radijusi R_1, R_2, R_3
- prečnik glave žiga D
- prečnik zatupljenja vrha glave žiga d
- dužina cilindričnog dela glae žiga L
- ugao vrha žiga α i
- ugao β

Svi ovi faktori su prikazani na slici 1, dok faktori koji reprezentuju geometrijski oblik glave žiga su α, d i L.



Sl. 1

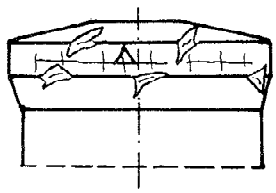
Promenom geometrije glave žiga naponsko stanje u žigu, matrici i obratku se menja što znači da dolazi do povećanog odnosno smanjenog kontaktnog pritiska izmedju zida matrice i cilindričnog dela glave žiga /1,2,3/. Ovaj pritisak se povećava ukoliko je prečnik zatupljenja vrha glave žiga veći i ukoliko je ugao α manji. Ovako povećan pritisak doprinosi bržem habanju cilindričnog dela glave žiga. Na osnovu dosadašnjeg rada /4/ relevantni faktori geometrijskog oblika glave žiga na proces habanja cilindričnog dela glave žiga su: ugao α , prečnik zatupljenja d i dužina cilindričnog dela L .

Preporučene vrednosti ovih faktora /5,6,7/ čiji će se uticaj na habanje glave žiga istraživati kreću se u granicama:

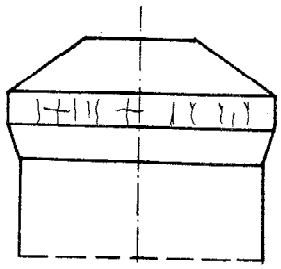
- ugao $\alpha = 7^0 - 30^0$
- $d = D - 2R_1 + (0,2 - 0,3)\ D$
- $L = (0,3 - 0,7)\ D$

Odredjivanje uticaja ovih faktora na habanje cilindričnog dela glave žiga je bitno iz razloga što se :

- pri primeni jednih ekstremnih vrednosti tj. $\alpha = 7^0$, $d = D - 2R_1 + 0,3\ D$ i $L = 0,7\ D$ habanje se odvija krzanjem što je prikazano na slici 2a, dok pri primeni drugih ekstremnih vrednosti habanje se odvija ravnomerno što je prikazano na slici 2b.



Sl.2a



Sl. 2b

Na osnovu dosadašnjeg istraživanja /4/ prvo se pojave uzdužni tragovi, i što je ugao α manji a prečnik zatupljenja d veći pre će se pojaviti poprečni trag Sl. 2a a zatim i krzanje.

Značaj ovog problema ogleda se u tome što se ovi tmovi pretežno primenjuju na automatskim višepozicionim presama, a pojavom krzanja žig se lomi, transportuje u sledeće faze i izaziva lom ostalih alata u tim fazama.

Za razliku od ovog habanja ravnomerno habanje omogućuje posle kojeg broja deformisanih obradaka preventivno žig treba isključiti iz eksploatacije.

Dosadašnja istraživanja geometrijskog oblika glave žiga /1,5,6,7,8/ uglavnom nas upućuju na primenu jednačina na osnovu kojih se nemože odrediti kako faktori α , d, L i njihovo medjudejstvo utiče na habanje cilindričnog dela glave žiga. Primenom preporučenih jednačina dobija se široko polje faktora što se posebno odražava na habanje glave žiga, jer na primer habanje cilindričnog dela glave žiga pri primeni ugla $\alpha = 30^0$ je za pet do sedam puta sporije u odnosu na primenjeni ugao $\alpha = 7^0$.

Razlika u ovim rezultatima nas upućuje na suptilnu analizu i istraživanje na osnovu kojeg treba odrediti habanje u funkciji faktora α , d, L i njihovog medjudejstva. Habanje će se izraziti preko broja obradaka za odredjenu ishabanost žiga, dok karakter stohastičke veze će se odrediti pomoću planiranog eksperimenta.

2. Izbor okvira ispitivanja faktora α ,d i L

Promenom geometrije glave žiga sigurno će se menjati tenzor naponskog stanja u obratku tj. komponente koje utiču na početak i kraj plastičnog tečenja.

Promenom ugla α do vrednosti $\alpha = 0^0$ ili povećanjem prečnika d hidrostatički

pritisak u zoni prelaska materijala iz dna u zid će se povećavati. Ovako povećanje hidrostatičkog pritiska nepovoljno utiče na opterećenje alata i na habanje žiga.

Što se tiče trećeg faktora L njegovim povećanjem povećava se i trenje izmedju obratka i cilindrične površine glave žiga. Ovako povećanje trenja utiče na povećanje temperature što doprinosi intenzivnijem habanju. Prekomernim smanjenjem trećeg faktora cilindrični deo glave žiga se takodje brzo haba.

U ovom eksperimentu granične vrednosti ovih faktora, za isti stepen deformacija biće tako postavljene da obuhvataju preporučene geometrije.

Vrednosti ovih faktora koji se analiziraju prikazani su u tabeli T_1.

T_1

Redni broj	Kod	α °	d (mm)	L (mm)
		X_1	X_2	X_3
1	1	42°	8.72	1.9
2	0	11°13' 8"	3.462	0.435
3	-1	3°	1.372	0.1

Ovaj trofaktorni eksperiment ispitivaće se po ortogonalnom planu $2^3 + 4$. Plan matrica /9,10,11/ po kojoj će se izvoditi ovaj eksperiment prikazana je u tabeli T_2.

T_2

Red. br.	X_0	X_1	X_2	X_3	X_1X_2	X_1X_3	X_2X_3	$X_1X_2X_3$	N
1	1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	
2	1	1	-1	-1	-1	-1	1	1	
3	1	-1	1	-1	-1	1	-1	1	
4	1	1	1	-1	1	-1	-1	-1	
5	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	
6	1	1	-1	1	-1	1	-1	-1	
7	1	-1	1	1	-1	-1	1	-1	
8	1	1	1	1	1	1	1	1	
9	1	0	0	0	0	0	0	0	
10	1	0	0	0	0	0	0	0	
11	1	0	0	0	0	0	0	0	
12	1	0	0	0	0	0	0	0	

Na osnovu plana matrice prikazane u tabeli T_2 proizvedeno je devet vrsta žigova sa odgovarajućim geometrijama što je prikazano u tabeli T_3.

T_3

Red. br.	X_1 °	X_2 mm	X_3 mm
1	3°	1.375	0.1
2	42°	1.375	0.1
3	3°	8.720	0.1
4	42°	8.720	0.1
5	3°	1.375	1.9
6	42°	1.375	1.9
7	3°	8.72	1.9
8	42°	8.72	1.9
9	11°13' 6"	3.462	0.435

X_i - kodirane vrednosti eksperimenta

3. Postavljanje matematičkog modela

Iz dosadašnjeg iskustva i menjanja faktora u okviru izvodjenja predeksperimenta uočeno je da model nije linearnog oblika. Iz tog razloga matematički model koji treba da reprezentuje uticaj analiziranih faktora na proces habanja je pretpostavljen, i ima oblik dat jednačinom jedan.

$$N = C \cdot \alpha^{C_1} \cdot d^{C_2} \cdot L^{C_3} \quad \ldots\ldots \quad 1$$

α, d i L - analizirani faktori
C, C_1, C_2, C_3 - konstante
N - broj izradaka dobijen matematičkim modelom

4. Izvodjenje eksperimenta

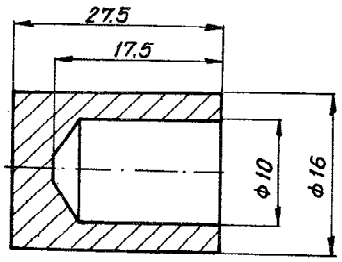
Da bi se dobio tačan uticaj ispitivanih faktora na proces habanja potrebno je druge uticajne faktore svesti na konstantne vrednosti. Faktori koji su svodjeni na konstantne vrednosti su:

- tvrdoća žigova, osrednja vrednost je iznosila 62,5 HRC
- obradivost materijala pri σ_v = 27,50 (KN/cm^2) i σ_m = 45,5 (KN/cm^2) iznosila je 0,6
- oblik bazne površine obratka iz faze i odgovarao je geometrijskom obliku glave

žiga u fazi i+1.

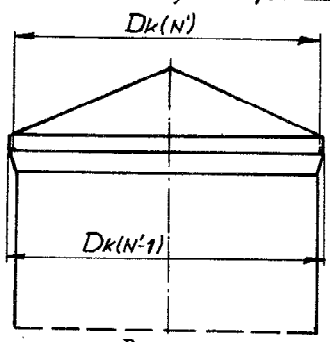
Eksperiment je izveden na petopozicionoj kolenastoj horizontalnoj presi koja ima 55 udaraca u minuti.

Žig koji je bio podvrgnut ispitivanju nalazio se u četvrtoj fazi nepokretnog dela mašine a dimenzije obratka su prikazane na slici 3.



Sl. 3

Da bi se ocenila ishabanost žiga uziman je prvi a zatim svaki 500 - ti uzorak od pet elemenata. Žig se smatrao ishabanim kada se cilindrični deo glave žiga slika 4. ishabao za vrednost Δf_k = 0,06 mm.



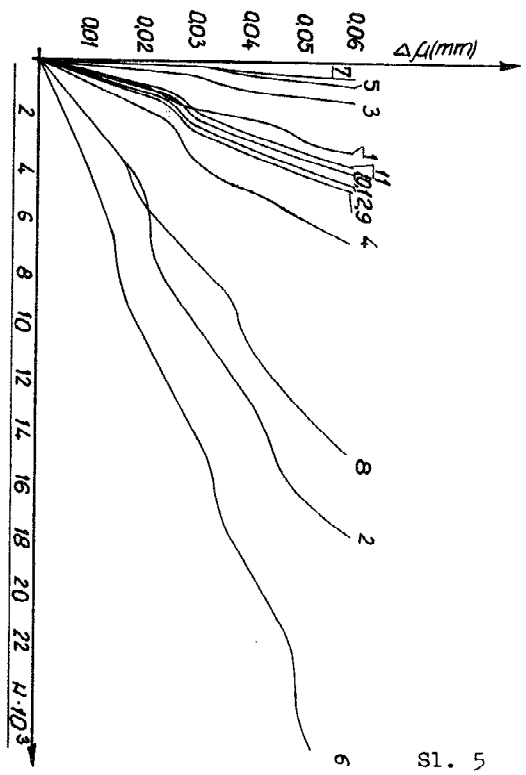
Sl. 4

$$\Delta f_k = \frac{D_{K(N'-1)} - D_{K(N')}}{2} \quad \ldots\ldots \quad 2$$

K - redni broj vrste žiga
N'- redni broj uzorka

Za obradu rezultata eksperimenta uziman je broj deformisanih obradaka za ishabanost cilindričnog dela glave žiga Δf_k= 0,06 mm. U toku eksperimenta obratci su premeravani na projektoru a pri tome su uvećavani 20 puta.

Rezultati eksperimenta su prikazani na slici 5.



Sl. 5

Sa slike 5 može se uočiti da posle odredjene ishabanosti habanje žiga se znatno usporava da bi se zatim proces nastavio istom brzinom. Osim toga može se uočiti da žigovi sa različitim faktorima α, d i L tabela T_3 daju različit broj obradaka uz istu ishabanost od 0,06 mm.

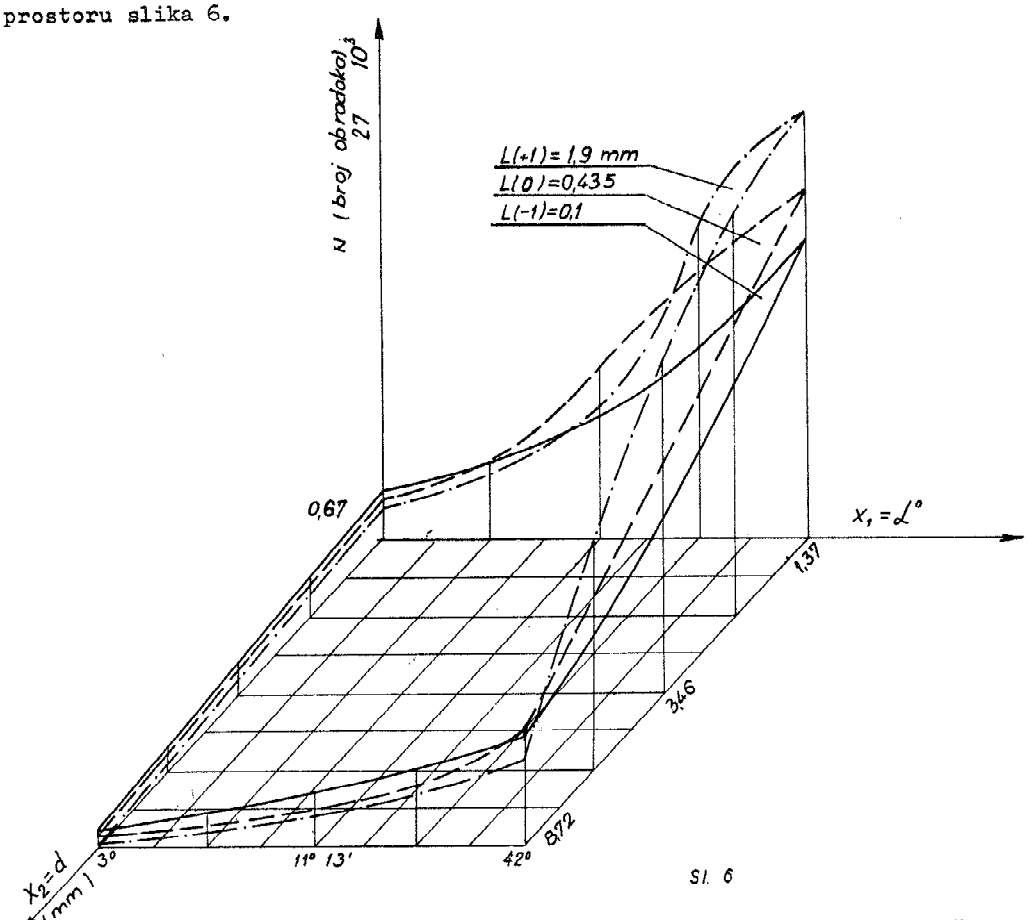
5. Obrada rezultata eksperimenta

Obrada rezultata eksperimenta se vrši po programu datom u radu /4/ za trofaktorni plan sa četiri ponavljanja u centralnoj tački. Nakon obrade rezultata eksperimenta dobijena je jednačina 3.

$$N = 39815 \cdot \alpha^{1.16} \cdot d^{-0,38} \cdot L^{0,159} \cdot \exp(-0,062 \cdot \mathrm{Ln}\,\alpha \cdot \mathrm{Ln}\,d + 0,219\,\mathrm{Ln}\,\alpha \cdot \mathrm{Ln}\,L + 0,09\,\mathrm{Ln}\,d \cdot \mathrm{Ln}\,L \quad \ldots\ldots \quad 3$$

Postavljeni matematički model, jednačina 1 je adekvatan a parametri funkcije reagovanja signifikantni.

Da bi se bolje uočio karakter stohastičke veze ova jednačina će se prikazati u trodimenzionalnom prostoru slika 6.



Sl. 6

Analizom karaktera stohastičke veze, jednačina 3 može se uočiti da najveći uticaj na habanje ima ugao α i to sa eksponentom 1,16, zatim dužina cilindričnog dela L sa eksponentom 0,159 dok prečnik zatupljenja eksponentom - 0,38. Što se tiče medjudejstva ona se jasno vidi iz jednačine 3.

Na osnovu analize uočeno je da se žig najmanje haba kada mu je geometrija definisana vrednostima faktora $\alpha = 42^{\circ}$, d = 1,372 mm i L = 1,9 mm. Vrednosti ovih faktora važe za navedeni stepen deformacije i dimenzije žiga /4/.

Ovako primenjenom geometrijom dobija se i do 40 puta više uradjenih obradaka za istu vrednost ishabanosti $\Delta\mu$ = 0,06 mm u odnosu na najnepovoljniji geometrijski oblik, ali koji je bio u okviru preporučene i ispitivane geometrije.

Na osnovu izloženog može se zaključiti da se postojanost alata promenom geometrije u okviru ispitivane, može produžiti i za 40 puta zbog čega je značaj postavljenog problema opravdana.

6. Zaključak

U ovom radu je izučavan problem koji je od značaja za organizacije koje se bave proizvodnjom alata za hladno zapreminsko oblikovanje i za one koji vrše eksploataciju tih alata na jednofaznim ili pak na višefaznim presama. Osim toga što je rad praktično primenljiv rezultati ovog rada doprinose razvoju ove tehnologije na teoretskom i praktičnom polju. Nakon dosta složene pripreme eksperiment je izveden u proizvodnim uslovima dok rezultati eksperimenta su obradjeni na računaru.

Obradom rezultata eksperimenta dobijen ne karakter stohastičke veze, što omogućuje da se odredi očekivani intenzitet habanja glave žiga za usvojene vrednosti analiziranih faktora.

Imajući u vidu da je priprema eksperimenta složena i nabavna cena alata visoka dalja istraživanja bi trebalo usmeriti u sledeće pravce:

- da se na bazi suptilne analize naponskog stanja u obratku odredi karakter habanja. Tu bi posebnu pažnju trebalo posvetiti naponskom stanju u zoni prelaska materijala iz dna u zid obratka i uticaju hidrostatičkog pritiska u toj zoni na proces habanja.
- da se formiraju modeli poprečnog preseka žiga (trougaoni, kvadratni i šestougaoni) te da se habanje takvog oblika žigą ispita.
- da se ispita kako površinsko ojačavanje žiga sa aspekta termičke obrade utiče na smanjenje habanja žiga koji imaju nepovoljnu geometriju.
- da se metodom modela sličnosti /12,13/ odredi habanje drugih žigova, što isključuje eksperimentisanje za sve druge žigove i proces deformisanja koji zadovoljavaju uslove sličnosti.
- da se ispita kako geometrijski oblik obratka iz faze i utiče na habanje žigova u fazi $i+1$.

Sva ova istraživanja su od značaja jer habanje alata je jedan od najbitnijih faktora koji definišu postojanost alata u eksploataciji i koji direktno utiču na cenu izratka.

7. Literatura

/1/.G.Gentzsch Kaltstanchen Flie pressen Massivpragen Teil 1. Ubers. ichtsbericht, VDI-VERLAG DUSSELDORF 1968.

/2/.M.E.Plančak Prilog istraživanju uticaja kontaktnog trenja na napono-sko-deformaciono stanje kod suprotnosmernog istiskivanja. Zbornik radova Medjunarodnog seminara BIAM 80,Zagreb 1980.

/3/Č. Veselinović Prilog poboljšanju veka uslova obrade kod suprotnosmernog hladnog zapreminskog oblikovanja. Zbornik radova Medjunarodnog seminara BIAM 82. Zagreb 1982.

/4/. Č.Veselinović Prilog istraživanju optimalne geometrije alata pri višefaznom zapreminskom oblikovanju na automatskim mašinama. Magistarski rad, N. Sad 1984.

/5/Billigmann Felldmann Stauchen und Pressen. Carl Hanser, Munchen, 1973.

/6/.V.Vujovič Obrada deformisanjem u mašinstvu, deo I Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 1977.

/7/.B.Musafija Obrada metala plastičnom deformacijom. Svetlost,Sarajevo,1976.

/8/.O.Miklos Kepekeny Hidegalaki tas. Muszaki kunjvkiado, Budapest, 1975.

Č.Veselinović

THE INFLUENCE OF THE GEOMETRICAL SHAPE OF THE STAMP HEAD UPON THE WEAR THE CYLINDRICAL PART OF THE STAMP HEAD

Abstract

The paper reports on an investigation of the effects of the factors representing the stamp head geometry, upon the wear process of the cylindrical part of the stamp head.The factors representing the head geometry of a stamp for cold volume counter extrusion are the angle of the stamp point α, the radius of the stamp point d, and the width of the cylindrical part L. Analysing the recommended values of these factors one can not be satisfied, since the application of the recommended extreme values results in large variations in the wear, which was confirmed by the experimental results.
The results are processed on a digital computer, and the equation obtained is plotted in a three-dimensional coordinate system.Such plot is of importance for observing the character of the stochastic relationship among the wear of the cylindrical part of the stamp head, and the analysed influential factors.

XIX SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE
Kragujevac. septembar 1985.

UTICAJ CIRKONIJUM OKSIDA NA PONAŠANJE ALATNOG KOMPOZITNOG MATERIJALA FeCr12Mo4,8

D. Vukićević, Mašinski fakultet, Niš
P. Popović, Mašinski fakultet, Niš

Rezime

Rad se odnosi na uticaj cirkonijum oksida koji je korišćen kao disperziona ojačavajuća faza u kompozitnom alatnom materijalu FeCr12MO4,8 na efekte termičke obrade.
Ispitivanja pokazuju da prisustvo ZrO prouzrukuje najbolje disperzione efekte ojačavanja, uporedo pokazujuci najveću promenu tvrdoće pri termičkoj obradi alata.Ovo je korisno za eksploatacione karakteristike alata.

UVOD

U oblasti materijala za izradu alata za obradu deformisanjem u hladnom stanju koristi se veliki broj čelika sa ciljem da se dobije alat sa najpovoljnijim radnim karakteristikama. Pri tome se vodi računa o nameni alata, pa se prema tome bira ona grupacija čelika koja će najboljom kombinacijom dodatnih legirajućih elemenata i naknadnom termičkom obradom dati najpogodnija tražena svojstva za odredjenu vrstu alata. Jedan od najvažnijih problema čelika koji se koriste za izradu alata za obradu deformisanjem u hladnom stanju je postizanje kompromisa izmedju dva najvažnija zahteva, i to: odnosa tvrdoće i žilavosti. Obzirom na ove zahteve, koji se traže od alata za rad u hladnom stanju, za njihovu izradu se koriste legirani čelici. U težnji da se dobiju alati sa što boljim karakteristikama, u novije vreme se ispituju i koriste tvrde legure, metalokeramički i keramički materijali, koji se uglavnom dobijaju metodama metalurgije praha. Kako se sinterovanjem dobija sitnozrna i homogenija struktura, jer se u toku procesa sinterovanja može uticati na rast zrna, to ovako dobijeni materijali imaju daleko bolje mehaničke karakteristike. Poslednjih godina je razvijena nova vrsta materijala dobijena mešanjem metalnih prahova osnovnog metala - matrice - sa prahovima oksida, nitrida ili karbida teško topivih metala kao disperzno ojačavajućom fazom. Ovaj metod dobijanja materijala poboljšanih fizičko-hemijskih i mehaničkih karakteristika ubacivanjem uključaka nemetalne faze u metalnu matricu naziva se disperzno ojačavanje materijala. Disperzno ojačani materijali imaju niz karakteristika koje ih čine upotrebljivim za specijalne namene /1/, jer metodom disperznog ojačavanja jedan isti materijal - samo promenom vrste ojačavajuće faze i njenog procentualnog učešća - menja svoje karakteristike u širokim granicama, pa je zato ova metoda privukla veće interesovanje istraživača u oblasti iznalaženja novih materijala za izradu alata.

U cilju dobijanja materijala sa poboljšanim svojstvima, koji bi bio pogodan za izradu alata, u nas su vršena istraživanja na kompozitnom materijalu FeCr12Mo4,8, koji je disperzno ojačavan cirkonijum oksidom, i praćen je uticaj dodatka cirkonijum oksida na promenu tvrdoće pri termičkoj obradi, pa se neki rezultati tih istraživanja daju u ovom radu.

REZULTATI EKSPERIMENTALNIH ISTRAŽIVANJA

Za eksperimentalno praćenje uticaja cirkonijum oksida na efekte promene tvrdoće pri term-

ičkoj obradi korišćeni su prahovi čistoće 99,9 %. Smeše prahova FeCrl2Mo4,8 sa ZrO_2(0,5 i 3 %) pripremane su metodom razblaživanja. Sve su smeše homogenizirane u mlinu sa kuglicama u trajanju od 24 časa.

Posle homogeniziranja iz praha smeša presovani su uzorci veličine Ø10 ± 0,1 x 12 mm, pod pritiskom od: $p = 5.10^8$ Pa.

Ispresovani uzorci su sinterovani u silitnoj peći u izotermnim uslovima na temperaturi od: 1273 - 3 K, u trajanju od 90 minuta u protočnoj struji vodonika.

Konačno, sinterovani uzorci su kaljeni pri sledećim uslovima: temperatura zagrevanja za kaljenje 1373 K; vreme zagrevanja 15 minuta i kaljenje u vodi.

Na uzorcima od kompozitnog materijala FeCrl2-Mo4,8, i istog ojačanog cirkonijum oksidom sa 0,5 % i 2 %, pre kaljenja i posle kaljenja merena je tvrdoća, i ti rezultati su dati u tablici 1.

Tablica 1.

Legura	Tvrdoća u HRC	
	pre kalje.	posle kalje.
FeCrl2Mo4,8	28;30	31;33
FeCrl2Mo4,8-2%ZrO_2	35;36	43;45
FeCrl2Mo4,8-0,5ZrO_2	45;47	51;53

Obzirom na ranija istraživanja, gde se pokazalo da legura FeCrl2Mo4,8, koja je disperzno ojačana sa 5 % Al_2O_3, posle termičke obrade pokazuje vrlo karakteristične specifičnosti pri sabijanju različitim stepenima deformacije /4/, što je iskorišćeno za izradu alata sa specijalnom namenom, to su i ovde izvršena sabijanja uzoraka različitim stepenima deformacije, a u želji da se i na ovim materijalima ustanovi njihovo ponašanje. Rezultati ispitivanja promene tvrdoće disperzno ojačane legure cirkonijum oksidom, zavisno od promene stepena deformacije [$\varepsilon = (H_0-H)/H_0$] dati su u tablici 2.

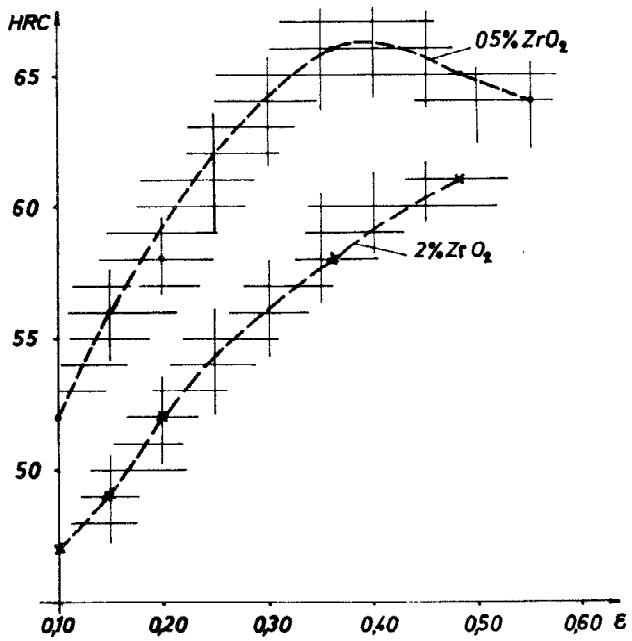
Tablica 2.

	FeCrl2Mo4,8 - 2%ZrO_2					
ε	0,10	0,15	0,20	0,36	0,48	0,55
Tvrdoća u HRC	47	49	52	58	61	razaranj.

Nastavak Tablice 2.

	FeCrl2Mo4,8 - 0,5%ZrO_2					
ε	0,10	0,15	0,20	0,36	0,48	0,55
Tvrdoća u HRC	52	56	58	66	65	63

Rezultati istraživanja prezentirani u tablici 2. dati su i grafički na slici 1.



Slika 1.

ZAKLJUČAK

Na osnovi dobijenih rezultata istraživanja i ispitivanja mogu se izvući sledeći zaključci, i to:

- da cirkonijum oksid u sadržaju od 0,5 % daje veoma povoljne efekte disperznog ojačavanja legure FeCrl2Mo4,8, uz istovremeno - pri termičkoj obradi kaljenjem - dobijaju se i najveće vrednosti promene tvrdoće;
- da tvrdoća disperzno ojačane legure raste sa porastom stepena deformacije posle kaljenja, pri čemu je tvrdoća manja u legure sa 2 % ZrO_2 uz karakteristično razaranje pri stepenu deformacije $\varepsilon = 0,55$, što nije slučaj u legure koja je disperzno ojačavanja sa 0,5 % ZrO_2, kod koje tvrdoća raste sve do stepena deformacije od $\varepsilon = 0,36 \div 0,40$, a zatim opada, bez

pojave razaranja materijala i

- konačno, na osnovi ovih istraživanja može se izvršiti izbor vrste i načina izrade alata od ove disperzno ojačane legure, koja kako tehnologijom izrade, tako i krajnjim svojstvima može imati prednosti nad ostalim vrstama dosada korišćenih materijala.

Literatura:

/1/ I.I.Kuštalova: Rekristalizacija i Dispersionoe uproščenije metalov i splavov, Kiev, 1969.

/2/ Timofeeva E.I.,Beresten N.E.,Kusetov JU.A.: Dispersno upročnenie nikela legiranij molibdenom. Izv.AN SSSR, Metalli, N° 5, 1975.

/3/ D.Vukićević, P.Popović: Povećanje postojanosti alata za obradu deformisanjem primenom disperzno ojačanih materijala. Zbornik radova XVII savetovanja proizvodnog mašinstva Jugoslavije, Budva, 1983.

/4/ D.Vukićević, D.Stefanović: Uticaj dodatka nemetalne faze Al_2O_3 na ponašanje alatnog čelika FeCr12Mo4,8 pri deformaciji i termičkoj obradi. Časopis "Obrada deformisanjem u mašinstvu", broj 6, Novi Sad, 1981.

D.Vukićević, P.Popović

THE INFLUENCE OF ZIRCONIUM OXIDE ON THE BEHAVIOUR OF THE COMPOSITE TOOL MATERIAL FeCr12MO4,8

Abstract

The paper deals with the influence of zirconium oxide which is used as the dispersion strenghtening phase in the composite tool material FeCr12MO4,8 upon the heat treatment effects of the later.The investigations show that the zirconium oxide contents that produces the dispersion strengthening effects, simultaneously yields the largest hardness changes in the heat treatment of the tools.This is beneficial to the tool characteristics in service.

XIX SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE

Kragujevac, septembar 1985.

PRILOG IDENTIFIKACIJI RASPOREDA NAPONA U PRAVCU DEJSTVA DEFORMACIONE SILE U GRAVURI OTVORENOG KALUPA

Lj. Bogdanov, Mašinski fakultet, Niš
P. Popović, Mašinski fakultet, Niš

Rezime

Napon u pravcu deformacione sile ima primarni značaj pri izboru konfiguracije i merenju na mostu, a takođe i za određivanje dimenzija gravure.
Uticaj geometrije gravure, kontaktnog trenja i deformacionog otpora na veličinu napona pokazuje da je izbor parametara gravure prema minimalnoj sili deformisanja takođe optimalan.

UVOD

Poznat je problem određivanja konfiguracije i dimenzija magacina viška materijala i prelaznog mostića u alata za obradu materijala kovanjem, kao i određivanje inteziteta maksimalne deformacione sile radi pravilnog izbora mašine na kojoj će se obavljati kovanje određenog predmeta rada, a u težnji da se obezbedi potpuno ispunjavanje gravure alata materijalom, kako bi se dobio ispravan otkivak sa jedne strane, uz obavljanje procesa kovanja sa utroškom najmanje količine uloženog rada sa druge strane.

Cilj prezentiranih istraživanja u ovom radu je bio da se identifikuju, eksperimentalnim putem, naponi u pravcu dejstva deformacione sile i sagledaju odstupanja njihovih vrednosti od vrednosti dobijenih teorijskim putem, a radi mogućnosti korekcije teorijskih rezultata sa ciljem dobijanja tačnije inženjerske metode proračuna deformacione sile.

ODREĐIVANJE NAPONA ANALIZIČKIM PUTEM

U opštem slučaju, može se postaviti, da je normalni napon u pravcu dejstva deformacione sile funkcija niza tehnoloških parametara (K_{ti}), u koje spadaju: temperatura zagrevanja, brzina deformacije, stepen deformacije, i sl., i niza geometrijskih parametara alata (K_{kj}), u koje spadaju: uglovi u alata, nagibi, radijusi, debljina prelaznog mostića, i dr., pa se može postaviti opšta zavisnost za normalni napon u pravcu dejstva deformacione sile (σ_z):

$$\sigma_z = f(K_{ti}, K_{kj}) \qquad (1)$$

Za proučavanje problema napona u pravcu dejstva deformacione sile izabran je najprostiji osnosimetrični otkovak, prikazan na slici 1.

Prema shemi naponskog stanja, prikazanoj na slici 1., može se postaviti jednačina ravnoteže:

$$\sigma_r . r . \alpha . H - (\sigma_r + d\sigma_r)(r + dr).\alpha.H +$$

$$+ 2.\sigma_t . \sin\frac{\alpha}{2} . H . dr - 2.\sigma_z . \mu . r . \alpha . dr = 0 \qquad (2)$$

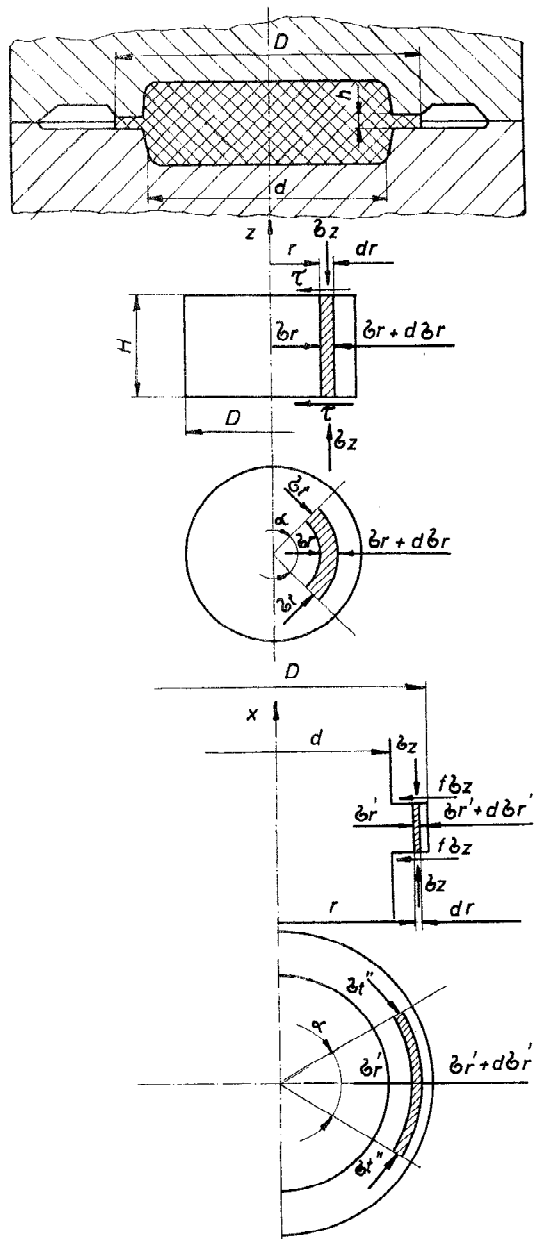
gde su: σ_r - radijalni napon;
σ_t - tangencijalni napon;
μ - koeficijent trenja i
r, α, H - dimenzionalni parametri.

Ako se zanemare proizvodi diferencijala i za male uglove uzme da je:

$$\sin\frac{\alpha}{2} \approx \frac{\alpha}{2}$$

kao i poznate relacije:

$$\sigma_z - \sigma_r = k \qquad (3)$$



Slika 1.

gde je: k - specifični deformacioni otpor, moguće je rešiti jednačinu (2), ako se predpostavi da je k = const., pa se dobija:

$$\sigma_z = k.e^{\frac{\mu}{h}(D.d)}.e^{\frac{2.\mu}{H}(\frac{d}{2}-r)} \qquad (4)$$

i napon u prelaznom mostiću:

$$\sigma_z = k.e^{\frac{2.\mu}{h}(\frac{D}{2}-r)} \qquad (5)$$

Korišćenjem eksperimentalnih vrednosti iz krivih ojačavanja za niskolegirane ugljenične čelike za temperaturni interval od: 1120 - 1320K i korišćenjem matematičkog modela funkcije cilja za izabrane uticajne faktore preko plana matrice faktornog eksperimenta, dobijena je vrednost specifičnog deformacionog otpora:

$$k = 1{,}564.10^{10}.\varphi^{0{,}12364}.t^{-2{,}716405} \qquad (6)$$

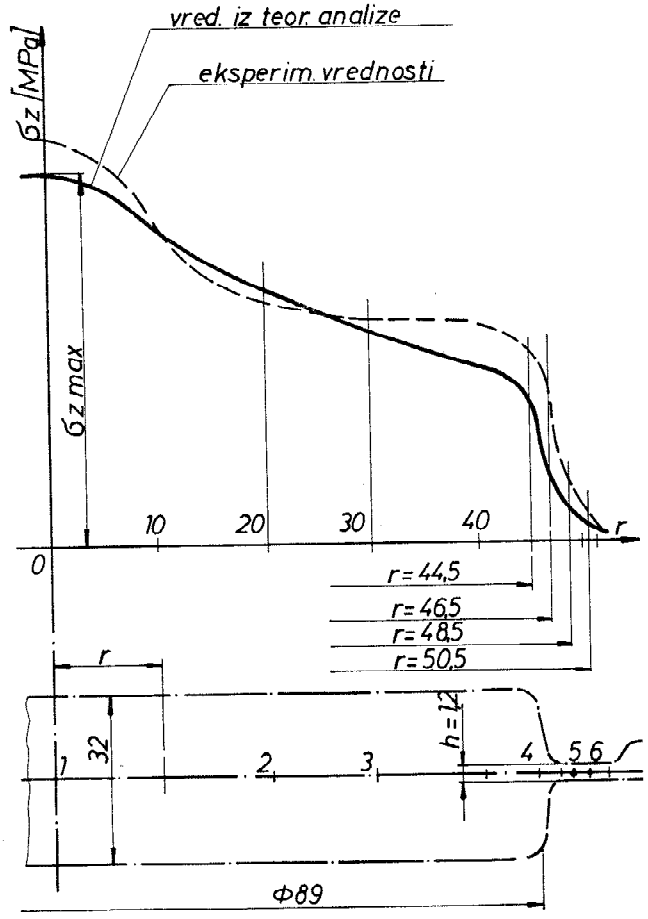
pa izraz za napon u pravcu dejstva deformacione sile dobija konačan oblik:

$$k=\frac{1{,}564.10^{10}.\varphi^{0{,}12364}}{t^{2{,}716405}}e^{\frac{\mu}{h}(D-d)}.e^{\frac{2.\mu}{H}(\frac{d}{2}-r)} \qquad (7)$$

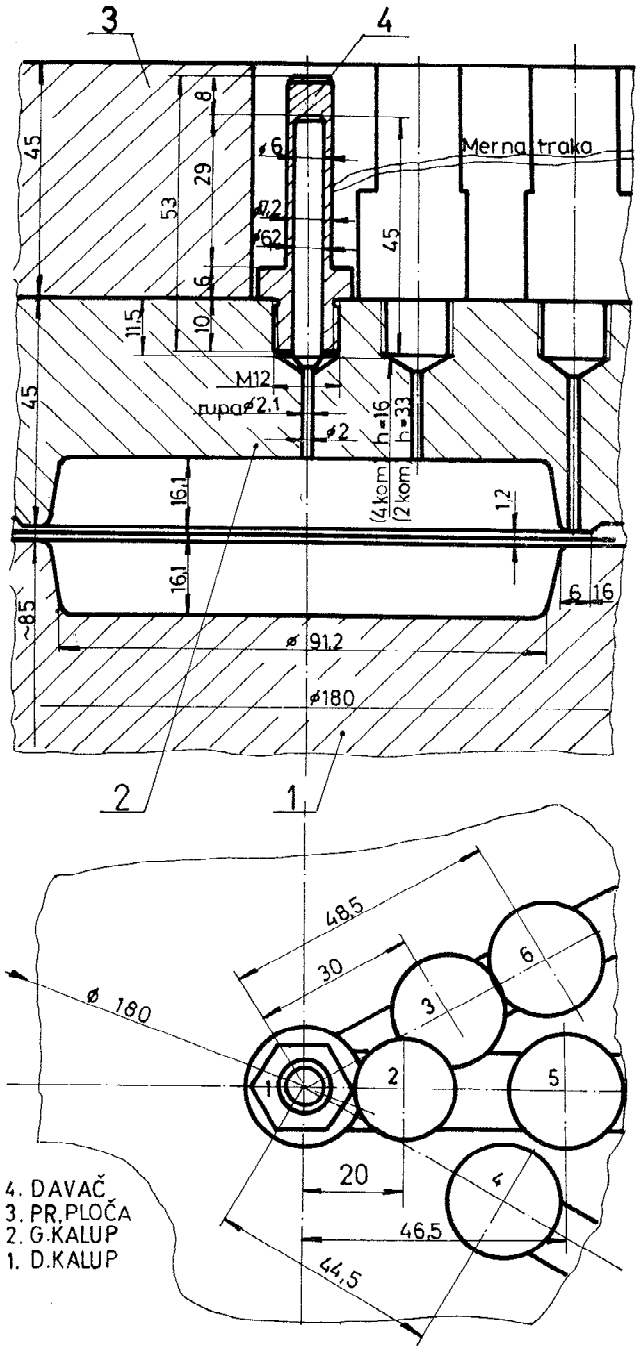
gde je: φ- logaritamski stepen deformacije.

EKSPERIMENTALNA IDENTIFIKACIJA NAPONA

Za eksperimentalno ispitivanje napona u pravcu dejstva deformacione sile napravljen je specijalan alat, prikazan na slici 3. Kao uložni



Slika 2.



Slika 3

materijal korišćeno je olovo, jer se ono u hladnom stanju približno ponaša kao čelik zagrejan na temperaturi kovanja.

Korišćenjem specijalno izradjenih davača, na kojima su bile nalepljene merne trake, u šest tačaka mereni su naponi, a dobijene vrednosti napona su date u tablici 1. i unete u dijagram na slici 2., da bi se i vizuelno uočila razlika izmedju teorijskih i eksperimentalnih vrednosti napona.

Tablica 1.

Merno mesto	r mm	σ_z MPa	Odstupanje %
1	0	3923	+ 6,8
2	20	2345	- 7,0
3	30	2263	+ 8,3
4	44,5	2026	+ 27,4
5	48,5	421	+ 40,1
6	50,5	79,4	-

ZAKLJUČAK

Na osnovi dobijenih rezultata istraživanja, izloženih u ovom radu, mogu se izvući sledeći zaključci, i to:

1. Znatna su odstupanja u intezitetu napona, dobijenih teorijskim i eksperimentalnim putem, u tačkama bliskim prelaznom mostiću (tačke 4 i 5), što ukazuje da uticaj prelaznog mostića nije dovoljno obuhvaćen u analitičkom proračunu.
2. Dobijeni rezultati eksperimentalnih ispitivanja mogu poslužiti za postavljanje pouzdanije inženjerske metode proračuna napona u obradku.

L i t e r a t u r a:

/1/ B.Musafija: Primenjena teorija plastičnosti, Univerzitet u Sarajevu, 1973.

/2/ F.S.Novik,J.B.Arsov: Optimizacija procesov tehnologii metalov metodami planirovanija eksperimentov, Mašinostrojenije, Moskva 1980.

Lj.Bogdanov, P.Popović

A CONTRIBUTION TO THE IDENTIFICATION OF STRESS DISTRIBUTION IN THE DIRECTION OF DEFORMATION FORCE IN THE OPEN DIE ENGRAVING

Abstract

Stress in the direction of deformation force is of major importance for the solution of the configuration and measures of the bridge, and also for the determination of the dimensions of the die.The influences of die geometry, the contact friction, and the specific deformation resistance upon the stress magnitude show that the choice of die parameters for forging with minimal deformation force is also optimal.

XIX SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE

Kragujevac, septembar 1985.

DEFINICIJE POUZDANOSTI PROCESA IZRADE TANKOZIDNIH ELEMENATA

S. Živanović, Mašinski fakultet, Banja Luka

R e z i m e

Na osnovu naponskog stanja koje se javlja u kritičnoj zoni obradka vrši se oblikovanje matematičkog kriterija za definisanje stepena pouzdanosti pojedinih procesa izrade tankozidnih elemenata. Faktori za definisanje pouzdanosti su: kritična zona, naponsko stanje, intenzitet naponskog tenzora, geometrijski i tribološki faktori kao i svojstvo unutrašnje strukture obradka. Preko Druckerovog postulata dolazi se do povezivanja u jednu fizičko-matematičku cjelinu svih navedenih faktora. Rad definiše jedan segmenat teorije pouzdanosti mehaničkih tehnoloških procesa obrade metala, čije konstatacije potvrdjuju eksperimentalna istraživanja.

1. UVOD

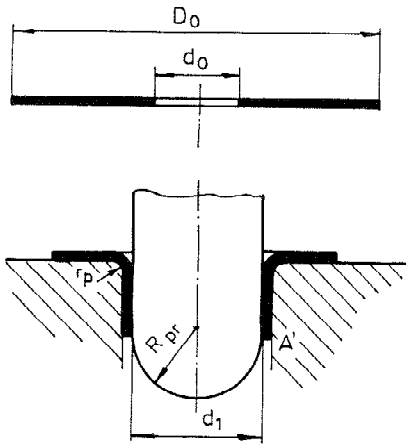
U cilju definisanja pouzdanosti procesa izrade tankozidnih elemenata plastičnim preoblikovanjem neophodno je odrediti u prvom redu kritične zone u obradku za pojedine vrste procesa, a zatim definisati naponsko i deformaciono stanje u dotičnoj kritičnoj zoni. Projekcija dotičnih kritičnih naponskih stanja na naponske svežnjeve /1/ omogućuje da se sagleda položaj tog naponskog stanja u pogledu zatezno-pritisnih koordinata.

2. KRITIČNA ZONA I NAPONSKO STANJE

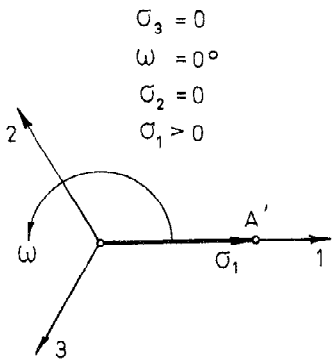
U cilju ilustracije razmatrane problematike obradjene su tri vrste procesa izrade tankozidnih elemenata: deformaciono provlačenje, dvoosno ravnomjerno razvlačenje i duboko izvlačenje.

Proces deformacionog provlačenja prikazan je shematski na sl. 1. Kritična zona je pri dnu grla i njen reprezentant je tačka A', gdje pri odgovarajućem naponskom intenzitetu dolazi do pucanja, tj. do takozvanog "cvetanja". Naponsko

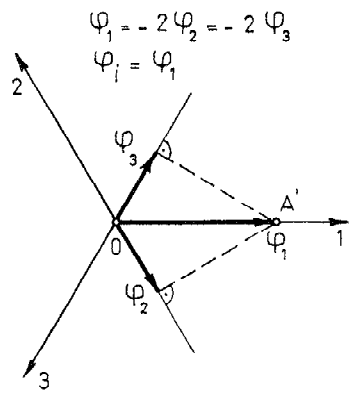
stanje za tačku A´ predstavlja sl.2., a deformaciono stanje sl.3.



Sl. 1. Proces deformacionog provlačenja

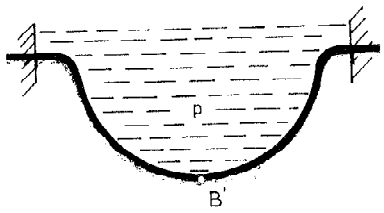


Sl. 2. Naponsko stanje za kritičnu zonu deformacionog provlačenja

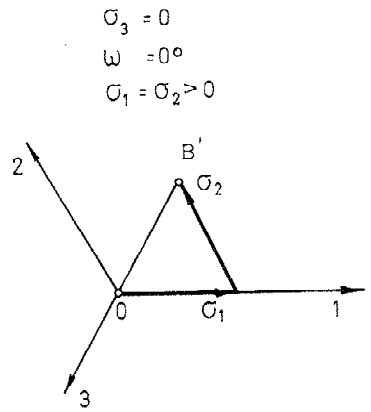


Sl. 3. Deformaciono stanje za kritičnu zonu deformacionog provlačenja

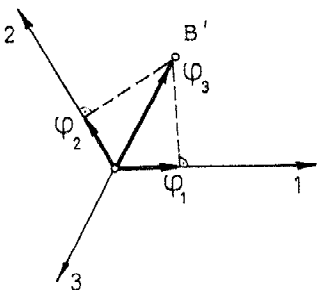
Proces dvoosnog ravnomjernog razvlačenja predstavlja sl. 4. Kritična zona u ovom procesu, pri razvlačenju nestišljivim fluidom, nalazi se pri vrhu obradka, tj. u tački B´. Naponsko stanje u kosouglom koordinatnom sistemu prikazuje sl.5., a deformaciono stanje sl. 6.



Sl. 4. Shematski prikaz procesa dvoosnog ravnomjernog razvlačenja

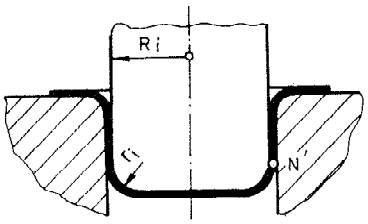


Sl. 5. Naponsko stanje za kritičnu zonu dvoosnog ravnomjernog razvlačenja

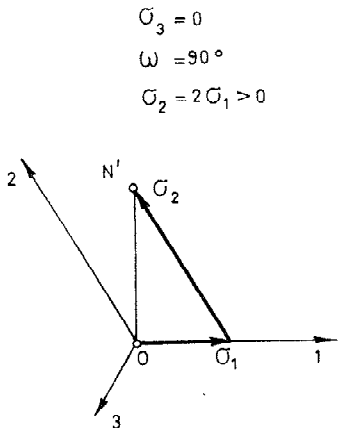


Sl. 6. Deformaciono stanje za kritičnu zonu dvoosnog ravnomjernog razvlačenja

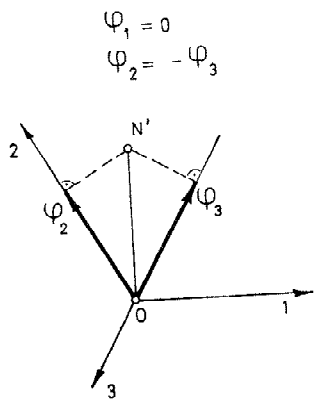
Proces dubokog izvlačenja prikazan je shematski na sl. 7. Kritična zona je pri prelazu zaobljenja dna u bočnu stijenku, tj. u tački N'. Naponsko stanje u kritičnoj zoni prikazuje sl.8., a deformaciono sl. 9.



Sl. 7. Shematski prikaz procesa dubokog izvlačenja



Sl. 8. Naponsko stanje za kritičnu zonu dubokog izvlačenja



Sl. 9. Deformaciono stanje za kritičnu zonu dubokog izvlačenja

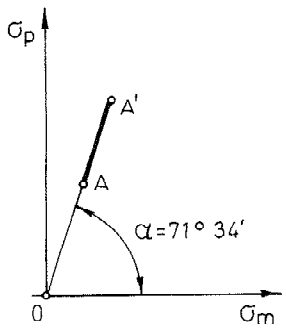
3. PROJEKCIJA KRITIČNE ZONE NA NAPONSKE SVEŽNJEVE

Naponski svežnjevi su definisani u sistemu koordinata:

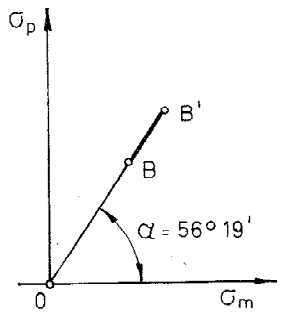
$$\sigma_m = \frac{\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3}{3}$$

$$\sigma_p = \frac{\sqrt{2}}{2}\sqrt{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2}$$

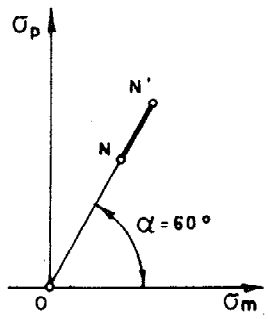
Koristeći odnose napona prikazanih za opisane procese na slikama 2, 5 i 8. dolazi se do slijedećih prikaza u sistemu naponskih svežnjeva: deformaciono provlačenje - sl.10., dvoosno ravnomjerno razvlačenje - sl. 11. i duboko izvlačenje - sl. 12.



Sl.10. Projekcija deformacionog provlačenja na sistem naponskih svežnjeva



Sl. 11. Projekcija dvoosnog ravnomjernog razvlačenja na sistem naponskih svežnjeva



Sl. 12. Projekcija dubokog izvlačenja na sistem naponskih svežnjeva

Ugao α odredjuje se pomoću slijedećeg obrasca

$$\alpha = \text{arc tg} \frac{\sigma_p}{\sigma_m}$$

pri čemu je

$$\sigma_m = \frac{\sigma_p}{3} (\cos \omega + \sqrt{3} \sin\omega)$$

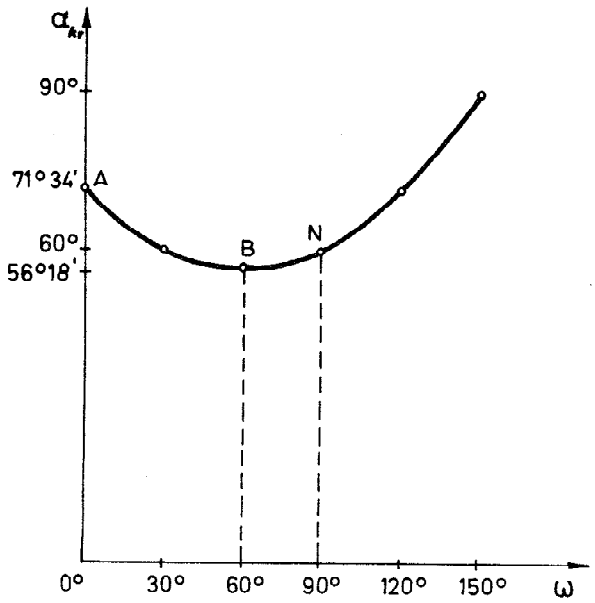
tako da je

$$\alpha = \text{arc tg} \frac{3}{\cos\omega + \sqrt{3} \sin \omega}$$

Unoseći u ovaj obrazac vrijednost pokazatelja naponske sheme ω dobiće se za pojedine razmatrane procese slijedeće vrijednosti ugla :

- za deformaciono provlačenje $\alpha = 71^\circ 34'$
- za dvoosno ravnomjerno razvlačenje $\alpha = 56^\circ 19'$
- za duboko izvlačenje $\alpha = 60^\circ$

Kritični ugao α_{kr} u funkciji pokazatelja naponske sheme prikazan je na sl.13.



Sl. 13. Kritični ugao u funkciji pokazatelja naponske sheme

4. STEPEN POUZDANOSTI

Radi definisanja stepena pouzdanosti konstruisan je krug plastičnosti (sl. 14. - poluprečnik σ_{po}) i krug razaranja (sl. 14. - poluprečnik σ_{pr}). Kao primjer uzet je proces deformacionog provlačenja. U tački A se završio proces i on je uspio, a ne bi uspio da je intenzitet napona dostigao tačku A'. Odnos veličina OA' prema OA predstavlja stepen pouzdanosti dotičnog procesa, tj.

$$p = \frac{OA'}{OA}$$

Udaljenost tačke A od početka koordinatnog sistema O odredjuje maksimalni obimni napon na kraju grla (sl. 1.) σ_1. A rastojanje AA' zavisi od stvarnog stepena preoblikovanja β i graničnog stepena preoblikovanja β_g /2/,/3/,/4/.

Za prenos dubokog izvlačenja

$$\beta = \frac{D}{d}$$

gdje je: D - polumjera pripremka
d - polumjera izratka

Granični stepen preoblikovanja β_g je definisan preko slijedećih elemenata procesa /5/, /6/: unutrašnje strukture, relativne geometrije radnih djelova alata i tribološkog faktora.

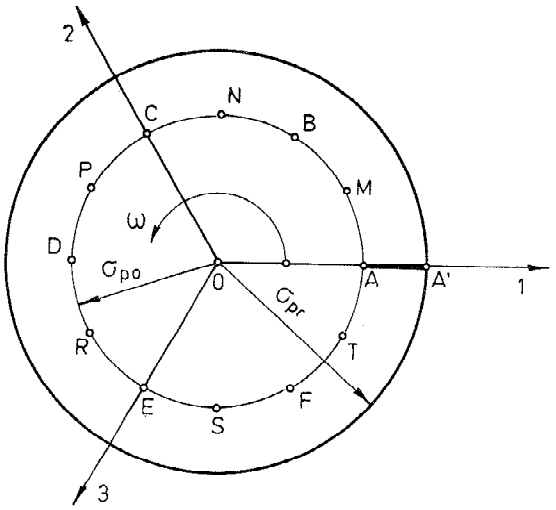
Za proces dubokog izvlačenja β_g se može odrediti iz slijedeće jednačine /2/:

$$A \left(\frac{1}{2}\cos\omega + \frac{\sqrt{3}}{2}\sin\omega\right) - \cos\omega = \frac{d\sigma_\rho}{d\varphi_i} \frac{1}{\sigma_\rho}$$

gdje je:

$$A = \frac{1 - \frac{s}{r_i}}{1 - \frac{s}{2r_i}}$$

φ_i - intenzitet deformacija



Sl. 14. Shematski prikaz kruga plastičnosti i kruga razaranja

L i t e r a t u r a

|1| Živanović Stevan, Uopštena analiza napona u procesima oblikovanja tankozidnih elemenata, časopis Obrada deformisanjem u mašinstvu br. 3. str. 53-57, Niš, 1977.

|2| Živanović Stevan, uticaj zaobljenja radnih ivica alata na preoblikovane mogućnosti procesa dubokog izvlačenja, Zbornik radova XIII savjetovanja proizvodnog mašinstva Jugoslavije, str. III 1-14, Banjaluka, 1979.

|3| Živanović Stevan, Troosno preoblikovanje deformisanjem duraluminija u projekciji na prostorni sistem naponskih svežnjeva, Zbornik radova IV kongresa Aerokosmonautičkog društva Jugoslavije, knjiga I, str. 16-29, Ljubljana, 1979.

|4| Živanović Stevan, Prilog analizi geometrijsko triboloških elemenata u procesima preoblikovanja tankostjenih elemenata, Zbornik radova BIAM´ 80, str. 3-121 -133, Zagreb, 1980.

|5| Živanović Stevan, Granične izodeformabile u procesu dubokog izvlačenja, Zbornik radova br. 2. Mašinskog fakulteta u Banjaluci, str. 9-19, Banjaluka, 1979.

|6| Živanović Stevan, Rämliche Grenzkurven gleicher Ziehverhältnisse beim Tiefziehen, Blech-Rohre-Profile 8/1980, S. 499-501, Bamberg (Savezna Republika Njemačka),1980.

S.Živanović

THE DEFINITIONS OF RELABILITY IN THE PROCESS OF THIN-WALLED ELEMENTS PRODUCTION

Abstract

On the basis of stress state in the critical zone of the workpiece, mathematical criterion is formed for the purpose of defining the degrees of reliability of the individual proceses in forming thin-walled elements.The factors used for defining reliability are:the critical zone stress state, intensity of the stress tensor, geometrical and tribological factors, and the properties of the internal structure of the workpiese.By way of the Drucker postulate, one connects all the designated factors into one physico-mathematical entity.The paper defines a segment of the relability theory of the mechanical and technological processes of metal forming, the results of which are confirmed by the experimental investigations.

D. KOMPJUTERIZACIJA PROIZVODNIH PROCESA I SISTEMA

XIX SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE
Kragujevac, septembar 1985.

UTICAJ KOMPJUTERSKE TEHNOLOGIJE NA ORGANIZACIJU PROIZVODNIH PROCESA

M. Perović. Mašinski fakultet, Titograd

Rezime

Razvoj i primjena kompjuterske tehnologije je eksplozivan u svim oblastima čovjekovog djelovanja a naročito u oblasti proizvodnih sistema. Sa primjenom kompjuterske tehnologije u proizvodnji povećava se fleksibilnost sistema, smanjuje se broj radnika u proizvodnji, povećava se broj onih koji opslužuju proizvodnju, pomera se stepen kvalifikovanosti prema višim kvalifikacijama, uspostavljaju se direktni sistemi komunikacija izmedju pojedinih sektora rada, smanjuje se vreme trajanja pojedinih aktivnosti, omogućena je primena naučnih metoda upravljanja i dr. što sve traži i omogućava nove organizacijske pristupe u proizvodnji i van nje.

Industrijska proizvodnja današnjeg vrijemena čije su osnovne karakteristike brze promjene u oblasti naučno-tehničkih dostignuća, eksplozivni porast naučno-tehnoloških informacija, kratko vrijeme za industrijsku realizaciju naučnih otkrića, brze izmjene proizvodnih programa i žestoka borba za tržišni prostor ne oprašta nikakve inprovizacije a naročito ne improvizacije u organizovanju proizvodnih procesa. Vrijeme je uvijek bilo pogotovo je to danas, saveznik sposobnih.

Uticaj kompjuterske tehnologije na organizovanje proizvodnje je posebno značajan ali mu mi do sada nijesmo poklonili adekvatnu pa ni minimalnu pažnju. Kao posledica toga je da najčešće sa modernom tehnologijom proizvodnje "živi" zastarela organizacija pa su očekivani efekti od takve tehnologije minimizirani.

U proizvodnim uslovima gdje je učešće živog rada dominantnije od minulog rada, problemi organizacije i neadekvatne proizvodnosti kapaciteta nijesu tako uočljivi. Danas kad učešće minulog rada kroz vrijednost instaliranih tehnoloških kapaciteta ima dominantan položaj u strukturi vrijednosti operacije, vrlo je relevantan uticaj organizacije na proizvodnost instalirane tehnologije.

U poslednjih dvadeset godina u proizvodnim sistemima desila su se dva značajna prodora:prodor principa moderne teorije organizacije u organizovanju procesa i prodor kompjuterske tehnologije kao izrazitog izdanka treće tehnološke revolucije. Čini nam se važnim da sagledamo kakav je medjusobni uticaj ova dva prodora i posebno uticaj kompjuterske tehnologije na organizaciju proizvodnje.

2. SAVREMENI PRISTUP ORGANIZACIJI PROIZVODNJE

Savremeni proizvodni sistem u uslovima primjene i proizvodnje nove tehnologije, kod već dostignutog obrazovnog i kulturnog nivoa učesnika u procesima, zahtevaju primjenu savremenih koncepata organizacije, zasnovanih na osnovnim karakteristikama moderne teorije organizacije. Osnovne karakteristike organizacije koje ovoj teoriji daju prednost u savremenim uslovima proizvodnje u odnosu na teorije prije nje su: sistemski pristup, dinamičnost, višenivoska i višedimenziona struktura organizacije, motivacija, multidisciplinarnost, adaptivnost, informacioni sistemi i dr.

Značajan doprinos razvoju moderne teorije organizacije dali su teoretičari sistema postavljajući teoriju sistema za filozofsku osnovu moderne teorije organizacije kao dinamične cjeline čiji se djelovi nalaze u interakciji.

Moderna teorija organizacije ima vrlo širok pristup organizovanju nekog procesa dekompanujući ga na sastavne djelove, organizacione podcjeline, formalne i neformalne grupe do pojedinaca

koji predstavljaju elemente sistema i nalaze se u medjusobnoj interakciji kao i u interakciji sa okolinom. Informacioni sistem u takvim organizacionim uslovima predstavlja noseći kostur funkcionisanja organizacije i osnovu za integraciju elemenata sistema u cjelinu. Na principima kibernetike postavljena je karakteristika organizacije da se adaptira na uslove okoline i da ostvaruje uravnoteženost djelova sistema.

Nasuprot ovim karakteristikama u organizaciji procesa javljaju se druge kao: kruta organizacija hijerarhijskog tipa, centralizacija ili decentralizacija, organizacija autoriteta, organizacija "pravila i propisa" i dr.

Jasno je da ako druga grupa karakteristika prevlada u nekoj radnoj organizaciji ili nekom drugom privrednom sistemu u današnjim uslovima primjene savremene tehnologije, onda ne treba očekivati visoku produktivnost takvog sistema.

3. NEKE KARAKTERISTIKE KOMPJUTERSKE TEHNOLOGIJE OD UTICAJA NA ORGANIZACIJU

Kompjuterska tehnologija kao osnova razvoja i funkcionisanja visokoorganizovanih tehničkih i organizacionih sistema, našla je primjenu u svim oblastima čovjekovog života, a posebno u privredi. Ova tehnologija se nalazi u stanju do sada bezprimjene ekspanzije i omogućava izgradnju izvanredno fleksibilnih proizvodnih sistema.

Razvoj kompjuterske tehnologije od uticaja na organizaciju karakteriše:

1. Razvoj i primjena gigantskih kompjuterskih sistema, koji su u mogućnosti da na malom memorijskom prostoru zanemarišu ogroman broj podataka. Baze podataka organizovane na takvim sistemima su dostupne velikom broju korisnika na raznim mjestima i na velikim rastojanjima.

2. Razvoj softvera i hardvera koji omogućava funkcionisanje tzv. distribuiranih informacionih i uopšte distribuiranih organizacionih sistema.

3. Razvoj i primjena kompjuterski integrisanih proizvodnih sistema.

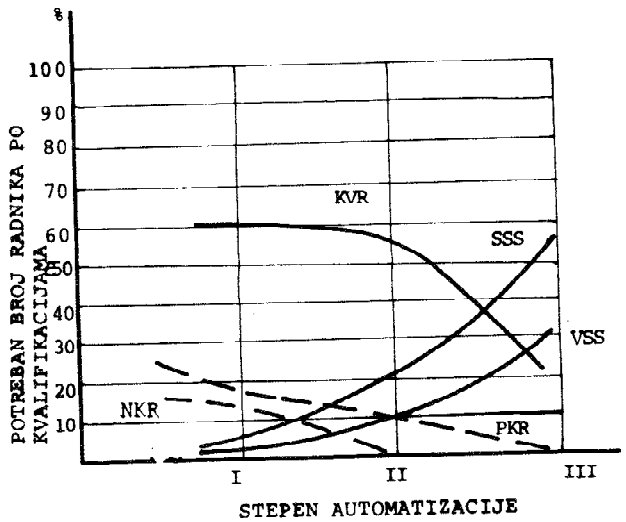
4. Razvoj i primjena PC sistema.

5. Razvoj javnih mreža za prenos podataka.

4. UTICAJ KOMPJUTERSKE TEHNOLOGIJE NA ORGANIZACIJU PROIZVODNIH PROCESA

Nećemo se ovdje baviti onim uticajima kompjuterske tehnologije na opšte postavke upravljanja, koordinacije i rukovodjenja, mada je taj uticaj značajan značajan, neka to bude predmet posebnog osvrta. Ovdje ćemo se baviti onim uticajem kompjuterske tehnologije na organizaciju proizvodnih procesa u oblasti razvoja proizvoda i tehnologije, upravljanja mašinama, grupama mašina, cijelim procesima, upravljanja planovima proizvodnje i kapacitetima, upravljanja kvalitetom i drugim segmentima proizvodnog procesa. Automatizovani proizvodni sistemi se javljaju kao visoko integrisani informacioni sistemi za upravljanje u navedenim oblastima. Navodimo neke od pojava koje su karakteristika ovakvih sistema a proizvod su uticaja kompjuterske tehnologije i njene primjene:

(a) U uslovima funkcionisanja automatizovanih sistema jedan kompjuterom upravljani sistem zamjenjuje više univerzalnih ili poluautomatskih mašina, povećava fleksibilnost a smanjuje se broj radnika koji opslužuje mašinu ali se povećava broj radnika koji priprema i održava mašinu. Na taj način se struktura zaposlenih pomera od onih koji opslužuju mašine ka onima koji održavaju mašine i koji obavljaju tehnološku pripremu proizvodnje.

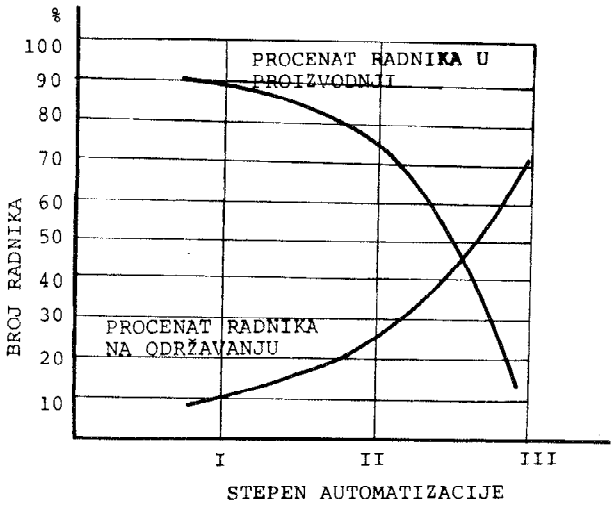


Sl. 1.

Na sl. 1. i sl. 2. dati su dijagrami navedenih tendencija o pomjeranju strukture zaposlenih sa stepenom automatizacije proizvodnje. Pri tom se pod trećim stepenom automatizacije podrazumjeva funkcoonisanje automatizativnih sistema.

(b) Karakteristike kompjuterske tehnologije kao što su: brzina rada, mogućnost memorisanja ogromnog broja podataka i odgovarajući razvoj

softvera omogućavaju uspješnu primjenu naučnih metoda upravljanja. Neke od metoda, mada još ranije ustanovljene, nijesu se mogle praktično primjenjivati sve do primjene kompjutera (me-



Sl. 2.

toda zaliha, metoda konačnih elemenata i dr.). Primjenom naučnih metoda u upravljanju, mijenjaju se zadaci pojedinih funkcija. Neke funkcije se ukidaju ili smanjuju, druge se osnivaju, mijenja se organizacija rada učesnika u upravljanju pa i organizaciona struktura funkcija. Kreativni poslovi u funkcijama se u takvim uslovima razvijaju a rutinski poslovi prelaze na mašine i nestaju iz organizacionih struktura.

(c) Baze podataka omogućavaju "skladištenje" i brzu obradu velikog broja podataka. Kompjuteri koji se sada izradjuju omogućavaju bolju organizaciju baze podataka i cijene koje su po jedinici memorije svakim danom sve manje obezbedjuju njihovu ekonomičnu primjenu. Baze podataka daju svoje pune efekte u sprezi sa razvijenim komunikacionim sistemom. Sa bazom podataka se "skraćuje" vreme a sa komunikacionim sistemom se "skraćuje" prostorno rastojanje. Vrijeme za koje jedan zadatak možemo završiti i prostor na kome se izvršava taj zadatak imaju značajan uticaj na strukturiranje funkcije. U takvim uslovima informacije su dostupne direktnim pristupom bazi podataka i funkcije postaju kompaktne.

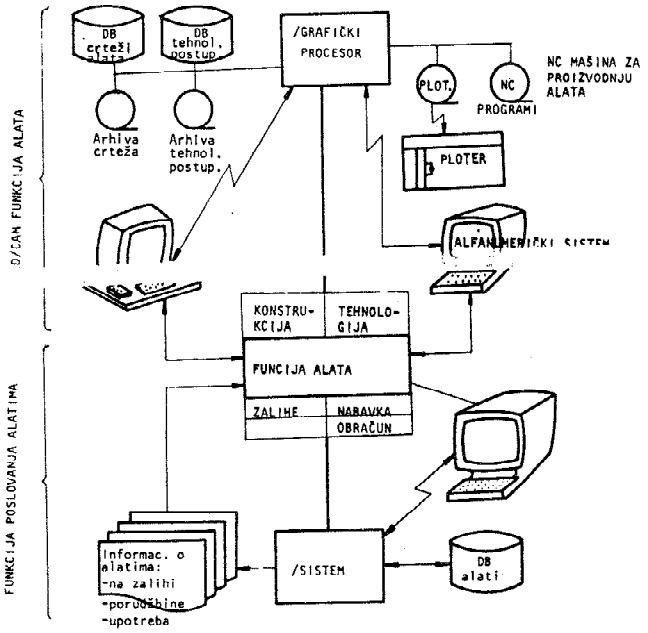
Tako je na sl. 3. prikazana funkcija alata u uslovima primjene CAD/CAM i primjene računara u poslovanju alata. Organizacione cjeline koje se bave nekom od funkcija alata (konstrukcijom alata, zalihama ili nabavkom alata), opremljene komunikacionim uredjajima sa direktnim pristupom centralnoj bazi podataka, obezbedjuju raspolaganje informacijama iz baze u svakom trenutku i svaka funkcija.

(d) CAD/CAM tehnologija primjenjena oslobadja kreativne snage i vrijeme najsposobnijih kadrova u razvojnim funkcijama i samim tim utiče na organizaciju.

U klasičnim uslovima rada izmedju konstrukcije i proizvodnje javljaju se funkcije tehnologije, pripreme i operativne pripreme sa svojim ciklusima rada a to znači sa vremenskom distancom i dinamičkim tokom izmjena u tom vremenskom intervalu. Zato klasična tehnologija rada zahtijeva pored projektanata procesa i niz administrativno-tehničkih funkcija.

Primjenom CAD/CAM tehnologije uspostavlja se direktna veza izmedju funkcija konstrukcije, tehnologije i proizvodnje (sl. 3) a poslovi operativnih i administrativno-tehničkih funkcija reduciraju se od 2 do 30 puta . Tako npr. vrijeme izrade modela aviona i automobila skraćuje se oko 30 puta, vrijeme potrebno za proračun i analize oko 30 puta, vrijeme potrebno za tehničku obradu crteža 5 do 10 puta.

e) Kao što primjena automatizovanih proizvodnih sistema pomjera strukturu zaposlenih od onih koji opslužuju mašinu kao onima koji obavljaju tehničku pripremu, tako se primjenom CAD/CAM tehnologije ta struktura dalje pomjera od administrativno-tehničkih ka kreativnim a to znači od poslova nižih kvalifikacija ka poslovima visokih kvalifikacija (dijagram na sl. 1).



Sl. 3.

5. ZAKLJUČAK

U uslovima primjene kompjutera u upravljanju proizvodnim procesima jedina šansa je u njihovoj što boljoj primjeni. Primjenom kompjutera obezbedjuje se fleksibilnost procesa, brza izmjena programa, sagledavanje stanja procesa u svakom trenutku, oslobadjanje procesa od neproduktivnih osoba. Ukoliko u uslovima okruženja gde se koriste prednosti kompjuterske tehnologije, mi ne koristimo te prednosti dovedeni smo u neravnopravan položaj i predodredjeni smo da gubimo pozicije na svjetskoj tržišnoj sceni.

U uslovima funkcionisanja automatizovanih proizvodnih sistema, potrebno je, ako hoćemo da su oni rentabilni, obezbijediti njihov permanentni rad bez ciklusnih i vanciklusnih gubitaka. Ciklusne gubitke rešava adekvatna tehnologija dok vanciklusne gubitke eliminiše adekvatna organizacija. Adekvatna organizacija se može ostvariti vodjenjem procesa proizvodnje, vodjenjem zaliha materijala, vodjenjem poslovanja alatkama i drugih procesa pomoću kompjutera.Na taj način se ostvaruje ne samo obezbedjenje procesa resursima nego i ekonomično vodjenje i upravljanje resursima.

Prema tome proces automatizacije proizvodnje mora biti celovit jer se na taj način ostvaruje puni efekat.

Razvojem kompjuterske tehnologije u narednom periodu do kraja ovog veka, mnoge čovjekove aktivnosti biće zamijenjene mašinom što treba da obezbijedi oslobodjenje čovjekove ličnosti i bolje korišćenje njegovih umnih sposobnosti.

To sve traži novi organizacijski pristup kako u proizvodnji tako i van nje.

LITERATURA

1. Milan Perović: Analiza poslova na kojima rade dipl. maš. inženjeri, Tehnika 4/1980.,Organizacija rada, Beograd.

M.Perović

THE INFLUENCE OF COMPUTER TECHNOLOGY ON THE ORGANISATION OF MANUFACTURING PROCESSES

Abstract

The development and application of computer technology is very rapid in all areas of human endeavour, and especially in the field of manufacturing systems.The application of computer technology to the manufacturing improves flexibility of the systems, reduces labour in the production, increases the number of people serving the production, shifts the degree of training toward higher qualifications, establishes direct communication systems between the individual work sectors, reduces duration time of individual operations, provides for the application of management science methods, etc. All this seeks and provides for new organisational approaches in the manufacturing and outside of it.

XIX SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE
Kragujevac, septmbar 1985.

FAMILIJA ILR - INDUSTRIJSKIH RAČUNARA U PROIZVODNIM PROCESIMA INDUSTRIJSKE PRERADE METALA

Ž. Lukač, Industrija mašina ILR, RO Lola računari, Beograd
V.Petrović, Industrija mašina ILR, RO Lola računari, Beograd
M.Kangrga, Industrija mašina ILR, RO Lola računari, Beograd

Rezime

U radu su izložene mogućnosti i primena familije ILR industrijskih računara u proizvodnim procesima industrije prerade metala . Posebno je obradjen PA 512, industrijski računar sa najširim spektrom primene.

UVOD

Razvoj i proizvodnja industrijskih računara u fabrici alatnih mašina ILR, bili su neophodni, s obzirom na promene koje su nastale u oblasti upravljanja mašinama i tehnološkim procesima. ILR - Industrijski računari zamenjuju klasične upravljačke sisteme sa relejnom logikom, imaju mogućnost regulacije proizvodnih i tehnoloških procesa.

Zadatak upravljanja alatnim mašinama (AM) i tehnološkim procesima je da obezbedi ispravno i pouzdano izvršenje projektovanih funkcija. U zavisnosti od složenosti AM ili tehnološkog procesa, funkcije mogu biti različite. Osnovni zadaci upravljanja su:

- o prijem i obrada komandi
- o obezbedjenje opštih uslova za rad mašine ili tehnološkog procesa i pomoćnih funkcija
- o izvršenje logike radnih funkcija (ciklusa)
- o indikacija o stanju mašine ili tehnološkog procesa.

Nabrojani zadaci upravljanja spadaju u klasu sekvencijalnog logičkog upravljanja, tj. na bazi ulaznih signala (komandi) i informacija o trenutnom stanju mašine (sa senzora) izdaju se izvršne komande saglasno logici upravljanja.

Složenost upravljačkih zadataka varira od vrste AM. Klasične univerzalne mašine, sa ručnim upravljanjem, zahtevaju logiku koja se realizuje od nekoliko do nekoliko desetina relea.

Specijalne AM su obično složenije i njihova upravljačka logika zahteva stotine relea. Transfer linije zahtevaju po jednoj stanici do stotinak relea, tako da se ukupan broj penje i na hiljadu.

Specifičan slučaj je logika sprege numeričke AM i programskog CNC uredjaja, analogna PID regulacija, numerička obrada podataka (pozicioniranje magacina alata i izmena alata kod obradnih centara).

Medjutim, relejna tehnologija se napušta u realizaciji. Sa izuzetkom nekih krajnje prostih upravljačkih zadataka, za realizaciju se koristi mikro-elektronska tehnologija, u verziji programabilnih automata (industrijskih računara).

Lolini industrijski računari su uspešni i pri realizaciji složenih zadataka regulacije tehnološkig procesa u industriji metala, prehrane, gradjevinarstva itd. To im omogućuje njihova osobina da mogu da prihvate analogne (naponske i strujne) signale obrade prema zahtevu regulisanog procesa i izdaju izvršnim organima regulacije.

Industrijski računari ovakve namene moraju zadovoljiti nekoliko važnih zahteva koji se odnose na:

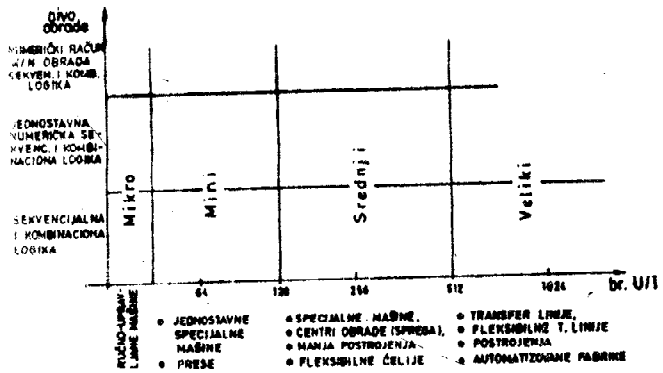
- o brzina procesiranja
- o mogućnost obrade dovoljno velikog broja ulazno/izlaznih signala
- o modularnost komponovanja industrijskog računara za konkretnu primenu
- o postojanje standardnih i specijalnih ulazno/izlaznih modula koji odgovaraju što širem opsegu primena
- o jezik za programiranje koji odgovara predvidjenim aplikacijama i ne zahteva poznavanje računarskog programiranja od strane korisnika
- o jednostavni postupak unošenja i testiranja korisničkog programa što podrazumeva dovoljan broj pomoćnih

uredjaja različitog nivoa složenosti

- pouzdanost u industrijskim uslovima, te sa tim u vezi, mogućnost samo testiranja i pogodnog načina za iniciranje eventualnih otkaza.

