

22126

II-IAMA 10

ZAVOD ZA ALATNE MAŠINE ALATE I MJERNU TEHNIKU
SARAJEVO, Omladinsko šetalište bb, tel. 40-686

ZBORNIK SAOPŠTENJA

IV Savjetovanje proizvodnog mašinstva
Sarajevo, 9—10. 5. 1968.

II dio

SARAJEVO, 1968.

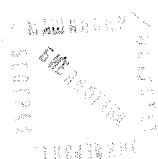


ZAVOD ZA ALATNE MAŠINE ALATE I MJERNU TEHNIKU
SARAJEVO, Omladinsko šetalište bb, tel. 40-686

ZBORNİK SAOPŠTENJA

IV Savjetovanje proizvodnog mašinstva
Sarajevo, 9—10. 5. 1968.

II dio



PRIPREMNI ODBOR:

Bendelja ing. Božo
Musafia dr ing. Binko
Perić ing. Aristid
Seferović ing. Edhem

SARAJEVO, 1968.

БЕОГРАД
БР: 22/26

ŠTAMPA: Radnički univerzitet »Đuro Đaković«, Sarajevo, Đ. Đakovića 17
Za štampariju: Zvonko Alilović

Dana 9. i 10.5.1968. godine u Sarajevu je održano IV Savjetovanje proizvodnog mašinstva u organizaciji Zavoda za alatne mašine, alate i mjernu tehniku u Sarajevu. Na Savjetovanju su izložena istraživanja iz obrade rezanjem, obrade plastičnom deformacijom, automatizacije i nekonvencionalnih /novih/ tehnoloških procesa, obuhvaćena u 27 referata.

U prvom dijelu Zbornika koji je izašao iz štampe pred Savjetovanje oštampana su 22 referata koji su bili spremni za štampu.

U ovom drugom dijelu Zbornika oštampana su preostalih 5 referata i to tri iz automatizacije i dva iz obrade rezanjem, te proceduralni dio Savjetovanja sa diskusijom.

PRIPREMNI ODBOR IV SAVJETOVANJA

S A D R Ź A J

	Strana
Otvaranje IV Savjetovanja.....	vii
B. Bendelja, Automatizacija juče, danas i sutra.....	23.1
R. Zdenković, Mašinsko programiranje kao savremeno rješenje u primje- ni NC-strojeva uz posebni osvrt na programski EXAPT-je- zik i sistem.....	24.1
S. Jovanović, Z. Stojanović, M. Grujić,	Uljne komponente za automa- tizaciju mašina radilica.... 25.1
A. Postnikov, Naučno-istraživački aspekti rezanja drveta.....	26.1
A. Razinger, Nerjaveča jekla za obdelavo na automatih.....	27.1
Diskusija po održanim saopštenjima.....	xi
Zaključak IV Savjetovanja.....	xxii

OTVARANJE IV SAVJETOVANJA

Uvodna riječ predstavnika organizatora IV Savjetovanja

U svojoj uvodnoj riječi Prof. Božo Bendelja, dipl.ing., redovni profesor i dekan Mašinskog fakulteta u Sarajevu, direktor Zavoda za alatne mašine, alat i mjernu tehniku, otvarajući Savjetovanje je rekao:

"Drugarice i drugovi, čini mi zadovoljstvo i čast da vas u ime Mašinskog fakulteta, Sarajevo i Zavoda za alatne mašine, alat i mjernu tehniku, mogu ovdje da pozdravim. Ovo IV Savjetovanje proizvodnog mašinstva koje se održava u našem gradu na Mašinskom fakultetu, za nas se odvija u značajnoj godini. Naime, u ovoj godini proslavljamo deset godina postojanja našeg Fakulteta. U tom periodu naši radni ljudi i ljudi Mašinskog fakulteta postigli su značajne rezultate. U ovih deset godina sa našeg fakulteta izašlo je 430 diplomiranih mašinskih inženjera i 151 mašinski inženjer. Od toga broja veliki broj se nalazi ovdje među našim učesnicima na Savjetovanju a što meni čini naročito zadovoljstvo; ne samo to, nego među našim referentima nalazi se veći broj naših učenika sa svojim radovima, a koji su bez dvojbe pokazali lijepe rezultate. Naročito za mene karakteristično je to, da je student koji je diplomirao pod rednim brojem dva jedan od referenata na našem Savjetu. Istovremeno dok mi proslavljamo desetogodišnjicu osnivanja našeg Fakulteta sa ovom manifestacijom, gdje ste nam vrlo dragi gosti, Zavod za alatne mašine navršava sedam godina svoga rada. Organizacija ovoga Savjetovanja koje je četvrto po redu, vršena je u okviru naše Zajednice naučno istraživačkih instituta za proizvodno mašinstvo.

Nesumljivo je da su dosadašnja savjetovanja bila uspješna jer je broj učesnika od I do IV Savjetovanja uvijek rastao, i kada pogledamo radove koji su izloženi na našim savjetovanjima uočljiv je ne samo kvantitativan već i kvalitativan porast. Sigurno je, da je naša savjetovanja u jugoslovenskim okvirima

ma imaju ozbiljan i krupan značaj, jer ona su jedna od poluga u rekonstrukciji duha naše privrede, mi to znamo specijalno u metaloprerađivačkoj privredi u području tehnologije i organizacije. Naš rad koji je prvenstveno postavljen u području tehnologije, sigurno je, da ima odraza na rad u živoj industriji i proizvodnji i samim tim ima značaj i za naš privredni život. Naša savjetovanja, do sada, su bila smotra dostignuća naših institucija, aktivnosti za unapređenje proizvodne tehnike u privredi i mjerilo za razmjenu znanja i iskustava naših radnika, pa i naučnih inženjersko-tehničkih radnika iz industrije. Taj naš rad, svakako, da mora da ima jednu društvenu korist, da koristi zajednici. Porast znanja izmjenom iskustava neminovno obogaćuje naše integralne vrednosti, naše mogućnosti za intervencije na poboljšanju rada u našoj privredi.

Na kraju, ja bih želeo da vam zaželim dobar provod u ovoj našoj sredini, da se dobro osećate u našoj Bosni koja je uvijek bila široka, uvijek je primala sve ljude od Triglava pa do Đevdjelije kao najljepšu i najiskreniju braću, i ja vjerujem da ćete i vi ponijeti takve utiske odavde. Želio bih, da se naša izmjena iskustava i iznešeno u ovim našim referatima osjeti i u privredi, jer veliki broj drugova je direktno došao iz fabrika, i da se to osjeti i na njihovom radu. Želim vam sve najbolje, dobar provod i puno stručnog uspjeha".

Uvodna riječ predstavnika Univerziteta u Sarajevu

U svojoj uvodnoj riječi Prof. Dragoslav Mirković, dipl.ing., redovni profesor Mašinskog fakulteta i prorektor Univerziteta u Sarajevu je rekao:

"Poštovani drugovi, učesnici IV Savjetovanja proizvodnog mašinstva. Meni je pala čast i drago mi je kao profesoru mašinskog fakulteta da sve učesnike pozdravim ispred rektora Sarajevskog univerziteta, koji je spriječen da ovdje prisustvuje, i čitavog Univerziteta u Sarajevu. Nama je neobično drago da se ovo Savjetovanje odvija u Sarajevu baš na našem Mašinskom

fakultetu. Meni je naročito drago što na ovom Savjetovanju imade veliki broj predstavnika, drugova inženjera iz naših proizvodnih organizacija, a još draže što se među njima nalazi vrlo veliki broj bivših studenata ovog fakulteta. Sarajevski univerzitet u cjelini, a posebno fakulteti tehničkih nauka čine velike napore da ostvare što tijesniju saradnju sa privredom na području naučnoistraživačkog rada, kao i na svim problemima vezanim za obrazovanje i obuku kadrova. U tome pogledu Sarajevski univerzitet će poduzeti čitavi niz razgovora sa privrednim organizacijama i predstavnicima pojedinih fakulteta u cilju učešća privrednih organizacija u daljem razvoju materijalne baze Univerziteta, a posebno na području materijalne baze naučnoistraživačkog rada na našem Univerzitetu. Ovo Savjetovanje, čini mi se predstavlja jednu od vrlo snažnih manifestacija obostranih želja naučnih institucija sa jedne strane i privrede na saradnji na području naučnoistraživačkog rada. Mi se nadamo da će posebno u našoj Republici Bosni i Hercegovini, a želimo da to bude u svim našim republikama, ta saradnja biti čvršća i to ne samo da univerziteti budu čvrsto povezani sa privredom, nego da privreda osjeća da na Univerzitetu i naučnim institucijama na Univerzitetu ima jednog saradnika u rješavanju svih problema sadašnje realizacije naše društvene reforme. Nadam se da će sljedeće Savjetovanje i drugi oblici veza između Univerziteta i naučnih institucija i privrede u buduće biti sve jači.

Želim da ispred Sarajevskog univerziteta poželim Savjetovanju puno uspjeha u radu i što bolju primenu naučno-istraživačkog rada i rezultata u samoj privredi, da što uspješnije rješava naše privredne probleme".



IV SAVJETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA, SARAJEVO, 1968.

B. Bendelja^x

AUTOMATIZACIJA JUČE, DANAS I SUTRA^{xx}

U v o d

Opšti razvoj društva praćen je snažnim razvojem proizvodnih snaga. U tom razvojnom procesu obim proizvodnje postaje veći iz dana u dan. Stalno povećavanje obima proizvodnje ne može se vršiti prostim brojnim povećanjem sredstava proizvodnje istih proizvodnih kvaliteta kao kod onih sa kojima smo raspolagali na ranijim stepenicama društvenog i privrednog razvoja. Potrebno je tražiti nove puteve i nove tehnološke i organizacione metode, nova proizvodna sredstva koja će omogućiti porast obima proizvodnje porastom proizvodnog intenziteta. Na ovom razvojnom putu proizvodnih metoda i proizvodnih sredstava, kad se u proizvodne procese svakodnevno unose nove napredne tehnološke metode, a to i jest zakonitost razvoja, automatizacija proizvodnje ima naročitu ulogu i poseban značaj.

Automatizacija nije samo tehnološko-ekonomska kategorija. Ona izaziva i socijalne repertusije, i ta njezina strana iziskuje posebnu pažnju. Automatizacija omogućuje masovnu proizvodnju jeftine robe, ona oslobadja čovjeka teških fizičkih napora, ali ona omogućuje zadovoljavanje društvenih potreba sa manjim brojem radne snage i uzrokuje stvaranje njezinih viškova. U kapitalističkim društvenim uslovima ona stvara ne zaposlene ruke, potrošače bez kupovne sposobnosti, stvara nezaposlenost i bijedu, a na drugoj strani omogućuje porast profita jer smanjuje troškove proizvodnje. U socijalističkom društvu automatizacija može da bude snažna poluga za stvaranje bl-

x Božo Bendelja, dipl.ing., redovni profesor Mašinskog fakulteta u Sarajevu.

xx Saopštenje iz Zavoda za alatne mašine, alat i mjernu tehniku u Sarajevu.

agostanja ljudi, za skraćenje njihovog radnog dana, za podizanje njihove kulture i ostalih životnih uslova. Automatizacija na taj način može da postane jedno od sredstava za istinsko oslobađanje čovjeka, sredstvo za stvaranje svjetlih perspektiva budućim generacijama.

1.- Pogled na istorijski razvoj automatskih mašina

Pod automatizacijom podrazumijevamo preduzimanje takvih mjera u realizovanju tehnoloških procesa koji obezbjeđuju porast proizvodnosti rada bez neposrednog učešća čovjeka, i gradjenje visokoproizvodnih sredstava proizvodnje sa kojima takvu proizvodnju i obavljamo. U oblasti automatizacije osnovna pažnja upravljena je danas na traženje praktičnih rješenja za prenošenje automatizacije sa pojedinih proizvodnih operacija na izgradnju potpuno automatiziranih tehnoloških procesa, radionica i preduzeća, a u slučajevima gdje takva aktivnost osigurava visok ekonomski efekat.

Gradjenje automata je vrlo stara disciplina. Još u I vijeku N. ere Heron Aleksandrijski stariji detaljno je opisao konstrukciju automatskog pozorišta u kome je učestvovao veliki broj lutaka-automata. Razni talentirani majstori u XVII i XVIII vijeku stvorili su veliki broj automata-igračaka, automatskih satova i drugih mehanizama koji se odlikuju svojom složenošću i duhovitim konstruktivnim rješenjima. Tako je čvajcarski časovničar Pierre Jaquet - Droz u drugoj polovini XVIII vijeka izradio lutku-automat koja je imala glavom i rukama, pa je čak "znala da napiše svoje ime". Na slici 1 pokazan je spoljni izgled te čuvene lutke, a na slici 2 prikazana je principijelna šema mehanizma koji je upotrebljen na ovoj automatskoj lutki. Komandni valjak sa ispuščenjima dobivao je pogon od jednog satnog mehanizma. Ispušenja ABC jedno za drugim djeluju na poluge DEF koje pokreću šipke 1, 2, 3 u vertikalnom pravcu. Ove šipke pokretali su glavu i ruke lutke. Mehanizam je bio smješten u tijelu lutke, a broj ispušenja na komandnom

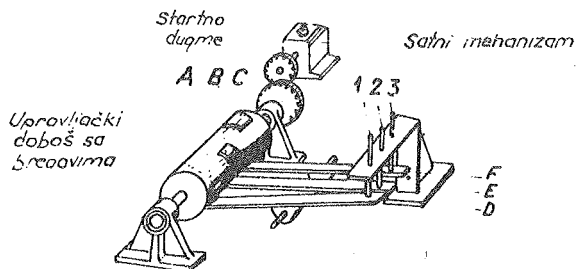


Slika 1.

valjku odredjivao je broj pokreta koje je lutka izvršavala. Oblik, veličina i raspored ispupčenja odredjivali su brzinu, veličinu, trajanje i redosljed pokreta koje je lutka izvršavala. Među elementima mehanizma ove lutke-automata ima i takvih koji se upotrebljavaju i danas pri gradjenju savremenih automatskih mašina - na pr. komandni valjak sa bregovima.

Graditelji automata igračkaka stvorili su svojim računom i konstrukcijama prve osnove za gradjenje savremenih automatskih mašina. Medjutim, treba naglasiti da su ove igra-

čke-automati bile pojedinačni proizvod rada talentovanih majstora, i da se od tih automata nije tražilo izvršavanje nikakvog korisnog rada. Od naših automatskih mašina traži se brojno velika proizvodnja ravnomjernog i traženog kvaliteta, koji omogućuje njihovu medjuzamjenjivost. pri upotrebi.



Slika 2.

Pri obavljanju svakog rada vrši se savladjivanje nekih sila na nekom putu. Pri obradi materijala vrše se potrebna kretanja materijala i alata da bi se izvršio nužan rad. Ova kretanja moraju se vršiti po određenom redosljedu, i po završetku potrebnog ciklusa mašina mora da ponavlja ciklus tih kretanja istim unapred utvrđenim redosljedom. Jednakost proizvedenih elemenata, a time i njihova medjuzamjenjivost, zavisi od istovjetnosti izvodjenja ciklusa potrebnih kretanja, i to mora da osigura mašina, a to nikako ne smije da zavisi od raspoloženja radnika. Mašina mora da bude upravljana svojim komandnim mehanizmom tako, da proizvoljno mnogo puta može da ponovi potreban radni ciklus. Prvi komandni mehanizmi bili su mehanizmi sa bregovima, veoma slični onima koji su upotrebljeni na automatima-igračkama.

Prošli vijek, nakon pojave parne mašine, okarakterisan je prelaskom sa cehovske zanatske proizvodnje na industrijsku, a druga polovina prošlog vijeka bilježi vanredan razvoj metalopreradivačke industrije posebno. Nagla industrijalizacija pri kraju prošlog vijeka dovodi do velikog manjka kvalifikovanih radnika. Ta okolnost dovodi do povećanja koštanja radne snage pa je to, naročito u SAD, dovelo do tendencija da se ovi troškovi smanje poboljšanjem tehničkog nivoa proizvodnih mašina. To je period intenzivnih i uspješnih pokušaja u gradjenju proizvodnih automatskih mašina. Ovo je bio nezanemarljiv činilac u tadanjem naglom porastu američkog proizvodnog potencijala. Ove mašine su po pravilu imale upravljanje pomoću bregastih doboša i ploča. Ovi komandni uređjaji vršili su potrebna pomicanja materijala, njegovo stezanje i otpuštanje, uključivanje potrebnih brzina obrtanja vratila, pokretanja nosača alata, revolverskih glava i drugih organa mašine.

U drugoj polovini prošlog vijeka radio se veći broj manje ili više uspješnih konstrukcija automatskih proizvodnih mašina:

- 1873. Spencer je izgradio strugarski automat komandovan upravljačkim vratilom sa bregovima,
- 1880. izgradjen je prvi revolverski automat za obradu šipki, i on je poslužio kao uzorak za gradjenje mnogih automatskih mašina: Pratt i Whitney u SAD, Pittler i Loewe u Njemačkoj, BSA

Engleskoj. Pojava viševretenih automata Gwydley, Cleveland i Kon u SAD početkom XX vijeka dala je nov poticaj u razvoju automatskih mašina za obradu metala, a u vezi sa razvojem velikoserijske proizvodnje u mašinstvu.

Novu etapu u razvoju automata za obradu metala pretstavljaju automatske linije sastavljene od agregatnih mašina, automata ili poluautomata.

Automatizacija mašina za obradu metala imala je svoj logičan razvojni put, a etape razvoja bile su sljedeće:

- univerzalne alatne mašine sa ručnim upravljanjem,
- univerzalni automati i poluautomati,
- specijalni automati i poluautomati,
- agregatne alatne mašine komponovane od univerzalnih radnih jedinica za razne proizvodne zadatke,
- automatske linije sastavljene od univerzalnih alatnih mašina,
- automatske linije sastavljene od agregatnih mašina,
- automatske linije sastavljene od specijalne opreme,
- univerzalne alatne mašine i automatske linije sa programskim upravljanjem.