Područje primene indusrrijskih računara (programabilnih automata) je veoma široko od objekata sa 10-tak U/I, do objekata sa više hiljada U/I.

Pri tome varira i vrsta obrade informacija.



Sl. 1. Područje primene industrijskih računara.

LOLA industrijski računari

Glavna namena industrijskog računara je ciklična obrada upravljačkog programa, date u memoriji u obliku sekvence logičkih instrukcija.

Drugu funcionalnu celinu čine operacije obrade numeričkih podataka, transfera ulazno izlaznih signala, kao i operacije vezane za generisanje specijalnih funkcija višeg nivoa (softverska realizacija tajmera i brojača, generisanja funkcija nekih složenih elektronskih elemenata kao što su pomerački registri, FIFO memorije i sl.).

U treću mogućnost spadaju komunikacije sa programerom DNC drugim upravljačkim sistemima i periferijama . preko odgovarajući komunikacionih sprega.

Tri opisane funkcionalne celine mogu se različito realizovati što vodi grananju industrijskih računara sa različitim karakteristikama.

Za realizaciju široke klase upravljačkih zadataka u Loli Ribaru je razvijena familija industrijskih računara.

- mini PA 16/16 (32/32)
- PA 256
- PA 512
- MPA 2048

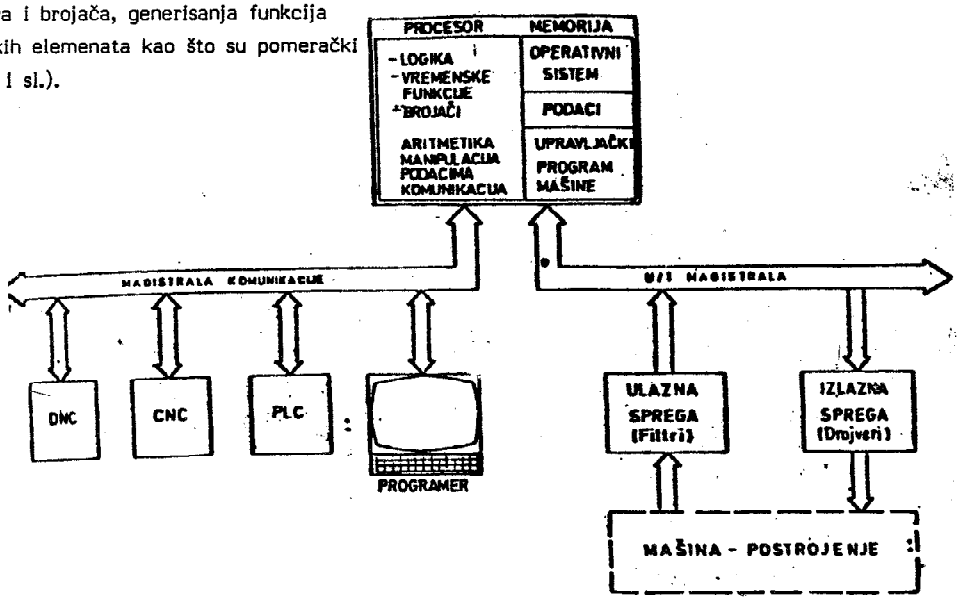
- mini PA ima u osnovnoj konfiguraciji 16 ulaza i 16 izlaza, sa mogućnošću proširenja sa još 16+16. Primena im se svodi na jednostavne upravljačke probleme.

- Pa 256 odgovara mašinama sa maksimalno 256 ulazno/izlaznih signala, sa sličnim karakteristikama kao i mini PA.

- PA 512 razvijen je za složenije upravljačke zadtake, gde se osim većeg broja U/I signala (512) zahteva i potpunija obrada informacija.

Za ekstremno složene upravljačke zadatke razvijen je MPA-2048.

Za programiranje LOLA-industrijskih računara razvijen je PROGRAMER PA. (Sl. 3).





Sl. 3. PROGRAMER PA

Primena LOLA-industrijskih računara

Izbor tipa računara zavisi od više parametara:

- o broj ulazno/izlaznih signala
- o brzine odvijanja procesa
- o vrste obrade upravljačkih informacija

Industrijski računar PA 512

Svakako najinteresantniji u gami LOLA - računarskih upravljačkih sistema je PA 512.

Po broju U/I spada u srednju grupu industrijskih računara, a po zastupljenosti u upravljačkim sistemima, na prvom je mestu.

Ima 256/256 jednobitnih ulaza/izlaza i 32/32 numerička ulaza/izlaza. Ukoliko je broj jednobitnih (ili numeričkih) ulaza veći od 256/32, može se povećati njihov broj na račun izlaza, ali da njihov ukupan broj nije veći od 512/64/.

Pored osnovnih operacija "relejne" logike, vremenskih i brojačkih funkcija, računar može da obradjuje i numeričke podatke, čime se znatno pojednostavljuju i proširuju mogućnosti relejnih rešenja . Sposobnost kontinuirane (PID) regulacije čini ga univerzalno primenljivim u automatizaciji. .

Za svaki konkretni upravljački zadatak logika se predstavlja standardnim relejnim simbolima i smešta u memoriju računaskog bloka. Uredjaj za programiranje čini da su sve eventualne izmene logike upravljanja brze i jednostavne.

Preko tastature se unose i prikazuju na ekranu relejne i numeričke šeme, odgovarajući simboli i tekst, uz, upisivanje u EPROM-memorije ili kasete. Priključenjem štampača unete šeme se direktno prenose na papir

Raznolike programske funkcije omogućuju jednostavno crtanje klasičnih relejnih šema na ekranu uz mogućnost dodavanja, brisanja i izmena elemenata; redova i celih šema na ekranu. Numeričke operacije nad osmobitnim podacima unose se u obliku numeričkih šema na sličan način.

Odgovarajući grafički simboli se prikazuju na ekranu označavajući operacije sabiranja, oduzimanja, poredjenja i trensfera podataka. Moguće je definisati uslovno izvršenje svake operacije u zavisnosti od stanja relejnih kontakata. Rezultati numeričke obrade, mogu kada je to potrebno, uticati na stanje

izlaza.

Prilikom puštanja sistema u rad i kontrole pojedinih funkcija, korisnik ima znatne pogodnosti, koristeći monitor ulaza/izlaza ili programer u monitorskom režimu.

Monitor je u sklopu računara PA 512 i pomoću tastature, LED indikacija i displeja moguće je očitavati vrednost ulaza/izlaza kao i dodatne funkcije testiranja: forsiranje i isključenje izlaza.

Ukoliko je programer spregnut sa PA 512 i nalazi se u monitorskom režimu na ekranu je moguće pratiti odvijanje bilo kog dela programa kao i vršiti dodatne funkcije testiranja.

Ako upravljani proces zahteva permanentnu kontrolu sa strane korisnika, moguće je priključiti monitor sa tehnološkom šemom procesa (i odgovarajućim alarmima), kao i štampač za zahtevane izveštaje.

Industrijski računar PA 512 našao je svoje mesto u metalurgiji, preradi mineralnih sirovina, energetici, prehrani, vodoprivredi, transportu, alatnim mašinama i drugim sistemim visokog stepena složenosti. U sprezi sa više računara upravlja transfer linijom od više mašine.

Industrijski računar PA 512 je sastavni deo LOLA 30 CNC sistema, za realizaciju sprege CNC-AM koji upravlja fleksibilnom ćelijom (obradnim centrom i sl.), što je još jedan korak ka fleksibilnoj liniji i automatizovanoj fabrici bez ljudi u neposrednoj proizvodnji.

Literatura

Ovaj rad je pisan prema ILR internoj dokumenataciji.

Ž.Lukač, V.Petrović, M.Kangrga

THE FAMILY OF ILR INDUSTRIAL COMPUTERS IN THE MANUFACTURING PROCESSES IN METAL INDUSTRY

Abstract

Presented in the paper are the capabilities and possible applications of the family of ILR industrial computers in the manufacturing processes in metal industry.The PA 512, industrial computer with the widest application spectrum is dealt with in detail.

XIX SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE
Kragujevac, septembar 1985.

FUNKCIONALNE I TEHNOLOŠKE MOGUĆNOSTI LOLA - 30 CNC UPRAVLJAČKIH JEDINICA ZA OBRADNE CENTRE

N.Dragaš, Industrija ILR, Beograd
D.Marelj, Industrija ILR, Beograd
B.Ilić, Industrija ILR, Beograd

R e z i m e

U cilju opremanja obradnih centara i numerički upravljanih alatnih mašina i industrijskih robota računarskim upravljačkim sistemima, IM IVO LOLA RIBAR je razvila sopstveni i danas jedini u Jugoslaviji familiju CNC - upravljačkih jedinica.

U referatu se kratko prikazuju osnovne funkcionalne i tehnološke mogućnosti LOLA-30 CNC - upravljačke jedinice za obradne centre.

1. UVOD

Numerički upravljane alatne mašine zahtevaju pored mašinskih i najbolje upravljačke elemente. CNC upravljanja, zbog sve većih zahteva koji se pred njih postavljaju, postaju sve obiminija po kapacitetu, jednostavnija za programiranje i opsluživanje ali i kompleksnija zbog dodatnih konstruktivnih stupnjeva.

Industrija mašina "Ivo Lola Ribar" je danas u mogućnosti da pored alatnih mašina, ponudi i sopstvene CNC - upravljačke jedinice. Njihova ugradnja je već izvršena na horizontlanim bušilicama-glodalicama, vertikalnim i univerzalnim strugovima, vertikalnim revolver bušilicama-glodalicama itd.

2. OPŠTE KARAKTERISTIKE

LOLA 30 CNC je upravljački sistem koji obezbedjuje softversku realizaciju najvećeg broja NC funkcija, čime je ostvarena maksimalna pouzdanost i fleksibilnost.

U osnovi sistema je multimikroprocesorski računara sa EPROM memorijom za osnovne i RAM memorije za programe obrade. Maksimalni kapacitet RAM memorije iznosi 48 KB. Memorija je zaštićena u slučaju nestanka napajanja u trajanju od 72 h.

Sistem je predvidjen za upravljanje mašinama sa maksimalno 6, linearnih ili rotacionih osa. Analogni izlaz za vreteno je standardna karakteristika sistema.

Predvidjena je standardna sprega sa inkremetnalnim davačima.Na raspolaganju su i opcioni sprežni moduli za analogne fazne merne sisteme (rizolveri i induktosini).

Unošenje podataka vrši se pomoću alfanumeričke tastature, kao i pomoću čitača bušene trake i kasetofonske jedinice.

CNC pruža podršku za fizičke hodove osa od ± 40 m.

Za inkremetalne davače, računar ima mogućnost rada sa rezolucijom od 0,25; 0,5; 1; 1,25; 2,5; 5 i 10 µm/imp, a parametarski se bira za svaku pojedinu osu odgovarajući način obrade podatka sa mernog sistema.

Programska rezolucija je 1 µm.

Maksimalni pomaci po pojedinim osama u ručnom radu i maksimalni efektivni pomak u automatici su ograničeni na 10 m/min.
Maksimalna brzina vretena je 10.000 o/min.

3. PROGRAMSKE MOGUĆNOSTI

Programske funkcije na LOLA 30 CNC izradjene su prema tehnološkim zahtevima koji u savremenim uslovima postaju sve oštriji.

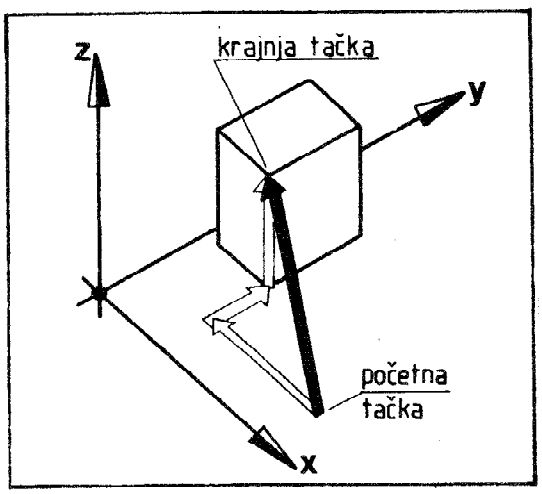
Podeljene su na uslove puta (G-funkcije) i mašinske instrukcije (M-funkcije).

G-funkcije predstavljaju pripremne funkcije, odnosno uslove puta koje sa informacijama puta čine geometrijski deo programa.

U tabeli 1. je dat pregled G-funkcija koje su rasporedjene po grupama (funkcije iste grupe se medjusobno isključuju). Dejstvo može biti samoodrživo (deluje dok se ne isključe nekom drugom funkcijom iz iste grupe) ili rečenično (deluje samo u bloku u kome su napisane).

Tabela daje i aktivne G kodove po uključenju sistema ili aktiviranjem NC-RESET-a.

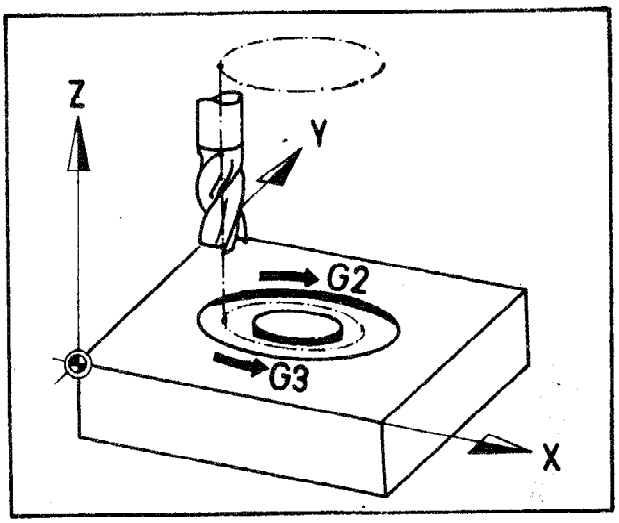
Pozicioniranje u brzom hodu (G0) se odvija istovremenim kretanjem programiranih osa. Karakter kretanja je pravolinijski a zadata tačka se dostiže istovremenim kretanjem programiranih osa.



Sl. 1. Pozicioniranje u brzom kretanju

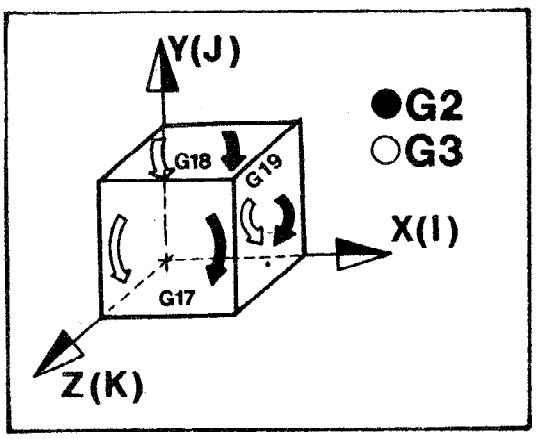
Karakter kretanja kod linearne interpolacije (G1) je identičan, s tim što se rezultujuće kretanje izvodi programabilnim pomakom.

Kružna interpolacija(G2, G3) omogućuje obradu kružnih otvora, upusta, ispusta, delova kruga i td.



Sl. 2. Kružna interpolacija

Kružna interpolacija je moguća u sve tri osnovne ravni, a izbor ravni se vrši preko funkcija G17, G18 i G19. To znači da je, ukoliko ne postoje ograničenja na samoj mašini alatki moguća obrada u sve tri osnovne ravni.



Sl. 3. Izbor ravni

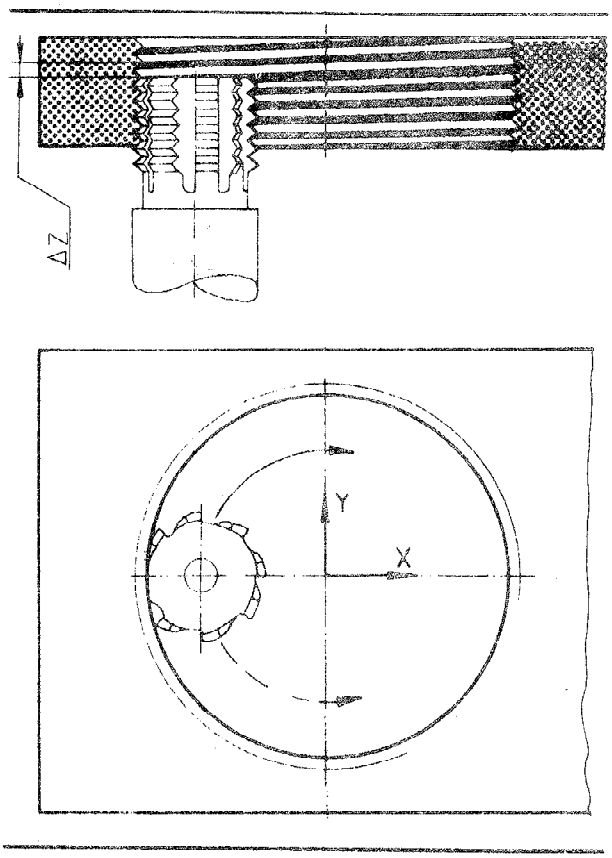
Greška zadavanja uputanje alata, u procesu obrade može izazvati oštećenje radnog komada, alata pa čak i mašine.

LOLA 30 CNC pruža mogućnost da se radno polje u bilo kom zahvatu ograniči programiranjem funkcija G25 (minimalne granice), odnosno G27 (ukidanje ograničenja).

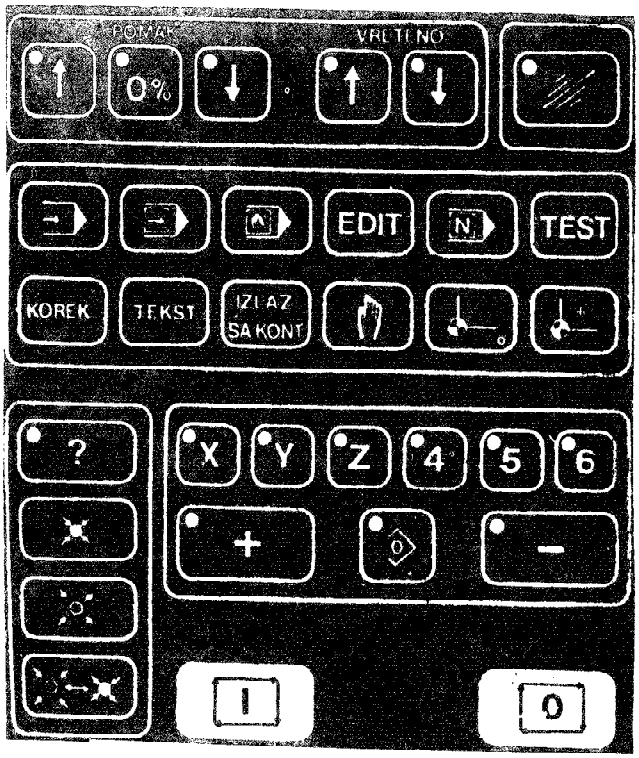
Ako se programira stvarna putanja alata (putanja centra glodala), kod glodanja dolazi do greške obradjene konture usled zatupljenja alata, nedostatka alata sa predvidjenim prečnikom i td. Sposobnost upravljanja da koriguje stvarnu putanju glodala, omogućuje da se programiraju tačke na traženoj kontrui, čime se sprečavaju pomenute greške (sl. 5).

GRUPA	FUNKCIJA	DEJSTVO: SAMOODRŽIVO	REČENIČNO	AKTIVNO PO UKLJUČENJU	SA INFORM.	BEZ PUTA	STANDARDNA	OPCIONA	ZNAČENJE
1	G0	x			x	x	x		pozicioniranje u brzom hodu
	G1	x		x	x	x	x		linearna interpolacija
	G2	x			x	x	x		kružna interpolacija u smeru satne kazaljke
	G3	x			x	x	x		kružna interpolacija u smeru suprotnom kretanju satne kazaljke
	G32		x		x			x	rezanje navoja sa brzim povratkom
	G33		x		x			x	rezanje navoja bez brzog povratka
	G73	x			x	x	x		linearna interpolacija
2	G4		x			x	x		vreme čekanja
3	G17	x		x	x	x	x		izbor X-Y ravni
	G18	x			x	x	x		izbor X-Z ravni
	G19	x			x	x	x		izbor Y-Z ravni
4	G25	x			x			x	minimalne granice radnog polja
	G26	x			x			x	maksimalne granice radnog polja
	G27	x		x		x		x	ukidanje granica radnog polja
5	G36	x				x		x	programsko ograničenje pomaka
	G37	x		x		x		x	ukidanje programskog ograničenja p.
6	G38	x			x	x		x	programsko invertovanje smerova
	G39	x		x	x	x		x	ukidanje prog. invertovanja smerova
7	G40	x		x	x	x	x		ukidanje korekture putanje glodala
	G41	x			x	x	x		korektura putanje levo od rad. kom.
	G42	x			x	x	x		korektura putanje desno od rad. kom.
8	G53	x		x	x	x	x		ukidanje pomeranja nulte tačke
	G54 ... G59	x			x	x	x		uključenje pomeranja nulte tačke
9	G70	x			x	x		x	colovno programiranje
	G71	x		x	x	x	x		metričko programiranje
10	G74		x		x		x		kretanje u referentnu tačku
11	G80	x		x	x	x	x		ukidanje fiksnih ciklusa bušenja
	G81 ... G89	x			x	x	x		fiksni ciklusi bušenja
12	G90	x		x	x	x	x		apsolutno programiranje
	G91	x			x	x	x		lančano programiranje
13	G93	x				x	x		zadavanje pomaka u inverznom vremenu
	G94	x		x			x		direktno programiranje pomaka
	G95	x						x	zadavanje pomaka u mm/o
14	G92		x		x		x		postavljanje apsolutne pozicije osa
	G99		x	x	x	x	x		ukidanje postavljanja uvedenog sa G92

Tabela 1.



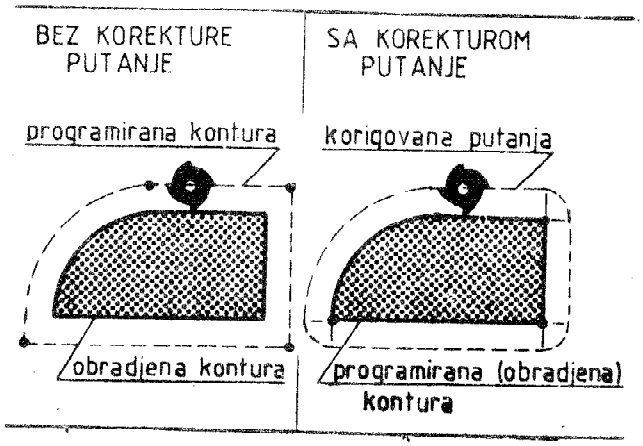
Sl. 4



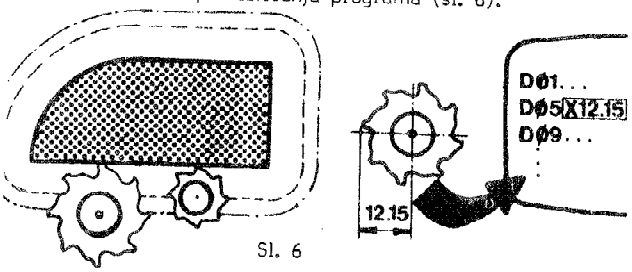
Sl. 9

GRUPA	FUNKCIJA	DELOVANJE	ZNAČENJE
	M0	P	program stop
	M1	P	uslovni program stop
	M2	P	kraj programa
	M30	P	kraj programa sa premotavanjem trake
	M3	O	uključenje vretena CW
	M4	O	uključenje vretena CCW
	M5	O	isključenje vretena
	M6	P	ciklus izmene alata
	M19	O	pozicioniranje vretena
	M7	O	uključenje sredstva za hladjenje I
	M8	O	uključenje sredstva za hladjenje II
	M9	O	isključenje hladjenja
	M48	O	dozvoljena korekcija pomaka i brzine vretena
	M49	O	isključena korekcija pomaka i brzine vretena
	M40	O	automatski izbor opsega prenosa vretena
	M41	O	I opseg prenosa vretena
	•	◦	◦
	•	◦	◦
	M46	O	VI opseg prenosa vretena

Tabela 2.

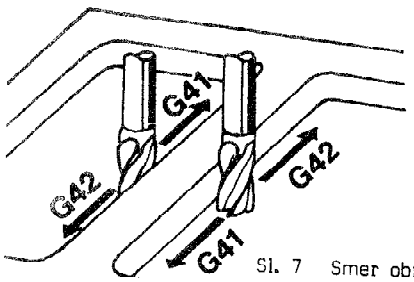


Vrednost korekcije puštanje glodala, odnosno rastojanje korigovane i programirane putanje glodala se unosi u tabelu korektura pre izvršenja programa (sl. 6).



Sl. 6

Da li se putanja alata koriguje levo ili desno od radnog komada, definišu funkcije G41 i G42.

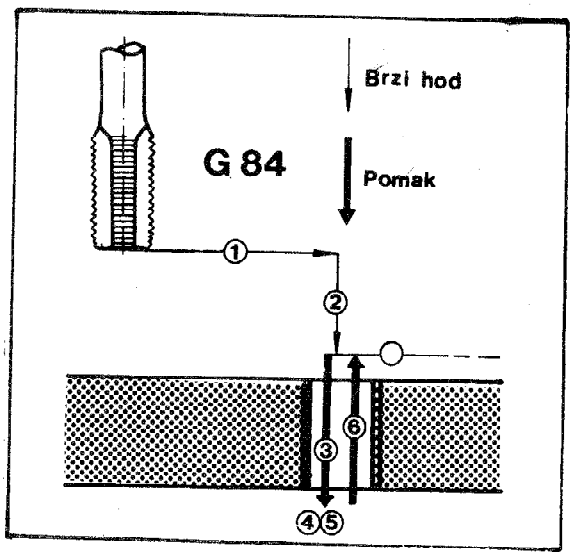


Sl. 7 Smer obrade

Fiksni ciklusi bušenja objedinjuju više programskih koraka. Pozivom fiksnih ciklusa (funkcija G81-G89), upravljanje automatski izvršava početni deo koji je identičan za sve cikluse:

- pozicioniranje brzim hodom na X i Y koordinate
- istovremeno uključivanje vretena
- pozicioniranje Z-ose, uR-ravan (ravan sigurnosnog rastojanja) u brzom hodu.

Daljitok je karakteristika samih ciklusa i njihovih parametara. Navodi se primer ciklusa G84 (bušenje navoja).



Sl. 8 Bušenje navoja

Po izvršenju početne sekvence, Z osa kreće programiranim pomakom do zadate Z-koordinate nakon čega se inicira čekanje (programirano P-kodom) i menjanje smera vretena. Po isteku vremena čekanja, Z-osa se vraća u R-ravan zadatim pomakom, čime je ciklus završen.

U tabeli 2. dat je pregled mašinskih instrukcija po grupama unutar kojih se one medjusobno isključuju ili su istog tipa. U koloni delovanje, oznakom P su označene M-funkcije koje postaju aktivne tek po završetku programskog kretanja u bloku.

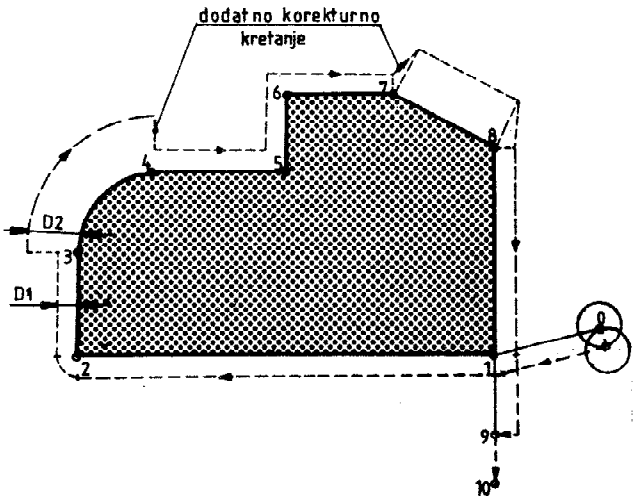
M-funkcije koje su aktivne odmah po aktiviranju bloka u kome se nalaze označene su oznakom O, a uokvirene funkcije su aktivne po uključenju.

3. RADNE MOGUĆNOSTI

Funkcionalna tastatura na sl. 9, zajedno sa alfanumeričkom tastatturom i ekranskom jedinocom, upućuje na osnovne režime rada i pokazivanja.

Obuhvaćene su sledeće funkcionalne grupe:

- o tasteri za korekciju programiranog pomaka (0÷120%) i korekciju programirane brzine vretena (5-120%).
- o taster RESET kojim se dovodi sistem u početno stanje. Svi G i M kodovi se postavljaju na vrednosti po uključenju.
- o automatsko izvršenje programa (iz memorije i sa trake)



Sl.10 Delovanje korektura alata

- o pojedinačno izvršenje programa, blok po blok (iz memorije i sa trake)
- o ručno programiranje komandi preko alfanumeričke tastature
- o editiranje (unošenje i izmena) programa obrade
- o pretraživanje programa obrade na traci ili kaseti (traženje znaka za početak programa, glavnog bloka, EOB-znaka i td.)
- o režim KOREKTURE omogućava korekciju tabela pomeranja nulte tačke i tabela korektura alata (ako nije u toku kretanje osa), ili samo njihovo prikazivanje (ukoliko je u toku izvršenje programa)
- o režim TEKST omogućava izbor različitih parametara rada upravljanja (invertovanje smerova kretanja, uključenje i isključenje automatskog numerisanja blokova u editiranju, izbor izlaznog koda podataka, izbor testa, obrade i td.)
- o izlaz sa konture sa kontrolisanim povratkom
- o pokretanje osa u ručnom režimu sa mogućnošću četiri kontinualna pomaka i četiri inkrementalna kretanja
- o komandovanje kretanja osa u referentnu tačku
- o izbor prikazivanja (trenutno kašnjenje, trenutna pozicija osa, komandovana pozicija i rastojanje između trenutne i komandovanne pozicije osa).

Prikazivanje na ekranu omogućuje prikazivanje svih informacija o stanju sistema: programskih podataka, trenutnih pozicija osa, aktivnih kodova, grešaka, upozorenja i uputstava namenjenih operatoru.

5. ZAKLJUČAK

Cilj rada je bio da se objasne izlazne karakteristike LOLA -30 CNC upravljačke jedinice.

Zbog obima materije, nisu prikazane sve mogućnosti (podprogrami, parametarsko zadavanje, programiranje poruka i td.), ali smatramo da rad pruža dovoljan uvid u funkcionalne i tehnološke mogućnosti CNC-a.

LITERATURA:

1. Uputstvo za programiranje LOLA 30 CNC
   - dokumentacija IMR
2. Uputstvo za rukvoanje LOLA 30 CNC
3. Uputstvo zaprojektovnaje sprege za LOLA 30 CNC

N.Dragaš, D.Marelj, B.Ilić

FUNCTIONAL AND TECHNOLOGICAL POSSIBILITIES OF THE LOLA-30 CNC CONTROL UNITS FOR MACHINING CENTRES

Abstract

For the purpose of equipping machining centres and numerically cotrolled machine tools and industrial robots with digital control systems the IM IVO LOLA RIBAR has developed a family of CNC control units, the only one in existence in Yugoslavia today.
Presented briefly in the paper are basic functional and technological possibilities of the LOLA-30 CNC control units for machining centres.

XIX SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE
Kragujevac, septembar 1985.

JEDAN MODEL KOMPJUTERSKOG UPRAVLJANJA AUTOMATSKOM LINIJOM ZA IZRADU OSNOSIMETRIČNIH PROFILA POVIŠENE TAČNOSTI

V. Mečanin, Mašinski fakultet, Mostar
M. Jurković, Mašinski fakultet, Banja Luka

R E Z I M E

U cilju povećanja ekonomičnosti izrade osnosimetričnih ptofila metodom valjanja, izvršena su istraživanja mogućnosti razvoja i primjene obradnog sistema visokog stepena automatizacije i povišene tačnosti obrade.

Zahtjeve pri takvoj postavci mogu ispuniti jedino obradni sistemi sa kompjuterskim upravljanjem. U radu se daje kraći osvrt na karakteristike i koncepcijski razvoj jednog takvog sistema.

1. OSVRT NA KARAKTERISTIKE KLASIČNIH SISTEMA ZA IZRADU OSNO-SIMETRIČNIH PROFILA METODOM VALJANJA

Istraživanja su pokazala da se zbog nedovoljne analize medjuzavisnosti elemenata obradnog sistema, postižu znatno niži tehno-ekonomski efekti, koji bi se objektivno mogli postići. Takav slučaj je i kod sistema za izradu osnosimetričnih profila sa klasičnim upravljanjem [1], prikazanog na slici 1.

Naime, pri razvoju obradnih sistema potrebno je voditi računa:

- o koncepcijskim karakteristikama,
- definisanju mehaničkih struktura,
- izboru pogonskog, mjernog i upravljačkog sistema,
- o definisanju principa i nivoa upravljanja,
- analizi ekonomičnosti i
- o pouzdanosti rada sistema.

Analize su pokazale, da se u odsustvu pomenutog pristupa, kao i zbog nivoa automatizacije, kod klasičnih sistema izrade osnosimetričnih profila javlja više problema. To su:

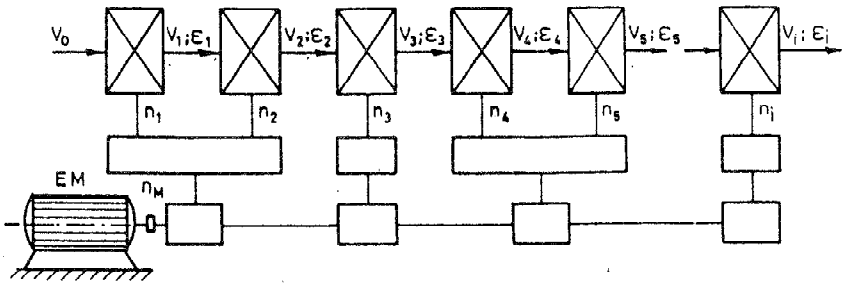
- nejednaka opterećenost pogonskih jedinica,
- različito habanje alata (valjaka),
- češće profilisanje i podešavanje valjaka, češći zastoji i
- niža efektivnost.

Opterećenje pogonskih jedinica sistema sa klasičnim upravljanjem varira od preopterećenja do opterećenja znatno ispod optimalnog i opisuje se jednačinom:

$$N_{m1} \neq N_{m2} \neq \ldots, N_{mi} \neq \ldots, N_{mk} \neq \text{const} \qquad (1)$$

u kojoj je (i=1,2,..,k) - broj pogon.jedinica.

Daljnja karakteristika sistema sa klasičnim upravljanjem je zajednički (grupni) pogon deformacionih jedinica, karakterističan po krutoj mehaničkoj karakteristici pogona i upravljanja, što za posledicu ima ograničenja u pogledu regulacije.



Slika 1. Strukture obradnog sistema za izradu osnosimetričnih profila sa klasičnim upravljanjem

Iz uslova konstantnosti protoka:

$$Q = A_1V_1 = A_2V_2 = ,..,= A_iV_i=,.., = A_kV_k \qquad (2)$$

moguće je definisati ograničenja u smislu brzina protoka (V_i) i stepena deformacija (ε_i), tako da je:

$$V_1 = V_2(1-\varepsilon_2);\ V_2 = V_3(1-\varepsilon_3);\ V_i = V_{i+1}(1-\varepsilon_i) \qquad (3)$$

Za odredjenu višekasetnu liniju odnos brzina protoka je konstantna veličina:

$$V_i/V_{i+1} = 1-\varepsilon_i = \text{const.} \qquad (4)$$

To govori, da je odnos brzina proticanja kroz sistem u funkciji deformacije. Obzirom na zajednički pogon jednim (zajedničkim) motorom pri čemu je prenosni odnos mehaničkog prenosnika konstantan (i=const.), to je i vrijednost $(1-\varepsilon_i)$ za odredjeni sistem konstantna.

Brzine protoka materijala kroz kasete mogu se mijenjati, ali uz uslov da je odnos brzina dvaju susjednih kaseta konstantan (V_i/V_{i+1} = = const.) i uz uslov izmjene brzina u svim kasetama.

Ta izmjena se vrši preko faktora povećanja (k) i u nekim granicama od:

$$\left|V_o < V_1 < V_2 < ,..., < V_i < ,..., < V_k\right|_{min}$$
$$\left|V_oK < V_1K < ,..., < V_iK < ,..., < V_KK\right|_{max} \qquad (5)$$

Sve u svemu, klasični sistem upravljanja je veoma ograničen u smislu regulacije parametara obrade i dimenzijske tačnosti. Procesom obrade upravlja se manuelno, što za posljedicu ima nisku produktivnost jer ne dozvoljava bilo kakvu optimizaciju izvan projektovanih šema. Radi toga, prišlo se istraživanju mogućnosti razvoja jednog kompjuterski upravljanog obradnog sistema za izradu osnosimetričnih profila.

2. MODEL OBRADNOG SISTEMA SA KOMPJUTERSKIM UPRAVLJANJEM IZRADE OSNOSIMETRIČNIH PROFILA POVIŠENE TAČNOSTI

Imajući u vidu nedostatke obradnog sistema sa klasičnim upravljanjem, ušlo se u istraživanja mogućnosti razvoja jednog kompjuterski upravljanog sistema poboljšanih tehnoloških karakteristika:

- veće brzine valjanja,
- povećane tačnosti izrade i
- fleksibilnosti upravljanja.

Istraživanja su pokazala da postoje objektivne tehničko-tehnološke mogućnosti [2] za razvoj takvog sistema kako sa stanovišta pogonskih, tako i sa stanovišta upravljačkih struktura.

Kompjutersko upravljanje takvim sistemom zahtijevalo je razrješenje hardverskih i softverskih problema. U području hardvera to su:

- elek.motorni pogoni sa mogućnošću regulacije,
- procesni računar odredjene konfiguracije,
- senzori za mjerenje relevantnih parametara,
- elementi interfejsa i
- niz mehaničkih i drugih komponenata.

U području softvera to su:

- izbor kriterija upravljanja,
- razvoj programa upravljanja i regulacije,
- testiranje algoritma i programa upravljanja itd.

U okviru [3], uglavnom su razriješeni navedeni problemi i u ovoj godini se očekuje završetak sistema i puštanje u rad.

Sistem sa CNC upravljanjem pored znatno veće produktivnosti omogućuje i ravnomjerno opterećenje pogonskih jedinica, tako da je:

$$N_{m1} = N_{m2} = ,.., = N_{mi} = ,.., N_{mk} = \text{const.} \qquad (6)$$

Pri čemu je:

$$N_{mi} = M_{mi}\, n_{mi}/955 \quad kW \qquad (7)$$

N_{mi} - obrtni moment i-te jedinice,
n_{mi} - broj obrtaja i-te pogonske jedinice.

Ostale jednačine uz ovu problematiku u kraćem obimu date su u [2].

Obzirom na mogućnost varijacije broja obrtaja (n_{mi}), slijedi i ravnomjerno opterećenje pogonskih jedinica:

$$F_{v1} = F_{v2} = ,\ldots, = F_{vi} = ,\ldots, = F_{vk} \qquad (8)$$

Za izbor kriterija upravljanja obradnim sistemom stoji na raspolaganju nekoliko mogućnosti. Tako, kao kriterij regulacije mogu se koristiti sile zatezanja izmedju deformacionih jedinica, momenti pogonskih motora, stepen deformacije itd.

Ako se regulacija ostvaruje preko sila zatezanja tu su moguća dva pristupa:

Prvi je da ne postoje sile zatezanja u kom se slučaju radi o sistemu sa kompenzacijom (F_i=0), a drugi je da postoji sila zatezanja izmedju deformacionih jedinica, kada se radi o sistemu bez kompenzacije.

1. $F_{zi} - F_{zi-1} = \Delta F_{zi} = 0$ [daN] (9)

2. $F_{zi} - F_{zi-1} = \Delta F_{zi} = K$ [daN] (10)

Ako bi se regulacija vršila posredstvom obrtnih momenata motora, odnosno momenata valjanja, onda bi se uslov mogao izraziti u obliku:

$$M_{vi} = M_{vi-1} = \Delta M_{vi} = K \quad [Nm] \qquad (11)$$

Kod razvijene kompjuterski upravljane linije u [3] kao kriterij regulacije korištena je sila zatezanja izmedju deformacionih jedinica prema jednačini (10) i njoj relevantne veličine.

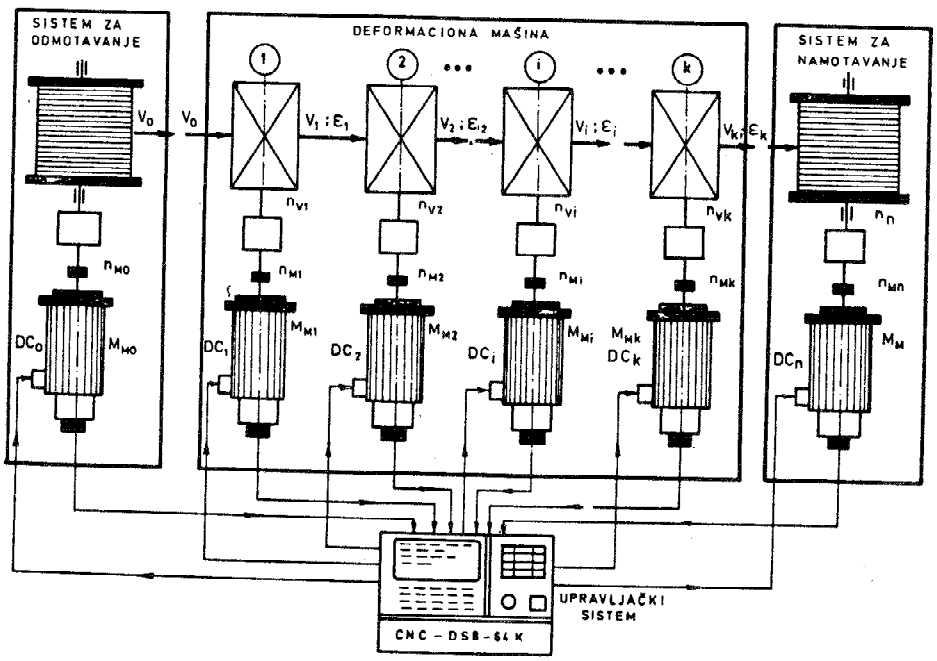
Izgled i strukture takve linije prikazane su na slici 2.

Iz prakse je poznato, da se dimenzije osnosimetričnih profila održavaju putem dimenzija prečnika valjaka što predstavlja veoma veliki nedostatak iz više razloga.

To se posebno odnosi na osnovimetrične profile povišene tačnosti izrade.

U mastojanjima da se po mogućnosti i ovaj problem razriješi, ušlo se u istraživanja mogućnosti dodatne regulacije na završnim deformacionim jedinicama kja bi omogućila izradu profila visoke dimenzijske tačnosti.

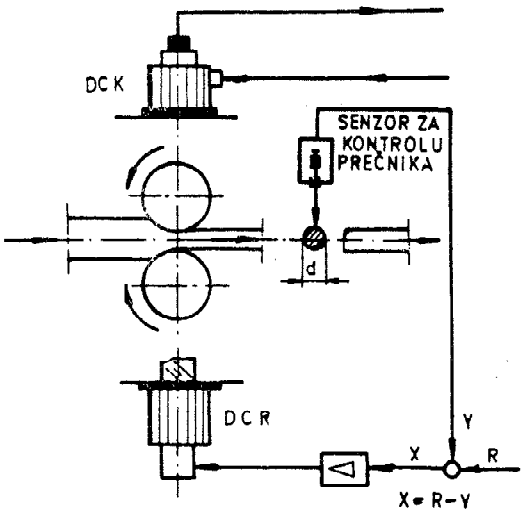
Razriješenje ovog problema zahtjeva dodatna i veoma kompleksna rješenja na hardverskom i softverskom planu.



Slika 2. Izgled i struktura kompjuterski upravljane linije za izradu osnosimetričnih profila

Osim toga, javljaju se veoma oštri zahtjevi u domenu koncepcijskog razvoja sistema deformacionih jedinica (kaseta) pri održavanju dimenzija u zadatim granicama.

Daljni zahtjevi se javljaju u pogledu senzora za aktivnu kontrolu dimenzija profila u funkciji upravljanja i regulacije.



Slika 3. Princip regulacije dimenzije prečnika profila

Na slici 3, prikazan je princip regulacije preko prečnika profila. Pri čemu je sa DCK označen pogonski motor k-te deformacione jedinice, a sa DCR servomotor istosmjerne struje za održavanje prečnika profila u zadatim granicama.

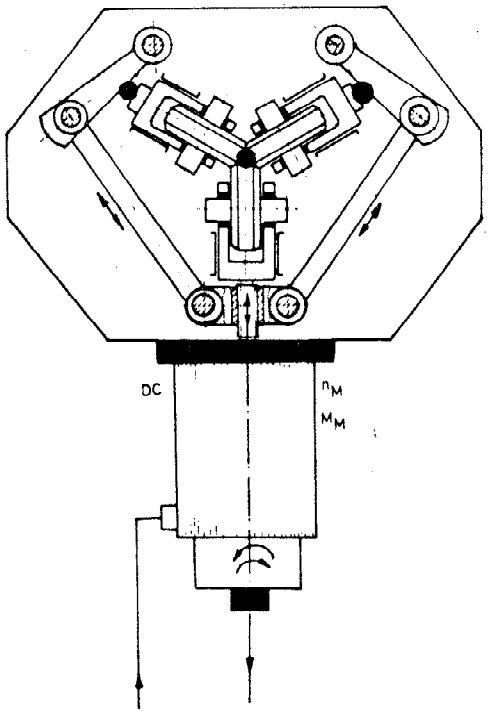
Kinematska šema k-te deformacione jedinice obradnog sistema sa odgovarajućim uprašćenjem prikazana je na slici 4.

Za valjano upravljanje regulaciojom prečnika, valjanja potrebno je razriješiti problem aktivnog mjerenja u obradnom procesu.

Tu stoji na raspolaganju nekoliko vrsta senzora i principa mjerenja. Pošto je rad u fazi teorijskih razmatranja, još nije izvršen konačan izbor.

3. UMJESTO ZAKLJUČKA

Razvoj obradnog sistema sa (automatske linije) kompjuterskim upravljanjem za izradu osnosimetričnih profila povišene tačnosti ima veoma izražene prednosti u odnosu na klasične sisteme. One se ogledaju u:



Slika 4. Kinematska šema adaptivnog upravljanja završnom deformacionom jedinicom sistema

- većim brzinama valjanja,
- približno istim opterećenjima deformacionih jedinica,
- mogućnošću fleksibilnog upravljanja procesom obrade,
- upravljanja tačnošću obrade i
- izraženim ekonomskim efektima.

Istraživanja govore, da se samo adaptivnim upravljanjem tačnošću obrade, ostvaruje ušteda od ok 4-5% u količini obradjenih proizvoda. Koliko to za godišnju produkciju iznosi, nije teško izračunati.

4. LITERATURA

1 Jurković M., Živanović S., Analiza grupnog i individualnog sistema pogona višekasetne deformacione mašine, IFTOM, Mostar, 1983.

2 Mečanin V., Jurković M., Istraživanje mogućnosti primjene kompjuterskog upravljanja automatskom linijom za izradu osnosimetričnih profila, XVIII sav.proiz.mašinstva, Niš 1984.

3 Mečanin V., Jurković M., Upravljanje visokoproduktivnom linijom za izradu osnosimetričnih profila, Naučnoistraživački projekat, Mašinski fakultet B.Luka, 1984.

V.Mečanin, M.Jurković

A MODEL OF COMPUTERIZED CONTROL OF THE AUTOMATIC LINE FOR MANUFACTURING THE AXIALLY SYMETRICAL PROFILES OF HIGH ACCURACY

Abstract

For the purpose of economy of manufacturing the axially symmetrical profiles by rolling process, research work has been done as to the possibilities for the development and application of machining centre with high degree of automation and high machining accuracy.
The requirements of such method can be fulfilled only by machining systems with computer control.This work gives a short review of characteristics and conceptual development of such a system.

XIX SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE
Kragujevac, septembar 1985.

PROGRAMIRANJE NUMERIČKI UPRAVLJANIH ALATNIH MAŠINA PO KONCEPTU GRUPNE TEHNOLOGIJE

N. Dumanović, "14.oktobar", Kruševac
Lj.Petronijević, "14.oktobar", Kruševac

REZIME

U radu je predložen metod programiranja numerički upravljanih alatnih mašina s primenom koncepta grupne tehnologije. Momenti obradjuju celishodnost ovog modela pre svega su tehničke prirode, a pored pozitivnih tehničkih postoje i elementi ekonomski ili čisto organizacione prirode koji idu u prilog primeni ovog modela. Rad prestavlja skroman doprinos autora razvoju i deljem usavršavanju ideje programiranje numerički upravljane numeričke mašine.

UVOD

Sama činejenica da su numerički upravljane alatne mašine preovladele u tehničkog praksi savremenih industrija prerade metala, uslovilo je i permanentno iznalaženje puteva za njihovu što racionalniju i efikasniju primenu.

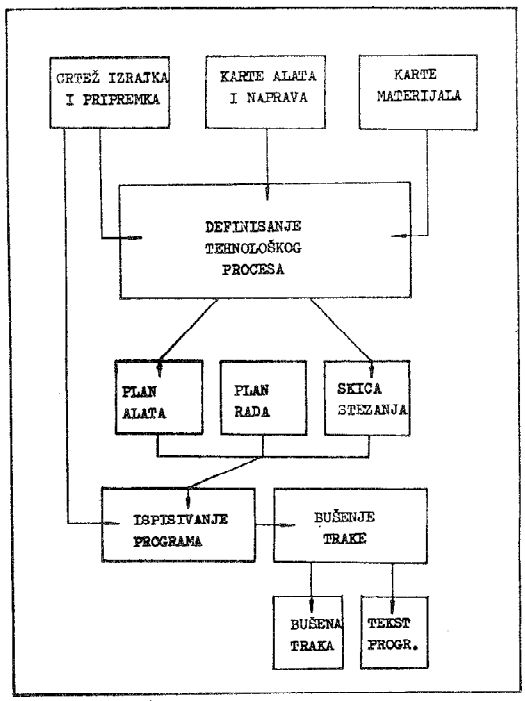
Jedna od najvažnijih aktivnosti vezanih za eksploataciju numerički upravljanih mašina jeste PROGRAMIRANJE numerički upravljanim mašinama.

Razvoj elektronike, posebno računske tehnike, odigrao je veoma značajnu, ako ne i presudnu ulogu u razvoju same ideje programiranja. U osnovi, razvoj programiranja se kretao u dva osnovna pravca:

- Ručno programiranje (sl.1) koje se razvijalo na sve širim i programskim jednostavnijim mogučnostima upravljačkih jedinica i
- automatsko (mašinsko) programiranje (sl.2) zasnovano na razvoju HARDWARE-a i SOFTWARE-a

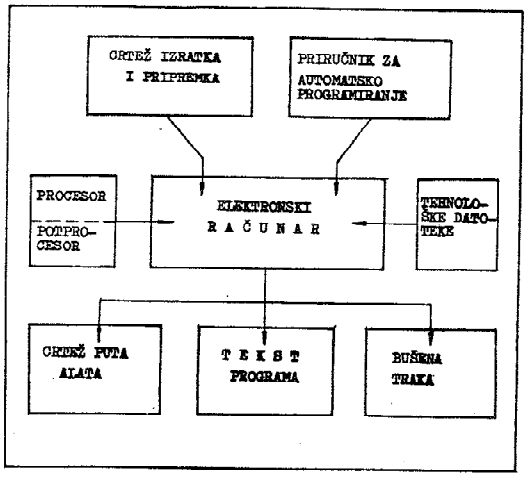
Dalji razvoj programiranje, išao je u pravcu primene koncepta grupne tehnologije.

Prednost automatskog programiranje nad ručnim je očigledna što se jasno može videti na slikama (sl.3) i (sl.4).



(sl.1)

Atutomatskim programiranjem se uz povećanu efikasnost znatno smanjuju troškovi programiranja.



(sl.2)

U ovom tekstu, o ručnom i automatskom programiranju neće da bude rečeno više nego što je već rečeno, iz prostog razloga što su ova dva načina programiranja dovoljno obradjena kako u domaćem tako i u stranoj literaturi.

KONCEPT GRUPNE TEHNOLOGIJE

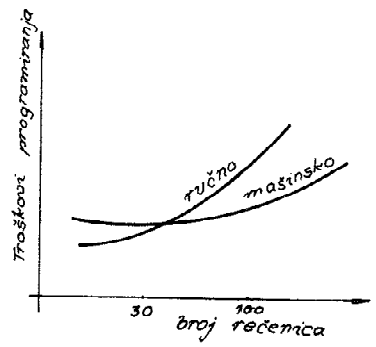
Dok masovnu i krupnoserijsku proizvodnju u prvom redu karakterišu parametri koji omogućuju veoma visok stepen proizvodnosti uz maksimalno korišćenje proizvodnih resursa i minimalne troškove proizvodnje, serijsku, maloserijsku i jedinačnu proizvodnju karakteriše znatno niži stepen organizovanosti, i srazmerno tome, slabije iskorišćenje proizvodnih resursa.

Zadatak koncepta grupne tehnologije sastojao bi se u približavanju uslova proizvodnje nalih do srednjih serija uslovima krupnoserijskih proizvodnje.

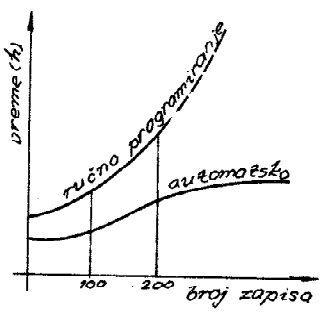
Prvi korak u rešavanju nevedenog zadatka jeste uz povećanje serijnosti, klasifikacija delova, odnosno razvrstavanje delova na klase, podklase, grupe i tipove (sl.5).

Klasifikacija delova na klase, podklase i grupe ima za cilj stvaranje tipskog tehnološkog postupka izrade, a jedna od koristi ovakve podele jeste i stvaranje realne baze za uvodjenje grupne tehnologije.

Ideja grupne tehnologije, sastojala bi se u izradi zajedničkog tehnološkog postupka za veći broj delova, koji po sistemu tehnološke klasifikacije pripadaju istoj grupi.



(sl.3



(sl.4)

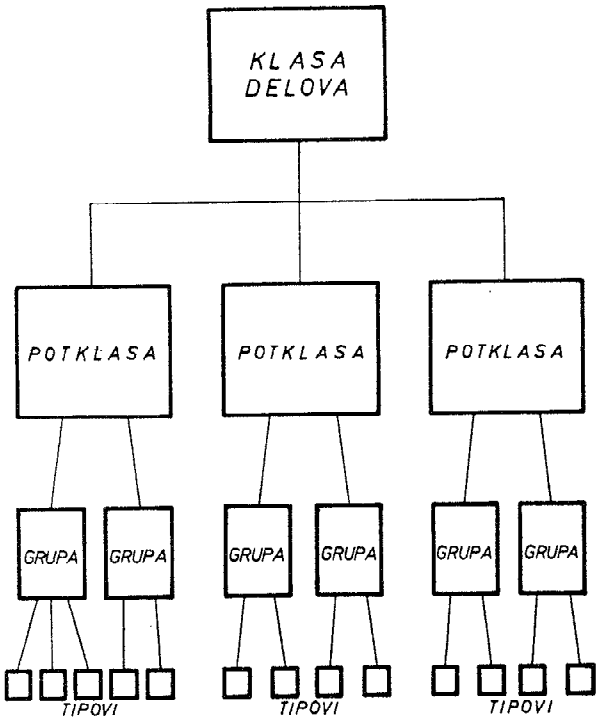
Težište rada se pomera u pravcu davanja smernica za primenu koncepta grupne tehnologije pri programiranju numerički upravljanih alatnih mašina.

Prednosti grupne tehnologije su očigledne, i pre svega ogledaju se u sledećem:

-Izbegava se raznovrsnost procesa proizvodnje za tehnološki srodne delove,
-Omogućuje se uvodjenje metoda organizacije koji karakterišu krupnoserijsku i

masovnu proizvodnju u uslovima serijske i maloserijske proizvodnje i

-Omogućuje se primena visokoproduktivne proizvodne opreme i sredstava male automatizacije.



(sl.5)

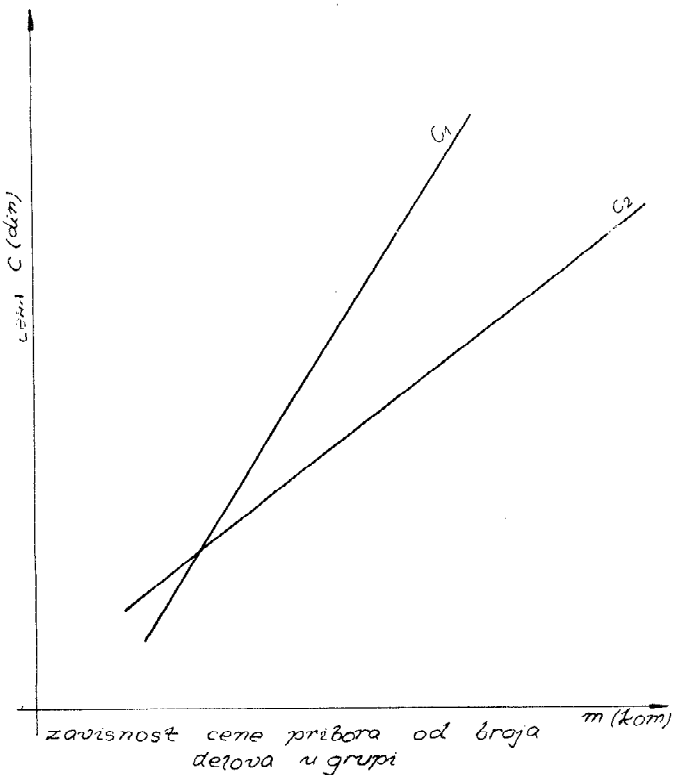
Jednom rečju, metod grupne tehnologije, doprinosi unifikaciji tehnoloških procesa u proizvodnji, što je u neposrednoj vezi s unifikacijom tehnološke opreme (mašina, alata, pribora i drugo).

Na(sl.6) prikazan je dijagram zavisnosti cene pribora od broja pozicija delova u grupi. Vrednost C_1 odgovara ceni specijalnog a vrednost C_2 ceni grupnog pribora.

U šire jugoslovenskim uslovima, koncept grupne tehnologije, sprovodio se nedovoljno dosledno sa malim brojem časnih izuzetaka.

GRUPNA TEHNOLOGIJA I NUMA

Koncept grupne tehnologije je nastao u predkompjutersko doba i na Zapadu gotovo da nije bio poznat sve do 1975. godine. Nije bio poznat, ne kao metod, već kao jedan moguć praktičan pristup za rešavanje određene grupe problema.



(sl.6)

Do promene je došlo u trenutku kad su postavljeni novi ciljevi NU-tehnologije: automatska obrada malih do srednjih serija, uz veliku fleksibilnost prilikom obrade delova.

U osnovi, o grupnoj tehnologiji kao mogućnosti daljeg razvoja, njenom učešću u proizvodnji vladaju dva sasvim oprečna mišljenja: dok jedna strana a priori odbacuje koncept grupne tehnologije, druga predvidja da će proizvodnja po konceptu grupne tehnologije u 1990.godini imati učešće od 75%

Ne želeći da se dalje bavimo prognozama vezanim za budućnost grupne tehnologije predlažemo primenu ovog koncepta pri programiranju numerički upravljanih alatnih mašina.

PROGRAMIRANJE NUMA PO KONCEPTU GRUPNE TEHNOLOGIJE

Da bi se pristupilo izradi modela programiranja po konceptu grupne tehnologije, neophodno je izvršiti sve aktivnosti vezane za sam koncept, a potom pristupiti samom programiranju. Aktivnosti koje prethode programiranju po konceptu grupne tehnologije uglavnom su sledeće:

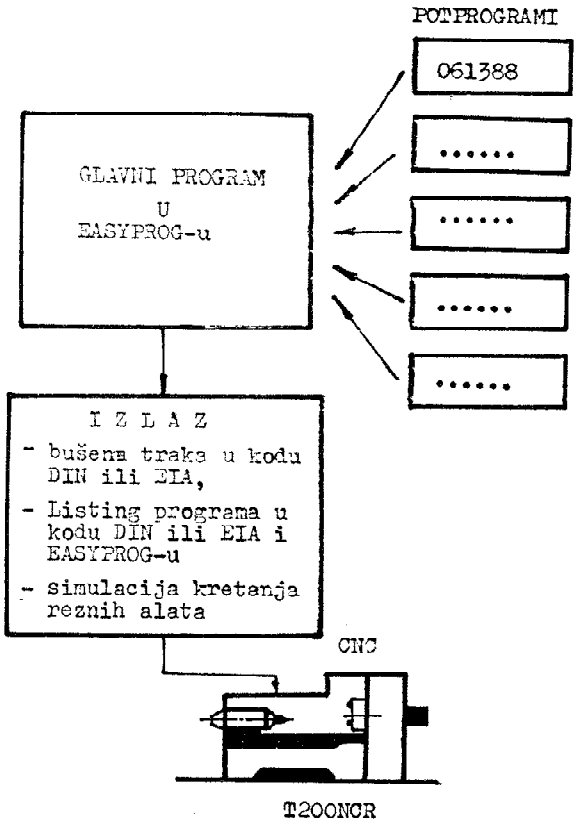
- Formiranje grupa delova,
- Projektovanje tehnoloških procesa,
- Projektovanje grupnih alata i pribora,
- Modernizacija tehnološke opreme i
- Organizacija grupnih tehnoloških linija.

Kad su ovi preduslovi ispunjeni, neophodno je izraditi program za obradu kompleksnog dela (reprezenta grupe) a potom odgovarajuće podprograme, koji bi povezivani sa glavnim programom predstavljali program za odredjeni elemenat grupe (sl.7). Glavni program i podprogrami se pišu u programski orjentisanom jeziku (EASYPROG,APT...), a kao izlaz se dobija bušena traka u kodu prepoznatljivom upravljačkoj jedinici mašine (DIN ili EIA), listing programa i simulacija kretanja alata.

Jasno je da je za primenu koncepta grupne tehnologije pri programiranju numerički upravljanih alatnih mašina neophodan računar, jer bi ručno programiranje iziskivalo daleko više napora i vremena.

Ako se u obzir uzme činjenica da se i prilikom ručnog, i prilikom automatskog programiranja javljaju greške i to od ukupnog broja programa za NUMA 44% su sintaktičke greške a sve ostale (logičke, softwer-ske i druge) iznose 12,3% ostaje da je samo 43,7% ispravno uradjenih programa, onda je sam pristup programiranja po konceptu grupne tehnologije jasan i razumljiv, jer se na taj način ove greške eliminišu u prvom naletu, odnosno prilokom davanja izlaza u vidu simulacije kretanja reznog alata.

Pored ovog veoma važnog momenta u prilog programiranju po konceptu grupne tehnologije idu i čisto ekonomski elementi.

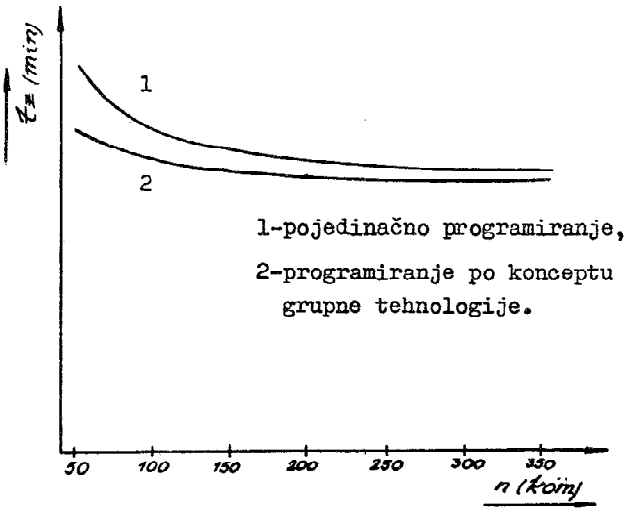


(sl.7)

Na primeru koji je zaživeo u fabrici Hodnih strojeva Industrije "14.oktobar" (u spisku literature pod rednim brojem 3) vidljivi su i drugi pozitivni efekti: ušteda u vremenu potrebnom za programiranje, i smanjenju pripremno - završnog vremena (sl.8).

Smanjenje pripremno - završnog vremena je logična posledica primene grupnih alata i pribora, što se odražava na t_z - vreme potrebno za izradu jedinice proizvoda.

Sa dijagrama (sl.8) jasno se uočava svrsishodnost programiranja NUMA po konceptu grupne tehnologije, za male do srednje serije.



(sl.8)

ZAKLJUČAK

Primena metode programiranja NUMA po konceptu grupne tehnologije jeste svrsishodna i ekonomski opravdana, te je zato neophodno stvoriti uslove za njenu primenu. Pored navedenih pozitivnih efekata ovakav pristup stvara realne uslove za stvaranje mogućnosti za bolju organizaciju rada, uspišnije planiranje i terminiranje proizvodnje, smanjenje broja i vrsta steznih i reznih alata i drugo. Istovremeno, predloženi model zadovoljava i osnovne zahteve NU-tehnologije, automatsku obradu malih do srednjih serija uz veliku fleksibilnost pri obradi delova.

LITERATURA

1. Aleksandar Pavljović Numeričko upravljanje NU-tehnologije jedan realistički pristup, XVIII savetovanje proizvodnog mašinstva Jugoslavije, Niš 1984. (3)

2. Milan J. Perović, Proizvodni sistemi, Kragujevac 1976.

3. Mirko N. Dumanović, Racionalizacija programiranja NC mašina uz promenu računara u fabrici Hodnih strojeva "14.oktobar" JUPITER SYSTEM, četvrti jusgoslovenski simpozijum CAVTAT 1985. (523)

4. Milan Perović, Slavko Arsovski, Proizvodnih sistemi - numeričko upravljanje mašinama, Beograd 1982 godine

5. Miroslav Trajanović, Zoran Nikolić, Zoran Djurić, Editor Sistema za izradu programa za numeričko upravljanje alatnim mašinama, XVIII savetovanje proizvodnog mašinstva Jugoslavije, Niš 1984. (53.)

6. Mirko Cvjetičanin, Programiranje njmerički upravljanih strojeva, časopis Alatne mašine br. 1. Beograd 1984. (37)

7. Mirko N. Dumanović, Branislav B. Krstić, Iskustva u primeni numerički upravljanih alatnih mašina u fabrici Hodnih strojeva Industija "14.oktobar", Osmo savetovanje NUMA & roboti, Beograd 1985. (201).

M.Dumanović, Lj.Petronijević

NC MACHINE TOOLS PROGRAMMING BY THE GROUP TECHNOLOGY CONCEPT

Abstract

A method for programming NC machine tools with the application of group technology is proposed in the paper.The factors determining the suitability of this model are primarily of engineering nature, in addition to which there are elements of the economic or purely organizational nature favouring the application of this model.The paper represents a modest contribution of the authors to the development and further improvement of the idea of NC machine tool programming.

XIX SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE
Kragujevac, septembar 1985.

MIKROPROCESORSKI MODEL ZA KRMILJENJE RAČUNALNIŠKO GRAFIČNIH ENOT VELIKEGA FORMATA

P. Leš, Tehniška fakulteta, Maribor
A. Jezernik, Tehniška fakulteta, Maribor
Z. Živec, Tehniška fakulteta, Maribor
B. Voljč, Tehniška fakulteta, Maribor

Rezime

Raziskovalni projekt za računalniško upravljanje grafičnih enot vsebuje osnovne ideje mikroprocesorsko krmiljenega kvalitetnega ravninskega risalnika z oznako LATES R1. Prispevek obravnava mehansko tehnično specifikacijo, shematski prikaz delovanja mikroprocesorja, opis krmilja in kontrolo z mikroprocesorjem ID 1680 ter inteligenčno stopnjo. Dokazuje tudi možnost domače izdelave in nujnost stimulacije razvoja.

ABSTRACT

The research project "A microprocessor model for control of computer graphics devices" contains the basic ideas of a microprocessor controlled quality flat bad prototipe plotter, named LATES R1. The contribution presents technical specification of the vital mechanical subassemblies, the microprocessor control, based on circuitry of microprocessor ISKRA DATA 1680 and description of plotter inteligence. It is sought that the manufacturing of quality plotters in Jugoslavia is possible and necessary.

1. UVOD

Prototip ravninskega risalnika LATES R1 je visokokvalitetni risalnik krmiljen z mikroračunalnikom. Risalnik je namenjen za risanje in pisanje za širši krog uporabnikov predvsem v strojništvu, gradbeništvu, elektrotehniki in v drugih panogah. Risanje se izvaja na ravni ploskvi v formatu A_0 s štirimi peresi, z različnimi barvami in debelino črt.

Mehanska konstrukcija risalnika je robustna,vendar izdelana natančno in je pri risanju precizna in zanesljiva. Obsega mizo, ki bazira na aluminijasti satasti strukturi vpeti v jekleni okvir. Preko mize se po sistemu linearno vodenih ležajev (na vsaki daljši stranici mize) pomika mostiček iz aluminijastega posebnega profila. Na mostiček je gibljivo vpeta glava t.j. istočasno držalo peres in optike, ki se preko ležajev pomika po tračnicah v prečni smeri.

Držalo peres in mostiček pomika sistem trakov iz nerjavečega jekla, ki jih pomikata dva koračna motorja preko zobniških pogonov. Koračna motorja krmili mikroprocesor, ki je vgrajen pod risalno ploščo v nosilno konstrukcijo risalnika.

Risalnik je mogoče priključiti na poljuben računalnik preko standardnega vmesnika RS 232 ali preko paralelnega vmesnika. Risalnik ima vgrajen lastni sistem za vakuumsko pritrjevanje papirja preko sistema drobnih izvrtin v risalni plošči.

2. TEHNIČNI PODATKI

Tip: Ravninski

Velikost risalne ploskve: 850 mm x 1200 mm z velikostjo formatov A_0, A_1, A_2, A_3, A_4

Število peres: 4 (kuli, rotring)

Statična pozicijska natančnost, ponovljivost in korak: 0,1 mm

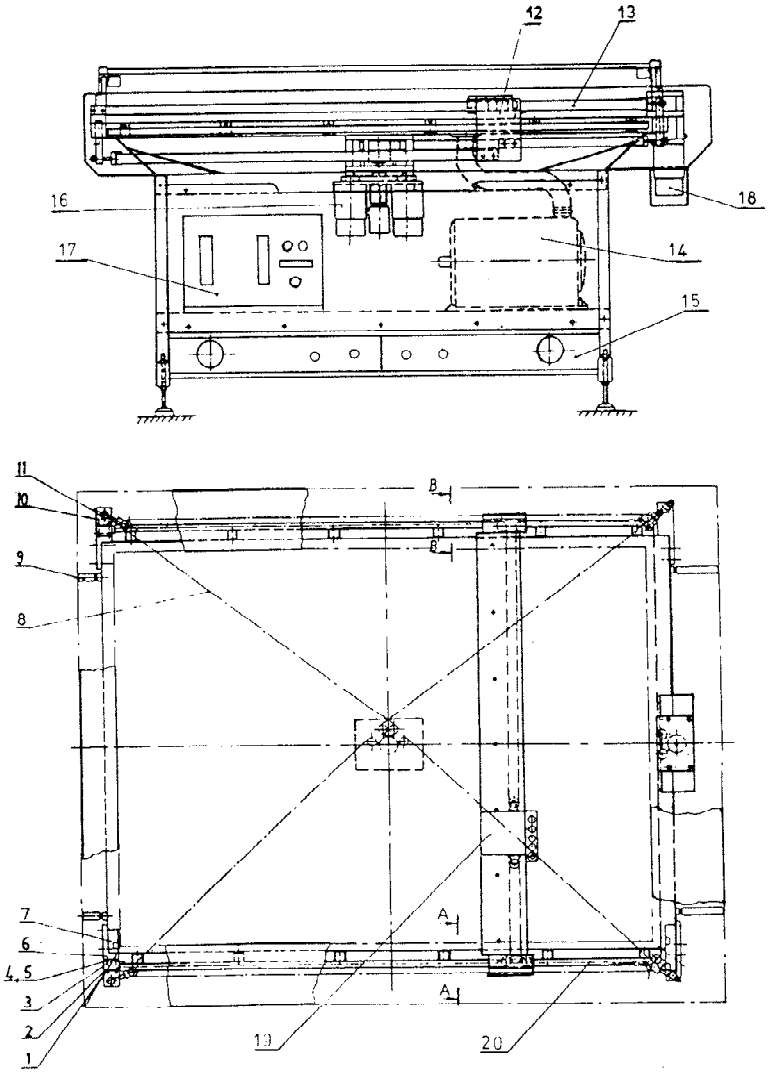
Pritrjevanje papirja: Vakuumsko

Krmilnik: 8 bitni procesor Motorola 6800, laboratorijski sistem ISKRA DATA 1680/00

Električni priključek: 220V, 50Hz

Sprememba merila: Naprava omogoča kompenzacijo za spremembe v velikosti risbe zaradi vlažnosti in temperature

Hitrost risanja: V smeri osi je 300 mm/s, v smeri diagonale 430 mm/s.

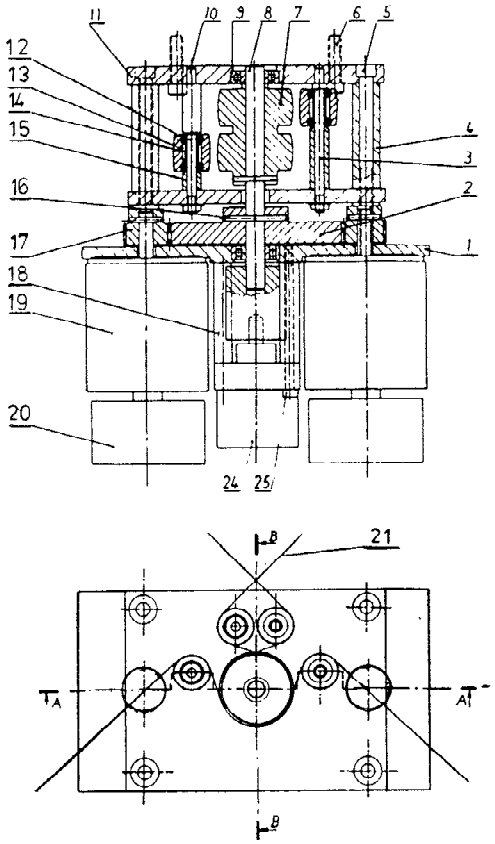


1. vijak
2. ploščica
3. podloga
4.,5. vijak
6. nosilec stranski
7. nosilec po višini
8. jekleni trak 0,075 x 25
9. distančnik pokrova
10. vskočnik
11. steber
12. nosilec mosta
13. jekleni trak
14. vakuumska črpalka
15. krmilnika koračnih motorjev
16. koračni motorji mostnega pogona
17. mikroprocesor
18. stranski koračni motor za pogon glave
19. glava s peresi
20. stransko vodilo mosta

Sl. 1a, 1b, Risalnik

3. OPIS PRENOSA IN POGONA

Za vodenje peres nad risalno ploščo do neke poljubne točke skrbita dva koračna motorja s pomočjo tornih prenosov jeklenih trakov, vodil in zobniškega prenosa. Koračni motor za prenos gibanja mostu po vzdolžni osi je montiran v središču pod mizo, drugi za prenos gibanja glave s peresi pa na enem koncu mize. S kombinacijo obeh gibanj dosežemo, da lahko peresa dosežejo vsako točko narisalni plošči (sl. 1. do 7.).



Sl. 2. Glavni pogon mosta

1. osnovna plošča
2. odgonski zobnik
3. os
4. distančna puša
5. vijak
6. pritrdilni vijak
7. dvojna jermenica
8. gred
9. ležaj
10. os
11. zgornja plošča
12. ležaj koluta
13. distančna puša
14. kolut
15. distančna puša
16. zatič
17. pogonski zobnik
18. cevna sklopka
19. koračni motor
20. hidravlični dušilec
21. jekleni trak
24. dušilec magnetni
25. vijak pritrdilni

4. OPIS KRMILJA

V osnovi je krmilje zasnovano tako, da ga lahko uporabimo za poljubno trikoordinatno numerično krmiljeno napravo (NC-obdelovalni stroji, trikoordinatni merilniki, roboti ipd.). Pri risalniku SICAD PLOT skrbi krmilje za tri osnovne operacije in to:

- pomike peres v x in y smeri
- dviganje in spuščanje peres v z smeri.

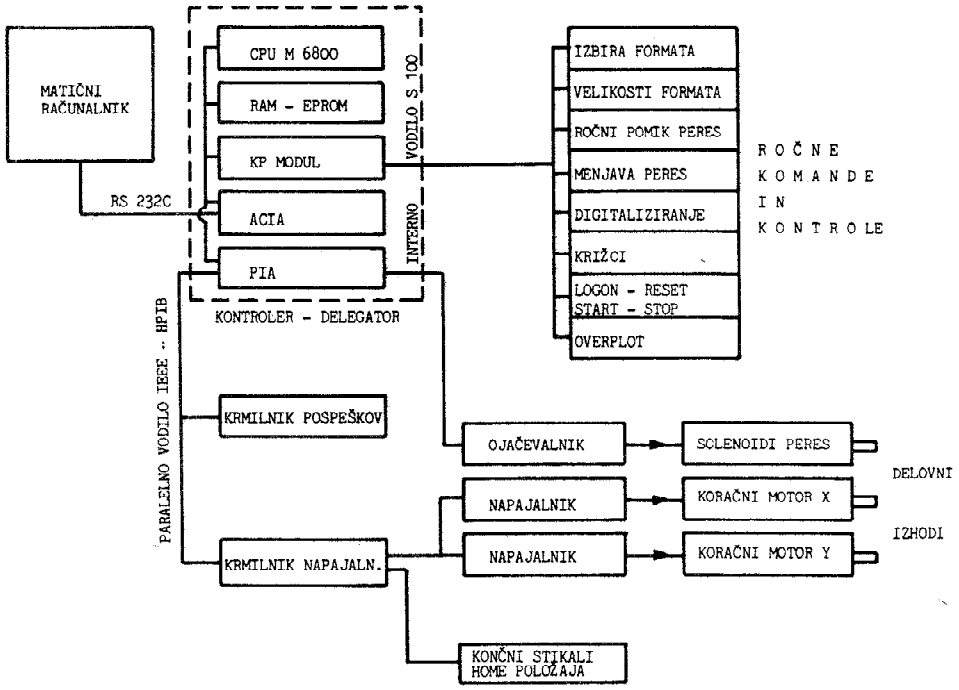
Poleg osnovnih operacij mora biti krmilje risalnika prirejeno za izvajanje nekaterih funkcij, ki so nujno potrebne za pravilno delovanje risalnika (FIRMWARE NIVO 1):

- ročni pomiki peres
- nastavitev velikosti formata papirja - risbe
- digitaliziranje
- narisovanje (OVERPLOT)
- nastavitev koordinatnega izhodišča
- kontrola pozicije peres
- kontrola hitrosti peres
- start - stop - pause operacije
- logični priklop na matični računalnik
- menjava peres
- komunikacija z matičnim računalnikom.

Poleg naštetih operacij skrbi krmilje za komunikacijo z osnovnim programskim paketom (FIRMWARE NIVO 2):

- črkovni generator
- črtni menu
- generator osnovnih črtnih likov
- kompatibilnost z osnovnim programskim paketom PLOT 10.

Krmilje je sestavljeno iz treh mikroprocesorjev motorola G800 s potrebnimi vhodno-izhodnimi, komunikacijskimi in spominskimi moduli. Vsi moduli so standardni sestavni del mikroračunalnik ISKRA DATA 1680 (sl. 3).



Sl. 3 Shematski prikaz delovanja mikroprocesorja risalnika

LITERATURA

Prospektni in dodatni pisni materiali različnih firm:

1. CIL-Computer Instrumentation Ltd. Chandler's Ford, Eastleigh, Hampshire, England, SO5 3YY.
2. CALCOMP-California Computer Products, Inc. 2411 W. La Palma, Anaheim, CA 92801.
3. KONSBERG DATA SYSTEMS, Frankfurterstrasse 176, D-6078 Neu-Isenberg.
4. Kuhlman GmbH & Co KG, aided design D-2940 Wilhelm-shaven.
5. Berger Lahr GmbH - koračni motorji, Bergerstrasse 34/36 - D-7630 LAHR.
6. Zebotronics - Schrittmotoren GmbH Muttenthaler-strasse 10 - D-8000 München 71.
7. Ženko Z.,Angleitner G., Leš P.: Mikroprocesor za krmiljenje ravninskega risalnika, VTŠ Maribor 1982 (PORS-03-2531).
8. A. Jezernik: Osnove računalništva za inženirje, VTŠ Maribor 1984.

XIX SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE
Kragujevac, septembar 1985.

ILR - FAMILIJA VIŠENAMENSKIH INDUSTRIJSKIH ROBOTA

M.Benedetić, Ivo Lola Ribar, Beograd
R.Drevenšek, Ivo Lola Ribar, Beograd
V.Cvetković, Ivo Lola Ribar, Beograd
V.Stojković, Ivo Lola Ribar, Beograd

R e z i m e

Višenamenski industrijski roboti predstavljaju jednu od osnovnih komponenti fleksibilno automatizovanih tehnoloških linija za proizvodnju delova,zavarivanja,montažu,farbanje manipulaciju u tehnološkim linijama crne i obojene metalurgije i sl.,Posle prvih iskustava ILR u realizaciji industrijskih robota manje nosivosti, razvijena je familija industrijskih robota nosivosti do loo daN. U referatu se kratko prikazuju osnovne radnje i tehničke karakteristike višenamenskih industrijskih robota ILROT-5Z i ILROT-8oZ.

1. UVOD

Višenamenski industrijski roboti izvode se sa mogućnošću obavljanja većeg broja zahvata odnosno sa mogućnošću što šireg dijapazona rada u najrazličitijim sferama ljudske delatnosti.

Kako definisati performanse industrijskog robota?

Ako bi pošli od želje za optimizacijom performansi uklopićemo se u vrlo uzan dijapazon aktivnosti rada industrijskih robota. Optimizirati brzine,ubrzanja,tačnost pozicioniranja i druge performanse za šire polje aktivnosti industrijskih robota je nemoguće.

Sve ovo navodi,da u fazi projektovanja prema zadatku definišemo polje aktivnosti industrijskog robota odnosno dijapazone rada gde se investicija ekonomski opravdava za relativno razuman vremenski period. Prema tim aktivnostima odnosno projektnom zadatku odredjuje se koncepcija, tačnost izrade i montaže komponenata i sl., što direktno utiče na cenu industrijskog robota.

Performanse(brzina,ubrzanje,tačnost i dr.) treba, što je moguće više prilagoditi osnovnoj nameni industrijskog robota a načelno voditi računa i o drugim mogućim aktivnostima industrijskog robota, odnosno mestima angažovanja,su unapred svesni da u tom domenu ekonomičnost, efektivnost i finansijski efekat mogu biti smanjeni.

Ovakva koncepcija još u fazi projektovanja determiniše prioritetne aktivnosti industrijskog robota. Dijapazon angažovanja industrijskih robota je širok. Sve što radi čovek a postoji bar i minimum mogućnosti za automatizacijom je potencialno radno mesto industrijskog robota. Vrlo teško je predvideti mesta angažovanja odnosno koncepciju i performansu industrijskog robota a naročito što čovek pokušava da napravi mašinu koja će oponašati njegov rad.

2. IZBOR KONCEPCIJE

Industrija mašina "IVO LOLA RIBAR" je razvila dva višenamesnka industrijska robota:

1. Industrijski robot ILROT-5Z zglobne konfiguracije, nominalne nosivosti do 5oN pri nominalnoj brzini izvršnog organa od 1 m/s (Sl.1)

2. Industrijski robot ILROT-8oZ zglobne konfiguracije,nominalne nosivosti do 8ooN pri nominalnoj brzini, odnosno 1oooN sa redukovanom brzinom (Sl.3)

Razvijeni industrijski roboti su rezultat strategije ILR-a u oblasti industriskih robota. Izbor zglobne konfiguracije rezultat je studije oblasti primene industrijskih robota, koji predstavljaju tehnološko zaokruženje proizvodnog programa ILR-a u oblasti fleksibilnih tehnoloških sistema.

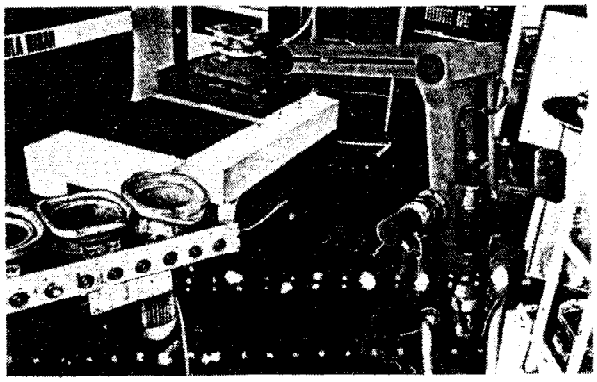
Iako industrijski roboti nisu alatne mašine, što je osnovna preokupacija fabrike alatnih mašina koja je u sastavu LOLE sistema,ipak je razvoj novih proizvodnja dao prioritet razvoju industrijskih robota kao elemenata budućih fleksibilnih tehnoloških sistema("fabrika bez ljudi").

Industrijski robot ILROT-5Z (Sl.1) namenjen je za rad prioritetno u procesnoj industriji, u teškim uslovima i sredinama koje su opasne i štetne iz bilo kog razloga za operatora ili njegovu okolinu a postoje bar minimalni uslovi za automatizaciju procesa.

Prvenstveno je namenjen za manipulativne zadatke u fleksibilnim tehnološkim sistemima.

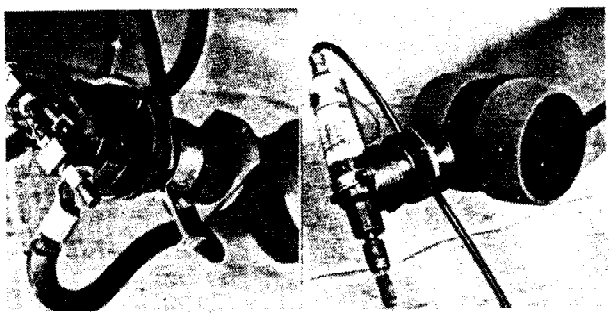
Sa dodatkom razvijene ili ukomponovane tehnološke opreme može da obavi širi spektar aktivnosti (Sl.2)

- tačkasto i elektrolučno zavarivanje,
- bušenje,
- čišćenje odlivaka,
- bojenje



Sl.1

Mainipulacija u fleksibilnoj tehnološkoj ćeliji"FLEXI-lol" ostvarena je industrijskim robotom ILROT-5Z



Sl.2

Na Sl.2 prikazani su neki od razvijenih efektora za industrijski robot ILROT-5Z (klešta za tačkasto zavarivanje,uredjaj za brušenje)

Ovim nije iscrpljen delokrug rada industrijskog robota ILROT-5Z ali za svaki specifičan zahvat neophodno je razvijati ili ukomponovati već razvijenu tehnološku opremu pri čemu treba respektovati performanse industrijskog robota(nosivost,brzine,ubrzanja,radni prostor)

U osnovnom izvodjenju ILROT-5Z ima 5 stepeni slobode kretanja sa mogućnošću povećanja i smanjenja stepena slobode kretanja shodno tehnološkim potrebama za svaki konkretan slučaj.

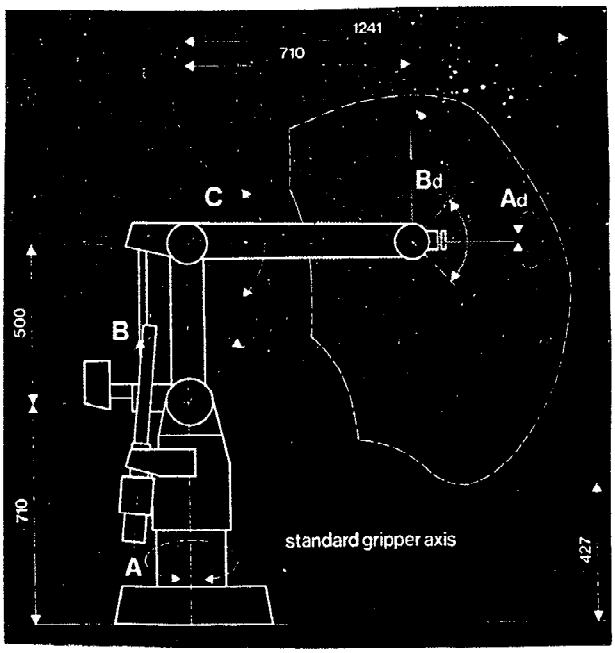
Karakteristike industrijskog robota ILROT-5Z

Nosivost pri maksimalnoj brzini	max 50 N
• Brzina	max 1,0 m/s
• Statičko opterećenje	max 10,5 Nm
• Broj upravljanih osa	5
• Mogućnost memorisanja	max 10 x 250tačaka
• merni sistem	optički inkrementarni
• Tačnost	± 0,4 mm
• Pneumatska instalacija	6 bara
• Napon mreže	220/380 V, 50 Hz
• Težina bez upravljačke jedinice	135 kg

* Podložno izmeni

Ugao kretanja i brzine:

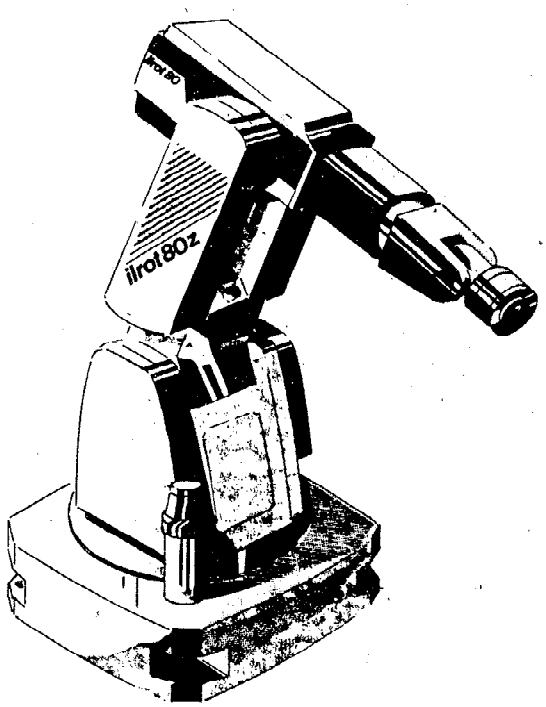
A osa ± 150°	90°/s
B osa ± 40°	0,57 m/s
C osa + 25° − 40°	1,0 m/s
Ad osa ± 180°	220 o/s
Bd osa ± 90°	110 o/s



Industrijski robot ILROT-8oZ (Sl.3) namenjen je za rad u fleksibilnim tehnološkim sistemima (za manipulativne zadatke).Može da obavi čitav niz aktivnosti:

- tačkasto i elektrolučno zavarivanje sa dodatkom odgovarajuće tehnološke opreme i agregata koji prate tu opremu,
- poliranje i čišćenje odlivaka

i niz drugih aktivnosti kod kojih težina radnog komada ili tehnološke opreme zavisno šta je predmet manipulacije, neprelazi 8ooN pri nominalnim brzinama odnosno loooN pri redukovanim brzinama.

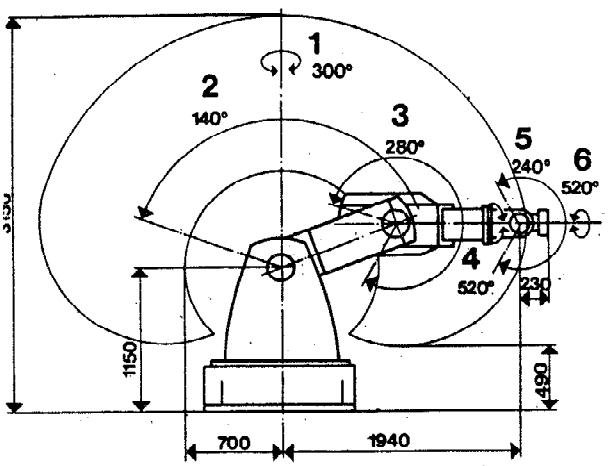


Sl.3
Industrijski robot ILROT-8oZ

U osnovnom izvodjenjuILROT-8oZ ima 6 speteni slobode a za specifične slučajeve može imati 5(osa 4 se izbacuje) ili 7 (sa dodatkom jednog translatornog kretanja).

Karakteristike industrijskog robota ILROT-8oZ

MODEL	ILROT 80 Z	OPŠTE KARAKTERISTIKE
Oblast i brzine kretanja	OSa 1 Rotacija osnove:	300° (75°/sec)
	Osa 2 Zakretanje rukke:	140° (75°/sec)
	Osa 3 Zakretanje kraka:	280° (75°/sec)
	Osa 4 Rotacija kraka:	520° (120°/sec)
	Osa 5 Zakretanje šake:	240° (120°/sec)
	Osa 6 Rotacija šake:	520° (120°/sec)
	Osa 7 Translacija osnove: 2,5 m za modul(1m/s)	
Ponavljajuća tačnost + 0,5 mm		
Statičko opterećenje	80 daN za nominalne brzine	
	100.daN za reducirane brzine	
Maksimalni momenti inercije i statički momenti	osa 4: 16 kgm^2 (400 Nm)	
	OSA +: 16 kgm^2 (400 Nm)	
	Osa 6: 4 kgm^2 (200 Nm)	
Uravnotežen je	za ose 2 i 3 hidro-pneumatsko	
Pogon	električni sa DC servo motorima	
Sistem upravljanja PTP ili CP		



Vrlo velika neusaglašenost pri definisanju performansi industrijskih robota dovodi do nemogućnosti medjusobnog uporedjivanja.

VDI je izradi preporuke i dao definicije za pojedine performanse kao i način merenja odnosno dobijanja tih performansi.Kao primer daćemo neke definicije prema VDI:

- nazivno opterećenje označava opterećenje kojim uredjaj za manipulaciju može manipulisati a sastoji se iz opterećenja alata i korisnog opterećenja pri čemu nepostoje ograničenja u pogledu:kretanja osa,zadatih brzina vremena tretiranja, tačnosti i sl.,

- maksimalno opterećenje - važi svi stavovi iz prethodne definicije osim stava u kome se govori o ograničenjima. U ovom slučaju se mogu javiti pojedina ograničenja ili kombinacija više različitih ograničenja,

- brzina

Brzina jednog elementa koji se kreće niz osu pokazuje koji se put ili ugao u jedinici vremena konstantno prelazi.

- rezultujuća brzina

Označava brzinu sastavljenu iz komponenata brzina više osa.

- stepen slobode

Stepen slobode je broj mogućih nezavisnih pokreta krutoga tela prema referentnom sistemu (maksimalno 6 stepeni slobode - 3 translacije i 3 rotacije).

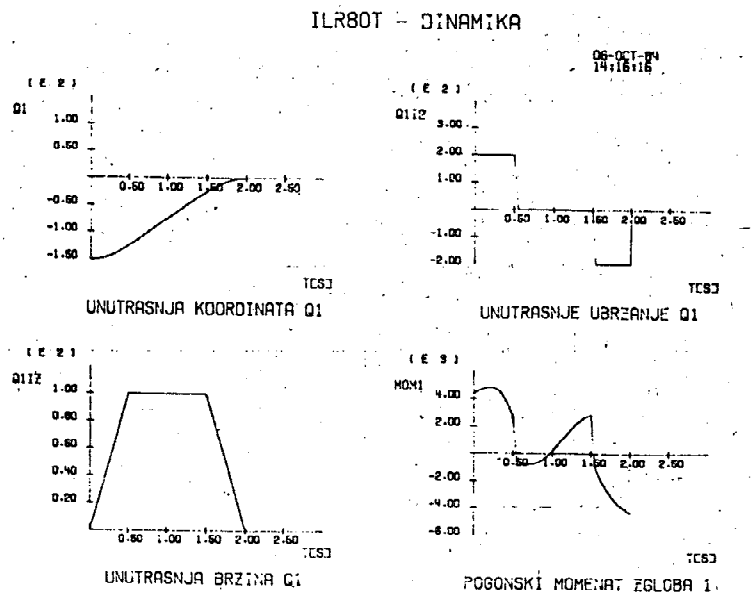
Treba razlikovati stepen slobode kretanja, koji je čest parametar industrijskih robota, od stepena slobode.

Stepen slobode kretanja pokazuje koliko nezavisno pokrenuti članaka(osa) vode do jednog jasnog pokreta uredjaja.

Prethodno date karakteristike mogu se uslovno koristiti pri grubom poredjenju jednog industrijskog robota prema drugom, no nemogu dati ocenu o mogućnostima i karakteru ponašanja industrijskog robota u eksploatacionim uslovima.Prema tim karakteristikama se može grubo izvršiti izbor industrijskog robota za konkretnu aktivnost.Pri konstruisanju industrijskog robota respektuju se projektni zadaci i prema njemu proračunavaju kinematske dinamičke vrste.

Prethodni parametri ili ono što je poznato u najranijoj fazi projektovanja su samo "zvezde vodilje" a kinematski i dinamički proračuni u fazi završetka projektovanja mogu da pokažu valjanost konstrukcije i da pomognu konstruktoru da izvrši konstruktivna i druga usaglašavanja a sve u cilju dobijanja optimalnije konstrukcije.

Na Sl.4 dat je prikaz rezultata analize zgloba rotacije 1 za ILROT-8oZ.



Ova je analiza pomogla konstruktoru da izvrši odredjena konstruktivna usaglašavanja u cilju dobijanja optimalnije konstrukcije.

3. UMESTO ZAKLJUČKA

Industrijski roboti kao sastavni delovi fleksibilnih sistema i "Fabrika bez ljudi" su komponente koje omogućavaju komunikaciju izmedju komponenata u okviru fleksibilnog tehnološkog sistema.

Pouzdanost istih je iz tog razloga od neobičnog značaja i ima veću težinu od pouzdanosti pojedinih radnih komponenata fleksibilnog tehnološkog sistema što je uvek moguće zameniti.

Industrijski roboti su uredjaji sa velikim brojem komponenata, često povezanih medjusobno redno obrazujući kinematski lanac elemenata.

Pouzdanost redno vezanog lanca, naročito ako ima dosta komponenata je relativno mala i pored velike pouzdanosti pojedinih elemenata.

Jednostavniji industrijski roboti su pouzdaniji u radu.

Iz ovog razloga pri rešavanju konkretnog problema, ako imamo na raspolaganju mogućnost izbora više industrijskih robota izaberemo kinematski najednostavniji. Pri izboru moramo uvek respektovati iskustva proizvodjača i korisnika industrijskih robota.

4. LITERATURA :

1. Prikaza industrijskog robota ILROT-80Z
-M.Benedetić
X JUPITER KONFERENCIJA

2. Tehnološke i funkcionalne karakteristike industrijskog robota - VILROT-5Z
-R.Drevenšek, M.Stojković
XVII SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE - BUDVA - '83

3. VDI - Propisi

4. Prospektni materijal ILR

M.Benedetić, R.Drevenšek, V.Cvetković, V.Stojković
THE ILR FAMILY OF MULTI-PURPOSE INDUSTRIAL ROBOTS

Abstract

Multi-purpose robots represent one of the essential components of flexibly automated technological lines for parts manufacturing, welding, assembly, painting, and manipulation in the ferrous and non-ferrous metalurgy, etc.Subsequent to the first experiences of ILR in the realisation of small carrying capacity industrial robots, a family of industrial robots was developed capable of carrying loads of up to 100daN. Outlined in the paper are main functions and specifications of multi-purpose industrial robots type ILROT-5Z and ILROT-80Z.

XIX SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE

Kragujevac, septembar 1985.

MOGUĆI PRILAZ ZA ANALIZU ZAVISNOSTI IZMEDJU PRODUKTIVNOSTI I VREDNOSTI OBRADE U SAVREMENIM OBRADNIM PROCESIMA

P. Ivanović, RO "Hidraulika", IHP "Prva petoletka", Trstenik
M. Ivanović, RO "Hidraulika", IHP "Prva petoletka", Trstenik

REZIME

U radu se daje mogući prilaz za analizu obradnih procesa sa aspekta medjusobne zavisnosti izmedju produktivnosti i vrednosti obrade kao najznačajnijih izlaznih karakteristika procesa.
Ova zavisnost ima vrlo veliki značaj za postupak adaptacije procesa ka željenom stanju, u vrlo čestim slučajevima, kada se proces vodi i upravlja kao optimalnim nivoima dve ili više respektivnih funkcija cilja.
Poznavanjem ove zavisnosti daje se mogućnost potpune identifikacije topografije hiper površi funkcija cilja i time sigurnost vodjenja procesa u domene maksimalnih tehno-ekonomskih efekata prema izabranoj funkciji cilja. Matematičko modeliranje funkcija cilja i eksperimentalna verifikacija istih izvršeni su prema parametrima iz realnih - proizvodnih uslova.

1. UVOD

Poznato je da su obradni procesi rezanjem po svojoj strukturi vrlo složeni, a po karakteru dinamički. Osim toga isti su izloženi stalnim dejstvom poremećaja iz okoline koja ih okružuje što ih čini još složenijim za proces njihove adaptacije i upravljanja.
Poseban problem čine matematički modeli ovakvih procesa koji su po pravilu nelinearni i komplikovani za klasična izračunavanja. Neophodna je primena numeričkih metoda uz korišćenje računara. Osim toga, obradni procesi su još uvek nedovoljno proučeni, naročito njihova unutrašnja struktura i zakonitosti interdejstva unutar procesa.
Od mogućih izlaznih karakteristika procesa svakako su najznačajnije produktivnost i vrednost obrade jer su iste odlučujuće za ocenu uspešnosti odvijanja procesa. Zbog toga se u radu iznosi pokušaj i ukazuje na mogućnost identifikacije zavisnosti izmedju ove dve najznačajnije izlazne karakteristike procesa za slučaj obradnog sistema sa numeričkim upravljanjem. Medjutim, pokazani postupak za posmatrani obradni sistem identičan je i može se u osnovi koristiti za analizu procesa i u drugim obradnim sistemima i šire.

2. OBRADNI SISTEM

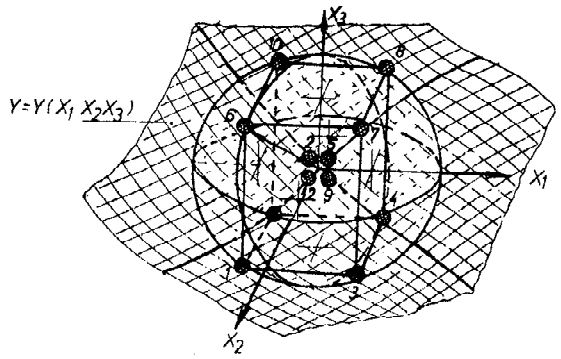
Analizirani proces obrade struganjem izveden je u realnim-proizvodnim uslovima proizvodnje u obradnom sistemu:

- MAŠINA: NC - strug typ SL-3 "MORY SEIKI" JAPAN, sa kontinualnom promenom glavnog i pomoćnog kretanja.
- ALAT: - Držač noža: PCLNR, TYP S-MAXP, "PP-CORUN"
  - Pločica: CNMG-PGP-1o25, "PP-CORUN"
- PREDMET OBRADE: Ø48/Ø5o/Ø52/x3oo (mm), Č.473o
- MERNA INSTRUMENTACIJA: - "Talysurf 5M"-instrument za merenje kvaliteta površine Taylor Hobson
  - Alatni mikroskop.

3. ANALIZA STRUKTURE OBRADNOG PROCESA

Na obradni proces u proizvodnim uslovima utiče vrlo veliki broj kontrolisanih (upravljačkih) i nekontrolisanih (poremećaji)ulaznih faktora što ga čini izuzetno složenim za analizu.
U opštem slučaju, uzimajući u obzir sve moguće eksperimente u istraživanju procesa, problem se svodi na istraživanje n-dimenzionalnog - hiper prostora u kome se prema veličinama pojedinih koordinata vektora "ulaza" dobijaju hiper površi različitog oblika. Medjutim eksperimentatora-istraživača zanimaju samo neke od ovih hiper površi, a to su one koje su interesantne sa stanovišta izučavanja za praktično korišćenje. Za takve slučajeve obično se poznaju intervali interesantnih koordinata hiper prostora čime se isti izoluje na željeni skup hiper površi.
Tako izolovani hiper prostor se ograđuje sa sferom odgovarajućeg prečnika (§), a zatim se u okviru istog odredj-

uje položaji gde će biti locirane merne tačke (Sl.1).To se postiže specijalnom plan matricom (X) koja obezbedjuje: Optimalni raspored tačaka, minimalni broj mernih tačaka, maksimalnu količinu informacija o procesu i minimalnu disperziju rezultata merenja. Ceo postupak je sadržan u konceptu savremenog eksperimentalno-analitičkog metoda zasnovanog na novoj teoriji regresione i disperzione analize /1/.



Sl. 1 Izolovani hiper prostor

Prema rezultatima merenja u odredjenim tačkama izolovanog hiper prostora dobijaju se neophodne informacije za analizu i modeliranje istog, čime se dobija veza izmedju relevantnih ulaznih faktora u proces i izlaznih veličina iz procesa u obliku odgovarajućih hiper površi. Dalji posao se odvija na istraživanju i analizi topografije takve površi u smislu ispitivanja i odredjivanja domena za optimalno upravljanje procesom.

4. EKSPERIMENTALNI REZULTATI I NJIHOVA MATEMATIČKA OBRADA

Za relevantne koordinate vektora "ulaza" Obradnog procesa (X) odabrane su: brzina (V), posmak (S), dubina rezanja (δ) i geometrija rezne pločice - radijus (R) kao i odgovarajuća združena dejstva pomenutih varijabli. Za "izlaz" obradnog procesa uzete su funkcije stanja: funkcija postojanosti (T) i funkcija kvaliteta hrapavosti površine (R_a). U tabeli T-1 data je plan matrica obradnog procesa sa ukupnim brojem od N=12 eksperimenata, od kojih su n_o=4 u centralnoj tački plana.

Sve varijable procesa su kodirane sa tri nivoa od kojih je srednji dobijen na osnovu sopstvenih ispitivanja i literaturnih podataka, a gornji i donji nivo varijacijom srednjeg nivoa.

Redosled eksperimenata je rondomiziran u vremenu prema tablici slučajnih brojeva. U svakom od (N) eksperimenata merene su vrednosti funkcije postojanosti (T) i parametri hrapavosti površine (Ra).

Korišćeni uredjaj za merenje hrapavosti obradjene površine omogućio je filtriranje (prigušenje) parametra valovitosti površine tako da je u rezultat merenja uzet samo parametar mikrogeometrije (Ra) /2/.

Za matematičko modeliranje zavisnosti T=T(V,S,δ) i Ra=Ra (V,S,R) polazi se od kodiranog oblika stepenih funkcija:

$$\bar{Y}_T = b_o + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3 \qquad (1)$$

T-1

Redni broj eksperimenata	ULAZNI EKSPERIMENTALNI HIPER PROSTOR								EKSPERIMENTALNI HIPER PROSTOR STANJA OBRADNOG PROCESA						
	Prirodne promenlj / nivoi	V /m/min/	S /mm/o/	δ /mm/	R	Plan: REPRIKA 2^{k+n_o} k=3 n_o=4			FUNKCIJE STANJA T/min/ , R_a /μm/						
									prirodne vrednosti					kodirane vrednosti	
	gornji (+1)	228	o,83	8	o,8										
	srednji (o)	18o	o,5o	4	o,4										
	donji (-1)	142	o,3o	2	o,2										
	kodirane prom. / red eksperim.	x_o	x_1	x_2	x_3	x_1x_2	x_1x_3	x_2x_3	T	R_{a1}	R_{a2}	R_{a3}	R_a	$\bar{Y}_T$=ln T	$\bar{Y}_{Ra}$=ln R_a
1	4	+1	-1	-1	+1	+1	-1	-1	81	4,16	4,78	5,o1	4,65	4,3944	1,5368
2	11	+1	o	o	o	o	o	o	47	8,o1	7,38	7,95	7,78	3,85o1	2,o515
3	3	+1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	4o	3,95	4,1o	4,52	4,19	3,6888	1,4793
4	7	+1	+1	-1	-1	-1	-1	+1	53	4,85	4,6o	4,95	4,8o	3,97o3	1,7o29
5	9	+1	o	o	o	o	o	o	41	6,94	8,22	7,64	7,6o	3,7135	2,o281
6	2	+1	-1	+1	+1	-1	-1	+1	69	14,75	14,35	14,46	14,52	4,2341	2,6755
7	1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	1o	13,o2	12,99	12,84	12,95	2,3o26	2,5611
8	5	+1	+1	+1	-1	+1	-1	-1	12	15,15	15,25	14,75	15,o5	2,4849	2,7114
9	12	+1	o	o	o	o	o	o	5o	7,78	7,71	7,58	7,69	3,912o	2,o399
1o	6	+1	-1	+1	-1	-1	+1	-1	85	19,o1	19,45	19,32	19,26	4,4426	2,958o
11	8	+1	-1	-1	-1	+1	+1	+1	1o6	6,o1	5,42	4,98	5,47	4,6634	1,6993
12	1o	+1	o	o	o	o	o	o	46	7,6o	7,41	7,82	7,61	3,8286	2,o294

$$\bar{Y}_{Ra} = b'_o + b'_1 x_1 + b'_2 x_2 + b'_3 x_3 + \\ + b'_{12} x_1 x_2 + b'_{13} x_i x_3 + b'_{23} x_2 x_3 \qquad (2)$$

Odredjivanje koeficijenata regresije: b_o, b_i, b_{ij}, (i=1,2,3) vrši se po proceduri /3/ a prema podacima iz tabele T-1. Njihovi izrazi u matičnom obliku glase:

$$B=(X'X)^{-1} \cdot X' \cdot Y \qquad (3)$$

gde su:

(X) - Ortogonalna plan matrica iz tabele T-1

(X')- Transponovana matrica matrice (X)

$(X'X)^{-1}$ - Inverzna matrica od (X'X)

Primenom predhodne procedure dobijaju se sledeći oblici jednačina za obe funkcije stanja u kodiranom obliku:

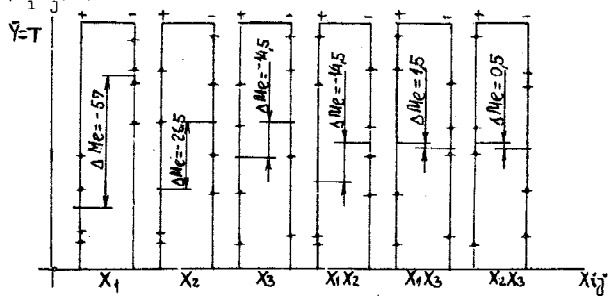
$$\bar{Y}_T = 3{,}79o4 - o{,}66o9 x_1 - o{,}4o66 x_2 - o{,}1176 x_3 - \\ - o{,}3113 x_1 x_2 + o{,}oo17 x_1 x_3 + o{,}o199 x_2 x_3 \qquad (4)$$

$$\bar{Y}_{Ra} = 2{,}1227 - o{,}o519 x_1 + o{,}56lo x_2 - o{,}1o23 x_3 - \\ - o{,}o384 x_1 x_2 + o{,}oo89 x_1 x_3 - o{,}oo58 x_2 x_3 \qquad (5)$$

Ocena signifikantnosti parametara (koeficijenata) regresije modela (4) i (5) vrši se po proceduri /3/ postupkom disperzione analize kroz nekoliko uzastopnih ciklusa od kojih se ovde pokazuje samo jedan i to za funkciju stanja (T):

Prvi ciklus:

Na osnovu podataka iz tabele T-1 formira se dijagram disperzije rezultata merenja za svaki od faktora (x_i), ($x_i x_j$) (Sl. 2).



Sl.2 Disperzija rezultata merenja za funkciju (T)

T-2

faktori X_i	+ (X_2)	- (X_2)	+ (X_1X_2)	- (X_1X_2)
+(X_1)	① $\bar{y}_7=10$, $\bar{y}_8=12$, $\Sigma\bar{y}_j=22$, $\bar{y}_{1.}=11$	③ $\bar{y}_3=40$, $\bar{y}_4=53$, $\Sigma\bar{y}_j=93$, $\bar{y}_{3.}=46{,}5$	⑤ $\bar{y}_7=10$, $\bar{y}_8=12$, $\Sigma\bar{y}_j=22$, $\bar{y}_{5.}=11$	⑦ $\bar{y}_3=40$, $\bar{y}_4=53$, $\Sigma\bar{y}_j=93$, $\bar{y}_{7.}=46{,}5$
-(X_1)	② $\bar{y}_6=69$, $\bar{y}_{10}=85$, $\Sigma\bar{y}_j=154$, $\bar{y}_{2.}=77$	④ $\bar{y}_1=81$, $\bar{y}_{11}=106$, $\Sigma\bar{y}_j=187$, $\bar{y}_{4.}=93{,}5$	⑥ $\bar{y}_1=81$, $\bar{y}_{11}=106$, $\Sigma\bar{y}_j=187$, $\bar{y}_{6.}=93{,}5$	⑧ $\bar{y}_6=69$, $\bar{y}_{10}=85$, $\Sigma\bar{y}_j=154$, $\bar{y}_{8.}=77$

Faktori procesa: (x_1) , (x_2) i (x_1x_2) imaju najveće razlike medijana (ΔMe) pa se za iste ispituje signifikantnost u prvom ciklusu (Tablica T-2).

Signifikantnost ovih faktora se ocenjuje pomoću "t" kriterijuma Studenta:

Za $tr_i = 2\,B_i/S_p > t_t$, faktor procesa je značajan

Za $tr_i = 2\,B_i/S_p < t_t$, faktor procesa nije značajan

$$B_i = \frac{\bar{Y}_1 + \bar{Y}_3 + \ldots + \bar{Y}_n}{n} - \frac{\bar{Y}_2 + \bar{Y}_4 + \ldots \bar{Y}_{n-1}}{n} \qquad (6)$$

$$S_p = S\sqrt{\frac{1}{\sum n_j}} \quad ; \quad S = \sqrt{\frac{\sum \bar{Y}_j^2}{n_j - 1} - \frac{(\sum \bar{Y}_j)^2}{n_j(n_j-1)}}$$

B_i- jačina dejstva faktora na proces

t_t- tablična vrednost za broj stepeni slobode (f) i nivo značajnosti (α).

$f = n_j - r$

n_j- broj eksperimenata u j-tom polju tablice (T-2)

r - broj polja u tablici (T-2)

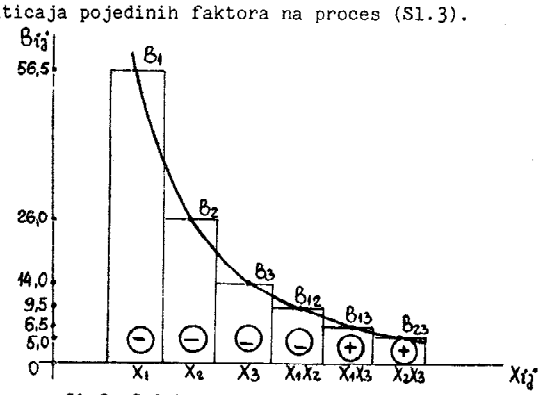
Primenom izložene procedure dobijaju se sledeće vrednosti:

$B_1 = -56{,}5$, $B_2 = -26{,}o$, $B_{12} = -9{,}5$

$tr_1 = -14{,}12$, $tr_2 = -6{,}5o$, $tr_{12} = -2{,}38$

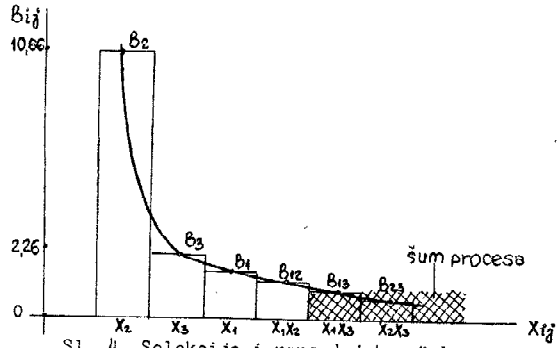
Za f=8 , i α=o,o5 , $t_t = 1{,}86o$ pa je kod svih faktora $tr_i > t_t$ što znači da su isti signifikantni na proces.

Posle završenog prvog ciklusa izdvajanja značajnih faktora sledi drugi i naredni sve do trenutka kada svi faktori modela postanu nesignifikantni za usvojeni nivo značajnosti (α). U ovom slučaju proces selekcije završava se u drugom ciklusu posle čega se formira dijagram sa rangom uticaja pojedinih faktora na proces (Sl.3).



Sl.3 Selekcija i rang dejstva "ulaza" na funkciju $\bar{Y}$ = T

Ocena značajnosti ulaznih faktora procesa na funkciju stanja $\bar{Y}$ = Ra vrši se po identičnom postupku posle čega se dobija dijagram sa rangom uticaja pojedinih faktora na proces (Sl.4).



Sl. 4 Selekcija i rang dejstva "ulaza" na funkciju $\bar{Y}$=Ra

Sa dijagrama se uočava da faktori: (x_1x_3) i (x_2x_3) nisu signifikantni na proces i isti se mogu isključiti iz matematičkog modela (5).

Konačno se dobijaju sledeći oblici funkcija stanja u kodiranom obliku:

$$Y_T=3,79o4-o,66o9x_1-o,4o66x_2-o,1176x_3 - -o,3113x_1x_2+o,oo17x_1x_3+o,o199x_2x_3 \qquad (7)$$

$$Y_{Ra}=2,1227-o,o519x_1+o,561ox_2-o,1o23x_3- -o,o384x_1x_2 \qquad (8)$$

Matematički modeli (7) i (8) iz kodiranog oblika prevode se u oblik sa prirodnim koordinatama preko jednačina transformacije (9). Konačno se dobijaju sledeći matematički modeli funkcija stanja u stepenom obliku (1o) i (11):

$$x_i=2\,\frac{\ln X_i-\ln X_{imax}}{\ln X_{imax}-\ln X_{imin}}+1 \qquad (9)$$

$$T=7,798o.1o^{11}\,\frac{V^{-2,5842(\ln S-o,o4o1n\delta+1,78o9)}}{S^{-12,5416(1+o,oo45\ln\delta)}.\delta^{o,2239}} \qquad (1o)$$

$$R_a=1,5489.1o^{2}\,\frac{S^{2,7579(1-o,1155\ln V)}}{V^{o,44o8}.R^{o,1475}} \qquad (11)$$

5. OPTIMIZACIJA OBRADNOG PROCESA

Optimizacija obradnog procesa obuhvata definisanje optimizacionog modela, izbor metoda optimizacije i realizacije procesa optimizacije na računaru.

Za formiranje matematičkog modela optimizacije neophodno je predhodno dobijenim matematičkim modelima funkcija stanja (1o) i (11) pridružiti što je vrlo čest slučaj, i funkcije ograničenja. Definitivni oblik modela optimizacije se dobija i postavljanjem konkretnog kriterijuma optimizacije odnosno oblika funkcije cilja.

Za funkcije cilja u ovom slučaju izabrane su funkcija produktivnosti (P_i) i funkcija vrednosti obrade (U_i) iz razloga navedenih u uvodnom delu ovog saopštenja.

- Funkcija produktivnosti obradnog procesa:

Uzimajući u obzir strukturu vremena trajanja operacije obradnog procesa, definiciju produktivnosti operacije kao i oblik predhodno modelirane funkcije stanja (T), posle odgovarajućih sredjivanja dobija se konačan oblik funkcije produktivnosti procesa:

$$P_i=\frac{1}{C_1+C_2V^{-1}.S^{-1}.\delta^{-1}+C_3V^{G}.S^{H}.\delta^{J}}$$

gde su: $G = -K_1(\ln S-K_3\ln\delta+K_4)-1$

$H = K_2(1+K_5\ln\delta)-1$

$J = K_6-1$

C_1, C_2, C_3, K_1, K_2, K_3, K_4, K_5, K_6 - odgovarajuće konstante

(V, S, δ) - upravljačke varijable procesa

Funkcija produktivnosti (P_i) u datom obliku predstavlja u opštem slučaju hiper površ čiji oblik zavisi od ranga i jačine dejstva varijabli (V, S, δ) na proces. To je nelinearni matematički model koji je dosta nepogodan za klasična matematička rešavanja. Neophodna je primena računara.

- Funkcija vrednosti obrade procesa:

Uzimajući u obzir opštu jednačinu za vrednost obrade koja sadrži troškove rada, troškove alata, troškove mašine i troškove sredstava SHP kao i oblik modelirane funkcije stanja (T), posle odgovarajućih sredjivanja dobija se konačan oblik funkcije vrednosti obrade procesa.

$$U_i=C_5+C_6V^{-1}.S^{-1}.\delta^{-1}+C_7V^{G}.S^{H}.\delta^{J}$$

gde su: C_5, C_6, C_7 - odgovarajuće konstante

Funkcija vrednosti obrade (U_i) u datom obliku pripada takodje nelinearnom matematičkom modelu istog tipa kao i funkcija produktivnosti (P_i), pa važe iste napomene. Jedina razlika je u tome što funkcija (P_i) poseduje maksimum a funkcija (U_i) minimum.

- Algoritam optimizacije procesa:

Za postupak optimizacije obradnog procesa u ovom slučaju korišćen je metod iteracije koji ima široku primenu pri optimizaciji nelinearnih matematičkih modela. Ovaj metod je po svojoj koncepciji blizak gradijentnom metodu i zasniva se na iteraciji pojedinih varijabli procesa. Suština metoda se sastoji u tome da se vrši direktno pretraživanje površi funkcije cilja tj. vrši se ispitivanje njene topografije sve do identifikacije ekstremne vrednosti. Ceo postupak se sprovodi u okviru optabilnog područja omedjenog funkcijama ograničenja. Ougovarajući program za ovakav algoritam optimizacije u ovom radu pravljen je na programskom jeziku FORTRAN a optimizacija izvedena na računaru "UNIVAC" - 1lоо od 512 KW, PPT - Trstenik.

- Informativne podloge za dati algoritam optimizacije:
  - Konstante u funkcijama:

$C_1 = 0{,}40$ $\quad C_5 = 5{,}32$

$C_2 = 376{,}8$ $\quad C_6 = 5011$

$C_3 = 2{,}938.10^{-8}$ $\quad C_7 = 5{,}084.10^{-7}$

$K_1 = 2{,}5842$ $\quad K_4 = 1{,}7809$

$K_2 = -12{,}5416$ $\quad K_5 = 0{,}0045$

$K_3 = 0{,}0040$ $\quad K_6 = 0{,}2239$

  - Ograničenja u obradnom procesu:

$\delta \leq 8$ mm $\quad V_{min} \geq 35$ m/min

$S_{min} \geq 0{,}3$ mm/o $\quad V_{max} \leq 480$ m/min

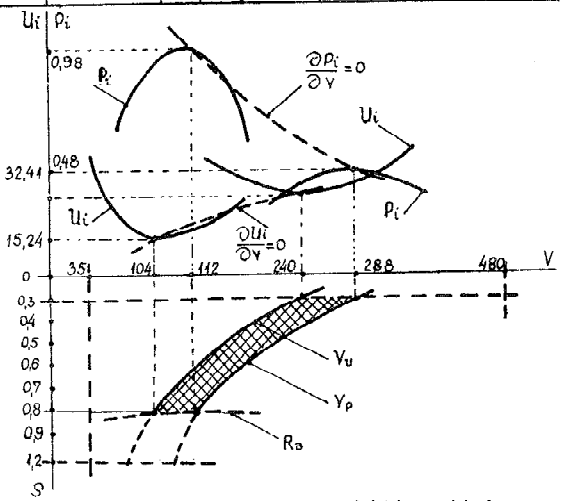
$S_{max} \leq 1{,}25$ mm/o $\quad Ra \leq 14{,}80\ \mu m$

- Rezultati optimizacije obradnog procesa:

U tabeli T-3 dati su rezultati optimizacije obradnog procesa a na Sl. 5 geometrijska interpretacija tih rezultata.

T-3

Ulazne veličine	Izlazne veličine		V_u [m/min]	V_p	U_i [din/op]	P_i [op/min]
$\delta = 2$ [mm]	S [mm/o]	0,30	293	351	92,42	0,17
		0,50	124	136	54,96	0,26
		0,80	111	119	42,69	0,65
$\delta = 4$ [mm]	S [mm/o]	0,30	262	312	53,71	0,29
		0,50	118	129	38,13	0,38
		0,80	107	114	24,63	0,42
$\delta = 8$ [mm]	S [mm/o]	0,30	240	288	32,41	0,48
		0,50	112	123	20,20	0,73
		0,80	104	112	15,24	0,98



Sl.5 Ekstremumi funkcija produktivnosti i vrednosti obrade u optabilnom domenu

6. MEDJUSOBNA ZAVISNOST FUNKCIJA PRODUKTIVNOSTI I VREDNOSTI OBRADE

Analiza dobijenih rezultata optimizacije pokazuje njihovu potpunu saglasnost sa teorijskim postavkama vezanih za oblik modeliranih funkcija cilja (P_i) i (U_i). Kod obe funkcije cilja optimumi leže u domenu maksimalnih posmaka (S) i maksimalnih dubina rezanja (δ) i odgovarajućih brzina (V). Ekstremne vrednosti za obe funkcije cilja locirane su u preseku ekstremala $V_p = V_p(S)$ i $V_u = V_u(S)$ sa funkcijom ograničenja $R_a = R_a(V, S, R)$. Uzimajući u obzir lokaciju ovih ekstrema kao i sam oblik površi funkcije cilja, potpuno jasno se uočavaju smernice za optimalno vođjenje procesa. Pri tome treba težiti da se proces upravlja po ekstremali $V_p = V_p(S)$ odnosno $V_u = V_u(S)$ kako bi se postigli maksimalni tehno-ekonomski efekti. U protivnom, nekontrolisano vodjenje procesa van ovih zavisnosti dovelo bi do vrlo velikih padova izlaznih efekata procesa, što je štetno i potpuno neopravdano. Razlika izmedju posmatranih funkcija (P_i) i (U_i) javlja se u njihovom položaju i medjusobnoj prostornoj pomerenosti. Zbog toga se familije nivojskih linija i linije ekstremala projektuju u delimično ili potpuno odvojena područja koordinatne ravni OSV. Faza pomerenosti ovih ekstremalnih izlaznih efekata evidentna je i iz jednačina eksremala koje u ovom slučaju imaju oblik:

$$V_p = \left(-G.C_4.S^H.\delta^{K_6} \right)^{\frac{1}{G+1}}$$

$$V_u = \left(-G.C_8.S^H.\delta^{K_6} \right)^{\frac{1}{G+1}}$$

Analizom ovih jednačina uočava se da širina područja (polje izmedju V_p i V_u) za neizmenjene ostale uslove obradnog procesa zavisi isključivo od specifičnih troškova obrade.

Problem se svodi na analizu odnosa:

$$K = \frac{C_A + D_1 t_1}{C_5 / C_1}$$ gde su:

- $C_A + D_1 t_1$ - specifični troškovi alata
- C_5 / C_1 - ostali specifični troškovi obradnog procesa koji sadrže troškove: rada, mašine, pribora i sredstava SHP.

Ukoliko se odnos (K) smanjuje tj. ukoliko specifični troškovi alata postaju sve manji u odnosu na ostale specifične troškove obradnog procesa tada se linije maksimalne produktivnosti i minimalnih vrednosti obrade (ekstremale V_p, V_u) približavaju, pa se optabilno područje sužava. Teorijski, granični slučaj se javlja kada je navedeni odnos jednak nuli. Tada nastupa ekstremni slučaj obrade koji se karakteriše maksimalnom produktivnošću i minimalnim vrednostima obrade istovremeno što u praksi nije ostvarljivo. U praksi je uvek $K \neq 0$ pa dolazi do fazne pomerenosti ekstremalnih nivoa pomenutih izlaznih karakteristika. Zbog toga pri optimizaciji obradnog procesa treba imati u vidu da korišćenje kriterijuma minimalnih vrednosti obrade dovodi do pada produktivnosti i obrnuto.

7. ZAKLJUČAK

Na osnovu teorijskih analiza i dobijenih rezultata pri analizi obradnog procesa mogu se postaviti sledeći važniji zaključci:

1. Izvršena analiza signifikantnosti ulaznih faktora na proces tj. na njegove izlazne karakteristike omogućila je uvid u unutrašnju strukturu procesa što ima izuzetno veliki značaj za analizu procesa i njegovu adaptaciju ka željenom stanju.

2. Identifikacija ranga dejstva svih ulaznih faktora na proces kao i matematički modeli funkcija stanja (1o), (11) omogućuju da se proces promenom koordinata vektora "ulaza" , upravlja prema domenu sa maksimalnim tehno-ekonomskim efektima.

3. Dobijeni matematički modeli (1o) i (11) dobro reprezentuju stanje obradnog procesa jer isti pri testiranju pokazuju visoku adekvatnost, što je posledica uključivanja i združenih dejstava varijabli procesa.

4. Optimumi obe funkcije cilja (produktivnosti i vrednosti obrade) leže u domenu $S \to S_{max}$, $\delta \to \delta_{max}$ i odgovarajućih vrednosti (V).

5. Proces treba upravljati po linijama ekstremala (V_p) odnosno (V_u) po mogućstvu u domenu $S \to S_{max}$, $\delta \to \delta_{max}$ jer se samo tada postižu ekstremumi funkcija cilja.
U okviru toga treba imati u vidu analizirani odnos ekstremala obe funkcije cilja (P_i) , (U_i) kako bi se postigli željeni rezultati.

LITERATURA:

/1/ J. Stanić, Matematičke osnove tehnoekonomske optimizacije obradnih procesa, MF Beograd, 1976

/2/ T. Hobson, Talysurf - 5M, prospekt, Engleska, 198o

/3/ J. Stanić, Metod inženjerskih merenja, MF Beograd, 1981

/4/ P. Ivanović, Mogući prilazi optimizacije obradnih procesa, projekat MF Kragujevac,1985

P.Ivanović, M.Ivanović

A POSSIBLE APPROACH TO THE ANALYSIS OF THE RELATIONSHIP BETWEEN PRODUCTIVITY AND VALUE OF MACHINING IN CONTEMPORARY MANUFACTURING PROCESSES

Abstract

A possible approach is presented in the paper to the analysis of the relationship between productivity and value of machining as the mo important output characteristics of the proce This relationship is of considerable importance for the adaptation of the process in very frequent cases when the process is controlled in accordance with two or more goal functions The knowledge of this relationship offers a possibility for complete identification of th topography of hyper-surfaces of goal function giving security in controlling the process so as to operate in the domain of maximum techno economic effects compatible with the chosen goal function. Mathematical modelling of the goal functions, and the is experimental verification were carried out using the parameter from the real (production) conditions.

XIX SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE
Kragujevac, septembar 1985.

MOGUĆI PRILAZ PROBLEMATICI PROJEKTOVANJA PRODUKCIONIH GLODALICA "ZASTAVA"

Ž. Srećković, OOUR "Mašine", ZCZ, Kragujevac
M. Lazić, Mašinski fakultet, Kragujevac
S. Milovanović, OOUR "Mašine", ZCZ, Kragujevac

R e z i m e

Industrijski potencijal i tempo razvoja svih industrijskih grana zemlje uslovljen je,izmedju ostalog kvalitetom i kvantitetom sredstava rada.To znači da je razvoj i proizvodnja sredstava rada jedan od veoma značajnih zadataka.

Razvoj proizvodnje produkcionih glodalica bazira na sistemskoj analizi niza relevantnih faktora. To su,pre svega,postojeći programi proizvodnje,dostignuća u razvoju odgovarajućih naučnih disciplina, tendencije koncepcijskog razvoja sredstava rada i slično.

1.U V O D

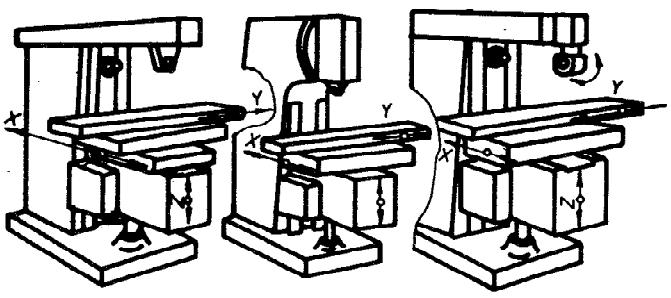
Domaću industriju alatnih mašina karakteriše velika univerzalnost (opštost namene),relativno mali stepen automatizacije i neuskladjenost asortimana proizvodnje sa potrebama.Neekonomičnost primene univerzalnih mašina u serijskoj i masovnoj proizvodnji i nedostatak adekvatnih mašina sopstvene proizvodnje su osnovni razlozi za nabavku produktivnijih mašina iz uvoza.

Pored toga savremeni alati omogućuju povećanje režima obrade,smanjenje vremena izrade i povećanje produktivnosti i ekonomičnosti rada.Medjutim,primena savremenih alata može obezbediti poboljšanje tehno-ekonomskih efekata samo ukoliko se koristi proizvodna oprema odgovarajućih eksploatacijskih karakteristika (adekvatne stabilnosti i krutosti sa jedne i odgovarajuće snage,sa adekvatno definisanim prenosnicima za glavno i pomoćno kretanje sa druge strane).

Ispitivanja i analize pokazuju da su primenjeni režimi obrade uslovljeni karakteristikama mašina i da su isti,često,znatno niži od režima obrade koje omogućuju karakteristike reznih alata. To ukazuje na činjenicu da se pri projektovanju novih alatnih mašina moraju izvršiti adekvatne analize tehnoloških postupaka obrade i tendencija u razvoju alatnih materijala i konstruktivnih rešenja reznih alata.Time se obezbedjuje proizvodnja ekonomičnih mašina za pojedine tipove proizvodnje sa jedne i proizvodnja mašina koje će omogućiti primenu alata znatno boljih reznih sposobnosti od alata koji se javljaju u momentu proizvodnje mašine sa druge strane (veći "moralni" vek mašine).

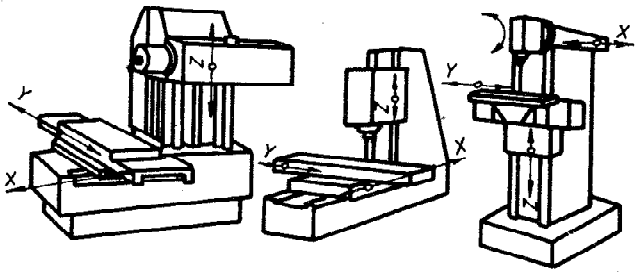
2.SAVREMENE TENDENCIJE U KONCEPCIJSKOM RAZVOJU GLODALICA

Glodalice su namenjene realizaciji niza proizvodnih operacija,kao što su: obrada ravnih površina ,obrada krivolinijskih površina i kontura, obrada površina specijalnog i složenog oblika (izrada zupčanika,zavojnica i ožljebljenih vratila) i sl.Upravo namena glodalica uslovljava i pojavu različitih koncepcijskih rešenja glodalica. Ista se,uglavnom,mogu grupisati u dve osnovne grupe: konzolne (sl.1) i bezkonzolne (sl.2) glodalice.



univerzalna vertikalna široko-univerzalna
Sl.1.-Neka od koncepcijskih rešenja konzolnih glodalica

Kod konzolnih glodalica (univerzalnih,horizontalnih,vertikalnih,široko-univerzalnih i sl.) sva neophodna kretanja izvodi radni sto,tako da je krutost i stabilnost radnog stola (predmeta obrade) relativno niska.



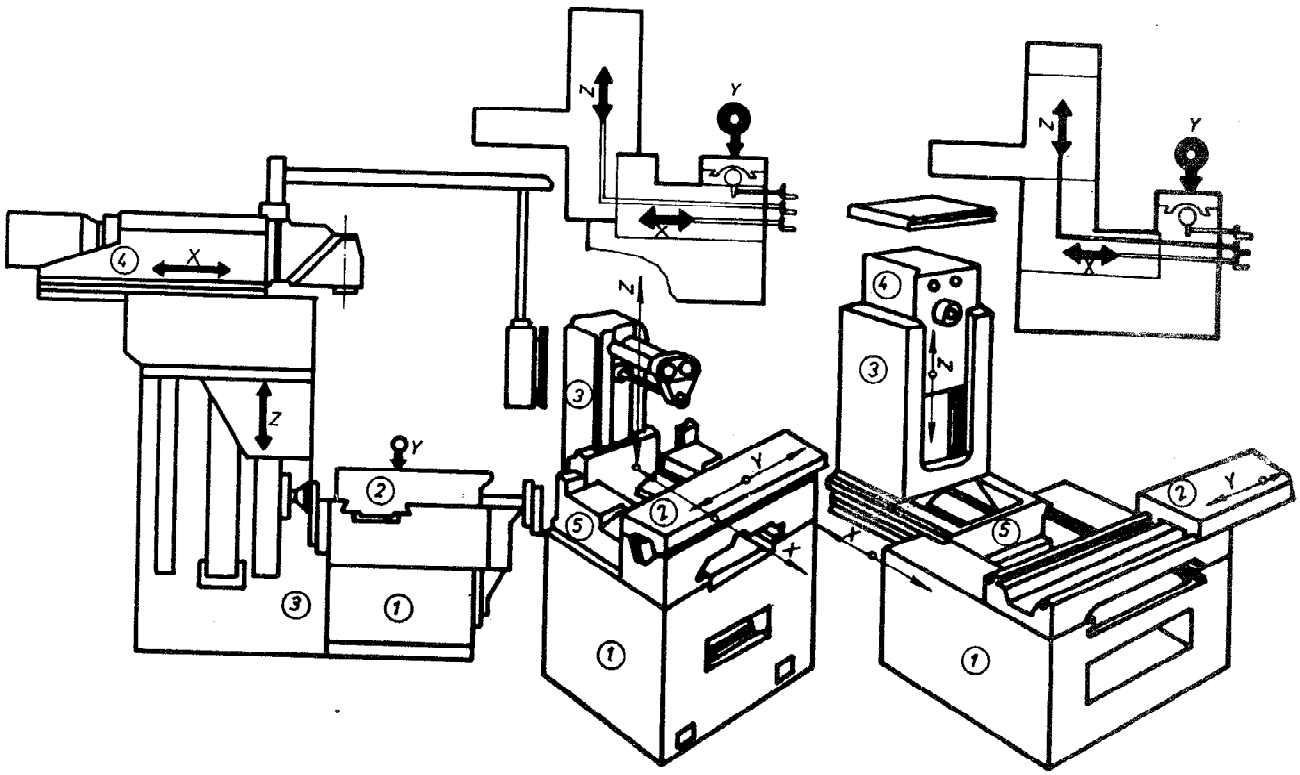
horizontalna vertikalna široko-univerzalna
Sl.2.-Neka od koncepcijskih rešenja bezkonzolnih glodalica

Radni sto bezkonzolnih glodalica (univerzalnih,horizontalnih,vertikalnih,široko-univerzalnih i sl.) izvodi kretanja u dva pravca,a nosač alata ostvaruje treće kretanje.To dovodi do povećanja krutosti i stabilnosti radnog stola i mašine u celini.

Savremene tendencije,pak,razvoja glodalica (sl.3) polaze od razvoja bezkonzolnih glodalica, uz dalje povećanje krutosti i stabilnosti mašine, a pre svega radnog stola.To se postiže razvojem glodalica kod kojih radni sto ostvaruje kretanje samo u jednom-uzdužnom pravcu (pravcu Y-ose),dok nosač alata zajedno sa odgovarajućim nosećim sistemom obezbedjuje kretanje u vertikalnom i poprečnom pravcu.Osnovni elementi ovih glodalica su: postolje (1) sa radnim stolom (2),noseći stub (3) sa ili bez jedinice za glavno kretanje, jedinica za glavno kretanje (4),poprečni klizač (5),jedinica za pomoćno kretanje i sistem upravljanja,hladjenja i podmazivanja i centralnog podmazivanja.

3.TEHNOLOŠKI POSTUPAK OBRADE KAO OSNOVA IZBORA EKSPLOATACIJSKIH KARAKTERISTIKA

Projektovanje eksploatacijskih karakteristika alatnih mašina i izbor alatnih mašina odgovarajućih eksploatacijskih karakteristika-sa jedne,kao i povećanje režimskog stepena iskorišćenja mašina-sa druge strane,moguće je samo na osnovu analize postojećeg programa proizvodnje,perspektivnih planova proizvodnje i savremenih tendencija u razvoju relevantnih faktora proizvodnje (alat i alatni materijal,organizacioni nivo proizvodnje i sl.).Analiza postojećih programa proizvodnje,a pre svega tehnologije izrade može



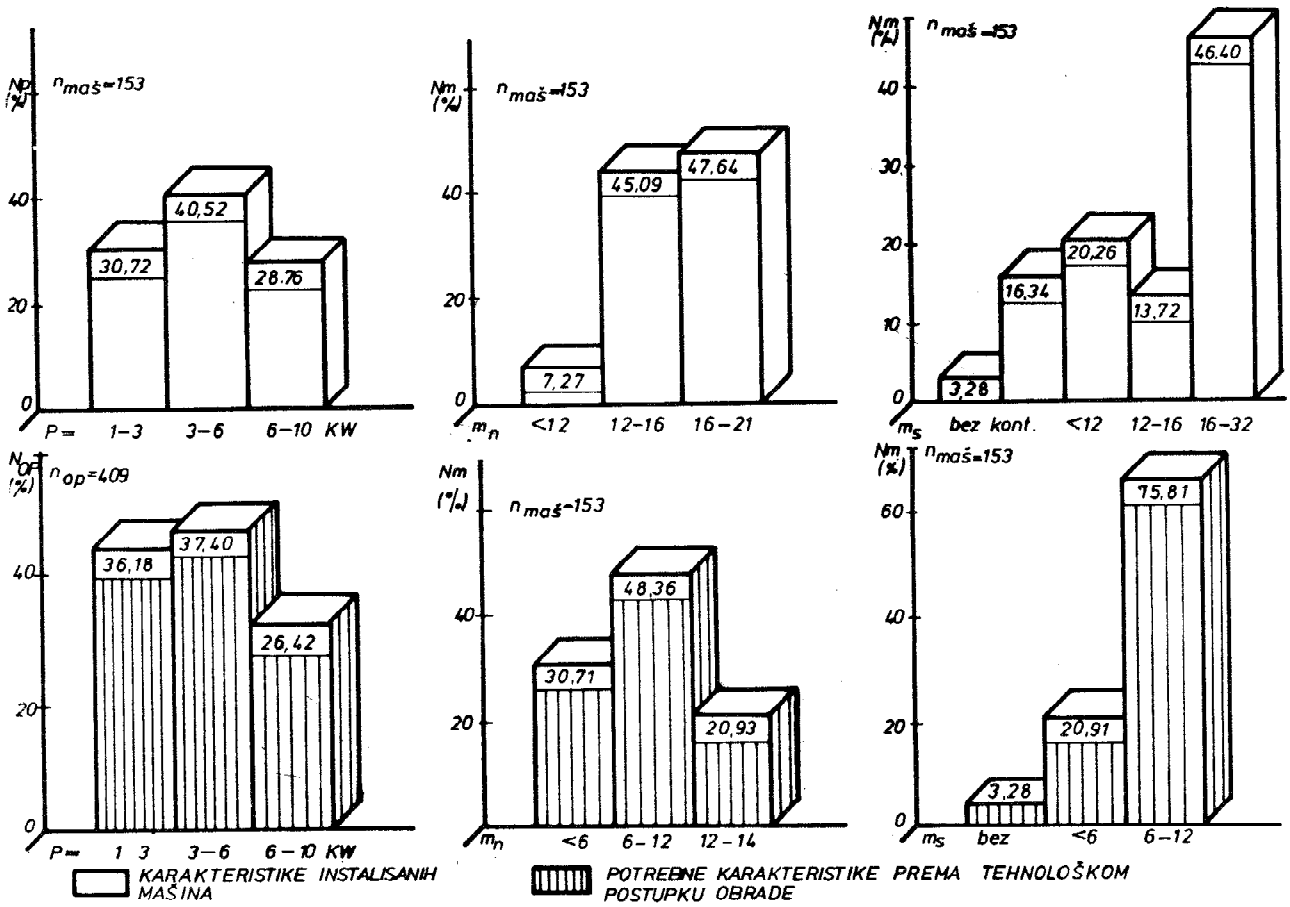
Sl.3.-Različita koncepcijska rešenja savremenih bezkonzolnih (posteljnih) glodalica

ezbediti adekvatan izbor niza eksploatacijskih rakteristika (pogonska snaga,geometrijski fakr promene prenosnika glavnog i pomoćnog kretanja, spon-oblast promene broja obrta i brzine pomoćnkretanja,broj stupnjeva promene glavnog i pomoog kretanja,radna područja i sl.).

U fazi projektovanja produkcionih glodalica STAVA izvršena je odgovarajuća analiza tehnoloje obrade i raspoložive proizvodne opreme u prvodnim uslovima serijske proizvodne srednjeg i ćeg obima.Izvršena analiza (čiji je deo rezulta dat na slici 4) ukazuje na niz karakteristič-

jeva prema tehnološkom postupku obrade.Kako je i raspon brojeva obrta i brzina pomoćnog kretanja, takodje,znatno veći to je režimski stepen iskorišćenja veoma nizak,a konstrukcija prenosnika i mašine u celini relativno složena.Time su i troškovi eksploatacije mašina nepotrebno uvećani se jedne uz smanjenje ekonomičnosti rada sa druge strane.

Relativno niska krutost i stabilnost mašina, što,zajedno,sa malim brzinama pomoćnog kretanja ne obezbedjuje primenu strožijih režima obrade, praćenje savremenih dostignuća u proizvodnji rez-



.4.-Neke od eksploatacijskih karakteristika instalisanih glodalica i prema tehnološkom postupku obrade definisane u uslovima serijske proizvodnje srednjeg i većeg obima

.h činjenica:

-Najveći deo proizvodnih operacija se izvona horizontalnim glodalicama snage 3-6 kW i rtikalnim glodalicama snage 1-3 kW,dok je u prvodnim uslovima instalisan najveći broj mašina je 3-6 kW.

-Broj stupnjeva promene prenosnika za glavno pomoćno kretanje je znatno veći od broja stupnih alata i povećanje produktivnosti i ekonomičnosti prerade metala.

-Veoma širok dijapazon dimenzija radnog stola i veličina radnog područja mašina ne obezbedjuje mogućnost adekvatne unifikacije i standardizacije kako dimenzija radnog stola,tako i ostalih elemenata,podsklopova i sklopova produkcionih glodalica,i sl.

4.OSNOVNE KARAKTERISTIKE PRODUKCIONIH GLODALICA "ZASTAVA"

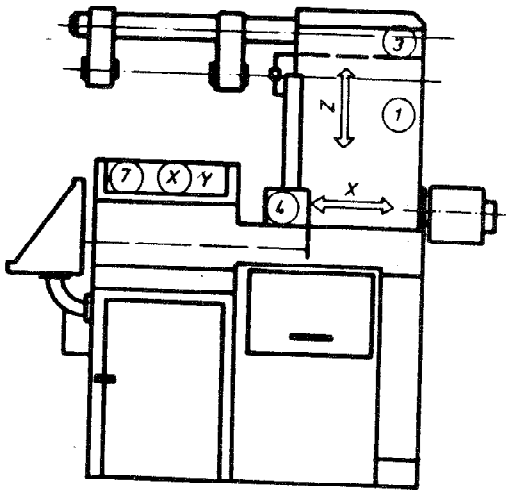
Analiza tehnologije obrade glodanjem u uslovima serijske proizvodnje srednjeg i većeg obima i tendencija razvoja alata i alatnih materijala, je ukazala na potrebu razvoja produkcionih glodalica velike krutosti i stabilnosti radnog stola i mašine u celini,adekvatnih (užih) oblasti regulisanja režima obrade (većeg režimskog stepena iskorišćenja),odgovarajuće (veće) pogonske snage i brzina pomoćnog kretanja (maksimalno korišćenje reznih sposobnosti alata,uz povećanje produktivnosti i ekonomičnosti obrade,kao i "moralnog" veka mašine) i sl.

Upravo polazeći od ovih ciljeva u Laboratoriji za obradu metala i tribologiju Mašinskog fakulteta u Kragujevcu,uz saradnju sa OOUR "Mašine", projektovana je familija horizontalnih i vertikalnih produkcionih glodalica "ZASTAVA".Koncepcijsko rešenje produkcionih glodalica je bazirano na izgradnji 15 članova familije bez ili sa programskim upravljanjem (ciklusnih i NC glodalica) u intervalu snaga od 3-30 kW.Pri tome se zadata eksploataciona oblast (potrebna za realizaciju proizvodnih operacija obrade glodanjem) deli na odgovarajući broj užih oblasti,oblasti koje predstavljaju eksploatacijske karakteristike pojedinih članova familije produkcionih glodalica.Time se stvaraju uslovi za projektovanje glodalica optimalne složenosti i maksimalne ekonomičnosti u fazi eksploatacije.

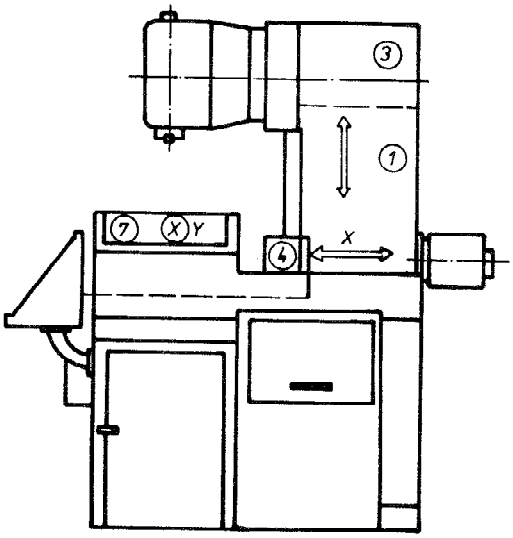
Na bazi projektne dokumentacije za familiju produkcionih glodalica,projektovan je,konstruisan i lansiran u proizvodnju po jedan tip horizontalne i vertikalne produkcione glodalice "ZASTAVA" (sl.5 i 6).Osnovne,projektovane eksploatacijske karakteristike su proizašle iz analize tehnologije obrade glodanjem i iste su: pogonska snaga 4 kW,raspon brojeva obrta 224-1000 o/min,a brzina pomoćnog kretanja 25-500 mm/min,dimenzije radnog stola 400 x 1000 mm,radna područja 600 mm u uzdužnom,350 mm u poprečnom i 300 mm u vertikalnom pravcu,i sl.Kako je lansiranje proizvodnje završeno,proizvodnja prvih prototipova produkcionih glodalica "ZASTAVA" se očekuje do kraja 1985.god.

Produkciona glodalica ZASTAVA je koncepcijski tako projektovana da bazira na savremenim rešenjima i dostignućima u oblasti proizvodnje sredstava rada,Njene osnovne karakteristike su:

-Maksimalno povećanje krutosti i stabilnosti mašine u celini,a posebno radnog stola (7-sl.5 i



Sl.5-Šematski prikaz horizontalne produkcione glodalice "ZASTAVA" (PHG-4)



Sl.6.-Šematski prikaz vertikalne produkcione glodalice "ZASTAVA" (PVG-4)

6).Naime,radni sto izvodi samo uzdužno kretanje, dok se ostala kretanja (u vertikalnom i poprečnom pravcu) ostvaruju preko nosećeg stuba (3) i poprečnog klizača (4).

-Jednostavnost izrade i sniženje troškova izrade,kroz projektovanje sklopova odgovarajuće složenosti,unifikaciju i standardizaciju sklopova i elemenata,kao i maksimalnu primenu zavarenih konstrukcija.

-Maksimalna primena BAUKASTEN sistema gradnje u koncepciji izrade,kroz izradu zasebnih funkcionalnih celina,a posebno prenosnika za glavno (1) i pomoćno kretanje.

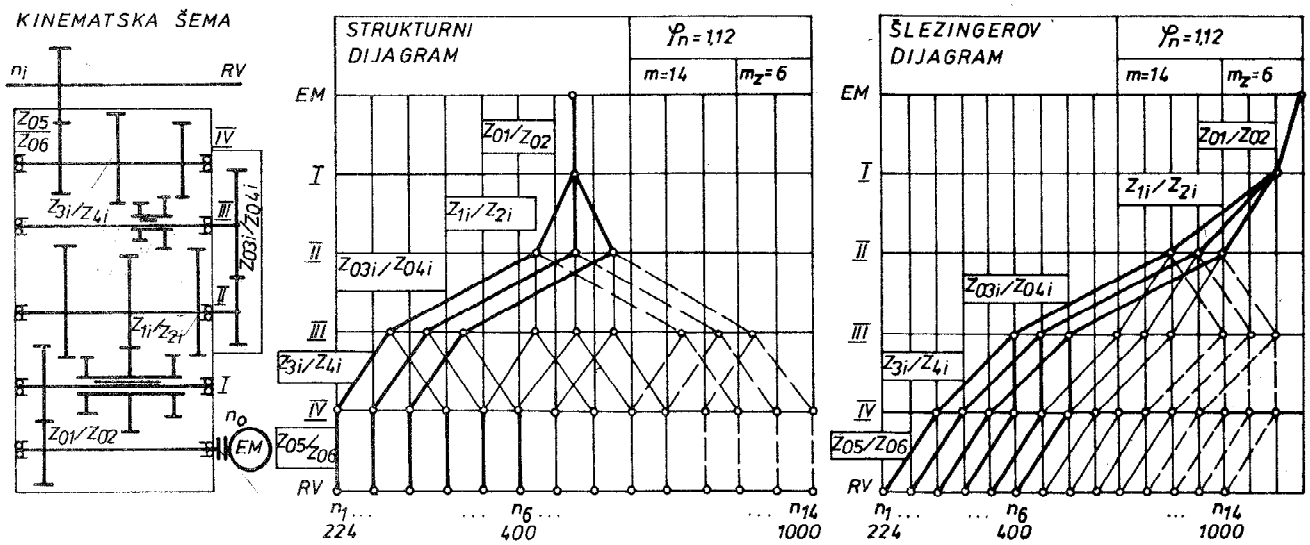
-Povećanje režimskog stepena iskorišćenja ma-

šine formiranjem prenosnika za glavno i pomoćno kretanje (sl.7 i 8) sa relativno uskom oblašću regulisanja i malim brojem stupnjeva promene (6). Pri tome,korišćenjem garniture izmenjivih zupčanika može se povećati oblast regulisanja i omogućiti primena produkcionih glodalica i u uslovima pojedinačne i maloserijske proizvodnje.

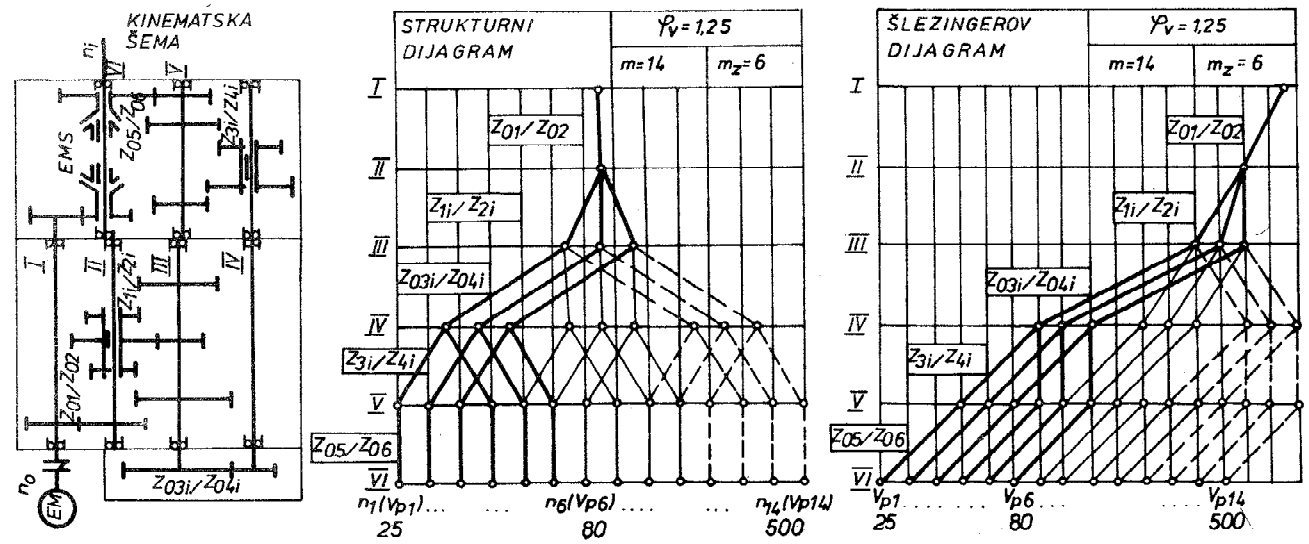
-Maksimalno korišćenje reznih sposobnosti savremenih reznih alata je ostavreno projektovanjem odgovarajuće snage glavnog i pomoćnog kretanja,uz adekvatnu stabilnost i krutost radnog stola i mašine u celini i obezbedjenje efikasnog hladjenja i podmazivanja reznog alata.

-Eliminisanje zazora u navojnom paru,kroz realizaciju neophodnih kretanja preko zavojnih vretena sa dvodelnim navrtkama.Pri tome je konstruktivnim rešenjem prenosnika za pomoćno kretanje i ostalog dela pogonskog sistema za pomoćno kretanje obezbedjen i brzi hod u pravcu sve tri ose i automatski ciklus kretanja radnog stola.

-Značajno povećanje veka trajanja i pouzdanosti rada kroz adekvatan izbor materijala kontaktnih parova tribo-mehaničkih sistema,projektovanje odgovarajućeg centralnog sistema podmazivanja kontaktnih parova i primenu sopstvenog cirkulacionog sistema podmazivanja zupčastih parova prenosnika za glavno i pomoćno kretanje i vreteništa glave vertikalne produkcione glodalice.



Sl.7.-Šematski prikaz prenosnika za glavno kretanje sa strukturnim i dijagramom broja obrta (šlezingerovim dijagramom) horizontalne produkcione glodalice "ZASTAVA"



Sl.8.-Šematski prikaz prenosnika za pomoćno kretanje sa strukturnim i dijagramom broja obrta (šlezingerovim dijagramom) horizontalne i vertikalne produkcione glodalice "ZASTAVA"

-Pouzdano upravljanje primenom sistema zasnovanog na električnoj logici (primenom kontaktorske i relejne tehnike).

-Maksimalna standardizacija i unifikacija elemenata,podsklopova i sklopova obezbedjuje laku i jednostavnu gradnju različitih članova familije produkcionih glodalica (članova različitih eksploatacionih mogućnosti) i sl.

Na kraju treba naglasiti da projektovane produkcione glodalice omogućuju i dalje povećanje krutosti i stabilnosti mašine u celini.Noseća struktura glodalica je,u tom cilju,tako projektovana da,ulivanjem betona ili na drugi način,obezbedjuje dalje povećanje krutosti i stabilnosti.

5.ZAKLJUČCI

Samo kompleksna i potpuna analiza svih relevantnih faktora(tehnologije obrade,ciljeva procesa prerade metala-produktivnost-ekonomičnost-rentabilnost,tendencija razvoja alata i alatnih materijala i sl.) može dovesti do razvoja optimalnih rešenja alatnih mašina,rešenja koja će obezbediti povećanje režimskog stepena iskorišćenja,sniženja troškova izrade i eksploatacije,kao i troškova poslovanja u celini itd.

Produkcione glodalice ZASTAVA su upravo nastale kao rezultat kompleksnog pristupa analizi relevantnih faktora uticajnih na razvoj alatnih mašina sa jedne i težnje za ostvarivanjem maksimalnih tehno-ekonomskih karakteristika glodalica sa druge strane.Tek detaljna ispitivanja prototipova projektovanih glodalica mogu dati i odgovarajuće zaključke vezane za postavljene ciljeve u fazi projektovanja i konstruisanja istih.

6.LITERATURA

[1] VAIDA A.,VELICU S.,Proiecturea masinloruelte, Editura didactica si pedagogica,Bucuresti,1974

[2] LAZIĆ M.,Tehnološki postupak obrade kao osnov za projektovanje eksploatacijskih karakteristika alatnih mašina,VI seminar BIAM '82,Zagreb,1982

[3] LAZIĆ M.,Koncepcija i eksploatacijske karakteristike familije produkcionih glodalica ZASTAVA,Izveštaj No.5/81,Mašinski fakultet,Kragujevac,1981

[4] TOWN H.C.,The design and construction of machine tools,Butterworth and Co Ltd,London,1974

AN APPROACH TO THE PROBLEMS OF DESIGN OF PRODUCTION MILLING MACHINES "ZASTAVA"

A b s t r a c t

The industrial potential and the rate of development of all industrial branches in a country are determined,among other factors,by the quality and quantity of production equipment.This means that the development and manufacture of the production equipment represents a very important task.

The development of the manufacture of production milling machines is based on the system analysis of a number of relevant factors.These are primarily the existing production programs,the achievements in the development of the relevant scientific disciplines,the trend in the conceptual development of production equipment,etc.

XIX SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE
Kragujevac, septembar 1985.