Svaki od ovih osam stepenova u razvoju automatizacije vezan je za pojavu određene grupe mašina. Krupnoserijska proizvodnja usloвила je izgradnju univerzalnih automata i poluautomata i sa njima je postignuta visoka proizvodnost uz visok stepen automatizacije, ali uz suženje područja primjene u poređenju sa univerzalnim mašinama.

Veliki naponi usmjereni su u tom pravcu da se područje upotrebe pojedine mašine proširi što više bez smanjenja njezinog stepena automatizacije i njene proizvodnosti. Savremene automatske linije su vrhunsko dostignuće takvih težnji, jer se za izvršenje određenih zadataka sklapaju od mnogih elemenata koji imaju univerzalni karakter. Jasno je da svaki novi zadatak traži i izvjesne nove elemente za ugradjivanje i njihovo specijalno konstruisanje.

Ako je posljednjih tridesetak godina bilo ispunjeno velikim naporima, ali i velikim rezultatima na području izgradnje ma-

šina i automatskih linija sa programskim upravljanjem, danas smo već ušli u period koji će biti okarakterisan izgradnjom velikih automatiziranih proizvodnih kompleksa - čitavih radionica i fabrika.

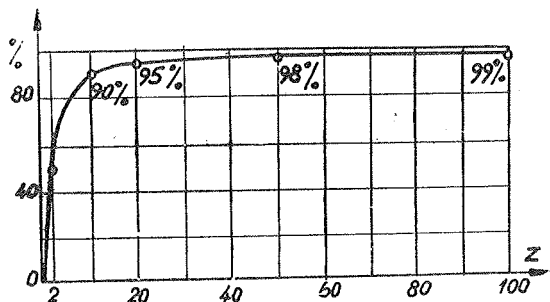
Mada se sa automatskim mašinama ostvaruju veoma različiti tehnološki procesi, radi tih mašina svodi se na izvršavanje niza elementarnih kretanja radnog ciklusa u potrebnom redoslijedu. Različiti su samo radni alati, pribori i uslovi vezani za specifičnost procesa. Ipak razne automatske mašine, sa sasvim raznim namjenama imaju zajedničke elemente automatizacije, zasnivaju se na istim zakonitostima i ostvaruju se istim metodama, pa nam to omogućuje da se pri gradjenju raznih automatskih sistema koristimo zajedničkim teoretskim osnovama, konstruktivnim elementima i praktičnim iskustvima. Zajednički zakoni proizvodnosti, postavljanje tehnološkog procesa kao baze za projektovanje automatskog sistema, zajednički elementi i zajedničke kinematske karakteristike automatskih sistema čine zajedničku bazu za posmatranje razvoja automatskih proizvodnih sistema u cjelini.

2.- Automatizacija kao ekonomski faktor

Osnovni kriterij za ocjenjivanje nekog tehnološkog procesa je proizvodnost rada, ali pri ovim ocjenama osim utroška živog rada treba uzeti u račun i troškove na gradjenju sredstava proizvodnje. Povećanje proizvodnosti koje se postiže gradjenjem novih sredstava proizvodnje znači uvećavanje minulog rada uz istovremeno smanjenje potrebnog živog rada. Da bi ova aktivnost imala smisla, smanjenje živog rada mora da bude veće od vrijednosti povećanja minulog rada utrošenog na gradjenjem novih sredstava proizvodnje. Automatizacije omogućuje rješenja koja zadovoljavaju ovaj zahtjev.

Povećanje stepena automatizacije omogućuje smanjenje utroška živog rada za izvođenje tehnološkog procesa omogućujući povećanje broja mašina koje poslužuje jedan radnik. Pretpostavimo da su stvoreni uslovi da se 100 mašina, ranije posluživanih od 100 radnika, na raznim stepenima automati-

zacije poslužuje od 50, 20, 10 ili 2 poslužioaca. Ekonomija živog rada, izražena kroz ostvarene zarade, biti će: 50, 90, 95, 98, 99% od ukupnih zarada ostvarenih pri pojedinačnom posluživanju mašina /slika 3/. Vidi se da povećanje broja mašina koje



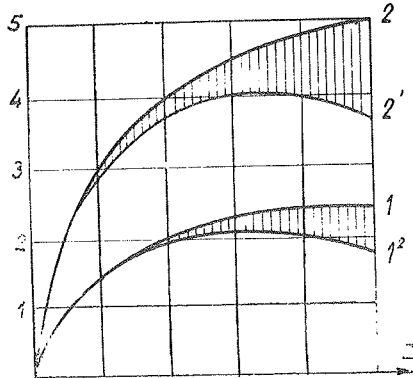
Slika 3.

poslužuje jedan radnik pri raznim stepenovima automatizacije daje vrlo različite ekonomske efekte. Ako se omogući da radnik predje sa posluživanja jedne mašine na dvije, ušteda u zaradama biti će 50%, a ako predje sa posluživanja 50 mašina na posluživanje 100 mašina ušteda će biti svega 1% od polaznih troškova plata. Međutim, treba imati u vidu da sa brojem mašina koje poslužuje jedan radnik rastu vrlo naglo tehničke teškoće, ulaganje kapitala i gubici na proizvodnost i opreme. Iz datog dijagrama /sl. 3/ vidi se da ekonomičnost rada raste vrlo naglo pri malim brojevima "z", a kasnije pri njegovim većim vrijednostima raste vrlo polagano.

Bilo bi pogrešno da se odavde izvuče zaključak o nekorisnosti automatizacije i da se umanjuje njezin značaj. Ona nudi velike mogućnosti poboljšanja iskorišćavanja postojećih mašina što dovodi do smanjenja potrebnog minulog rada, a usavršavanje pak samih sredstava proizvodnje dovodi do smanjenja potrebnog živog rada.

Povećanje stepena automatizacije omogućuje smanjenje utroška radne snage za izvođenje tehnološkog procesa, odnosno omogućuje povećanje broja mašina koje poslužuje jedan radnik.

Slika 4 pokazuje porast proizvodnosti rada u zavisnosti od stepena automatizacije koja omogućuje posluživanje više /z/



Slika 4.

mašina od jednog radnika. Kriva pokazuje porast proizvodnosti ne uzimajući u obzir dopunske troškove koje izaziva automatizacija, a kriva 1' uzima u obzir ovu činjenicu. Vidljivo je da porast proizvodnosti ima svoje realne granice i pri nekom stepenu proizvodnosti ekonomija živog rada ima svoj optimum. Linije 2 i 2' pokazuju mogućnost oštrog porasta proizvodnosti rada u odnosu na krive 1 i 1', pri čemu su ovi porasti posljedica uvođenja nove naprednije tehnologije i nove naprednije opreme koja radikalno smanjuje živi rad. Automatizacija mora i može da omogući gradjenje takvih sredstava proizvodnje koja smanjujući potreban živi rad i njemu proporcionalne troškove, omogućuje takav porast proizvodnosti rada, da ona sa svojim ekonomskim efektima znatno prelazi troškove koje ovakva automatizacija proizvodnje uzrokuje. Kao osnovni i odlučujući faktor porasta proizvodnosti rada, javlja se porast proizvodnosti sredstava proizvodnje (krive 1 i 2 u sl. 4/), a oslobađanje čovjeka od posluživanja mašine, sa ekonomskog aspekta, postaje faktorom drugog reda.

U toku radnog ciklusa izvrše se sva proizvodna i neradna kretanja potrebna da se izradi jedan elemenat. Kad znamo period radnog ciklusa možemo odrediti učestanost ponavljanja radnog ciklusa ili ciklusnu proizvodnost mašine:

$$Q = \frac{1}{T} = \frac{1}{t_s + t_p} \quad \text{kom/min} \quad /1/$$

Q -- ciklusna proizvodnost

T -- trajanje ciklusa

t_s -- vrijeme trajanja radnih hodova

t_p -- vrijeme trajanja neradnih hodova.

Ako bi imali mašinu kod koje je neproduktivno vrijeme $t_p = 0$, to bi bila idealna mašina, jer bi se kod nje proizvodni hod odvijao neprekidno. Tada bi bilo

$$Q_i = \frac{1}{t_s} = K \quad \text{kom/min} \quad /2/$$

Veličina K naziva se tehnološka proizvodnost, i ona predstavlja proizvodnost mašine koja nema neproizvodnih hodova.

Ako iz izraza /2/ uzmemo: $t_s = \frac{1}{K}$ i to uvrstimo u izraz /1/ dobivamo

$$Q = \frac{K}{K \cdot t_p + 1} = K \cdot \eta \quad \text{kom/min} \quad /3/$$

Vidljivo je da je ciklusna proizvodnost jednaka proizvodu tehnološke proizvodnosti i koeficijenta proizvodnosti koji se može izraziti:

$$\eta = \frac{1}{K \cdot t_p + 1} = \frac{Q}{K} = \frac{Q}{Q_i} = \frac{t_s}{T} \quad /4/$$

Koeficijent proizvodnosti je vrlo značajna karakteristika os-tvarivanih tehnoloških procesa na produkcionim mašinama. On je

lat kao odnos stvarne i tehnološke /idealne/ proizvodnosti ili kao odnos vremena radnih hodova i perioda ciklusa. Veličina koeficijenta proizvodnosti karakteriše neprekidnost procesa i vremenskog iskorišćenja mašine.

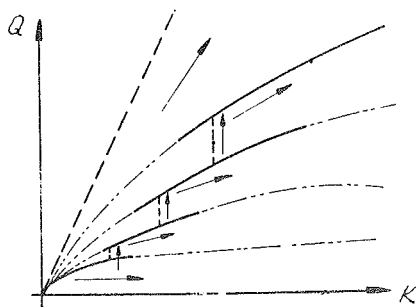
Povećanje tehnološke proizvodnosti povećava stvarnu proizvodnost, ali pri istom vremenu neproizvodnih hodova smanjuje koeficijent proizvodnosti. Ova prividna protivrečnost govori o tome da je povišenje proizvodnosti moguće djelovanjem oba ova faktora. Odavde izlazi nužan zahtjev da povećanje tehnološke proizvodnosti mora biti praćeno istovremenim smanjenjem vremena neproizvodnih hodova $/t_p/$.

Dok je za idealnu mašinu $/t_p = O / K = Q_1$, kod stvarnih mašina proizvodnost je manja od tehnološke. Sa porastom tehnološke proizvodnosti stvarna proizvodnost sve se više udaljuje od tehnološke u koliko su gubici na neproizvodne hodove ostali isti pa je koeficijent proizvodnosti padao. Da bi koeficijent proizvodnosti zadržali na prihvatljivoj veličini, porast tehnološke proizvodnosti, koja je odraz tehnološkog progressa, mora da bude praćena smanjenjem vremena neproizvodnih hodova. Automatizacija je snažno oružje u ovoj borbi za približavanje ciklusne proizvodnosti tehnološkoj, i to je jedan od njezinih osnovnih zadataka i ciljeva. Savremene visokoproduktivne mašine mogle su biti izgrađene samo širokom primjenom automatike. Međutim, treba naglasiti da je razvoj radnih mehanizama bio moguć tek nakon što su bili razradjeni mehanizmi za smanjenje vremena neproizvodnih hodova. Razvoj pojedinih proizvodnih mašina bio je skokovit, pri čemu su se naizmjenično javljali porasti proizvodnosti uzrokovani porastom tehnološke proizvodnosti i smanjenjem vremena neproizvodnih hodova.

Na slici 5 prikazan je takav historijski razvoj mašina radilica, gdje se vidi kako smanjenjem vremena t_p prelazimo na linije proizvodnosti koje su bliže liniji proizvodnosti idealne mašine.

Iz dosadašnjeg razmatranja moramo doći do zaključka da je automatizacija davala poticaj za razvoj i uvođenje u proizvodnju novih progresivnih metoda, da je dovela do intenzifikacije

u metodama obrade, i da je omogućila gradjenje mašina za ostvarivanje vrlo složenih tehnoloških procesa. Po Šaumjanu "automatizacija je revolucionarni put razvoja sredstava proizvodnje, olakšanja rada i povišenja blagostanja ljudi".



Slika 5.

Ako posmatramo proizvodnost mašine za duži period, a ne samo kroz manji broj ciklusa, ona će se pokazati nižom od izračunate po prethodnim obrascima. Razlog tome je činjenica da u ovom slučaju osim ciklusnih gubitaka vremena t_p ima i van-ciklusnih gubitaka vremena t_n , koji dovode do sniženja proizvodnosti mašina.

Proizvodnost mašine uzimajući u obzir i van-ciklusne gubitke biti će

$$Q = \frac{1}{t_s + t_p + t_n} \quad /5/$$

Uzroci vanciklusnih gubitaka mogu biti zamjena i podešavanje istupljenih alata, opravka i podešavanja pojedinih mehanizama, kontrola proizvoda, narušavanje podešenosti mašine ili njeno preudešavanje za novu proizvodnju.

Ako za proizvoljno dug razmak vremena Θ vanciklusni gubici vremena iznose Θ_x , i ako je za sumarno vrijeme neprekidnog rada ma-

šine θ_p izrađeno z - jedinica proizvodnje, vanciklusni gubici redukovani na jedinicu proizvodnje biće

$$t_{n_1} = \frac{\theta_x}{z}$$

Stvarna proizvodnost u tom periodu biti će

$$Q_s = Q \cdot \eta_{is}$$

gdje je:

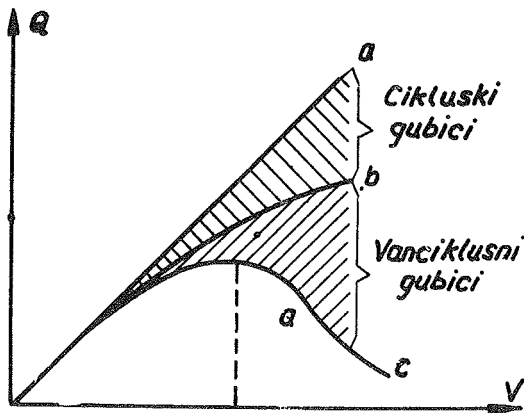
$$\eta_{is} = \frac{\theta_p}{\theta_p + \theta_x} = \frac{1}{1 + \theta_x/\theta_p} \quad /6/$$

Uzimajući u obzir prethodne obrasce

$$Q_s = \frac{K}{K \cdot t_p + 1} \cdot \eta_{is} = K \cdot \eta \cdot \eta_{is} \quad /7/$$

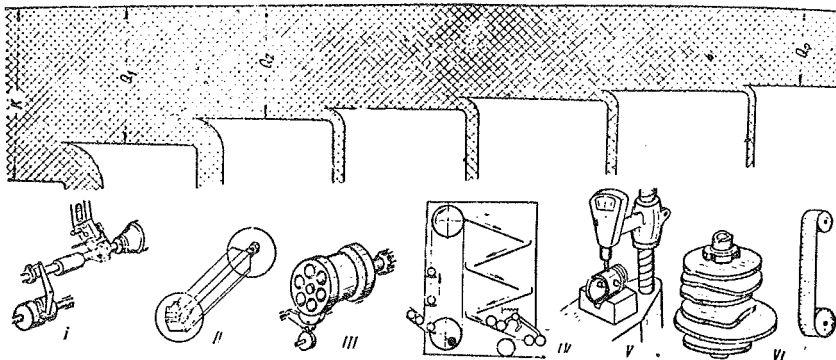
Iz prednjeg izraza vidljivo je da je stvarna proizvodnost u lužem vremenskom periodu zavisna od: tehnološke proizvodnosti, koeficijenta proizvodnosti η koji karakteriše racionalnost i stepen savršenosti ciklusa, i od koeficijenta vremenskog iskorišćenja mašine η_{is} . Dakle povećanje proizvodnosti može se postići samo paralelnim djelovanjem na sva tri činioca, pri čemu treba naglasiti da na posljednji od njih, u velikoj mjeri, mogu uticati razni organizacioni faktori.

Intenzifikacija režima obrade ima značajne uticaje na proizvodnost, jer na nju djeluje preko gubitaka na koje utiče. Na slici 6 pokazan je dijagram zavisnosti proizvodnosti od brzine obrade. Kosa prava linija predstavljala bi rad "idealne mašine" neprekidnog djelovanja. Kriva "b" pokazuje uticaj ciklusnih, a kriva "c" vanciklusnih gubitaka. Ova posljednja pokazuje da intenzifikacija režima obrade najprije dovodi do porasta, a potom do smanjenja proizvodnosti radi oštrog uticaja naglo rastućih vanciklusnih gubitaka, prvenstveno zbog naglog opadanja postojanosti alata.



Slika 6.

Na osnovu analize rada mašine moguće je izraditi balans proizvodnosti /slika 7/ koji pokazuje veličinu i uticaj pojedinih gubitaka na proizvodnost, pa daje i orijentaciju za preduzimanje mjera radi poboljšanja krajnjeg rezultata - povećanja stvarne proizvodnosti u dužim vremenskim periodima.



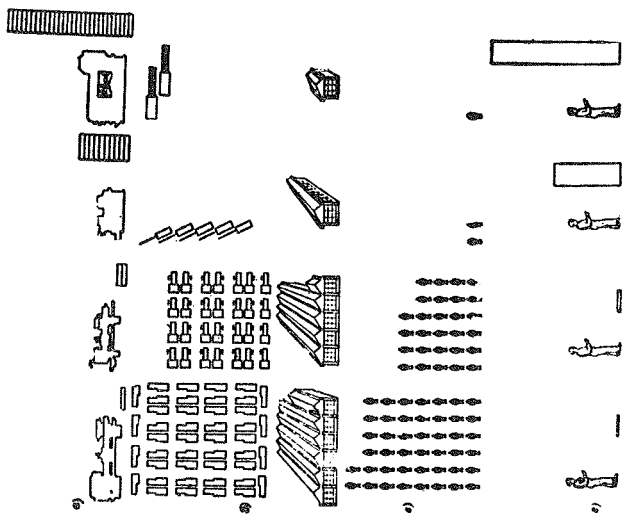
Slika 7.