ULOGA SENZORA KOD ADAPTIVNOG UPRAVLJANJA OBRADNIM SISTEMIMA

S. Zrnić, Mašinski fakultet, Banja Luka

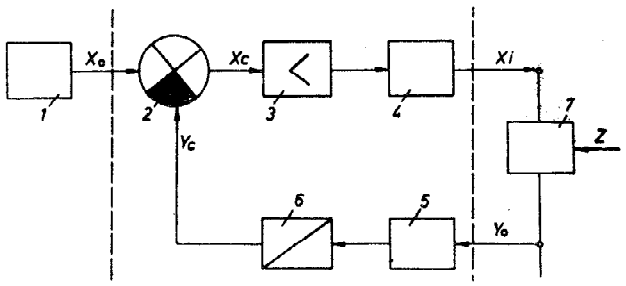
R E Z I M E

Adaptivno upravljani numerički obradni sistemi imaju mogućnost promjene parametara obrade u toku obavljanja procesa. Osnovnom upravljačkom sistemu pridodat je sistem za adaptaciju u kome se vrši uporedjivanje i korekcija trenutnog stanja procesa prema unaprijed odredjenom algoritmu i kriterijumu upravljanja. Trenutno stanje obradnog procesa prati se odgovarajućim senzorima. Sami senzori se biraju prema zahtjevima koji se postavljaju pred obradni sistem kako bi se ostvario maksimalni tehnoekonomski efekat.

U V O D

Kod automatizacije numerički upravljanih obradnih sistema postoji niz funkcionalnih elemenata koji čine upravljačka kola. Upravljačka kola mogu da budu otvorena i zatvorena. Zatvorena upravljačka kola se nazivaju regulaciona kola. U opštem slučaju upravljačko kolo je sastavljeno od niza funkcionalnih elemenata kao što su: senzori (davači), memorije, uporedjivač (diskriminatori), pretvarači (transmiteri), pojačivači i izvršni organi kao što se vidi i iz slike 1.|4|.

Na slici su prikazani elementi osnovnog upravljačkog kola sa povratnom spregom i to sa: 1 - davač osnovnog signala (programer), 2 - diskriminator, 3 - pojačivač, 4 - izvršni organ, 5 - senzor, 6 - pretvarač, 7 - objekat



Sl.1. Elementi osnovnog upravljačkog kola sa povratnom spregom

regulacije, x_o - osnovni signal, x_c - komandni signal x_i - interventni signal, z - poremećajni

signal (uticaj okoline), y_o - signal trenutnog stanja, y_c - kontrolni signal. Iz slike se vidi uloga senzora u obradnim sistemima kao elementa upravljačkog kola. Osnovna uloga senzora je da kontroliše promjenu stanja u obradnom sistemu i da rezultate saopštava odredjenim signalom na dalju obradu.

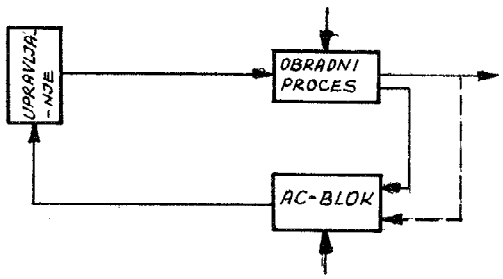
Senzori se mogu podijeliti na različite načine. Tako razlikujemo: mehaničke senzore, električne sezore, hidraulične (pneumatske) senzore, optičke senzore kao i razne kombinovane senzore kod kojih se ulazni signal pretvara u potpuno drugačiji signal po vrsti i istovremeno može da bude i sposobniji za upravljanje.

ADAPTIVNO UPRAVLJANI OBRADNI SISTEMI

Kod adaptivno upravljanih numeričkih obradnih sistema (AC) mora da postoji mogućnost promjene parametara obrade u toku procesa. Na taj način proširuju se mogućnosti same automatizacije obradnih sistema kao i ostvarivanje maksimalnih tehno-ekonomskih efekata. Kod adaptivno upravljanih sistema osnovnom upravljačkom sistemu pridodat je sistem za adaptaciju, pomoću koga se vrši promjena parametara obrade prema kriterijumu koji je već unaprijed usvojen. Trenutno stanje procesa pri obradi se prati sa odgovarajućim sezorima i informacija se prenosi na mikro računar koji vodi proces prema odredjenoj strategiji. Možemo da utičemo na dobivanje odgovarajućeg kvaliteta površine radnog predmeta koji se obradjuje, minimalne troškove obrade ili na skraćenje vremena izrade uz vodjenje procesa sa maksimalno dozvoljenim parametrima obrade uz istovremeno osiguranje od preopterećenja same mašine ili alata (kontrolišući maksimalni obrtni momenat i maksimalne sile rezanja i sl.)

Kod obradnih sistema na bazi klasičnog numeričkog upravljanja, CNC mašina, se ne reaguje u toku obrade na parametre već se koriste unaprijed programirane vrijednosti, bez obzira što mogu da nastupe slučajevi u toku procesa kada se mijenjaju uslovi obrade. Kao primjer možemo uzeti slučajeve obrade radnih predmeta različitih dubina rezanja, različitog sastava materijala, habanja alata i sl. U navedenim slučajevima se ne može ostvariti maksimalna proizvodnost jer se zbog mogućeg preopterećenja pri odredjivanju parametara procesa uvijek mora predvidjeti i odgovarajuća rezerva.

Adaptivno upravljani obradni sistemi osim osnovne upravljačke jedinice posjeduju i blok za prilagodjavanje obradnog procesa tzv. adaptivni blok kao što se vidi i na slici 2. U njemu se vrši uporedjivanje informacija dobivenih od senzora sa zadatim vrijednostima odredjenih prema algoritmu i kriteriju upravljanja i u slučaju odstupanja vrši potrebna korekcija i tako korigovane vrijednosti se zadaju izvršnom organu te tako utiču na sam proces jer sa istim čine zatvoreni regulacioni krug.



Sl.2. Uprošćena blok šema adaptivno upravljanog obradnog sistema

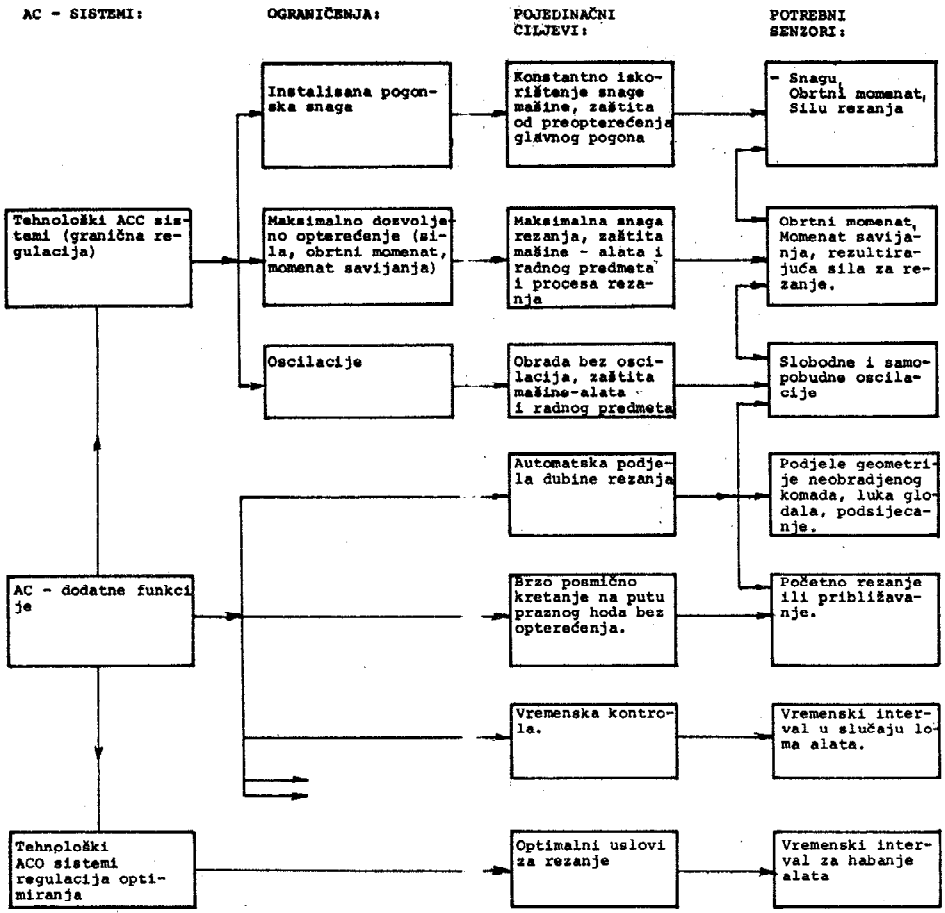
Adaptivno upravljani obradni sistemi mogu da budu sa geometrijskom i tehnološkom regulacijom. Kod adaptivno upravljanih obradnih sistema i obradnih procesa razlikujemo obradne sisteme sa:

- adaptivnim graničnim upravljanjem ACC
- adaptivni sistemi sa optimirajućim upravljanjem ACO

Kod ACC sistema sa graničnim adaptivnim upravljanjem cilj upravljanja je maksimalna proizvodnost mašine i alata, a time se skraćuje glavno vrijeme obrade uz obezbjedjenje zaštite alata, radnih predmeta i mašine od mogućih preopterećenja.

Za ACO sisteme sa optimirajućim adaptivnim upravljanjem cilj upravljanja su minimalni troškovi obrade, odnosno maksimalni ekonomski efekti.

Geometrijski obradni AC sistemi treba da obezbijede traženi kvalitet površine radnog predmeta, te je za ostvarivanje ovog cilja potrebno obezbijediti automatsku korekciju odstupanja na mašini, alatu ili dimenzijama radnog



Sl.3. Prikaz tehnoloških adaptivno upravljanih obradnih sistema i adaptivnih sistema za dodatne funkcije

predmeta. Za što bolju identifikaciju procesa i automatsko prilagodjavanje parametara obrade obradnih sistema potrebni su odgovarajući senzori kao što je prikazano na sl.3. |2|. Adaptivni sistem mora da vodi računa o odredjenim tehnološkim ograničenjima i tehnološkoj optimizaciji za dostizanje postavljenog cilja. Iz date slike se vidi mogućnost ostvarivanja dodatnih funkcija adaptivnog sistema kao što je automatska podjela dubine rezanja kao mogućnost ostvarivanja brzog posmičnog kretanja u slučaju rada pri praznom hodu i sl. Uz postavljanje dodatnih funkcija adaptivno upravljani obradni sistemi poboljšavaju sam proces i proširuju stepen automatizacije samog obradnog sistema. Kod tehnološki adaptivno upravljanih obradnih sistema teži se da se smanji vrijeme obrade, poveća kvalitet i produktivnost. Iz toga se može zaključiti da kod adaptivno upravljanih obradnih sistema moraju biti razvijeni senzori za različite mogućnosti primjene.

Za slučaj obrade rezanjem proces se opisuje preko |3| intenziteta habanja B, brzine habanja alata $\frac{dB}{dt}$, toplote Q, sile otpora rezanja F , obrtnog momenta M, snage P, statičke f_s i dinamičke f_d deformacije. Dakle proces se opisuje mehanikom rezanja (F, M, P), termodinamikom (Q) i tribologijom (B, $\frac{dB}{dt}$) rezanja. Kod svih obradnih sistema potrebno je da se nadje odgovarajuća korelacija izmedju alatne mašine, pomoćnog pribora, alata,radnog predmeta, režima obrade i sredstva za hladjenje i podmazivanje.

Za slučaj adaptivno upravljanih obradnih sistema neke deformacione mašine, na primjer deformacione mašine za izradu osnosimetričnih profila mora se obezbijediti i automatsko mjerenje poprečnog presjeka osno simetričnog profila, praćenje brzine valjanja, sile valjanja, sile zatezanja profila, temperature, mjerenje pritiska sredstva za hladjenje i podmazivanje.

Sistemi za mjerenje dimenzija poprečnog presjeka osnosimetričnog profila i brzine valjanja moraju da imaju specijalne senzore bazirane na principu elektronike,optike i laserske tehnike, da su bezkontaktni senzori kako bi se moglo izvršiti mjerenje i u užarenom stanju na pr. pri valjanju. U tehnici senzora i mjerenja mora da bude obezbijedjeno mjerenje ne električnih veličina električnim putem i to najčešće na optičko elektronskom principu mjerenja. Kod odredjivanja brzine valjanja kod izrade osnosimetričnih profila ne može se uzeti u obzir obodna brzina valjaka već se mora koristiti bezkontaktna metoda mjerenja brzina u toplom i hladnom stanju na optičkom principu.

Za odredjivanje sile valjanja osnosimetričnog profila deformacione mašine uzima se u obzir pritisak metala na alat, a time i na deformacionu mašinu u cjelini. U ovom slučaju postoje odgovarajuće analitičke metode koje se zasnivaju na osnovama odgovarajućih pretpostavki i aproksimacija te rezultati ipak nisu identični sa stvarnim opterećenjem alata u realnim uslovima rada. Potrebno je obezbijediti tačnu identifikaciju stvarnog opterećenja kao i raspodjelu opterećenja u zoni deformacije da bi se produžio vijek trajanja valjaka, a time povećala ekonomičnost i produktivnost. Ako se poznaju stvarne sile pri valjanju tada se može tehnološki proces voditi tako da broj prolaza bude što manji povećanjem stepena deformacija s jedne strane i izmjenom tehnološkog postupka uz osiguranje od mogućih preopterećenja i sprečavanje lomova valjaka sa druge strane.

ZAKLJUČAK

Kod adaptivno upravljanih obradnih sistema veoma važna uloga je identifikacija stvarnog procesa da bi se mogli ostvariti maksimalni tehno-ekonomski efekti. Iz tih razloga se samim senzorima mora u svakom konkretnom slučaju obradnog sistema posebno posvetiti pažnja pri izboru u zavisnosti od samog procesa kao i od cilja koji smo pred njega postavili.

L I T E R A T U R A

|1| Vučko Mečanin: Alatne mašine sa numeričkim i kompjuterskim upravljanjem. Mašinski fakultet "Džemal Bijedić" Mostar, 1984.

|2| Manfred Weck: Werkzeugmaschinen,Band 3 Automatisierung und Steuerungs technik VDI-Verlag GmbH Düsseldorf, 1978.

|3| Joko Stanić: Tehnološki mjerni sistemi Mašinski fakultet Beograd, 1981.

|4| Jožef Rekecki: Osnovi automatizacije mašina alatki, Fakultet tehničkih nauka Novi Sad, 1974.

|5| Milan Jurković: (voditelj projekta) Naučno istraživački projekat: "Istraživanje tehnologije i konstrukcije - izrada i ispitivanje prototipa deformacione mašine za proizvodnju osnosimetričnih profila". Nosilac projekta Mašinski fakultet Banjaluka. Korisnik RMK Zenica - RO "Krajinametal" Bihać (Knjiga 3.), 1984.

|6| Časopisi: Werkstat und Betrieb.

S.Zrnić

THE ROLE OF SENSORS IN ADAPTIVE CONTROL OF MANUFACTURING SYSTEMS

Abstract

Adaptively controlled numerical machining systems are capable of changing the cutting parameters in the course of the machining.The basic central control unit is enhanced with the adaptation system in which comparison and correction of instantaneous process state are carried out in accordance with an algorithm and control criterion specified in advance.The instantaneous state of the machining process is monitored by means of suitable sensors.The sensors themsleves are selected in accordance with the requirements put forward to the machining system, aimed at realising maximum engineering and economic effects.

E. TRIBOLOGIJA I ODRŽAVANJE

XIX SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE

Kragujevac, septembar 1985.

NEKE POJAVE PRI HABANJU PARA SIVI LIV-LEGURA ALUMINIJUMA

R. Kovač, Fakultet tehničkih nauka, Naučno-obrazovni institut za proizvodno mašinstvo, Novi Sad

REZIME

U radu su izloženi rezultati habanja spregnutog para sivi liv-nadeutektički silumin, kao i neke pojave koje se javljaju u procesu habanja. Habanje je proticalo u uslovima suvog trenja, pri kotrljanju sa proklizavanjem i pri različitim vrednostima pritisaka kontaktnih površina spregnutih parova.

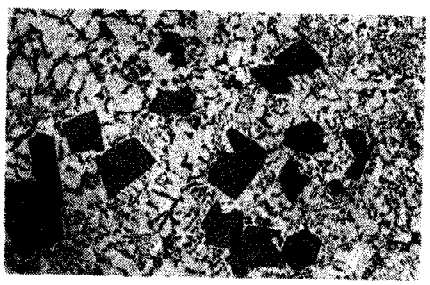
1. UVOD

Za izradu delova koji rade u uslovima atheziono habanja koriste se različiti materijali. U nekim slučajevima od silumina (legura aluminijum-silicijum) rade se delovi koji imaju ulogu jednog od elemenata pokretnog spregnutog para. Po pravilu delovi od silumina sprežu se sa delovima izradjenim od materijala koji imaju znatno veću tvrdoću, naprimer sivi liv. Oba materijala, silumin i sivi liv, imaju heterogenu strukturnu gradju sastavljenu u osnovi iz dve faze, jedne sa nižom i druge sa višom tvrdoćom. Kod nadeutektičkih silumina meku fazu čini čvrsti rastvor silicijuma u aluminijumu, a fazu sa visokom tvrdoćom kristali silicijuma. Kod sivog liva meku fazu čini grafit, a faza sa višom tvrdoćom metalna osnova (perlitna ili feritna). Svojstva i količine pojedinih faza, imaju odlučujuću ulogu na karakter procesa habanja i pojave koje se u toku tog procesa javljaju. U radu je učinjen pokušaj da se ukaže na neke pojave koje se javljaju u procesu habanja ova dva materijala, pri odredjenim vrednostima pritisaka kontaktnih površina.

2. USLOVI EKSPERIMENTA

Hemijski sastav uzoraka od silumina, livenog u kokile je: 17,29%Si; 1,15%Ni; 1,28%Cu; 0,48%Fe; ostalo aluminijum. Tvrdoća livene strukture kreće se od 96-102HB. Hemijski sastav sivog liva je: 3,2%C; 2,1%Si; 0,5%Mn; 0,12%S i 0,2%P. Tvrdoća uzoraka od sivog liva kreće se oko 202HB.

Na slici br.1 prikazana je mikrostruktura uzoraka od silumina. Struktura se sastoji od primarnih kristala silicijuma, osnove aluminijuma iglica eutektikuma i oksida aluminijuma (crne tačke).



100 x

Sl.1

Slika broj 2 prikazuje nenagriženu strukturu sivog liva, gde se vidi raspored i oblik grafita u perlitnoj metalnoj osnovi, a slika br.3 nagriženu strukturu, gde su uočljive lamele grafita u finoj perlitnoj metalnoj osnovi sa mrežom fosfidnog eutektikuma (bela mesta)



100 x

Sl.2



500x

Sl.3

Uzorak od sivog liva ima prečnik D_1=30mm i broj obrtaja n_1=163 min^{-1}. Pri ovim vrednostima prečnika i broja obrtaja obimna brzina uzorka iznosi v_1= 0,256 m/s. Prečnik uzorka od silumina je D_2=38 mm, a obrće se sa brojem obrtaja 180 min^{-1}. Obimna brzina uzorka je v_2=0,358 m/s. Usled razlike obimnih brzina uzoraka v_2 - v_1=0,103 m/s ostvaruje se proklizavanje od 40,2%.

Istraživanje procesa habanja, u uslovima suvog trenja, obavljeno je na standardnoj mašini firme "AMSLER" tip A135, slika br.4. Gornji položaj ima uzorak od sivog liva, a donji uzorak od silumina.



Sl.4

Uzorci su u procesu habanja opterećeni silom F, od 50; 125; 200 i 500 N. Svakih 20 min, za prve tri veličine sila uzorci su skidani sa mašine radi merenja promene mase, a za četvrtu veličinu sile od 500N, svakih 5 min. Moment sile trenja beležen je pisačem na traci.

Uzorci prečnika D_1 i D_2 širine B=10mm ostvaruju linijski dodir. U slučaju linijskog dodira, polovina širine kontaktne površine odredjuje se prema izrazu |1|.

$$a = 1{,}075\, D_1 \phi \cdot \sqrt{\frac{K}{E}} \quad (mm) \qquad (1)$$

gde je;

$$\phi = \frac{1}{1+D_1/D_2}\,; \quad E = \frac{2E_1 \cdot E_2}{E_1+E_2}\,; \quad K = \frac{F}{\phi D_1 B}$$

U napred datoj formuli E_1 i E_2 označavaju module elastičnosti sivog liva i silumina. Modul elastičnosti sivog liva kreće se u granicama od E_1= (8,5-12).10^4MPa. Za proračun je uzeto E_1=10^5MPa. Modul elastičnosti silumina za navedeni hemijski sastav može se uzeti E_2=8,296. .10^4MPa |2|.

Prema Föpplu, pod dejstvom promenjivog kontaktnog opterećenja dolazi do pojave promenljivog napona smicanja u površinskom sloju, koji ima maksimalnu vrednost na odredjenoj dubini ispod površine. Maksimalni napon smicanja pri linijskom dodiru kontaktnih površina iznosi |1|.

$$\tau_{max} = 0{,}18 \sqrt{K \cdot E} \qquad (2)$$

Dubina h na kojoj dolazi do maksimalnog napona smicanja iskazuje se veličinom poluširine površine dodira, sledećim odnosom |1|.

$$h = 0{,}78\, a \qquad (3)$$

U tabeli br.1. u zavisnosti od vrednosti sile pritiska uzoraka, date su vrednosti polovine širine kontaktne površine a, širine kontaktne površine b=2a, maksimalnog napona smicanja τ_{max}, dubine h, i pritiska kontaktnih površina P , (P=F/bB)

Veličina sile F_1uN	a,mm	b,mm	h.mm	τ_{max}.MP_a	P.MP_a
F_1=50	0,0326	0,0652	0,0254	29,6	76,68
F_2=125	0,0516	0,1032	0,0402	46,8	121,12
F_3=200	0,0653	0,1305	0,0509	59,2	153,25
F_4=500	0,1033	0,2066	0,0805	93,6	242,01

Uvidom u tabelu br.1, uočava da su površinski pritisci relativno visoki, s obzirom da legure aluminujuma imaju nisku tvrdoću i čvrstoću. Izbor relativno visokih pritisaka izvršen je iz razloga, da se skrati vreme procesa habanja a da se pritom uoče opšte karakteristike procesa.

3. REZULTATI EKSPERIMENATA

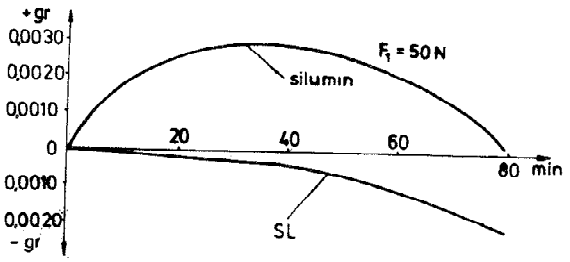
Tabeale br 2,3,4 i 5 prikazuju promene mase uzoraka od silumina i sivog liva, u procesu habanja pri odredjenoj vrednosti sile F, odnosno pri odredjenim vrednostima pritisaka kontaktnih površina. Kolone 3 i 4 prikazuju promene mase uzoraka, a kolone 5 i 6 razlike mase uzoraka u odredjenom vremenskom intervalu i početne mase. Znak plus (+) označava prirast mase uzorka, a znak minus (-) gubitak mase uzorka.

Povezivanje tabelarnih rezultata i odgovarajućih grafičkih prikaza, ostvareno je preko F, čije su vrednosti napisane u tabelama, grafičkim prikazima promene mase uzoraka i grafičkim prikazima momenata sile trenja.

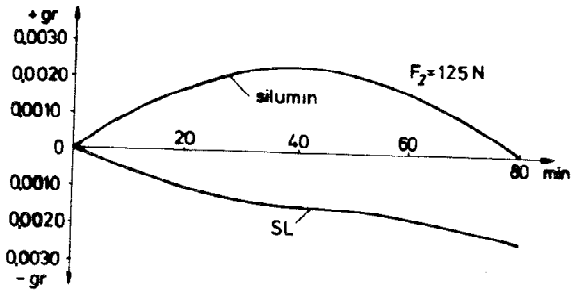
Tabela 2

Red. br.	Vreme habanja u|min|	Masa uzorka u |gr|		Razlika u masi uzorka po habanju u |gr|,pri F_1=50N	
		Silumin	SL	Al-Si 20%	SL
1	2	3	4	5	6

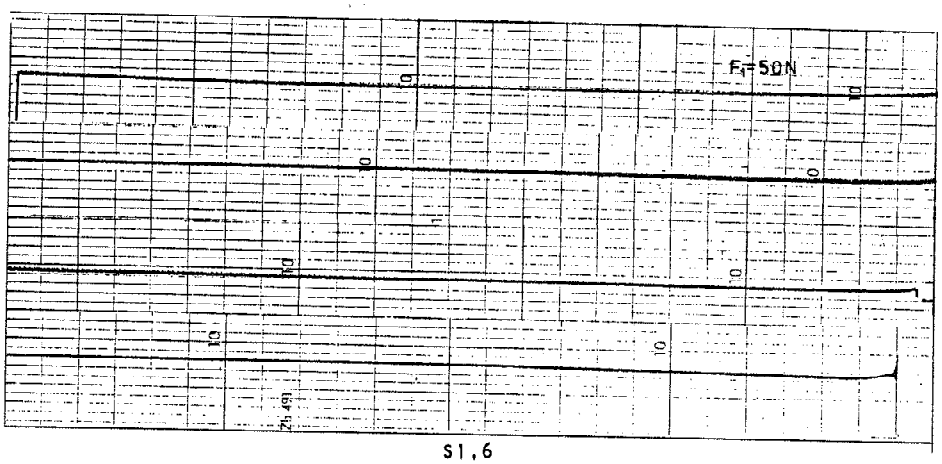
1	2	3	4	5	6
1	0	23,8498	34,6470	-	-
2	20	23,8522	34,6470	+0,0024	-0,0002
3	40	23,8528	34,6467	+0,0030	-0,0003
4	60	23,8525	34,6460	+0,0027	-0,0010
5	80	23,8500	34,6449	+0,0002	-0,0021



Sl.5



Sl.7



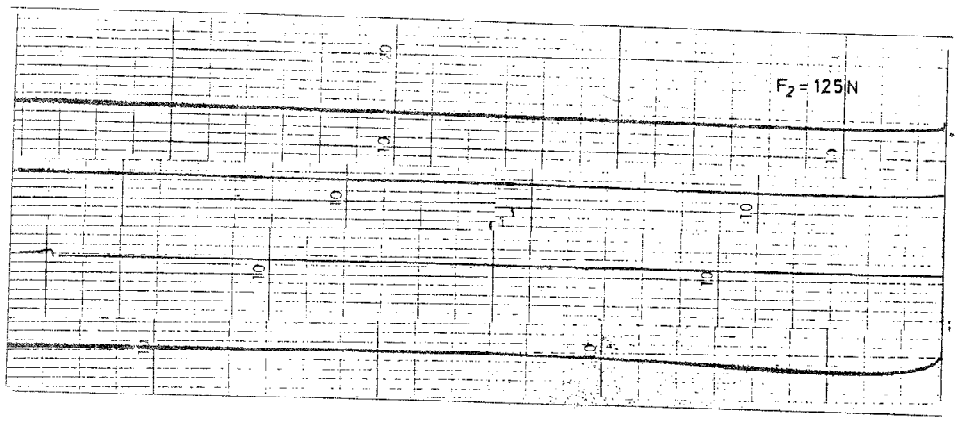
Sl.6

Tabela 3

Red. br.	Vreme habanja u [min]	Masa uzorka u [gr]		Razlika u masi po habanju u [gr] pri F_2=125 N	
		silumin	SL	Al-Si 20%	SL
1	2	3	4	5	6
1	0	23,5576	34,0556	-	-
2	20	23,5593	34,0545	+0,0017	-0,0011
3	40	23,5600	34,0541	+0,0024	-0,0015
4	60	23,5589	34,0539	+0,0013	-0,0017
5	80	23,5576	34,0533	0,0000	-0,0023

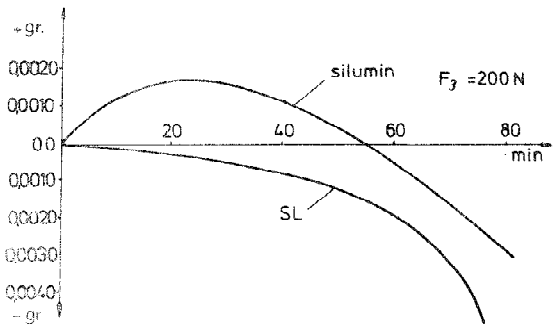
Tabela 4

Red. br,	Vreme habanja u [min]	Masa uzorka u [gr]		Razlika u masi uzorka po habanja u [gr] pri F_3=200 N	
		silumin	SL	silumin	SL
1	2	3	4	5	6
1	0	23,6494	34,6657	-	-
2	20	23,6510	34,6654	+0,0016	-0,0003
3	40	23,6507	34,6649	+0,0013	-0,0008
4	60	23,6488	34,6638	-0,0006	-0,0019
5	80	23,6466	34,6480	-0,0028	-0,0177



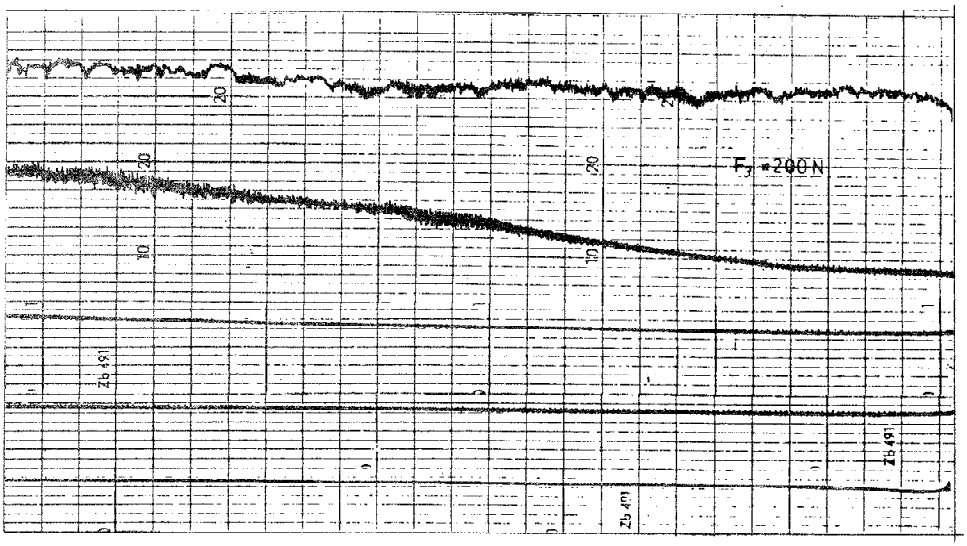
Sl.8

Tabela 5

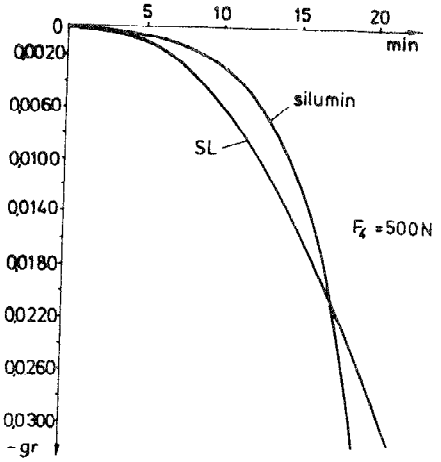


Sl.9

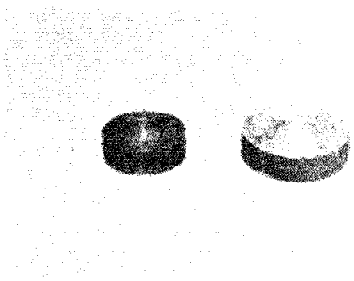
Red. br.	Vreme habanja u [min]	Masa uzoraka u [gr]		Razlika u masi uzorka po habanju u [gr] po F_4=500 N	
		Silumin	SL	Silumin	SL
1	2	3	4	5	6
1	0	24,1068	35,1826	-	-
2	5	24,1062	35,1813	-0,0006	-0,0013
3	10	24,1041	35,1758	-0,0027	-0,0068
4	15	24,0903	35,1670	-0,0165	-0,0156
5	20	24,0659	35,1539	-0,0409	-0,0287



Sl.10

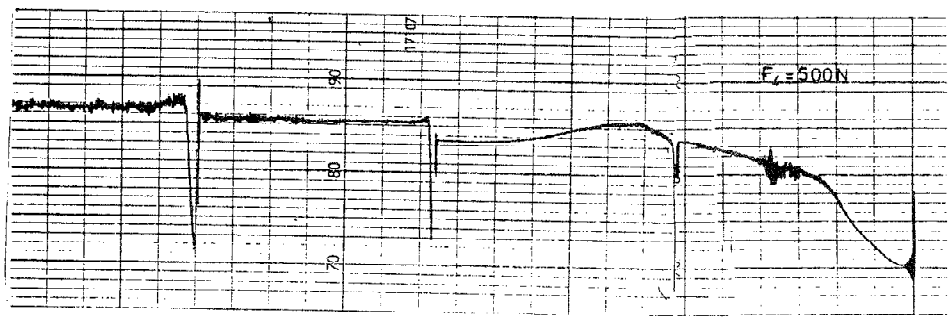


Sl.11



Sl.13

tnoj površini uzorka od silumina je suv (bez sjaja), dok uzorak od sivog liva ima hrapavu površinu. Kao što se vidi sa slike br.9, sloj grafita na kontaktnoj površini uzorka od silumina nije se održao svih 80 min, te je došlo do direktnog kontakta izmedju metala dva uzorka.



Sl.12

4. ANALIZA REZULTATA

Pri opterećenju uzoraka, u procesu habanja, silama pritiska od 50,125 i 200 N, kojima odgovaraju pritisci na kontaktnoj površini uzoraka od 76,121 i 153 MPa u početnom periodu habanja masa uzorka od silumina raste, dok masa uzorka od sivog liva opada. Osnovni razlog ove pojave je formiranje na kontaktnoj površini uzoraka od silumina sloja grafita, izdvojenog iz površinskih slojeva uzoraka od sivog liva. Slika br.13. prikazuje ove uzorke gde je levo uzorak od sivog liva, a desno uzorak od silumina, na čijoj kontaktnoj površini se nahvatao relativno debeo sloj grafita (crn omotač uzorka).

Na uzorcima od silumina opterećenim silama od 50 i 125 N, što odgovara površinskim pritiscima od 76 i 121 MPa, sloj grafita ima vrlo glatku i sjajnu površinu. Uzorci od sivog liva takodje imaju glatku kontaktnu površinu sa sitnim kraterima. To pokazuje da je pri navedenim opterećenjima formirani sloj grafita sprečio direktan kontakt uzoraka, te nije došlo do oštećenja površina. Sitni krateri verovatno predstavljaju otvorena gnezda grafita, koji je prešao na silumin. Pri sili od 200 N kojoj odgovara pritisak od 153 MPa, sloj grafita na kontaktnoj površini uzorka od silumina je suv (bez sjaja), dok uzorak od sivog liva ima hrapavu površinu. Kao što se vidi sa slike br.9, sloj grafita na kontaktnoj površini uzorka od silumina nije se održao svih 80 min, te je došlo do direktnog kontakta izmedju metala dva uzorka.

Posmatranjem kolona 5 i 6 u tabelama 2, 3 i 4 ili odgovarajućih grafičkih prikaza, uočava se da masa uzoraka od silumina raste znatno više nego što opada masa uzoraka od sivog liva. Ako se uzme da je ukupna masa skinuta sa uzoraka od sivog liva prešla na uzorak od silumina, još uvek je veći porast mase ovog poslednjeg. Ova pojava nastaje, verovatno, usled oksidacije aluminijuma na početku kontakta uzoraka, kada površina uzorka od silumina nije prekrivena grafitom. Usled proklizavanja kontaktnih površina vrhovi mikroneravnina se zagrevaju do povišenih temperatura na kojima protiče intenzivnija oksidacija. Kako oksid aluminijuma ima znatno veću gustinu (3,5 g/cm^3) od materijala uzorka (2,68 g/cm^3) to se odražava na porast mase uzorka.

Slike br.5, 7 i 9 pokazuju da mase uzoraka od sivog liva stalno opadaju, što je vezano sa izdvajanjem grafita iz površinskih slojeva. Istovremeno, sa padom mase uzoraka od sivog liva rastu mase uzoraka od silumina, ali samo do odredjenog vremenskog perioda, a zatim počinju da opadaju. Ovo ukazuje da sav izdvojeni grafit iz sivog liva nije prešao na sloj grafita na kontaktnoj površini uzorka od silumina, ili ako je prešao odmah biva skinut, tj. proces skidanja grafita sa uzorka od silumina, nakon odredjenog

vremenskog perioda, je intenzivnije nego proces pripajanja, što se iskazuje padom mase uzorka od silumina. Momenti sila trenja pokazuju vrlo blag rast što je znak oštećenja kontaktnih površina. Ovo se može odnositi u prvom redu na uzorak od sivog liva, na čijoj su kontaktnoj površini uočljivi sitni krateri nastali izdvajanjem grafita.

Pri pritiscima na kontaktnim površinama uzoraka od 76 i 121 MPa, u periodu od 80 min, ne ostvaruje se direktan kontakt uzoraka već se medju njima nalazi sloj grafita, koji sprečava njihovo intenzivno habanje (slike br.5 i 7). Intenzivniji proces habanja oba uzorka počinje po skidanju sloja grafita sa uzorka od silumina (slika br.9) stim što se intenzivnije haba sivi liv nego silumin. Intenzivnije habanje uzoraka od sivog liva, nakon skidanja sloja grafita sa uzorka od silumina, može se objasniti dejstvom tvrdih kristala silicijuma, koji se ponašaju kao mikronoževi. Takodje treba imati u vidu da su površinski slojevi (bliski kontaktnoj površini) uzoraka od sivog liva osiromašeni grafitom, podložniji habanju nego u njegovom prisustvu, te i ovo može doprineti intenzivnijem habanju sivog liva.

Posebnu pažnju zaslužuje izdvajanje grafita iz sivog liva, njegov prelaz na silumin i skidanje sa silumina. Posmatranjem količine grafita izdvojenog iz sivog liva teško je verovati da će ta količina izdvojila samo iz otvorenih gnezda grafita, na odredjenoj površini uzorka od sivog liva. Verovatno, pod dejstvom promenljivog opterećenja i povišenih temperatura, u mikrozapreminama bliskim površini trenja, dolazi do procesa difuzije, te grafit iz slojeva bliskih površini trenja difunduje na tu površinu. Kako glatka površina uzorka od sivog liva ima visoku tvrdoću, to se pod dejstvom pritiska na kontaktnoj površini grafit "utiskuje" u mekši čvrsti rastvor aluminijuma, a ne u sivi liv. Obrazovan prvi tanki sloj grafita, na uzorku od silumina, pogodna je podloga za prihvatanje novih količina.

Sloj grafita sa uzorkom od silumina nema čvrstu vezu, već se lako skida u obliku praha, a ipak se održava i pri pritiscima kontaktnih površina od 153 MPa. Skidanju grafita sa silumina u procesu habanja doprinosi "oštećena" površina drugog para, proklizavanje parova, i plastične deformacije površinskih slojeva uzorka od silumina.

Pri opterećenju uzoraka silom pritiska od 500 N na kontaktnoj površini se ostvaruje pritisak od 242 MPa. Pri ovoj vrednosti pritiska na kontaktnoj površini uzorka od silumina se ne obrazuje sloj grafita (vidi sliku br.11) već se oba uzorka habaju, stim što se prvo intenzivnije haba uzorak od sivog liva, a zatim od silumina. Intenzivnije habanje uzorka od sivog liva može se objasniti ulogom krupnih kristala silicijuma, koji imaju visoku tvrdoću, znatno veću od tvrdoće sivog liva i imaju ulogu mikronoževa [2]. U drugoj fazi habanja, kada se intenzivnije haba silumin, verovatno dolazi do lomljenja ili ispadanja kristala silicijuma iz čvrstog rastvora aluminijuma. U takvim uslovima površinski sloj aluminijuma ima nisku tvrdoću, te istureni delovi oštećene površine uzorka od sivog liva prodiru u taj sloj i usled proklizavanja ga čupaju. Sa slike br.12, koja pokazuje promenu momenta trenja, se vidi da je odmah nakon ostvarivanja kontakta medju uzorcima došlo do naglog porasta momenta sile trenja. Razlog ovako naglog porasta momenta sile trenja može biti taj, da je pod dejstvom visokog pritiska (242 MPa) došlo do deformacije (sabijanja) čvrstog rastvora aluminijuma u površinskom sloju, a delovi kristala silicijuma su ostali iznad površine, usled čega je došlo do njihovog zadiranja u površinu uzorka od sivog liva. U kasnijem periodu kristali silicijuma su oštetili površinu uzorka od sivog liva i stvorili "brazde" kroz koje su lakše prolazili što je za posledicu imalo stabilizaciju vrednosti momenta sile trenja, ili su pak ispali iz čvrstog rastvora aluminijuma.

Iz tabele br.1 se vidi da su kontaktne površine uzoraka vrlo male (i da rastu sa silom pritiska usled deformacije) što pri datim vrednostima sila F izaziva visoke pritiske na kontaktnim površinama, s obzirom na čvrstoću (σ_m = = 150-170 MPa) i tvrdoću (oko 100 HB) silumina. Imajući u vidu uslove pod kojima je vršeno ispitivanje, navedena mehanička svojstva silumina i dobijanje rezultata može se reći da silumin ima dobru otpornost na habanje.

5. ZAKLJUČAK

1. U uslovima suvog trenja pri kotrljanju sa proklizavanjem para sivi liv-nadeutektički silumin, a do odredjenih vrednosti pritisaka kontaktnih površina, proces habanja se karakteriše procesom izdvajanja grafita iz kontaktne površine uzorka od sivog liva i njegovim prelazom na uzorak od silumina.
2. Do odredjenog vremena, formirani sloj grafita na kontaktnoj površini uzorka od silumina štiti isti od habanja, dok u celom tom periodu uzorak od sivog liva gubi masu.
3. Do odredjenih vrednosti pritisaka, na kontaktnim površinama uzoraka, intenzivnije se haba sivi liv nego silumin.

LITERATURA

1. Pantelić Ilija: Tehnologija termičke obrade čelika, 2 knjiga.Strana 494. Radnički univerzitet "Radivoj Ćirpanov" Novi Sad, 1974.
2. Struganov,G.B., Rotenbeng,V.A., Geršman,G.B.: Splavy aluminija s kremniem. strana 271.Moskva "Metalurgija", 1977.
3. Zilberg,G.B., Rotenberg,V.A.,Geršman,G.B.: Aluminievye splay v traktorostroenii.strana 152., "Mašinostroenie" Moskva 1971.
4. Bobro,Ju.G.: Legirovannye čuguny.Strana 286. Moskva "Metalurgija" 1976.

R.Kovač

SOME PHENOMENA IN THE WEAR OF THE CAST IRON - ALUMINIUM ALLOY PAIR

Abstract

Presented in the paper are the results of the wear of the cast iron - above eutectic silumin, pair and some phenomena observed in the course of the wear.The wear took place in the conditions of dry friction, in rolling with sliding at various values of pressure on the coupled pair interface.

XIX SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE
Kragujevac, septembar 1985.

SUPSTITUCIJA MATERIJALA I DELOVA ZA ODRŽAVANJE - NEKA ISKUSTVA OOUR "OPREMA I REZERVNI DELOVI" SOUR MKS

Lj. Kapsarev, OOUR "Oprema i rezervni delovi",
SOUR Metalurški kombinat, Smederevo
M. Dragović, Lola Institut za alatne mašine i
alate, Novi Sad

R e z i m e

Gubljenje proizvodnih karakteristika industrijskih postrojenja je prirodna posledica kvarenja njihovih delova i sklopova. Posledica toga procesa su odredjeni zahtevi za redovnom zamenom istrošenih delova rezervnim. Osnovni zadatak koji rezervni deo treba da ispunjava sastoji se u izvršavanju odredjene funkcije i to u najmanju ruku onako kako je izvršavana od strane originalno ugradjenih delova.

Problematika koja proističe iz napred navedenih osnova, a na primeru Metalurškog Kombinata Smederevo, razmatrana je u članku.

Zusammenfassung

Der Verlust der nutzbaren Funktionen von Industrieeinrichtungen entsteht als eine natürliche Folge des Schadenablaufs an die Bauteilen. Deminfolge stehen in der Praxis regelmässige Anforderungen an ihren Vertausch gegen entsprechende Reserveteile. Grundaufgabe die man von Reserveteilen erwartet, sollte allerdings bestimmte Funktion, und zwar zu mindestens wie bei original eingebauten Teilen erfüllt werden. Aus vorderen Gründen die hervorgegangene Problematik, am Beispiel des Metallurgischen Kombinat Smederevo, wurde im Aufsatz betrachtet.

1. Uvod

Proizvodna postrojenja i uredjaji projektuju se i izgradjuju sa tačno utvrdjenim funkcijama koje treba da ostvaruju u procesu eksploatacije. Time je precizno odredjena uloga svakog postrojenja i njegovog dela u sistemu proizvodnje, a njegovo mesto u samom proizvodnom lancu bitno utiče na pouzdanost, odnosno na pogonsku spremnost sistema u celini. Pri tome se konstrukciono istim postrojenjima ili uredjajima može dodeliti različita uloga, što uz ostale spoljašnje faktore, bitno utiče na ponašanje postrojenja u eksploataciji, a posebno na vrstu, obim i učestanost radova održavanja sa ciljem uspostavljanja potrebnih eksploatacionih osobina postrojenja.

Svaka komplikovana funkcija koju izvršava neko proizvodno postrojenje (ili niz postrojenja) može se rasčlaniti na niz elementarnih funkcija koje, samostalno ili u medjusobnoj sprezi, izvršavaju delovi, odnosno elementi proizvodnog postrojenja. Prema tome upotrebna vrednost proizvodnog postrojenja biće odredjena stepenom ispunjenosti eksploatacionih zahteva od strane elemenata tog postrojenja-odnosno zbirom upotrebnih vrednosti njegovih elemenata. Otuda će i gubljenje funkcionalnih svojstava elemenata postrojenja - dakle gubljenje njihove upotrebne vrednosti, neminovno dovoditi i do gubljenja upotrebne vrednosti samog postrojenja. Tada se govori o umanjenju pogonske spremnosti postrojenja, a posledice toga mogu se odraziti kroz:

- prekid proizvodnje,
- smanjenje kapaciteta,
- smanjenje kvaliteta proizvoda,
- povećanje troškova energije i rada
- povećanje opasnosti po čoveka i okolinu i td.

Očigledno je da posledice mogu prouzrokovati veoma velike troškove, pa je logična težnja za organizovanom borbom protiv njihovog nastajanja.

Uobičajeno je da se gubljenje upotrebnih vrednosti postrojenja ili delova označava terminom kvar (kvarenje), a fizički kvarovi nastaju kao normalna posledica starenja usled delovanja: korozije, trenja, zamora i unutrašnjih promena na elementima. Jedan od načina za sprečavanje i otklanjanje posledica kvara na postrojenju sastoji se i u blagovremenoj pripremi potrebnih rezervnih delova njihovom izradom u specijalizovanom proizvodnom pogonu. Takvi pogoni se uobičajeno grade uz velike industrijske komplekse, pa i uz MKS, za potrebe podrške sistemu održavanja. Opravdanost postojanja takvih pogona ne može se meriti direktno cenom proizvoda uporedjenom sa cenom koja se ostvaruje na tržištu pri kupovini originalnih rezervnih delova. Kompleksna analiza racionalnosti proizvodnje rezervnih delova u sopstvenim pogonima u cilju supstitucije "originalnih" delova mora pored ostalog da uzme u obzir i sledeće faktore:

- samostalnost delovanja proizvodno tehničkog sistema,
- troškove nabavke (uvoza) rezervnih delova,
- optimizaciju funkcionalnih osobina rezervnih delova,
- optimizaciju performansi proizvodnih postrojenja,
- elastičnost u prilagodjavanju potrebama održavanja,

i tek na bazi kompletne analize može se dati merodavan odgovor na pitanja o racionalnosti supstitucije delova sopstvenom proizvodnjom.

*) *Institut za alatne mašine i alate IAMA u Beogradu osnovan je 1963 god. kao samostalna naučnoistraživačka organizacija, a 1984 god. se je, imajući u vidu društvena kretanja i druge okolnosti, udružio kao RO LOLA Institut IAMA u SOUR Industrija mašina "Ivo Lola Ribar", Beograd-Železnik*

2. Problemski krug rezervnih delova

Postrojenja i uredjaji proizvodnog sistema MKS izvedena su i stavljena na raspolaganje, u cilju eksploatacije, sa ugradjenim elementima ili ugradnim sklopovima čije su osobine pored ostalog funkcija odgovarajućih faktora koji su delovali u sistemu i vremenu dok je trajala njihova izrada i montaža. Osnovna uloga svakog elementa i ugradnog sklopa jeste da obezbedi odgovarajući nivo proizvodnih karakteristika postrojenja, čime će biti obezbedjena i verovatnoća da će to postrojenje, u odredjenom periodu vremena, izvršavati svoju funkciju unutar proizvodno-tehničkog sistema. Tu svoju ulogu ugradjeni elementi odnosno sklopovi, kao što je već rečeno, ostvaruju zahvaljujući svojim osobinama koje su, sa druge strane, odredjene njihovom strukturom i konstrukcionim rešenjem. Osnovni faktori koji opredeljuju neko konstrukciono rešenje odgovarajućeg ugradnog elementa ili sklopa, pa prema tome i samog postrojenja, mogu se grupisati u dve osnovne grupe i to:

- faktore proistekle iz tržišta i
- unutrašnje faktore proizvodjača postrojenja i delova.

Ne ulazeći u detaljnu analizu jedne i druge grupe faktora, može se ipak odmah zaključiti da su obe veoma zavisne od trenutka u kome se odredjena proizvodnja ostvaruje. Tako, samo primera radi, odredjeni ugradni sklop nekog proizvodnog postrojenja u momentu nabavke je morao biti uvezen, ali to (ukoliko je takav element i rezervni deo) ne mora značiti da se i za potrebe održavanja isti mora i dalje uvoziti. Pored toga, obzirom na vremensku distancu od momenta izgradnje proizvodnog postrojenja do momenta izvodjenja radova na zameni originalnog dela rezervnim, moguće je za potrebe održavanja obezbediti delove i materijale koji svoju funkciju izvršavaju bolje od "originalno ugradjenih", imajući u vidu da je u medjuvremenu napravljen značajan korak u razvoju odgovarajućih elemenata i sklopova.

Drugim rečima, pri utvrdjivanju vrste i količina rezervnih delova, što je jedna od značajnih aktivnosti planiranja materijala za održavanje, potrebno je voditi računa o tome da direktna zamena ugradjenih delova tzv "originalnim" delovima, nije uvek optimalna. Veoma često je čak

neophodno da se izmene karakteristike ili dobavljači rezervnih delova, ukoliko želimo da ponovo uspostavimo izgubljene proizvodne karakteristike postrojenja, ili možda da odredjene karakteristike i poboljšamo.

Očigledno je da nije jednostavno sagledati i kvalitativno analizirati elemente ekonomičnosti sistema za snabdevanje rezervnim delovima, posebno kada se utvrdjuje stvarna vrednost rezervnog dela, podložna mnogim promenama. Pored tržišne vrednosti, saglasno analizi vrednosti, kod rezervnih delova su, naime, posebno izražene upotrebna (kvalitet i kvantitet osobina pri ostvarenju funkcije u postrojenju) i subjektivna vrednost (osobine dela zbog kojih se želi da se poseduje). U toku projektnog rešavanja proizvodno-tehničkog sistema su te osobine bile opredeljujuće, dok se, medjutim, u toku vremena, usled izmena stanja u tehnološkom i opštem smislu, menja stepen uticajnosti pojedinih faktora koji odredjuju vrednost dela.

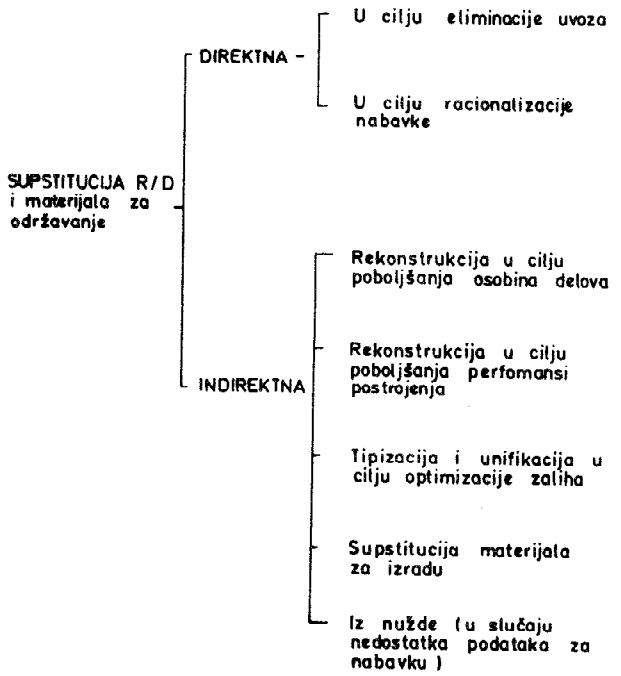
Kompleksnost i dinamičnost sistema rezervnih delova zahteva stoga sveobuhvatno i kvalitetno rešavanje, što se, prirodom problema i izazovima u pogledu krajnjih efekata uklapa i u osnovne koncepcije sistema SOUR-ILR[x)].

3. Supstitucija rezervnih delova

Aktivnosti na odredjivanju direktnih i indirektnih alternativa "originalnim" (od strane prvog proizvodjača isporučenim) rezervnim delovima i materijalima uobičajeno se nazivaju supstitucija materijala i delova za održavanje.

Saglasno rečenom u tač. 1 glavni razlozi zbog kojih se pristupa aktivnostima na supstituciju materijala za održavanje će biti:
- potreba za obezbedjenjem odgovarajuće samostalnosti proizvodno-tehničkog sistema,
- smanjenje troškova uvoza materijala i delova za održavanje,
- unifikacija i tipizacija materijala i rez. delova za održavanje,
- poboljšanje ili korekcija, proizvodnih karakteristika postrojenja (rekonstrukcija), i
- nedostatak potrebne tehničke dokumentacije za nabavku (izradu) rez. delova.

Koliku samostalnost proizvodno tehničkog sistema treba ostvariti, zavisiće najviše od zahtevane pogonske spremnosti i uslova eksploatacije proizvodnih postrojenja. Na smanjenje samostalnosti proizvodnog sistema, a time na povećanu tehnološku zavisnost uticaće i to kako su sprovedene odgovarajuće mere terotehnologije, pre svega u delu podsistema nabavke (izrade) proizvodnih postrojenja kao i u podsistemu tehničke dokumentacije. U svakom slučaju biće potrebno da se, u okviru procesa planiranja materijala i rez. delova za održavanje, pored identifikacije odgovarajućih delova i sklopova za zamenu, utvde i izvori snabdevanja, vodeći pri tome računa o njihovoj pouzdanosti u pogledu isporuke. Ukoliko odgovarajuća pouzdanost ne postoji potrebno je da se pristupi supstituciji takvih delova.



Slično prethodnom postupa se i u slučaju kada se supstitucija izvodi sa ciljem smanjenja trpškova uvoza materijala za održavanje, a što je direktno povezano sa finansijskim poslovanjem.

U oba slučaja se može izvoditi supstitucija materijala i rez. delova za održavanje direktnom ili indirektnom zamenom. Direktna zamena podrazumeva da se originalni materijali i delovi za održavanje zamene materijalom i delovima iste vrste i izradjenim po istim standardima, ali od drugog proizvodjača, dok indirektna zamena podrazumeva i odgovarajuće konstrukcione dopune na delovima, odnosno postrojenjima.

Unifikaciju i tipizaciju materijala i delova za održavanje treba, pre svega, shvatiti kao proces čiji su osnovni ciljevi optimizacija zaliha materijala i delova za održavanje i olakšanje snabdevanja. Pri tome treba imati u vidu da potrebne zalihe materijala i delova za održavanje ne rastu direktno proporcionalno količini ugradjenih istih delova, posebno kada su u pitanju delovi i materijali koji su u klasifikaciji dati kao "rizični". Tako, na primer, u proizvodno tehničkom sistemu u kome je ugradjen samo jedan sklop ili deo koji je od vitalnog značaja za funkcionisanje sistema, neophodno je da se takav element (sklop) drži kao rezerva u skladištu. Rezerva je dakle 100%. Medjutim, ukoliko bi u istom sistemu trebalo više takvih istih elemenata, odnosno sklopova, za obezbedjenje sigurnosti u radu, bio bi dovoljan takodje jedan rezervni element (sklop). Prema tome rezerve bi se mogle (do odredjene granice) smanjiti putem unifikacije, onoliko puta koliko imamo elemenata odnosno sklopova istih konstrukcijskih karakteristika. Tipizacijom elemenata i sklopova iste vrste, po proizvodjačima, mogu se ostvariti i eventualne uštede u ceni, obzirom na smanjenje troškova nabavke.

4. Utvrdjivanje programa delova na supstituciju

Radi obavljanja analiza za potrebe projekta supstitucije, neophodno je prikupiti što veći broj podataka i informacija o rezervnim delovima. Pripremljeni podaci predstavljaju dobru osnovu za odgovarajuću sistem analizu, čiji je prevashodni cilj da se definiše Program rezervnih delova za supstituciju.

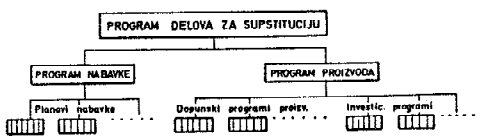
Radi razgraničenja pojmova ovde treba naglasiti da se pod pojmom "Deo za supstituciju" podrazumeva samo onaj deo koji je, na bazi rezultata odgovarajuće sistem analize, identifikovan da se može nabaviti iz domaćih kapaciteta.

Pri tome je potrebno pod domaćim kapacitetima podrazumevati proizvodne kapacitete domaće industrije koji stoje na raspolaganju za osvajanje novih (ovako identifikovanih) proizvoda, kao i kapacitete za koje se može proceniti da se mogu izgraditi i na njima organizovati racionalna proizvodnja odredjenih rezervnih delova koji se u ovom momentu dobavljaju iz uvoza.

Skup svih delova za supstituciju čini program delova za supstituciju, a može se podeliti na dva osnovna podprograma, odnosno dve grupe programa - program nabavke i program proizvoda.

Cilj sistem analize je razrada programa delova za supstituciju radi sagledavanja tehničkih karakteristika pojedinih delova (funkcija u sklopu, dimenzije, materijal, tehnologija izrade, težina, količina i sl.). Takodje, ona treba da obuhvati i sledeće moguće uticaje:

- procenu domaćih kapaciteta,
- mogućnosti obezbedjenja materijala za izradu
- stepen konkretizacije, odnosno vreme konkretizacije delova,
- kadrovske resurse korisnika i potencijalnih dobavljača delova.



Tokom utvrdjivanja i izvodjenja procesa konkretizacije delova za supstituciju neophodno je razviti odgovarajuće kriterijume za razgraničenje pojedinih faza konkretizacije i to tako da uvek funkcija cilja jedne faze bude baza za narednu.

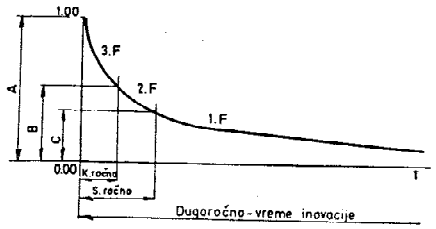
Pored napred navedenih faktora, za rasčlanjavanje programa supstitucije na program nabavke i program proizvoda, sistem analiza mora uzeti u obzir i druge kao što su:

- rezultati analize vrednosti rezervnog dela kao funkcionalnog elementa postrojenja,
- rentabilnost direktne nabavke,
- uslovi tehnološke nezavisnosti proizvodno-tehničkog sistema, korisnika u odnosu na strano tržište i tehnologije,
- troškovi držanja zaliha,
- širi aspekti deviznog poslovanja radne organizacije i društvene zajednice.

Dobijeni program nabavke može se dalje deliti na konkretne planove nabavke, usaglašene sa mogućnostima radnih organizacija iz proizvodnje i trgovine.

Program proizvoda je takodje neophodno podvrći odgovarajućoj analizi sa ciljem da se dodje do konačnog rezultata, tj. do:

- dopunskih programa proizvodnje za postojeće kapacitete, i
- investicionih programa.



Glavni uticajni faktori u ovom delu sistem analize su:

- rentabilnost nabavke,
- tehnološka nezavisnost proizvodno tehničkog sistema korisnika rez. delova i šire zajednice,
- aspekti deviznog poslovanja radne organizacje i šire zajednice,
- socijalni aspekti izgradnje eventualnih novil kapaciteta,
- procenjene mogućnosti proizvodnje.

5. Neki faktori od uticaja na proces supstitucije rezervnih delova u OOUR Oprema i rezervni delovi - MKS

Dugogodišnja iskustva MKS u proizvodnji rezervnih sklopova za potrebe održavanja proizvodnih postrojenja daju dobre osnove za analizu mogućih uticajnih faktora koji deluju na uslove i kvalitet izvedene supstitucije.

Ako se ima na umu činjenica da MKS sa svoje strane tj. OOUR Oprema i rezervni delovi, nije učestvovao u proizvodnji delova i sklopova koji se originalno ugradjuju u proizvodna postrojenja, onda je jasno da je celokupna proizvodnja ovog OOUR-a, a koja se odnosi na izradu rezervnih delova i sklopova po zahtevima održavanja iz OOUR, u stvari supstitucija originalno ugradjenih delova delovima proizvodenim u MKS. U ovom procesu tesno je povezano više organizacionih celina, a pre svega u okviru OOUR Oprema i rezervni delovi i priprema rada pri održavanjima u OOUR osnovne proizvodnje, zatim u Konstrukcionom birou i razvojnim funkcijama na nivou RO i SOUR.

Osnovne teškoće u ovom procesu proističu, pre svega, iz osnova porekla opreme, ali ne treba zanemariti ni druge kao što su: kadrovski problemi, sistem dopuna i izmena tehničke dokumentacije, sistem planiranja održavanjem, sistem planiranja i upravljanja radnim nalozima u OOUR Oprema i rezervni delovi i sl. Ovde ćemo nabrojati i kratko objasniti samo neke koji proističu iz osnova porekla opreme i osnova neusaglašenosti integralnog sistema planiranja i upravljanja u MKS. To su, pre svega, sledeći problemi:

a. - neusaglašenost tehničke dokumentacije o rezervnih delovima sa važećim JUS standardima,

b. - problem medjusobne neusaglašenosti pojedinih nacionalnih standarda po kojima je isporučena proizvodna oprema osnovnih metalurških pogona,

c. - veliki asortiman materijala za izradu rezervnih delova i

d. - medjusobna neusaglašenost sistema za upravljanje rezervnim delovima (održavanje) i sistema za proizvodnju rezervnih delova

I bez posebne analize pojedinih uticajnih faktora, može se ipak ukazati na neke od puteva za ublažavanje odnosno otklanjanje njihovog dejstva, a što je siguran put ka povećanju samostalnosti MKS kao kompleksnog proizvodno tehničkog i privrednog sistema. Tako na primer otklanjanjem uticaja prva dva od navedenih faktora (a) i (b) se može sa sigurnošću ostvariti blagovremenom nostrifikacijom tehničke dokumentacije. Time bi se izbegli mnogi nesporazumi koji se javljaju pri tehnološkoj razradi i realizaciji radnog naloga (oko mogućnosti izrade delova standardizovanih u colovima, pogrešnog tumačenja crteža, nekvalifikovani prevodi tekstova i sl.).

Uticaj trećeg faktora (c) je tako veliki da bi u odredjenim uslovima mogao u potpunosti blokirati proizvodnju rezervnih delova u MKS. Naime ako bi želeli da se u svemu pridržavamo materijala propisanih dokumentacijom za izradu rezervnih delova, došli bi u situaciju da na skladištu sirovina moramo držati skoro kompletan asortiman čelika i drugih sirovina koje se proizvode u zemljama isporučiocima opreme. To svakako nije moguće, a to znači da se problemu supstitucije materijala za izradu rezervnih delova mora posvetiti izuzetna pažnja.

Konačno, štetan uticaj četvrte grupe faktora (d) može se eliminisati samo jasnim i sigurnim projektnim i aplikativnim rešenjima jedinstvenog informacionog sistema MKS. To će se pre svega odraziti na tačnost i brzinu kretanja podataka i informacija, a već raspoloživi hardwere u MKS može tome izuzetno mnogo da doprinose.

Pri svemu tome ne treba zanemariti i odgovarajući deo sistema koji rešava problem izmena i dopuna tehničke dokumentacije koja može znatno uticati na kvalitet i pristupačnost najvažnijih i najbrojnijih informacija za potrebe održavanja i proizvodnje rezervnih delova, koje su sadržane upravo na tehničkoj dokumentaciji.

6. Zaključak

Posmatrano, pre svega, sa stanovišta ostvarenja potrebnog stepena samostalnosti proizvodnog i tehničkog sistema MKS i mogućnosti uticaja na plan proizvodnje rezervnih delova, neosporne su prednosti supstitucije delova putem proizvodnje u sopstvenom pogonu za izradu rezervnih delova i remont sklopova. Takva proizvodnja, s druge strane, ima svoje posebne karakteristike koje proističu iz osnova brzih promena koje nastaju u okruženju, a pre svega u sistemu snabdevanja materijalima i sirovinama. Radi toga sve aktivnosti usmerene na savladavanje teškoća, koje se u odvijanju ove proizvodnje javljaju, predstavljaju doprinos supstituciji delova sa svim prednostima koje ona sama po sebi nudi.

L I T E R A T U R A

/1/ *V.Šolaja, M.Dragović: Sistem Lola rezervni delovi, XVI majski skup jugoslovenskih održavalaca sredstava za rad, Novi Sad, 1985. god.*

/2/ *M.Dragović, V.Vukićević: Neki aspekti racionalizacije u pogonu za proizvodnju rezervnih delova, XIV savetovanje proizvodnog mašinstva Jugoslavije, Čačak, 1980. god.*

/3/ *M.Dragović: Pristup realizaciji projekta supstitucije uvoznih rezervnih delova domaćim, XV majski skup jugoslovenskih održavalaca sredstava za rad, Cetinje, 1984. god.*

/4/ *V.Vukićević, M.Dragović: Neka iskustva Instituta IAKA u postavljanju i razvijanju sistema planiranja i upravljanja održavanjem, simpozijum o upravljanju proizvodnjom UPOS-83, Zagreb, 1983. g.*

/5/ *Lj.Kapsarev: Supstitucija delova i materijala za održavanje u MKS, Savetovanje održavalaca Podunavskog regiona, Smederevo 1985. god.*

/6/ *Engel H.K: Handbuch der neuen Techniken des Industrial Engeneering, Verlag Moderne Industrie Wolfgang Dummer+co München 1972.god.*

XIX SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE

Kragujevac, septembar 1985.

NEKA ISKUSTVA IAMA U IZRADI TEHNOLOŠKIH PROJEKATA POGONA ZA IZRADU REZERVNIH DELOVA I REMONT PROIZVODNE OPREME

M. Dragović, Lola Institut za alatne mašine i alate, Beograd
V. Vukićević, Lola Institut za alatne mašine i alate, Beograd
V. Šolaja, Lola Institut za alatne mašine i alate, Beograd

Rezime

U uslovima dinamičkog razvoja proizvodnje korisnik opreme se ne može osloniti na proizvodjača osnovne opreme kao isključivog dobavljača rezervnih delova, što uslovljavaju uglavnom dugi rokovi isporuke, visoka cena, a takodje i neke druge poteškoće. Stoga se redovno uz velike kapacitete bazične industrije grade i veliki kapaciteti za proizvodnju rezervnih delova. Po pravilu su to pogoni univerzalne namene, sa kapacitetima koji se lako prilagodjavaju promenljivim zahtevima za izradom delova ili za intervencijama u slučajevima kvarova i lomova. Autori prikazuju neka iskustva LOLA Instituta IAMA u prethodnim studijama i izradi ove vrste tehnoloških projekata.

Summary

Some IAMA Experiences in Projecting Production Facilities for Spare Parts and Overhaul of Production Equipment

In a dynamical development of production the user of a plant cannot rely entirely on the supply of parts from the original producer, which is due to long delivery dates, high prices and some other difficulties. Therefore, large facilities for spare parts production are usually provided within the basic industry plants. As a rule, these shops are of universal character, the production equipment being adaptable to varyng requests of maintenance and in cases of damages and breakages. The authors suggest some experiences of the LOLA-IAMA Institute in feasibility studies and projects of such facilities.

1. Uvod

Proizvodno-tehnički sistemi današnjeg nivoa, zavisno od svoje složenosti, predstavljaju odgovarajući oblik medjusobno više ili manje usaglašenih, pojedinačnih procesa i drugih podsistema. Njihovo optimalno projektno rešavanje podrazumeva odgovarajuće usaglašavanje kapaciteta i prostornog rasporeda delova sistema i postrojenja unutar njih i njihovo povezivanje sa širim privrednim sistemom.

Pri tome je bitno obezbediti odgovarajuće preduslove za ostvarivanje maksimalne moguće pouzdanosti sistema u periodu njegovog rada (eksploatacionog veka), a što je realna posledica kvaliteta izabranih projektnih rešenja, samog tehničkog kvaliteta elemenata sistema i posebno, sistema za održavanje proizvodnih postrojenja tokom njihove eksploatacije.

Posmatran za sebe, sistem za održavanje predstavlja kompleksan proces čiji je neposredni cilj zadržavanje ostvarenih ili vraćanje izgubljenih proizvodnih karakteristika postrojenja. Zbog bitnog uticaja na pouzdanost proizvodnog sistema, održavanje predstavlja osnovnu logističku podršku proizvodnji[x)], radi toga njegovo rešavanje u fazi tehnološkog projektovanja ima izraziti značaj.

Bitne delove sistema održavanja čine dve osnovne grupe procesa[xx)] i to: grupa aktivnosti čiji je cilj obezbedjenje potrebnih materijala i rezervnih delova za održavanje i druga grupa aktivnosti koje se izvode na samom postrojenju u cilju sprečavanja ili otklanjanja kvara.

Za problematiku koja se razmatra u ovom materijalu posebno je interesantna grupa aktivnosti vezana za obezbedjenje potrebnih materijala i rezervnih delova za održavanje. Naime, u cilju povećanja pouzdanosti sistema, a naroč-

ito kod proizvodnotehničkih sistema u procesnoj industriji-gde je zastoj u proizvodnji vrlo skup - veoma često se uz osnovne pogone projektuju i izgradjuju i pogoni za proizvodnju rezervnih delova i opreme kao podrška sistemu za održavanje. Da bi se mogla ostvariti optimalna rešenja pri njihovom projektovanju, od posebnog je značaja da se svi radovi na projektovanju izvode uz respektovanje okolnosti i uslova delovanja kompleksnog sistema, kako bi se izbegle eventualne kasnije prepreke u odvijanju procesa, proistekle iz osnova neefikasnosti sistema za proizvodnju rezervnih delova, odnosno neusaglašenosti mogućnosti proizvodnje rezervnih delova i potreba osnovne proizvodnje.

---

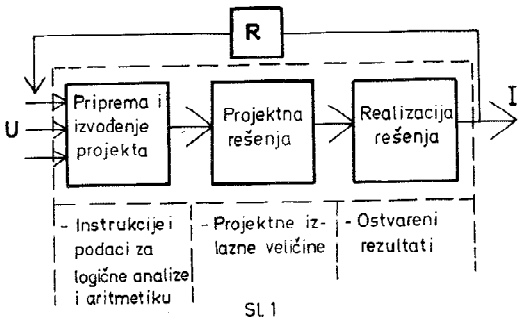
*) *Kao naučna disciplina, logistika je kombinacija raznorodnih delatnosti koje posredno utiču na povećanje uspešnosti proizvodnog procesa; Naziv je pozajmljen iz vojne terminologije gde označava ukupnu podršku trupama angažovanim u borbi*

**) *Detaljna identifikacija sistema održavanja i njegovih delova data je u konceptu integralnog sistema razvijenom u LOLA-Institutu IAMA, a šire poznatom pod skraćenim nazivom REMAX*

2. Tehnološko projektovanje

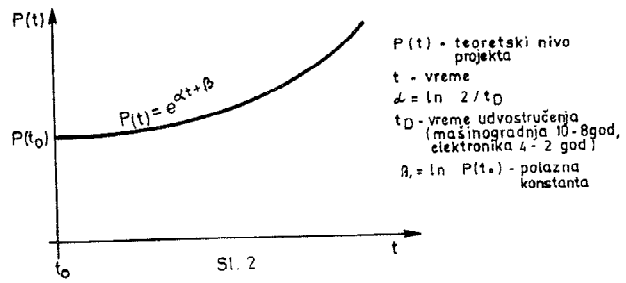
Uzajamnim delovanjem proizvodnih snaga i predmeta rada u kompleksnom proizvodnom sistemu se ostvaruju odgovarajući tokovi kretanja materijala, informacija, energije i ljudi, čijim se pravilnim projektovanjem i upravljanjem obezbedjuje optimum u datom proizvodnom sistemu.

Pod pojmom tehnološko projektovanje uobičajeno podrazumevamo kompleksnu grupu tehničkih aktivnosti, zasnovanih na ekonomskim postavkama sistema i sa izraženim koordinirajućim karakterom, a primenjuju se u cilju izvodjenja radova analize, predvidjanja, izbora i rasporeda tehnoloških celina, njihovih delova i samih proizvodnih postrojenja. Pri tome se projektna rešenja izražavaju u obliku dispozicionih crteža, konstrukcionih crteža u dve ili tri dimenzije i u obliku tekstualnih opisa, objašnjenja i proračuna. Ovo je projektovanje tokom vremena veoma izloženo uticaju velikog broja spoljašnjih faktora, različite prirode, zbog čega se može reći da projektovanje sa realizacijom rešenja predstavlja kibernetski sistem logičnih elemenata sa povratnim vezama (Sl.1).



Sl. 1

Glavni zadatak tehnološkog projektovanja je da, primenom opšte važećih zakonitosti na odredjeni objekat, a putem smišljenih modifikacija, ostvari najpovoljnije uslove za kasnije ostvarivanje proizvodnog procesa. Pri tome osnov za utvrdjivanje ovih zakonitosti leži u nivou znanja koja se sa vremenom nagomilavaju, odnosno taj nivo raste sa masom znanja prenešenom sa generacije na generaciju (projektanti, istraživači...) i to, u uobičajenim uslovima po geometrijskoj progresiji, s tim što na eksponent rasta dodatno utiče i nivo opšteg obrazovanja i tehničkih znanja okoline.



Sl. 2

Teoretski ostvareni nivo projekta P(t), prema nekim autorima [4], koji omogućava najbolje efekte u trenutku t, a obzirom na polazni nivo P(to) može se izraziti kao:

$$P(t) = e^{\alpha t + \beta}$$

što ukazuje na zaključak da je u projekat potrebno ugraditi sva nova saznanja. Osim toga, zbog velikih i sve ubrzanijih promena znanja tokom vremena moglo bi se zaključiti da je tokom projektovanja neophodno vršiti i permanentne izmene. To bi bilo svakako pogrešno, a praktično nije ni izvodljivo. Može se medjutim, zaključiti da pred projektantima, a u cilju obezbedjenja optimalnih rezultata projekata, stalno stoji potreba za poštovanjem sledećih pravila:

- ostvarivanje najkraćeg mogućeg vremena projektovanja i realizacije projekta,
- izbor projekata i postrojenja usaglašen sa trendom razvoja u odredjenoj oblasti, i
- glavne projekte postaviti kompatibilno sa ostalim delovima sistema.

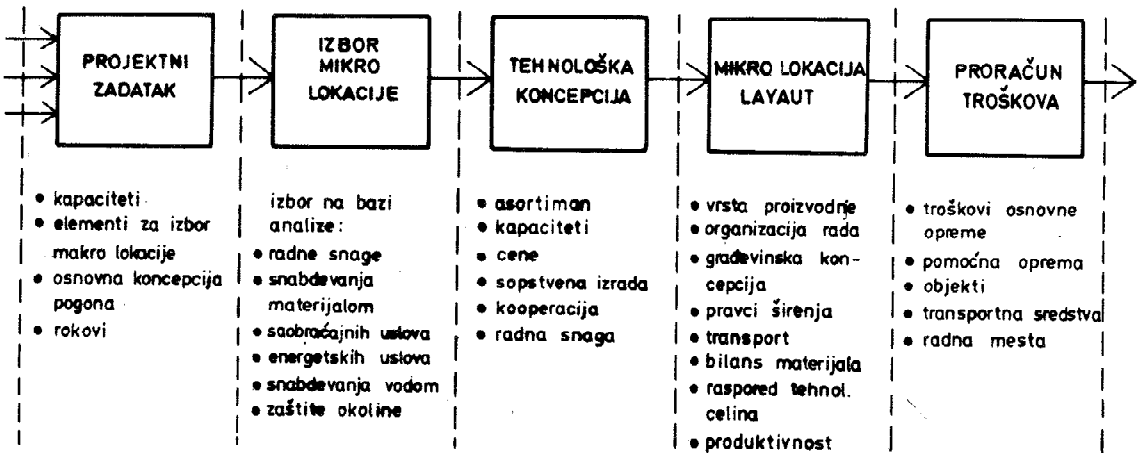
3. Neki karakteristični problemi tehnološkog projektovanje pogona za proizvodnju rezervnih delova

Metodski pristup izradi projekta pretstavlja značajan doprinos racionalizaciji samog projektovanja. U ovom materijalu će biti posebno istaknuti neki odabrani problemi, karakteristični za pogone za proizvodnju rezervnih delova. To opravdava njihova specifična uloga u proizvodno tehničkom sistemu-posebno u sistemu održavanja, kao i širi značaj u smislu tehnološke nezavisnosti i pouzdanosti sistema.

Uobičajeni redosled rešavanja zadatka tehnološkog projektovanja, u opštem slučaju dat je shematski na slici 3.

3.a. I z b o r m a k r o l o k a c i j e: prdstavlja praktično lociranje pogona u okviru privrednog područja kome pripada. U opštem slučaju na donošenje odluke u smislu napred navedenog utiču mnogobrojni spoljašnji faktori, kao što su: potreba za prostornim rasporedom zaposlenosti, povezivanje u ukupni društveni sistem industrije, problemi nezavisnosti proizvodnog sistema od uvoza sirovina i tehnologije i td.,kao i unutrašnji faktori koji proističu iz osnova: mogućnosti snabdevanja sirovinama, polufabrikatima i materijalima za izradu, snabdevanje energijom, uticaji na okolinu i td.

Faktori koji najizrazitije deluju na opredeljenje za izbor makrolokacije,kada su u pitanju pogoni za proizvodnju rezervnih delova svakako da proističu, u najvećem broju, iz delovanja glavnog korisnika usluga-održavanja osnovnih proizvodnih pogona, što nameće potrebu da se njemu orijentiše i izbor makrolokacije.



Sl. 3

U praksi, pri izradi tehnoloških projekata pogona za proizvodnju rezervnih delova, posebno su karakteristični problemi:

a. Izbor makrolokacije,
b. Proračun kapaciteta,
c. Raspored tehnoloških celina,
d. Unutrašnji transport,
e. Bilans materijala i veličina skladišta,

o čemu u daljem tekstu ima više reči.

3.b. P r o r a č u n k a p a c i t e t a: počiva na utvrdjenom proizvodnom programu, asortimanu i količinama po pojedinim pozicijama rezervnih delova. Zanemarujući, ovom prilikom, problem preciznog utvrdjivanja potrebnih količina rezervnih delova koje zavise od uslova eksploatacije i održavanja proizvodnih postrojenja osnovne proizvodnje, a služi kao osnova za definisanje proizvodnog programa[x)], može se konstatovati da će kapaciteti za proizvodnju rezervnih delova biti veoma zavisni od poreme-

ćaja koji nastaju u sistemu održavanja, a manifestuju se u vidu zahteva za hitnom izradom ili doradom delova kojih nema u dovoljnim količinama za potrebe održavanja ili su pak iznenada otkazali. Broj takvih zahteva zavisiće umnogome od ukupnog kvaliteta sistema za održavanje, ali je sigurno da će ih uvek biti.

Ako je za odredjeni rezervni deo (i.) potrebno vreme izrade za odredjenu operaciju:

Ti = tpzi + z.tki, odnosno za celokupan asortiman:

Ti = $\sum$(tpzi + z.tki) pri čemu je:

tpzi - pripremno završno vreme za rez.deo,
z - broj komada za izradu i
tki - vreme izrade

onda se potreban broj proizvodnih postrojenja može dobiti delenjem ovog vremena sa raspoloživim vremenom rada za jednu mašinu (Tr) godišnje:

$Zi = \frac{\sum Ti}{Tr}$, pri čemu je

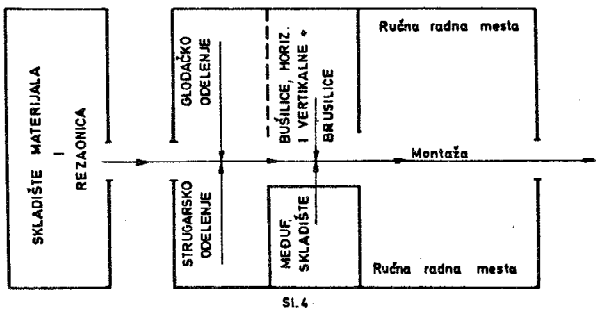
Tr = N . s . k . η
N - broj radnih dana/god.
s - broj radnih sati/smenu
k - broj smena u toku jednog dana
η - koeficijent udela planskog rada u ukupnom radnom vremenu.