Iz svega rečenog može se izvući zaključak da je borba za povećanje proizvodnosti na proizvodnim mašinama ustvari borba za povećanje tehnološke proizvodnosti, omogućene uvodjenjem progresivnih metoda i sredstava na jednoj strani, a na drugoj borba za smanjenje vremenskih gubitaka svih vidova. Automatizacija u ovom drugom području daje velike mogućnosti i omogućila je postizanje velikih rezultata u ostvarivanju približno neprekidnih tehnoloških procesa.

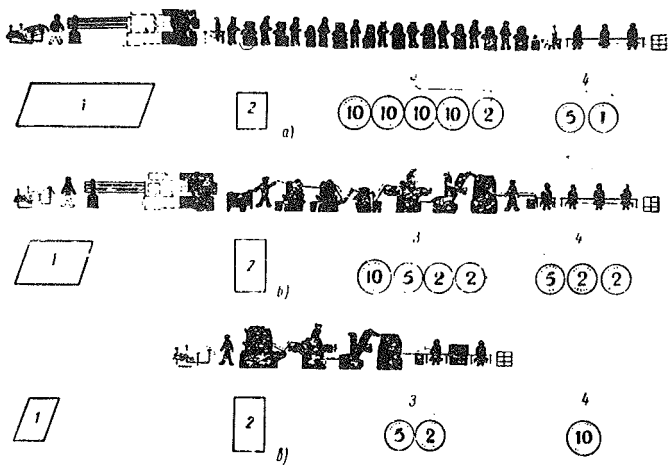
Neophodno je upozoriti na izuzetan značaj automatizacije u metaloprerađivačkoj proizvodnji. Ako se neobaziremo na daleku prošlost, automatizacija je postala činilac koji je revolucionirao pravac razvoja proizvodne tehnike u trenutku kad je prešla iz sfere igre u područje proizvodne prakse. Primjenjena pravilno, s obzirom na obim proizvodnje ona dovodi do znatnog povećanja proizvodnosti i smanjenja proizvodnih troškova. Ona unosi radikalne promjene u potrebe živog i minulog rada, kroz potrebe radne snage i ulaganja kapitala, što ima vanredne uticaje na ekonomske efekte. Na slici 8 prikazana je šema koja daje podatke o potrebama radne snage i radioničkih površina pri radu sa opremom raznih stepenova automatizacije: strugovima, revolver-strugovima, jedno- i viševretenim automatima. Iz slike se vidi da sa porastom stepena automatizacije opada potreba za radnom snagom /44:28:2:1/, brojem elemenata opreme i radnim površinama jer proizvodnost posmatranih mašina stoji u odnosu

1,6:9,2:23 /za isti posmatrani element: - strug 0,083, revolver-strug 0,134, jednovreteni automat 0,77, a viševreteni automat 1,9 kom/min/.

Na slici 9 pokazane su tri varijante automatizirane proizvodnje elemenata ležajeva: a/ slučaj neautomatizirane proizvodnje uz upotrebu viševretenih automata, b/ slučaj nepotpuno automatizirane proizvodnje uz upotrebu viševretenih automata i c/ slučaj potpuno automatizirane proizvodnje u liniji. Šema pokazuje odnose radioničkih površina /1/, ulaganja kapitala u opremu /2/, troškova na radnu snagu /3/ i amortizaciju /4/. Iz šeme se vidi da: - radne površine i troškovi plata opadaju sa stepenom automatizacije, a ulaganja kapitala i amortizacija rastu.



Slika 8.



Slika 9.

3.- sistemi automatskih proizvodnih mašina i njihove karakteristike

Danas se grade automatske mašine na veoma različitim osnovama, ali su još uvek najraširenije mašine sa mehaničkim upravljanjem. Ovakve mašine imaju upravljačko vratilo i na njemu namještene upravljačke organe.

Obrtanjem upravljačkog vratila kretanja se prenose na izvršne mehanizme. Kod ovih mehanizama sretamo se sa mnogodjelnim prenosima /poluge, zupčasti segmenti, zupčaste letve i sl./ koji komplikuju i poskupljuju konstrukciju, umanjuju tačnost prenosa, pa pri velikom broju elemenata u prenosu dolazi do akumuliranja grešaka i do smanjenja tačnosti pomicanja krajnjeg elementa sistema.

U izvršavanjima potrebnih kretanja danas dobivaju sve veći značaj hidraulična i električna sredstva. Osnovna osobina hidrauličnih prenosa je kontinuelno regulisanje brzina, ravnomjernost kretanja i velika sloboda u prostornom rasporedu pojedinih dijelova hidrauličnog sistema. Zahvaljujući ovim osobinama hidrauličnih sistema lakše se vrši automatizacija radnih ciklusa. Međutim, i hidraulični sistemi imaju svoje slabe strane: propuštanje tečnosti, teškoće sa tačnošću prenosa, složenost eksploatacije. U posljednje vrijeme dobili su široku primjenu sistemi koji se služe hidrauličnim sredstvima za ostvarivanje kretanja i električnim sredstvima za upravljanje kretanjima mašine, za kontrolu njezinog rada i za njezino zaustavljanje.

Ostvarivanje kretanja pneumatskim sredstvima vrši se rijetko kod automata. Stišljivost vazduha otežava ostvarivanje zadanog zakona kretanja za radne hodove. Međutim, primjena je bolja za ostvarivanje neradnih hodova i potrebnih pomoćnih radnji /dodavanje materijala, stezanje i sl./. Postoje sistemi gdje se u kombinaciji koriste hidraulična i pneumatska sredstva.

Široku primjenu u sistemima upravljanja sa automatskim mašinama imaju električna sredstva, naročito u kombinaciji sa

sredstvima drugih vrsta. Promjena smjera obrtanja reverzibilnih elektromotora, što se često primjenjuje u ostvarivanju jednostavnijih radnih ciklusa, ili ukrućivanjem raznih brzina pri upotrebi višebrzinskih elektromotora može se vršiti pomoću graničnika. Često korištena kontinuelna promjena broja obrtaja ostvaruje se pomoću sistema koji naizmjeničnu struju pretvaraju u istosmjernu ili pomoću istosmjernih elektromotora.

Pri sinhronizaciji kretanja na odstojanju nalaze primjenu mali specijalni asinhroni elektromotori /selsini/ sa jednofaznim rotorom i trofaznim statorom vezanim za mrežu. Šema povezivanja je takva da pri otklonu rotora motora-predajnika za neki ugao, u lancu u koji su vezani rotori-prijemnici nastaje istosmjerna struja koja dovodi do zakretanja rotora-prijemnika za isti ugao. Na ovaj način dajući komandu sa jednog mjesta, na raznim udaljenim mjestima možemo ostvariti identična kretanja. Ako za rotore prijemnike vežemo rasporede diskove moći ćemo ostvariti potrebne nam iste radne cikluse na međusobno udaljenim mjestima.

Kod automatskih mašina postoje mehanizmi za izvršavanje neradnih hodova i mehanizmi za upravljanje cijelim ciklusom. Izvršavanje ciklusa je čvrsto određeno i ovi radni i neradni hodovi odvijaju se po utvrđenom redosljedu. Prisustvo upravljačkih mehanizama je karakteristična osobina automatskih mašina. Metode ostvarivanja kretanja i metode sinhronizacija kod automatskih mašina su međusobno povezani. Prve određuju karakter radnih i neradnih kretanja mehanizama /tačnost pomicanja, brzine, ubrzanja i dr./, a druge usaglašavaju kretanja mehanizama po vremenu, jer je to neophodno za ostvarenje zadatog procesa.

Klasifikacija sistema upravljanja sa automatskim mašinama može se izraditi sa ravnim osnovama. Međjutim, svaki sistem mora da usaglašava rad svih namjenskih mehanizama za ostvarivanje radnog ciklusa.

Sistemi sa centralizovanim upravljanjem imaju jedan komandni mehanizam koji obezbeđuje sukcesivno ispunjavanje svih ele-

menata radnog ciklusa. Decentralizovani sistemi nemaju jedinstven upravljački mehanizam, redosljed ispunjavanju pokreta radnog ciklusa obezbjedjuju komande samih radnih organa.

U centraliziranim sistemima upravljanja produžavanje rada i ponavljanje radnog ciklusa postoji kao strogo utvrđena karakteristika sistema. U decentraliziranim sistemima produžavanje radnog ciklusa zavisi od kolebanja vremena rada svakog organa. Dok su centralizirani sistemi vremenski kruti, decentralizirani su vremenski elastični.

Svaki sistem upravljanja treba, prije započinjanja proizvodnje, izvjesno podešavanje za svaki konkretan slučaj. Vrijeme trajanja podešavanja zavisi od karakteristika samog sistema, komplikovanosti elementa čija se proizvodnja sprema i od razrade tehnološkog postupka kojim ona treba da se izvrši. Za vrijeme podešavanja mašina ne daje nikakvu proizvodnju, pa radi toga kraće vrijeme podešavanja treba ocijeniti kao pozitivnu karakteristiku sistema. Ova prednost pojedinog sistema gubi svojom značaj ukoliko su proizvodne serije velike, a na suprot u proizvodnji malih serije ova karakteristika sistema postaje vrlo značajan činilac.

U našem razmatranju sistema upravljanja djelićemo ih u slijedeće osnovne skupine:

- sistemi upravljanja graničnicima i bregovima kojima je osnovna karakteristika gotovo čisto mehanički prenos komandi unutar sistema i na izvršne organe mašine,
- kopirni sistemi okarakterisani upotrebom kopirnog uzorka ili kopirnog lenjira, i primjenom vrlo različitih sredstava za ostvarivanje potrebnih komandi,
- sistemi programskog upravljanja okarakterisani širokom primjenom električnih, elektronskih i optičkih sredstava za ostvarivanje programa zadatog upravljačkom sistemu.

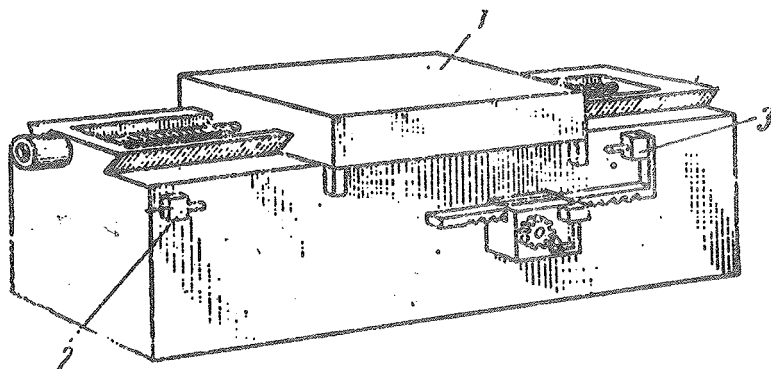
a.- Sistemi upravljanja graničnicima

Graničnici su uključno - isključni elementi prizmatičnog ili cilindričnog oblika koji kod automatiziranih sistema mogu da

vrše ograničavanja kretanja pojedinih organa i mehanizama, i time preuzimaju i funkciju upravljanja.

Oni su se javili kao prvi elementi koji su omogućili davanje raznih komandi sklopovima mašine. Mogu da djeluju čisto mehanički, a vrlo često pomoću električnog prekidača prenose signal na elektromotor, magnetnu kotvu ili elektromagnet i preko njih saopštavaju odgovarajuće kretanje radnom organu.

Na slici 10 pokazan je slučaj upravljanja kretanjem suporta pomoću graničnika. Suport "jedan" pomiče se do 2 koji pak daje komandu za uključivanje suprotnog obrtanja vodećeg vreten-



Slika 10.

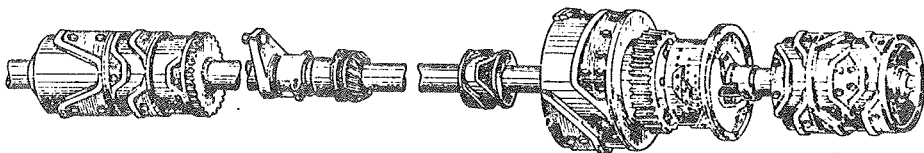
na, suport se potom kreće do graničnika 3 gdje graničnik uzrokuje promjenu smjera obrtanja vodećeg vretena ili njegovo zaustavljanje. Sistem je jednostavan a podešavanje se vrši pomicanjem graničnika. Radi svoje jednostavnosti često se upotrebljava od vrlo jednostavnih do vrlo složenih mašina.

b.- Sistemi upravljanja bregovima

Sistemi upravljanja bregovima, postavljeni na upravljačka vratila, omogućuju da se pomoću unapred izradjenog ciklograma isprojektuje radni ciklus proizvoljne složenosti, i da se

omogućiti strogo ispunjavanje zadanog tehnološkog procesa obrade u utvrđenom vremenskom razmaku. Ovaj sistem postigao je veliku proširenost kod automatiziranih mašina za razne namjene, a za velikoserijsku i masovnu proizvodnju. Mora se naglasiti da je mobilnost ovih sistema malena, a svaki novi zadatak traži promjenu upravljačkih elemenata. Upravljački bregovi mogu da pretstavljaju zatvorene krive u ravni ili u prostoru. U prvom slučaju riječ je o plosnatim bregovima, a u drugom o prostornim bregovima ili krivuljama.

Na slici 11 pokazano je upravljačko vratilo nekog viševretnog automata sa ugradjenim dobošima sa krivuljama. Sistemi upravljanja automata bregovima stari su od kasnije razvijenih kopirnih sistema i sistema sa programskim upravljanjem, ali i danas imaju vrlo široku primjenu zahvaljujući jednostavnosti ostvarivanja sinhronizacije potrebnih kretanja izvršnih organa.

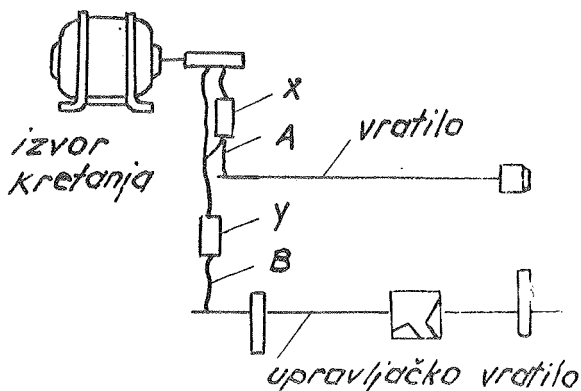


Slika 11.

Za ocjenu vrijednosti automatske mašine značajno je kako i sa kojom se brzinom odvijaju neravni hodovi, jer to ima direktan uticaj na koeficijent proizvodnosti mašine i na njezinu proizvodnost. Brzina izvršavanja neravnih hodova zavisi od tehnološkog procesa i konstrukcije namjenskih mehanizama koji ostvaruju neradne hodove, a ona je ograničena mehaničkom čvrstoćom tih mehanizama.

U šaumjanu, automati i poluautomate sa upravljačkim vratilima može se, s obzirom na ostvarivanje neravnih hodova, podijeliti na tri grupe.

Automati I grupe obuhvataju gotovo sve mehanički upravljane automatske mašine izuzev onih za obradu metala. U ovu grupu ulaze gotovo sve automatske mašine za hemijsku, prehrambenu i grafičku industriju, pa i neki automati za obradu metala koji ostvaruju jednostavne tehnološke zadatke i troše male snage. Ovi automati okarakterisani su šemom sa slike 12. Upravljačko vratilo služi za upravljanje svim radnim i neradnim kretanjima. Upravljačko vratilo dobiva pogon preko kinematskog čvora Y koji uskladjuje odnos potrebnog broja obrtaja rad-



Slika 12.

nog i upravljačkog vratila. Kako upravljačko vratilo ima samo jedan kinematski lanac za svoje obrtanje, to je očigledno da broj obrtaja tog vratila mora biti konstantan pri datom položaju kinematskog lanca Y.

Proizvodnost /kom/min/ automata I grupe sa glavnim obrtnim kretanjem, bez uzimanja u obzir vanciklusnih gubitaka moguće je predstaviti kao odnos broja obrtaja glavnog vratila u minuti i broja obrtaja glavnog vratila potrebnog za izradu jednog detalja.

$$Q_I = \frac{n_s}{n_o} = \frac{n_s}{n_r} \cdot \frac{\alpha}{2\pi} = K / 1 - \frac{\beta}{2\pi} / = K \cdot \eta_I \quad /8/$$

jer je: $n_r : n_p = 2 \tilde{\alpha} : \alpha$

$$n_o = \frac{n_r \cdot 2 \tilde{\alpha}}{\alpha}, \quad \text{a} \quad \frac{n_s}{n_r} = K$$

n_r - broj obrtaja glavnog vretena koji su potrebni za radne hodove izrade jednog elementa,

α - ugao zaokreta upravljačkog vratila za vrijeme radnih hodova, a

$\tilde{\alpha}$ - za vrijeme neradnih hodova.

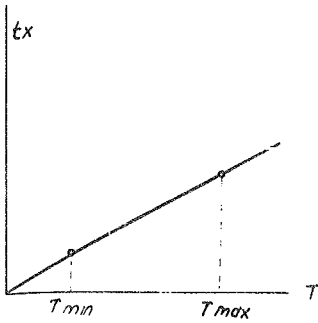
Iz izraza /8/ vidljivo je da ciklusna proizvodnost kod automata I grupe raste linearno sa porastom tehnološke proizvodnosti, jer je $n_r = \text{const}$, radi konstantosti brzine obrtanja upravljačkog vratila usljed čega je i ugao β konstantan. Na ovaj način pri obradi ranijih detalja β_I je stalno, ali se mijenja vrijednost K. Iz ovog sljedi: $\frac{\beta_I}{2\tilde{\alpha}} = \frac{t_p}{T}$

- gdje je t_p vrijeme neradnih hodova, u ciklusu trajanja T.