Za slučaj proizvodnje rezervnih delova, u odnosu na ostale tipove proizvodnje posebno je važno utvrditi vrednost koeficijenta η koji prema našim iskustvima, ne treba da prelazi vrednost 0,6.

Ovde je važno napomenuti da za odredjeni broj proizvodnih kapaciteta pogona neće biti moguće obezbediti odgovarajuću uposlenost, ali da je često potrebno da se takvi kapaciteti predvide. Osnovni razlog za ovakve odluke leži u potrebi da se "pokriju"kritični zahtevi održavanja i time smanje ili eliminišu enormno visoki troškovi zastoja nastali usled čekanja na rezervni deo. Višak kapaciteta u ovim slučajevima treba uposliti putem kooperacije.

Očigledno je da objedinjavanje kapaciteta i specijalizacija pogona na široj-regionalnoj ili nekoj drugoj-osnovi- daje dobre mogućnosti za racionalizaciju proizvodnje[xx)].

3.c. R a s p o r e d t e h n o l o š k i h c e l i n a: kao izlazno projektno rešenje zavisi od mnogobrojnih faktora kao što su: odabrana makrolokacija koja odredjuje gradjevinske uslove utemeljenja, veze sa javnim saobraćajem, neposrednu okolinu itd., zatim potresi, zračenja, vlažnost itd. Ipak osnovni problem leži u opredeljivanju tokova kretanja u pogonu i to tokova materijala, informacija, ljudi i energije. Kako je u pitanju pojedinačna proizvodnja sa veoma čestim prekidima to je rešavanje prva dva toka - inače od osnovnog značaja za ostvarivanje proizvodnih zadataka - veoma komplikovano. Jedno od rešenja koja mogu poslužiti kao smernica za definisanje toka kretanja dato je shematski na slici 4.



Sl.4

3.d. U n u t r a š n j i t r a n s p o r t: je odredjen pojedinačnim karakterom proizvodnje, odnosno jasno je da se ne može računati sa kontinuiranim transportom i precizno utvrdjenim transportnim putevima. Prema tome transportna sredstva moraju biti univerzalne namene za diskontinuirani transport.

Jedan od izrazitih problema koji se javlja kod ovakvih pogona jeste dugo vreme čekanja gotovih pozicija na ugradnju u sklopove-gotove proizvode. Do ovog problema dolazi zbog toga što se u upravljanju proizvodnjom rezervnih delova vrlo oštro ističu suprotnosti u zahtevima u pogledu poštovanja rokova isporuke sa jedne strane, i potrebe za racionalnim korišćenjem kapaciteta sa druge. Zadovoljavajuće rešenje problema može se ostvariti i medjufaznim skladištem za odlaganje delova koji čekaju montažu i pogodnim informacionim sistemom za upravljanje takvim skladištem.

3.e. B i l a n s m a t e r i j a l a: Uslovljen je proizvodnim programom, no upravo se tu srećemo sa problemima koji zahtevaju tesnu saradnju funkcije održavanja i funkcije proi-

zvodnje rezervnih delova. Reč je o ogromnom asortimanu sirovina i polufabrikata-materijala za izradu rezervnih delova, koji je posledica netipizacije materijala kod proizvodjača osnovne opreme kojih čak može biti i više iz raznih zemalja, a njihovi delovi i sklopovi proizvedeni su od sopstvenih materijala i po sopstvenim standardima.
Ovaj problem se odražava na projektna rešenja kroz veličinu skladišta, a može se optimalno rešiti samo osmišljenim programom supstitucije materijala tokom održavanja proizvodnih postrojenja.

---

*) *Veoma dobre osnove za definisanje proizvodnog programa pružaju postavke grupne tehnologije* [3].

**) *U tom pravcu se već preduzimaju i konkretni koraci od strane LOLA-Instituta IAMA, kao što je sistem LOLA REZERVNI DELOVI i sl.*

4. Zaključak

Specifična uloga pogona za proizvodnju rezervnih delova, kao važnog elementa podrške sistemu održavanja proizvodnih postrojenja i, u krajnjoj liniji, pouzdanosti tehničkih sistema, nameće i odgovarajuće probleme pri projektovanju takvih pogona.

Za uspešno rešavanje problema tehnološkog projektovanja, u ovakvim slučajevima, veoma korisno mogu da posluže iskustveni i istraživački rezultati ostvareni u LOLA-Institutu IAMA a koji se oslanjaju na identifikovane potrebe proistekle iz razvijenog sistema za održavanj proizvodnih postrojenja-REMAX. Posebnu pažnju pri izradi projektnih rešenja, potrebno je po svetiti problematici: proračuna kapaciteta, rasporedu tehnoloških celina i opreme, unutrašnjem transportu i izboru veličine skladišta

Literatura

1) *V.Šolaja, M.Dragović, Sistem LOLA-rezervni delovi Zbornik radova sa XVI majskog skupa jugoslovenskih održavalaca sredstava za rad, Novi Sad, 1985.god.*

2) *V.Šolaja, M.Dragović, Ž.Maričić, Problemi održavanja u zemljama u razvoju, Zbornik radova sa 5.evropskog kongresa o održavanju, Opatija, maja 1980 god.*

3) *S.M.Urošević: Tipska i grupna tehnologija u metalnoj industriji, Priručnik IAMA br. 1, 1967 god.*

4) *Prof.Dr-Ing.habil. W.Rockstroh, Tehnologische Betriebsprojektirung, VEB Verlagtechnik Berlin 1971*

XIX SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE

Kragujevac, septembar 1985.

ISKUSTVA U PRIMENI DOMAĆIH TVRDIH METALA U REGULISANJU PROCESA DOBIJANJA POLIETILENA NISKE GUSTINE

T.Šalipur, "Prvi partizan", Titiovo Užice

REZIME

U saopštenju su dati osvrti na osnovne zahteve i probleme koji prate regulisanje u procesnoj tehnologiji gde spada i proces dobijanja polietilena niske gustine, a koji se postavljaju pred konstrukoiju sa naglaskom na orjentacione kriterijume za izbor vrste materijala, tehnologiju proizvodnje i uslove eksploatacije i održavanja (popravke) habajućih delova kao regulacionih elemenata. Zatim, pokazana su iskustva o mogućnostima proizvodnje domaćih habajućih delova od tvrdog metala i primene u jednoj radnoj organizaciji u procesu dobijanja polietilena niske gustine kao rezultat programa sistematskog istraživanja jednog od problema koji inače prate regulisanje u procesnoj tehnologiji.

UVOD

Uspešno regulisanje procesa u oblasti procesne tehnologije, gde spada i proces dobijanja polietilena niske gustine, predpostavlja primenu posebnih materijala (naročitih fizičko-mehaničkih, termičkih i drugih osobina) pri izradi regulacionih delova, sklopova i njihovih komponenti, koji rade u uslovima visokih pritisaka, izraženih temperatura,abrazija i korozije odnosno habanja. U tu grupu delova spadaju komponente za ventile (sedišta,vretena, pločice, kuglice i sl.) zaptivni i stacionarni prstenovi, različiti tipovi klipova i čaura (cilindara) kod kompresora visokog pritiska i klipnih pumpi, granulatorske i frikcione ploče (granulatorski noževi), noseći ležajevi (radijalni i aksijalni) izloženi velikom habanju, različiti tipovi mlaznica i slični delovi. Praktično se mogu svi svrstati u grupu habajućih delova.

U razvoju tih procesa optimalna (ekonomična) rešenja habajućih delova traže se primenom različitih materijala (nerđajućih i hemijski postojanih čelika, tvrdih metala na bazi WC-Co i WC-Ni i raznih vrsta keramike) sa većim ili manjim interesovanjem zavisno od njihovih osobina i rezultata koje pokazuju u praksi.

Postojanost habajućih delova je od prvorazrednog značaja za smanjenje troškova i povećanje proizvodnosti tih procesa. Pri tom glavna ušteda se ne sastoji samo u nižoj ceni tih delova usled dužeg radnog veka već pre svega u nižim troškovima u toku vođenja procesa (usled minimalnih lomova a time i zastoja u proizvodnji, održavanju i popravkama) koji mogu da budu veoma veliki po jedinici vremena kao u slučaju proizvodnje polietilena niske gustine. Specifičnost tog procesa uvela ja primenu odgovarajućih kvaliteta tvrdog metala za izradu najodgovornijih-habajućih delova. Zahvaljujući pre svega fizičko-mehaničkim osobinama tvrdog metala obezbeđuje se uspešno, pouzdano i ekonomično vodjenje tog procesa. Uvođenje takve tehnologije u našoj zemlji uslovilo je probleme snabdevanja proizvodnje uvoznim habajućim delovima (iz visoko-razvijenih zemalja) od tvrdog metala a strogi uslovi rada ne dozvoljavaju zamenu tih delova od drugih materijala.

U takvim i sličnim uslovima eksploatacije habajućih delova postavljaju se posebni zahtevi pre svega u odnosu na konstrukciju, tehnologiju proizvodnje i održavanja tih delova naročito pri radu na kompresorima visokih pritisaka (do 3000 bara), klipnim pumpama ili u sličnim uslovima.

OSNOVNI ZAHTEVI U ODNOSU NA KONSTRUKCIJU I TEHNOLOGIJU PROIZVODNJE, USLOVE EKSPLOATACIJE I ODRŽAVANJA HABAJUĆIH DELOVA

Krajnji zahtevi u regulisanju tih procesa jesu dug radni vek habajućih delova tj. optimalan materijal, veoma visok stepen tačnosti mera, oblika i kvaliteta radnih površina u pogledu hrapavosti, mikrokorozionih fleka, pora i pukotina. Vezano stim najvažniji zahtevi koje treba da ispunjavaju habajući delovi su sledeći:

Zahtevi u odnosu na konstrukciju

Svi habajući delovi u principu se izvode iscela od odgovarajućeg materijala ili kombinovano sa nosačem (osnovom) od drugog materijala, zavisno od slučaja.

- Konstrukcija treba da poseduje povišenu krutost, kod delova od tvrdog metala kada izvedba nije iscela odnosi se na nosače radnih delova od tvrdog metala koji u tom pogledu ima dobre osobine.
- Pravilan izbor vrste materijala odnosno kvaliteta tvrdog metala kao i materijala nosača radnih delova od tvrdog metala.
- Pravilan izbor načina vezivanja radnih delova od tvrdog metala (umetak, čaura, segment) za njihove nosače u cilju obezbedjenja sigurnog vezivanja i međusobnog oslanjanja.
- Visok stepen tačnosti mera i oblika (u nekim slučajevima zahteva se i četvrti stepen tačnosti) radnih površina habajućih delova kao i površina vezivanja i oslonjanja radnih delova od tvrdog metala.
- Visok stepen završne obrade radnih površina (u nekim slučajevima N1 do max N2) čime se obezbedjuje malo trenje što se posebno odnosi na habajuće delove koji rade u kliznim sklopovima sa drugim delovima.

Orjentacioni kriterijumi za izbor vrste materijala

U regulisanju tih procesa optimalna rešenja habajućih delova se traže na osnovu praktičnih testova različitih materijala. Vezano stim može se navesti nekoliko napomena o osnovnim osobinama tih materijala, pokazanim u praksi, koje mogu poslužiti kao orijentacija pri izboru vrste materijala habajućih delova.

- Kvaliteti čelika, nerđajući i hemijski postojani, u čistim rastvorima (laboratorijskim - normalnim uslovima) pokazuju izraženu otpornost prema koroziji u odnosu na standardni tvrdi metal WC-Co što nije uvek slučaj i u praksi, sobzirom na otpornost na habanje, gde ima i drugih uticajnih faktora zbog čega u mnogim slučajevima mogu pokazati nedovoljnu otpornost na habanje i imati relativno kratak radni vek. Što su se potpunije ispitivali (pratili) prividno čisti procesi habanja, to se češće pokazivalo da se radi o komplikovanim procesima, kod kojih korozija ima izvesnu ulogu. Međutim, značajnije su razlike u fizičko-mehaničkim osobinama u korist tvrdog metala (pokazanih u tab.1) zbog čega se radni vek habajućih delova pokazuje znatno duži.

Orjentaciona fizičko-mehanička svojstva [2], [3], [5] *Tab. 1*

SVOJSTVA	KVALITET TVRDOG METALA			KVALITET ČELIKA	
	PV10	PV20	PV30	Č4571	Č4574
Specifična težina (gustina) g/cm³	14.8	14.4	13.9	7.8	7.8
Tvrdoća, 20°C, HV3, HB30	1550HV	1300HV	1200HV	130 – 190 HB	130 – 190 HB
Čvrstoća na savijanje, 20°C, N/mm²	1800	2250	2500	600-900	600-900
Čvrstoća na pritisak, 20°C, N/mm²	5500	4600	4100	-	-
Modul elastičnosti N/mm²	630000	580000	550000	203000	203000
Toplotna provodnost, W/m°C	110	120	115	14.6	14.6
Elektro otpornost, $\mu\Omega$ cm	19	18	17	73	73
Koeficijent linearnog širenja, 20°-400°C, 10^{-6} mm/°C	5.0	5.5	6.0	16.0-18.0	16.5-18.5

Uticaj mehaničkih osobina (faktora) na proces korozije ne obradjuje se u standardnoj literaturi o koroziji. U slučaju tvrdog metala i mehanički faktori su važni što očito pokazuju rezultati praktičnih opita.

- Veća krtost tvrdog metala od odgovarajućih kvaliteta čelika znatno je manja od izražene krtosti različitih vrsta keramike i ne izaziva funkcionalne probleme jer u radu habajućih delova nema mehaničkih udara koje slabije podnosi od kvaliteta čelika ali izraženo bolje od svake vrste keramike. U ovim poređenjima može se smatrati da kvaliteti tvrdog metala zbog metalne vezivne faze (Co ili Ni) imaju manje-više metalne karakteristike,

zbog čega imaju mnogo bolju mehaničku performansu odnosno kombinaciju osobina (visoka otpornost na habanje i dobra fizičko-mehanička svojstva)u odnosu na druge materijale. Velika krutost i osobine tvrdog metala u pogledu suprotstavljanja problemima zaribavanja (svarivanja) od presudnog su značaja kod habajućih delova koji rade u kliznim sklopovima sa drugim delovima. Praksa pokazuje da i u mnogim drugim slučajevima habajući delovi od tvrdog metala daju optimalne rezultate.

- U mnogim slučajevima se koriste različite vrste keramike zbog izražene otpornosti na koroziju mada je njen ozbiljan nedostatak velika krtost i slaba otpornost na toplotne udare. Nova keramika kao što je čist silikom korbid, samovezani silikom karbid i transformisani grafit odnosno grafit sa površinskom oblašću od silikom karbida, uglavnom zbog relativno visoke toplotne provodljivosti silikom karbida, postoje materijal od velikog interesovanja ali još uvek u poređenju sa kvalitetima od tvrdog metala pokazuje veliku krtost i slabu otpornost prema pucanju usled termičkog zamora.

Za konačan izbor optimalne vrste materijala odnosno neke vrste tvrdog metala u svakom konkretnom slučaju stupiti u kontakt sa proizvođačem tvrdog metala i sagledati sve uticajne faktore konkretne radne sredine i treba sprovesti praktične opite - funkcionalno utvrditi optimalnu vrstu materijala odnosno tvrdog metala.

U mnogim slučajevima kada treba da se postigne optimalna otpornost na habanje i sve druge uticajne faktore postojeći kvaliteti tvrdog metala "Prvog partizana" mogu biti nezamenljivi i imati izrazitu prednost u odnosu na druge materijale što potvrđuju rezultati koje pokazuju na nivou uvoznih habajućih delova u procesu dobijanja polietilena niske gustine u RO Petrohemija - Hemijske industrije iz Pančeva.

Zahtevi u odnosu na tehnologiju proizvodnje

Habajući delovi treba da poseduju dobru kombinaciju osobina tj. visoku otpornost na habanje i dobra fizičko-mehanička svojstva što u osnovi opredeljuje pravilan izbor vrste materijala koji opredeljuje tehnologiju njegove proizvodnje i vrstu postupka obrade u daljoj proizvodnji tih delova. Odgovarajući kvaliteti tvrdog metala upravo imaju dobru kombinaciju osobina koje zahtevaju habajući delovi.

- Kod proizvodnje kvaliteta tvrdog metala za najodgovornije habajuće delove (razni tipovi klipova, čaura i sl.) neophodno je primeniti postupak toplog izostatičkog presovanja (HIP-postupak) radi postizanja izuzetno male poroznosti i poboljšanja fizičko-mehaničkih osobina tvrdog metala.
- Predhodna i završna obrada habajućih delova od tvrdog metala po pravilu se vrši postupcima skidanja strugotine (opiljka)dijamantskim alatima i sredstvima i na stabilnim i tačnim mašinama (stabilan sistem mašina,alat, radni predmet).
- Najodgovorniji habajući delovi zahtevaju specijalizovane mašine i posebne uslove rada. To su razni tipovi klipova za kompresore visokog pritiska, klipne pumpe i slično. U takvim slučajevima neophodan je i poseban merni sistem za neophodna merenja i praćenje postupka mašinske obrade.

Tokom niza godina "Prvi partizan", iz Titovog Užica,je razvio tehnologiju uključujući i postupak izostatičkog presovanja (HIP-postupak) i proizvodi kvalitete tvrdog metala i habajuće delove koji u pogledu kvaliteta mogu da zadovoljavaju dobar deo zahteva u regulisanju domaćih procesnih tehnologija što čini tehnološku osnovu za razvoj kvantiteta tih delova,kao i novih kvaliteta tvrdog metala još bolje kombinacije osobina za postizanje maksimalnih ekonomskih efekata i u izrazitim korozionim sredinama.

Uslovi eksploatacije i održavanja

Pravilna eksploatacija habajućih delova se ostvaruje:

- Pravilnim postavljanjem i podešavanjem delova, efikasnim odgovarajućim podmazivanjem u toku rada (gde je to izvodljivo), pravilnom primenom propisanih režima procesa,pažljivim praćenjem procesa i ponašanja tih delova radi blagovremene zamene (pre loma) ili popravke (dorade) delova koji su za to konstruktivno predviđeni.

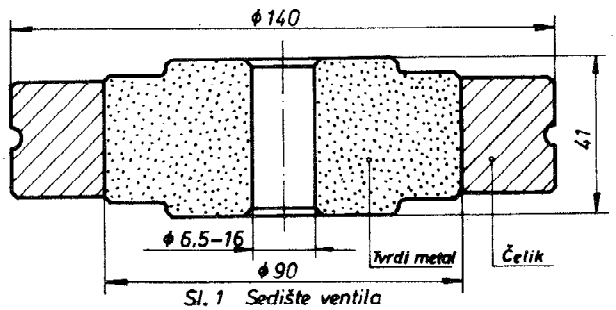
Pravilno održavanje habajućih delova u toku eksploatacije sastoji se u:

- Pravovremenom prekidu rada radi potpune zamene ili njihove popravke. Zatim pravilnom izboru postupka popravke (mašinske obrade) i uslova u kojima se izvodi. Pri tom znatan uticaj na kvalitet popravke imaju krutost i tačnost mašine kao i drugi uslovi u kojima se izvodi, što sveukupno treba da odgovara uslovima u kojima se i proizvode. Kod prekomernog habanja povećavaju se troškovi popravki i smanjuje ukupan broj mogućih popravki i radni vek delova, povećava se rizik od loma i oštećenja drugih delova u sklopu ili gubitka u nekim slučajevima veoma skupog habajućeg dela predvidjenog za popravke.

Svi napred istaknuti zahtevi u odnosu na konstrukciju i tehnologiju proizvodnje, uslove eksploatacije i održavanja, treba da budu ispunjeni da bi se obezbedilo normalno habanje i optimalan radni vek habajućih delova.

PROGRAM ISTRAŽIVANJA ZA PROIZVODNJU HABAJUĆIH DELOVA OD TVRDOG METALA

Problemi u snabdevanju i stroga zavisnost, pre svega procesa dobijanja polietilena niske gusitine, od uvoznih habajućih delova od tvrdog metala uočeni su u RO Petrohemija Hemijske industrije "HIP" iz Pančeva. Da bi se poboljšalo stanje u snabdevanju, eleminisala zavisnost tog procesa od uvoznih habajućih delova (iz visoko-razvijenih zemalja) i obezbedilo snabdevanje domaćim habajućim delovima, pre nekoliko godina, "Prvi partizan" i RO Petrohemija iz Pančeva, u saradnji, pristupaju osvajanju tih delova. Počelo se sa osvajanjem sedišta ventila od tvrdog metala (sl.1) koja "Prvi partizan" već nekoliko godina uspešno proizvodi.



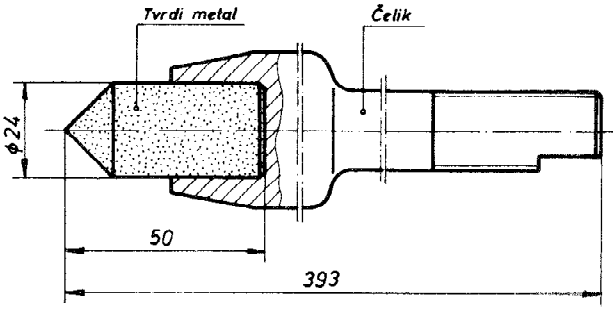
Sl. 1 Sedište ventila

Višegodišnje iskustvo "Prvog partizana" stečeno u proizvodnji i primeni tvrdog metala u alatima za potrebe metalo-prerađivačke industrije i habajućih delova od tvrdog metala pre svega za potrebe Energoinvestove fabrike, iz Zvornika, za proces proizvodnje glinice, (puštena u probnu proizvodnju sa habajućim delovima od tvrdog metala "Prvog partizana" i skoro lo godina se uspešno proizvode) kao i iskustvo RO Petrohemija u zahtevima eksploatacije tih delova brzo je pokazalo dobre rezultate. Funkcionalna provera tih delova pokazuje rezultate na nivou rezultata uvoznih sedišta od tvrdog metala.

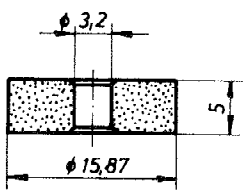
U međuvremenu i "INA" iz Zagreba uvodi istu tehnologiju u okviru RO Petrohemija Rijeka i uočava iste probleme.

Nakon početnih rezultata pristupa se sistematskom istraživanju domaćih potreba i osvajanju proizvodnje i popravke i ostalih habajućih delova od tvrdog metala. Sačinjen je i zajednički program saradnje (između "Prvog partizana" iz Titovog Užica, RO Petrohemija "HIP" - Pančevo i "INA" - RO Petrohemija - Rijeka). Programom istraživanja planirane su aktivnosti u okviru tri faze i u osnovi obuhvataju:

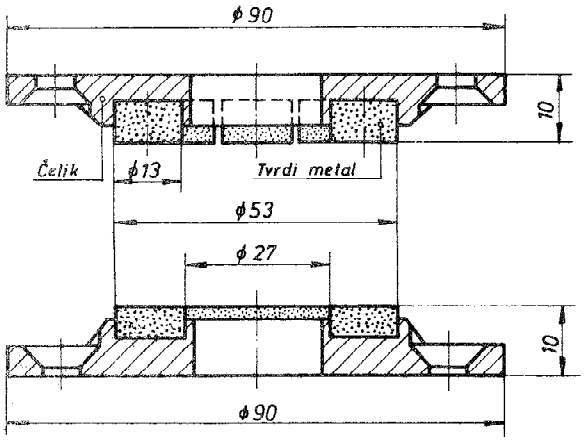
a) Prva faza obuhvata osvajanje proizvodnje i eventualne popravke manje složenih habajućih delova (komponente za ventile, frikcione ploče - granulatorski noževi, stacionarni prstenovi i sl.) prikazanih na (sl. 1 i sl.2.).



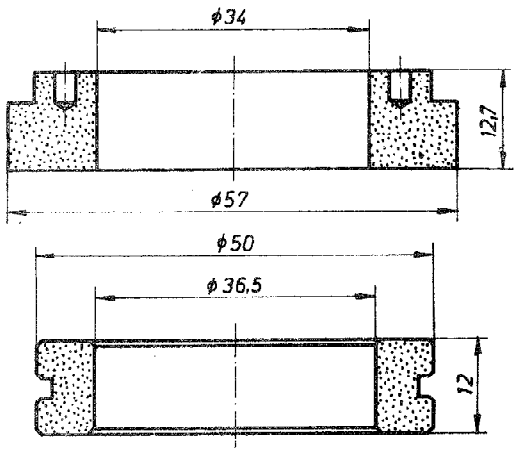
Vreteno ispusnog ventila



Pločica nepovratnog ventila



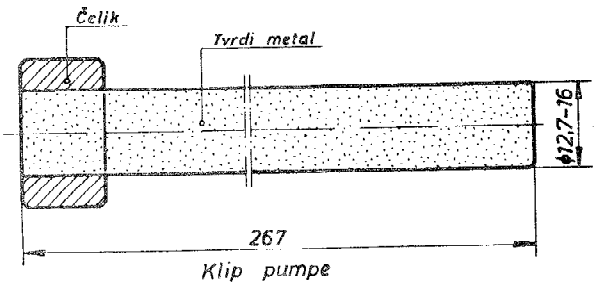
Frikcione ploče
(granulatorski noževi)



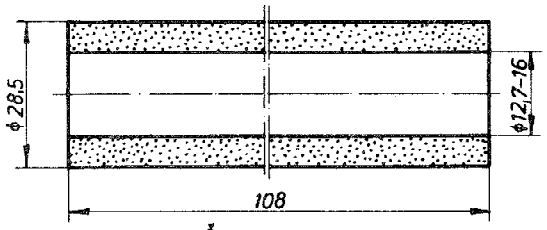
Stacionarni prstenovi
Sl. 2

Pokazni habajući delovi su proizvedeni a neki su još uvek u funkcionalnoj proveri gde se očekuju zadovoljavajući rezultati.

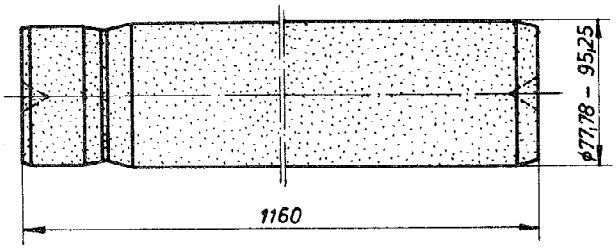
b) Druga faza obuhvata osvajanje proizvodnje složenih hbajućih delova (kompletnih klipova i čaura od tvrdog metala za pumpe /sl.3/, granulatorskih ploča, nosećeg ležaja u reaktoru i sl.). kao i popravku klipova od tvrdog metala za kompresore visokog pritiska (do 3ooo bara) prikazanih na (sl.4).



Klip pumpe



Čaura pumpe
Sl. 3



Sl. 4 Klip kompresora

Prema programu istraživanja ove faze izvršene su sve planirane aktivnosti vezano za obezbeđenje neophodnih , dodatnih, specijalizovanih uslova kroz:

- Izbor postupka mašinske obrade i radnog alata.
- Izbor proizvođača mašina za konstrukciju i izradu domaće specijalizovane mašine (LŽT - Kikinda).
- Definisanje mernog sistema za uspešnu defektažu, merenje i praćanje postupka mašinske obrade, završnu kontrolu i izdavanje atesta o stanju klipa pre početka i na završetku obrade (popravke).
- Obezbeđenje radne prostorije sa potrebnim radnim uslovima.

Uvođenje ove faze istraživanja vrši se na osnovu zajedničkog ulaganja sredstava i rada između proizvođača i korisnika habajućih delova.

c) Treća faza predviđa istraživanje potreba i stranog tržišta i mogućnost plasmana osvojenih habajućih delova, u okviru prve i druge faze, usluga popravke klipova za kompresore kao i njihovu eventualno kompletnu proizvodnju kada se pokaže ekonomski opravdanim.

Značaj istraživanja

Koncepcija programa istraživanja je jednostavna i čisto praktična. Osnovna karakteristika mu je što obezbeđuje postepeno i sistematsko ostvarivanje krajnjeg cilja.

Planirane faze aktivnosti proizilaze jedna iz druge.Pojedinačno su zaokružene i čine tehničko-tehnološku pa i ekonomsku osnovu za uvođenje sledeće faze. Time je izbegnut tehničko-tehnološki i ekonomski rizik programa.

Uvođenje druge faze programa istraživanja obezbeđuje uslove za istraživanje, kroz redovnu proizvodnju klipova i čaura za pumpe i popravku klipova za kompresore, između ostalog optimalne granice složenih zahteva u pogledu tačnosti mera, oblika i kvaliteta obrade radnih površina koji utiču na radni vek habajućih delova, jer praksa pokazuje da pravilno odabranu vrstu materijala treba da prati postojana završna obrada visokog kvaliteta i izuzetno mala poroznost, produžavajući tako radni vek sklopa.

Saopštenje, po svojoj sadržini proizilazi i prati dosadašnji tok programa istraživanja i na određen način sastavni je njegov deo. Iz tih razloga i ne sadrži podatke detalja kojima ova problematika u svakom slučaju obiluje što ne znači da ih nemože biti u eventualnom naknadnom saopštenju kada budu, koliko to praksa traži, istraženi i potvrđeni.

LITERATURA

/1/ Grupa autora (istraživački tim), Program istraživanja i proizvodnje habajućih delova od tvrdog metala za regulisanje procesa dobijanja polietilena niske gustine. SOUR "Prvi partizan", Titovo Užice 1984.

/2/ Prospekti i interni materijali SOUR "Prvi partizan", Titovo Užice.

/3/ Prospekt: Železarna Ravne, br. 1126/79, Ravne na Koroskem.

/4/ Prospekti firmi: SANDVIK, CARL MAHR, FEINPRÜF, ...

/5/ Grupa autora, Metode i alati za probijanje i prosecanje. Priručnik SAB. br. 1, Savez alaznićara Beograd, Beograd 1978.

T.Šalipur

EXPERIENCES IN THE APPLICATION OF DOMESTIC TC ELEMENTS TO THE CONTROL OF THE PROCESS OF LOW-DENSITY POLYETHYLENE PRODUCTION

Abstract

The paper reviews essential requirements and problems accompanying the control in process technology, to which the process of low-density polyethylene production also belongs.The stress is on orientational criterions for choosing the material, manufacturing technology, and the conditions of operation and maintenance of the tribo-parts used as the control system elements. The experiences gained in the production of domestic TC tribo-parts are presented along with those gained in the use of such parts in a company producing low-density polyethylene.This development is the result of a systematic research of problems accompanyng control in the process industries.

XIX SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE

Kragujevac, septembar 1985.

ZAOSTALE NAPETOSTI V POVRŠINSKIH SLOJIH KOT POSLEDICA OBDELOVALNIH POSTOPKOV

P. Leskovar, Fakultet za strojništvo, Ljubljana
D. Ferlan, Fakultet za strojništvo, Ljubljana
M. Kovač, Fakultet za strojništvo, Ljubljana
P. Žerovnik, Fakultet za strojništvo, Ljubljana

R E Z I M E

Skoraj vsi obdelovalni postopki, s katerimi generiramo novo obliko ali kvaliteto površine izdelka, povzročajo v površinskih slojih zaostale napetosti. Le-tepa lahko bistveno spremenijo funkcionalne lastnosti izdelka in s tem tudi njegovo obratovalno dobo. Zaradi tega je poznavanje vpliva obdelovalnih postopkov na velikost in porazdelitev zaostalih napetosti v površinskih slojih zelo pomembno.
Članek zajema kratke povzetke raziskav zaostalih napetosti pri treh obdelovalnih tehnologijah.

1. UVOD

Raziskave zaostalih napetosti predstavljajo pomemben element pri določanju integritete površine, posebno pri močno obremenjenih strojnih delih. Znano je namreč, da se zaostale napetosti, ki so običajno največje v površinskih slojih, neposredno seštevajo z napetostmi, ki so posledica zunanjih obremenitev. Tudi te vrste napetosti so pogosto kritične ravno na površini. Zaradi tega so se raziskave zaostalih napetosti uveljavile ravno pri izdelavi najzahtevnejših, dinamično obremenjenih delov. Obenem z zasledovanjem zaostalih napetosti, pa so se raziskave zaostalih napetosti uveljavile tudi kot kriterij za ocenjevanje proizvodne tehnologije. Pri iskanju tehnoloških rešitev se srečujemo ves čas z ekonomskimi pogoji in z zahtevami glede na kvaliteto izdelka. Pri tem lahko ocenjujemo kvaliteto izdelka na več različnih načinov (merjenje hrapavosti, tornega koeficienta, zaostalih napetosti, trajnodinamične trdnosti ipd.). Lastnosti, po katerih ocenujemo kvaliteto določenega izdelka, razvrstimo pogosto v vzroke in posledice. Tako sta na primer hrapavost površine in zaostale napetosti vzročni lastnosti, saj poleg ostalih činiteljev pogojujeta trajnodinamično trdnost.

Trdimo lahko, da lahko popišemo s proučevanjem vzročnih lastnosti bolje kvaliteto proizvodne tehnologije, saj te lastnosti odločajo o vedenju materiala pri uporabi - torej o njegovi trajnodinamični trdnosti, korozijski obstojnosti, obrabni obstojnosti ipd.

Med najpomembnejše vzročne lastnosti sodijo zaostale napetosti. Kljub temu jih v popisih lastnosti izdelkov ali kvalitete proizvodnih tehnologij srečamo še vedno razmeroma redko. Razlog za to je verjetno v tem, da jih je določati zelo težko.

Pravkar povedano je tudi razlog, da se razvijajo in izpopolnjujejo postopki zasledovanja zaostalih napetosti. Vkljub temu pa že nekaj let prevladujeta dva načina ugotavljanja zaostalih napetosti. Po enem merimo zaostale napetosti z merjenjem deformacij preizkušancev pri odvzemu plasti z zaostalimi napetostmi. Po drugem pa merimo na osnovi difrakcije rentgenskih žarkov medatomske razdalje in na osnovi le teh računamo zaostale napetosti. Oba načina imata določene prednosti in slabosti, vendar je prvi pri merjenju na večjih ploskvah nekoliko hitrejši. V vseh primerih, ki jih prinaša članek smo zasledovali zaostale napetosti na osnovi deformacij in elektrokemičnega odvzemanja.

Članek zajema povzetke treh raziskav, pri katerih smo na osnovi meritev zaostalih napetosti v izdelkih ocenjevali kvaliteto proizvodne tehnologije. V prvem prispevku smo iskali, najugodnejši režim induktivnega segrevanja pri površinskem kaljenju poboljšanega jekla.

Drug prispevek obravnava tehnologijo obdelave vlečenih palic iz vzmetnega jekla, v tretjem pa opisujemo vpliv različnih brusnih sredstev na zaostale napetosti pri izdelavi industrijskih nožev iz orodnega jekla.

2. VPLIV INDUKTIVNEGA SEGREVANJA NA ZAOSTALE NAPETOSTI V PREHODNI CONI

Raziskavo smo opravili na ležajih gredi iz krom-molibdenovega jekla za poboljšanje Č.4782 (proizvajalec Ravne na Koroškem). Jeklo Č.4782 uporabljamo v poboljšanem stanju za statično in dinamično obremenjene dele večjih prerezov, kakor so motorne gredi ipd. Tečaji so imeli premer med 50 in 100 mm. Predhodna obdelava preizkušancev je bila naslednja:

- kovanje
- kaljenje ($850^{o}C$)
- popuščanje ($640^{o}C$) } poboljšanje na 800 ÷ 950 N/mm^2
- ravnanje gredi
- popuščanje napetosti ($500^{o}C$, 5 ur)
- struženje
- grobo brušenje

Trdota poboljšanega materiala je bila na površini 23 ± 3 HRc. Preizkušanci so imeli v površinskem sloju debeline 0,05 mm zaostale napetosti + 200 N/mm^2. Glede na to, da je debelina sloja majhna, te napetosti na kasnejše stanje ne vplivajo, saj jih pri induktivnem segrevanju ($850^{o}C$ na globini > 1 mm) popustimo.

Del preizkušancev (od št.1 do št. 5) smo kalili v proizvodnih pogojih, drugi del (od št.10 do št. 13) pa v laboratorijskih pogojih.

Prvi del preizkušancev (Ø 82 mm) smo kalili na stroju za induktivno kaljenje AEG - ELO z imensko močjo 150 kW in frekvenco 10 kHz. Induktor je pokrival celo širino preizkušanca, ki je med segrevanjem rotiral. Gašenje oziroma hitro ohlajanje smo opravili s potapljanjem v 5 %-tno mešanico Aqua trempe 251 z vodo temperature $38^{o}C$.

Parametri induktivnega segrevanja za prvi del preizkušancev so bili naslednji:

preizkušanec	1, 2	3	4, 5
moč /kW/	160	135	95
čas /sek/	12	14	23

Pri induktivnem kaljenju smo jih popuščali pri temperaturi $190^{o}C$. Trdota na površini preizkušancev je znašala po popuščanju od 52 do 55 HRc.

Drugi del preizkušancev (Ø 53 mm) smo kalili na stroju za induktivno kaljenje IEVT Ljubljana z imensko močjo 150 kW. Kalili smo z induktivno zanko brez pomika, preizkušanec je med segrevanjem in gašenjem rotiral. Gasili smo z brizganjem vode temperature $18^{o}C$. Priprava preizkušancev pred kaljenjem je bila enaka kakor pri prvi seriji preizkusov. Parametri induktivnega segrevanja so bili naslednji:

preizkušanec	10	11	12	13
moč /kW/	65,5	40,5	32,3	26,25
čas /sek/	8,5	9	16	20

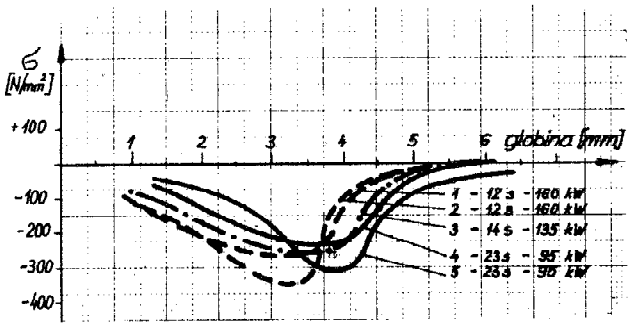
Po induktivnem kaljenju smo preizkušance popuščali 120 minut na temperaturi $210^{o}C$.

Trdota na površini preizkušancev je znašala po popuščanju od 54,6 do 56,6 HRc.

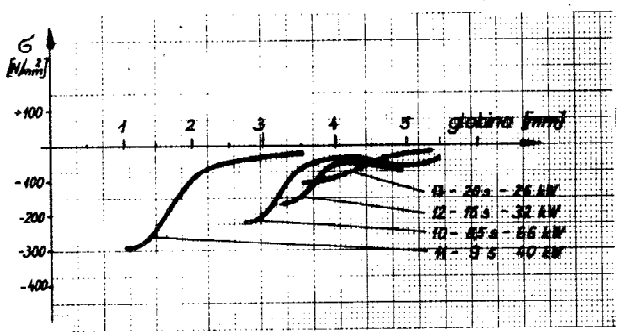
Na vseh preizkušancih smo opravili tudi metalografsko analizo, izmerili debelino zakaljenega sloja, trdoto v odvisnosti od globine zakaljenega sloja in izmerili zaostale napetosti. Pri vseh preizkušancih smo ugotovili v zakaljenem sloju tlačne zaostale napetosti. V prehodni coni le te preidejo proti vrednosti nič. Debeline slojev s tlačnimi napetostmi se ujemajo z debelinami zakaljenih slojev, ki smo jih ugotovili na osnovi meritev trdote in strukturnih sprememb.

Tlačne napetosti v zakaljenem sloju so posledica različnih temperatur v posameznih slojih in strukturnih sprememb. Temperaturna raztezanja in različni specifični volumni posameznih struktur povzročajo volumske spremembe med sloji, le te pa v končni posledici napetosti. Napetosti se pojavljajo že pri segrevanju, še izraziteje pa pri ohlajanju. Poseben problem je induktivno površinsko kaljenje, kjer se toplota generira v površinskem sloju in ne le prevaja od zunanje površine v notranjost. Razmerje med generirano toploto sloja in toploto, ki prodira v notranjost obdelovanca, je odvisno od intenzivnosti segrevanja. Tako lahko v načelu delamo z veliko specifično močjo in kratkim časom, ter dosežemo kalilne temperature tudi v globjih slojih na račun generirane toplote. Zaradi tega so prehodi v neogret material ostri, produktivnost pa zaradi kratkih časov visoka. Z daljšim

časom in manjšo specifično močjo na induktorju dosežemo pri enaki debelini zakaljenega sloja blažje prehode. Diagrama na slikah 1 in 2 osvetljujeta problem še s strani zaostalih napetosti v prehodni coni.



Sl. 1: Zaostale napetosti v prehodni coni površinsko kaljenega tečaja motorne gredi



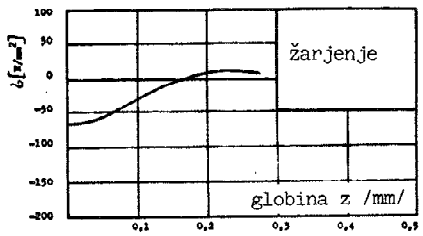
Sl. 2: Zaostale napetosti v prehodni coni; kaljeno s troovojno zanko brez pomika

Na sliki 1 so prikazani rezultati meritev prvih petih preizkušancev, ki smo jih obdelali v proizvodnih pogojih. Globina zakaljene cone niha med 3,8 in 4,2 mm, zaostale napetosti pa med -250 in -350 N/m^2. Največje so tik pred prehodno cono. Zmanjševanje napetosti v prehodni coni je odvisno od razmerja čas/moč pri segrevanju. Pri daljših časih segrevanja smo dobili torej manjše napetosti in blažje prehode, pri krajših časih in veliki moči pa večje napetosti ob ostrejših prehodih.

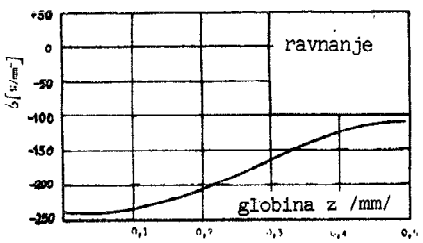
Podobno sliko kaže tudi zbirni diagram druge serije preizkusov (slika 2). Ker smo moč in čas bolj spreminjali, so tudi globine zakaljenega sloja bolj neenakomerne. Tako smo pri preizkušancu št.11 preveč zmanjšali moč in dobili kaljeno strukturo le do globine 2 mm, drugod pa med 3 in 3,5 mm. Kljub temu pa kažejo rezultati raziskav povezano odvisnost, ki je podobna tisti iz prve serije preizkusov.

3. ZAOSTALE NAPETOSTI V VLEČNIH PALICAH

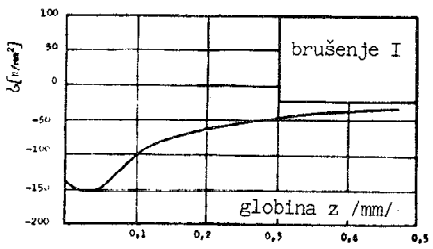
V drugem delu obravnavamo raziskave zaostalih napetosti pri vlečnih okroglih palicah za izdelavo vijačnih vzmeti. Palice so izdelane iz jekla Č.4830 (Železarna Štore). V raziskavah smo zajeli zaostale napetosti po zadnjih štirih proizvodnih operacijah. To so: žarjenje, ravnanje, brušenje I., brušenje II. namen raziskave je bil preveriti uporabljeno tehnologijo in posledice le te na površino in sloje neposredno pod njo. Material je imel mejo plastičnosti σ_T = 1200 N/mm^2. Meritve smo izvedli na treh palicah. Od teh sta bili dve valjani z zadovoljivo natančnostjo, tretja pa je bila močno ovalna. Po vsaki delovni operaciji smo odrezali del palice za meritve zaostalih napetosti, ostanek pa smo obdelovali dalje. Na odrezanih delih smo izvedli po tri meritve napetosti. Zaostale napetosti smo merili po deformacijski metodi /2/. Rezultatè meritev podajamo v diagramih na slikah 3 do 6.



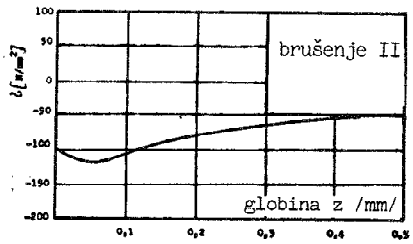
Sl. 3: Zaostale napetosti po žarjenju



Sl. 4: Zaostale napetosti po ravnanju



Sl. 5: Zaostale napetosti po grobem brušenju



Sl. 6: Zaostale napetosti po finem brušenju

Iz analize rezultatov raziskav zaostalih napetosti po posameznih operacijah lahko ugotovimo naslednje:

Po žarjenju so v površinskem sloju do debeline 1,15 mm zanemarljivo majhne zaostale napetosti. V večjih globinah jih sploh ni. Z ravnanjem stanje bistveno spremenimo, saj pri tej delovni operaciji obremenjujemo material tudi preko meje plastičnosti. Operacija je po dolžini palice neenakomerna, prav tako rezultati meritev. Upoštevajoč najslabše rezultate ugotavljamo, da so po ravnanju zaostale napetosti tlačne in znašajo na površini do -250 N/mm^2. Z globino enakomerno padajo in dosežejo v globini 0,4 mm (kjer bo končna površina) le še okrog -100 N/mm^2. Tako grobo kot fino brušenje to stanje le malo spremenita. Pri obeh operacijah skupaj odvzamemo okrog 0,4 mm vrhnjega sloja. Z brušenjem vnesemo še nekaj dodatnih zaostalih napetosti (z grobim brušenjem več, s finim manj), vendar le v površinskem sloju do debeline 0,1 mm. Napetosti v globjih slojih so še vedno posledica ravnanja. Na osnovi analize meritev zaostalih napetosti po posameznih delovnih operacijah lahko sklenemo, da so tlačne zaostale napetosti velikosti do -120 N/mm^2 dovolj majhne. Ob tako izbrani tehnologiji, ko imamo po vseh operacijah v površinskem sloju tlačne zaostale napetosti je pojav in širjenje mikrorazpok otežkočen. Očitno je, da bi se dalo pri posameznih operacijah uporabiti tudi ostrejše proizvodne pogoje.

4. VPLIV RAZLIČNIH BRUSNIH SREDSTEV NA VELIKOST IN PORAZDELITEV ZAOSTALIH NAPETOSTI

V tretjem delu članka podajamo vpliv različnih brusnih sredstev na integriteto površin jekla Č.4850 (Železarna Ravne). To je visoko legirano orodno jeklo, ki ga uporabljamo za izdelavo industrijskih nožev. Jeklo Č.4850 ima veliko odpornost proti obrabi, dobro tlačno trdnost in zadovoljivo žilavost. Plošča dimenzije 300x100x13 mm je bila pred brušenjem kaljena iz temperature 1020°C v olju. Preizkušanci, ki so bili izrezani iz plošče z elektroerozijo, so bili brušeni s tremi različnimi brusnimi sredstvi in sicer:

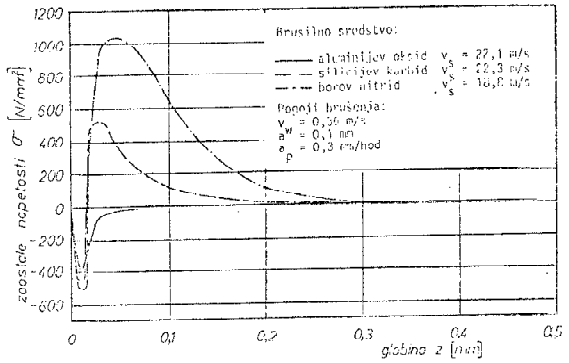
a) Aluminijev oksid - korund
   Pri brušenju smo uporabili plemeniti korund z oznako brusa 2B46/IH8/6V40

b) Silicijev karbid : karborund
   Za silicijev karbid je značilno večja trdota in manjša temperaturna obstojnost, če ga primerjamo z aluminijevim oksidom. Oznaka brusa je bila C54/IJ6V60 in

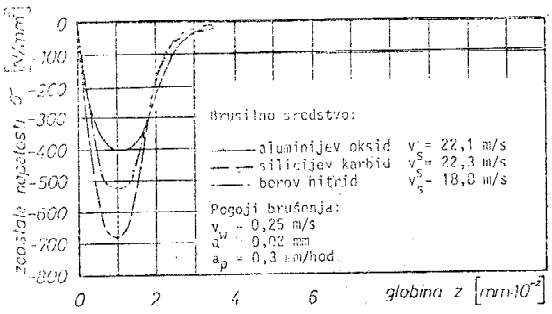
c) Borov nitrid - borazon
   Borov nitrid sodi med novejše brusne materiale. Je kemijska spojina bora in dušika. Njegova trdota je večja od trdote prvih dveh. Oznaka brusa, s katerim smo brusili je 1 AL-250-15-2. Brušenje vseh preizkušancev smo izvedli na stroju KIKINDA UBR za plano brušenje in izbrali dvoje različnih brusnih parametrov.

Blagi pogoji brušenja	Grobi pogoji brušenja
a = 0,02 mm	a = 0,1 mm
ap = 0,3 mm/hod	ap = 0,3 mm/hod
v_w = 0,25 m/s	v_w = 0,36 m/s

Razalne hitrosti posameznih brusov so bile zaradi različnih premerov brusov med 18,8 m/s (borov nitrid) in 22,3 m/s (silicijev karbid). Povprečne napetosti po brušenju z grobimi pogoji brušenja prikazuje slika 7, z blagimi pogoji pa slika 8.



Sl. 7: Zaostale napetosti po grobem brušenju



Sl. 8: Zaostale napetosti po brušenju z blagimi pogoji

Analiza diagramov na slikah 7 in 8 kaže, da ostanejo po grobem brušenju v površinskem sloju debeline 0,01 mm maksimalne tlačne zaostale napetosti med -400 in -500 N/mm^2 pri vseh treh brusnih sredstvih. Pri brušenju z aluminijevim oksidom nato z globino izginejo pri brušenju s silicijevim karbidom in borovim nitridom pa jim sledi sloj z nateznimi napetostmi. Največje so pri brušenju z borovim nitridom (1040 N/mm^2) in segajo do globine 0,2 mm.
Brušenje z blagimi pogoji daje povsem drugačno sliko. Napetosti v površinskem sloju debeline 0,02 mm so tlačne in znašajo od -400 N/mm^2 (aluminijev oksid) do -700 N/mm^2 (silicijev karbid).
Iz prikazanih rezultatov lahko zaključimo, da je za grobo brušenje najprimernejši material aluminijev oksid, za fino brušenje pa aluminijev oksid ali borov nitrid.

LITERATURA:

/1/ P.Leskovar, D.Ferlan: Integriteta površin na kolenčastih gredeh II. del, 105 - 83/121/, Fakulteta za strojništvo v Ljubljani, december 1983

/2/ P.Leskovar, M.Kovač: Surface Integrity of Cylinder of Rolling Mills related to Turning and Grinding, Proceeding of the 5th International Conference

/3/ P.Leskovar, D.Ferlan: Integriteta površine jekla za poboljšanje Č.4782 po struženju, Zbornik radova XVII. Savjetovanje proizvodnog mašinstva Jugoslavije, Titograd 1983.

P.Leskovar, D.Ferlan, M.Kovač, P.Žerovnik

THE REMAINING STRESSES IN SURFACE LAYERS AS THE CONSEQUENCE OF MANUFACTURING PROCESSES

Abstract

Almost all manufacturing processes by means of which new shapes are generated, or surface finish is changed, give rise to remaining stresses in the surface layers.These stresses may significantly change functional properties of the product, and thus adversely affect service life.Because of this it is very important to know the effects of the manufacturing processes on the magnitude and distribution of the remaining stresses in the surface layers.The paper presents short summaries of the investigations of the remaining stresses in three manufacturing technologies.

F. OPŠTA PROBLEMATIKA INDUSTRIJSKIH SISTEMA

XIX SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE
Kragujevac, septembar 1985.

STOHASTIČKO MODELIRANJE LJUDSKE POUZDANOSTI U SISTEMU ČOVJEK-STROJ

A. Čorkalo, Filozofski fakultet, Zadar

Rezime

Pouzdan rad sistema (stroj, postrpjenje) pod jakim je utjecajem ljudskog faktora. Kako imamo malo podataka o pouzdanosti čovjeka, a nemamo ni djelotvornog načina za procjenjivanje sistema čovjek - stroj, zbog složenosti čovjeka, ovim se radom daje teortski pregled stohastičkog modeliranja kao jednog od osnova tehnike modeliranja ljudske pouzdanosti u sistemu čovjek - stroj.

1. UVOD

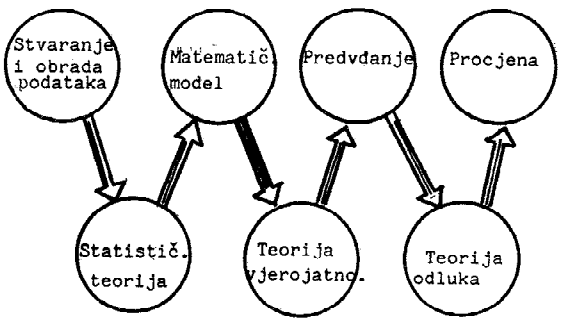
Sistem čovjek - stroj definira se kao funkcionalna sinteza izmedu biološkog, društvenog sistema (čovjek ili grupa ljudi) i tehnološkog sistema (stroj) koju prvenstveno karakterizira medusobno djelovanje i njihova medusobna zavisnost. Sve vrste tehnološkog sistema bez obzira na stupanj njihove složenosti mogu biti dio sistema čovjek - stroj (industrijska postrojenja, razna vozila i monipulatori, proteze, kompjuteri i informacijski sistemi).

Međusobni utjecaj čovjeka i stroja predmet je formalnog istraživanja gotovo 50 godina. Najranija istraživanja bila su usmjerena na okoliš koji utječe na sigurnost, pouzdanost čovjeka kao operatora u izvršavanju njegova posla. Kasnije se počelo izučavati projektiranje opreme sa svrhom da se definiraju moguća ograničenja i poboljšanja operativnih sposobnosti (perfomnci). U zadnje vrijeme od sve većeg znaćaja jest utjecaj automatizacije, te čovjek kao operator postaje sve više kontrolor i nadzornik automatiziranih sistema.

2. POUZDANOST ČOVJEKA U SISTEMU ČOVJEK-STROJ

Proces stohastičkog modeliranja spada u osnvu tehnike modeliranja ljudske pouzdanosti. Sastoji se od stvaranja i obrade podataka, formulacije matematičkog modela za ptedvidanje pouzdanosti čovjeka i procjene rezultata.

Slika 1. (2).



Slika1. Shema stohstičkog modeliranja.

Iz sheme procesa stohastičkog modeliranja vidimo da iza područja stvaranja i obrade podataka proces modeliranja prelazi u područje formulacije modela statističke teorije. Sušti-na formulacije matematičkog modela leži u definiranju funkcija asociranoh slučajnoj varjabli. Izdvojimo li tu funkciju, proces modeliranja prelazi u područje predvidanja pouzdanosti pomoću teorije vjerojatnosti, te konačno proces modeliranja prelazi u područje odredivanja valanosti rezultata pomoću teorije odluke.

Funkcija pouzdanosti čovjeka promatrano za diskretne zadatke definira se :

$$R_h = P[\text{(izvršavanje zadatka bez greške)}] \quad (1)$$

a za kontinuirane zadatke funkcija pouzdanosti čovjeka bila bi:

$$R_h = P\left[\text{izvršavanje zadatka bez pogreške u } (t_o,t) \text{ intervalu/stres}\right] \quad (2)$$

U ovim definicijama stres uključuje sveukupnost faktora kao što su psihički, fiziološki i faktor okoline koji imaju odraza na ljudsku pouzdanost.

U izrazu (1) slučajna varijabla X prepostavljeno je da uzima konačan broj vrijednosti, i tada je X po definicij diskretno slučajna varijabla kojoj je pridružen broj:

$$p(x_i) = P\left\{X = x_i\right\} \quad (3)$$

a nativase vjerojatnost od x_i.
Funkcija:

$$F(x) = P\left\{X \leq x\right\} \quad (4)$$

poznata je kao komulativna funkcija, a

$$f(x) = F(x^{+}) - F(x^{-}) \quad (5)$$

kao funkcija gustoće vjerojatnosti.

Pouzdanost čovjeka možemo modelirati i računanjem razlike jedinice i intenziteta kvara. Ako pretpostavimo da se radi o diskretnoj pouzdanosti čovjeka, vjerojatnost pojave ljudske pogreške odredena je izrazom:

$$R_h = 1 - \frac{F(x^{+}) - F(x^{-})}{1 - F(x^{-})} \quad (6)$$

Ako je :

N - ukupan broj nezavisnih pokušaja,

X - broj ljudskih pogrešaka, koje se javljaju s vjerojatnošću p u N pokušaja ,

tada se na osnovu binomne raspodjele može izvesti model koji glasi:

$$R_h = P\left\{X=k\right\} = \binom{N}{k} p^{k} (1-p)^{N-k} \quad (7)$$

gdje je:

k=0 po definiciji.

Analogno vrijedi modeliranje pouzdanosti čovjeka na osnovi Poisson-ove raspodjele. Možemo model izvesti iz izraza (7), ako se pretpostavi da je p- vrlo malo, a N - vrlo veliko, tako da vrijedi $N p = \mu$. Ako je N za konačno k, Poisson-ov model funkcije pouzdanosti glasi:

$$R_h = P\left\{X=k\right\} = \frac{\mu^{k} e^{\mu}}{k!} \quad (8)$$

gdje je:

k = 0 po definiciji.

Promatramo li kontinuitani vremenski period, vjerojatnost pojave ljudske pogreške u danom vremenskom periodu odredena je izrazom:

$$P(E_2/E_1) = e(t)\,\delta t \quad (9)$$

gdje je :

$e(t)$ - intenzitet ljudske pogreške u vremenu (t),

E_1 - događaj ispravnog operativnog rada u vremenu (t),

E_2 - događaj ljudske pogreške u intervalu (t, t+ t).

Vjerojatnost ispravnog operativnog rada može se izraziti sa:

$$P(\bar{E}_2/E_1)\,p(E_1) = P(E_1) - P(E_2/E_1)p(E_1) \quad (10)$$

gdje je:

$\bar{E}_2$ - označava događaj nepostojanja greške u intervalu (t,t+ t).

Izraz (10) možemo napisati u obliku:

$$R_h(t) - R_h(t)P(E_2/E_1) = R_h(t+\delta t) \quad (11)$$

gdje je:

R_h - pouzdanost čovjeka.

Izraz (10) pretpostavlja vjerojatnost ispravnog rada u intervalu (0,t) i (t,t+ t). Zamjenimo li (9) i (11), dobije se:

$$\frac{R_h(t+\delta t) - R_h(t)}{\delta t} = -e(t)\, R_h(t)$$

Izvršimo li primjenu limesa

$$\lim \frac{R_h(t+\delta t) - R_h(t)}{t} = \frac{dR_h(t)}{dt}$$

slijedi

$$\frac{dR_h(t)}{dt} = e(t)\, R_h(t)$$

Dalje imamo

$$e(t) = -\frac{1}{R_h(t)} \cdot \frac{dR_h(t)}{dt}$$

Integriranjem obiju strana slijedi:

$$\int_0^t e(t)dt = -\int_0^t \frac{1}{R_h(t)}\, dR_h(t)$$

Ako je:

$$\ln R_h(t) = -\int_0^t e(t)dt$$

slijedi

$$e^{\ln R_h(t)} = e^{-\int_0^t e(t)dt}$$

odnosno rješenje diferencijalne jednadžbe glasi:

$$R_h(t) = e^{-\int_0^t e(t)\, dt} \qquad (12)$$

Izraz (12) pretstavlja opći izraz za računanje pouzdanosti u kontinuiranom vremenskom području.

Efektivnost ljudskih sposobnosti (perfomansi) ovisi i o mogućnosti ispravljanja pogrešaka $C_h(t)$. Funkcija korektibilnosti bavi se korekcijom pogrešala koje napravi čovjek. Definira se kao vjerojatnost da će pogreška biti ispravljena u vremenu (t) uzimajući u obzir uvjete osobnog stresa i okoline. Funkcija korektibilnosti može se definirati kao:

$$C_h(t) = P\left[\text{korekcija pogreške u vremenu } (t) \text{ pri danim uvjetima}\right]$$

Funkcija nekorektibilnosti definira se na način:

$$\bar{C}_h'(t) = -\frac{1}{N} N_C'(t) \qquad (13)$$

gdje je:

crtica () označava izvod s obzirom na vrijeme,

N ukupan broj korekcija izvršenih u vremenu (t),

$N_C(t)$ - broj koji se odnosi na zadatke izvršene nakon vremena (t).

Izraz (13) možemo pisati u obliku:

$$N\left\{N_C(t)\right\}^{-1} \bar{C}_h'(t) = N_C'(t)\left\{N_C(t)\right\}^{-1} \qquad (14)$$

Kako je

$$C_R(t) = N_C'(t)\left\{N_C(t)\right\}^{-1}$$

gdje je

$C_R(t)$ - intenzitet ispravljanja pogreške.

Jednadžbu (14) možemo pisati:

$$\left\{C_R(t)\right\}^{-1} \cdot \bar{C}_R'(t) + C_R(t) = 0$$

Kako je

$$\bar{C}_R'(t) = \frac{d\bar{C}_R(t)}{dt}$$

slijedi

$$\frac{1}{C_h(t)} \cdot \frac{d\bar{C}_h(t)}{dt} = -C_R(t)$$

pa je

$$\frac{1}{C_h(t)}\, d\bar{C}_h(t) = -C_R dt$$

Integriranjem dobijemo:

$$\ln \bar{C}_h(t) = -\int_0^t C_R(t)\, dt$$

pa slijedi

$$\bar{C}_h(t) = e^{-\int_0^t C_R(t)\,dt}$$

Kako je

$$C_h(t) + \bar{C}_h(t) = 1$$

dobije se

$$C_h(t) = 1 - e^{-\int_0^t C_R(t)\,dt}$$

3. UMJESTO ZAKLJUČKA

Modeliranje ljudske sposobnosti (perfomanse)naročito je napredovalo u posljednih deset godina, te možemo kazati da ulazimo u period sve veće potražnje za modelima i njihovim rezutatima. Smatra se da nije valjano postavljati pitanje da li je neki model točan ili nije već odrediti pod kojim je uvjetima dotičan model koristan i da li se njegova korisnost može poboljšati.

Literatura:

1. G. Johannsen, Man-Machine Systems- Introduction and Background. Proc.IFAC/IFIP/IFORS/IEA Conf. Analysis, Design,and Evaluation of Man-Machine Systems, Baden-Baden, Sept. 1982. Pergamon Press,Oxford.
2. G. Johannsen, Mathematical Concepts for Modeling Humah Behavior in Complex Man-Machine Systems,Human Factors, 1979,(21),733-747.
3. J.A.Adams,Issues on Human Reljability,Human Factors,Vol.24, No.1.p.1-10, Feb.1982.
4. V.Bulat: Sistem čovjek - stroj,Informator, Zagreb, 1981.
5. H.M.Parsons,Man-Machine system experiments, John Hopkins Univ. Press. 1972.

A.Čorkalo

STOCHASTIC MODELLING OF HUMAN RELIABILITY IN MAN-MACHINE SYSTEMS

Abstract

Reliable operation of systems (machines, plants) is under strong influence of the human factor. Since the data on human reliability are scarce, and there is no successful method for assessing man-machine systems, the aim of this work is to present a theoretical review of stochastic modelling, the latter being one of the fundaments of human reliability modelling in man-machine systems.

XIX SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE

Kragujevac, septembar 1985.

PROMENE U STRUKTURI RADA KAO REZULTAT NAUČNOG I TEHNIČKOG PROGRESA I ZAHTEVI KOJI SE POSTAVLJAJU NAUCI O RADU

K. Völker, Technische Universität
Drezden, DDR

R e z i m e

U radu su objašnjene razvojne tendencije i zadaci u vezi sa dostignućima naučno-tehničke revolucije, uzimajući u obzir prednosti socijalizma.

Pri tome su u prvom planu pitanja efikasnosti rada i promene u njegovoj strukturi prouzrokovane novim tehnikama, kao što su one zasnovane na mikroelektronici i robotici. Osim toga prikazani su principi rešavanja problema podele radnih aktivnosti.

1. OPŠTI PROBLEMI NAUČNE ORGANIZACIJE RADA U USLOVIMA DELIMIČNE I POTPUNE AUTOMATIZACIJE

Ubrzani razvoj i primena mikroelektronike, robotike, elektronskog upravljanja mašinama i računarske tehnike koji je u toku u DDR i čiji je cilj postizanje efikasnije organizacije proizvodnje i upravljanja, dovodi do kvalitativnih i kvantitativnih promena strukture radnih delatnosti u svim oblastima privrede.

Automatizacija se može shvatiti kao prenošenje na tehnička sredstva onih radnih psihičkih i fizičkih funkcija koje su do sada vršene od strane čoveka. Ovaj substitucijski proces je povezan sa privrednim, proizvodnim i drugim dalekosežnim implikacijama - na pr. u oblasti definisanja radnih zadataka i uslova rada.

Još je Marks, u okviru njegovih produbljenih analiza i tendencijama transformacije ljudskog rada u mehanizovanu proizvodnju, zaključio da se rad ne javlja više kao nešto što je izrazito uključeno u proizvodni proces, s obzirom da čovek postaje sve više taj koji nadgleda i reguliše taj proces... "On uzgredno učestvuje u proizvodnom procesu, umesto da bude njegov glavni izvršilac".

Široka primena mikroelektronike, kao i prenošenje radnih funkcija sa čoveka na mašinu, koje je povezano sa sve većom automatizacijom, ništa ne menjaju u činjenici da je čovek bio i ostaje nosilac stvaralačkog procesa u proizvodnji.

Pri ovome je mikroelektronika bitna osnova za povećanje nivoa automatizacije, za ostvarenje procesa pripreme i odvijanja proizvodnje, kao i za vodjenje i upravljanje našim fabrikama i kombinatima, a takodje i drugim društvenim oblastima. Izučavanje njenog uticaja na radne procese, strukture različitih delatnosti, radne zahteve, sadržaj rada, kvalifikacije i usavršavanje personala, javlja se već danas, a pogotovo će to biti u budućnosti, kao poseban naučni zadatak nauke o radu.

Mikroelektronika pri tome dolazi do izražaja naročito u sledeća tri pravca:

1. Proizvodi sa kojima je povezana racionalizacija i automatizacija

Ovde spadaju oni proizvodi koji mogu neposredno postati nosioci racionalizacije i automatizacije i koji time omogućuju da se odgovarajući radni i proizvodni tokovi i procesi mogu ostvariti na racionalniji i produktivniji način. U kombinatima se pri tome mogu razlikovati sledeće tri vrste primene:

- U okviru pripreme proizvodnje, što se ostvaruje kroz konstruisanje potpomognuto računarom - tzv. CAC - sistem. On se sastoji iz banke podataka, metodološke banke i uredjaja za komunikaciju, kao i ekranske jedinice, table za crtanje sa digitalnom jedinicom i glave za crtanje ("ploter"), menifeldera i računara sa različitom konfiguracijom i periferijom, a služi za tehničke proračune i izradu crteža i skica. Dalje, ovde spada i priprema proizvodnje potpomognuta računarom i računarski potpomognuto planiranje, upravljanje i kontrola proizvodnje (CAM-CAD System) sa ciljem da se dobiju NC-bušene trake, radni planovi, termin-planovi i planovi

materijala u direktnoj povezanosti sa proizvodnjom.

- U okviru proizvodnje - kroz razvoj i primenu automata i industrijskij robota, koji poseduju senzore za identifikaciju i pozicioniranje objekata obrade.

- U okviru vodjenja i upravljanja - kroz uvodjenje kompjuterske tehnologije u biroe, primenu elektronskih pisaćih mašina, korišćenje kancelarijskih kompjutera i sistema za preradu teksta sa ciljem da se racionalizuje obrada teksta i ostalog.

Radi obezbedjenja efikasnosti ukupnog pogonskog reprodukcionog procesa, ove tri oblasti primene sve se više prožimaju i objedinjuju,dovodeći do rešenja u vidu protočne kompleksne automatizacije.

Pri tome, na primer, ostvarenje protočne automatizacije na osnovu CAD/CAM - sistema omogućuje i ispunjenje većeg broja ekonomskim ciljeva, koji se ogledaju naročito u:

- skraćenju vremena protoka za nove proizvode (do 50%),
- skraćenju vremena razvoja i uvodjenja u proizvodnju (oko 30%),
- smanjenju gubitaka i troškova pripreme proizvodnje (oko 50%) i materijala (oko 15%),
- povećanju produktivnosti rada u onim oblastima za koje se vrši priprema proizvodnje (oko 80-90%),
- neprekidnom obezbedjenju kvaliteta,
- smanjenju radnih gubitaka u oblastima primene i
- obezbedjenju konkurentske sposobnosti proizvoda i garantovanju ispunjenja zahteva tržišta kroz prilagodjavanje konstrukcije i tehnologije u skladu sa zahtevima.

Istovremeno se pomoću ovih rešenja na bazi automatizacije u oblasti tehničke i organizacione pripreme proizvodnje i same proizvodnje, stvaraju osnove za postupno ostvarenje takve proizvodnje koja će zahtevati samo malo, ili nimalo, opsluživanja.

Upravo ova proizvodna kategorija je značajna pretpostavka za realizaciju osnovnog principa intenzifikacije, odnosno za poboljšanje efikasnosti postojećih rešenja. Ona omogućuje da se sistematsko korišćenje najnovijih naučnih saznanja za ispunjenje zadataka narodne privrede, ograničenje udela živog rada, smanjenje utroška sirovina energije i materijala kao i oplemenjivanje proizvoda, poveže sa korišćenjem velikih ljudskih sposobnosti i njihovog razvoja u smislu formiranja svestranog socijalističkog personaliteta.

2. Mikroelektronika omogućuje substituciju proizvoda

Pod ovim se podrazumeva zamena starih proizvoda novim. Tipični primeri u tom smislu su substitucija mehanike elektronikom, ili uočljiva tendencija u oblasti telekomunikacija, gde se štampane informacije zamenjuju informacijama na ekranu. Po pravilu,pri ovome se istovremeno menjaju i obradni i radni procesi.

3. Mikroelektronika dovodi do potpuno novih proizvoda (inovacioni proizvodi)

Ovde treba naročito pomenuti elektronske proizvode za merenje, upravljanje i regulisanje. Takodje bi se tu mogli svrstati NC- i CNC - upravljači sa i bez adaptivnog regulisanja (AC - regulisanje), kao i optički i taktni senzori za identifikaciju.

Materijalno-tehnička baza koja se razvila kroz savremenu naučno-tehničku revoluciju, i koju, pre svega, karakteriše informaciona tehnika (nastala zahvaljujući mikroelektronici), sve češće pomera glavne funkcije čoveka (kao najvažniju produktivnu snagu i kao subjekt rada), ka programiranju tehničkih postrojenja i sistema, njihovom upravljanju i kontroli. Time se menja odnos izmedju fizičkog i umnog rada, pri čemu je sve veći udeo saznanje odnosno sveobuhvatne psihičke komponente.

Uzimajući u obzir specifičnosti ovih razvojnih tendencija, u naučnom području koje se bavi izučavanjem rada izdvajaju se sledeća dva bitna problema:

- raspodela funkcija izmedju čoveka i sredstava rada i
- podela radnih zahteva unutar proizvodne organizacije, radi što boljeg ostvarenja radnih zadataka.

Obe ove podele imaju bitan uticaj na rešenja i efikasnost korišćenja radnog potencijala i doprinose da se osigura porast buduće produkcije skoro isključivo putem povećanja produktivnosti rada.

2. O PODELI FUNKCIJE IZMEDJU ČOVEKA I MAŠINE

Pri definisanju podele funkcija izmedju čoveka i sredstava rada, tj. ustanovljenju obima automatizacije tehničkog sredstva, treba posebno obratiti pažnju na sledeća dva moguća aspekta problema:

1. Ostvarenje protočne automatizacije u smislu više-manje potpunog prenošenja funkcija. Pri ovome mogu nastati teškoće, kao što je na primer, slučaj sa funkcijama dovodjenja (snabdevanja) i uklanjanja (odvodjenja), kao i transporta, što delimično proizlazi i iz nezadovoljavajućeg stanja odgovarajućih tehničkih rešenja. U vezi sa tim, učesnici na polju proučavanja rada suočavaju se sa problemima,kako ekonomske, tako i tehničke prirode. Ovo stoga što eventualna rešenja obično impliciraju i negativne posledice u vezi sa nivoom zahteva, opterećenjem i uopšte graničnim mogućnostima obavljanja posla. Medjutim, i one funkcije koje su bliže povezane sa automatizacijom, kao što su kontrola, nadzor i merenje, a koje su inače od odlučujućeg značaja za postizanje planirane proizvodnje po količini i kvalitetu, predstavljaju još uvek "belo polje" kao objekt proučavanja rada.

Znatno komplikovanije funkcije procesne kontrole u automatizovanim obradnim sistemima i njihov značaj sa gledišta zahteva, utroška vremena i dr., još nisu dovoljno objektivno sagledane. Ta okolnost se često koristi za tolerisanje rashoda vremena u iznosu 5-20%, što utiče na stepen iskorišćenja raspoloživog radnog potencijala.

Temeljno izučavanje radnih funkcija i njihovog značaja potrebno je i zato da bi se moglo neposredno zaključiti iz čega se mogu konstituisati radni zadaci.

2. Rešavanje odnosa raspodele funkcija izmedju čoveka i uredjaja za automatizaciju

Potreba za ovim, u osnovi, proizilazi iz činjenice da:

- raste broj objekata i parametara procesa koje čovek mora kontrolisati, a time i ponuda informacija;

- povećava se dijapazon brzina onih procesa kojima učesnik mora upravljati i u kojima on mora u kratkim vremenskim intervalima primiti i obraditi informacije, a takodje donositi odluke i izvoditi potrebne radnje; svakako da postoje i procesi koji se odvijaju vrlo lagano, i koji kao takvi dovode do smanjenja pažnje i produžavanja vremena reagovanja;

- postoji često izmedju čoveka i objekta upravljanja čitav sistem tehničkih uredjaja,kao što su monitori, merni uredjaji, itd., što je naročito slučaj kod onih procesa koje po pravilu ne treba direktno nadgledati;

- ljudi koji opslužuju modernu tehniku i rade često pod uslovima na koje nisu navikli mogu da dobiju emocionalnu napetost, odnosno stres - na pr. tzv. "režim prazne sobe" (u delu I mikroelektronike, Lomow, 1982.).

Dok je način rešavanja odnosa raspodele radnih funkcija u klasičnom smislu uglavnom dobro savladan u oblasti hardware-tehnike, dotle preostaje da se reši dosta novih problema u oblasti software-a (rešavanje problema dijaloga).

Ova rešenja moraju biti realizovana u vidu funkcionalnog radnog programa.

Potrebno je da se pri razradi software-a uvažavaju sledeći zahtevi u vezi sa vodjenjem dijaloga:

- obezbedjenje razumljivosti dijaloga, uz izbegavanje nesporazuma i uz osiguranje prijema od strane korisnika, kao i sprečavanje nejasnih situacija;

- obezbedjenje sigurnosti i tolerisanja grešaka, kao i sigurnosti u računarskom dijalogu, što znači da će formalne greške, ili logičke greške, biti otkrivene i samostalno korigovane od strane računara; tzv. "Help"-funkcije treba da daju uputstva za raspoznavanje grešaka;

- obezbedjenje velike fleksibilnosti; ona treba da omogući da se uzmu u obzir različite pretpostavke i druga korisna saznanja korisnika, kao i da omogući dijalog na bazi sopstvenih rešenja;

- uzimanje u obzir brzine i pouzdanosti odziva; suviše brzi dijaloški odgovori mogu biti zamorni, dok suviše duga vremena čekanja mogu dovesti do frustracije korisnika (osećanja zanemarenosti i nesigurnosti); to se dogadja, na primer, kada je faktor jednovremenosti rada računara preveliki - usled priključenja više terminala ili preterane zauzetosti računara; u takvim situacijama povoljno deluju povremene informacije o odvijanju obradnog procesa, odnosno njegovom stanju;

- omogućavanje brzog obučavanja; sa primenom izdvojenih terminala sa ekranom, uredjaja

sa podacima, kancelarijskih kompjutera, itd. dolazi do njihove neposredne konfrontacije sa većim brojem učesnika koji u ovoj oblasti nisu najbolje obučeni; iz ovog razloga tehnika dijaloga mora da bude pristupačna i lako savladiva; time se savladava i izvesna barijera u vezi sa primenom i korišćenjem; takozvani "teachware" može doprineti jednostavnijem i bržem upoznavanju procesa, kao i savladavanju tehnike rukovanja.

Uzimajući sve ovo u obzir, postaje jasno da će vrsta dijaloga i rešenja u vezi sa odnosom raspodele informacijskih funkcija u buduće bitno uticati na radnu strukturu i potrebne kvalifikacije personala. Sa druge strane, pri programiranju će morati da se u najvećoj meri uvažavaju zahtevi samog procesa rada. Zato je neophodno da se u ovom smislu još više istraže odgovarajuće naučne osnove i onda iste prilagode praktičnim potrebama.

Na taj način, konkretna raspodela funkcija izmedju čoveka i sredstava rada, povezana sa primenom dostignuća naučno-tehničkog progresa, pri automatizaciji proizvodnje i drugih delatnosti, postaje odlučujući činilac ostvarenja progresivnog sadržaja rada.

Naučno-tehnički progres podstiče produktivnost i lično usavršavanje, ali to se ne dogadja ni spontano ni automatski, već planski mora se raditi diferencirano i uz napuštanje starih formi podele rada.

Podela rada izmedju različitih učesnika, kao i mogućnosti kooperacije u proizvodnom procesu postaju odlučujuća forma izgradnje progresivnog radnog sadržaja. Ona sve više postaje glavni zadatak naučnih organizacija za proučavanje rada i ima sve veći značaj za ispravnu primenu i efikasno korišćenje društvenog radnog potencijala, a naročito njegove kvalitativne komponente.

3. O PODELI RADA U OKVIRU RADNE ORGANIZACIJE I KOOPERACIJI

Podela rada unutar radne organizacije, kao i organizacija rada imaju sve veći značaj za efikasnost primenjene tehnike i tehnologije. Na taj način ova podela postaje glavno područje praktične primene saznanja nauke o radu u našim fabrikama i kombinatima. Mnoga korisna metodološka saznanja stečena su u toku zadnjih godina, a izdržala su i odgovarajuće provere u praksi. Medjutim, ako se podje od toga da je glavno područje istraživanja danas, a to će biti još više sutra, zapravo ono koje je u vezi sa automatizovanom proizvodnjom, onda iz toga proizlaze i zadaci na kojima će još dosta morati da se radi. Tu, pre svega, spada potreba da se izvrši pažljivo i kritičko odabiranje mesta i područja aplikacije stečenih naučnih saznanja. Takodje se kao problem javlja i izvesna zatvorenost naučnih radnih organizacija. Na osnovu izvesnih analiza koje su vršene zadnjih godina, iznalaženja delimičnih rešenja i iskustava u automatizovanim procesima obrade, mi znamo da zatvorenost naučnih saznanja, inače spremnih za primenu, ima vrlo veliki, ako ne i odlučujući, značaj. Mi ne možemo tvrditi ni da će u budućnosti, kada bude još dublje naučno proučen koncept podele rada unutar jedne radne organizacije, biti sasvim odbačena rešenja zasnovana na ranijim kombinacijama relativno samostalnih pristupa.

Za ostvarenje jednog ispravnog koncepta potrebno je:

1. Produbljeno upoznavanje svih radnih funkcija, njihovih kvalitativnih karakteristika i na kraju njihovih vremenskih parametara, kakvi se mogu očekivati od sutrašnje tehnike.

2. Definisanje kriterijuma i osnovnih pokazatelja za ocenu radnih zahteva, kao i situacije u vezi sa opterećenjem, sa raspodelom radnih funkcija, odnosno karakterističnih radnih operacija, kao elemenata radnih zadataka.

Ovo rasčlanjavanje na elemente vrši se, dakle, na sasvim drugom (novom) nivou. Takvo novo kataliziranje u više dimenzija ima, u suštini, za cilj da učini preglednimi mogućim za izračunavanje uticajne činioce u vezi sa podelom rada u okviru radne organizacije i time tek omogući projektovanje radnih zadataka u užem smislu reči.