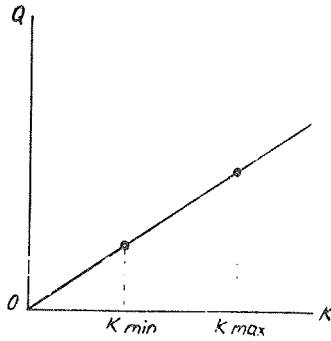
Oдавде:

$$t_p = \frac{\beta_I}{2 \tilde{\alpha}} \cdot T = \frac{\beta_I}{2 \tilde{\alpha} \cdot Q_I}$$

Slika 13 pokazuje linearnu zavisnost izmedju vremena obrade T i vremena praznog hoda t_p pri nekom uglu β_I . Vidljivo je da je pri dugačkim vremenima obrade i vrijeme neradnih hodova vrlo dugačko, mada sam mehanizam sa svojim uslovima rada ne zahtjeva tako duga vremena. Na suprot pri kratkim vremenima izrade vremena praznih hodova su vrlo kratka. Brzina kretanja i inercijalne sile pretstavljaju ogradičenje za minimalno vreme praznih hodova. Slika 14 prikazuje zavisnost ciklusne i tehnološke proizvodnosti, gdje su pokazane minimalna i maksimalna tehnološka proizvodnost, pri čemu je prva diktirana uslovima rada prenosnog mehanizma, a druga iz prihvatljive duži-



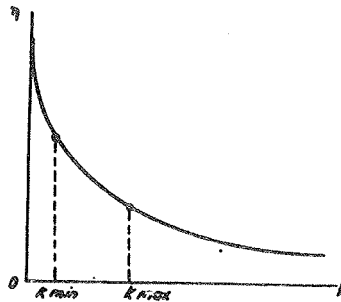
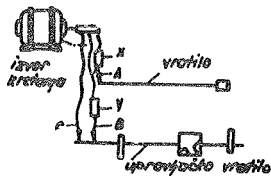
Slika 13.



Slika 14.

ne trajanja praznih hodova.

Automati II grupe pretstavljaju osnovnu grupu automata za obradu metala. Njihova principijelna šema pokazana je na slici 15. U ovu grupu spadaju svi viševretni i većina jednovretnih automata. Upravljačko vratilo ove grupe nosi bregove za izvršavanje radnih i neradnih hodova. Upravljačko vratilo ima dvije brzine: za radni hod sa manjom i za prazni hod sa većom brzinom obrtanja. Između pogona i upravljačkog vratila posto-



Slika 15.

ji kinematski čvor Y čiji je zadatak da ostvaruje različite brzine obrtanja upravljačkog vratila za vrijeme izvršenja radnih hodova. Za ostvarivanje neradnih hodova postoji zaseban prenos koji ostvaruje kretanje upravljačkog vratila sa konstantnom brzinom za vrijeme izvršavanja neradnih hodova. Ova brzina obrtanja $/n_p/$ veća je od onih za izvršavanje radnih hodova i ograničena je krutošću mehanizama za izvršavanje neradnih kretanja.

Prema tome za automate II grupe $n_p = \text{const}$, pa je i

$$t_{pII} = \frac{\beta_{II}}{2\pi \cdot n_p} = \text{const}$$

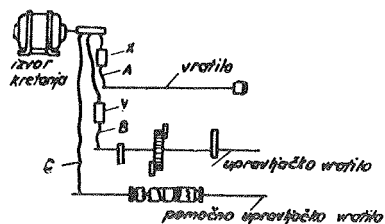
Iz prednjeg izlazi da kakvo bilo vrijeme obrade detalja, vrijeme praznog hoda ostaje jednako, pa je koeficijent produktivnosti automata II grupe promjenljiva veličina zavisna od tehnološke produktivnosti. Koeficijent produktivnosti automata II grupe opada sa porastom tehnološke produktivnosti, tj. sa opadanjem vremena za izvršenje radnih hodova. Radi toga kod automata II grupe može se govoriti o granicama racionalnog rada od K_{\min} do K_{\max} . Gornja granica biće određena racionalnošću rada sa koeficijentom produktivnosti koji se može tolerisati, a donja granica određena je krugom mogućih poslova i konstrukcijom mašine. Produktivnost automata II grupe, ne uzimajući u obzir vanciklusne gubitke, izražava se ranije datim obrascem

$$Q_{II} = \frac{K}{K \cdot t_p + 1} \quad \text{/jer je } t_p = \text{const/}$$

Izraz pokazuje da produktivnost raste sa porastom tehnološke produktivnosti, ali ne linearno.

Kod automata III grupe upravljačko vratilo okreće se jednom brzinom za vrijeme radnih i neradnih hodova. Na vratilu su brojevi koji ostvaruju radne i dio neradnih hodova. Osim toga upravljačko vratilo nosi na sebi upravljački doboš za uključivanje raznih mehanizama. Pomoćno upravljačko vratilo /slika 16/ okreće se većom, ali konstantnom brzinom. Radi toga neradni ho-

dovi ostvareni pomoćnim vratilom odgovaraju uslovu $t_{pII} = \text{const.}$.
 Sa druge strane dio neradnih hodova ostvarenih glavnim upravlj-
 ačkim vratilom odgovara uslovu $\beta_I = \text{const.}$, što znači da se ovi
 neradni hodovi ostvaruju kao kod automata I grupe.



Slika 16.

Puno vrijeme obrade detalja je:

$$T = t_r + t_{pI} + t_{pII}$$

Kako znamc $t_{pI} = \frac{\beta_I}{2 \tilde{\kappa}} \cdot T$

$$T = t_r + t_{pII} + \frac{\beta_I}{2 \tilde{\kappa}} \cdot T$$

Odavde $T = \frac{t_r + t_{pII}}{1 - \frac{\beta_I}{2 \tilde{\kappa}}}$ /9/

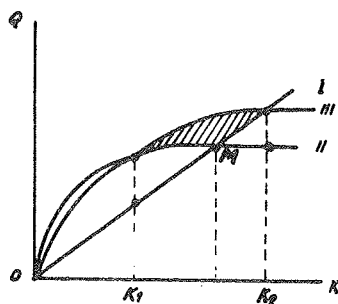
Odnosno:

$$Q_{III} = \frac{1}{T} = \frac{1 - \frac{\beta_I}{2 \tilde{\kappa}}}{t_r + t_{pII}} = \frac{K}{K \cdot t_{pII} + 1} / 1 - \frac{\beta_I}{2 \tilde{\kappa}} / /10/$$

$$\text{ili } Q_{\text{III}} = K \cdot \eta_{\text{I}} \cdot \eta_{\text{II}} \quad /11/$$

$$\text{gdje su: } \eta_{\text{I}} = 1 - \frac{\beta_{\text{I}}}{2\pi} \quad \eta_{\text{II}} = \frac{1}{K \cdot t_{\text{pII}} + 1}$$

Na slici 17 pokazane su krive proizvodnosti za sve tri grupe automata. Ovi dijagrami pokazuju da treća grupa, prema karakteristikama proizvodnosti, spada između automata I i II grupe. Iz dijagrama je vidljivo i područje racionalnog korištenja automata pojedinih grupa. U području tehnološke proizvodnosti od 0 do K_1 racionalno je koristiti se automatima II grupe, od K_1 do K_2 automatima III grupe, a za K veće od K_2 treba ići na automate I grupe.



Slika 17.

Polazna tačka pri gradjenju ili izboru automata sa mehaničkim upravljanjem je tehnološka proizvodnost i struktura tehnološkog procesa. Na osnovu analiza konstrukcija i dinamičkih ispitivanja velikog broja mehanizama automata za obradu rezanjem, Šaumjan preporuča sljedeću orijentaciju pri izboru automata:

za $K > 10$ kom/min. odgovara automat I grupe
 za $K < 1$ kom/min. " " II grupe
 za $0,5 < K < 10$ kom/min. " " III grupe.

Drugim riječima za izradu sitnih predmeta treba ići na automate I grupe, za manje komade sa složenom obradom na automate III grupe, a za srednje i teške radove na automate i polu-automate II grupe.

c.- Kopirni sistemi upravljanja

Pri obradi fazonskih detalja potrebna je automatska promjena kretanja alata. Kao sredstvo za vodjenje alata služe kopirke izradjene sa tačnošću koja se upotrebljava pri izradi mašinskih detalja. Sistemi za dirigovano vodjenje alata mogu da budu mehanički, hidraulični, električni ili optički.

Mehanički kopirni sistemi predstavljaju prvu etapu razvoja ove metode. Ova metoda danas se primjenjuje za izvršenje radova kopirne obrade na adaptiranim univerzalnim mašinama. Nepovoljna dejstva sila rezanja na kopirku učinili su ovaj sistem neprijemljivim pri radovima više tačnosti. Hidraulični kopirni sistemi nemaju ovaj nedostatak, pa su si i zbog niza drugih prednosti izborili izuzetno značajno mjesto u radovima kopirne obrade. Vanredno male sile na kopirnim pipcima osigurali su dug vijek kopirki čak kad su izradjene od materijala male otpornosti na habanje.

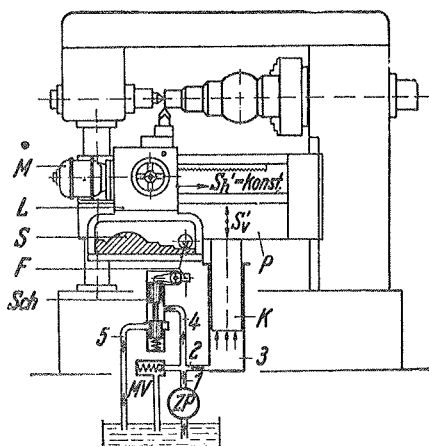
Posljednjih godina ovaj način upravljanja sa radnim ciklusom učinio je velike korake i stvorena su mnoga odlična konstruktivna rješenja.

Osnovnu podjelu ovih sistema vršimo prema karakteru krive po kojoj se kopiranje vrši:

- profili sa nagibima do $\pm 45^\circ$,
- profili sa nagibima do $\pm 90^\circ$, i
- potpuno zatvoreni profili.

Kod kopiranja profila čiji nagibi ne prelaze 45° kretanje vrha alata po obradivanom predmetu dobiva se kao složeno kretanje od podužnog koraka koji je konstantan $/s_h = \text{const}/$ i poprečnog kretanja koje ima promjenljivu brzinu dirigovanu oblikom kopirke $/s_v \neq \text{const}/$. Jasno je da brzina rezultujućeg kretanja nije konstantna, koraci pomoćnog kretanja mjenjaju se od elementa do elementa obradivanog profila, pa i kvalitet obradjene površine nije jednak po cijeloj obradjenoj površini.

Na slici 18 prikazan je jednostavan hidraulični kopirni sistem za tokarenje profila sa nagibima do 45° . Podužne saonice

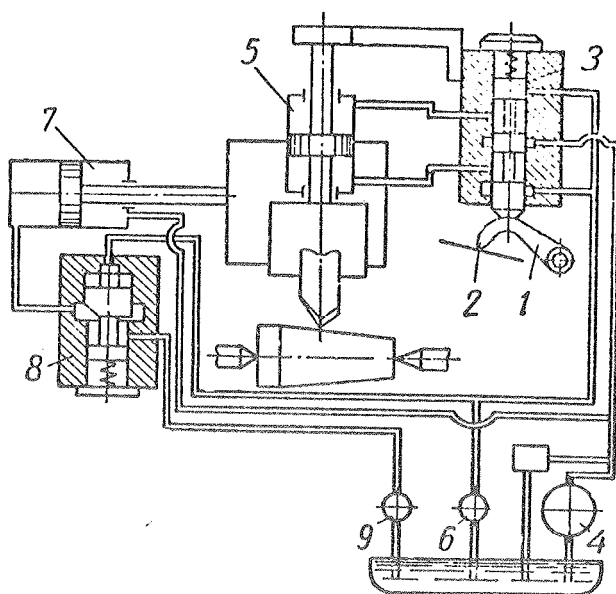


Slika 18.

imađu konstantnu podužnu brzinu $/s_h/$. Poprečne saonice P upravljene su od hidrauličnog klipa K pri kretanju na gore, a pod djelovanjem vlastite težine spuštaju se nadole. Na podužnim saonicama pričvršćena je kopirka S. Po kopirci u toku obrade klizi pipak F. Zupčasta pumpa potiskuje u sistem ulje pod pritiskom i ono puni cilindar 3. Ako pipak naiđe na kosí dio kopirke njegova desna strana će se podići, a lijeva potisnuti na dolje tijelo razvodnika Sch. Vod 4 povezuće se sa 5 i ulje će iz sistema odlaziti u rezervoar, poprečne saonice će se spustiti a nož udaljiti od predmeta. Kad pipak u svom podužnom kretanju naiđe na horizontalni dio pipak će se vratiti u prethodni položaj, a razvodnik će zatvoriti vezu između vodova 4 i 5. Pritisak tečnosti u cilindru uravnotežiti će težinu poprečnog suporta i na predmetu će se vršiti cilindrična obrada.

Na slici 19 prikazan je sistem sa dvokoordinatnim hidrauličnim upravljanjem. U ovom sistemu obezbijedjena je približna konstantnost rezultujućeg koraka obrade, jer se obe njegove komponente - podužni i poprečni korak - mjenjaju u toku obra-

de. Podužni korak mijenja se automatski u zavisnosti od promjene poprečnog koraka obrade. Suport poprečnog koraka vezan je sa klipom hidrocilindra 5. U jednu stranu cilindra dolazi ulje iz pumpe 4. Brzina poprečnog kretanja zavisi od brzine punjenja cilindra, a ona pak zavisi od kretanja tjela razvodnika 3, koji pokreće pipak 1, a ovaj klizi po kopirci 2. Kli-
 zač vezan za klip hidrocilindra 7 za podužno pomoćno kretanje, u čiju desnu stranu dolazi ulje od pumpe 4, kreće se brzinom uslovljenom slobodnim presjekom razvodnika automatskog regula-



Slika 19.

tora 8. Ovu brzinu reguliše prigusni ventil 9. Automatski regulator 8 pretstavlja dvostepeni rasporednik. Pri obradi profilnih ili konusnih površina rasporednik automatskog regulatora 8 zaustavlja se u položaju koji odgovara takvom odnosu brzina podužnog i poprečnog pomoćnog kretanja, koji obezbjeđuje konstantnost rezultujućeg pomoćnog kretanja. To se postiže na taj način, što pri povećavanju poprečnog koraka pritisak

ulja pred prigušnim ventilom 6 poraste, i prenosi se na rasporednik automatskog regulatora 8 što izaziva smanjenje prolaznog presjeka u rasporedniku.

Osnovna prednost dvokoordinatnih pratećih sistema je njihova osobina da automatski dobijaju takve promjene podužnih i poprečnih koraka pomoćnog kretanja da je rezultatni korak približno konstantan.

Kod kopirnih glodalica upotrebljavaju se sistemi za jedno-, dvo- i trokoordinatno kopiranje. Kod jednokoordinatnih sistema podužno kretanje se vrši sa konstantnom brzinom, a poprečne brzine su promjenljive. Kod dvo- i trokoordinatnih sistema hidraulično su upravljana kretanja u dvije odnosno tri koordinate. Kao etaloni upotrebljavaju se makete kopirnih površina ili odvojene kopirke za svaku koordinatu. U procesu obrade kontura kopirke kreće se uz pipak kopirnog uređjaja, čiji je prečnik jednak prečniku glodača. Obradivani predmet prati kretanje kopirke zbog njihove krute veze, i glodalo proizvodi na obradivanom predmetu profil kopirke.

Elektromehanički kopirni sistemi dijele se na dvije osnovne grupe:

- 1.- Sistemi kod kojih se upravljanje ciklusom vrši pomoću elektromagnetnih spojnika, i
- 2.- sistemi gradjeni na primjeni regulirajućih istosmjernih elektromotora koji daju kretanja za podužnu i poprečnu obradu.

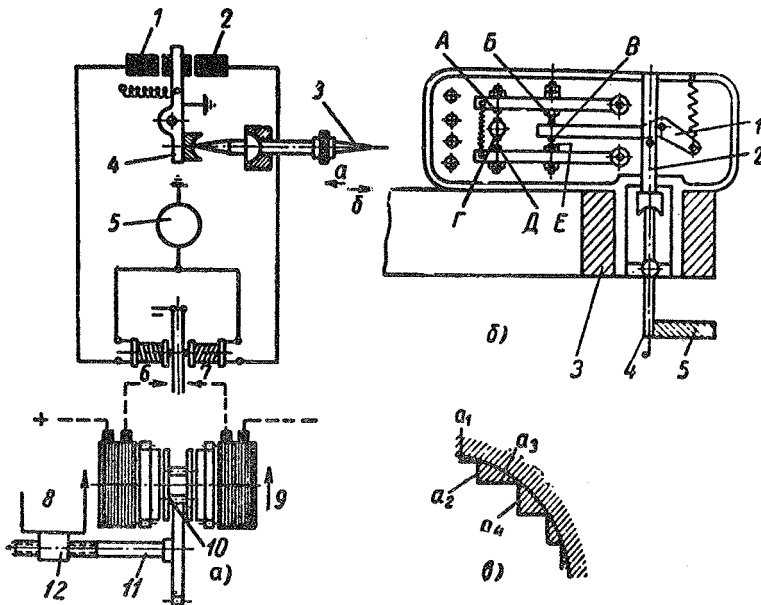
Najveću rasprostranjenost imaju elektrokontaktni uređjaji kod kojih kopirni pipak klizi po šablonu. Kretanje kopirnog pipka reproducira na mašini rezni alat, koji dobiva kretanje preko sistema elektromehaničkog lanca.

Na slici 20 pokazan je elektrokontaktni uređjaj sa magnetnim spojnicama, koji je vezan za poprečni suport mašine. Motor-generator 5, čiji je jedan pol uzemljen, hrani lanac upravljanja /puna linija/. Ako kopirni pipak 3 prati površinu šablona, premještajući se u pravcu strelice "b" pod djelovanjem opruge 4 zatvara se kontakt 1, i struja ide kroz rele 6 koji uključu-

je elektromagnetnu spojnicu 8, pa preko zupčastog prenosa 10
 predaje obrtanje zavojnom vretenu 11, pa ono pomiče suport 12
 prema osi glavne osovine struga.

Ako se kopirni pipak 3, prateći površinu šablona, kreće u smj-
 eru strelice "a", on će svladati silu opruge i vratiti polugu
 4, pošto je razmakao kontakt 1 i zatvorio kontakt 2. Struja će
 prolaziti kroz rele 7 i uključiti se elektromagnetna spojnicu
 9. Vreteno 11 obrtaće se na suprotnu stranu, pa će se suport
 udaljavati od glavne osovine mašine.

Povećavanje tačnosti rada elektrokontaktnog uređaja postiže
 se upotrebom kontaktnog sistema sa nekoliko poluga, što dovodi
 do smanjenja puta za uključivanje kontakata. Uređaj je poka-



Slika 20.

zan na slici 20-b. Zakretanje pipka 4 uzrokuje podužna pomica-
 nja osovinice 2, a ona uzrokuje uključenje kontakata na kraju
 poluge 1 na gornju ili donju stranu. Poluga 1 uvijek je poddje-

lovanjem opruge, i svagda kad dio profila kopirke dozvoljava kontakt na kraju poluge i uključuje se na dolje.

Pri obradi krivolinijskog profila po šablonu sa primjenom elektrokontaktnog pratećeg uređaja kriva linija na predmetu dobiva se u obliku izlomljene linije. Tačnost i kvalitet obrade površine zavisi od vremena koje je potrebno za priključivanje elektrokontaktne uređaja, i u mogućnosti "gašenja" inercijalnih sila.

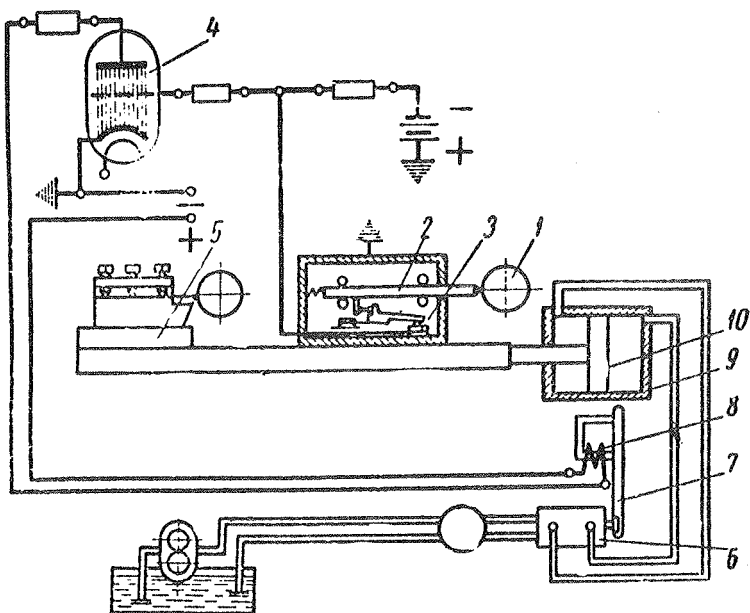
Za automatizaciju obrade detalja složene konfiguracije glodanjem po zatvorenoj krivolinijskoj konturi upotrebljavaju se elektromehanički prateći sistemi za konturno kopiranje sa obrtnim vektorom. Karakteristika u ovom sistemu je u tome da prema odgovarajućem uglu tangente na konturu kopirke u tački dodira pomoću dva elektromotora ostvaruje odgovarajuće komponente brzine pomoćnog kretanja u podužnom i poprečnom pravcu. Osnovne karakteristike ovog sistema su:

- 1.- mogućnost obilaženja oko zatvorene konture bez učešća rukovaoca mašine,
- 2.- u pratećem djelu šeme nema komutacionih elemenata /kontaktata/ što u velikoj mjeri povećava pouzdanost u radu čitavog uređaja,
- 3.- konstantnost koraka pomoćnog kretanja u bilo kojoj tački zatvorene konture,
- 4.- jednaki uslovi rada za oba lanca upravljanja elektromotorima pomoćnog kretanja.

Primjena ovakvih sistema omogućuje obradu fazonskih površina po zatvorenom spoljnjem ili unutarnjem profilu bez ikakvih ručnih manipulacija sa brzinama do 600 mm/min. i sa tačnošću kopiranja od $\pm 0,1$ mm.

Elektrohidraulični kopirni sistemi pripadaju grupi kombinovanih uređaja. Šema kopirnog suporta struga sa elektrohidrauličnim sistemom pokazano je na slici 21. Pipak 2 kopirnog pribora oslanja se na etalon 1. Pri pomicanju pipka u podužnom pravcu zatvaraju se kontakti 3. Time je postignuto zatvaranje strujnog kruga u koji je uključena mrežica elektronske lampe 4.

Mrežica upravlja anodnom strujom elektronske lampe koja se do-
vodi do namotaja elektromagneta 8. Upravljanje poprečnim pomi-
canjem suporta 5, koji nosi alat, ostvaruje se razvodnikom 6
koga uključuje elektromagnet 8 pomoću poluge 7. Ulje dolazi u
hidraulični cilindar 9, a klip 10 vezan sa suportom 5 pomiče
ga u radijalnom smjeru u zavisnosti od konfiguracije etalona
1. Podužno pomicanje saonice ostvaruje se vičnim vretenom.

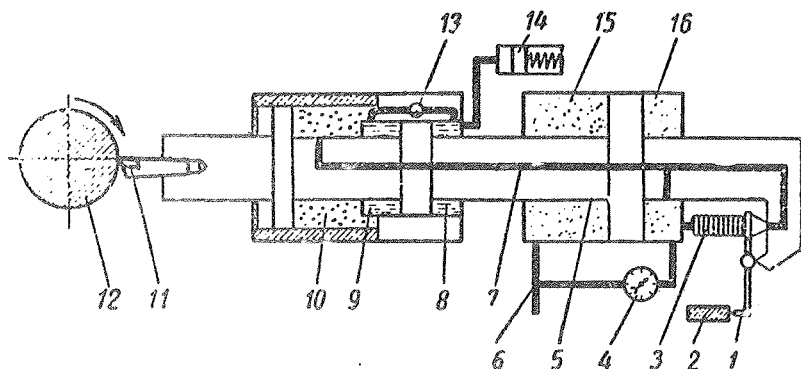


Slika 21.

Elektrohidraulični prateći kopirni sistemi upotrebljavaju se
kod mašina sa numeričkim programskim upravljanjem, i kod moder-
nizacije univerzalnih mašina radilica sa mehaničkog na program-
sko upravljanje.

Pneumohidraulični kopirni sistemi iskorištavaju se za automati-
zaciju upravljanja univerzalnih mašina radilica. Ranije prika-
zani hidraulični sistemi moraju da imaju pumpne instalacije.

Pneumohidraulični sistem za upravljanje kopirnim strugom, prikazan na slici 22, ne treba pumpne instalacije. Kopirni suport *r*, koji pretstavlja nosač na kome su namješteni potrebni klipo-



Slika 22.

vi i alat /11/ kreće se u poprečnom smjeru pod djelovanjem zbijenog vazduha dovedenog cjevovodom 6. Iz cjevovoda zbijeni vazduh sa jedne strane ulazi neposredno u polovinu cilindra 15, a preko redukcionog ventila 4 ulazi u drugu polovinu cilindra /16/. Odavde vazduh ulazi u centralni kanal 7, koji je vezan sa jednom stranom cilindra 10 i sa atmosferom. Izlaz vazduha u atmosferu pokriven je ventilom sifona 3. Upravljanjem sa radom kopirnog sistema ostvaruje se ventilom 3, kome se daju komande preko poluge 1, koja klizi po kopirci 2. Ako je ventil 3 otvoren kanal 7 saobraća sa atmosferom, pritisak u polovinama cilindra u 10 i 16 opada i suport 5 sa alatom 11 pod djelovanjem zbijenog vazduha odlazi od obradivanog predmeta. Ako je ventil 3 zatvoren pritisak u polovinama cilindra 10 i 16 raste. Kako pritisak u polovini 15 djeluje na jednu površinu, a pritisak u polovinama 10 i 16 na dvije, rezultatna sila na sistem imaće smjer prema predmetu. Pri obradi cilindričnog predmeta ventil 4 zaustavlja se u takvom položaju da se sile koje pokreću suport u poprečnom pravcu uravnotežavaju i suport u tom pravcu ostaje nepomičan. Kako pneumatski pogon ne osigurava ravno-

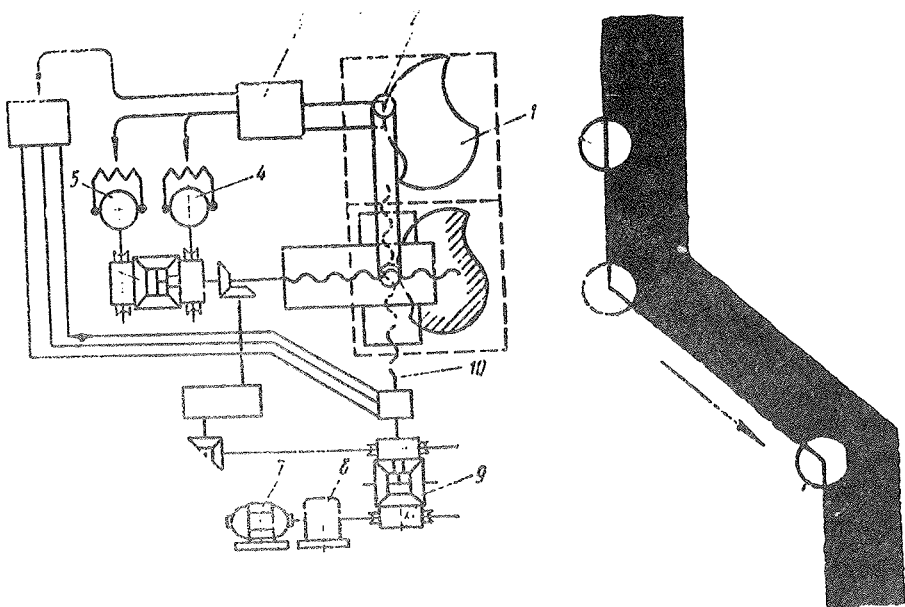
njerne brzine pomoćnog kretanja, to je za stabilizaciju u sistemu predviđen hidraulični cilindar. Pri kretanju suporta ulje koje se nalazi u hidrauličnom cilindru prelazi iz polovine 9 u polovinu 8. Pri tom prolazi kroz prigušni ventil 13 predviđen za stabilizaciju pomoćnog kretanja. Za kompeziranje gubitaka ulja iz hidrocilindra služi akumulator 14 čiji se klip kreće pod djelovanjem opruge i potiskuje ulje u cilindar.

Primjena pneumohidrauličnih sistema može da omogući značajna pojednostavljenja konstrukcije i snižava koštanje kopirnih sistema.

Svi dosada prikazani kopirni sistemi zasnivali su se na održavanju kontakta kopirnog pipka sa kopirkom. To je postavljalo dopunske zahtjeve za dugovječnost kopirke i kopirnog pipka, jer su oni izloženi silama dodira i trenja. Želja da se izbegnu teškoće koje ođavde proizlaze dovela je do gradjenja bez kontaktnih kopirnih sistema.

U beskontaktno kopirne sisteme spadaju fotokopirni sistemi. U ovom slučaju kao kopirka služi crtež detalja, pa i tačnost rada zavisi od tačnosti izrade crteža. Izrada preciznih kopirnih crteža pretstavlja osnovnu prepreku za proširenje upotrebe kopirnih uređaja koji rade na fotokopirnom principu.

Na slici 23 prikazana je šema glodalice upravljane na fotoelektričnom principu. Ulogu kopirke ovdje vrši crtež profila koji se obradjuje. Princip fotoelektričnog kopiranja sastoji se u tome da se snop svjetla upravi na konturu crteža. U zavisnosti od toga da li snop pada na tamnu liniju crteža ili na bijelo polje papira fotoelement kopirne glave prima jače ili slabije osvjetljenje. Signal proizveden fotoelementom pretvara se u impuls upravljanja mašinom. Na pokazanoj slici svjetlo odbijeno od crteža 1 pada na fotokopirnu glavu dajući odgovarajuće signale na mrežici lampe pojačivača 3. Anodni lanac tih lampi djeluje na uzbudne namotaje elektromotora 4 i 5 koji služe za pogon pomoćnih kretanja. Ovi namotaji dobivaju struju iz posebnog izvora. Šema je izradjena na taj način da jedan od motora dobiva sumarnu struju od pojačivača i posebnog izvora, a drugi motor prima razliku tih struja. Stoga u zavisnosti od veličine prekrivanja svjetle tačke po liniji crteža mjenja se struja ko-



Slika 23.

ja dolazi od pojačivača, pa se mijenja i broj obrtaja za poprečno kretanje, koje se dobiva preko diferencijala 6. Dvije osovine diferencijala vezane su pužnim prenosima sa elektromotorima 4 i 5. Pri osvjetljavanju pravolinijskih djelova crteža linija je osvjetljena sa polovinom svjetlosnog snopa. Elektromotori 4 i 5 obrću se istim brojem obrtaja, ali u suprotnim smjerovima, što kao rezultat daje brzinu poprečnog kretanja jednaku nuli. Kad svjetlosni snop osvjetljava krivolinijske djelove crteža, linija je osvjetljena sa više ili manje od polovine svjetlosnog snopa, što zavisi od toga da li je osvjetljen konkavni ili konveksni element linije. Ove razlike u osvjetljenosti linije izazivaju promjene broja obrtaja elektromotora 4. i 5. Veličina i smjer pomoćnog kretanja zavisi od veličine i pravca pomicanja svjetlosne mrlje. Podužno pomoćno kretanje vrši elektromotor 7 preko prenosnika 8 i diferencijala 9 na vodeće vreteno 10. Jedna od osa diferencijala vezana je za vodeće vreteno poprečnog kretanja. Veličina podužnog kreta-

nja $s_1 = a - b \cdot s_2$, pri čemu veličine "a" i "b" zavise od podešavanja mašine. Ovakva zavisnost neosigurava konstantost rezultujućeg koraka pomoćnog kretanja, ali ona znatno smanjuje amplitudu njegovog osciliranja i smanjuje brzinu pri obradi oštih prelaza na konturi detalja.

U dosadašnjem izlaganju dat je prikaz osnovnih sistema automatizacije na mašinama radilicama. U ovom izlaganju izneseni su samo neki primjeri radi ilustracije. Radom istraživača i konstruktora stvoren je ogroman broj raznih konstrukcija na principima koji su ovdje izneseni ili predstavljaju njihove kombinacije.

4.- Novi pravci u razvoju automatskih proizvodnih mašina

Danas se u svijetu radi vrlo mnogo na razvoju automatskih mašina svih sistema, ali posebno obimni radovi vrše se u području mašina sa programskim upravljanjem i na razvoju automatskih sistema mašina. Dok pomoću prvih rješavamo probleme automatizacije u području maloserijske proizvodnje, automatizovane linije mašina i automatizirane radionice rješavaju probleme visokoserijske i masovne proizvodnje.

a.- Programski upravljanje mašine

Sistemi programskog upravljanja zadovoljavaju zahtjev da se brzo može preći sa obrade jednog detalja na drugi pomoću jednostavne zamjene programa rada mašine, koji je upisan u vidu brojeva po određenom kodu, u dokument - nosilac programa.

Sistem numeričkog programskog upravljanja upotrebljava se za automatizaciju kretanja izvršnih organa mašine, a po prethodnom zadanom programu za izradu detalja zadanog oblika, dimenzija, tačnosti izrade i kvaliteta obradjene površine.

Suština sistema numeričkog upravljanja je u tome, da se program rada mašine postavlja na odvojenom lako zamjenjivom nosiocu programa. Nosioci programa mogu da budu: papirna-te perforirane trake ili karte, magnetne ili filmske trake

i dr. Nosioci programa izazivaju impulse u uređjaju za očitavanje. Ovi impulsi propuštaju se kroz pojačivače i koriste se za upravljanje kretanjima izvršnih organa.

Programom nazivamo ranije utvrđen zakon kretanja izvršnih organa mašine u toku procesa obrade datog detalja izražen u vidu kođa ili brojne šifre.

Upotrebom sistema programskog upravljanja postiže se sljedeće:

a.- Automatiziraju se proizvodna sredstva sa maksimalno mogućom mobilnošću. Prelaz sa proizvodnje sa jednog detalja na drugi veoma je brz, omogućena je brza korekcija programa, a omogućeno je da se i konstrukcija detalja, koji se proizvodi, lako mijenja;

b.- Moguće je organizovati centralnu razradu programa i izradu nosioca programa. Programi mogu da se čuvaju za ponovnu upotrebu.

Savremeni sistemi programskog upravljanja, koji izvršavaju navedene zadatke mogu se podijeliti na dvije osnovne grupe.

1.- Sistemi koji omogućuju ostvarivanje kretanja predmeta i alata s različitim potrebnim brzinama u raznim položajima alata ili predmeta, u svakom momentu u toku izvršenja radnog ciklusa. To su sistemi neprekidnog praćenja. Oni se upotrebljavaju za upravljanje strugovima glodalicama i blanjalicama pri obradi krivolinijskih površina i kontura.

Sistemi koji omogućuju kretanje predmeta i alata sa konstantnim brzinama na zadanom putu kretanja, sa komandovanim početkom i završetkom kretanja pomoću impulsa. To su sistemi start-stop /polazi - stoj/. Ovi sistemi upotrebljavaju se na strugovima, bušilicama - glodalicama i bušilicama za obradu pravolinijskih djelova detalja, na pr. za obradu stepenastih osovina, te za obradu otvora sa zadanim koordinatama.