Jasno je da se ovde ne radi samo o onim radnim funkcijama koje su neposredno povezane sa funkcijama primenjenih tehničkih sredstava. Drugim rečima, moraju biti uključene sve radne funkcije (što, inače, predstavlja teškoću) koje za definisanje kompleksnih radnih zadataka dolaze u obzir, kao što su, na primer, čekanje, pozicioniranje i dr.

MARX, KARL: Grundrisse der Kritik der politischen Ökonomie, Dietz Verlag, Berlin,1953, S. 592

LOMOW, B.F.: Die wissenschaftlich-technische Revolution und einige Probleme der Psychologie, Sowjetwissenschaft 1982, Heft 1, S. 75.

SCHNEIDER, G., VÖLKER K.: Wissenschaftlichtechnischer Fortschritt und Arbeit im Sozialismus, Sozialistische Arbeitswissenschaft, 28. Jahrgang, 1984, Heft 1, S. 26.

CHANGES IN THE STRUCTURE OF WORK ACTIVITIES AS A RESULT OF SCIENTIFIC AND ENGINEERING PROGRESS, AND REQUIREMENTS TO THE WORK SCIENCES

A b s t r a c t

In connection with the advantages of Socialism in achieving the scientific and engineering revolution, the paper presents the developing trends and tasks forthcoming in the field of labour.

Therefore, in the foreground stand the questions of efficient utilisation of the work performance, and of the changes in work structure brought about by new techniques, such as microelectronics and industrial robots. In addition, starting points for the design of work activities are also outlined.

XIX SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE

Kragujevac, septembar 1985.

PRILOG OPTIMIZACIJI TEHNOLOŠKOG POSTUPKA PRIMENOM NOVE TEHNOLOGIJE IZRADE I STATISTIČKE KONTROLE U PROCESU PROIZVODNJE

P. Nikšić, Pedagoško tehnički fakultet, Čačak
D. Erić, RO FNP, RZ "Razvoj", Čačak
A. Trifunović, RO FNP, RZ "Razvoj", Čačak

PRILOG OPTIMIZACIJI TEHNOLOŠKOG POSTUPKA PRIMENOM NOVE TEHNOLOGIJE IZRADE I STATISTIČKE KONTROLE U PROCESU PROIZVODNJE

R e z i m e

Osnovna tema ovog rada jeste poboljšanje kvaliteta proizvoda i povećanje produktivnosti, koristeći postojeći mašinski park i teoretske osnove kontrole proizvodnje. U tom smislu vršena su istraživanja na polju optimizacije postojećih tehnoloških postupaka. Uporedni rezultati stare i nove tehnologije pokazuju opravdanost formiranja tehnoloških postupaka na ovaj način.

BEITRAG ZUR OPTIMIERUNG TECHNOLOGISCHER VERFAHREN DURCH EINSATZ EINER NEUEN FERTIGUNGSTECHNOLOGIE UND DER STATISTISCHEN KONTROLLE IM FERTIGUNGSPROZESS

Z u s a m m e n f a s s u n g

Das Grundthema dieser Arbeit ist die Qualitätsverbesserung der Erzeugnisse und die Leistungserhöhung unter Einsatz des vorhandenen Maschinenparks und der theoretischen Grundlage der Fertigungskontrolle. In diesem Sinne wurden Forschungen im Bereich der Optimierung der bestehenden technischen Verfahren durchgeführt. Die Vergleichsergebnisse der alten und der neuen Technologije beweisen, dass die Gestaltung der technologischen Verfahren auf diese Weise rechtfertigt ist.

1. UVOD

U cilju stalnog poboljšanja postojećih tehnologija i iznalaženja tehnoekonomski opravdanijih rešenja, vršili smo istraživanja čije rezultate prikazujemo u ovom radu. Vršena je analiza postojećih tehnoloških postupaka koji su dotada korišćeni i čijom se primenom ne postižu zadovoljavajući rezultati. Postojeća tehnologija nije mogla da zadovolji potrebe za kvantitativnim i kvalitativnim zahtevima u procesu proizvodnje. Kao polazni parametri za izradu nove tehnologije poslužile su činjenice da se dve pozicije, čaura 1 i čaura 2 izradjuju od polufabrikata, istog materijala i dimenzija, i u istim količinama. Na ovim pretpostavkama vršena je optimizacija postojećeg tehnološkog postupka u cilju zadovoljenja traženih zahteva. Pod ovim zahtevima podrazumevali smo pre svega povećanje proizvodnosti i izlazećeg kvaliteta, kao i mogućnosti smanjenja potrebne radne snage i broja mašina. Kao novina u odnosu na prethodnu tehnologiju uvedena je statistička kontrola u procesu proizvodnje. Njenim korišćenjem dobijene su povratne informacije, kojima smo se rukovodili prilikom postavljanja nove tehnologije. U daljem tekstu data je pojednostavljena analiza postojećeg i novog načina, a u završnom delu dat je komparativni pregled ova dva postupka gde se uporedjivanjem relevantnih pokazatelja pokazuje opravdanost usvojenih promena.

2. ANALIZA POSTOJEĆIH TEHNOLOŠKIH POSTUPAKA

Tehnološki postupci navedenih pozicija sastoje se iz dva dela:

- Tehnološki postupak izrade i
- Tehnološki postupak kontrole

2.1. Tehnološki postupci izrade

Šematski prikaz postupka izrade čaure 1 dat je na slici 1. Za izradu ove pozicije korišćen je jednovreteni automat tipa "STROHM-105", sa sledećim karakteristikama obrade:

- broj obrta glavnog vretena n=4745 obr/min, sa brzinom rezanja v=149 m/min.
- broj primenjenih alata je 9 od čega je 8 fazonskih.

Postupak izrade pozicije čaura 2 dat je na slici 2, a za izradu ove pozicije korišćen je jednovreteni automat "ŠKODA A-20". Osnovne karakteristike obrade su:

- broj obrtaja glavnog vretena n=3566 o/min. sa brzinom rezanja v=112 m/min.
- broj primenjenih alata je 6, od kojih su 4 fazonska.

Ostale karakteristike navedenih postupaka (vreme izrade, kapacitet, broj angažovanih radnika i mašina i nivo ostvarenog kvaliteta) date su u tablici 5.2.

2.2. Tehnološki postupak kontrole

U postavci starih postupaka za izradu i kontrolu pozicija čaura 1 i čaura 2 usled nepostojanja stalnog i pouzdanog nadzora nad procesom izrade navedenih pozicija, završna kontrola kvaliteta proizvodjača koncipirana je kao 100% pregled uradjenih komada. S obzirom da se radi u uslovima velikoserijske proizvodnje i pozicijama manjeg gabarita (zamor, monotonija), a da se rad završne (100%) kontrole kvaliteta odvijao u nepovoljnim uslovima (buka, vibracije itd.) došlo se do zaključka da je zbog toga znatno umanjena pouzdanost ovakvog načina kontrole.

To se manifestovalo čestim revizijama i prebiranjima komada pri montaži podsklopa.

3. TOK AKTIVNOSTI PRI FORMIRANJU NOVOG TEHNOLOŠKOG POSTUPKA

Izradi privremenih postupaka izrade pozicija čaura 1 i 2 prethodila je aktivnost na kompletiranju i korekciji konstruktivne dokumentacije. Postojećim konstruktivnim crtežima i tehničkim uslovima prijema(TU) priključen je i klasifikator mana za ove dve pozicije.

Klasifikator mana za čaure 1 i 2 izradjen je u potpunosti po odredbama standarda JUS H.NO.029 i na bazi iskustava konstruktora i tehnologa koji su u prethodnom periodu vodili te pozicije. Klasifikator mana na bazi funkcionalnih i geometrijskih zahteva pozicije i pozicije u podsklopu - sklopu, precizno definiše koji su to zahtevi u pogledu kvaliteta pozicije, koje je potrebno obezbediti procesom proizvodnje. Pored specifičnih zahteva klasifikator mana preko definisanog nivoa kvaliteta za prijem (AQL), odredjuje i nivo tih zahteva koje je potrebno ostvariti da bi pozicija ispunila sve potrebne uslove za ugradnju u podsklop, sklop.

Pri definisanju zahteva i nivoa kvaliteta za prijem (AQL), koji su dati u klasifikatoru mana bitnu ulogu su imali podaci koji su dobijeni iz prethodnog perioda praćenjem nivoa kvaliteta navedenih pozicija.

Konstruktivni crtež, tehnički uslovi prijema i klasifikator mana daju definiciju bitnih karakteristika tehnološkog procesa i karakteristika kvaliteta, čime su ostvareni nužni uslovi za razradu tehnološko-kontrolne dokumentacije, odnosno za projektovanje i realizaciju tehnološko-proizvodnog sistema.

Pri postavljanju tehnološkog postupka izrade i kontrole izbor i nabavka sledećih elemenata: - materijala
- sredstava rada (mašina, instalacije, alati i slično),
- konstrukcija specijalnog proizvodnog i kontrolnog alata,
- ispitne opreme
- metodologije rada i
- kadra

su u potpunosti predodredjeni elementima kvaliteta koji su definisani konstruktivnim crtežima tehničkim uslovima prijema i klasifikatorom mana.

Na bazi prethodno iznetih elemenata data je postavka privremenog tehnološkog postupka izrade i kontrole pozicija čaura 1 i 2. Kada su materijalizovani svi elementi procesa prišlo se realizaciji postupka na odabranoj mašini i predvidjenim alatima, što je precizno i jednoznačno definisano privremenim postupkom izrade i kontrole.

Sa početkom probne proizvodnje pristupilo se testiranju postavljenog tehnološkog postupka. Ovo testiranje se obavilo u saradnji sa statističkom kontrolom putem kontrolnih karata i postupkom snimanja stabilnosti i tačnosti proizvodnog procesa (u skladu sa standardima JUS A.A2.020, 021 i 022), shodno uputstvu koje za naše uslove definiše elemente ovog postupka.

U toku testiranja privremenog postupka izrade pozicija čaura 1 i 2 prema precizno utvrdjenoj metodologiji detaljno su se beležila sva zapažanja statističkih kontrola tehnologa izrade, konstruktora i tehnologa kvaliteta, da bi sva ta zapažanja sa evidentiranim nalazima na kontrolnim kartama bila detaljno analizirana.

Pri analizi na osnovu koje su vršene korektivne aktivnosti, posebna pažnja se posvećivala sledećim elementima privremenog postupka:

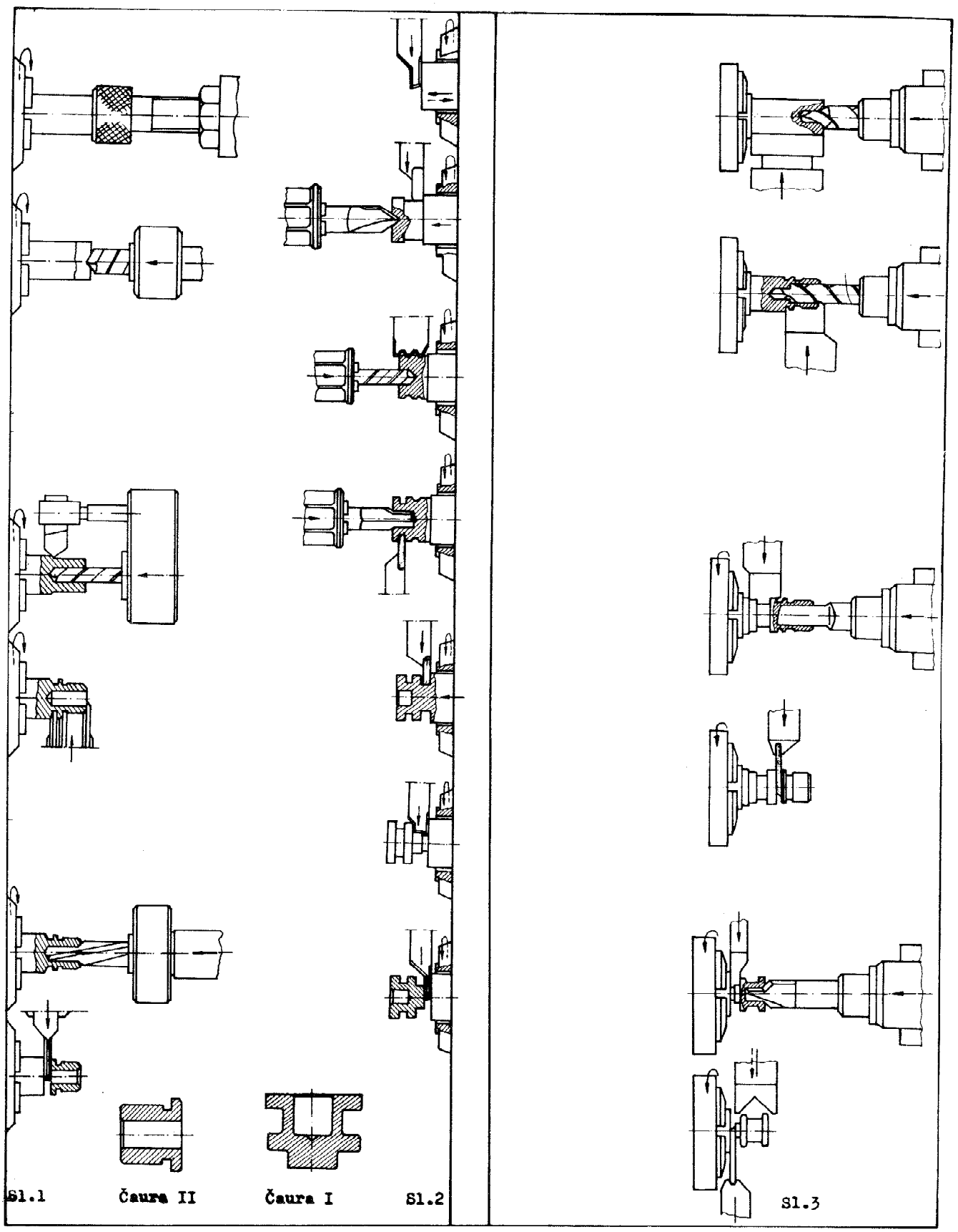
- geometrija i postojanost alata
- položaj alata u nosaču i karakteristike kretanja alata,
- položaj nosača alata na mašini i njihova kretanja
- medjusobni položaj alata i redosled rada alata
- kontinuitet rada mašine, odnosno proizvodnih procesa
- podešavanje alata, odnosno mašine,
- uticaj materijala (dimenzije, ovalnost mehaničke osobine).

Nakon izvršene revizije privremenog postupka i evidentiranja postignutog kvaliteta u probnoj partiji, odnosno njegove saglasnosti sa specifičnim zahtevima, dosnsi se odluka o konačnoj postavci tehnološkog postupka izrade i kontrole. Revidiran postupak se lansira u redovnu proizvodnju.

4. ANALIZA NOVOG TEHNOLOŠKOG POSTUPKA

4.1. Tehnološki postupak izrade

Šematski prikaz novog postupka izrade čaura 1 i 2 prikazan je na slici 3. Činjenica da se obe pozicije čaura 1 i 2 izradjuju od polufa-


Sl.1
Čaura II
Čaura I
Sl.2
Sl.3

brikata istog materijala i dimenzija, a i u istim količinama, omogućila je njihovu istovremenu izradu na jednoj mašini. Za istovremenu izradu obe pozicije koristi se šestovreteni automat tipa "TORNOS-AS14", sa sledećim karakteristikama obrade.

- broj obrta glavnih vretena n=4530 ob/min, za brzinom rezanja v=142,2 m/min.
- broj primenjenih alata je 11 od kojih je 9 fazonskih.

Ostale karakteristike ovog postupka date su uporedno sa odgovarajućim karakteristikama prethodnih postupaka u tablici 5.2.

4.2. Tehnološki postupak kontrole

Polazeći od zaključaka koji su izvedeni na bazi analize starih postupaka za izradu pozicija čaura 1 i 2 u koncipiranju tehnološkog postupka za kontrolu, postavljen je cilj da se obezbedi stalan i pouzdan nadzor nad procesom proizvodnje, a da se završna verifikacija kvaliteta svede na najmanji mogući obim. Nadzor nad procesom proizvodnje sa stanovišta kvaliteta obezbedjen je po dva osnova:

- stalnim praćenjem procesa proizvodnje putem kontrolnih karata u saglasnosti sa klasifikatorom mana i standardima JUS A.A2. 020, 021 i 022.
- delovanjem ostalih funkcija kontrole kvaliteta osiguran je odgovarajući specificirani kvalitet ulaznih komponenti proizvodnog procesa (materijal, alat, mašina metoda, čovek).

Završna verifikacija kvaliteta u principu se obavlja uzorkovanjem (ukoliko na proces nisu delovali nedozvoljeni poremećaji) na bazi postavljenih AQL za date karakteristike. U slučaju delovanja nedozvoljenih poremećaja na proces proizvodnje pristupa se 100% kontroli. Odluku o načinu verifikacije kvaliteta na bazi rezultata praćenja procesa (kontrolnih karata), donosi ovlašćeni tehnolog kvaliteta.

5. REZULTATI PRIMENE NOVE TEHNOLOŠKE VARIJANTE

Da bi pregled osnovnih parametara merodavnih za praćenje stare i nove tehnološke varijante bio što pregledniji ovi podaci dati su tabelarno u tablicama 5.1 i 5.2.

Dok je ranije u toku jedne smene izradjivano ukupno 2020 komada, to se sada za to vreme proizvede 3 puta više, pri čemu je broj korišćenih mašina i broj potrebnih radnika duplo manji. Dobijanju ovako povoljnih rezultata pridonela je u svakom slučaju i primena statističke kontrole u procesu proizvodnje čime je ostvaren nadzor nad procesom proizvodnje. Ovim stalnim nadzorom sprečenu seu pojave masovnog škarta u procesu proizvodnje i omogućeno je pravovremeno delovanje na proizvodni proces. Zahvaljujući nadzoru nad procesom dok je još u toku završna verifikacija kvaliteta svedena je na najmanju moguću meru što se može videti iz tabele 5.2. Iz tabele se može videti da je vreme utrošeno na kontrolisanje po komadu neuporedivo manje nego kod stare varijante postupka a samim tim i postupak verifikacije kvaliteta je jeftiniji uz obezbedjenje potrebnog nivoa odlazećeg kvaliteta.

Tabela 5.1.

Pozicija / Operacija kontrole cmh/kom.	Čaura I		Čaura II	
	Stari postup	Novi postup	Stari postup	Novi postup
Kontrola u procesu	-	20	-	67
Završna kontrola	669	26,76	1727	81,56
$\sum$	669	46,76	1727	148,56

Tabela 5.2.

	Pozicija / Parametar	Čaura I		Čaura II		Ukupno (I i II)	
		Stari postupak	Novi postupak	Stari postupak	Novi postupak	Stari postupak	Novi postupak
1	Vreme potrebno za izradu jednog komada u cmh	789	247	701	247	1490	494
2	Kapacitet za 7,5 časova	950	3037	1070	3037	2020	6074
3	Broj radnika	1	1/2	1	1/2	2	1
4	Broj angažovanih mašina za ovu operaciju	1	1/2	1	1/2	2	1
5	Škart obrade (%)	10,7	5,6	5,4	2,9		
6	Škart materijala (%)	0,1	0,1	-	-		
7	Dorada (%)	5,4	3,2	10,1	6,7		

6. ZAKLJUČAK

Rezultati istraživanja i primena nove tehnologije obavljeni su u okviru već postojećih tehničkotehnoloških mogućnosti naše RO. Uz primenu jedne tehno-ekonomske analize ovi rezultati bi bili još povoljniji, medjutim i ove navedene promene jasno ukazuju da je i bez posebno velikih ulaganja moguće znatno povećanje proizvodnosti i poboljšanje kvaliteta proizvodnje. Smatramo da u našoj metalo-preradjivačkoj industriji postoje velike mogućnosti za slične pozitivne promene i svrha ovog rada je da predstavlja bar jedan mali korak u tom pravcu.

LITERATURA

1. Dr. Mitrović V.Ratko,"Projektovanje tehnoloških procesa", I izdanje, Beograd, "Gradjevinska knjiga", 1983. godina
2. Dr. Ivković Branko, "Obrada metala rezanjem", II izdanje, Beograd, "Gradjevinska knjiga", 1978. godina
3. Ing. Mladen Rovešnjak, "Statistička kontrola kvalitete", "Panorama", Zagreb, 1966. godina
4. JUS A.A2.020 XII - 1964
5. JUS A.A2.021 XII - 1964
6. JUS A.A2.022 XII - 1964
7. Dr. Joko Stanić, "Merenje i kvalitet obrade", II deo -"Osnove statističke kontrole kvaliteta", Mašinski fakultet, Beograd, 1974. godina
8. Kataloška literatura proizvodjača alatnih mašina "Tornos" SWISSE.

XIX SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE

Kragujevac, septembar 1985.

PRILOG PRAKTIČNOJ PRIMJENI GRUPE PO SVRSI

I. Veža, Fakultet elektrotehnike, strojarstva i brodogradnje, Split
M. Rovan, Fakultet elektrotehnike, strojarstva i brodogradnje, Split
M. Bupić, RO TUP "N.Mašanović", Dubrovnik

Rezime

Rad sadrži analizu postojećeg proizvodnog sistema, na osnovi koje je izvršeno formiranje grupe po svrsi za izradu dijelova kompresora. Formiranjem grupe po svrsi povećana je proizvodnost i ekonomičnost proizvodnog sistema, te pojednostavljeno planiranje i upravljanje proizvodnjom.

1. UVOD

Kod projektiranja proizvodnih procesa jedan od najznačajnijih koraka predstavlja definiranje proizvodne prostorne strukture, tj. načina prostornog rasporeda sredstava za proizvodnju. Izborom tipa proizvodne prostorne strukture može se bitno utjecati na fleksibilnost, efikasnost, pouzdanost i produktivnost proizvodnog sistema.

Prema literaturi (1, 2, 3) razlikuju se slijedeće proizvodne prostorne strukture:

(1) Raspored po svrsi:
- 1.1 Pojedinačni raspored
- 1.2 Jednopredmetne ili višepredmetne linije
- 1.3 Grupe po svrsi

(2) Raspored u grupe po vrsti obrade.

U navedenom redoslijedu opada efikasnost, a raste fleksibilnost proizvodne prostorne strukture.

Rasporedi proizvodnih sredstava kod grupa po vrsti obrade i jednopredmetne linije definirane su na osnovi broja različitih predmeta rada i količina u proizvodnji.

Osnovna ideja kod formiranja višepredmetne linije i grupe po svrsi je podjela ukupnog proizvodnog sistema na podsisteme, koji predstavljaju prostorno i organizacijski samostalne proizvodne jedinice. Zajednička karakteristika višepredmetnih linija i grupa po svrsi je obrada familije sličnih dijelova.

Primjena višepredmetnih linija i grupa po svrsi u praksi je jako ograničena, te se u posljednje vrijeme vrše istraživanja u cilju proširivanja primjene ovih prostornih struktura.

Na osnovi analize postojećeg proizvodnog sistema ispitana je mogućnost formiranja grupe po svrsi za proizvodnju dijelova kompresora.

2. ANALIZA POSTOJEĆEG PROIZVODNOG PROCESA

Karakteristike postojećeg proizvodnog procesa:

2.1 Proizvodni program. Proizvodi se ukupno sedam tipova kompresora, u ukupnoj količini od cca 50 kom/god. Većina dijelova se ugrađuje u svih sedam tipova, te postoje osnove za primjenu principa grupne tehnologije, odnosno formiranja grupe po svrsi.

2.2 Tip proizvodnje. Proizvodnja kompresora odvija se u uvjetima pojedinačne proizvodnje.

2.3 Tip proizvodne prostorne strukture. Prostorni raspored sredstava za proizvodnju ima značajke tipa rasporeda u grupe po vrsti obrade. Tehnološki proces se odvija na devet radnih mjesta.

2.4 Unutrašnji transport sadrži slijedeće značajke:
- visoki transportni učin (321 980 (TJ m/god) uzrokuje velike transportne troškove,
- postoje povratni putevi i križanja tokova materijala,
- veliko je ulaganje obrtnih sredstava,
- loša preglednost proizvodnje,
- otežano operativno planiranje,
- smanjen je nivo motivacije za rad, s obzirom da radnik na jednom radnom mjestu, zbog velike udaljenosti radnih mjesta i izrade drugih proizvoda

nema uvid u proizvod i ukupan efekt sistema.

3. FORMIRANJE GRUPE PO SVRSI

Postupak formiranja grupe po svrsi za izradu dijelova kompresora izvršen je u više faza:

3.1. Poboljšanje postojećeg tehnološkog procesa

Poboljšanje se vrši u cilju:

- smanjenja broja radnih mjesta (proizvodnih sredstava), i
- smanjenja komadnog vremena izrade.

Na temelju tehnološke dokumentacije izvršena je zamjena redoslijeda operacija i sredstava za proizvodnju u cilju povećanja produktivnosti i ekonomičnosti proizvodnog sistema (zamjena obrade blanjanjem obradom glodanjem, obrade koja se vrši na horizontalnoj bušilici-glodalici obradom na portalnoj glodalici i sl.).

3.2 Analiza mogućnosti prelaza na serijsku proizvodnju

Godišnja količina proizvodnje može se realizirati u jednoj ili više serija. Minimiziranjem troškova izrade i troškova skladištenja izračunata je veličina optimalne serije za sve dijelove iz proizvodnog programa.

Serijskim načinom proizvodnje postignuta su slijedeća poboljšanja:

- smanjenje učešća pripremno-završnog vremena u ukupnom vremenu izrade (sa 26% na 10,6%),
- skraćenje vremena izrade (sa 232 NS/kom na 192 NS/kom, što predstavlja godišnju uštedu od 1 980 NS), te ujedno ciklusa proizvodnje,
- mogućnost realnijeg planiranja, i lakšeg upravljanja proizvodnjom, i
- smanjenje vanciklusnih gubitaka.

3.3 Izbor proizvodnih sredstava i određivanje rasporeda radnih mjesta

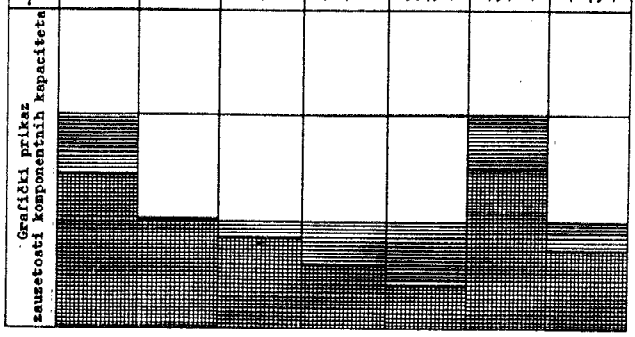
Izmjenom tehnoloških postupaka reduciran je broj radnih mjesta (sa devet na sedam) i povećan njihov srednji koeficijent opterećenja (sa 54,6% na 72,8%). Prikaz opterećenja radnih mjesta nalazi se u tablici 1.

Iz grafičkog prikaza vidi se dobra zauzetost pojedinog radnog mjesta.

Analiza opterećenja komponentnih kapaciteta rekonstruiranog proizvodnog procesa — TABLICA 1

k	1	2	3	4	5	6	7
C_k	2537,50	1800,00	1500,00	1058,33	695,83	2683,33	1325,00
m_k	1,434	1,017	0,847	0,598	0,393	1,516	0,749
M_k	2	1	1	1	1	2	1
η_k	71,7 %	101,7 %	84,7 %	59,8 %	39,3 %	75,8 %	74,9 %

Grafički prikaz zauzetosti komponentnih kapaciteta



k - komponentni kapacitet
1 - UNIVERZALNA TOKARILICA
2 - RADIJALNA BUŠILICA
3 - PORTALNA GLODALICA
4 - UNIVERZALNA GLODALICA
5 - OBILJEŽAVANJE
6 - RUČNA OBRADA
7 - ZAVARIVANJE I PLINSKO REZANJE

C_k - opterećenje k-tog kompon. kapaciteta [NS/god]
m_k - teoretski potreban broj radnih mjesta k-tog komponentnog kapaciteta
M_k - stvarni broj radnih mjesta k-tog komponentnog kapaciteta
η_k - koeficijent opterećenja k-tog kompon. kapaciteta

Osnova za određivanje rasporeda radnih mjesta je matrica transportnih intenziteta. Na temelju proizvodnog programa, tehnoloških postupaka za pojedini dio i rješenim problemom transporta izračunata je matrica transportnih intenziteta, prikazana na Slici 1.

k \ j	US	1	2	3	4	5	6	7	IS
US		28	0	0	4	3	10	1	0
1	0		6	1	3	9	0	0	13
2	0	0		0	3	0	10	0	10
3	0	0	0		0	4	0	0	0
4	0	2	2	0		1	3	0	4
5	0	1	14	2	1		0	0	0
6	0	1	1	0	1	1		0	19
7	0	0	0	1	0	0	0		0
IS	0	0	0	0	0	0	0	0	

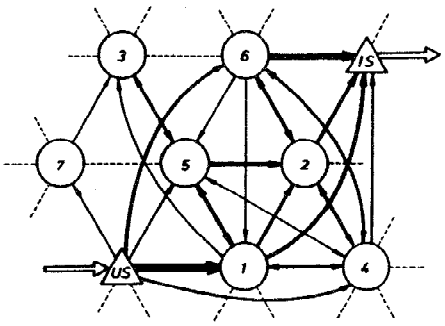
Slika 1 - Matrica transportnih intenziteta

US - ulazno skladište
1 - univerzalna tokarilica
2 - radijalna bušilica
3 - portalna glodalica
4 - univerzalna glodalica
5 - obilježavanje
6 - ručna obrada
7 - zavarivanje i plinsko rezanje
IS - izlazno skladište

Razvijene su dvije varijante rasporeda radnih mjesta, i to pomoću slijedećih metoda:

1) modificirani postupak trokuta /1/, i
2) postupak PORES (Postupak za Odredivanje Redoslijeda Elemenata Sistema) /4/.

Ad 1) Metoda se bazira na kriteriju minimizacije ukupnog transportnog učina i daje raspored radnih mjesta na beskonačnu trokutnu mrežu-matematički model lokacija su vrhovi jednostraničnog trokuta. Na osnovu matrice transportnih intenziteta ovom metodom postignut je idealni raspored radnih mjesta prikazana na Slici 2. dok je prostorni raspored prikazan na Slici 3. (oznake radnih mjesta odgovaraju oznakama iz matrice transportnih intenziteta, kao i na Slikama 4 i 5).



Slika 2 - Idealni raspored radnih mjesta - - varijanta I



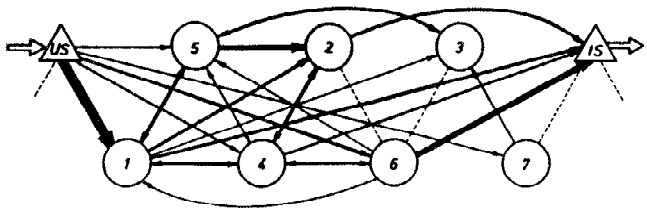
Slika 3 - Prostorni raspored radnih mjesta - - varijanta I

Stvarni transportni učin (računajući udaljenost od izlaza toka materijala sa jednog radnog mjesta do ulaza na drugo radno mjesto duž transportnog puta) iznosi 111550 (TJ m/god), što je 2,89 puta manje od transportnog učina postojećeg proizvodnog sistema.

Ad 2) Osnova metode je minimizacija idealnog transportnog učina sistema. Pod idealnim povratnim transportnim učinom sistema podrazumijeva se umnožak vrijednosti članova matrice transportnih intenziteta i njihove udaljenosti od glavne dijagonale. Usvajase pretpostavka da je udaljenost između linija koje su paralelne s glavnom dijagonalom, a prolaze kroz čvorove matrice, jedinična udaljenost.
Na osnovi razvijenog stohastičkog postupka PORES dobije se, nakon obrade podataka na računaru, slijedeći redoslijed radnih mjesta, koji sadrži minimalnu vrijednost funkcije cilja:

US-1-5-4-2-6-3-7-IS.

Istraživanja su pokazala da se redoslijed radnih mjesta postignut postupkom PORES može najbolje primjeniti na dvoredni model lokacija. Slika 4 prikazuje idealni raspored radnih mjesta na osnovi postupka PORES, dok se prostorni raspored nalazi na Slici 5.



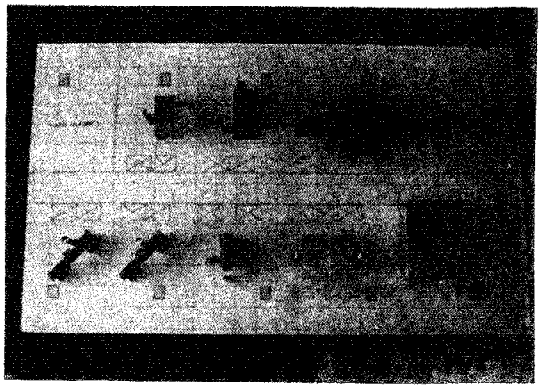
Slika 4 - Idealni raspored radnih mjesta - - varijanta II

Stvarni raspored radnih mjesta sadrži ukupni transportni učin 108 420 (TJ m/god) (udaljenost između radnih mjesta mjeri se kao kod modificiranog postupka trokuta), što je 2,97 puta manje od transportnog učina postojećeg proizvodnog sistema.

4. ZAKLJUČAK

Formiranjem grupe po svrsi za obradu dijelova kompresora postignuti su slijedeći rezultati:

- smanjen je broj potrebnih radnih mjesta (proizvodnih sredstava) uz povećanje njihovog srednjeg koeficijenta opterećenja,
- prelazom na serijski tip proizvodnje znatno je smanjeno učešće pripremno-završnog vremena u ukupnom vremenu izrade,
- smanjeno je komadno vrijeme i vanciklusni gubici čime je smanjen ciklus proizvodnje i koeficijent protoka,
- promjenom tipa proizvodne prostorne strukture postignuto je značajno smanjenje transportnih troškova,



Slika 5 - Prostorni raspored radnih mjesta - varijanta II

- poboljšani su uvjeti rada, i
- poboljšano je planiranje i upravljanje proizvodnjom.

LITERATURA

(1) Schmigalla, H.: Methoden zur optimalen Maschinenanordnung, Berlin, VEB Verlag Technik, 1970.

(2) Muther, R.D.: Systematic Layout Planning, Boston, Industrial Education Institute, 1961.

(3) Jaeger, H.: Projektiranje proizvodnih procesa i automatizacija proizvodnje, Zagreb-Novi Sad, Fakultet tehničkih nauka - Institut za industrijske sisteme, 1980.

(4) Veža, I., Bilić H.: Primjena Monte Carlo postupka kod rješavanja problema rasporeda sredstava za proizvodnju, Zbornik radova SYM-OP-IS '83, Herceg Novi, str. 583-592.

I.Veža, M. Rovan, M. Bubić

A CONTRIBUTION TO THE PRACTICAL APPLICATION OF PURPOSE GROUPS

Abstract

The paper contains the analysis of an existing manufacturing system, on the basis of which purpose group is formed for the manufacture of compressor parts.By forming the purpose group, the capacity and economics of the manufacturing system are increased, and the planning and management of the production are simplified.

XIX SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE

Kragujevac, septembar 1985.

POVEĆANJE PROIZVODNOSTI POJEDINIH KAPITALNIH POZICIJA IZ PROIZVODNOG PROGRAMA RO "FABRIKA ALATA I MAŠINA" - SKOPLJE

S. Stojanovski, Mašinski fakultet, Skoplje
D. Jolevski, RO "FAM" pri SOUR "MZ-TITO", Skoplje

Rezime

Imajući u vidu da je veoma često trajanje tehnoloških i proizvodnih ciklusa veće nego što je to optimalno za određene pozicije iz proizvodnog programa, u radnoj organizaciji je izvršena analiza svih činilaca proizvodnog ciklusa (direktnog proizvodnog vremena, transportnog sistema, sistema kontrole, međufaznog uskladištenja, kao i analiza vremenskih gubitaka), sa ciljem skraćenja trajanja proizvodnog ciklusa. Pri tome analizirane pozicije su glavno vreteno i kućište prenosnika glavnog kretanja, koje spadaju među najvažnije u okviru spektra delova.

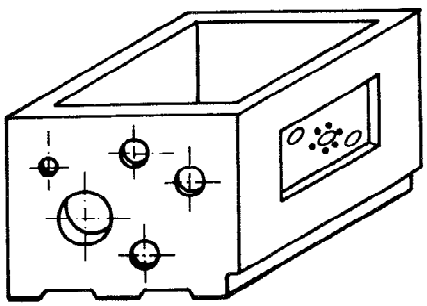
Za odabrane pozicije izvršena je potpuna analiza pri čemu su korišćene odgovarajuće metode prikupljanja i obrade informacija. Iz analize sagledane su mogućnosti skraćenja tehnološkog i proizvodnog ciklusa po svim činiocima istog i način da se to postigne, što bi rezultiralo u povećanju produktivnosti.

1. IZBOR REPREZENTANTNIH POZICIJA

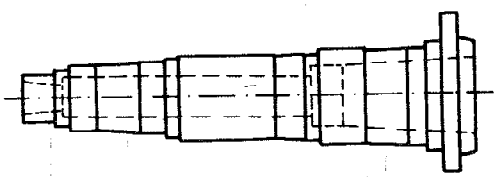
U našoj RO sa formiranjem odelenja za razvoj tehnologije, investicija i studije vremena jedan od zadataka je i permanentno praćenje proizvodnih ciklusa proizvoda i preduzimanje odgovarajućih mera za povećanje proizvodnosti. Pri ovome najbitniji je izbor reprezentantnih pozicija koje će biti analizirane. Zbog toga su postavljeni kriterijumi na koje se baziramo pri izboru.
Ti kriteriumi su:

- vreme trajanja tehnološkog ciklusa,
- vremetrajanje proizvodnog ciklusa,
- cena izrade,
- podaci za dopunsku obradu i
- škart po pozicijama i radnim mestima.

Na bazi ovih kriterijuma iz prenosnika za glavno kretanje izabrani reprezentanti su glavno vreteno i kućište (sl.1. i 2).



Sl.1: Kućište

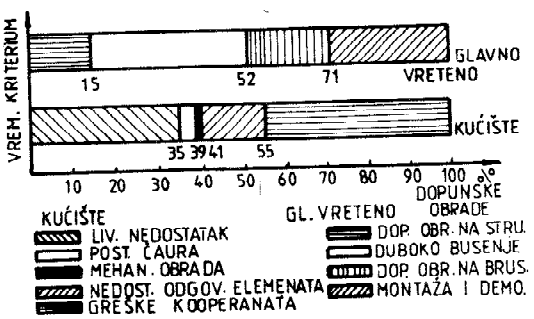


Sl.2: Glavno vreteno

Zadnji kriterijumi iz onih koje su navedeni omogućuju nam da sagledamo tip dopunske obrade i operaciju (radno mesto) na kojoj e određeni nedc statak konstatovan.

Same popravke, t.j. dopunska obrada zauzima 7% od tehnološkog ciklusa kod vretena, a 16% od tehnološkog ciklusa kod kućišta.

Na dijagramu prikazan na sl.3 data je struktura dopunske obrade za obe pozicije po vremenskom kriterijumu.



Sl.3: Dijagram procentualnog učešća dopunske obrade

2. ANALIZA TEHNOLOŠKOG CIKLUSA I MERE ZA SKRAĆENJE

2.1. Metod rada

Za analizu tehnološkog ciklusa korićšeno je:

- analiza tehnoloških postupaka izrade pozicija i njihovo dosledno primenjivanje,
- metod intervjuisanja neposrednih izvršilaca po radnim mestima prema tehnološkom toku,
- statistička obrada nosilaca informacija u proizvodnom pogonu (radnih listi, pratećih kartona po serijama),
- informacije dobivene od službe operativne pripreme proizvodnje (OPP), tehnološke pripreme i službe plana i analize.

2.2. Konstatacije stanja i način rešenja

Pozicije koje su analizirane u našoj RO proizvode se već niz godina; u tom periodu preduzimane su mere za uvođenje novih tehničkih rešenja za poboljšanje izrade i montaže.

Pri analizi svih operacija iz tehnološkog procesa i primenom metodologije date u tački 2.1 konstatovani su sledeći elementi:

a) Za poziciju - kućište

- nepotpunost tehnoloških postupaka (u smislu da neki rezni, merni i kontrolni alati koji se primenjuju - nisu uneti). U ovom smislu obavljena je korekcija,
- problemi sa tvrdoćom kućišta zbog čega imamo i dopunsku obradu i troškove. Zbog ovoga uneta je i neminovna kontrola svih kućišta iz serije. Za kućišta sa HB< 200, zbog toga što je uticaj tvrdoće najveći kod otvora za glavno vreteno, ne idemo po tehnološkom postupku već se pristupa proširenju otvora za postavljanje čaura.

Tu je bila i razmatrana mogućnost da se ovaj nedostatak kompenzuje sa termičkom obradom, no posle metalografske analize ta mogućnost je otpala.

- uticaj temperature na merama glavnog otvora pri finom struganju na mašini 2620 B; odgovarajuća mera - klimatizacija mašine,
- mogućnost primene kombinovanog načina kretanje serije u proizvodnji sa skraćenjem tehnološkog ciklusa za cca 17%. Ovaj elemenat traži visok nivo organizacije rada operativne pripreme proizvodnje i u sadašnjim uslovima nije moguće primeniti, ali postoji težnja da se stvore uslovi u II fazi realizacije zaključaka (vidi tačku 4).

b) Za poziciju - glavno vreteno

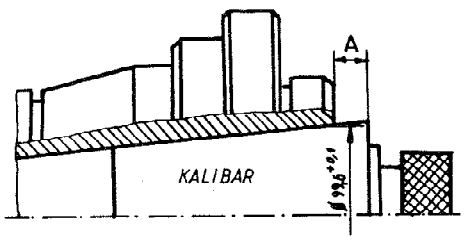
- neispunjavanje norme za operaciju - duboko bušenje.

Razlozi su nezapažanje napadnih uglova topovske burgije pri preoštravanju, zbog čega dolazi do bržeg otupljenja i kršenje alata, kako i neujednačenost tvrdoće materijala dela.

- neujednačena tvrdoća po dužini konusa i sakupljanje istog. Ovo dovodi do toga da se dodatak za brušenje (0,4 - 0,53) pre termičke obrade poveća na (0,7 - 0,9) mm, čime se povećava i vreme obrade brušenjem i smanjenje tvrdoće zbog većeg skinutog sloja brušenjem.

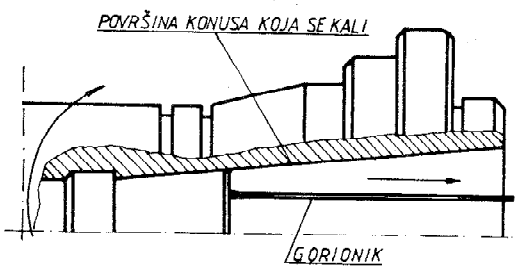
Za otklanjanje nedostataka potrebno je sprovesti ispitivanje u sledećem smislu:

Kontrolisati meru $\phi 99{,}6^{+0{,}1}$ (sl.4) kalibrom pri čemu se registruje mera A. Ovo treba uraditi za celu seriju. Posle obavljanje termičke obrade treba ponoviti kontrolu i statistički utvrditi promenu mere u cilju njenog fiksiranja.



Sl.4. Kontrola konusa kalibrom radi utvrđivanje mere A

Sa sadašnjim načinom termičke obrade (sl.5) postiže se neujednačena tvrdoća zbog čega setreba konstruisati naprava za vođenje gorionika po konusu, kako bi dobili ujednačenu tvrdoću po celoj dužini.



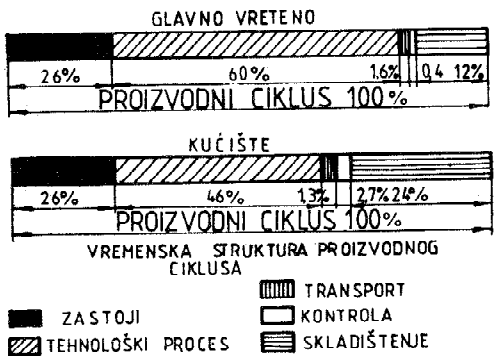
Sl.5. Sadašnji postupak termičke obrade (kalenje)

- dugotrajnost operacije "starenje" 48 sati plus 8 sati hlađenja. Predlog je primena vibrostarenja. U ovom smislu već je izrađena naprava za vibro starenje.

- mogućnost primene kombinovanog načina kretanja serije u proizvodnji, konstatacije su ekvivalentne kao i za poziciju - kućište.

3. ANALIZA OSTALIH DELOVA PROIZVODNOG CIKLUSA SA MERAMA ZA VREMENSKO SKRAĆENJE

U ovoj analizi obuhvaćeni su transport, kontrola, vremenske gubitke zbog neusoglašenog procesa (među operacisko uskladištenje), kao i analizu neproizvodnog vremena. Struktura proizvodnog ciklusa za obe pozicije data je na sl.6.



Sl.6: Struktura proizvodnog ciklusa

3.1. Unutrašnji transport

Radi analize unutrašnjeg transporta izrađeni su hodogrami koji grafički prikazuju kretanja transportnih sredstava u međuoperaciskom transportu /1/. Iz hodograma se može konstatovati da imamo nekoliko povratnih hodova koji dovode do povećanja transportnih puteva.

Imajući u vidu da se radi o kapitalnim pozicijama čija se obrada obavlja na velikim mašinama po gabaritima i težini, konstatovano je da ne bi bilo opravdano, sprovođenje najoptimalnijeg rasporeda mašina sa aspekta skraćenja transportnih puteva, jer bi svako pomeranje izazvalo povećanje troškova i vremena koji bi se pokazali neopravdani. Ovakav korak kasnije pri analizi vremenskih gubitaka i učešća unutrašnjeg transporta u proizvodnom ciklusu pokazao se opravdanim, jer je to učešće vrlo malo (vidi dijagram za strukturu proizvodnog ciklusa sl.6 i tab.1 za procenat vremenskih gubitaka (tačka 3.4)).

3.2. Kontrola

U našoj radnoj organizacii egzistiraju tri tipa kontrole. Sadašnja uloga prijemne kontrole ne zadovoljava.

Kontrola ulaznih materijala (odlivaka i odkivaka) je vizuelna, jer služba prijemne kontrole nije dovoljno opremljena uređajima za ulaznu kontrolu. Ovo dovodi do toga da određene greške u materijalu uoče se tek kada je deo obrađen ili se nalazi na nekoj određenoj operaciji što dovodi do povećanja troškova i vremena dopunske obrade. Za poboljšanje ulazne kontrole preduzete su odgovarajuće mere u smislu - snabdevanjem sa uređajem za defektoskopsko ispitivanje (ultrazvuk i penetransko ispitivanje).

U međuoperaciskoj kontroli konstatovali smo da za poziciju - glavno vreteno imamo doslednu primenu iste, a kod pozicije - kućište javljaju se određeni propusti, za koje se preduzimaju mere radi njihovog otklanjanja.

U pogledu završne kontrole konstatovano je da njena lokacija nije najbolje izabrana i da nije dovoljno obezbeđena uređajima za kontrolu.

Imajući u vidu da se radi o delovima koje u sklopu proizvoda izvozimo, postavljaju se najstroži zahtevi u smislu kvaliteta. Sa tog aspekta preduzete su mere i u toku su radnje u oddelenju za preciznu kontrolu (opremljeno sa najsovremenijim mernim mašinama i uređajima) sa kojim će se znatno poboljšati kvalitet kontrole i skratiti vreme iste.

3.3. Vremenski gubici zbog neusaglašenosti procesa (međufazno skladištenje)

Ovi gubici zahvataju znatan deo proizvodnog ciklusa kod obe pozicije. Struktura zastoja posmatrana sa aspekta razloga je:

23% - otpada na neusaglašenost procesa, a 77% na vreme čekanja da bi se radni komadi uzeli da se rade u kooperaciji.

Smanjenje ovih gubitaka vidimo u boljoj organizaciji operativnog planiranja (fino planiranje), navremenom obezbeđenju delova za montažu, a koji pristižu od kooperanata, obezbeđenje povoljnije pozicije pri nošenju delova na termičku obradu (starenje, kalenje, otpušanje) u smislu smanjenja vremena čekanja da se komadi preuzmu za obradu.

U cilju olakšanja operativnog planiranja (otežano radi širokog asortimana delova koji se rade u matičnom pogonu) preduzimaju se početni koraci radi čega je i izvršena analiza proizvodnog programa naše RO. Ovom analizom obavljeno je grupisanje delova po kriterijumima - vreme, cena, tehnološka grupa i dat predlog koje pozicije da ostanu da se rade u matičnom pogonu RO "FAM", a šta da se da da se radi u fabrici sastava, podsastava i delova - Vitini, koja se nalazi u fazi izgradnje,

a šta u prostoru dobivenim u likvidiranoj fabrici - "Agroma".

Ovim bi bilo obezbeđeno skupljanje (suženje) asortimana i bolji uslovi za fino planiranje.

3.4. Analiza neproizvodnog vremena

Za ovu analizu primenjena je MTZ - metoda. Ova je metoda odabrana jer traži (iziskuje) u odnosu na metodu SRD (snimak radnog dana) manje troškove za njeno sprovođenje i manje je prepreka u pogonu pri snimanja. Kod ove metode dobijamo realnije rezultate, jer je obuhvaćeno više radnih mesta, t.j. mašina, koje su analizirane metodom matematičke statistike /2/ i /3/.

Posle obavljene pripreme i realizovanog snimanja sistematizirane rezultate dajemo u tabeli 1.

Iz tabele se može uočiti procenat pojedinih zastoja po smeni. Pri snimanju obuhvaćena je oprema iz I-tehnološke linije.

Tabela 1.

Z a s t o j	I smena (%)	II smena (%)
- službeni razgovor	3,10	1,09
- davanje podataka	2,78	1,62
- održavanje radnog mesta	3,59	4,44
- održavanje alata	1,26	0,86
- održavanje uslova radne okoline	0,07	0,22
- otstranjivanje nepodesnog materijala	0,00	0,26
- uzimanje alata i pribora	2,68	2,00
- održavanje HTZ propisa	0,00	0,00
- kvar mašine	1,70	1,70
- čekanje kontrole	1,40	1,30
- čekanje transportnog sredstava	2,70	3,80
- nema alata, pomagala	0,37	0,37
- nema dokumentacije	0,53	0,56
- lične potrebe	1,58	1,96
- nedisciplina	2,88	3,90
- čekanje novog posla	1,15	0,30
- nema čoveka (bolovanje, godišnji odmor, plaćeno otsustvo)	0,45	15,50

Tu nije uzeto u obzir vreme pauze, t.j. vreme za jednu smenu T_{sm} = 450 min.

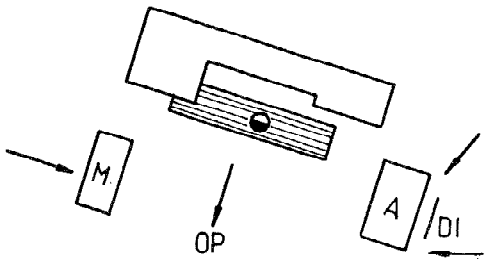
Procenat vremenskih gubitaka po smeni iznosi:

- prva smena P_I = 26,4%
- druga smena P_{II} = 40,3%

Granice rasturanja procenata zastoja iznosi:

R_p^q = 0,3446; R_p^d = 0,3191

Za smanjenje neproizvodnog vremena (vremenski gubici)na bazi pokazatelja vremenskih zastoja i sagledavanja koji su se nametnuli u toku ispitivanja istih došlo se do toga da se za kapitalne pozicije mora ići na organizaciju zatvorenog radnog mesta (sl.7) /4/.



M - materijal
OP - opšte potrebe
A - alat
DI - dokumentacija i informacije

Sl.7: Zatvoreno radno mesto

Time, gubici zbog službenog razgovora, uzimanja alata i pribora, nemanje alata, pomagala itd. bili bi dovedeni na najmanju moguću meru.

Ostale gubitke trebalo bi smanjiti indirektnim načinom preko bolje organizacije službe remonta i održavanja, unutrašnjeg transporta i kontrole.

4. MOGUĆNOSTI SMANJENJA TEHNOLOŠKOG I PROIZVODNOG CIKLUSA

Predložene su dve faze sprovođenja zaključaka:

- I faza preduzimanje mera za skraćenje ciklusa bez uzimanja u obzir kombinovanog načina kretanja serije,
- II faza sa kombinovanim načinom kretanja serije.

Preduzimanjem mera i ostvarenjem nekih predpostavki računski je utvrđeno:

a) Za poziciju - glavno vreteno

U I fazi - smanjenje tehnološkog ciklusa za 28%, a u drugoj fazi za 38,8%

Pod pretpostavkom smanjenje neproizvodnog i indirektnog proizvodnog vremena za cca 30% proizvodni ciklus skratio bi se za:

I faza 30%
- II faza 36%

b) Za poziciju - kućište

U I fazi smanjenje tehnološkog ciklusa iznosilo bi oko 9%, a u II fazi sa kombinovanim načinom kretanja serije moguće je skraćenje za cca 26%.

Proizvodni ciklus mogao bi se smanjiti u I fazi za 20%, a u drugoj fazi za 29%.

5. Z A K L J U Č A K

U saopštenju je napravljen pokušaj da se prikažu napori koji se ulažu u našoj RO za permanentno povećanje proizvodnosti kod pojedinih kapitalnih pozicija, a time i proizvoda u celini. Prikazane su sagledavanja koji se odnose na dve kapitalne poziciję iz proizvodnog programa, koje spadaju među najvažnije u okviru spektra delova. Zbog nemogućnosti da se određene pretpostavke i praktično potvrde, jer su ispitivanja u toku, očekuju se konkretnije dopunske informacije o postignutim rezultatima da budu date na savetovanju.

L I T E R A T U R A

/1/ Ruškovski K. Vnatrešen transport, Univerzitet "Kiril i Metodij", Skopje, 1980

/2/ Taboršak D. Studij rada, "Tehnička knjiga", Zagreb, 1971.

/3/ Car M.,Krznar M. Šimon K., Studij rada, zbirka zadataka i rešenja I,"Sveučilišna naklada Liber", Zagreb, 1983

/4/ Ruškovski K.,Jovanoski D. Podgotovka na proizvodstvoto, Univerzitet "Kiril i Metodij", Skopje, 1982.

S.Stojanovski, D.Jolevski

INCREASING PRODUCTION RATE OF SOME CAPITAL POSITIONS FROM THE PRODUCTION PROGRAM OF THE RO "FABRIKA ALATA I MAŠINA" - SKOPLJE

Abstract

Bearing in mind that very often duration of the technological and manufacturing cycles is longer than optimal for a given position from the production program, an analysis was performed of all the components of the production cycle (direct machining time, transport system, quality control system, inter-phase storage, and analysis of time losses), aimed at shortening the duration of the production cycle.The positions analysed are the main axle and main transmission enclosure, these belonging to the most important in the parts spectrum.
For the chosen positions the complete analysis was performed, employing suitable methods for the acquisition and processing of information.
On the basis of the analysis, possibilities were observed for shortening technological and production cycles by all the elements thereof.
The ways to realise this were also found, which would all result in increased productivity.

XIX SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE
Kragujevac, septembar 1985.

PRODUKTIVNOST LIVNICA U FUNKCIJI STEPENA MEHANIZACIJE I AUTOMATIZACIJE

Z. Lončar, Mašinski fakultet, Mostar
M. Behmen, Mašinski fakultet, Mostar

Rezime

Radom su date teoretske osnove uticaja mehanizacije i automatizacije na produktivnost u livarstvu. Na modelu realizovanog rješenja dati su uticaji pojedinih faza mehanizacije i automatizacije na proizvodnost jedne livnice. Posebnim osvrtom su date perspektive razvoja opreme u ovoj oblasti.

1. U V O D

U oblasti livenja iz godine u godinu se primjećuje napredak u radu u pravcu pune mehanizacije i automatizacije kompleksnih postrojenja. Produkcija mašina i uredjaja iz ove oblasti pokaziva veliku elastičnost što se ispoljava tehničkim dogradjivanjem uredjaja za mehanizaciju procesa pripreme i transporta mase za izradu kalupa i mase za lijevanje. U oblasti mašina i uredjaja za livenje tehnologija bezkalupnog livenja ispoljava najintenzivniji razvoj kao i stalnu tendenciju porasta površine kalupa . Takodjer, tehnologija livenja pod pritiskom predstavlja trenutno najrašireniju tehnologiju livenja i dominira u opremanju novih livnica. U industrijski razvijenim zemljama tendencija ka racionalizacijama i poboljšanja u tehnologijama visokih proizvodnih kapaciteta dovela je do smanjenja novih kapaciteta i niskog porasta prodaje. Ova situacija vodi stalnom smanjenju broja livnica u industrijalizovanim zemljama. Nasuprot ovome zemlje u razvoju sve više ulažu u nove livnice. Najčešće ove livnice nisu visoko specijalizovane nego liju veći broj različitih proizvoda što se ogleda u niskoj akumulativnosti i lošem kvalitetu. Brzo prevazilaženje ovakvog stanja nije moguće bez usvajanja rješenja i tehnologija koja su u industrijalizovanim zemljama već usvojena. Budućnost više nego ranije će neminovno tjerati ka većoj podjeli rada izmedju razvijenih i zemalja u razvoju.

Za razvoj livarstva u našoj zemlji od velikog je značaja i način na koji se planira izgradnja livnica. Planski i namjenski gradjena livnica omogućuje lakše i jeftinije uvodjenje automatizacije. U većini livnica kod nas ne postoji uskladjena politika povećanja produktivnosti, poboljšanja kvaliteta i odgovarajućih cijena proizvoda. Ustaljena je pogrešna praksa

da se uveze oprema a kasnije se gleda na produktivnost, kvalitet i cijenu. Navike zaposlenih u ovim kapacitetima sporo se mijenjaju.

2. STEPEN AUTOMATIZACIJE LIVNICA

U uvodnom dijelu pomenuti su tipovi livnica sa različitim tehnologijama. Trend razvoja nije jednako zahvatio sve tipove livnica. Objektivno, nije jednako moguće automatizirati tehnologiju livenja pod pritiskom i livenje u kalupima sa pijeskom. Naravno presudan uticaj ima i proizvod pa tako izradci sa složenim jezgrom još nemaju konačno rješenje automatskog kalupovanja.

Najteže rješenje je naći u pojedinačnoj - maloserijskoj proizvodnji i u sistemima sa povremenom pripremom tečnog livnog materijala. Mehanizacija i automatizacija radnih faza kao što je promjena modulnih ploča ili skladištenje gotovih kalupa za livenje predstavljaju djelomično rješenje problema. Potpunom automatizacijom mogu se okarakterisati sistemi u kojima je automatizirano više faza i operacija a u livnicama sa tehnologijom livenja u kalupe to su sljedeće faze:

- izmjena modelnih ploča bez prekidanja procesa,
- premještanje polukalupa sa mašine za kalupovanje za transporter,
- umetanje kalupnog jezgra,
- transport kalupa do livnog mjesta,
- livenje u kalupe,
- transport kalupa u sektoru livenja i hladjenja,
- rastavljanje ohladjene kalupne forme,
- čišćenje odlivaka.

Pobrojane faze čine primarni krug u kome su odredjeni elementi neophodni za tehnologiju kreću u zatvorenom krugu. Za besprijekorno odvijanje procesa presudnu ulogu imaju sekundarni dijelovi sistema za koje se u svim prilikama ne može naći optimalno automatizirano rješenje ali dobro organizovano djelovanje smatra se neophodnim. U livnicama kalupnog tipa to su:

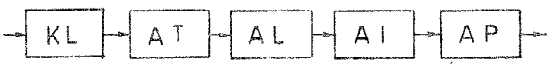
- skladište livačkog pijeska,
- skladište livnog materijala,
- transport pijeska,
- transport livnog materijala,
- sistem otprašivanja i ventilacije,
- kontrola odlivaka,
- transport odlivaka do adjustaže,
- termička obrada.

U dobro organizovanim livnicama ovim dijelovima sistema pridaje se jednako pažnje kao i primarnom krugu a visoko produktivne livnice automatizirane su i u ovom dijelu.

3. POVEĆANJE PRODUKTIVNOSTI

Na jednom primjeru nedavno postavljene automatizirane livnice može se izračunavanjem produktivnosti i poredjenjem sa prijašnjim stanjem doći do pokazatelja koji ukazuju na značaj automatizacije kad je u pitanje produktivnost.

Proizvodni ciklus automatizirane livnice može se predstaviti blok dijagramom.



1. K.L. Automatska kalupna linija
2. A.T. Automatizirani transport
3. A.L. Automatizirano livenje
4. A.I. Automatizirano istresanje
5. A.P. Automatizirano pjeskarenje

Produktivnost automatizirane livnice u funkciji je produktivnosti svake operacije ciklusa.

$$P = f(P_1, P_2, P_3, P_4, P_5)$$

Produktivnost kalupne linije može se ocijeniti uporedjujući produktivnost stare kaluparnice koja je ostvarila u prosjeku 25 kalupnih sanduka na sat sa 18 radnika pa je:

$$P_{1s} = \frac{25}{18} = 1,55$$

Nova kaluparnica ima automatizirani rad u nizu zahvata i kompletan automatizirani transport. Ritam automatizirane kaluparnice je 6o kalupnih sanduka na sat a radi 8 radnika u smjeni te je produktivnost

$$P_{1N} = \frac{60}{8} = 6,15 \text{ ili } 295\% \text{ više od strane}$$

Automatizirani transport ima izrazitije povećanje produktivnosti. U staroj livnici ručno je transportovano 25 sanduka na sat a u tom radu je učestvovalo prosječno 4 radnika po smjeni te je:

$$P_{2S} = \frac{25}{4} = 6,25$$

Novi automatizirani transport ima samo jednog operatora na komandnom pultu a zadovoljava ritam nove kalupne linije,odnosno:

$$P_{2N} = \frac{60}{1} = 60$$ što je oko 83o% više.

Uvodjenjem krana za lijevanje sa mogučnostima pozicionog kretanja dobiva se na kvalitetu livenja ali se produktivnost ograničava kapacitetom peći za topljenje. Pod uslovima sadašnjeg kapaciteta peći produktivnost se ne povećava bitno. Povećanjem kapaciteta peći povećava se i produktivnost livnice koja u uslovima automatiziranog livenja može biti zadovoljena sa 4 radnika u smjeni te je:

$P_{3N} = \frac{60}{4} = 15$ prema $P_{3S} = \frac{25}{4} = 6,25$ ili 135% više od starog načina.

U istim odnosima stoje i produktivnosti na istresanju i automatiziranom pjeskarenju. Na ovim radnim mjestima radilo je 4 odnosno 6 radnika po smjeni a sada radi samo 1 na istresanju i 1 na pjeskarenju.

Konačna produktivnost se može ocijeniti na osnovu 6o odlivaka na sat u poredjenju sa 25 u staroj tehnologiji tako da je:

$$P_S = \frac{25}{R_{1S}+R_{2S}+R_{3S}+R_{4S}+R_{5S}} = \frac{25}{36} = 0,69$$

$$P_N = \frac{60}{R_{1N}+R_{2N}+R_{3N}+R_{4N}+R_{5N}} = \frac{60}{15} = 4$$

što predstavlja povećanje od 47o%

Neophodno je prije svega sagledati sve aspekte planiranja izgradnje livnica u našim uslovima prevesti to i u uslovima modernizacije postojećih kapaciteta pa tek onda pristupiti kupovini tehnologije. Vrlo često se bez studioznog pristupa ulazi u krupne investicije. Planiranje livnica nije imuno od toga. Svjedoci smo premašenih investicija u kojima je bila ugradjena najsavremenija tehnologija.

4. PLANIRANJE NOVIH LIVNICA I PRODUKTIVNOST

Presudni faktori koji utiču na planiranje novih livničkih kapaciteta kod nas u nekoliko se razlikuju od onih u razvijenim zemljama. Obzirom na nepostojanje kvalitetnog kadra i domaće opreme kod planiranja u našim uslovima biraju se tehnologije koje trebaju manje kvalifikovani radnici, oprema koja se lako održava ali i usavršavanje osoblja. Većina jugoslovenskih livnica je malog i srednjeg kapaciteta, od 5oo-2o ooo tona godišnje i većina se sreće sa sličnim problemima. Loš kvalitet odlivaka, veliki procenat škarta, loš dizajn i dugo vrijeme po toni liva(u nekim livnicama vrijeme livenja je i do 3oo h/t. za čelični liv a nešto manji za liveno gvoždže). Boriti se za višu i visoku produktivnost u uslovima koje garantuju samo ekstenzivnu proizvodnju nije moguće rješavajući parcijalan problem po problem.

Planiranje na bazi nedovoljnog broja informacija ili pogrešnih informacija dovodi do pogrešnih studija. Iz površnih razvijaju se projekti na osnovu kojih se grade livnice prevelikih kapaciteta. Nepoznavanje podataka o potrebama i mogučnostima izvoza livene robe dovodi do toga da buduća livnica nikad nedostigne planirani kapacitet. Interesantno je znati da su potrebe jugoslovenskog tržišta za odlivcima ispod 3o kg po stanovniku i da na veliki broj postojećih livnica nije trebalo širiti kapacitete.

Izuzetno važan faktor je izbor lokacije na kojoj se podižu livnički kapaciteti. Po uzoru na razvijene zemlje livnice bi trebalo da budu van naseljenih mjesta čime se smanjuju troškovi za zaštitu čovjekove okoline, ali kako su u nas propisi sa ovog aspekta veoma blagi to su svi veći livnički kapaciteti baš u većim gradovima a ništa posebno se ne riješava po pitanju modernizacije livnica sa ekološkog aspekta.

Aspekt tehnologije je jednako važan. Treba birati sve najsavremenije, ali vodeći računa da proizvodnja bazira na domaćim sirovinama. Tehnologija i postrojenja treba da zahtijevaju minimum radne snage, da budu visokoproduktivna i jednostavna za rukovanje. U malim livnicama treba izbjegavati visokoautomatizirane mašine.

Posebnu pažnju posvetiti obuci kadra. U novim kapacitetima treba pažljivo birati radno osoblje. U tu svrhu poželjno je koristiti savremne metode izbora kadrova. Inženjerima je neophodno potrebno intenzivnije i opširnije teoretsko i praktično obrazovanje. Kod osoblja koje je radilo na starim postrojenjima zastarjelom tehnologijom potrebno je razbiti zastarjela shvatanja i pogrešne navike. Osobama koje se ne uklapaju ili sporo prihvataju novu tehnologiju treba blagovremeno naći zamjenu. Nesmije se prepustiti pojedincima koji za to nisu kvalifikovani da donose odluke bez konsultovanja sa inženjerima koji opet moraju biti obučeni da otklanjaju svaki mogući problem. Da bi ovo mogao svaki inženjer mora steći solidno radno iskustvo u nekoj modernoj livnici kako bi dorastao većoj odgovornosti.

Nije rijedak slučaj da se organizaciji ne pridaje posebna pažnja. U neposrednoj proizvodnji nije poželjna složena organizaciona šema.

Kontrola kvaliteta svakako mora biti iznad proizvodnje i neovisna o njoj čak i najmanje livnice trebaju voditi računa o tome da imaju tačan opis radnih mjesta, da vode grafikon dnevne proizvodnje te da radnici budu dobro obavješteni i motivisani za rad. Rukovodstvo proizvodnje mora biti dobro teoretski i praktično obrazovano.

Šarenilo uvozne opreme i slabo obučen kadar za održavanje livničkih postrojenja osnovni su razlog dugih zastoja u proizvodnji. Nedostatak rezervnih dijelova i spora supstitucija domaćim uz već pomenute slabosti odaju još jednu od slabosti domaćih livnica. Neke od livnica koje su nedavno uvele inostranu tehnologiju maksimalno koriste servisne usluge proizvodjača što se da opravdati samo donekle, u koliko uz stranog servisera obučavaju i svoje osoblje.

L I T E R A T U R A

1. Prof. dr. inž. Ryszard Chudzikiewiez
   Mehanizacija i automatyzacija odlewni
2. Dr Ruszard Chudizikievic
   Automatische System
3. Mehanizacija i automatizacija
   Godišnji pregled
4. Petar K. Strizik, Krems
   Criterija which intence foundry planning in developing countries
5. A.A. Kozlovski
   Automatizacija projektovanja komandne opreme mašina i postrojenja za livenje.

Z.Lončar, M.Behmen

FOUNDRY PRODUCTIVITY AS A FUNCTION OF MECHANISATION AND AUTOMATISATION

Abstract

Theoretical basis of the effects of mechanisation and automatisation upon the productivity in foundries is presented in the paper.The model of a realised solution serves as a vehicle for studying the effects of individual phases of mechanisation and automatisation upon the production rate of a foundry.Perspectives for the development of the equipment for these purposes are also commented upon.

XIX SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE
Kragujevac, septembar 1985.

SEKUNDARNA ZAŠTITA OD BUKE U PROIZVODNIM POGONIMA

M. Plančak, Fakultet tehničkih nauka, Institut za proizvodno mašinstvo, Novi Sad
D. Vilotić, Fakultet tehničkih nauka, Institut za proizvodno mašinstvo, Novi Sad
V. Vujović, Fakultet tehničkih nauka, Institut za proizvodno mašinstvo, Novi Sad

R E Z I M E

Problem buke koja se javlja u industrijskim pogonima dobija sve više na značaju. Rešenje ovog problema (potpuno ili delimično) moguće je na više načina. Uobičajeno je da se mere kojima se problem buke rešava dele na primarne i sekundarne. U ovom radu dat je pregled nekih od najznačajnijih mera za zaštitu od buke. Takodje su dati i neki ekonomski aspekti (troškovi) primene tih mera. Za potrebe jedne fabrike vijaka izradjeno je prototipno rešenje oklopa za zaštitu od buke koje je prikazano u radu. Ovim oklopom postiglo se smanjenje buke od 100 dB(A) na 86 dB(A), što je ispod dozvoljene granice.

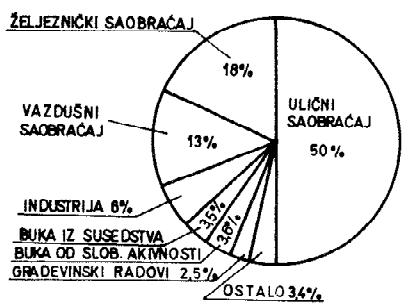
1. UVOD

Visoka produktivnost i kvalitet proizvodnje u industrijskim pogonima može se postići samo onda ako su obezbedjeni optimalni uslovi rada na mestu gde se odvija proizvodnja. Jedan od veoma značajnih faktora koji utiče na ove uslove jeste buka na radnom mestu. Naglim razvojem tehnike ovaj problem se veoma aktuelizira, obzirom da taj razvoj doprinosi povećanju broja izvora buke kao i intenziteta buke. Negativno dejstvo buke na radnike koji su joj izloženi, pa prema tome i na ukupne rezultate rada, odavno su uočene ali se tek u poslednjih desetak godina u industrijski razvijenim zemljama preduzimaju konkretne mere u cilju smanjenja štetnog dejstva buke. Karakter tih mera je veoma različit, već u zavisnosti od konkretnih uslova, raspoloživih sredstava i dr., ali im je zajednički cilj isti: neutralisati ili smanjiti štetno dejstvo buke na čovečiji organizam pa time i na proizvodnju u celini. U okviru mašinskih pogona problem zaštite od buke se pojavljuje naročito tamo gde se primenjuju neke od tehnologija obrade deformisanjem, obzirom da ove tehnologija razvijaju buku znatnog intenziteta. Na Institutu za proizvodno mašinstvo Fakulteta tehničkih nauka u Novom Sadu uočen je značaj ove problematike. Jedan tim stručnjaka sa tog Instituta već nekoliko godina posvetio se izučavanju problema buke u industrijskim pogonima a u sklopu tog rada nastalo je i rešenje zaštite od buke koja nastaje u hali jedne vojvodjanske fabrike vijaka.

2. IZVORI BUKE

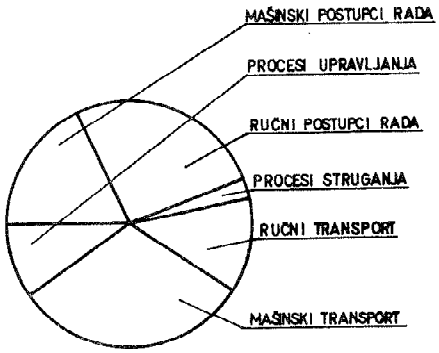
Svaki neželjeni zvuk odredjenog intenziteta koji ometa rad ili odmor je buka. Izvori buke u sredini koja nas okružuje veoma su različiti.

Detaljna istraživanja u industrijski razvijenim zemljama pokazala su da je u svakodnevnom životu građjana najveći izvor buke ulični saobraćaj (automobili, autobusi, tramvaji i dr.). Zajedno sa železničkim i vazdušnim saobraćajem to čini više od 80% izvora buke u jednom gradskom naselju (sl.1). Kada je reč o industrijskoj



Sl.1. Pregled izvora buke u jednom gradskom naselju

buci, takodje je moguće dati odredjenu specifikaciju izvora buke (sl.2). Sa datog prikaza uočava se da znatan udeo imaju postupci mašinske obrade.



Sl.2. Specifikacija industrijske buke

Na primeru mehaničke prese biće analizirano gde i kako nastaje buka kod rada jedne mašine:

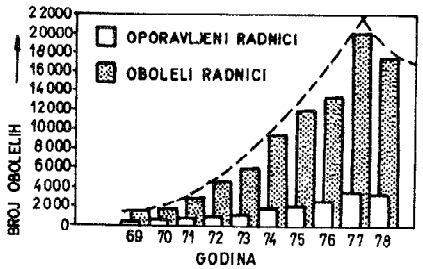
a) Buka za vreme praznog hoda mašine nastaje usled rada motora i prenosnika.
b) Kod rada bez opterećenja buka nastaje usled kretanja nosača alata, u ležajevima, usled aktiviranja dopunskih agregata i dr.
c) Za vreme rada punim opterećenjem buka nastaje kao rezultat medjudejstva mašine, alata i materijala. Buka nastaje u trenucima opterećenja i rasterećenja mašine i ona je utoliko veća ukoliko su sile koje se pri tome javljaju veće a vreme njihovog delovanja kraće (što je najčešće slučaj kod nekih obrada deformisanjem).
d) Buda se pojavljuje i prilikom uključivanja i i isključivanja mašine (spojnica,kočnica).

U industrijski razvijenim zemljama postoji popis po kojem na mašinama, pored osnovnih podataka (snaga,broj obrtaja i sl.), mora postojati i podatak o tome koliku buku dotična mašina razvija.

3. ŠTETNO DEJSTVO BUKE NA ORGANIZAM ČOVEKA

Buka ima višestruko štetno dejstvo na čovečiji organizam. Najdirektniji uticaj buka ima na čulo sluha ali je pogrešno, inače dosta rasprostranjeno mišljenje, da se tu njen negativan uticaj iscrpljuje. Istraživanja su pokazala da visoki nivo buke utiče na povišenje krvnog pritiska, na cirkulaciju krvi, na poremećaje u centralnom nervnom sistemu, dakle, na celokupno zdravlje čoveka. Dejstvo buke na čoveka je kumulativno i to ne samo u toku osmočasovnog radnog vremena nego tokom čitavog radnog veka.

Radni vek ljudi koji su za duži period izloženi visokom nivou buke znatno je smanjen. Na sl.3 prikazani su rezultati istraživanja u vezi štetnog dejstva buke na čovečiji organizam vršenih u SR Nemačkoj |1|. Za duži niz godina (absisna osa na dijagramu) registrovan je broj obolelih radnika usled izloženosti buci. Uočava se da je taj broj naglo rastao sve do 1977. god., a da od tog doba opada. Smanjenje broja obolelih svakako je rezultat sve intenzivnije primene nekih od vidova zaštite od buke.



Sl.3. Broj obolelih radnika usled izloženosti buci

Medjunarodna organizacija za standardizaciju ISO poseduje poseban Komitet za normiranje i standardizaciju pojmova i parametara buke. Na osnovnim principima ove organizacije baziran je i Jugoslovenski pravilnik o opštim merama i normativima zaštite na radu od buke (Sl.list SFRJ, 8.7.1971.). U ovom Pravilniku definiše se, izmedju ostalog, i dozvoljeni nivo buke za različite delatnosti (Tab.1). Uočava se da maksimalno dozvoljeni nivo buke iznosi 90 dB i to za odredjene vrste delatnosti.

4. ZAŠTITA OD BUKE

U poslednjih desetak godina razvijen je čitav niz mera u cilju smanjenja buke i njenog štetnog dejstva na čovečiji organizam.

Uopšteno posmatrano postoje tri različita pravca borbe protiv buke:

1. Fiziološki (kontrakcija mišića, neurološki fenomen odbrane, adaptacija)
2. Tehnički (primarna i sekundarna zaštita od buke
3. Pravni (pojedinačne žalbe, peticije, odluke, norme i standardi)

U daljem tekstu razmatraće se samo tehničke mere zaštite.

T.1. Dopušteni nivoi buke s obzirom na vrstu delatnosti

VRSTA DELATNOSTI	Dopušteni nivoi buke u dB(A) 1. za buku koju stvara oruđje za rad ili uredjaj kojim radnik neposredno radi	2. za buku koju stvara oruđje za rad ili uredjaj kojim radnik ne rukuje	3. za buku koju stvaraju neproizvodni izvori
Fizički rad bez zahteva za mentalnim naprezanjem i zapažanjem okoline sluhom.	90	84	80
Fizički rad usmeren na tačnost i koncentraciju; povremeno praćenje i kontrola okoline sluhom; upravljanje transportnim sredstvima.	80	74	70
Rad koji se obavljao po čestim govornim komandama i akustičkim signalima. Rad koji zahteva stalno praćenje okoline sluhom. Rad pretežno mentalnog karaktera, ali rutinski.	-	70	60
Rad pretežno mentalnog karaktera koji zahteva koncentraciju, ali rutinski rad.	70	64	55
Mentalni rad usmeren na kontrolu rada grupe ljudi koja obavlja pretežno fizički rad. Rad koji zahteva koncentraciju neposredno komuniciranje govorom i telefonom.	-	60	50
Mentalni rad usmeren na kontrolu rada grupe ljudi koja obavlja pretežno mentalni rad. Rad koji zahteva koncentraciju, neposredno komuniciranje govorom i telefonom. Rad isključivo vezan za razgovor preko komunikacionih sredstava (telefon i dr.).	-	55	45
Mentalni rad koji zahteva koncentraciju, isključivanje iz okoline, preciznu psihomotoriku, ili komuniciranje sa grupom ljudi.	-	-	40
Mentalni rad, kao izrada koncepcija, rad vezan za veliku odgovornost, komuniciranje radi dogovora sa grupom ljudi.	-	-	35

4.1. Primarne mere zaštite od buke

Pod primarnim merama zaštite od buke podrazumevaju se sve one mere kojima se pokušava sprečiti nastanak buke na samom izvoru. Kada je reč o industrijskim postrojenjima, primarne mere se sprovode na samim mašinama i postrojenjima koji proizvode buku. U tom smislu potrebno je već na bazi projektovanja i konstrukcije istih voditi računa kako bi one proizvodila što manje buke.

Od širokog spektra primarnih mera za zaštitu od buke u mašinskim pogonima ovde će biti navedene samo neke:

- primena elektro-motora i prenosnika koji stvaraju malu buku. Potrebno je konstruisati zubčaste prenosnike sa zakošenim i duplo zakošenim zubima, sa uskim tolerancijama uz obezbedjenje dobrog podmazivanja;
- primena pneumatskih i hidrauličnih sistema kočnica-spojnica, umesto mehaničkih;
- primena specijalnih prenosnika koji, za isti broj obrtaja, smanjuju brzinu alata u trenutku prvog kontakta sa materijalom;
- primena livenih umesto zavarenih nosećih struktura (kućište) mašine;
- kod operacija razdvajanja alat (žig) predvideti sa kosom reznom ivicom;
- smanjenje zazora izmedju žiga i matrice od 12% na 6% od debljine lima smanjuje buku za 5 dB(A);
- postavljanje mašina na specijalne podložne ploče, koje smanjuju intenzitet vibracija a samim tim i buku.

Opšta karakteristika svih primarnih mera jeste ta da su one ograničenog dejstva, tj. primenom tih mera problem buke se najčešće ne može potpuno rešiti nego samo ublažiti. Ove mere, iako teoretski posmatrano najlogičnije (onemoguću-

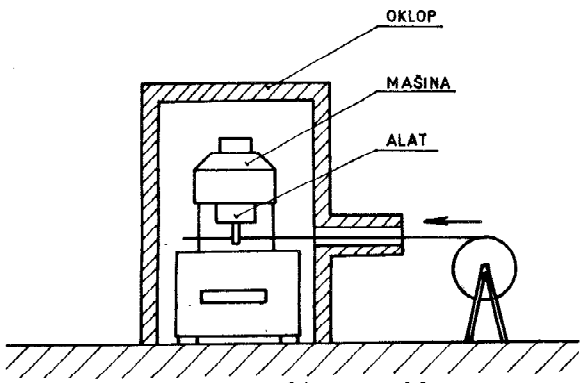
ju nastanak buke), u praktičnim slučajevima mogu poslužiti samo onda kada je potrebno smanjiti intenzitet buke za 5-10 dB(A). U svim ostalim slučajevima (koji su daleko češći) do zadovoljavajućih rezultata dolazi se primenom sekundarnih mera zaštite.