Kod sistema prve grupe program se daje na nosiocu programa, na pr. na magnetnoj ili filmskoj traci. Kod sistema druge grupe program može da se daje na nosiocu programa ili pos-

tavljanjem programa na komandnom pultu mašine.

Pri pripremanju mašine za rad pri zadanom programu potrebno je riješiti sljedeća osnovna pitanja:

- 1.- Upravljanje trajektorijom kretanja alata u odnosu na obradjivani predmet,
- 2.- Regulisanje režima obrade,
- 3.- Upravljanje ostalim kretanjima potrebnim za izvršavanje radnog ciklusa.

Suštinska karakteristika savremenih sistema je u tome da se principijelno mogu primjeniti na svakoj mašini radilici. Glavna prednost programskih sistema je u tome što se dimenzije predmeta sa crteža prenose na obradjivani materijal bez učešća poslužioca mašine. Pri tome se obrada vrši brže i tačnije nego na univerzalnim mašinama.

Da bi se sastavio program rada mašine potrebno je izvršiti analizu trajektorije kretanja izvršnog organa. Svako od ovih kretanja treba posmatrati kao i izvestan broj elementarnih pomicanja. Veličina ovih pomicanja zavisi od potrebne tačnosti obrade i uzima se $0,3$ do $0,4 T$, gdje T tolerancija obrade.

Dimenzije date crtežom i druge informacije koje se moraju saopštiti izvršnim organima preobražavaju se u znakove koda koji se zapisuju u program prema usvojenom kodnom sistemu.

Osiguravanje tačnosti oblika i dimenzija obradjivanog detalja, kao i vrijeme izrade zavise od pravilnosti postavki i računa pri izradi programa, i ne zavise od rada poslužioca mašine.

Izbor sistema numeričkog programskog upravljanja zavisi od karakteristika tehnoloških operacija koje treba izvesti na mašini.

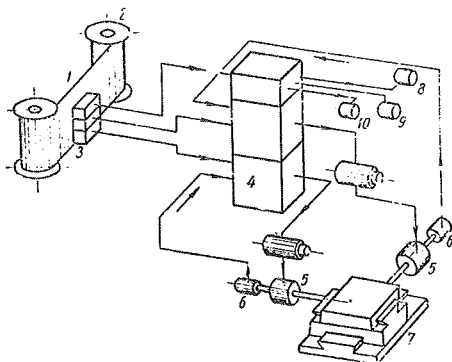
Po karakteru izvršavanja komandi sisteme programskog upravljanja možemo dijeliti i ovako:

- 1.- Sistemi programskog upravljanja bez kontrole izvršavanja komandi. Oni su gradjeni uz upotrebu specijalnih višesekcionih elektromotora. Sistemi su jednostavni, ali tačnost rada je niska.

2.- Sistemi upravljanja sa aktivnom kontrolom izvršenja komanda. To su sistemi sa povratnom spregom. Ovi sistemi su složeniji, ali izvršavaju zadatke sa visokom tačnošću. Upotrebljavamo ih kod spoljnje obrade, obrade otvora i kod obrade složenih oblika.

Na slici 24 pokazana je tipiska šema programskog upravljanja po dvejm koordinatama. Sistem ima nosioca programa - filmsku traku /1/ koji radnom organu /7/ prenosi proizvoljno složena kretanja u zadanoj ravni. Sistem se sastoji od:

- 1.- filmska traka na kojoj je kodom upisan program rada izvršnih organa,
- 2.- uređjaj za vođenje nosioca programa,
- 3.- uređjaj za očitavanje koji dešifrira program i pretvara ga u električne signale,
- 4.- uređjaj za pretvaranje dobivenih signala u radne komande pogona izvršnih mehanizama mašine,
- 5.- pogon izvršnih mehanizama mašine,
- 6.- sistem povratne sprege za aktivnu kontrolu upoređivanjem izvršenih pomicanja izvršnih organa sa zadanim programom.



Slika 24.

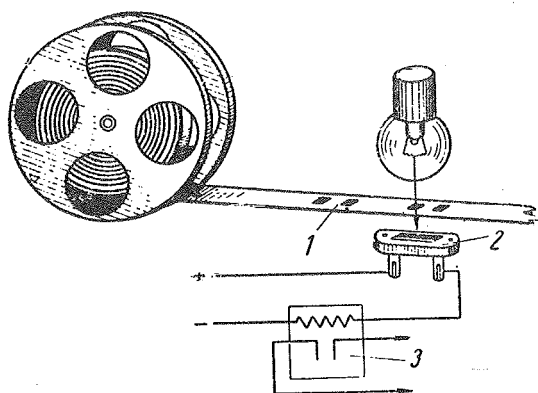
kao nosioci programa mogu da se koriste perforirane karte ili trake, magnetne trake, fototrake i dr.

Perforirane karte upotrebljavaju se za zapisivanje programa pri numeričkom upravljanju. Brzina zapisivanja perforatorom iznosi 50 cifara na sekundu. Očitavanje pak informacije sa perforirane trake vrši se opipavanjem mjesta proboja kontaktnim četkicama ili fotoočitavanjem pomoću fotoelementa ili fotodioda.

Proizvodnost automatskih uređaja za očitavanje dodirnim četkicama iznosi do 200 karata na minut, a pomoću fotodioda proizvodnost se penje do 1000 karata na minut.

Perforirane trake su raznih širina /od 5 do 182 mm/ sa različitim brojem staza - od 1 do 90. Prečnici perforacije iznose 2-3 mm, a maksimalna gustina zapisivanja ne prelazi 4-5 mm dužine trake za jedan impuls. Očitavanje je kao kod perforiranih karata.

Očitavanje kontaktnom metodom vrši se brzinom od 10 - 12 redova u sekundi, a fotometodom vrši se brzinom od 5 do 7 m/sec, što pretstavlja 2.000 - 2.800 redova na sekunau.



Slika 25.

Na slici 25 vidi se da snop svjetla pada na fotoelement i tako stvara fotostruju. Ova struja pojačava se u pojačivaču 2, i u releu 3 daje impuls za komandu.

Magnetne trake upotrebljavaju se za zapisivanje programa na taj način da se njezini pojedini djelovi namagnetišu. Ocjelishodnost magnetnih traka kao nosioca programa očituje se u tome, što trake dužine oko 1.000 m /a to je normalni doboš/ pri brzini zapisivanja na njoj od 150 mm/sec može da upravlja radom izvršnog organa 110 min. Zbog toga ovaj način podesan je za upravljanje dugačkim radnim ciklusima. Za cikluse kraće od 5 minuta njezina upotreba nije preporučiva.

Osim navedenih nosioca programa mogu se koristiti magnetni doboši, magnetni diskovi, čelične žice, fotoploče i fototrake.

Na fototraci pomoću namjenskog uređaja nanose se poprečne linije razne širine i gustine. Očitavanje tako zapisanog programa na fototraci vrši se fotoelektričnom metodom.

Uređaji za "pamćenje" prihvataju impulse date od uređaja za očitavanje.

Za pogon izvršnih organa upotrebljavaju se elektromotori ili hidromotori sa regulacijom ili specijalni servomotori sa visokom učestanosti, ili sekcioni elektromotori, čije najsavremenije izvedbe rade stabilno i pri 100.000 impulsa u minuti.

Osnovni elementi sistema povratne sprege su davači koji daju signale u zavisnosti od linijskih ili ugaonih pomicanja radnih organa. Najbolja forma povratne sprege bio bi sistem koji bi neposredno kontrolisao dimenzije obradivanog predmeta. Medjutim gradjenje ovakvih sistema vezano je za znatne teškoće, jer davači obično kontrolišu položaj izvršnih organa na kojima je učvršćen obradivani predmet ili alat. Najjednostavniji davači po konstrukciji su diskovni pretvarači koji neprekidno obrtanjem vratila pretvaraju u električne impulse. Znatno većom složenošću odlikuju se sistemi povratne sprege sa davačima za mjerenje linearnih pomicanja /na pr. poznati davač sistema "Feranti"/.

Sistemi upravljanja komutatorskog tipa nemaju pokretnih elemenata i uređjaja za očitavanje. Kod njih se program utvrđuje neposredno na tabli za upravljanje pomoću potencijometara, njenjača, utikača i sličnih elemenata. Kod njih se mogu upotrebiti perforirane karte kao šablon za postavljanje utikača.

Sa stanovišta rješavanja zadataka za automatizaciju tehnoloških procesa, može se usvojiti sljedeća klasifikacija:

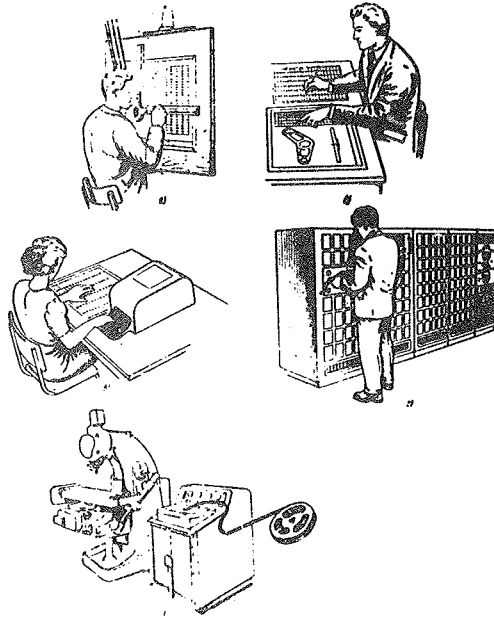
- 1.- Sistemi programskog upravljanja automatiziranih radnih hodova,
- 2.- Sistemi programskog upravljanja automatiziranih neradnih hodova,
- 3.- Sistemi programskog upravljanja automatiziranog radnog ciklusa mašine,
- 4.- Sistemi programskog upravljanja automatiziranih linija,
- 5.- Sistemi programskog upravljanja samopodešavanja mašina.

U svim slučajevima radni ciklus mora unaprijed biti kruto isplaniran. Medjutim programsko upravljanje omogućuje, umjesto krutog upravljanja sistemom, stvaranje samopodešavajućih sistema, i to ne samo na pojedinim mašinama, nego i na sistemima mašina. Takvi sistemi reagiraju u toku izvodjenja tehnološkog procesa na sve promjene zadanih uslova i vrše korekcije koje su potrebne za dovodjenje sistema na zadane uslove.

Pri projektovanju radnog ciklusa mašina sa programskim upravljanjem najteže je programiranje radnih hodova, a naročito u sistemima numeričkog praćenja pri obradi složenih profila. Znatno manje informacija potrebno je u sistemima start-stop, a isto tako kad se završni profil obradjuje po kopirci. Najjednostavnije programiranje radnih ciklusa u komutatorskim sistemima pri upotrebi perforirane karte kao šablona. U sadašnje vrijeme ima velik broj raznih sistema programiranja koji se medjusobno suštinski razlikuju pri istoj namjeni. Radi toga u svim slučajevima nije upotrebljiva ista metodika programiranja.

U sistemu numeričkog praćenja programiranje ima četiri etape /slika 26/.

U prvoj etapi tehnolog prema crtežu detalja razradjuje tehnološki proces njegove proizvodnje, sastavlja šemu kretanja radnih organa, obilježava redosljed radnih operacija, određuje režim obrade, alat i ispunjava tehnološku kartu obrade.



Slika 26.

U drugoj etapi u vezi sa tehnološkom kartom ispunjava se specijalna programska karta u koju se unose koordinate upornih tačaka trajektorije kretanja alata i obradljivog detalja, i dopunske podatke za krivolinijske površine /centri krivine i dr./. Na karti se daju podaci o veličinama kretanja u svim pravcima i drugi podaci neophodni za upravljanje ciklusom.

U trećoj etapi operator dobivši od tehnologa ispunjenu programsku kartu prenosi sve podatke na perforiranu kartu.

Na četvrtoj etapi perforirana karta ili traka ulaze u univerzalnu ili specijalnu računsku mašinu koja proračunava program

kretanja izvršnih organa. Dobivene numeričke podatke o komandama programa računski mašina zapisuje na magnetnu traku u vidu komandnih impulsa po vremenskom redosljedu. Program zapisan na magnetsku traku neposredno se koristi za upravljanje procesom obrade.

Ovakav poredak programiranja može varirati u širokim granicama za razne sisteme upravljanja. Tako na pr. numerički podaci za komande mogu se davati iz računski mašine na preforiranoj traci ili karti u kodovima koji se zatim preobražavaju u komandne impulse i zapisuju na magnetnu traku uz pomoć specijalnih uređaja - kodnih pretvarača ili interpolatora. Osim toga računski mašina ili interpolator mogu neposredno upravljati radnim ciklusom bez zapisivanja na magnetnu traku.

Iz dosadanjeg se može zaključiti da se sastavljanje programa rada mašine svodi na specijalnu obradu polazne tehničke dokumentacije, a potom na nanošenje postignutih informacija na nosioce programa.

Izbor sistema za kodiranje programa koji se uvodi u mašinu ima veliki značaj za uspješno projektovanje i eksploataciju mašina radilica sa numeričkim upravljanjem.

Osnovni zahtjevi kojima mora da odgovara izabrani sistem kodiranja programa rada mašine su:

- 1.- Jednostavnost pripremanja programa i potrebne opreme,
- 2.- jednostavnost pretvaranja programa u takav oblik koji se lako koristi za upravljanje mašinom,
- 3.- što je moguće manja dužina nosioca programa pri zadanom obimu informacije,
- 4.- mogućnost čitanja programa od poslužioca mašine bez korištenja pomoćnih uređaja za dešifrovanje,
- 5.- univerzalnost koda tj. mogućnost kodiranja programa mašine za mašine koje rade sistemom utvrđenih koordinata, kao i za mašine sa sistemima konturnog i neprekidnog upravljanja kretanjima izvršnih organa.

Najjednostavniji je takozvani unitarni kod. Pretstavljjanje brojeva unitarnim kodom vrši se sa tolikim brojem znakova koliko ima jedinica u broju, pa je nedostatak ovog sistema u velikom obzimu ulaznih podataka, Na pr. za zapisivanje broja 89 u unitarnom kodu na perforiranu traku treba probiti 89 otvora, ili pri vrijednosti impulsa od 0,1 mm za pomicanje alata od 100 mm bilo bi potrebno 10.000 otvora i oko 25 metara trake.

Stvaranje drugih sistema bilo je prvenstveno motovirano težnjom da se smanji dužina nosioca programa, i da se što je moguće više skрати vrijeme potrebno za zapisivanje programa. Radi zadovoljavanja ovi zahtjeva dosada su najviše koristili sistemi računanja: desetični, binarni i desetično-binarni.

1.- Desetični sistem računanja. U ovom sistemu kao osnova uzima se veličina 10.

Za zapisivanje broja u svakoj njegovoj klasi koriste se cifre od 0 do 9. Cifre više klase su deset puta veće od analogne cifre niže klase. U općem obliku broj N zapisan u desetičnom sistemu računanja može se predstaviti kao suma

$$N_{10} = a_0 10^0 + a_1 10^1 + a_2 10^2 + \dots + a_i 10^i$$

gdje je: a_i -- koeficijenti koji mogu da budu samo cjeli jednoznačni brojevi od 0 do 9.

Da bi po ovom sistemu na perforiranoj traci pretstavili desetični broj mora se raspolagati sa 10 . n položaja na kojima se mogu izbušiti otvori, a buše se otvori samo na n-položaja, gdje je n broj klasa u broju. /Na pr. broj 389 ima tri klase - 3 . 100 + 8 . 10 + 9 . 1/.

2.- Binarni sistem računanja. U ovom sistemu kao osnova uzeta je veličina 2. Svaka klasa ima samo dve cifre: 0 i 1. U općem obliku broj N u binarnom sistemu može se predstaviti kao suma.

$$N_2 = a_0 2^0 + a_1 2^1 + a_2 2^2 + \dots + a_i 2^i$$

gdje je: a_i - koeficijent koji može da ima vrijednosti 0 i 1.

Brojeve zapisane u binarnom sistemu lako je interpretirati po principu "na-ne". Cifra 1 odgovara jednom stanju na pr. probijenom otvoru na traci, zatvorenom releu, namagnetisanom stanju magnetne trake i td. Cifra 0 imaće suprotna značenja.

Vrijednosti brojeva 0 do 9 u dvojnomo sistemu računanja i oblik njihovog zapisivanja dati su u sljedećoj tabeli.

Broj	$N_2 = \sum_{i=1}^{i=n-1} a_i 2^i$	Kod u dvojnomo sistemu
0	0	0000
1	$1 \cdot 2^0$	0001
2	$0 \cdot 2^0 + 1 \cdot 2^1$	0010
3	$1 \cdot 2^0 + 1 \cdot 2^1$	0011
4	$0 \cdot 2^0 + 0 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^2$	0100
5	$1 \cdot 2^0 + 0 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^2$	0101
6	$0 \cdot 2^0 + 1 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^2$	0110
7	$1 \cdot 2^0 + 1 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^2$	0111
8	$0 \cdot 2^0 + 0 \cdot 2^1 + 0 \cdot 2^2 + 1 \cdot 2^3$	1000
9	$1 \cdot 2^0 + 0 \cdot 2^1 + 0 \cdot 2^2 + 1 \cdot 2^3$	1001

Da bi pretstavili bilo koji broj N u binarnom sistemu potrebno ga je razložiti na sumu stepenova broja 2, sa odgovarajućim koeficijentima $a_i = 0$ ili 1/.

Ozbiljan nedostatak binarnog koda je u tome što je broj znakova velik ukoliko se kodira broj veće vrijednosti.

Uporedo sa binarnim sistemom računanja često se upotrebljava, jer je praktičan, i desetično binarni sistem, koji objedinjuje jednostavnost desetičnog sistema i ekonomičnost binarnog.

3.- Desetično binarni sistem. Ovaj sistem okarakterisan je time da se brojevi zapisuju u desetičnom sistemu, a cifre koje formiraju broj zapisuju se četvoroznačnim brojevima

iz binarnog sistema računanja /kako to daju prv^oa i posljednja kolona date tabele/.

U donjoj tablici pokazan je način prikazivanja broja 89 u sva tri sistema.

B r o j	Sistem obračuna		
	Desetični	Dvojni	Desetlčno-dvojni
Stotine	0	0000	0000
Desetice	8	1010000	1000
Jedinice	9	1001	1001
Ukupan broj	89	1011001	10001001

Pri izradi i proračunu programa teži se racionalizaciji tih poslova sa željom da se skрати vrijeme za izvršenje tog posla i da se smanje troškovi priprema proizvodnje. Prosečno se može računati da je vrijeme potrebno za programiranje 5 do 30 puta veće od vremena neposredno utrošenog za obradu detalja.

Osim ovdje spomenutih sistema računanja, koji su dati kao primjer, ima i drugih više ili manje međusobno različitih, međutim osnovna suština i cilj su u svim slučajevima isti.

b.- Automatski sistemi mašina

Razvoj visokoproizvodnih automatskih mašina doveo je i do njihovog združivanja u sisteme.

Pomicanje obradljivog detalja kroz sistem je jedna od njihovih osnovnih karakteristika. Istovremeno proizvodnost ovih sistema ne sravnjivo je viša od automatskih mašina koje rade nezavisno jedna od druge. Osnova za gradjenje sistema mašina je, kao i kod ostalih automatskih mašina, tehnološki proces. Međutim, stepen diferencijacije /usitnjavanja/ procesa ovdje je po pravilu veći. Sve mašine sistema istovremeno izvršavaju svoj dio tehnološkog procesa na pojednom detalju.

U slučaju zastoja na nekom djelu ovakve linije mašina, djelovi iza eventualne zalihe u liniji moći će da rade normalno do utroška te zalihe elemenata.

Jedan od osnovnih zahtjeva je da se teži ravnomjernom diferenciranju tehnološkog procesa, što svakako uvijek nije moguće sprovesti, pa će to imati za posljedicu porast vremenskih gubitaka.

Rešavanje zadatka agregatiranja mašina svodi se na postavljanje složenog sistema proizvodnih mašina u red jednu za drugom, uz istovremenu mogućnost paralelnog rada grupe mašine u takvom nizu ako je to potrebno, te na rešavanje transporta obradljivih elemenata kroz sistem mašina.

Radi dobivanja slike o prednostima agregatiranja uporedićemo rad grupe mašina koje rade nezavisno sa analognom takvom grupom mašina vezanih u sistemu.

Proizvodnost grupe mašina koje rade nezavisno biti će:

$$Q_{gr} = \frac{1}{t_r + t_p + t_n} \quad /12/$$

gdje su: t_r - vrijeme radnih hodova mašine u ciklusu,

t_p - " praznih " " " "

t_n - $\sum C_n + t_e$ - vanciklusni gubici jedne mašine,

$\sum C_n$ - gubici usljed alata za jednu mašinu,

t_e - ostali vanciklusni gubici po jednoj mašini.

Vrijeme radnog hoda mašine

$$t_r = \frac{1}{K_c} = \frac{1}{q \cdot K_o} \quad /13/$$

gdje su: K_c - tehnološka proizvodnost ciklusa jednog radnog položaja /mašine/

K_o - tehnološka proizvodnost cjelog procesa do njegovog cjepanja /diferencijacije/,

q - broj redno postavljenih mašina u liniji koje ostvaruju cjeli tehnološki proces.

Za grupu agregatiranih mašina vezanih u liniju, uzimajući u obzir uticaj vanciklusnih gubitaka jednog agregata na drugi,

produktivnost bi se izrazila

$$Q_q = \frac{1}{t_r + t_p + q \cdot t_n} \quad /14/$$

Ovdje je uzeto da svi agregati imaju jednake gubitke.

Ako u prednjim izrazima brojitelj i imenitelj podijelimo sa t_r , i $1/t_r$ zamjenimo sa $q \cdot K_0$ dobivamo:

$$Q_{gr} = \frac{q \cdot K_0}{1 + q \cdot K_0 / t_p + t_n / t_r}, \quad i \quad /15/$$

$$Q_q = \frac{q \cdot K_0}{1 + q \cdot K_0 / t_p + q \cdot t_n / t_r} \quad /16/$$

Na prvi pogled izlazi da bi produktivnost agregatirane grupe mašina bila manja od grupe mašina koje rade nezavisno. Međutim, vrijeme praznih hodova i vrijeme vanciklusnih gubitaka za grupu mašina koje rade samostalno i za agregatirane, povoljnije je za ove posljednje.

Osim toga ekonomija radne snage predstavlja ozbiljan faktor u prilog automatiziranih sistema mašina.

Oblast primjena automatskih linija uslovljena je njihovim osnovnim karakteristikama. Za njih je pak karakteristično:

- 1.- Raspored opreme strogo po tehnološkom procesu,
- 2.- ritmičnost rada,
- 3.- automatizacija prenosa obradivanih detalja sa agregata na agregat u liniji.

Takt ili ritam automatske linije T javlja se kao period radnog ciklusa, i istovremeno to je vremenski razmak između dviju jedinica proizvodnje. Kod ostvarenih automatskih linija on se kreće između 0,25 min. /linija za obradu tijela elektrobrojača/ i 4 min. /linija za obradu glave automotora/.

Cjelishodnost gradjenja automatskih linija uslovljena je: obimom proizvodnje, stabilnošću konstrukcije, formom, dimenzijama i materijalom obradivanog objekta, tehnologičnošću konstrukcije i tehnološkim procesom.

Automatski sistemi mašina pretstavljaju skupu opremu i njihova rentabilnost može da se ostvari samo pri odgovarajuće velikom obimu proizvodnje istovrsnih elemenata. Specijalizacija i kooperacija koje dovode do okrupljavanja proizvodnje mogu da budu snažan poticaj za uvođenje ovakve opreme u rad.

Jedna od karakteristika automatskih linija je automatski prenos obradivanog elementa sa jednog agregata na drugi. Metod i sredstva transporta zavise od forme, dimenzija i težine obradivanog predmeta i težinskog obima transportovanog materijala.

Automatske linije veoma su podesne za obradu krupnih detalja sa velikim brojem operacija. Njihov transport obično se rešava transporterima prekidnog ili neprekidnog djelovanja. Lakše je rješavati linije na kojima nema obrade strugotine /presovanje, montaža/, jer odvođenje strugotine stvara dosta problema. Lakše je odvoditi strugotinu livenog željeza nego čeličnu. 82% izgrađenih automatskih linija obradjuje elemente od livenog željeza, a svega 18% elemente od čelika.

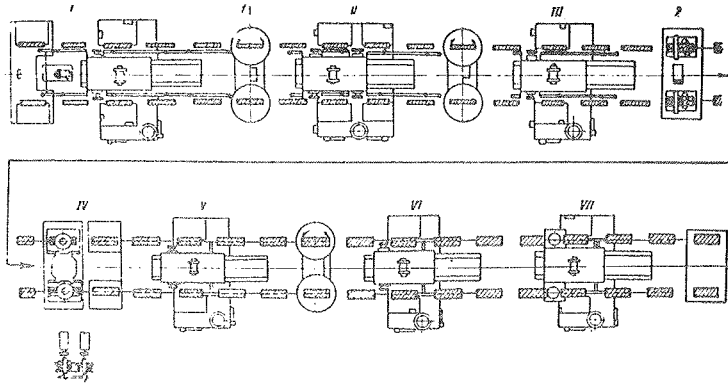
Pri formiranju tehnoloških procesa za automatske linije vrši se njegovo rasčlanjvanje na elementarne operacije, pri čemu treba imati u vidu princip njihovog jednakog trajanja, istovremenosti i koncentracije, jer će od toga u velikoj mjeri zavisiti proizvodnost linije. Radi izbjegavanja mogućih zastoja treba izbegavati operacije sa vrlo složenim i komplikovanim alatima, a složene operacije razbijati na više jednostavnih sa približno jednakom postojanošću svih alata.

Na nelimitirajući kratkovremenim operacijama treba usvajati niže režime od onih koji se primjenjuju na individualnim mašinama.

Broj mašina u liniji i njihova struktura diktirana je tehnološkim procesom. Po karakteru upotrebe opreme sve automatske linije mogu se podjeliti u tri osnovne grupe:

- 1.- Automatske linije od agregatnih jedinica,
- 2.- automatske linije od automata i poluautomata,
- 3.- automatske linije od specijalne opreme.

Na slici 27 pokazana je šema automatske linije za obradu glava bloka cilindra. Radi povećanja proizvodnosti i boljeg iskorišćenja mogućnosti mašina u liniji, obrada glava vrši se

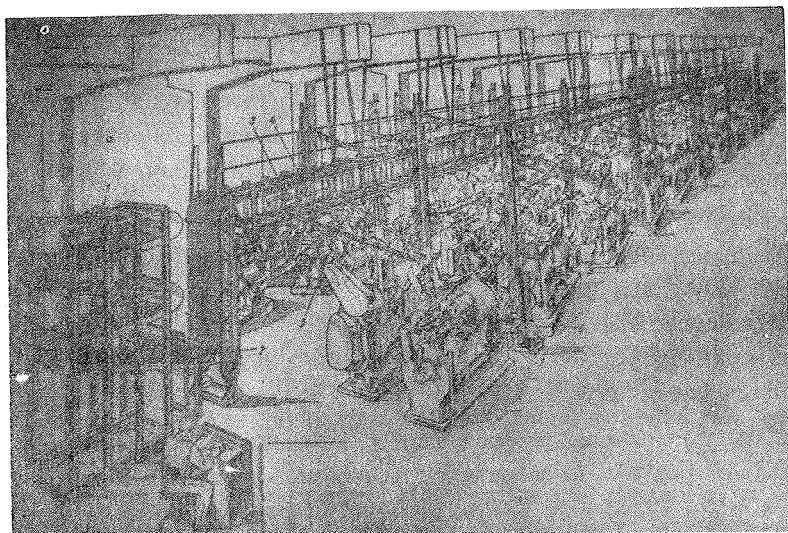


Slika 27.

u dva paralelna toka. Na svakom radnom položaju obradjuju se istovremeno dvije glave učvršćene u nosač - stegu. Na položaju I vrši se glodanje gornje površine. Na obrtnom stolu predmet se zaokreće za 180° , pa se na položaju II vrši glodanje donje površine. Posle toga glava se ponovno zaokreće za 180° , pa se na narednom položaju vrši završna obrada gornje površine. Transporter dovodi predmet na bazne otvore na položaju IV. Obrada otvora, radi obezbjedjenja njihovog tačnog rasporeda vrši se kombinovanim alatom. Na položaju IV vrši se i kontrola baznih otvora. Na položajima V i VI vrši se obrada bočnih strana, a na posljednjem radnom položaju vrši se završna obrada donje strane glave.

Kao primjer automatske linije sastavljene od univerzalnih automata može da posluži automatska linija za obradu prstenova kugličnih ležajeva /slika 28/. Ove linije usvojene su u Sovje-

tskom Savezu kao tipske za automatizaciju proizvodnje ležajeva. Na slici se vidi magazin elemenata /1/, hranilac linije /2/, višežljebni transporter /3/, razdeljivač /4/, dovodni žljeb /5/, transporter /6/, i autooperator /7/. Ranije je jedan radnik posluživao dvije brusalice za prstenove, a u liniji je postavljeno deset pari brusilica za unutrašnje brušenje deset različitih prstenova. Svaki prsten obrađuje se na

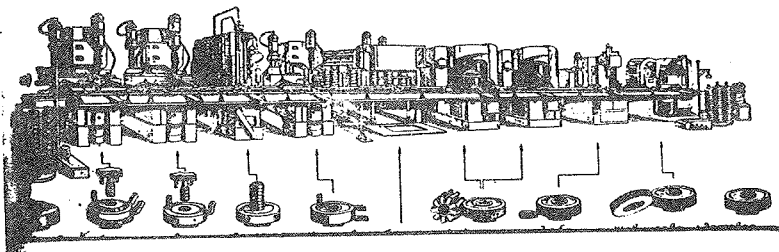


Slika 28.

dvijema mašinama. Sa zajedničkog transportera prsten pada u žljeb prve mašine, gdje se formira ne velika za medjuoperacijska zaliha. Autooperator ubacuje prsten na prvu mašinu. Nakon izvršene obrade dolazi na vertikalni transporter, koji ga vraća na opšti transporter, odatle na žljeb druge mašine i td.

U sovjetskom institutu ENIMS izprojektovanje automatska linija za obradu cilindričnih zupčanika /slika 29/. Linija je sposobna da proizvodi cilindrične zupčanike prečnika 100 do

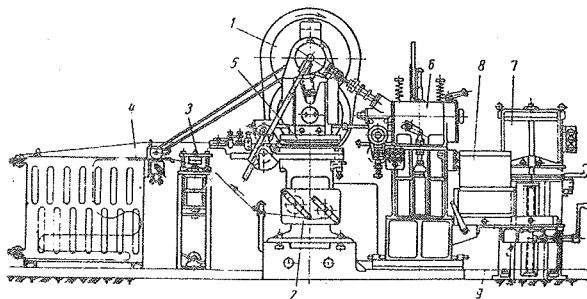
300 mm. Sastoji se od 8 mašina. Na prvoj i drugoj vrši se strugarska obrada, na trećoj se vrši provlačenje žljebova,



Slika 29.

na četvrtoj završna strugarska obrada, na petoj glodanje zuba, pa njihovo zaokruživanje i šivingovanje. Na ovoj liniji izrada zupčanika traje 1,5 - 2 min., umjesto 10 - 15 min na pojedinačnim mašinama. Linija proizvodi 120.000 komada zupčanika godišnje pri dvosmjenskom radu, a poslužuju je tri podešivača. Podešavanje linije na drugi proizvod traje 4 časa.

Na slici 30 pokazan je opći izgled automatske linije za presovanje i montažu elemenata za troredni automobilski radiator GAZ-51. Linija se sastoji od triju osnovnih agregata: ekscitarske prese sa automatskim pomicanjem trake, uređaja za



Slika 30.

automatsko sklapanje 204 radijatorska lima sa kompletom od 134 cijevi, i magacina za uskladištenje traka koje dolaze na presu iz namotaja.

Na slici su obilježeni: 1 - ekscentarska presa, 2 - držač namotaja lima, 3 - mehanizam za spajanje, 4 - magazin traka, 5 - alat za presovanje, 6 - automat za montažu, 7 - uređaj za postavljanje cijevi, 8 - kutija sa pripremljenim cijevima za montažu, 9 - transporter za dodavanje kutije sa cijevima. Na liniji se vrše sljedeće operacije:

- 1.- Formiranje krajeva traka koje dolaze sa namotaja,
- 2.- probijanje otvora i formiranje rebara za ukrućenje,
- 3.- odsjecanje odpresovanih limova,
- 4.- napresivanje limova na cijevi.

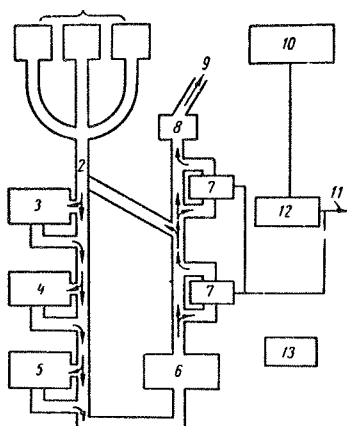
Na držaču 2 nalaze se dva namotaja - radni i rezervni. Po iskorišćenju jednog namotaja za njega se spaja naredni. Namjena magacina 4 je ta da u njemu bude izvjesna rezerva trake za vrijeme spajanja dviju traka. Valjci za dobavu traka na presu to vrše sa korakom od 526 mm. Presovanje i odsjecanje vrši se u jednom hodu prese. Produktivnost automatske linije je 20 radijatora na čas, što je 4 puta brže od ručne montaže, uz bolji kvalitet proizvoda.

Kao primjer najvišeg stepena automatizacije pokazana je šema automatizirane fabrike za proizvodnju loptastih i valjkastih ležajeva. /slika 31/. Automatska fabrika postavljena je u dvije linije za proizvodnju loptastih i valjčastih ležajeva. Godišnja proizvodnja je 1,5 miliona komada godišnje. Čitav tehnološki proces, uključujući proizvodnju, kontrolu, montažu i pakovanje potpuno je automatizovan. Pri gradjenju fabrike u automatiziranu liniju uključena je uz ostalo i termička obrada i sva potrebna brušenja. Radi osiguranja neprekidnog rada pojedinih dijelova fabrike na linijama su ugradjeni bunkerji za zalihe. Fabrika ima 635 komada opreme od 310 vrsta. Ukupna ugradjena snaga 2000 KW, a površina joj je 3000 m².

Po tehnološkom principu fabriku je moguće razbiti na odeljke: strugarski, termički, brusачki, montažu i pakovanje.

Za izradu prstenova kugličastih ležajeva služe cijevi, a za valjčasta ležišta služe otkovci. Oni se lageruju u bunkerima 1. Odatle se prebacuju transporterima na grupu automata koji rade paralelno. Sa strugarske obrade prstenovi se otpremaju na termičku obradu pa potom na brušenje montaže i pakovanja.

Primjena sistema programskog upravljanja pojedinim mašinama



Slika 31.

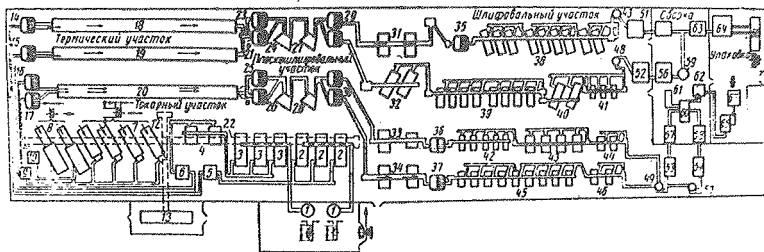
omogućila je povećanje mobilnosti automatizirane opreme i povećanje njezine efikasnosti u individualnoj i maloserijskoj proizvodnji. Još veće mogućnosti leže u programskom upravljanju sa automatskim linijama.