4.2. Sekundarna mere zaštite od buke

To su sve one mere kojima se sprečava širenje već nastale buke u prostor gde se nalazi čovek. Sve mere i sredstva sekundarne zaštite moguće je svrstati u nekoliko grupa:

1. lična zaštitna sredstva od buke
2. pregradni zidovi
3. absorberi zvuka
4. folije u koje se oblaže izvor buke
5. zaštitne kabine i oklopi.

Najefikasnija sekundarna mera je zaštitna kabina, tj. oklop. Zaštitnim kabinama izoluju se prostori u kojima se čovek (ili više njih) zaštićuju od buke iz ostalog dela prostora. Zvučno izolacioni oklopi izoluju sām izvor buke.



Sl.4. Presa postavljena u oklop

U zavisnosti od karaktera izvora buke, postoje razne konstruktivne varijante kabina (oklopa) za zaštitu od buke. U principu, pored osnovnog zadatka (zaštite od buke) kod konstrukcije ovih kabina potrebno je na zadovoljavajući način rešiti i probleme dovodjenja polufabrikata u radni prostor, odvod gotovih delova, ventilacije, zamene alata i sl. Primenom kabina (oklopa) može se smanjiti buka za 10-35 dB(A).

5. TROŠKOVI ZAŠTITE OD BUKE

Zaštita od buke, bilo da je primarna ili sekundarna, iziskuje dodatne troškove. U industrijski razvijenim zemljama već se prilikom projektovanja novih pogona planiraju i finansijska sredstva za zaštitu od buke.

Iz materijala koje je objavio VDMA (Verein Deutschen Maschinenbau Anstalten) može se konkretno sagledati i finansijski aspekt ove problematike. U pomenutim materijalima dati su rezultati istraživanja u jednom broju firmi u SRN a u vezi izdataka na zaštitu od buke. Neki od najinteresantnijih rezultata pokazani su u tabelama T. 2, 3 i 4. U T.2 pokazano je koliko se sredstava izdvaja na zaštitu od buke i to u zavisnosti od veličine firme. Sledeća tabela(T.3) prikazuje troškove za zaštitu od buke po jednom radniku. I najzad, u T.4 prikazano je koliko košta smanjenje buke za 1 dB(A).

T.2.

Broj zaposlenih u firmu (veličina firme)	Utrošena sredstva na merama zaštite od buke
260	54.000. DM
680	89.000 DM
2100	283.000 DM
6540	1.133.000 DM
20300	1.525.000 DM

T.3.

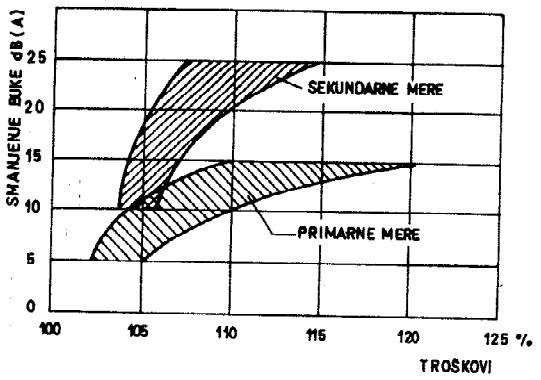
Troškovi za smanjenja buke po jednom radniku	Broj ispitanih firmi
115 DM	59
332 DM	41
657 DM	61
2.333 DM	116
6.402 DM	30
16.317 DM	23
62.500 DM	1

T.4.

Troškovi za smanjenje buke za 1 dB(A)	Broj ispitanih firmi
130 DM	53
346 DM	34
675 DM	53
2.117 DM	130
6.794 DM	35
18.150 DM	52
82.600 DM	7

Prema istraživanjima VDMA, primarne mere za inače isti efekt smanjenja buke, zahtevaju veće materijalne izdatke. Na sl.5 prikazana je zavisnost izmedju vrednosti smanjenja buke i troškova potrebnih za to smanjenje. Povećanje troškova podrazumeva se u odnosu na mašinu bez primenjenih mera zaštite. Tako npr. ako se na odredjenoj mašini zahteva smanjenje buke za 15 db(A),

potrebno je utrošiti 7% (u odnosu na vrednost mašine) ako se sprovode sekundarne mere ili 14% ako se sprovode primarne mere zaštite.

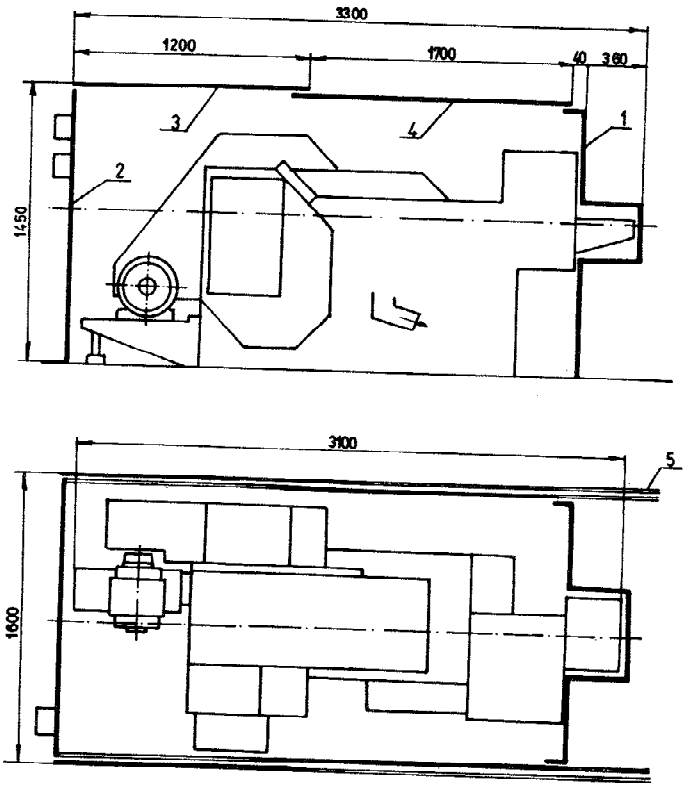


Sl.5. Troškovi zaštite od buke

6. JEDNO REŠENJE ZAŠTITE OD BUKE U POGONU INDUSTRIJE VIJAKA

Kao što je poznato, tehnologije obrade deformisanjem odlikuju se time što razvijaju buku značajnog intenziteta. U tom pogledu karakteristična je proizvodnja vijčane robe hladnom deformacijom. U jednom vojvodjanskom pogonu za proizvodnju vijaka, mašine za hladno oblikovanje vijaka razvijaju buku intenziteta 100 dB(A). Pred stručnjake Instituta za proizvodno mašinstvo postavljen je zadatak smanjenje te buke na dozvoljeni nivo. Nakon detaljne analize svih relevantnih karakteristika pojedinačnih mašina, pogona u celini kao i svih elemenata tehnološkog procesa, izradjena je projektna i konstruktivna dokumentacija oklopa a zatim je u Laboratoriji za obradu deformisanjem po toj dokumentaciji uradjeno i prototipno rešenje oklopa za zaštitu od buke. Oklopi su koncipirani na bazi mobilnog teleskopskog sistema, a rešenje je patentirano kod Saveznog zavoda za patente. U opštim crtama, oklop se sastoji iz 5 osnovnih delova (sl.6): prednji nepokretni zid (1), zadnji nepokretni zid (2), veća pokretna hauba (3), manja pokretna hauba (4) i šine po kojima se kreću haube (5). Nepokretni zidovi (prednji i zadnji) čvrsto su vezani za pod hale. Isto tako su za pod hale pričvršćene i šine po kojima se kreću obe haube. Veća hauba pričvršćena je za zadnji zid ali ju je vrlo jednostavno moguće osloboditi i pokretati po šinama. Unutar manje haube nalazi se radni prostor mašine tako da je ova hauba mobilna u svakom trenutku. Sa veoma malom silom moguće je pomeriti manju haubu i na taj način učiniti radni prostor pristupačnim. Na zadnjem nepokretnom zidu nalaze se otvori za ventilaciju radnog prostora a na prednjem zidu otvor za ulazak polufabrikata (žice). Gotovi delovi (vijci) iznose se iz radnog prostora kroz za to predvidjena vrata na manjoj haubi, ali je u toku rad na poboljšanju ovog rešenja.

Zidovi oklopa su višeslojni i uradjeni su iz specijalnih materijala. Potrebno je napomenuti da broj pokretnih hauba nije ograničen (kao u konkretno prikazanom slučaju) i da se ovaj teleskopski sistem može veoma jednostavno prilagoditi sasvim različitim mašinama, sa različitim doturom materijala, posluživanjem, položajem radnog prostora i dr.



1. Prednji nepokretni zid
2. Zadnji nepokretni zid
3. Veća pokretna hauba
4. Manja pokretna hauba
5. Šine po kojima se kreću haube

Sl.6. Teleskopski sistem oklopa za zaštitu od buke

Oklopi su montirani u proizvodnoj hali, nakon čega je izvršeno merenje buke. Merenjem je ustanovljeno da su oklopi snizili buku sa 100 dB(A) na 86 dB(A), dakle, ispod dozvoljene granice.

7. ZAKLJUČAK

Nesumnjivo je da problem zaštite od buke uopšte, a posebno u industrijskim pogonima sve više dobija na aktuelnosti. Sve strožiji zakonski propisi u tom smislu i formalno primoravaju veliki broj radnih organizacija da pristupe rešavanju ovog značajnog problema.

Visoki nivo buke posebno se razvija u pogonima gde se primenjuju obrade metala deformisanjem, mada u tom pogledu ni malo ne zaostaju pogoni tekstilne industrije, drvne industrije, štamparski pogoni itd.

Za uspešno rešavanje problema zaštite od buke u industrijskim pogonima neophodno je, sa jedne strane, poznavanje buke kao fizičke pojave, sa svim njenim karakteristikama, a sa druge strane detaljno poznavanje mašine ili procesa koji predstavljaju izvor buke. Takodje je neophodno poznavati karakteristike izolacionih materijala koji se primenjuju za zaštitu.

Zaštitne mere ne smeju ni u kom slučaju ometati redovan tehnološki proces, ili pak na bilo koji način ugroziti sigurnost radnika. Ako u jednom pogonu postoji više izvora buke (mašina) onda je neophodno da se zaštitne mere (oklopi) primene na sve te izvore. Oklapanjem samo jednog broja a ne svih mašina koje stvaraju buku, problem zaštite se ne rešava.

I u našoj zemlji u poslednje vreme postoje značajne aktivnosti na planu zaštite od buke. Formirana je VIBEX zajednica koja okuplja nekoliko institucija, sa ciljem sistematskog rešavanja problema zaštite od buke. Takodje postoje i proizvodjači ove opreme u SR Sloveniji. Ipak, prema našim informacijama, u jugoslovenskoj industriji primena efikasnih zaštitnih mera je apsolutno neadekvatna potrebama, a pojedinačna rešenja koja se tu i tamo mogu sresti mahom su stranog (dakle deviznog) porekla. Ovo je utoliko nerazumljivije što je domaća industrija potpuno u mogućnosti da proizvodi opremu za zaštitu od buke i na taj način smanji uvoz, pa čak, uz izvesne uslove, da se ta oprema i izvozi.

Za potrebe jedne RO iz oblasti vijčane industrije u Vojvodini na Institutu za proizvodno mašinstvo FTN-a u N.Sadu, izradjeni su oklopi za zaštitu od buke koji su nivo buke snizili ispod dozvoljene propisane granice. Oklopi su izradjeni u potpunosti od domaćih materijala. U pripremi je izrada jedne veće serije takvih oklopa.

LITERATURA

|1| VDI-Richtlinien VDI 2720 Schallschutz durch AB-schirmung in Räumen

|2| Plančak,Vilotić,Vujović: Studija karakteristika, uslova osvajanja i mogućnosti plasmana opreme za zaštitu od buke (interna studija), Novi Sad, 1982.

|3| VDI-Bericht 437: Neue Technologien und Materialien zum Schallschutz

M.Plančak,D.Vilotić, V.Vujović

SECONDARY PROTECTION FROM THE NOISE IN INDUSTRIAL PLANTS

Abstract

The noise problem in industrial plants is becoming more and more important.Full or partial solution to this problem is possible in a number of ways.It is customary to differentiate between the primary and secondary measures that are used to allevaite the problem of noise.The paper presents a survey of some of the most important measures for noise control.Economic aspects of the application of these measures are also given.For noise protection in a screws manufacturing plant, prototype noise shield was made, and it is described in the paper.The application of this shield results a reduction in the noise level from 100 dB(A) to 86 dB(A), the later value being below the allowed limit.

XIX SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE

Kragujevac, septembar 1985.

ERGONOMSKE KARAKTERISTIKE KAO KRITERIJI ZA ROBOTIZACIJU PROIZVODNIH PROCESA

S. Olević, Viša tehnička škola, Bihać

R E Z I M E

U radu je prikazan jedan jednostavan primjer posluživanja preše sa limom u funkciji radnih sposobnosti radnikâ, koji povlače lim s koluta. Analizirane su dinamičke mogućnosti radnika odakle su utvrdjene granične potezne sile, koje su istodobno karakteristični podaci za robote, koji se mogu uključiti u proces. Analizom je utvrdjeno nepostojanje odgovarajućih antropomehaničkih karakteristika kako u svjetskoj tako i u domaćoj literaturi za proučavani oblik radnih pokreta kod povlačenja lima. Na kraju se dodaju smjernice za istraživanje tih radnih pokreta.

U V O D

U postojećoj dostupnoj literaturi što se odnosi na uvodjenje robotizacije i automatizirane tehnike u proizvodnju (1,2), opaža se nedostatak jednog, reklo bi se, čitavog područja koje se odnosi na formiranje kriterija u oblikovanju robotskog radnog prostora. Kod ovog se misli doslovno na radno mjesto, kao što to vidimo kada je u pitanju čovjekovo radno mjesto.

Sasvim je logično, da će svaki pristup rješavanju ovakvog problema ići analognim putem, jer u procjeni izbora nekog mjesta gdje umjesto čovjeka dolazi robot takav je slijed neminovan. Očito se slijed nešto mijenja, ako se pretpostavi da će se robotom zamjeniti više ljudi, što medjutim možemo smatrati u prvi mah jednostavnim sumiranjem radnih veličina (sile, pomaci, brzine itd.).

Ova se kratka studija odnosi na prikaz procesa robotizacije na jednostavnom primjeru posluživanja preše sa limom koji se odmotava s jednog koluta.

Analizirani sistem ljudi - stroj

Izabrani se sistem "ljudi-stroj" sastoji od preše u koju s koluta (uobičajene početne mase 3 tone) snabdjevaju s limom tri radnika, od kojih jedan zakreće kolo pričvršćeno na osovini koluta, a druga dvojica ritmički potežu lim ručno kako je prikazano na slici 1. Iz dimenzija se na slice može procjeniti veličina sistema, koji u slučaju dvosmjenskog rada, aktivira cijelo radno vrijeme na šestoricu radnika.

Kako bi ocjenili veličine potrebnih sila koje moraju radnici realizirati, nužno je procjeniti potrebne brzine i ubrzanja prolaženja lima. Stvarni zakon puta, brzine i ubrzanje zavisi od uvježbanosti radnika, a istodobno treba naglasiti nije stalan, jer može biti promjenjen i radi nesklada rada sve trojice radnika. Medjutim, uvjetno možemo problem pojednostaviti tako, da pretpostavimo idealizirano jednoliko ubrzano gibanje trake lima. Na taj je način, uz otpore koji mogu postojati u ležajevima i kod odvajanja lima, moguće odrediti momente i sile koje moraju realizirati radnici, odnosno kasnije roboti. S druge pak strane lim što dolazi u kolutima može i varirati u masi, pa je moguće (radi prostora koji postoji) da on bude maksimalno nešto preko 6 tona mase. Ukoliko su tehnološke potrebe lima stalne, tada se moraju povećati i momenti i sile potezanja što ih radnici moraju realizirati.

S ovim se problemom nameće glavni ergonomski problem u ovoj studiji u obliku pitanja: "Kolike su maksimalne potezne sile koje može ostvariti jedan od radnika?"

Analizom radnih mogućnosti radnik u odnosnoj, relativno broj noj literaturi (3,4,5,6,7,) nismo pronašli slične podatke. To je bilo razlogom da smo proveli preliminarna istraživanja u kojima smo pokušali imitiranjem sličnih radnih pokreta odrediti veličine potrebnih sila.

Prelim inarni bi omehanički pokusi

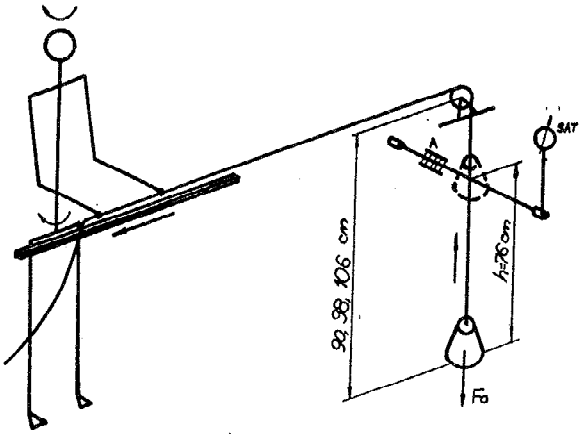
U svrhu utvrdj ivanja srednje vrijednosti poteznih sila načinili smo jedan relat ivno jednostavan pokus koji je shemat izirano prikazan na sl ici 2. Preko nepom ičnog kolot ura koji je imao tri visinske mogućnosti (90, 98 i 106 cm) prebacili smo tanko uže. Na jednoj je strani ispitanik na dva mjesta uhvatio uže. Na zadani je znak ispitanik potegao uže povlačeći ga što je moguće paralelnije sa štapom za održavanje sm jera, rotirajući se u slabinskom području. Podizanjem tereta F_a s plat forme se uključivala el ektronska ura koja se isključivala prel askom tereta kroz područje A, koje je odredjeno na temel ju ántroprometrijskih vrijednosti za osobe srednje vi sine 175 cm, a koji iznosi 76 cm. Na taj je način bila odredjena srednja brzina gi banja tereta koja se je u našim pokusima (na 25 ispitnika) kretala od 1,5 ms^{-1} pa do $sr,max = 5,8\ ms^{-1}$. Odatle smo računom iz zakona ki netičke energije utvrdili, da se je srednja potezna sila kret al a od 30 do 442,6 N, zavi sno od brzina.

Veza izmedju m ogućnosti radnika i sistema

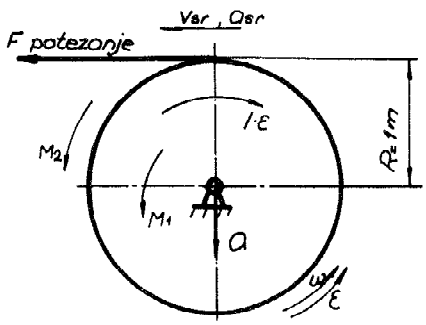
Na temelju ovako odredj enih (prelimina-rnih) veličina poteznih si la, možemo uz dalja pojednostavljenja odredi ti kolike su mogućnosti radnika kada se radi o maksimalnoj masi koluta lima od 6 tona. Prema slici 3. vidimo da će moment što nastaje potezanjem dvojice radnika uz pretpostavljenu m aksi m al nu si lu od 400 N, radniku dati za polumjer R=1m, M_2 = 800 Nm, a uzimamo da je i moment radnika što okreće kotač preko kola M_2=400 Nm, tako da je ukupni moment M=1200 Nm. Ako je početni moment inercije $I = m R^2/2 = 3000\ kgm^2$, tada se očito ubrzanje koluta kreće u granicama od približno $0,45^{-2}$, zavisno koliki su mehanički otpori sistema.

Rasprava i zaključak

Iz ovog slikovi tog ali i vrlo pojednostavljenog primjera a i pokusa, očito je da možemo postaviti grube parametre si stema čovj ek-stroj, koji ne odgovaraju stvarnim stanjima, pogotovo što se tiče onog dijel a koji se odnosi na radnike. Nai me, već se iz pokusa vidi, da se za real izaciju pomaka tereta iz prvog u konačni položaj, što odgovara potezanju trake lima, radnik-potezač mora učiniti vrlo izražene torzijske pokrete u slabinskom području. Iz odgovarajućih m jerenja, npr. rada zidara, koji takodjer vi še izražava torzijske pokrete, poznato je da se vrlo brzo javljaju zdravstvene poteškoće u slabinskoj kral ježnici. Po ovoj je analogiji rad na ovakvom mjestu upravo opasan po zdravlje. Očito je, da se opterećenje radnika može smanjiti uvodjenjem npr. još dvoj ice radnika-potezača. Medjut im, ovakvo rješenje očito poskupljuje ovaj radni proces. Znači, ostaj e pi tanje, da li ići u svjestan rizik zdravlja radnika ili u dopunske troškove (za nabavku robota)? S ergonomskog stajališta ovdj e je stvar jasna, da radnike treba isključiti, medjutim to još uvijek ne znači, da je ovdj e nužno uvesti robote, već treba provesti analizu izmedju

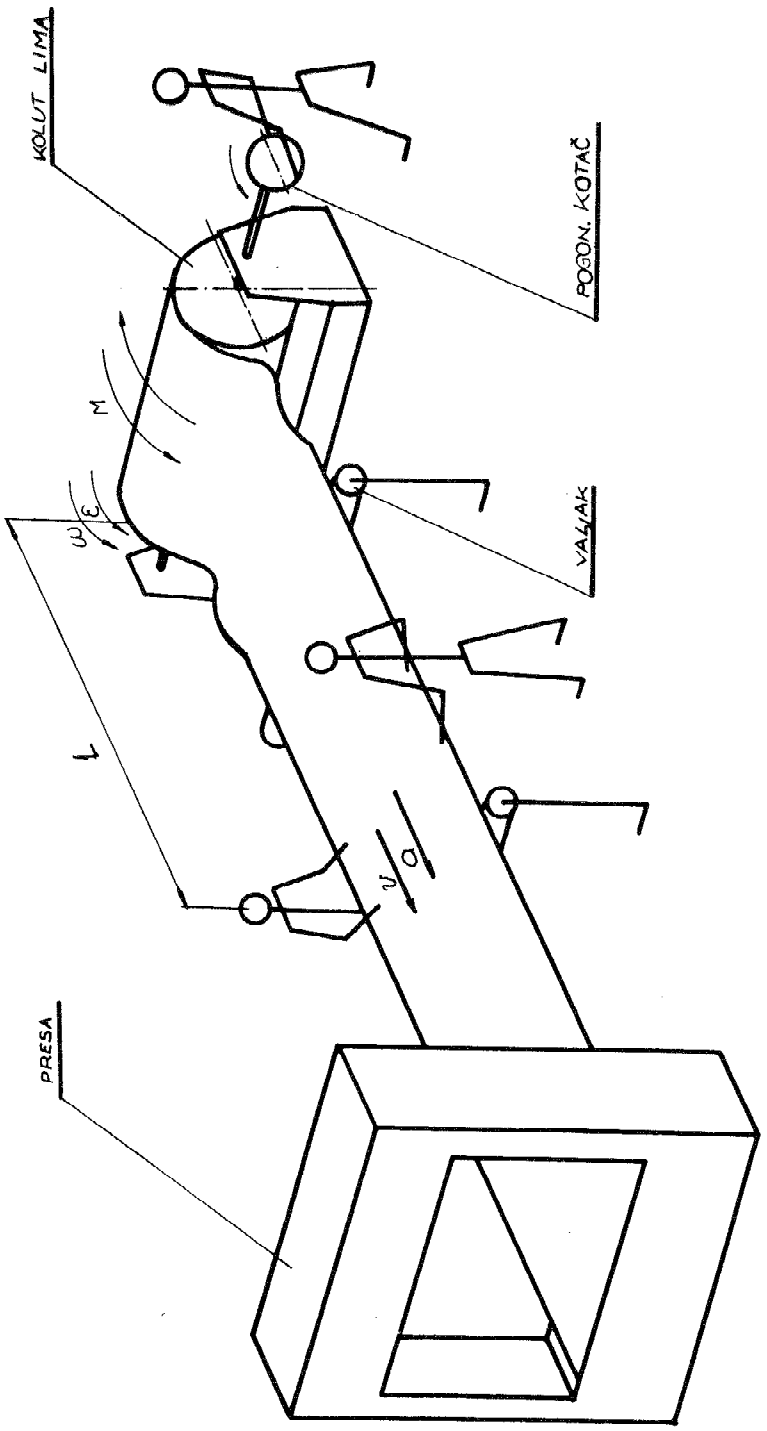


Slika 2. Shema pokusa mjerenja radnih sposobnosti radnika



SLIKA 3. Shema opterećenja ko-luta s limom

izrade nekog poteznog m ehanizma i elektromotornog pogona osovine koluta koji bi sinhronizovano radili. S druge strane ova nam pojednostavljena analiza ukazuje još čitav niz pi tanja koja su nerješena, a koja se odnose na precizna ist raživanj a radnih sposobnosti radnika za razl ičite oblike pokreta.
Primjerice u ovom bi se zadatku trebalo obaviti vrlo tačna mjerenja zakona puta, brzine i ubrzanja gi banja trake, te zakona promjene sile koje su pri tome potrebne, te na real nom sistemu



SLIKA 1

vršiti i antropromet ri jske mehaničke analize rada radnika. Naravno je, da se bi omehanička mjerenja radnika mogu obavljati i u laboratorijskim uvjetima, ali tada je potrebno svakako simul irati gibanje lim a s adekvatnim modelom, kako bi se u istraživanju uključili i pokreti ruku i šaka pa i cijelog tijela. I tako, tek nakon serije mjerenja na broj nim ispitanicima bi se mogla vršiti objektivna i točna procjena radne sposobnosti radnika u sl ičnim procesima.

L i t e r a t u r a

1. Beljanin, P.N.: Promišljenie roboti ili primenenie, Mašinostroenie, Moskva 1983.
2. Autorenkollektiv: Indust ri eroboter-Aufobn, Wirkungsweise und Anwendung, Techn. Hochschule-Zwikan,cu Maschinenbantechnik 24 (1975) pp. 290-303
3. Autorski kolektiv Volkova I.M. i sur: Proizvodstvenaja ergonomika, "Meddicina" Moskva 1979.
4. Grandjean E: Fittnig the Task to the Man, Taylor Q Francis Ltd., London 1980.
5. Šmid M: Ergonomičeskije parametri, Izdateljstvo "MIR" Moskva 1980.
6. Tabovšak D.: Studij rada, Tehnička knjiga, Zagreb 1970.
7. Sušnik J.: Tjelesni položaj pri radu. Medicina rada, Udruž.za med. rada, Sarajevo 1978. pp.87-92

S.Olević

ERGONOMIC CHARACTERISTICS AS THE CRITERION FOR THE APPLICATION OF ROBOTS TO THE MANUFACTURING PROCESSES

Abstract

A very simple example is presented in the paper of feeding a press with sheet metal, in terms of abilities of the workers who pull the metal from the roll.Dynamical abilities of the workers are analysed, to determine limit pull forces, the later being simultaneously the characteristic data for robots that may be included into the process.It was found by the analysis that the relevant anthropometric characteristics do not exist neither in the domestic, nor in the international literature, on the basis of which the movements in sheet metal pulling could be studied.Finally, guidelines are given as to how these movements be investigated.

XIX SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE

Kragujevac, septembar 1985.

ODREDJIVANJE VREDNOSTI KVALITETA PROIZVODA

B. Popović, Beograd

B. Kamberović, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad

S. Kulagić, Mostar

Rezime

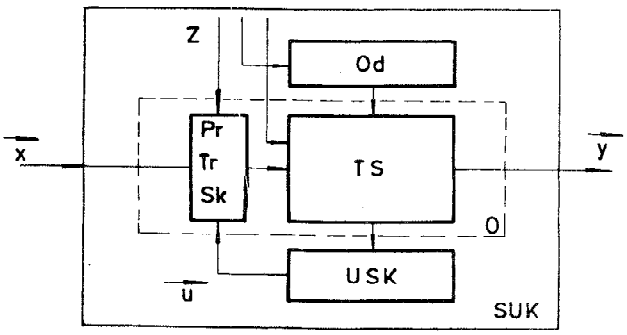
Polazeći od analize tačnosti obrade autori su posmatrali stvaranje kvaliteta i uočili mogućnost razdvajanja kvaliteta proizvoda na kvalitete konstrukcije, obrade i eksploatacije. Definisanjem datih kvaliteta data je mogućnost odredjivanja ukupnog kvaliteta proizvoda što je u radu, na konkretnom primeru prikazano.

1.0 Uvodna razmatranja

Povišenje kvaliteta proizvoda je imperativ savremene industrijske proizvodnje. To je planski zadatak zemalja u razvoju, strategijski zadatak ekonomske stabilizacije i nužnost sa kojom se susrećemo na svetskom tržištu. Nije li rečeno da je gotovo 40% našeg izvoza imalo neodgovarajući kvalitet?

Promene kvaliteta proizvoda ne mogu se prepustiti slučaju. Kvalitetom proizvoda treba upravljati, smišljeno, sistematski i stalno. Ako je OOUR postavljen kao proizvodni sistem onda u njemu moraju da postoje funkcije upravljanja: proizvodnjom, finansijama, materijalom, obezbedjenjem i kvalitetom. Dakle, upravljanje kvalitetom proizvoda jeste jedno od funkcija proizvodnog sistema čiji je osnovni cilj racionalno povišenje kvaliteta proizvoda [6,8].

Istražujući metode upravljanja, tokom proteklog perioda, autori su uočili potrebu preciznog definisanja kvaliteta proizvoda kao ulazne veličine u upravljački podsistem. Na slici 1 prikazan je graf sistema upravljanja kvalitetom (SUK) koji obuhvata podsistem objekta (O) i upravljačkog podsistema (USK), koje povezuje vektor upravljanja u. Objekt obuhvata podsisteme: P_r-konstrukcijske i tehnološke pripreme, T_r-transporta, S_k-skladišta, TS-tehnologije i O_d-održavanja. Na ulazu u sistem nalazi se vektor x ulazne veličine sa planiranim kvalitetom, a na izlazu se nalazi vektor y izlazne veličine sa ostvarenim kvalitetom proizvoda. Ulazna veličina mora, dakle, biti promenljiva i mora da ima izvesnu vrednost. Očito je da pojmovne definicije kvaliteta: "podobnost u upotrebi", "podobnost proizvoda sa zahtevima kupca" i "podobnost robe svojoj nameni" ne pružaju takvu mogućnost.



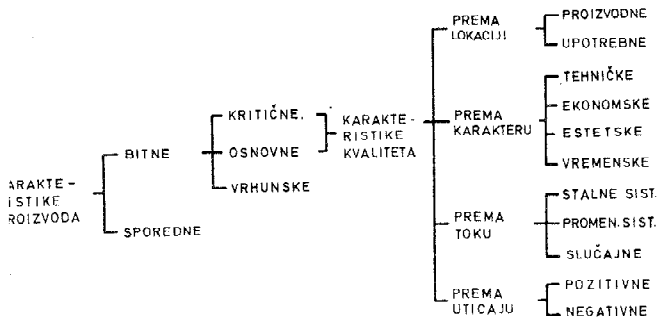
Slika 1.

Projektujući ovakve sisteme autori su došli do prikladnog rešenja koje su već ranije objavili [5, 7]. U ovom radu daje se opis postupka odredjivanja vrednosti kvaliteta proizvoda, koji je ilustrovan sa konkretnim primerom.

2.0 Karakteristike kvaliteta proizvoda

Proizvod je neposredan materijalni rezultat rada proizvodnog sistema, koji se može opisati izvesnim karakteristikama [4]. Ako se medju ovim karakteristikama uoče one koje neposredno ili posredno utiču na njegovu vrednost tada se dobijaju bitne i sporedne karakteristike proizvoda. Bitne karakteristike mogu biti: kritične, osnovne i vrhunske, zavisno od njihovog uticaja na vrednost proizvoda u odnosu na propisane granice. Kritične i osnovne bitne karakteristike su karakteristike kvaliteta proizvod

Kritične karakteristike su neophodne proizvodu da bi dostigao donju granicu kvaliteta dok su osnovne karakteristike dovoljne da bi proizvod imao ekonomičan kvalitet izmedju donje i gornje granice. Dalja podela karakteristika kvaliteta prikazana je shematski na slici 2.



Slika 2.

Proizvodne karakteristike kvaliteta ugradjuju se u proizvod u toku proizvodnog procesa. Tu se ubacuju karakteristike: 1. istraživanja potreba na tržištu i dobijanja ideja za proizvod, 2. razvoja planiranog proizvoda, 3. konstruisanja proizvoda, 4. pripreme izrade poluproizvoda i proizvoda, 5. nabavke sirovina i poluproizvoda za proizvod, 6. obrade sirovina i poluproizvoda, 7. montaže proizvoda i 8. instalisanje proizvoda. U proizvodnom mašinstvu najčešće se susreću ove proizvodne karakteristike: kritične - bezbednost i funkcionalnost proizvoda, osnovne - rok trajanja, rok isporuke i prodajna cena proizvoda i vrhunske - izgled i garantni rok za proizvod.

Upotrebne karakteristike kvaliteta iskazuje proizvod u toku eksploatacije. Tu se ubrajaju karakteristike: 1. režima eksploatacije proizvoda, 2. efektivnosti proizvoda [3] i 3. održavanja proizvoda. U proizvodnom mašinstvu najčešće se susreću ove upotrebne karakteristike: 1. kritične - performanse proizvoda, 2. osnovne - troškovi eksploatacije i pouzdanost proizvoda i 3. vrhunske - pogodnost proizvoda za održavanje.

3.0 Kvaliteti proizvoda

Analizirajući faze ugradnje i iskazivanja kvaliteta mogu se uočiti: fazni i osnovni kvaliteti kao i ukupni kvalitet proizvoda. Fazni kvaliteti u pojedinim fazama proizvodnog procesa mogu se odrediti prema formuli:

$$Q_F = \sum_{i=1}^{m} q_i \cdot k_i \qquad (1)$$

gde su: i=1,2,...m broj karakteristika kvaliteta
q_i... i-ta karakteristika kvaliteta i
k_i... koeficijent karakteristike q_i.

Pozitivna karakteristika kvaliteta, čiji prirast povišava kvalitet proizvoda, može se izračunati prema formuli:

$$q_P = \frac{q_i}{q_{iv}} \qquad (2)$$

a negativna prema formuli:

$$q_N = \frac{q_{iv}}{q_i} \qquad (3)$$

gde su: q_i... karakteristika kvaliteta datog proizvoda i
q_{iv}... karakteristika kvaliteta vrhunskog proizvoda.

Koeficijenti k_i pojedinih karakteristika procenjuju se tako da je ispunjen uslov:

$$\sum_{i=1}^{m} k_i = 100. \qquad (4)$$

Osnovni kvalitet konstrukcije proizvoda izračunava se pomoću faznih kvaliteta: Q_{KI} istraživanja potreba na tržištu, Q_{KR} razvoja i Q_{KK} konstruisanja, tj.

$$Q_K = Q_{KI} + Q_{KR} + Q_{KK}. \qquad (5)$$

Osnovni kvalitet izrade proizvoda 1 izračunava se pomoću faznih kvaliteta: Q_{OP} pripreme, Q_{ON} nabavke, Q_{OO} obrade, Q_{OM} montaže i Q_{OI} instalisanja, tj.

$$Q_O = Q_{OP} + Q_{ON} + Q_{OO} + Q_{OM} + Q_{OI} \qquad (6)$$

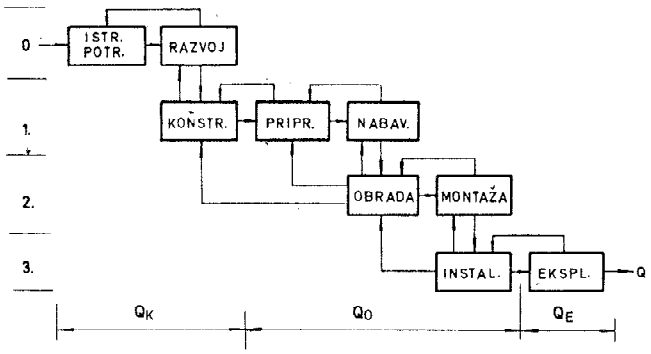
Osnovni kvalitet eksploatacije proizvoda izračunava se pomoću faznih kvaliteta: Q_{ER} režima eksploatacije, Q_{EE} efektivnosti i Q_{EO} održavanja, tj.

$$Q_E = Q_{ER} + Q_{EE} + Q_{EO}. \qquad (7)$$

Konačno ukupni kvalitet proizvoda može se izračunati pomoću osnovnih kvaliteta, prema formuli:

$$Q = \frac{1}{\sum_{i=1}^{m} k_i} (Q_K + Q_O + Q_E) \qquad (8)$$

koja predstavlja novu definiciju kvaliteta proizvoda. Na slici 3 prikazana je shema sa rednim, paralelnim i povratnim spregama uticaja pojedinih faznih kvaliteta

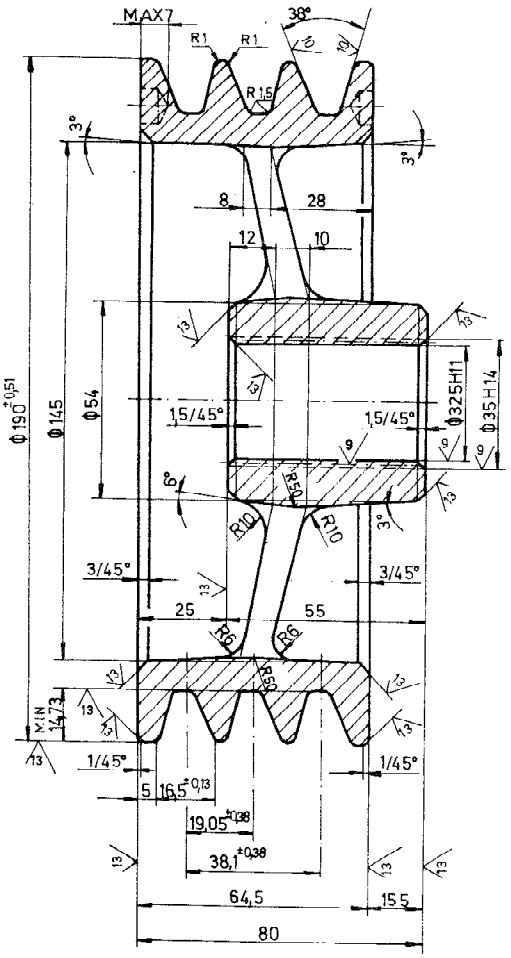


Slika 3.

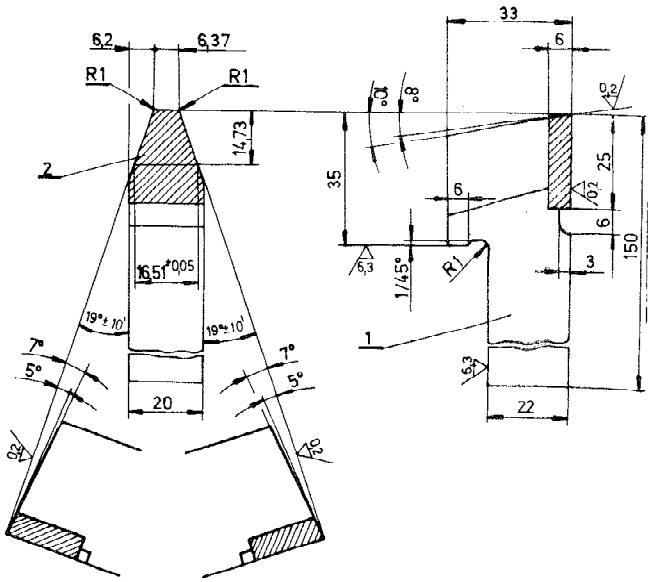
4.0 Odredjivanje kvaliteta proizvoda

Koristeći opisani postupak odredjivanja kvaliteta proizvoda sada se mogu rešavati sledeći zadaci: 1. odvajanje loših od dobrih proizvoda, 2. upravljenje kvalitetom proizvoda u datom proizvodnom sistemu, 3. rangovanje istovrsnih proizvoda prema kvalitetu, izradjenih kod različitih proizvodjača, 4. rangovanje raznovrsnih proizvoda istog proizvodjača, prema kvalitetu itd. Pokazalo se da je neophodna saradnja sa ekspertima, koji veoma dobro poznaju karakteristike proizvoda. Samo u tom slučaju se dobijaju valjane procene koeficijenata k_i, koji daju pouzdane vrednosti kvaliteta proizvoda.

Jedno od interesantnijih rešenja je dobijeno u zadatku odredjivanja kvaliteta raznovrsnih pločica od tvrdog metala (TM) kako bi se, uz pomoć i ekonomske analize, omogućio optimalan izbor. Na slici 4 je prikazan crtež klinastog kaišnika od materijala SL 26, koji se obradjuje u velikoj seriji. Odlivci nemaju ujednačen kvalitet, ime ne homogenosti i troske. Analizom procesa pokazalo se da obradu mogu ostvariti pločice: 1. K10 (Sintal), 2. U10T (Tizit - Plauze) i 3. SN60 (Feldmühle). Pločica K10 se lemi na držač noža (JUS K.C1.153) prema slici 5, a ostale dve pločice se mehanički stežu u držač, prema slici 6. Ocenjujući kvalitete konstrukcija ovih pločica uzete su u obzir sledeće karakteristike: procenti istraženih potreba na svetskom tržištu, procenti otklonjenih reklamacija u odnosu na ranije proizvedene tipove pločica i cena pločica.



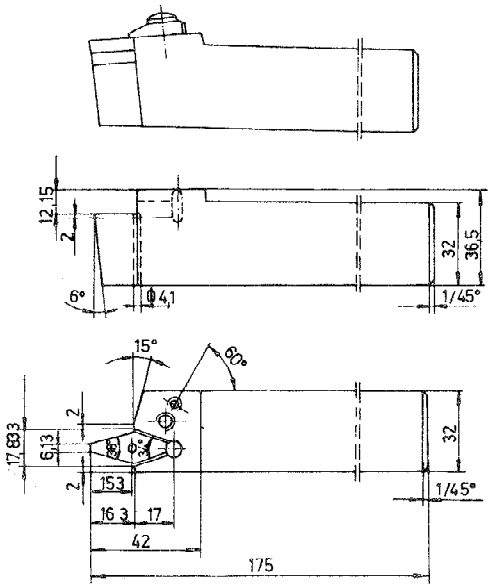
Slika 4.



Slika 5.

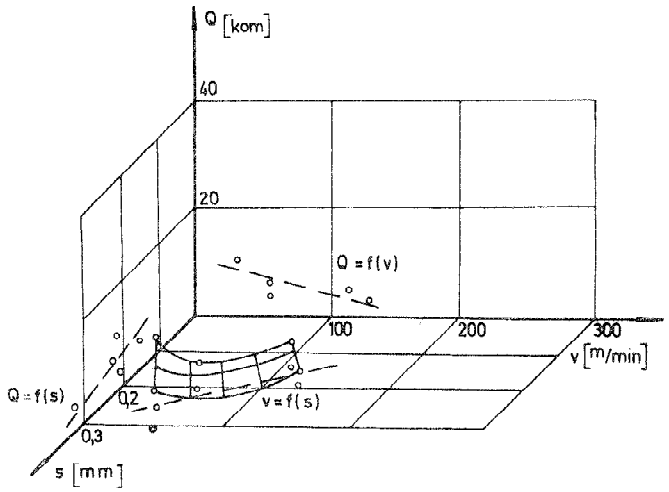
Dobijeni su kvaliteti konstrukcija pločica $Q_{K_1} = 16,3$, $Q_{K_2} = 18,2$ i $Q_{K_3} = 24,6$. Ocenjujući

kvalitete izrade uzete su u obzir sledeće karakteristike: uglovi rezanja, površinska hrapavost grudnih i naležućih površina, greške baziranja pločica i greške stezanja pločica. Dobijeni su kvaliteti izrada pločica $Q_{O_1} = 8,9$, $Q_{O_2} = 9,2$ i $Q_{O_3} = 8,8$.



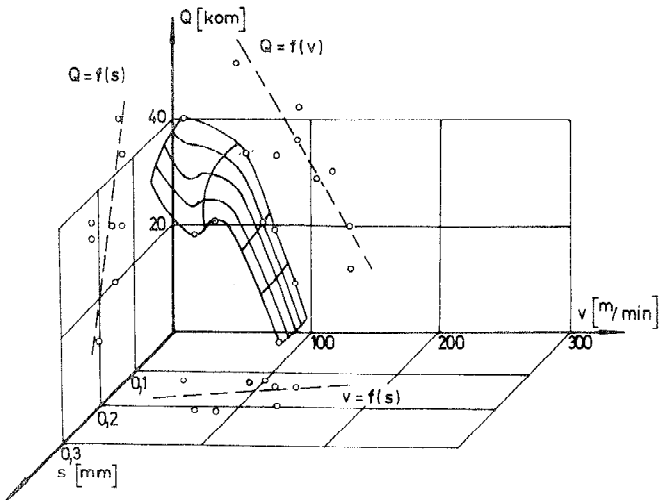
Slika 6.

Ocenjujući kvalitete eksploatacije ovih pločica izvedeno je 19 eksperimenata na programskom strugu Frontor 25-2 (30 kW, 79-1533 min^{-1}) sa glavom Forkardt 250 kao i revolverski strug Migauti 80P (15 kW, 30-1800 min^{-1}) sa pneumatskom glavom. Raznovrsnost pločica je zahtevala da se odrede najpovoljniji uslovi eksploatacije [2]. Ispitano je 5 pločica K10 i obradjeno je 28 kaišnika, a dobijeni rezultati su prikazani na slici 7.



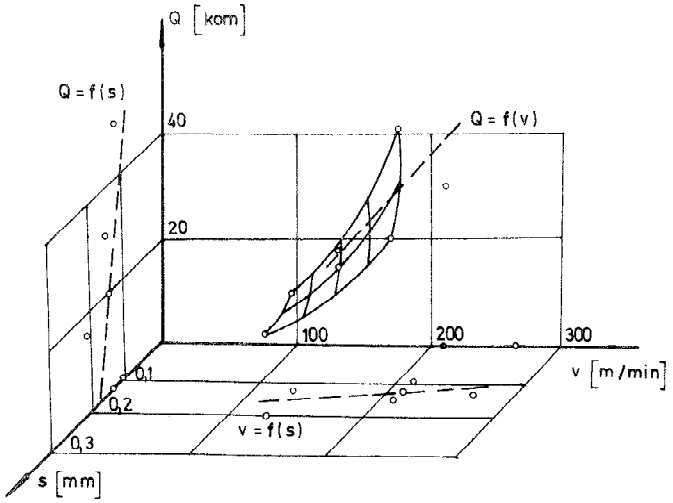
Slika 7.

Ispitano je zatim 8 pločica U10T i obradjena su 253 kaišnika, a dobijeni rezultati su prikazani na slici 8.



Slika 8.

Konačno, ispitano je 6 pločica SN60 i obradjeno je 113 kaišnika, a dobijeni rezultati su prikazani na slici 9.



Slika 9.

Uzete su u obzir sledeće karakteristike kvaliteta eksploatacije: vreme obrade prosečne serije od 100 kaišnika, broj oštrenja pločice u toku obrade serije kao i troškovi oštrenja. Dobijeni su kvaliteti eksploatacije pločica $Q_{E_1} = 13,4$, $Q_{E_2} = 25,3$ i $Q_{E_3} = 48,7$. Koristeći formulu (8) dobijaju se sledeće vrednosti kvaliteta pločica: $Q_1 = 0,386$, $Q_2 = 0,527$ i $Q_3 = 0,821$. Sada se može sa pravom izreći da pločica SN60 ima najviši kvalitet, a da ostale dve pločice znatno zaostaju.

5.0 Zaključci

Savremena industrijska proizvodnja treba da ima proizvodne sisteme u kojima se mora upravljati kvalitetom proizvoda. Ova funkcija zahteva precizniju definiciju kvaliteta proizvoda kao ulazne veličine sistema SUK. Autori su dali novu definiciju polazeći od karakteristika kvaliteta i faznih i osnovnih. Višestruka provera dala je veoma dobre rezultate ali se uočava da su neophodne ekspertne ocene proizvoda i istraživanje eksploatacijskih karakteristika, što je ovde pokazano na jednom praktičnom primeru.

Literatura

1. B.Popović, Obezbedjenje kvaliteta predmeta obrade, Zbornik radova IV JUSK-a, Sarajevo (1969) 99-103.
2. S.Sekulić, Identifikacija primarnih parametara obrade na strugu na osnovu plastične deformacije i termonapona rezanja, Doktorska disertacija, FTN, Novi Sad (1977).
3. J.Todorović, D.Zelenović, Efektivnost sistema u mašinstvu, FTN - MF, Novi Sad - Beograd (1979).
4. D.Popović, S.Vlahović, B.Kamberović, Karakteristike kvaliteta reznog alata, Zbornik radova XIV Savetovanja proizvodnog mašinstva, Čačak (1980) 336-347.
5. B.Popović, S.Kulaglić, Pouzdanost i problemi odredjivanja kvaliteta proizvoda, Zbornik radova IS '84, Novi Sad (1984) 451--457.
6. B.Popović, B.Kamberović, S.Kulaglić, Sistem upravljanja kvalitetom sa heurističkim postupkom, Zbornik radova IS '84, Novi Sad (1984) 441-450.
7. B.Popović, B.Kamberović, Upravljanje kvalitetom proizvoda, Naučna knjiga, Beograd (1985).
8. B.Kamberović, Prilog razvoju opšteg modela sistema za upravljanje kvalitetom, Magistarski rad, FTN - IIS, Novi Sad 1985.

B.Popović, B.Kamberović, S.Kulagić

THE DETERMINATION OF THE VALUE OF PRODUCT QUALITY

Abstract

Starting from the analysis of the machining accuracy, the authors study the creation of quality and note the possibility for separating the product quality into the respective qualities of the design, manufacture, and service. By defining the above component qualities, a possibility is given to determine the overall product quality, which is demonstrated on a specific example in the paper.

XIX SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE

Kragujevac, septembar 1985.

PRILOG PROUČAVANJU STRUKTURE RADA

B. Marić, Fakultet tehničkih nauka, Institut
za industrijske sisteme, Novi Sad

Rezime

Struktura rada u našim radnim organizacijama pokazuje veoma raznoliku vrednost. Pored nejasnoća u definisanju direktnog i indirektnog rada (proizvodnog, odnosno neproizvodnog), javlja se i problem uskladjivanja odnosa u samom indirektnom radu. Rad pokazuje eksperimentalne rezultate istraživanja na uzorku u metalskom kompleksu Vojvodine.

1.0 UVODNA RAZMATRANJA

Početkom ekonomske krize krajem sedamdesetih godina ovoga veka, pojavljuje se sve više u analizi društveno-političkog sistema, odnosno unutar privrede i konačno u teoriji organizacije sve prisutnija tema - pojam proizvodnog i neproizvodnog rada. Činjenica je da produktivnost rada, koja je rasla prosečno po stopi od 7% godišnje u periodu od 1950-1974. godine, od kraja sedamdesetih godina beleži stalan pad, kako u celom svetu, tako i kod nas. Ovakvo stanje, kao i ogromna opterećenost zemlje dugovima, visokom stopom inflacije i ekonomskom kruzom dovodi do proučavanja organizacionih struktura naših radnih organizacija, a u okviru toga i proizvodnog i neproizvodnog rada.

U poslednje vreme veoma često smo svedoci postavljenog pitanja šta je to proizvodni rad, kakav treba da bude, kako ga vrednovati? Isto tako niko ne zna da dâ odgovor na pitanje koliki je proizvodni rad u našim radnim organizacijama, odnosno koliki treba da bude? Da li u poredjenju sa zapadnim zemljama zaostajemo u ovom pokazatelju, odnosno da li smo ispred istoka i koliko? Konačno, koji je to pravi odnos u radnoj organizaciji izmedju proizvodnog i neproizvodnog rada, da li je on blizak odnosu 1:1 (jedan proizvodni radnik prema jednom neproizvodnom), ili taj odnos varira u nekim drugim granicama (dva proizvodna prema jednom neproizvodnom), ili je to možda neki treći odnos. Svedoci smo da sa povećanjem mehanizovanosti, odnosno automatizovanosti rada, opada udeo direktnog - proizvodnog rada, no koliko, teško je dati precizan odgovor.

U ovom radu pokušaćemo da damo odgovore na neka od ovih pitanja.

2.0 DEFINISANJE OSNOVNIH POJMOVA

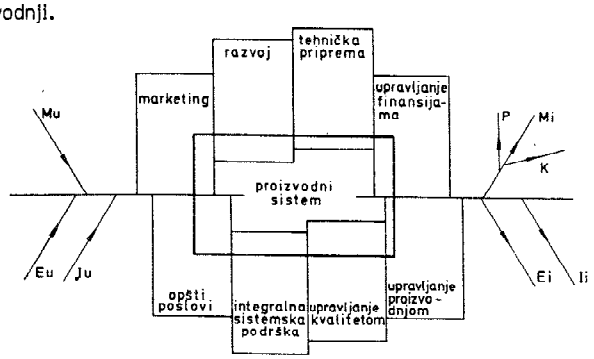
Zbog veoma različitih definicija i interpretacija proizvodnog, odnosno neproizvodnog rada, smatramo da je mnogo bolje uvesti pojmove:

DIREKTAN RAD, kao rad koji se realizuje na neposrednoj izmeni oblika i osobina predmeta rada (dakle rad koga obavljaju izvršioci u neposrednoj obradi i montaži), i

INDIREKTAN RAD, kao rad koga čine osale aktivnosti koje neposredno ili posredno obezbedjuju uslove za racionalno izvodjenje direktnog rada.

U izučavanju strukture rada u radnim organizacijama, polazimo od opšteg sistemskog modela radne organizacije (slika 1.).

Za ovako prikazanu radnu organizaciju, struktura direktnog rada odredjena je radnim mestima u neposrednoj proizvodnji.

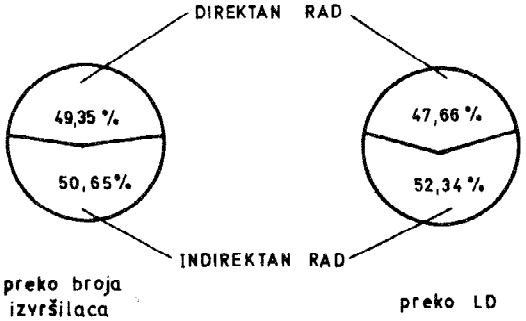


Slika 1.

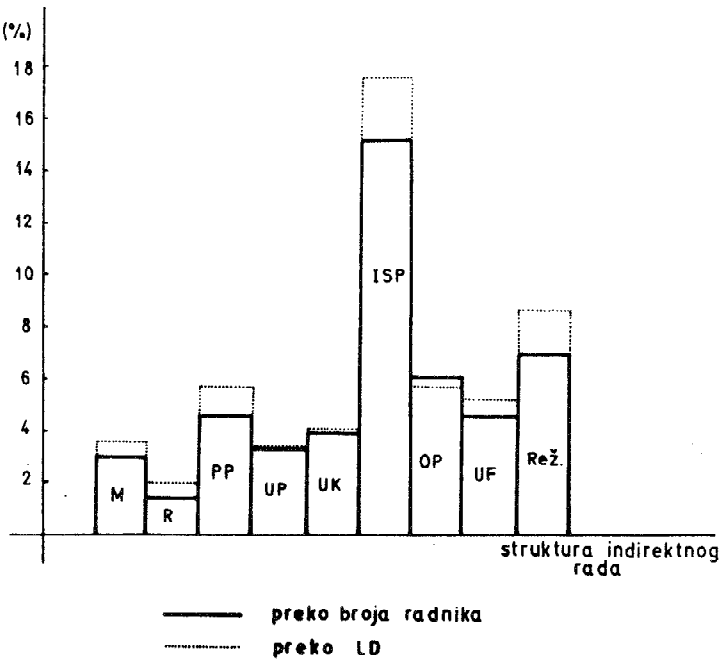
Struktura indirektnog rada data je kroz radna mesta u podsistemima radnog sistema izvan proizvodnje (funkcije u or-

Tabela I [%]

redni broj		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
radna organizacija		FD	MJ	NP	JA	KR	IS	JD	BS	AK	GR	LF	SREDNJA VREDNOST
M	preko broja izvrš.	4,72	2,47	2,62	2,39	1,97	1,92	4,35	1,63	2,62	4,76	3,44	2,99
	preko LD	5,53	3,11	3,12	2,49	2,18	2,81	5,01	2,28	3,39	5,74	3,91	3,59
R	preko broja izvrš.	1,66	1,37	1,18	1,38	0,87	0,91	1,45	0,14	1,09	0,95	4,95	1,45
	preko LD	2,19	1,77	1,57	1,60	1,12	1,30	0,94	0,20	1,71	1,36	8,04	1,98
PP	preko broja izvrš.	3,83	3,26	1,43	6,07	10,52	2,77	5,49	4,26	6,33	4,76	1,69	4,58
	preko LD	4,15	3,84	2,06	7,04	12,30	4,24	6,84	6,37	8,26	5,84	2,69	5,78
UP	preko broja izvrš.	5,66	4,06	1,18	4,74	6,34	2,19	6,76	1,35	1,31	0,95	2,75	3,39
	preko LD	6,06	4,06	1,29	4,73	5,85	2,48	6,13	1,44	1,36	1,00	3,06	3,40
UK	preko broja izvrš.	5,55	2,17	4,05	3,57	5,48	4,32	4,71	3,69	2,62	3,81	2,57	3,86
	preko LD	5,25	2,28	4,04	3,85	4,58	4,58	4,87	3,70	3,45	4,66	3,38	4,05
ISP	preko broja izvrš.	12,56	22,50	23,73	18,49	8,99	22,26	18,55	14,91	7,20	15,23	21,25	15,15
	preko LD	15,15	22,90	28,33	16,33	7,10	24,34	20,53	14,70	7,85	14,05	21,48	17,52
OP	preko broja izvrš.	7,08	4,79	5,87	6,44	2,41	5,39	7,85	4,90	5,67	10,00	6,33	6,06
	preko LD	4,59	4,34	5,71	4,97	1,52	5,56	6,78	5,09	6,08	10,71	6,51	5,62
UF	preko broja izvrš.	5,30	2,97	4,80	4,79	1,37	2,77	9,12	3,19	6,76	5,23	3,44	4,52
	preko LD	5,79	2,80	5,72	4,91	1,48	3,46	9,03	3,77	8,44	6,04	5,05	5,13
Rež.	preko broja izvrš.	12,67	7,18	3,36	3,41	17,76	4,62	1,52	8,45	2,62	8,57	5,64	6,89
	preko LD	19,70	8,10	4,59	4,44	16,98	6,39	2,11	11,66	3,68	8,88	7,80	8,57
DIREKT. RAD	preko broja izvrš.	40,97	49,23	51,78	48,72	44,29	52,81	40,21	57,48	63,78	45,74	47,94	49,35
	preko LD	68,41	46,80	43,57	49,67	46,89	44,84	37,76	50,79	55,78	41,72	38,09	47,66
INDIREK. RAD	preko broja izvrš.	59,03	50,77	48,22	51,28	55,71	47,19	59,79	42,52	36,22	54,26	52,06	50,65
	preko LD	31,59	53,20	56,43	50,33	53,11	55,16	62,24	49,21	44,22	58,28	61,91	52,34



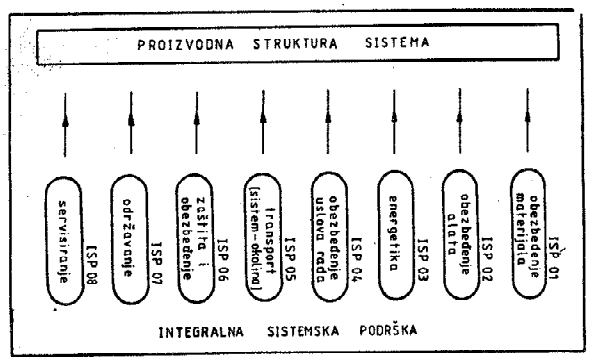
Slika 3.



Slika 4.

ganizaciji) kako sledi:

- marketing M
- razvoj R
- priprema proizvodnje PP
- upravljanje proizvodnjom UP
- upravljanje kvalitetom UK
- integralna sistemska podrška logistika ISP (njena struktura data je na slici broj 2.)
- opšti poslovi OP
- upravljanje finansijama UF, i
- režija Rež. (u koju spadaju poslovodje, tzv. regleri, brigadiri, itd.)



Slika 2.

3.0 REZULTATI ISTRAŽIVANJA

Za ovako definisane pojmove direktnog i indirektnog rada, izvršeno je snimanje strukture rada na uzorku od jedanaest radnih organizacija u Vojvodini.

Struktura rada posmatrana je na dva načina:

- preko broja izvršilaca, i
- preko ličnih dohodaka izvršilaca.

Rezultati istraživanja prikazani su u tabeli u vidu procentualnog učešća odredjene strukture rada u odnosu na ukupnu strukturu rada u radnoj organizaciji.

Grafička interpretacija rezultata iz tabele (srednje vrednosti) prikazana je na slikama 3 i 4.

Rezultati prikazani tabelom I pokazuju niz veoma interesantnih podataka:

1. Kao odgovor na pitanje koliki je odnos direktan/indirektan rad, može se reći da je taj odnos veoma blizak odnosu 1:1, što znači da svaki direktan radnik "izdržava" jednog indirektnog.
2. U strukturi indirektnog rada, veoma je nisko učešće njegovog kreativnog dela (razvoja, pripreme i marketinga), odnosno
3. visoko je učešće u strukturi radne organizacije nekreativnog dela indirektnog rada (naročito opštih poslova).
4. Najbolje plaćeni podsistem je integralna sistemska podrška, što je i logično jer se u njegovoj strukturi nalaze i najkvalifikovaniji izvršioci (poslovodje, KV i VKV održavaoci itd.), no
5. Veoma dobro je plaćena funkcija opštih poslova (bolje nego priprema, razvoj, marketing, kontrola i finansije), što je apsurd, i što ujedno znači da svega nekoliko ljudi (direktor, pravnici, razni referenti) imaju znatno više lične dohotke od ostalih izvršilaca u funkciji opštih poslova (portira, kuvarica, spremačica), odnosno od kreativnog dela indirektnog rada.

4.0 ZAKLJUČCI

Rezultati istraživanja daju odgovor na pitanje koliki je odnos direktan/indirektan rad na reprezentativnom uzorku od 11 najvećih radnih organmizacija u metalskom kompleksu Vojvodine. Isto tako veoma dobro se uočavaju odnosi unutar indirektnog rada.

Prikazani odnosi mogu poslužiti kao koristan putokaz prilikom projektovanja novih radnih organizacija, ili njihovih pojedinih delova.

5.0 LITERATURA

1. Radlovački, S., Marić, B.: The analysis of the fundamental diferences between classical firm and the organization of associated labour, VI International Conference on Production research, Novi Sad, 1981.
2. Radlovački, S., Marić, B.: Struktura rada i produktivnost, Časopis "PRODUKTIVNOST U INDUSTRIJI" broj 5, septembar 1983.
3. Radlovački, S.: Naučnoistraživačka tema: "ISTRAŽIVANJE PARAMETARA ORGANIZACIONIH SISTEMA", FTN - IIS, 1981-1985.

B.Marić

A CONTRIBUTION TO THE WORK STRUCTURE STUDY

Abstract

The work structure in Yugoslav companies exhibits varying values.In addition to vagueness in defining the direct and indirect works (i.e. the production and non-production ones), there is also the problem of coordinating the relations within the indirect work itself.Presented in the paper are the results of the experimental studies performed on a sample taken from the metal industry of Vojvodina.

XIX SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE
Kragujevac, septembar 1985.

NEKI PROBLEMI UPRAVLJANJA U RO

N. Milovanović, Viša škola za organizaciju rada, Novi Sad

Rezime

U procesu samoupravne transformacije preduzeća u radnu organizaciju prihvaćena su mnoga organizaciona rešenja koja su uticala na smanjenje ukupne efikasnosti ponašanja radne organizacije. Odstupanja od očekivane efikasnosti se javljaju unutar celokupnog prostora radne organizacije i zahvataju skoro sve vitalne funkcije.

U radu su dati neki od primera takvih organizacionih rešenja koja bitno utiču na smanjenje efikasnosti u procesu upravljanja radnom organizacijom.

Uvodna razmatranja

U ovom radu su prikazani neki od rezultata sprovedenih istraživanja na "ispitanom uzorku" RO, metalopreradjivačke grupacije - koji pokazuju kako pojedina organizaciona rešenja u praksi utiču na smanjenje efikasnosti upravljanja radnom organizacijom.

Tabela T-1 daje osnovne podatke o RO obuhvaćenim ovim istraživanjem.[1/]

Tabela T-1

RO	Naziv RO	Broj		Broj zaposlenih		%zap-osl.u RZ
		OOUR	RZ	u OOUR	u RZ	
1	2	3	4	5	6	7
01	NOVKABEL	10	5	3329	739	22,2
02	IMO-POBEDA	7	2	2750	360	13,2
03	JUGOALAT	8	5	1805	245	13,6
04	JUGODENT	4	1	1750	225	13,2
05	27. MART	2	1	1690	201	11,9
06	LIFAM-INEX	2	1	1350	432	34,9
07	UTVA-VOZILA	5	1	2300	220	9,8
08	INOMAG	4	1	1800	216	12,0
09	SEVER	16	1	5750	980	17,0
	Σ	58	18	22479	3227	14,5

1/ *"Ispitani uzorak" obuhvata više od polovine OOUR ove grupacije SAPV, sa više od 60% zaposlenih u ovoj grupaciji. Podaci o broju i strukturi OOUR i RZ kao i zaposlenih su dobijeni anketiranjem u samim RO i na osnovu podataka statističkog zavoda IV SAPV za 1983. godinu.*

Rezultati istraživanja

Istraživanja su pokazala sledeće:

1.
Transformacije preduzeća u RO konstituisanoj na principima udruživanja sredstava i rada nametala je i njenu organizacionu transformaciju. Osnovna promena u organizacionoj strukturi se sastoji u izmeni odnosa izmedju "čiste" proizvodnje i pripremnih, pratećih, pomoćnih i ostalih službi - tzv. "zajedničkih službi".

Najčešće je to izvedeno na sledeći način:

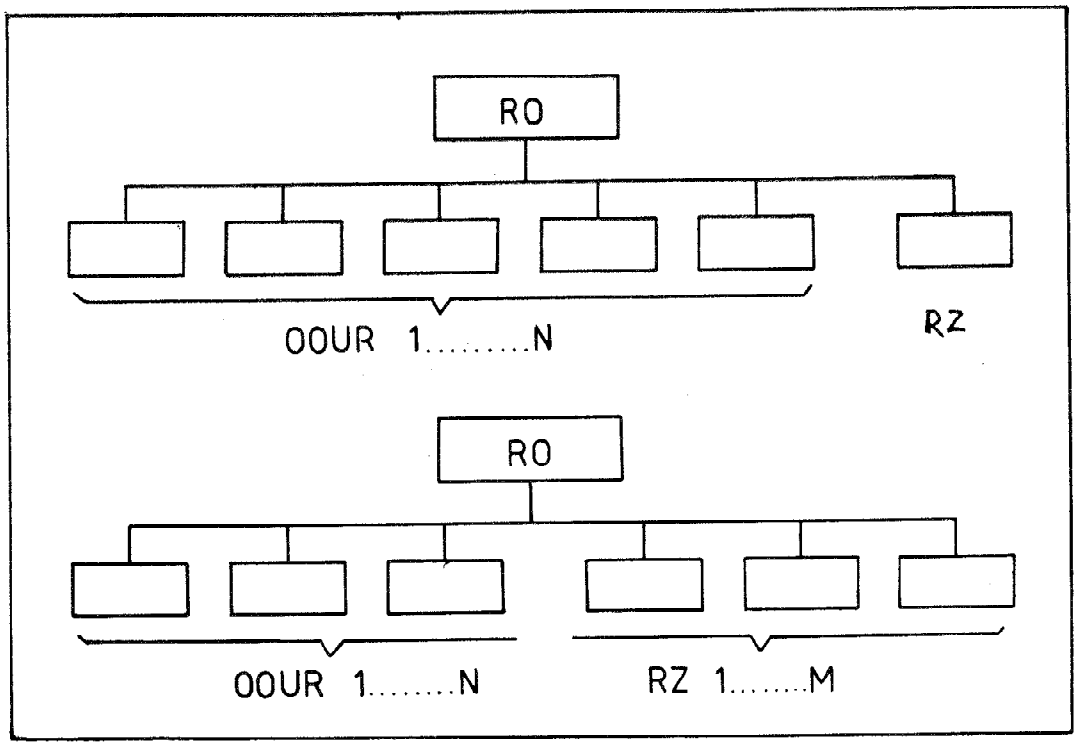
- sektori iz klasične organizacione šeme preduzeća su "objedinjeni" u jednu (ili više) organizacionih jedinica - RZ, a OOUR su formirane po logici postojeće tehnološke podele - pogoni su prerasli u OOUR-e.

Ova organizaciona "transformacija" je dala dva, uslovno rečeno "modela" organizovanja RO:

A - RO sa većim brojem OOUR i jednom RZ,
B - RO sa većim brojem OOUR i više RZ [2/] - skica 1.

Pri konstituisanju RO su uočene sledeće tendencije:

2/ *U praksi postoji i "treći" model RO - tzv. "prosta" RO bez OOUR u sebi, kojem mnogi sada pribegavaju verovatno neopravdano.*



Skica 1.

- Kod uspostavljanja nove organizacione šeme išlo se na prilagodjavanje ranije organizacione strukture novim zahtevima. Najčešće - postojećoj šemi je data "samoupravna fasada". Pri tome se zaboravilo da je efikasnost predhodne šeme bazirana na osnovama hijerarhijske subordinacije, dok nova samoupravna organizaciona struktura efikasnost bazira na koordinaciji svih OOUR i svih RZ. Zbog neshvatanja ove suštinske razlike najčešće je u svom delovanju blokirana funkcija upravljanja.
- Kod mnogih RO potpuno se izdvajaju "čista" proizvodnja od ostalih segmenata proizvodnih sistema.

  Sve što pripada kompleksu "zajedničkih službi" pripada radnoj zajednici a OOUR "pokrivaju" samo proizvodna odeljenja ili faze. U ovom slučaju OOUR ispunjava svoje zadatke time što ispunjava proizvodne planove, a svi preduslovi ispunjavanja proizvodnih planova su ostavljeni van neposrednog uticaja radnih ljudi u OOUR. Time se gubi mogućnost pravovremene i neposredne verifikacije kao i kontrole nad svim relevantnim elementima neophodnim za kvalifikovano i efikasno upravljanje.
- Druga tendencija je suprotna. Ide se na "kompletiranje" OOUR i njegovo pretvaranje u "preduzeće u malom". Ovaj koncept vodi ka narastanju "neproizvodnog rada" multipliciranju mnogih aktivnosti, zahvata i izvršilaca, što ukupno utiče na smanjenje efikasnosti u poslovanju, na ukupnu produktivnost rada, na povećanje troškova poslovanja itd. Zaokruživanje strukture i sadržaja OOUR po ovom konceptu vodi ka razbijanju poslovnih celina, ka dezintegraciji itd.

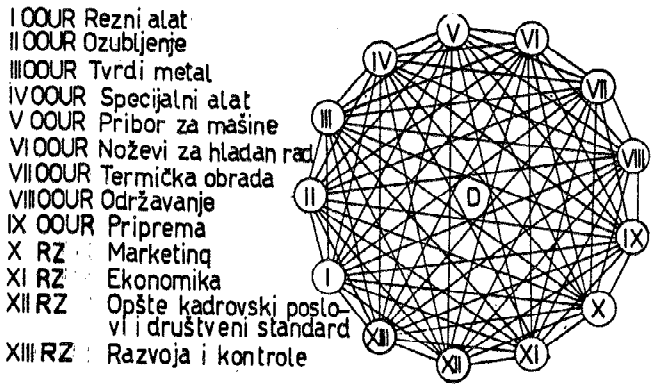
2.

Broj samostalnih i ravnopravnih delova RO - broj OOUR i RZ kod RO iz "ispitanog uzorka se kreće od 1 do 17.

Za RO važe poznate relacije - naročito kada je reč o usaglašavanju svih interesa i regulisanju medjusobnih odnosa izmedju OOUR i RZ - sa aritmetičkim porastom broja sastavnih elemenata geometrijski raste broj njihovih medjusobnih veza i odnosa. (Skica 2.)

RO se može smatrati složenim sistemom, tim pre ako raste broj OOUR i RZ unutar RO, uslovno rečeno - neograničeno! Jedan od kriterijuma za odredjivanje stepena složenosti sistema je broj stanja u kome se sistem može naći za-

ŠEMA SAMOUPRAVNOG ORGANIZOVANJA RADNE ORGANIZACIJE „JUGOALAT"



Skica 2.

visno od broja sastavnih elemenata (broja OOUR i RZ) i broja njihovih veza. On iznosi

$N = 2^k$

odnosno

$N = 2^{n(n-1)}$

gde je: $k = n(n-1)$ broj veza izmedju sastavnih elemenata sistema

n = n - broj sastavnih elemenata u sistemu.[3/]

Stanje u kome se RO može naći je povoljno ili nepovoljno - što zavisi od kvaliteta veza. Veze mogu biti dobre ili loše; sa smetnjama ili bez smetnji; sa tačnim informacijama ili sa netačnim informacijama. Informacije mogu biti pouzdane ili nepouzdane; dovoljne ili nedovoljne; pravovremene ili nepravovremene itd.

Puna kontrola nad svim stanjima u kojima se RO može naći zahteva punu kontrolu svih veza,ona nameće bezprekorno funkcionisanje procesa dobijanja informacija kao i kompleksan proces praćenja inicijativa. Za sve to je neophodno efikasno funkcionisanje sistema upravljanja.

Da li se, u uslovima kada se broj veza može povećavati bez ograničenja, sve ove zahtevane aktivnosti mogu postići sa punom efikasnošću, tim pre ako se uzmu u obzir tendencija u ponašanju NEDETERMINISTIČKIH sistema (kakvi su inače proizvodni sistemi) da sa POVEĆANJEM STEPENA SLOŽENOSTI STRUKTURE SA NEDETERMINISTIČKIM CIKLUSIMA - broj neostvarivih izvodjenja (nepovoljnih stanja) veoma brzo raste, a naročito kod višestrukih ciklusa, gde se rast neostvarivih izvodjenja povećava po eksponencijalnoj funkciji.[4/]

Drugim rečima - koliko se može obezbediti efikasnost funkcije upravljanja kod ovako definisanih medjusobnih odnosa gde se broj sastavnih elemenata sistema može povećavati bez ograničenja?

3.

Mnoge funkcije i službe su tako postavljene "unutar prostora" RO da su one razvijene po segmentima - pri čemu su ti segmenti locirani na različitim mestima i nivoima. Time je dostignut veliki stepen disperzije službi i funkcija u okviru RO, umesto očekivane kondenzacije i koncentracije. Lociranje pojedinih segmenata i službi u prostoru RO (podela ovih službi i funkcija izmedju pojedinih OOUR i RZ) najčešće je sledilo logiku subjektivne procene o svrsishodnosti ovakvih "rešenja" od strane onih subjekata koji su i stvarali datu organizacionu strukturu - prilagodjavajući je svojim trenutnim interesima.

Ova "rešenja" su dovela do toga da su mnoge funkcije razdrobljene, broj medjusobnih veza, preseka i čvorova povećan uz istovremeno multipliciranje broja "ulaza - - izlaza" unutar sistema (relacije OOUR - RZ, OUR - RO, RO - RZ, izmedju OOUR itd.). To sve otežava funkcionisanje efikasnog rukovodjenja, ali kako ovaj kompleks odnosa i veza ima složen uticaj na ukupno ponašanje radne sredine - teškoće koje se javljaju u sveri rukovodjenja prevaljuju se i na sferu upravljanja i na sve izvršioce.

Ako se jedna služba (održavanja, kontrole, alata itd.) nalazi "razbacana" na više nivoa (od nivoa A do nivoa E) unutar RO onda se povećava stepen složenosti u funkcionisanju sistema. (Tabela T-2).

U sistemu RO - OUR predstavljaju podsisteme, tj. OOUR su samostalne i ravnopravne celine i u tehnološkom i u samoupravnom smislu.

Javljaju se problemi kako deluje sistem povratnih sprega s obzirom na mogući broj ulaznih, odnosno izlaznih komponenti, uzimajući u obzir njihovo delovanje kako na podsisteme, tako i na ukupni sistem. Ako se neka od službi prostire na više nivoa unutar RO - problemi se svode na to kako obezbediti sinhronizovano i pravovremeno delovanje funkcije upravljanja, uz poštovanje os-

---

3/ *Mr Šoti Ferenc: Uvod u kibernetiku, izdanje RU "Radivoj Ćirpanov" - Novi Sad, 1974. godina, str. 25*

4/ *Dr Ištvan Černiček: "Razvijanje novih metoda modeliranja nedeterminističkih procesa u poslovnim sistemima" - doktorska disertacija, Ekonomski fakultet u Subotici, 1981. godina str. 309-316.*

novne predpostavke da su svi ti nivoi ustvari samoupravni i autonomni.

U sferi upravljanja nameću se pitanja:

- kako obezbediti da se očuva očekivana efikasnost funkcionisanja OOUR kao podsistema uz istovremeno očuvanje očekivane efikasnosti RO kao sistema?
- na koliko mesta može doći do "prekida" u kontinuitetu neke službe ili funkcije - s obzirom na njeno prostiranje na više nivoa (od nivoa A do nivoa E u okviru više samostalnih celina) a da se pri tome ne poremeti ukupna efikasnost funkcionisanja i samog sistema - RO - i svih podsistema - sve OOUR i RZ?
- kako pri svemu tome pomiriti zahteve tehnologije o izvršavanju radnih zahvata od strane izvršilaca, a da se pri tome obezbedi puna samostalnost i integritet ličnosti samoupravljača?

Tabela T-2

RO	Rekl-amac.	Zav. kontr.	Labor.	Medj. kont.	Ulaz. kont.	Odr-žav.	Nab-avka	Iz-rada	Konst.
01	A	A	B	A	A	A	A	A	A
02	D	D	D	A	D	A	D	C	C
03	A	A	B	A	D	C/A	C	A	A
04	D	A	D	A	A	C	A	C	C
05	A	A	D	A	A	A	D	A	A
06	D	D	D	D	D	A	A	A	A
07	B	B	E	D	E	C/A	E	C	D
08	A	A		A	A	A	A	B/A	A
09	D/A	D	D	D	D	C	C	C	C
	SLUŽBA KONTROLE						SLUŽBA ALATA		

RO	Rad u gar. roku	Mont. i poč. rada	Odl.o nabav.	Istr. trž.	Tehn.	Konst.	Održ. energ.	Tek. održ.	Inv. održ.
01	C	C	D/A	D	D	D	C	C	C
02	A	A	D/A	D	D	D	A	C	C
03	B	A	D	C	D	D	C	C	C
04	A	A	A	A	A	A	C	C	C
05	A	A	A	D	D	D	A	A	A
06	A	A	A	D	D	D	A	A	D
07	C	C	A	D/A	D	D	D	A	A
08	A	A	A	A	A	A	B/A	A	B/A
09	C	C	D/A	D	D	D	C	C	C
	NOVA OPREMA			R A Z V O J			SL.ODRZAVANJA		

NAPOMENA: Delovi navedenih službi organizaciono su locirani:

A - u "posmatranoj OOUR
B - u drugoj OOUR kojoj je povereno obavljanje tih poslova za "račun posmatrane" OOUR
C - u "Specijalnoj" OOUR /delokrug rada te OOUR je deo poslova ili kompleks poslova koje obavlja za ostale OOUR)
D - U RZ
E - na drugom mestu (na primer u sklopu SOUR u drugoj RO, ili u RZ na nivou SOUR i sl.).

Zaključna razmatranja

Mnogobrojne su teškoće sa kojima se svakodnevno susreću samoupravno organizovane RO, a koje bitno utiču na ukupnu efikasnost u njihovom ponašanju. To se naročito oseća u okviru funkcije upravljanja u radnoj organizaciji.

Uzroka ovim teškoćama ima verovatno mnogo - a medju njima du dominantne one koje proizilaze iz neodgovarajuće organizacione strukture RO, odnosno nedovoljno poučenih a praksi ipak dosta zastupljenih organizacionih "modela" RO, odnosno OOUR.

N.Milovanović

SOME PROBLEMS OF MANAGEMENT IN "WORKING ORGANIZATIONS"

Abstract

In the process of self-management transformation of enterprises into "working organizations" many organizational solutions were accepted that gave rise to the reduction in the overall efficiency of the "working organization".The deviations from the expected efficiency arise within the entire envirenment of the "working organization" and affect allmost all vital functions. Presented in the paper are some examples of such organizational solutions, which substantially affect the efficiency of managing a "working organization".

INFORMACIJE O RADNIM ORGANIZACIJAMA

1. POKROVITELJI

S O U R

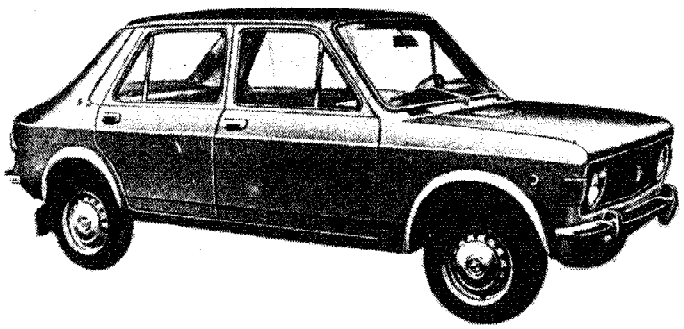
Zavodi Crvena Zastava

OSNOVANI 1853. godine

KRAGUJEVAC — JUGOSLAVIJA

Zavodi "Crvena Zastava" su proizvodjač oružja,putničkih automobila,privrednih i dostavnih vozila,energije,alata,mašina,procesne opreme i poluproizvoda,zatim uglja,vijčane robe,rezervnih delova,a obavljaju servisiranje i održavanje proizvoda "ZASTAVA",promet u zemlji i inostranstvu, razvoj proizvoda i transfer tehnologije.

Od "TOPOLIVNICE" najstarijeg industrijskog preduzeća u Srbiji,osnovanog 1853.godine za proizvodnju oružja,Zavodi "Crvena Zastava" izrasli



AKO SU KILOMETRI I KILOMETRI...

... PRED VAMA

ZASTAVA 101 SA SVAKIM PREĐENIM KILOMETROM PRUŽA NOVO ZADOVOLJSTVO.

POGON NA PREDNJE TOČKOVE, MALI HOD KLIPOVA, VELIKI PROVRT, VENTILI ŠIROKOG PRESEKA I BREGASTA OSOVINA U GLAVI MOTORA DAJU VOZILU SPORTSKE KARAKTERISTIKE I VELIKU REZERVU PREKORAČENJA BROJA OBRTAJA MOTORA.

VELIKE ZASTAKLJENE POVRŠINE I NISKA LINIJA POJASA OMOGUĆAVAJU IZVANREDNU VIDLJIVOST U SVIM PRAVCIMA.

KOMPAKTNOST SMEŠTAJNOG PROSTORA SA VISOKOM OTPORNOŠĆU NA UZDUŽNA I POPREČNA OPTEREĆENJA PRUŽA PUTNICIMA POTPUNU SIGURNOST.

ELEKTROFOREZOM I ČETVOROSLOJNIM BOJENJEM POSTIŽE SE SIGURNA ANTIKOROZIVNA ZAŠTITA.

ZASTAVA 101 SE PROIZVODI U 22 NIJANSE BOJA. POREĐ SVIH SVOJIH KVALITETA **ZASTAVA101** JE I IZUZETNO EKONOMIČAN AUTOMOBIL.

su u snažan kolektiv,organizovan u složenu organizaciju udruženog rada,u čijem je sastavu 25 radnih organizacija: 10 proizvodnih,7 za obavljanje zajedničkih poslova,7 za promet roba u zemlji i jedna za poslove spoljne trgovine.

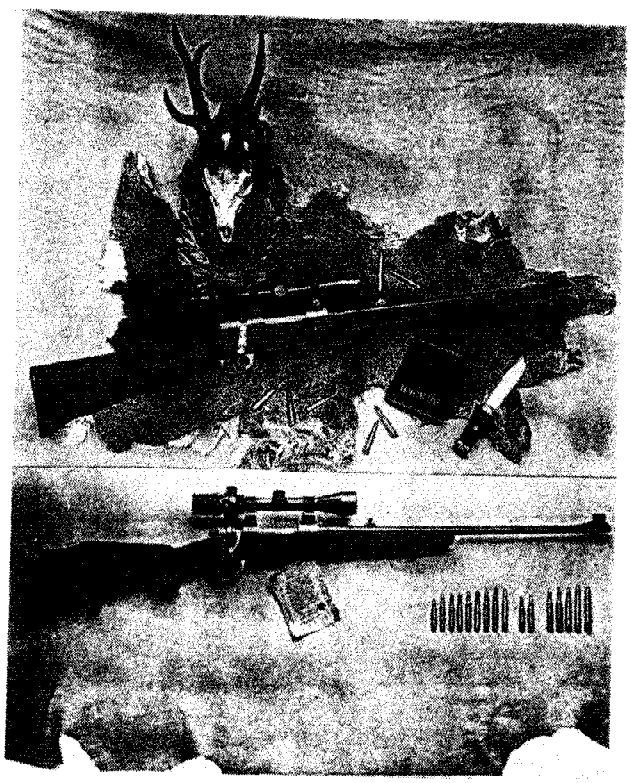
Proizvodne radne organizacije-organizovane prema karakteru proizvodnih programa-su:

- o Fabrika namenskih proizvoda "Zastava"
- o Fabrika automobila "Zastava"
- o Fabrika privrednih vozila "Zastava"
- o "Dostavna vozila-Zastava"
- o Fabrika alata i mašina "Zastava"
- o "Zastava - Metalurgija"
- o "Zastava - Komponente"
- o "Zastava - Heroj Toza Dragović"
- o "Zastava - Ramiz Sadiku"
- o Rudnici "Rembas - Zastava"

Prometno-servisne organizacije locirane su u Kragujevcu,Beogradu,Zagrebu,Ljubljani,Sarajevu i Somboru,a poslove spoljne trgovine obavljaju Radna organizacija "Zastava-impeks".

Za udruživanje sredstava i obavljanje bankarskih i finansijskih poslova,u sastavu SOUR-a je i Interna banka "Zastava banka".

U 85 osnovnih organizacija udruženog rada i 25 radnih zajednica-od čega 5 na nivou SOUR-a - rad je udružilo 50.510 radnika.Radne i osnovne organizacije udruženog rada Zavoda "Crvena Zastava",osim u Kragujevcu,nalaze se u Beogradu,Zagre-



bu,Ljubljani,Skoplju,Sarajevu,Somboru,Novom Pazaru,Surdulici,Peći,Rači Kragujevačkoj,Raški,Topoli, Kniću,Senti,Boru,Smederevu,Šapcu,Paraćinu,Ćupriji, Lazarevcu,Velikom Gradištu,Svilajncu,Celju,Krškom, Resavici,Žagubici,Nišu,Kopru,Batočini,Kuli,Novom Sadu,Odžacima,Novom Bečeju i Viču,dok se pogoni, servisi i prodavnice Zavoda nalaze još u 30 mesta širom zemlje.

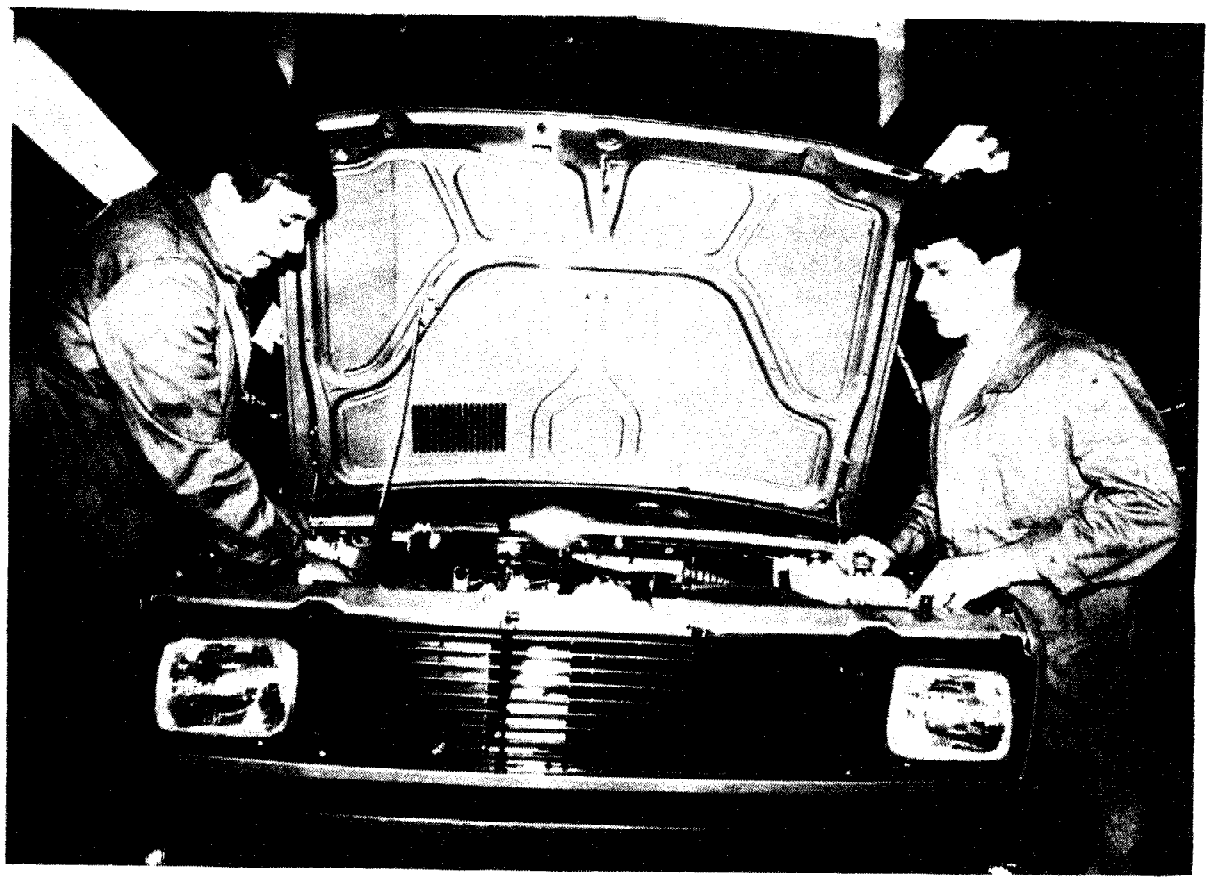
Zavodi "Crvena Zastava" imaju biroe i predstavništva u Torinu,Moskvi,Varšavi i Brislu.

Proizvodnja vozila počela je u Zavodima "Crvena Zastava" 1953.godine.Na stogodišnjicu svoje fabrike,radnici Zavoda su se na referendumu izjasnili da deo svojih plata ulože u kupovinu licence za automobil.Od tog 26.avgusta 1953.godine do 31.marta 1985.godine u Zavodima "Crvena Zastava" proizvedeno je ukupno 2.733.333 vozila.Samo u 1984.godini na jugoslovenskom tržištu plasirano je 132.695 automobila i 8.242 privredna i dostavna vozila,dok je van granica zemlje izvezeno 41.538 putničkih automobila,privrednih i dostavnih vozila.Planom za 1985.godinu predvidjeno je da se proizvede 189.500 putničkih automobila,9.200 privrednih i 5.000 dostavnih vozila.Od tog broja, 54.000 automobila,5.000 kamiona i 1.500 dostavnih vozila namenjeno je kupcima u inostranstvu (U ove pokazatelje nije uračunat izvoz automobila "JUGO 55 GV" na tržište SAD).

U ukupnom plasmanu putničkih automobila na jugoslovenskom tržištu u 1984.godini Zavodi su učestvovali sa 75 %.

U realizaciji proizvodnog programa Zavoda "Crvena Zastava" učestvuje 280 koperanata iz 130 opština iz zemlje.Vrednost isporuka komponenata, delova i reprodukcionog materijala iz ovih kolektiva za potrebe programa "Zastava" iznosio je 20,7 milijardi dinara u 1984.godini,dok je planirano da u 1985. vrednost dostigne brojku od 31,4 milijarde dinara.

U Poslovnu zajednicu "Zastava" učlanjena je 101 organizacija udruženog rada koja učestvuje u proizvodnom programu "Zastava".U okvirima ove poslovne zajednice,potpisnici Samoupravnog sporazuma o udruživanju ostvaruju odnose dohodovne medjuzavisnosti u čitavom reprodukcionom ciklusu proizvoda iz programa "Zastava" na osnovama zajedni-



ZASTAVA

čkog planiranja i udruživanja rada i sredstava.

Osim proizvodnih pogona u Kragujevcu,Zavodi su izgradili svoje kapacitete u Ohridu,Peći,Somboru,Senti,Novom Pazaru,Raški,Kniću,Rači Kragujevačkoj,Topoli,Batočini,Surdulici i nekoliko drugih mesta koja imaju,ili su donedavno imala status nedovoljno razvijenih područja.U razvoj ovih organizacija udruženog rada Zavodi su uložili više od 9 milijardi dinara,a u ovim "Zastavinim" kolektivima radi i oko 7.000 zaposlenih. Zavodi su se tako intenzivno uključili u razvoj nerazvijenih područja-kako kroz direktna materijalna ulaganja,transfer znanja i tehnologije,tako,s druge strane,programskim povezivanjem s većim brojem kolektiva sa nerazvijenih područja naše zemlje.

Zavodi "Crvena Zastava" saradjuju i sa svim naučno-istraživačkim ustanovama u zemlji koje se bave problematikom proizvodnje vozila i prerade metala,zatim razvojnim službama proizvodjača automobila sa kojima Zavodi razvijaju dugoročnu proizvodnu kooperaciju,kao i sa razvojnim službama poznatih proizvodjača automobila u svetu.

Svoje proizvode Zavodi izvoze u 37 zemalja sveta.Od tog broja,17 su zemlje Zapadne Evrope i SAD,14 zemlje u razvoju,a 7 zemlje SEV-a.Pokrivenost uvoza izvozom u 1984.godini iznosila je 113 %,dok u ovoj godini taj odnos treba da dostigne 141,5 %.

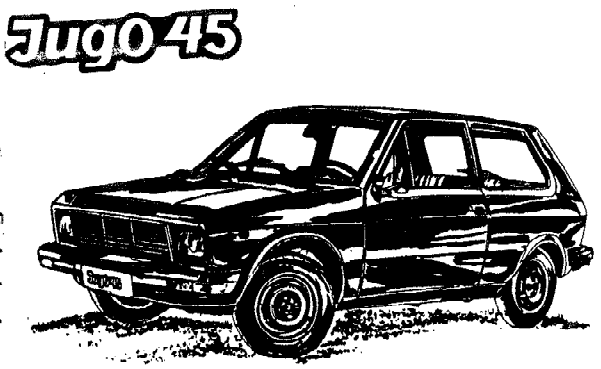
Osim klasičnog izvoza,Zavodi "Crvena Zastava" već više godina uspešno razvijaju dugoročnu medjunarodnu industrijsku kooperaciju.Na ovim principima Zavodi saradjuju sa FIAT-om iz Torina automobilskim industrijama Sovjetskog Saveza i Poljske,kao i,odnedavno,sa Madjarskom i Nemačkom Demokratskom Republikom.U dugoročnoj medjunarodnoj industrijskoj kooperaciji 1984.godine je ostvarena isporuka od 212,5 miliona dolara,a u realizaciji ove saradnje uključeno je 17 osnovnih organizacija udruženog rada iz sastava SOUR Zavodi "Crvena Zastava" i 12 kolektiva izvan SOUR-a Zavoda.U 1984.godini izvezeno je 30,9% ukupne proizvodnje Zavoda.U ukupnom izvozu SFRJ Zavodi učestvuju sa 2%,a učešće zavodskog uvoza u ukupnom uvozu SR Srbije (bez SAP) je oko 9%.

Planom za 1985.god. predvidjeno je da vrednost izvezene robe i usluga Zavoda (bez izvoza "JUGA 55 GV") dostigne 255 miliona USA $.Klasičnim izvozom treba ostvariti 107,1 milion $,dok dugoročna industrijska kooperacija i kompenzacioni poslovi treba da dostignu vrednost od 147,9 miliona $.

Ukupan prihod Zavoda "Crvena Zastava" u 1984. godini iznosio je 134,8 milijardi dinara,dok je vrednost robne proizvodnje u toj godini bila 85,1 milijarda dinara.U proizvodnji vozila u prošloj godini zabeležen je ukupan prihod od 88,9 milijardi dinara,a u proizvodnji energije,alata,mašina, procesne opreme i poluproizvoda 8,6 milijardi.Vrednost osnovnih sredstava na kraju 1984.godine iznosila je 121,4 milijarde dinara.Prošle godine,Zavodi "Crvena Zastava" ostvarili su dohodak od 33,4 milijarde dinara.

U 1985.godini,planom je predvidjeno da ukupan rihod Zavoda dostigne 187 milijardi,a vrednost robne proizvodnje 156,7 milijardi dinara.Od toga,ukupan prihod ostvaren proizvodnjom vozila u ovoj godini je planiran u iznosu 130,3 milijarde.Dohodak u 1985.godini treba da dostigne 42,8 milijardi dinara,što predstavlja rast od 21,8% u odnosu na 1984.godinu.Rast čistog dohotka je po stopi od 52,6%,a rast čistog ličnog dohotka po stopi od 44,9%.

Od 50.510 radnika Zavoda "Crvena Zastava", 20.562 su visokokvalifikovani i kvalifikovani radnici,4.548 je zaposlenih sa višom i visokom stručnom spremom,49.su magistri,a 10.doktori nauka. U proizvodnji i prometu vozila "Zastava" u Jugoslaviji je,inače,neposredno uključeno oko 150.000 radnika.



ZASTAVA

Zavodi

Crvena Zastava

2. SUORGANIZATORI

LIVNICA ŽELJEZA I TEMPERA
·KIKINDA·
KIKINDA JUGOSLAVIJA

Za ukupni proizvodni program LŽT "K" se može reći da je vrlo specifičan i odredjen.Ogleda se u specijalizaciji proizvodnje.Zastupljena je pojedinačna,maloserijska i visokoserijska proizvodnja,primenom savremene proizvodne opreme u svim oblastima.

PROIZVODNI PROGRAM LŽT "K" OBUHVATA:

1. Proizvodnju alatnih mašina i obradnih linija
2. Proizvodnju komponenata za mašine
3. Proizvodnju alata i pribora
4. Proizvodnju i obradu odlivaka

PROIZVODNJA ALATNIH MAŠINA

U proizvodnim programu alatnih mašina nalaze se uglavnom brusilice.U proteklom periodu osvojeno je niz novih mašina kako po specijalnosti tako i po nameni,naročito za velikoserijsku obradu delova za automobile.To su brusilice sa visokom produkcijom,specijalnom opremom i različitim stepenom automatizacije.Zatim brusilice povišene tačnosti za obradu delova visokih zahteva u pogledu tačnosti mera i kvaliteta površinske obrade.Za maloserijsku proizvodnju razvija se numerički upravljana brusilica,zbog brzog prilagodjavanja različitim radnim komadima.

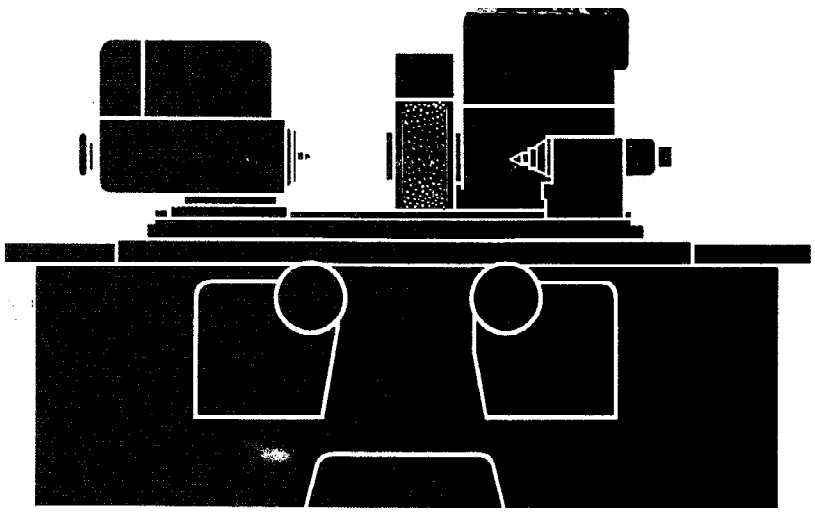
Dosadašnji razvoj brusilica baziran je na:

- -povećanju produktivnosti
- -povećanju tačnosti
- -povećanju stepena automatizacije

Pored osnovnih mašina u proizvodnji se nalazi i veliki broj pribora,alata i uredjaja,neophodnih za rešavanje tehničkog zadatka.
Kod visokih zahteva produktivnosti i tačnosti univerzalne brusilice se ne mogu prilagoditi racionalno i u dovoljnoj meri.Iz tih razloga se javlja nov pravac razvoja alatnih mašina metodom modularnog sistema projektovanja.Komponovanjem odredjenih standardnih sklopova grade se tako specijalne brusilice.

PROIZVODNJA KOMPONENTI ZA MAŠINE

LŽT "K" je do sada radio prvenstveno elektroniku za opremanje alatnih mašina iz svog proizvo-



Livnica željeza i tempera • Kikinda•

dnog programa.Mogućnosti su ovde velike.Elektronika radjena za potrebe LŽT"K",uz odredjene modifikacije može naći široku primenu,kao nezavisne celine,za obavljanje odgovarajućih funkcija u jednom sistemu.Od značajnih elemenata mogu se navesti sledeći:

-Visokofrekventni statički pretvarač za pogon brusnih vretena i visokofrekventnih trofaznih motora do 150.000 o/min.

-Upravljačka jedinica za pokretanje koračnog motora MPK-81 hardverska mikroprocesorska jedinica univerzalne namene.

-Regulacija pogona jednosmernim motorima sa stalnim magnetima spregnutim u električno kolo odnosno vratilo.

-Elektronski programske automatske jedinice sa mikroprocesorom za vodjenje procesa na alatnim mašinama i obradnim linijama,a u širem smislu za vodjenje jednog definisanog procesa.

-Elektronski uredjaj sa regulaccijom intenziteta privlačne sile magnetizacije i potpunom demagnetizacijom.

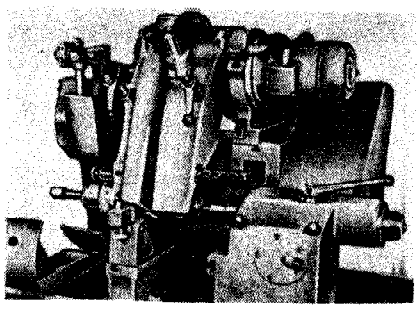
-Upravljački sklop "DIGISTOP" namenjen za numeričko upravljanje po jednoj osi alatnih mašina (primicanje alata).

-Tiristorski regulator.

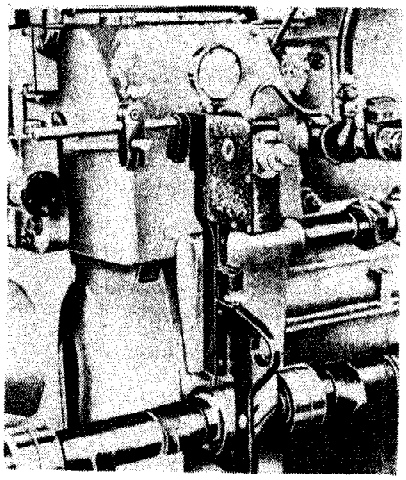
-Servo regulator.

-Poluprovodnički prekidač i drugo.....

ZBOG KVALITETNOG SIVOG LIVA I ISKUSTVA U PROIZVODNJI HIDRAULIČNIH ELEMENATA POSTOJE SVI USLOVI DA HIDRAULIKA POSTANE STANDARDNI DEO PROIZVODNOG PROGRAMA LŽT"K".U TOKU JE OSVAJANJE STANDARDNIH HIDRAULIČNIH ELEMENATA,A TO SU ELEKTROMAGNETNI RAZVODNICI,PROPORCIONALNI RAZVODNI VENTILI,PRELIVNI VENTILI,REGULATORI PROTOKA I SL.



Nosač vretena u radnom položaju



FINITOR — viseća merna glava u radnom položaju

PROIZVODNJA ALATA I PRIBORA

Proizvodni program fabrike alata,s obzirom na njem mašinski park koji je vrlo kvalitetan,obuhvata:

-livačke alate
-alate za livenje aluminijuma pod pritiskom
-alate za brizganje plastičnih masa
-alate za hladno i toplo oblikovanje
-alate za mikro liv
-alate za probijanje i izvlačenje
-alate po specijalnoj narudžbini

Proizvodnja alata je pojedinačna po sopstvenoj dokumentaciji prema zahtevu kupca ili po dokumentaciji kupca.

PROIZVODNJA I OBRADA ODLIVAKA

RO "LIVNICA" u svom proizvodnom programu obuhvata odlivke od:

-sivog liva
-nodularnog liva
-temper liva
-modificiranog liva visokog kvaliteta

U proizvodnji odlivaka radi se na uvodjenju viših stepena obrade čime bi se neki karakteristični elementi mehanički završno obradili.Osvajanjem tehnologije hidrauličnog livenja (kanalsko livenje) napravljen je veliki korak u proizvodnji hidrauličnih elemenata.

TELEFONI:

POŠTANSKI BROJ: 23300

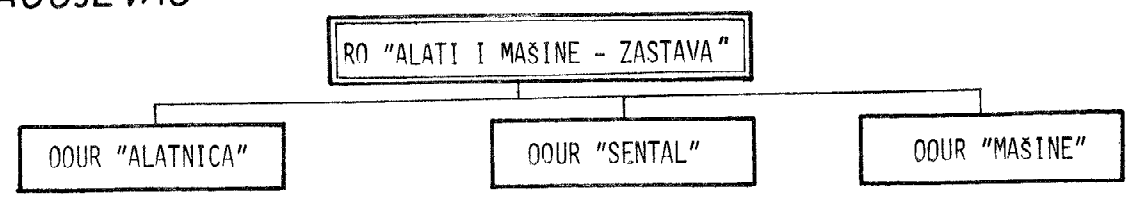
GEN.DIREKTOR 522-178
CENTRALA 522-860
523-860

TELEX: 155-19
155-34

1908

Zavodi Crvena Zastava

KRAGUJEVAC



PROIZVODNI PROGRAM ALATA I PRIBORA

1. SPECIJALNI ALATI
   - -rezni alati
   - -provlakači
   - -glodala
   - -upuštači i razvrtači
   - -mašinski noževi
   - -alati za ozubljenje
   - -alati za duboko bušenje

2. KONTROLNO-MERNI ALATI
   - -granični kontrolnici
   - -složena merila
   - -etaloni
   - -šabloni

3. PRESERSKI ALATI MALIH I SREDNJIH GABARITA
   - -za prosecanje i probijanje
   - -za fino prosecanje i probijanje
   - -za savijanje
   - -za izvlačenje
   - -za kombinovane operacije

4. LIVAČKI ALATI
   - -za livenje lakih legura i obojenih metala
   - -za livenje gumenih proizvoda
   - -za livenje plastičnih delova

5. SERVISNI ALATI
   - -za montažu i demontažu
   - -za podešavanje sklopova i zazora

6. PRIBORI
   - -za obradu glodanjem
   - -za obradu bušenjem
   - -za obradu struganjem
   - -za obradu brušenjem
   - -za ozubljenje
   - -za sinterovanje

7. OSTALI SPECIJALNI ALATI
   - -za hladno valjanje profila
   - -za ekstruziju gume, plastike
   - -specijalna zavojna vretena

PROIZVODNI PROGRAM MAŠINA I OPREME

1. MAŠINE ZA DUBOKO BUŠENJE

-jednovretene, dvovretene i četvorovretene, za prečnike ø 4 - 30 mm, dubine bušenja do 350 mm, dubine bušenja do 750 mm, bez rotacije predmeta obrade, sa rotacijom predmeta obrade, sa pokretnim stolom,

-jednovretene za prečnike ø20 - 65 mm, dubine bušenja do 350 mm, dubine bušenja do 500 mm, sa pokretnim stolom

2. MAŠINE ZA PROVLAČENJE

-mašine za unutrašnje provlačenje vučnih sila 63, 100, 160 i 250 kN, brzina radnog hoda do 10 m/min, hoda od 1000, 1250, 1600 i 2000 mm, širine radnog stola 320, 400, 500 i 630 mm, sa pokretnim stolom,

-mašine za spoljašnje provlačenje vučne sile do 320 kN

3. GLODALICE

-horizontalne produkcione glodalice i

-vertikalne produkcione glodalice sa stabilnim radnim stolom (kretanje radnog stola u pravcu jedne ose)-glodalice bezkonzolnog tipa.

4. MAŠINE ZA OBRADU KRAJEVA
   - -tipa ZOK 65/150
   - -tipa ZOK 65/2000
   - -tipa ZOK 100/2000

5. SPECIJALNE MAŠINE

-agregatne specijalne mašine
-filter prese za otpadne vode

6. UREDJAJI

-uredjaji za elektrohemijsku obradu otvora
-linije i uredjaji za montažu
-familija magnetnih i mehaničkih separatora strugotine
-transporteri (za lakirnice i postrojenja željezara),
-uredjaji za poslovanje sa sredstvima za hladjenje i podmazivanje-SHP (SHP mikser, SHP separator, SHP prečistač)

7. GENERALNI REMONT I REKONSTRUKCIJA MAŠINA

-remont mašina za obradu deformisanjem
-remont mašina za obradu rezanjem
-remont specijalnih mašina
-defektacija i izrada rezervnih delova

8. OPREMA ZA EO ZAVARIVANJE-PRIBOR

-sekundarni kablovi
-elektrode za tačkasto i šavno zavarivanje
-kliješta za zavarivanje

9. VISEĆI APARATI ZA ZAVARIVANJE

-aparati pneumatskog tipa
-aparati hidrauličnog tipa
-aparati pneumo-hidrauličnog tipa
-aparati za šavno zavarivanje

10. STABILNI APARATI ZA ZAVARIVANJE

-za tačkasto i projekciono zavarivanje
-za šavno zavarivanje
-prese za zavarivanje

11. PROCESNA OPREMA

-postrojenja za lakiranje
-kabine za servise putničkih vozila
-klimatizatori prostorija
-centrifugalni ventilatori do 15000 m^3/h
-postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda
-ventilacioni sistemi u proizvodnim halama
-industrijske peći
-galvanska postrojenja
-instalacije za grejanje hala
-lake metalne konstrukcije
-rekonstrukcija postrojenja
-postrojenja za pranje vozila
-uredjaji za lakiranje

U sklopu RO "ALATI I MAŠINE-ZASTAVA", proizvodnja specijalnih alata i pribora organizovana je u OOUR "ALATNICA" -KRAGUJEVAC (750 zaposlenih) i OOUR "SENTAL" -SENTA (200 zaposlenih), a proizvodnja mašina i opreme u OOUR "MAŠINE" - KRAGUJEVAC (500 zaposlenih).

Proizvodnja alata i mašina ima dugu tradiciju. Otpočela je sa osnivanjem ZAVODA "CRVENA ZASTAVA" 1853. godine i kroz veoma buran istorijski i tehničko-tehnološki razvoj, dostigla je takav tehnički i kapacitivni nivo, da prevazilazi sopstvene potrebe. Tako se ovi proizvodi sa zaštitnim znakom "ZASTAVA" mogu naći širom sveta.

Zavodi Crvena Zastava
OOUR „ALATNICA"

Osnovna karakteristika proizvodnje alata ogleda se u pojedinačnoj i maloserijskoj proizvodnji, organizovanoj na preko 20.000 radnih naloga, sa instalisanom savremenom opremom prilagodjenom za proizvodnju, uglavnom specijalnih alata. Ove činjenice i objašnjavaju prisustvo stručnog i iskusnog proizvodnog kadra, kome je, zbog skraćene tehnološke pripreme, prepušten veliki broj tehnoloških rešenja.

U okviru obrade informacija, za oblast praćenja procesa proizvodnje i CAD/CAM poslove, koriste se dva računska centra.

I pored širokog programa specijalnih alata funkcija programskog razvoja kontinualno radi, pre svega na proširenju game alata za OZUBLJENJE i DUBOKO BUŠENJE i osvajanje CNC UREDJAJA, kao i na podizanju kvaliteta alata na bazi konstruktivno tehnoloških poboljšanja.

ZCZ–RO ALATI I MAŠINE
OOUR ALATNICA
KRAGUJEVAC



detalj iz proizvodnje alata

Zavrti Crvena Zastava
OOUR „MAŠINE"

Proizvodnja mašina i opreme,takodje ima karakter pojedinačne i maloserijske proizvodnje.Nastavljavljajući tradiciju proizvodnje specijalnih mašina i uspešnost obavljanja generalnih remonta,a na osnovu dosadašnjeg razvoja OOUR "MAŠINE" svojim ambicioznim planovima daje podršku razvoju i usavršavanju odredjenih proizvodnih programa, a pre svega,tipizaciji proizvoda i povećanju asortimana specijalnih mašina.

Obzirom na tendencije primene fleksibilnih sistema u metalopreradjivačkoj industriji OOUR "MAŠINE" svakodnevno usavršava svoje mašine u smislu povećanja parametara njihove produkcije,pouzdanosti i fleksibilnosti uvodjenja savremenih rešenja elektronike,novih modula i pribora,što sve skupa čini jednu specijalnu mašinu visokoproduktivnom i izuzetno fleksibilnom,kao na primer: osvajanje mašina za duboko bušenje sa pokretnim stolom i NC tehnologijom dubokog bušenja obezbedjeno je značajno usavršavanje obrade 30 i više operacija bušenja na istom radnom predmetu.Razvojem svih tipova mašina za unutrašnje provlačenje stvoreni su uslovi i za razvoj familija MAŠINA za SPOLJAŠNJE PROVLAČENJE,uz uvodjenje automatizacije za samostalno obavljanje operacija velikih linijskih sistema.

Na bazi razvoja familije produkcionih poluautomatskih glodalica za lako i srednje opterećenje sa klasičnim upravljanjem,vrši se nadgradnja istih uvodjenjem programskog upravljanja za povećanu kontrolu tačnosti.Tipizacijom modula za glavno i pomoćno kretanje moguće je dobiti željenu produkciju mašina uz povećanu stabilnost i manje troškove izrade.

Primenom elektronike uz nabavku nove opreme za ispitivanje tačnosti i pouzdanosti rada mašina OOUR "MAŠINE" će znatno više ulagati u stručni kadar,poboljšanje kvaliteta proizvoda i ekonomičnosti proizvodnje.



detalj iz proizvodnje mašina

ZCZ—
RO ALATI I MAŠINE
OOUR MAŠINE
KRAGUJEVAC

IVO LOLA RIBAR

industrija mašina
beograd
železnik
jugoslavija

složena organizacija
udruženog rada

n.sol.o

PROIZVODNI PROGRAM:

o Alatne mašine za obradu metala rezanjem i deformisanjem: bušilice-glodalice sa ručnim i numeričkim upravljanjem,obradni centri,obradne linije,



vertikalni strugovi,dugohode portalne glodalice, specijalne mašine i transfer linije,stone i radijalne bušilice,mašine za kratko i duboko bušenje, mehaničke i hidraulične prese,industrijski manipulatori i roboti,nosači alata i pribora za manipulaciju sa radnim predmetima i dr.

o Idustrija gradjevinskog materijala: fabrika opeke,cementa,kreča,mlinova za mlevenje i sl.

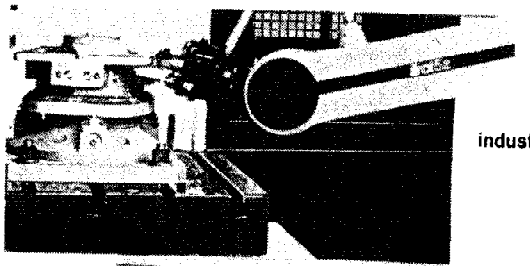
o Metalurgija i rudarstvo: oprema za čeličane, mašine za šaržiranje,livne jame,prenosnice,livni lonci,livne mašine,tople i hladne valjaonice i livne mašine za obojenu metalurgiju i valjaonice cinka,oprema za aglomeraciju i oprema za flotaciju.

o Oprema za transport: jednogredne i dvogredne mosne dizalice,poluportalne,portalne i konzolne i mobilne dizalice.

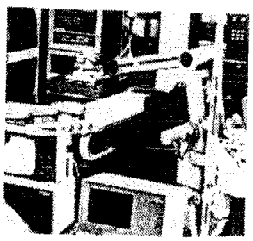
o Fluidoupravljačke komponente i sistemi upravljanja: pneumatske i hidraulične komponente i sistemi upravljanja i uredjaji za podmazivanje i hladjenje.

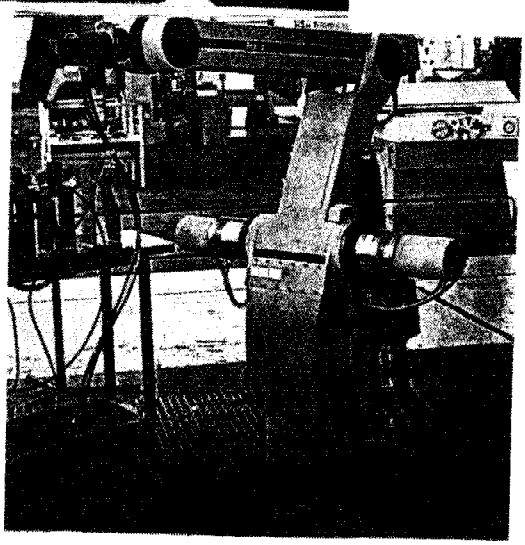
o Elektronski računarski sistemi upravljanja: programabilni automati,digitalni pokazivači pozicija,numerički računarski sistemi upravljanja.

o Profesionalna audio tehnika: audio mikseri, pojačivači snage,zvučni sistemi,uredjaji za obradu audio signala,audio komunikacioni uredjaji,audio distribucioni uredjaji,uredjaji za snimanje i reprodukciju,instalacioni elementi.



industrija mašina
beograd
železnik
jugoslavija







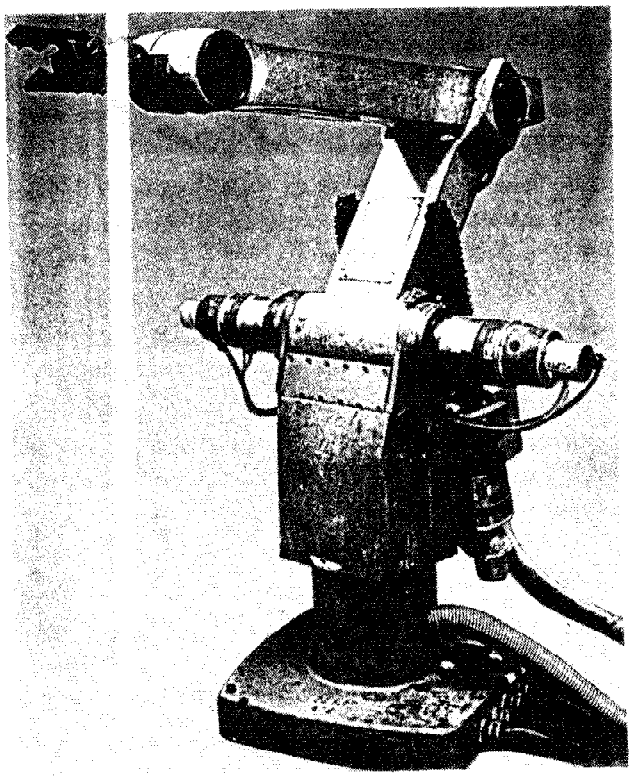
složena organizacija
udruženog rada

n.sol.o

o Energetska oprema: oprema za pripremu i sagorevanje uglja,gasifikaciju,sagorevanje biomasa i elektro-energetska oprema za elektrane.

o Oprema za prehrambenu industriju: linije za punjenje i pakovanje,uljare i prese.

o Inženjering poslovi.



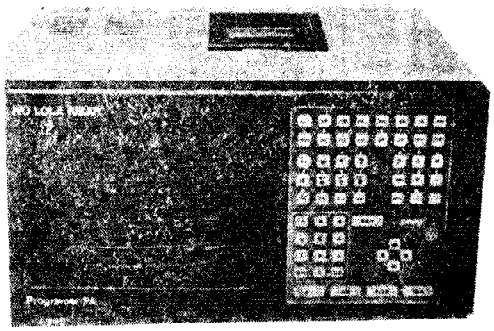
IVO LOLA RIBAR
FABRIKA ALATNIH MAŠINA

ЛОЛА — фабрика рачунара

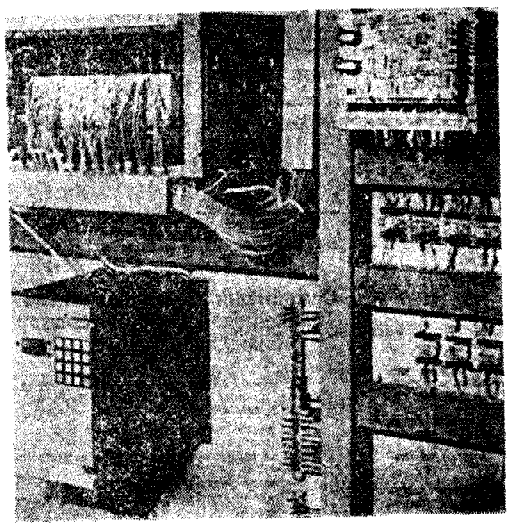
Ivo Lola Ribar je organizacija sa najvećim iskustvom u Jugoslaviji u proizvodnji i primeni industrijskih računara.Programabilni automati, sistemi numeričkog upravljanja za alatne mašine i roboti,koji su razvijeni i proizvode se u LOLA -FABRICI RAČUNARA,prvi su domaći računari te vrste.Programabilni automati LOLE RIBARA pokrivaju najšire polje automatizacije u privredi:

- o prerada metala
- o eksploatacija i prerada nafte
- o crna i obojena metalurgija
- o rudarstvo
- o pooizvodnja i prerada hrane
- o drvna i tekstilna industrija
- o saobraćaj i transportni sistemi

Jednostavna realizacija svih relejnih,vremenskih i brojčanih funkcija i programiranje crtanjem šema na ekranu čine ih idealnom zamenom za relejne sisteme.Dodatne numeričke i regulacione funkcije proširuju primenu i na oblasti koje nisu bile obuhvaćene "relejnom" tehnikom.



Izmene u logici upravljanja više ne iziskuju promene u ožičenju-višečasovni rad montera zamenjuje se jednostavnom korekcijom programa.Pregledna dokumentacija u vidu relejnih šema sa tekstualnim komentarom dobija se na najbrži mogući nač-



in priključenjem štampača na uredjaj za programiranje.Posao projektovanja može konačno da zadrži samo svoj kreativni deo.

IVO LOLA RIBAR
FABRIKA ALATNIH MAŠINA

Industrija mašina, 11250 Beograd, Jugoslavija
Tehničko-komercijalni poslovi: 011/572 912
Prodajno odeljenje: 011/571 750, telex: 11276 i 12090

SOUR • prvi partizan •

RO TVRDI METAL

Alati od tvrdog metala nastavak su dugogodišnje tradicije izrade alata u "PRVOM PARTIZANU".Proizvodna orjentacija na metalurgiju praha u saradnji sa firmom VALLRAM,dovela je do programa izrade alata od tvrdog metala.Prvi alati,matrice za vučenje,od tvrdog metala uradjeni su 1966. godine.To je i početak rada Fabrike tvrdog metala u "Prvom partizanu"-današnje RO TVRDI METAL.

Uz kadrovsku i materijalnu podršku SOUR-a "Prvi partizan",veliko angažovanje sopstvenih snaga i stalnu saradnju sa naučno-istraživačkim institucijama RO TVRDI METAL je u kratkom vremenskom periodu izrasla u modernu fabriku.Od oko 400 zaposlenih veliki broj je stručnih,obrazovanih kadrova različitih profila.

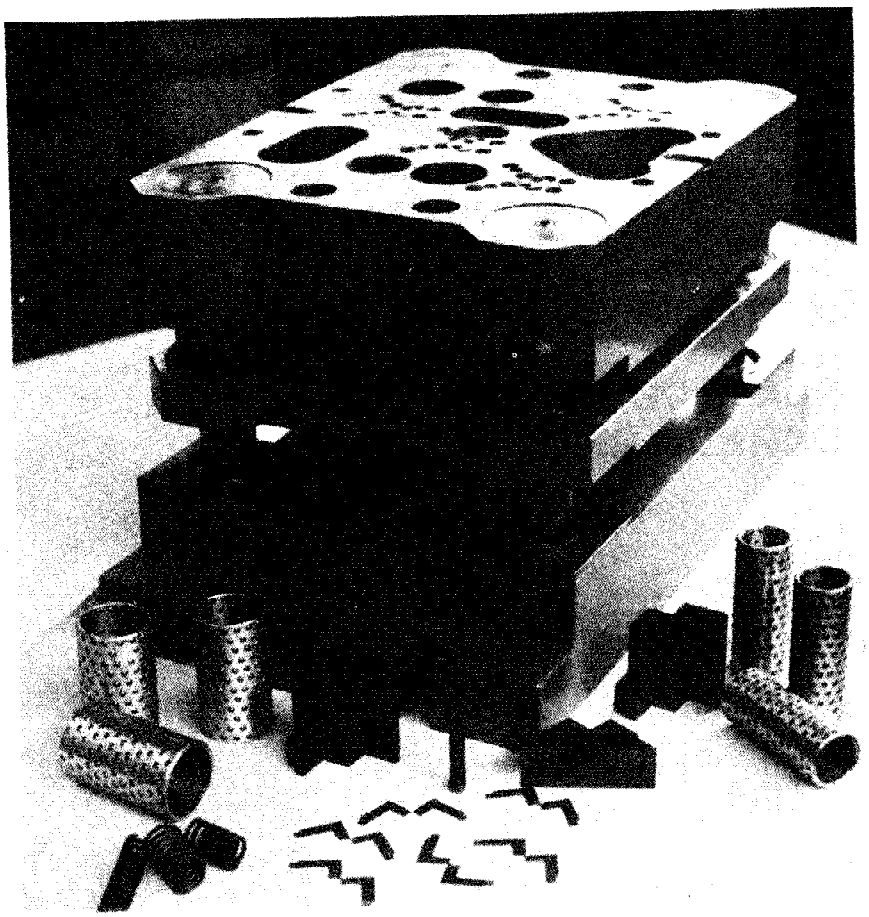
Vrlo moderna oprema najeminentnijih svetskih proizvodjača,savremeni laboratorijski i kontrolni uredjaji stvaraju uslove da se odgovori i najsloženijim zahtevima u pogledu složenosti,preciznosti i kvaliteta alata i drugih proizvoda.

Proizvodni program je tako usmeren da je obuhvaćen gotovo čitav asortiman proizvoda od tvrdog metala koji se danas izradjuju u svetu.

PROIZVODNI PROGRAM:

- izmenjive rezne pločice,
- rezne pločice za pričvršćivanje lemljenjem,
- rezne pločice za obradu drveta,
- rezne pločice za rudarstvo i gradjevinarstvo,
- specijalni proizvodi od tvrdog metala,

RO TVRDI METAL



specijalni alat za prosecanje sa radnim elementima od tvrdog metala

-alati za plastično oblikovanje,metala vučenjem,
-alati za plastično oblikovanje metala kovanjem,
-alati za duboko izvlačenje i proizvodnju municije,
-alati za istiskivanje,
-alati za presovanje praškastih materijala,
-alati za plastično oblikovanje metala valjanjem,
-alati za obradu lima prosecanjem i probijanjem,
-visokonaponski kontakti i sl.

Naše proizvode već više godina koriste na stotine kupaca iz zemlje i inostranstva.RO TVRDI METAL stalnim angažovanjem na osvajanju novih proizvoda,održavanju i unapredjivanju kvaliteta postojećih i novih proizvoda nastoji da opravda stečeno poverenje.

Kao materijal superiornih osobina u pogledu čvrstoće,tvrdoće,otpornosti na habanje,koroziju,dejstvo visokih temperatura i dr.,upotreba tvrdog metala je nužan preduslov za unapredjivanje tehnologije obrade,ekonomičniju proizvodnju i vi-

Izvanredne osobine tvrdog metala nastaše su kombinovanjem veoma tvrdih čestica karbida volframa (WC),tantala (TaC),niobijuma (NbC) i vezivnog materijala-kobalta (Co).

Proizvodnja tvrdog metala je visoko specijalizovani posao koji obuhvata oko dvadesetak hemijskih, metalurških i mehaničkih operacija.Takva proizvodnja zahteva specijalne i visoko-produktivne mašine i opremu,a posebno dobro obučene kadrove.

RO TVRDI METAL raspolaže savremenim mašinama i opremom kojima je obezbedjena potpuna reproduktivnost tehnologije i vrlo precizna obrada alata.

U svim stadijumima proizvodnje obavlja se izuzetno stroga kontrola.Proizvedeni delovi se podvrgavaju kompletnim fizičkim,metalurškim i tehnološkim ispitivanjima.U ispitivanju kvaliteta naši stručnjaci koriste veliki broj laboratorijskih uredjaja i mernih instrumenata.

Zavisno od uslova eksploatacije primenjuju se i različite vrste tvrdog metala.RO TVRDI METAL proizvodi oko 30 različitih vrsta,a prema potrebi i specijalne vrste tvrdog metala.Alati prema specijalnim zahtevima se rade na osnovu crteža,skica ili uzoraka,a nudimo i odgovarajuća konstruktivna rešenja.

JNI VISOKOSTRUČNI KADROVI RAZNIH PROFILA SPREMNI SU DA PRUŽE POMOĆ U IZBORU,PRIMENI ILI UVODJENJU ALATA OD TVRDOG METALA KOD SVIH ZAINTERESOVANIH RADNIH ORGANIZACIJA.

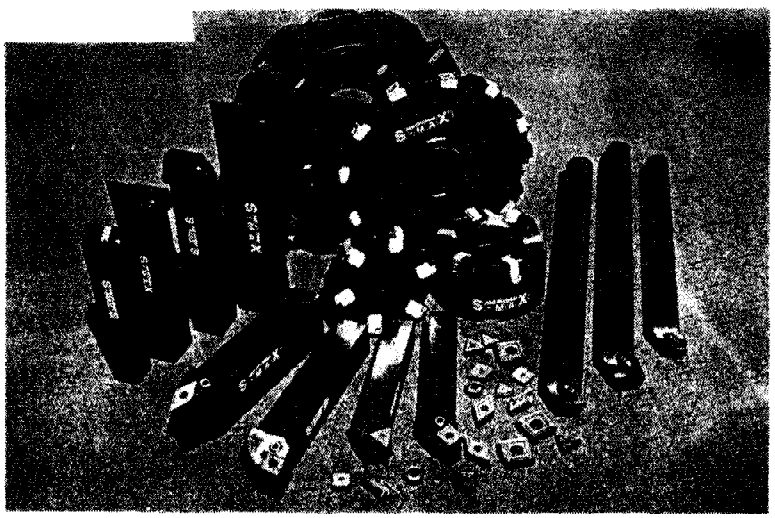
SOUR • prvi partizan •

RO TVRDI METAL

TITOVO UŽICE — JUGOSLAVIJA
BULEVAR LENJINA 2

Alati PP-CORUN

ALATI OD TVRDOG METALA ZA OBRADU REZANJEM

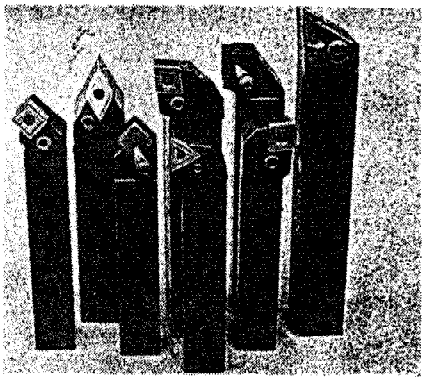


ALATI ZA STRUGANJE

DRŽAČI PREMA ISO STANDARDU

-Držači za spoljašnju obradu S-MAX P
-Držači za unutrašnju obradu S-MAX S
-Držači za kopirno struganje S-MAX P,S-MAX
-Držači za spoljni i unutrašnji navoj S-MAX S

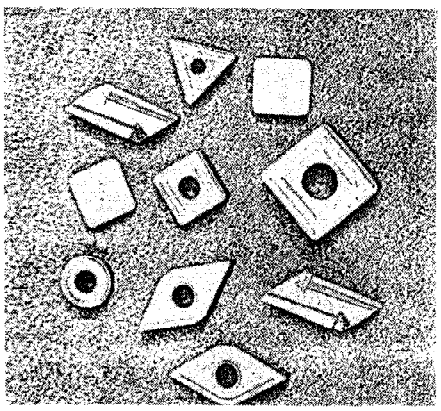
Strugarski alati PP-CORUN obuhvataju široko područje primene.Izmenjive pločice se postavljaju u



tri različita tipa držača: S - MAX P,S - MAX S i S - MAX od kojih se na prva dva postavljaju pločice sa sinterovanim lomačima strugotine.

IZMENLJIVE PLOČICE PREMA ISO STANDARDU

-izmenjive pločice S - MAX P
-izmenjive pločice S - MAX S
-izmenjive pločice S - MAX

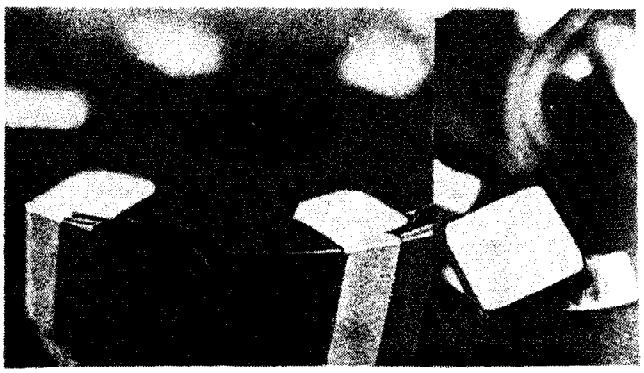


S-MAX P pločice se isporučuju kao jednostrane ili dvostrane.Osnovna forma je negativna,a polo žajem u držaču postiže se pozitivan ugao rezanja.S-MAX S pločice imaju pozitivnu osnovnu fo rmu i sinterovane lomače strugotine.S-MAX pločice imaju pozitivnu ili negativnu osnovnu formu.Izmenjive pločice se isporučuju u kvalitetima koji kompletno pokrivaju područje P,M i K,prema ISO sistemu označavanja.Pored konvencionalnih kvaliteta poznata je PGP-PARTIZANOVA GAMA PRESVLAKA-koja se odlikuje visokim stepenom žilavosti i povećanom otpornošću na habanje.

ALATI ZA GLODANJE

GLODALA

-S-MAX glodačke glave za ravno glodanje
-S-MAX glodačke glave za ugaono glodanje
-S-MAX koturasta glodala



S-MAX glodala upotrebljavaju izmenjive pločice, koje se fiksiraju u tipizirano sedište.Ovo sedište omogućuje tačno podešavanje glodala,a time se postiže visoki kvalitet obradjene površine. Stabilnost glodala se postiže klinastim sistemom stezanja.

IZMENLJIVE PLOČICE PREMA ISO STANDARDU

S-MAX izmenjive pločice imaju osnovnu formu pozitivnu ili negativnu,a isporučuju se kao kvadratne, trouglaste ili specifičnih oblika.Izmenjive pločice se isporučuju u kvalitetima P,M,K-prema ISO sistemu označavanja.
POSEBNO SU ZNAČAJNI KVALITETI PM,PM 30,KM i KM 13A,koji imaju široko područje primene.

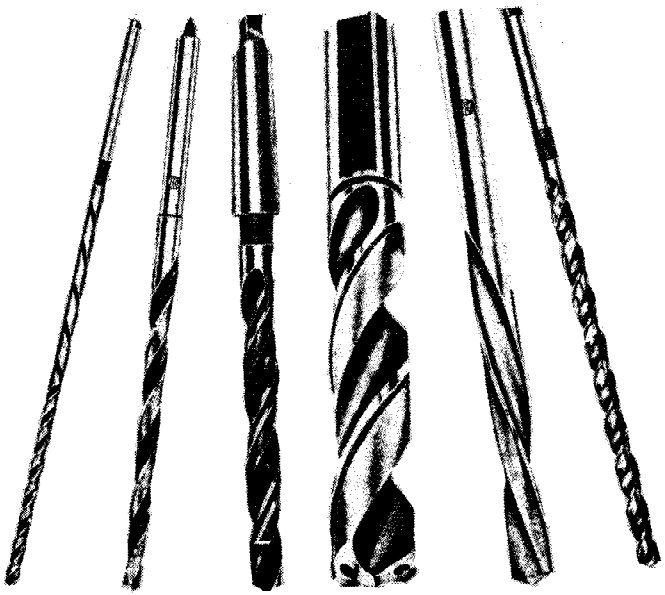
Alati PP-CORUN
Bulevar Lenjina 2
31000 TITOVO UŽICE
Tel 031/28-166
25-344
25 890
Telex 13569 i 13610

FABRIKA REZNOG ALATA



PROIZVODNI PROGRAM:

o Zabušivači i burgije: standardne,kratke,duge i specijalne,sa rupama za hladjenje,glodane, valjane i brušene iz punog materijala,od HSS i HSS.E materijala.

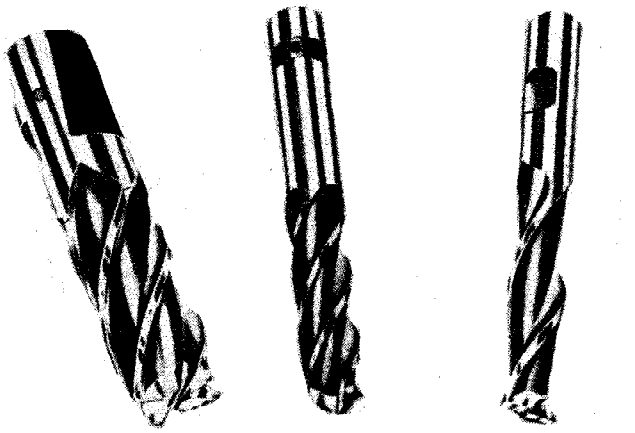


o **Upuštači i razvrtači:** ručni i mašinski,stabilni i podešljivi,specijalni i višestepeni,glodani i brušeni iz punog materijala,od HSS i HSS.E materijala.



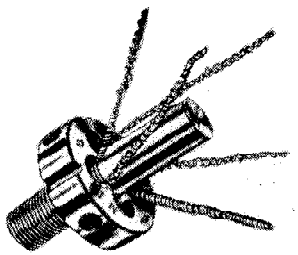


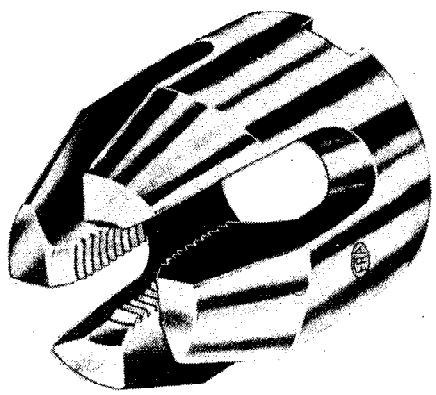
o Glodala: vretenasta i sa rupom,standardna i specijalna,sa ravnim i loptastim čelom,glodana i brušena iz punog materijala,od HSS i HSS.E materijala.



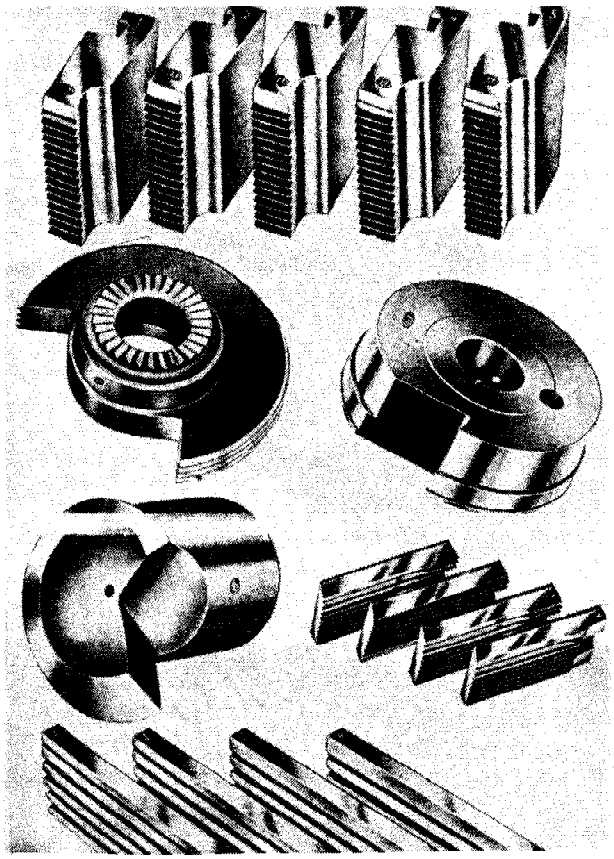
o Ureznici i **utiskivači:** ručni,mašinski,specijalni,za navrtke,sa pravim i spiralnim žljebovima za sve vrste profila i oblika navoja,od HSS i HSS E materijala.

o Nareznice: standardne i specijalne,za sve vrste i oblike profila navoja od HSS materijala.





o Alat za valjanje spoljašnjeg navoja: navojni valjci,garniture profilnih valjčića,ploče za valjanje navoja ravne i segmentne,ploče za valjanje ozubljenja i specijalnih profila,od alatnog i HSS materijala.



o Navojna glodala i navojni noževi: sa drškom i rupom,noževi navojni i profilni,pločasti,prizmatični,radijalni i tangencijalni,za sve vrste i profile navoja od HSS materijala.

o Kontrolni alati:za rupe i osovine,glatki granični čepovi,račve i prstenovi,merni trnovi i čaure za kontrolu MK i ostalih drški,granični navojni kontrolni čepovi i prstenovi,navojne račve i ostali specijalni kontrolni alati,specijalni uredjaji za kontrolu.

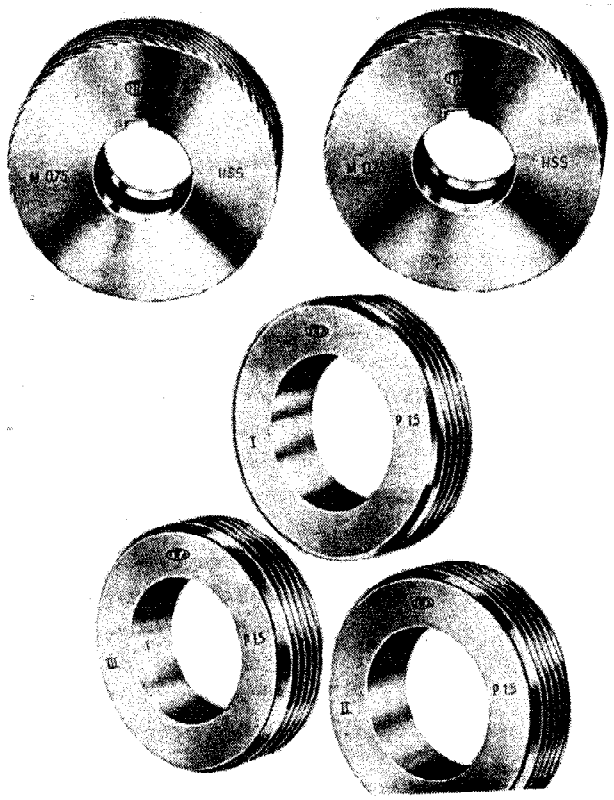
FABRIKA REZNOG ALATA

32000 ČAČAK – JUGOSLAVIJA
H. Veljkova br. 37
Telefon: 032/43-222
Telex: 13711

FABRIKA REZNOG ALATA

o Specijalne alatne mašine,pribori,stezni alati,alati za plastiku i lim: mašine za oštrenje i podbrusivanje alata,za obeležavanje alata i proizvoda,za varenje trenjem,specijalne mašine za obradu metala i mašine za papirnu i grafičku industriju,mašine za pakovanje,uredjaji i specijalni pribori za alatne mašine,zavojna vretena sa kuglicama,nosači alata za višestepene automate i revolver strugove,vodeći i poprečni nosači alata,samopodesive i sigurnosne glave za rezanje navoja i bušenje,stezne čaure,okretači ureznika i nareznica,nosači alata za numeričke mašine,montažni pribor za stezanje,specijalni alati za preradu lima i oblikovanje lima plastičnom deformacijom,za livenje presovanjem i brizganjem plastičnih masa, metala i gume.

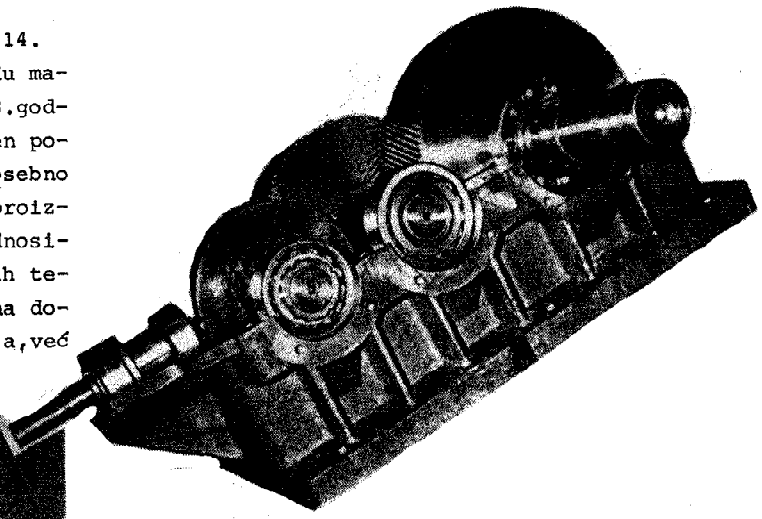
o Alati sa pločicama od tvrdog metala: spiralne burgije za metal i gradjevinarstvo,strugarski noževi,upuštači,razvrtači,kombinovani i višestepeni alati,alati za duboko bušenje,finopodešljivi alati za proširivanje,vretenasta glodala,glodala sa rupom,glodačke glave sa tvrdo lemljenim i okretnim pločicama.



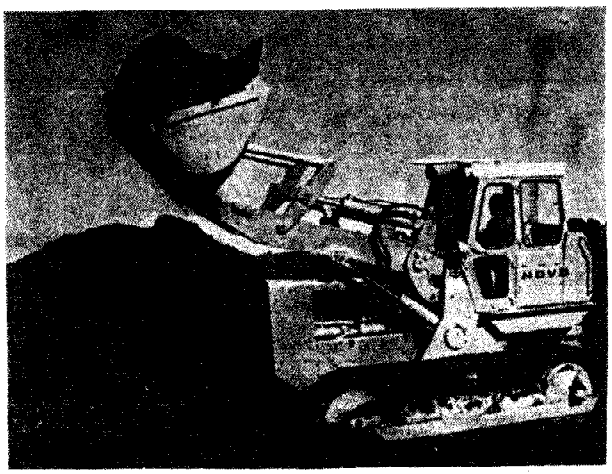
14.oktobar

KRUŠEVAC - JUGOSLAVIJA

Najveći Kruševački kolektiv Industrija "14. oktobar" nastao je od bivše Fabrike za izradu mašina i vagona protokolisane 17.novembra 1923.godine.Put dug više od 60 godina bio je ispunjen povremenim teškoćama ali i stalnim razvojem,posebno proširenjem asortimana i osavremenjavanjem proizvoda.Zahvaljujući razvijenim samoupravnim odnosima,kolektiv "14.oktobra",i pored mnogobrojnih teškoća,beleži stalan uspon primenjujući naučna dostignuća ne samo u oblasti razvojnih funkcija,već







i u organizaciji i ekonomiji rada,tehnologiji i drugim oblastima poslovanja.Zahvaljujući takvom pristupu proizvodnja gradjevinskih mašina javlja se relativno rano,najpre preko čeljusnih drobilica,a zatim izradom rotacionih kopača i mešalica za beton.Već 1952.godine radnici "14.oktobra" konstruišu prvi domaći valjak MV-6 i bager SB-100. Proširenje programa gradjevinskih mašina nastavlja se kupovinom licenci za proizvodnju univerzalnih bagera i traktora guseničara.

Period od 1963.godine do danas karakteriše intenzivno osvajanje kupljenih licenci za proizvodnju bagera i traktora guseničara,kao i modernizaciju kapaciteta.Pri tome se razvoj zasniva na sopstvenom razvoju gradjevinskih mašina za zemljane radove i sabijanja tla,poljoprivrednih mašina, rudarskih mašina i procesne opreme,uz organizovano istraživanje tržišta,programiranje razvoja proizvoda,projektovanje i konstruisanje.

Već na početku tog perioda,kao delo sopstvenih razvojnih snaga,javlja se nova generacija gradjevinskih mašina sa hidrauličnim uredjajima,a od 1970.godine generacija savremenih gradjevinskih mašina sa hidrauličnim transmisijom-hidrostatičkom i hidrodinamičkom.

14.oktobar

KRUŠEVAC - JUGOSLAVIJA

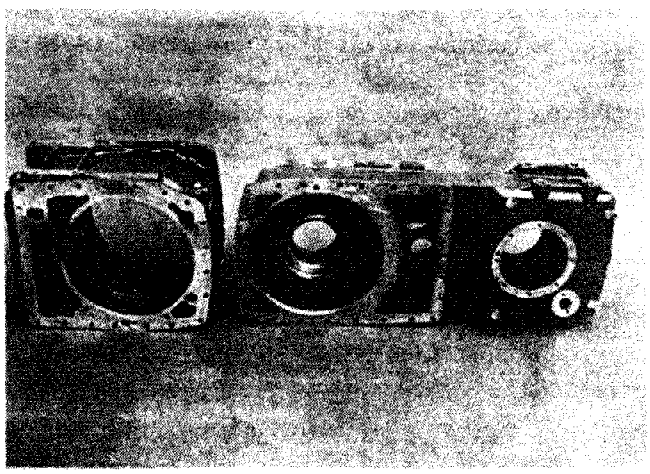
Dugogodišnji razvoj i proizvodnja u Industriji "14.oktobar",pored gradjevinskih mašina i poljoprivrednih mašina,usmereni su i na proizvodnju opreme za hemijsku industriju,termoelektrane,cementare,rudnike nemetala za površinske kopove i druge privredne grane.

Danas kolektiv "14.oktobra" spada u najveće proizvodjače gradjevinskih mašina u SFRJ.Po sopstvenoj dokumentaciji proizvodi savremene mašine i opremu za potrebe domaćeg i inostranog tržišta.

PROIZVODNI PROGRAM

- -poljoprivredni traktor guseničar snage 61 kW
- -dozeri guseničari snage 55-155 kW
- -utovarivači točkaši snage 118-162 kW sa kapacitetom kašika od 1,53-4,8 m^3
- -hidrostatički bageri guseničari kapaciteta od 0,6-1,25 m^3
- -hidrostatički vibro valjci od 11 t i 12 t
- -damper od 22 t nosivosti
- -hidrodinamički planetarni POWERSHIFT menjači sa maksimalnim prenosom snage do 184 kW
- -planetarni kruti i upravljački mostovi dinamičke nosivosti od 14800-15500 daN
- -aksijalni ležajevi prečnika 860-1600 mm
- -obrtni hidraulični priključci
- -hidrodinamički pretvrač obrtnog momenta
- -mašine i uredjaji za kontinualni transport i skladištenje materijala (transporteri sa gumenom trakom,odlagači,uzimači,elevatori,pužni i pločasti transporteri i sl.)
- -mašine i uredjaji za usitnjavanje i klasiranje (drobilice,mlinovi,kalibrirana rešeta itd.)
- -uredjaji za prenos snage (reduktori,elastične i hidrodinamičke spojnice,kočioni uredjaji, stezni elementi itd.)
- -terenske autodizalice nosivosti 70 kN
- -rudarska oprema i oprema za procesnu industriju
- -komponente i delovi za transportni sistem u rudarstvu i slično.





Industrija 14.oktobar Kruševac

"14.OKTOBAR" INDUSTRIJA GRAĐEVINSKIH,RUDARSKIH I POLJOPRIVREDNIH MAŠINA I METALNIH KONSTRUKCIJA
KRUŠEVAC ul.14.OKTOBRA br.2 JUGOSLAVIJA

telefon:037/21-502
telex:17414 YU 14.okt.

telegram:14.oktobar-KRUŠEVAC

Industrija hidraulike i pneumatike
prva petoletka
37240 TRSTENIK – JUGOSLAVIJA

Prva petoletka je osnovana 23. marta 1949. godine. U toku dugogodišnjeg postojanja, razvila je širok program proizvodnje hidraulike i pneumatike za primenu u vazduhoplovstvu, transportnim sredstvima, poljoprivrednim i gradjevinskim mašinama, rudarstvu, brodogradnji, energetici i industriji. Danas Petoletka raspolaže sa oko 25000 m^2 poslovnog prostora i više od 2500 alatnih mašina čiju strukturu čine najsavremenije numeričke mašine, obradni centri za kompleksnu obradu, automatske i poluautomatske mašine najpoznatijih domaćih i inostranih proizvodjača. Savremena sredstva i uredjaji za ispitivanje i kontrolu, počev od ulaznog materijala i završnog ispitivanja proizvoda pre isporuke, obezbedjuju visok nivo kvaliteta njenih proizvoda poznatih kako na domaćem tako i na inostranom tržištu.

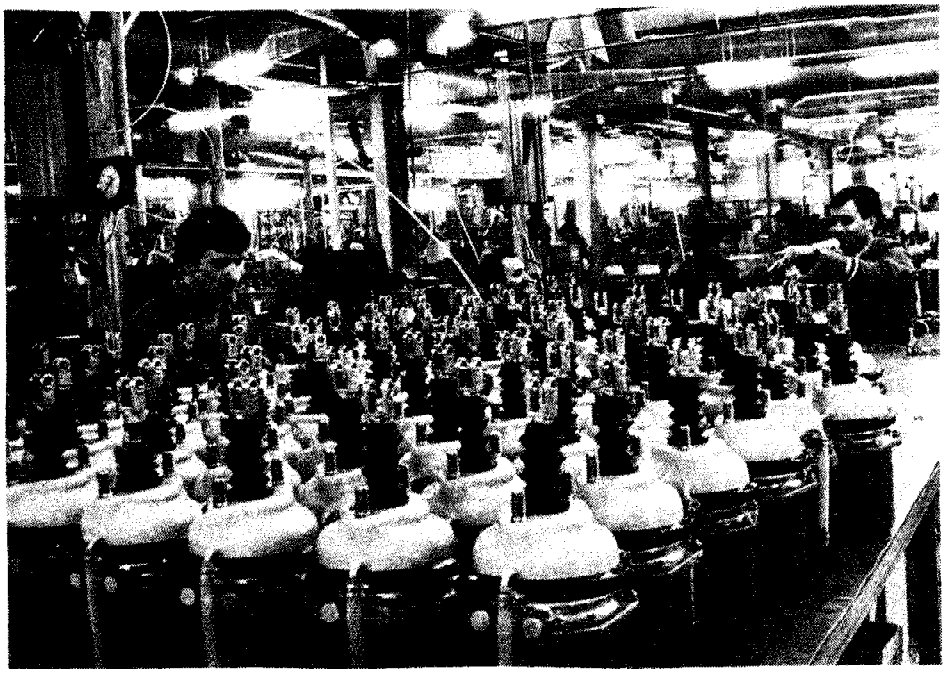
Savremeno organizovani konstrukcioni biroi, razvojne laboratorije i brojni visokostručni kadrovi koji koriste moderne radne metode, i odgovarajuća radna i informativna sredstva, čine pouzdanu osnovu za dalji stabilan razvoj.

PROIZVODNI PROGRAM

H I D R A U L I K A

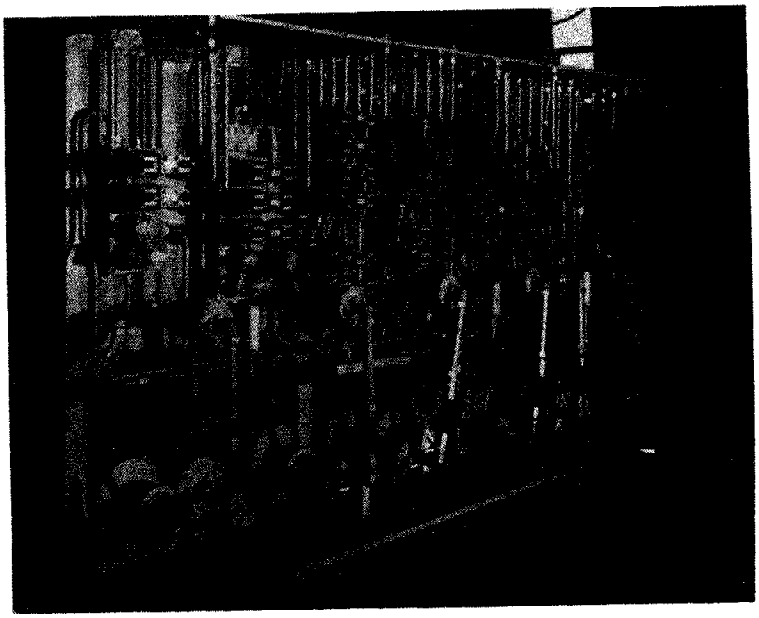
* Stajni trapovi i ostale hidroinstalacije za vazduhoplove.
* Pumpe: zupčaste, klipne, krilne, ručne.
* Motori: zupčasti, klipni, zakretni.
* Cilindri: jednosmerni, dvosmerni, teleskopski.
* Nepovratni ventili, neprovratno-prigušni ventili, blokirajući ventili.
* Razvodni ventili: elektromagnetski, elektrohidraulički, ručni.
* Ventili pritiska: za smanjenje, ograničenje, usisni, za rasterećenje.

Industrija hidraulike i pneumatike
prva petoletka
37240 TRSTENIK – JUGOSLAVIJA



Kočna pneumatika - proizvodnja tristop cilindara

Industrija hidraulike i pneumatike
prva petoletka
37240 TRSTENIK – JUGOSLAVIJA



Hidraulička instalacija

* Ventili protoka: regulatori protoka, ventili konstantnog protoka.
* Slavine.
* Servouredjaji: servoupravljači za drumska vozila.
* Proporcionalni ventili, *Filteri, *Pritisni prekidači.
* Razvodni blokovi za upravljanje na alatnim mašinama.
* Pogonski agregati i rezervoari.
* Kočne čeljusti (disk kočnice).

P N E U M A T I K A

* Kompletne pneumatičke kočne instalacije i uredjaji za drumska privredna vozila.
* Projektovanje i izrada prema zahtevu korisnika.

I N D U S T R I J S K A P N E U M A T I K A

* Kompresorski agregati - kapaciteta 120 Nl/min i 240 Nl/min, P = 7,5-8,5 bar.
* Uredjaji za pripremu vazduha (prečistači), regulatori i zauljivači) nazivnog otvora 6, 10, 16, 25 i 40 mm.
* Razvodnici i ventili (mehanički, pneumatički i elektropneumatički aktivirani) nazivnog otvora 2, 4, 7, 12, 16, 19, 25 i 40 mm.
* Pneumatički cilindri; prečnika Ø 8 - Ø 350 mm sa max hodom do 6000 mm.
* Pneumatički i elektropneumatički sistemi - projektovanje i izrada prema zahtevu korisnika.

A L A T I, P R I B O R M A Š I N A, M A Š I N E

* Rezni, stezni, kontrolni, alati za vulkanizaciju gume, za liv pod pritiskom, za livenje plastike, alati za obradu lima.
* Pribor mašina: elastični podmetači, pneumatska stezna kola za jednovretene i viševretene strugove, pneumohidraulička stezna kola za stezanje na glodalicama i bušilicama, hidraulički cilindri za specijalne stezne alate, hidrauličke mašinske stege, nosači sa brzopromenljivim držačima noževa za strugove i NC mašine, pneumatičke stubne i viseće dizalice.
* Mašine: industrijski manipulacioni sistemi, specijalne agregatne mašine za impregnaciju odlivaka, mašine za livenje metala, pneumatički i hidraulički pogoni za visokonaponske prekidače, hidrauličke prese i dr.

Pored navedenih proizvoda u proizvodnom programu SOUR "Prva petoletka" nalaze se i sve vrste zaptivki, armatura i drugih proizvoda. Istovremeno PPT obavlja i inženjering poslove.

Prema sopstvenim projektnim rešenjima nudi kompletan inženjering i plasman opreme iz oblasti hidrostatičkog i pneumatičkog prenosa snage i upravljanja na svim objektima, postrojenjima i mašinama u više od dvadeset industrijskih grana.

Industrija hidraulike i pneumatike
prva petoletka
37240 TRSTENIK – JUGOSLAVIJA



Univerzitet „Svetozar Marković“
u Kragujevcu

Mašinski fakultet

25 godina studija mašinstva u kragujevcu