Primjena sistema programskog upravljanja omogućuje gradjenje univerzalnih automatskih linija na kojima je moguće obradivati razne detalje bez trošenja velikog vremena za predešavanje linije za obradu novog elementa.

U 1958. godini američka firma "Hooz Aircraft Co" dala je u eksploataciju prvu automatsku liniju sa programskim upravljanjem. Linija je bila namijenjena za obradu različitih detalja

avionske industrije i sastavljena je iz 3 mašine: glodalice, horizontalne bušilice - glodalice i bušilice. Sve mašine upravljane su po 3 koordinate. Bušilica ima revolversku glavu na kojoj je postavljeno 20 različitih alata, a horizontalna bušilica - glodalica ima dodatno vratilo za glodanje. Detalji se stežu u specijalne stezače i pokreću od mašine do mašine transporterom. Stezanje i otpuštanje predmeta vrši se ručno. Sve mašine i transporter upravljaju se po programu zapisanom na perforiranim trakama. Sistem dozvoljava obradu raznih detalja, sa raznim redoslijedom tehnoloških operacija, jedno za drugim. Na liniji mogu istovremeno da se obraduju 4 različita detalja, jer svaka perforirana traka sadrži punu informaciju za obradu jednog detalja, nezavisno od broja upotrebljenih mašina. Ako se na liniji obradjuje serija jednakih komada upotrebljavaju se 3 jednake perforirane trake, i svaka se mašina upravlja informacijama koje se odnose samo na nju zapisane na svakoj traci.

Na slici 32 pokazana je strukturna šema automatske linije o kojoj je riječ. Na slici je obilježeno:



Slika 32.

- 1.- položaj za stezanje predmeta,
- 2.- konvejer,
- 3.- glodalica,
- 4.- bušilica,
- 5.- horizontalna bušilica - glodalica,
- 6.- okretni stol,
- 7.- kontrolni stol,
- 8.- skidanje predmeta,
- 9.- vraćanje stege,
- 10.-indikator redosljeda operacija,
- 11.-veza sa sistemom automatskog računara,
- 12.-uredjaj za programiranje.

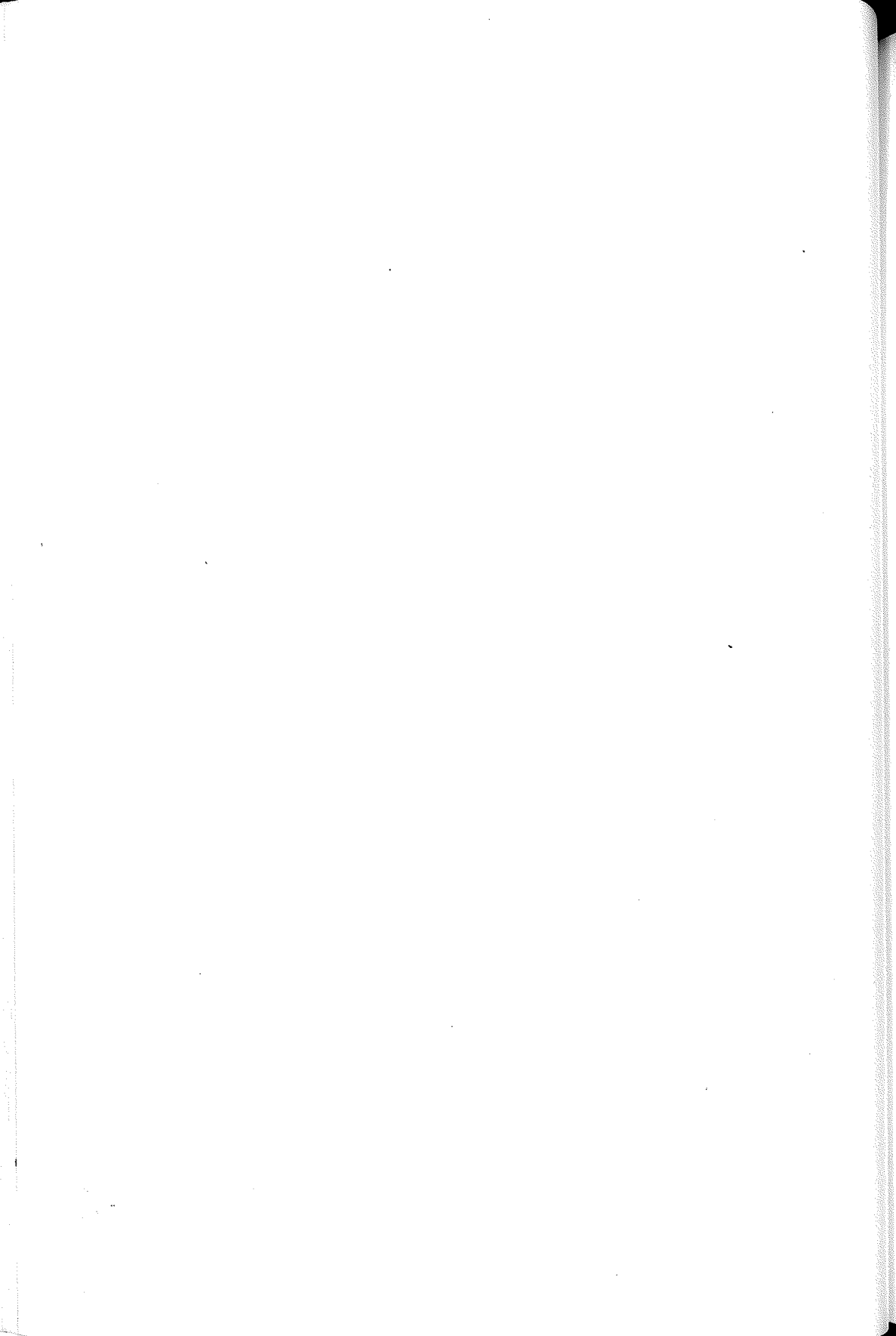
Obradivani detalj postavlja se u stege na položaju 1. Transporter ih prenosi na mašine 3, 4 i 5 na kojima se vrše komandovane operacije. Položaj 6 služi za obrtanje stege sa obradivanim predmetom u slučaju ako detalj ponovno prelazi po transporteru radi dopunske obrade.

Od 1958. do danas u svijetu je proradio veći broj automatiziranih programskih upravljenih linija i sa većim brojem mašina. Ovakve linije i pri izradi vrlo složenih predmeta obavljaju posao bez učešća visokokvalifikovanih radnika, što pri upotrebi univerzalnih mašina nebi bilo moguće. Uz to proizvodnost ovakvih linija je znatno viša uz istovremenu njihovu veliku mobilnost. Ovdje je postignut veliki uspjeh u tome, da se na istoj liniji naizmjenično može obradivati više raznih detalja bez ikakvog podešavanja postrojenja. Ovom mobilnošću ove se linije radikalno razlikuju od normalnih automatskih linija bez programskog upravljanja.

Cilj ovog prikaza bio je da se da jedna opšta slika razvoja i dostignuća na automatiziranju metalopreradivačkih procesa. Razvoj industrijalizacije u posljednjih 100 godina, a posebno u ovom vijeku, uključivao je u ovaj posao sve više i više umnih i nemirnih duhova koji su težili novom, boljem od onog jučerašnjeg. Na ovom području stvoreno je veoma mnogo, jer je automatizacija postala jednim od osnovnih nosilaca tehnološkog progressa, a indirektno i progressa u opšte.

L i t e r a t u r a

1. Ačerkan N.S.: - Metalorežušćie stanki -
Moskva, 1965.
2. Bendelja B.: - Automatizacija proizvodnje -
Sarajevo, 1965.
3. Bönisch - Numerische Steuerungen -
Stuttgart, 1966.
4. Dementjejev: - Sredstva automatizaciji mehani-
českoi obrabotki - Moskva, 1962.
5. Haimovič B.M.: - Hidroprivodi i gidroautomatika
stankov - Moskva - Kijev, 1959.
6. Ivanov A.B.: - Mehanizacija i avtomatizacija
tehnologičeskikh procesov -
Moskva, 1960.
7. Kaufman L.M.: - Beskopirnie sistemi automatiza-
cii - Moskva, 1965.
8. Kohring G.: - Grundlagen und Praxis numerisch
gesteuerter Werkzeugmaschinen -
München, 1966.
9. Schmidt W.: - Automatologie - München, 1952.
10. Simon W.: - Die numerische Steuerung von
Werkzeugmaschinen - München, 1963.
11. Šaumjan G.A.: - Automati i automatičeskie linii -
Moskva, 1961.
12. Tumarkin K.B.: - Hidravličeskie sledjaščie privo-
di - Moskva, 1966.
13. Szafarczyk M.: - Sterowanie programowe obrabiarek-
Warszawa, 1963.



IV SAVJETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA, SARAJEVO, 1968.

R. Zdenković^x

MAŠINSKO PROGRAMIRANJE

kao savremeno riješenje u primjeni NC-strojeva uz posební osvrt na programski EXAPT- jezik i sistem^{xx}

U V O D

Savremeni alatni strojevi i njihova praktična primjena karakterizirani su s jedne strane težnjom za većom i ekonomičnijom proizvodnošću, a s druge strane za višom i jednoličnijom kvalitetom proizvoda. Na putu ostvarenja ovih težnji suprotstavlja se pored prirodnih zapreka i oprečnosti uslova još i narav traženih sve kompliciranijih i preciznijih proizvoda, te manjak svih slojeva kvalificirane radne snage.

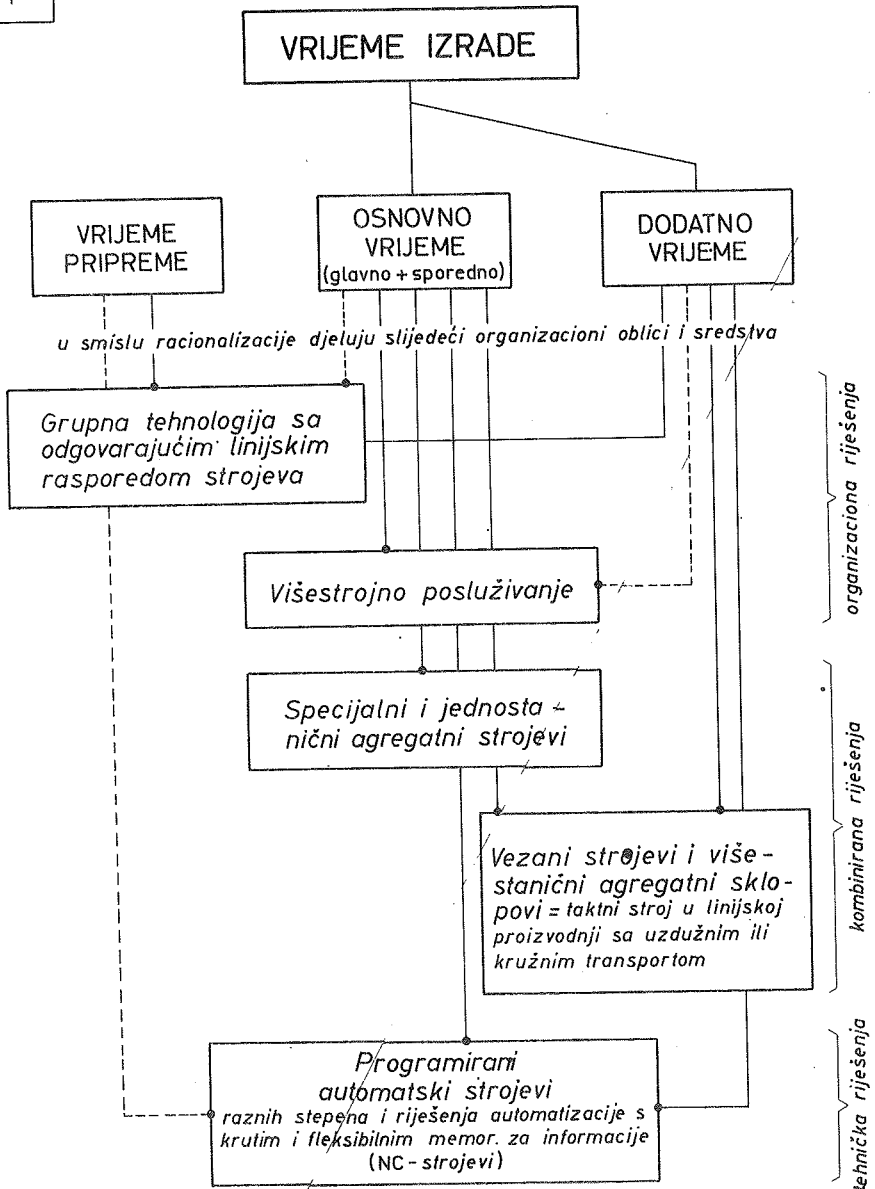
Rješenja kojima postizemo ova strijemljenja leže jednom u racionalizaciji, a drugi put u automatizaciji strojeva i strojnih procesa, zahvatajući kako detaljne tako i skupne probleme proizvodnje. Putevi i sredstva rješenja su međjutim, različita već prema datim uslovima proizvoda i mogućim uređjajima proizvodnje. Ovi se sastoje u organizacionim, strojnim i kombiniranim zahvatima, kao što je to vidljivo na slici 1, koja prikazuje uplive raznih faktora na osnovne elemente racionalizacije tj. na elemente vremena izrade.

Što se tiče automatizacije proizvodnje to su ovdje opet načini i sredstva rješenja različiti za masovnu, maloserijsku i pojedinačnu proizvodnju, no svi u savremenoj koncepciji primjenjuju izvjesno programsko odvijanje rada. U prvom slučaju rješavamo to mehaničkim automatima ili agregatima u taktinim

^x Dr Rudolf Zdenković, dipl.ing., redovni profesor Strojarsko-brodogradjevnog fakulteta u Zagrebu.

^{xx} Saopštenje iz Strojarsko-brodogradjevnog fakulteta u Zagrebu.

Slika 1



kružnim ili linijskim postrojenjima sa zajedničkom karakteristikom kratog spremnika programa. U drugom slučaju pretežno maloserijske proizvodnje primjenjujemo granično upravljene strojeve i mehaničke poluautomate u pojedinačnom i također linijskom smještaju. Pri tome ćemo postići najbolje rezultate u većini slučajeva primjenom grupne tehnologije, ili višestroj-
nog posluživanja. No svemu je tu opet zajednička karakteristika kruti spremnik. Konačno treći slučaj pojedinačne proizvodnje postao je tek primjenom fleksibilnog spremnika NC-upravljanja pristupačan racionalizaciji s koristima i prednostima automatizacije.

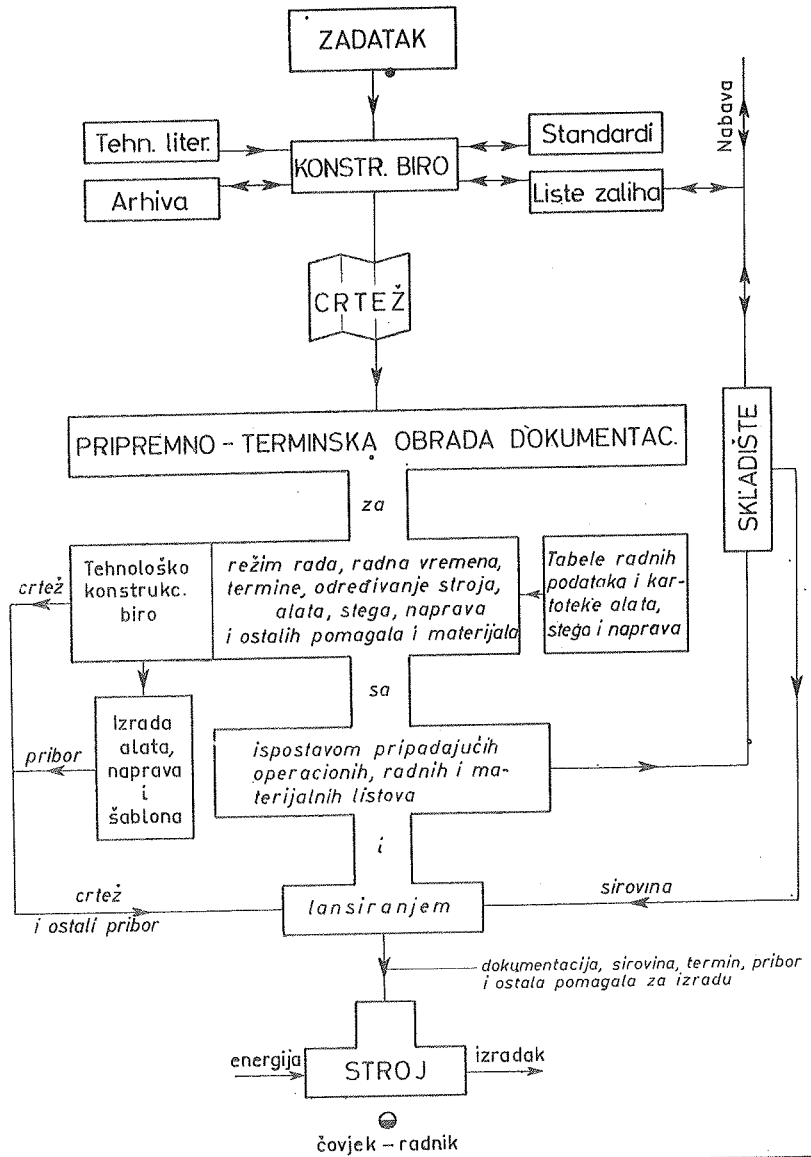
Ne osnovni problem ekonomske primjene tih strojeva - koji su zadnjih desetak godina napokon dostigli svu radioničku zrelost svrsishodne primjene - ne sastoji se zapravo u mogućnosti nabave, već u mogućnosti primjene i iskorištenja obzirom na problematiku pripremnih radova tj. sastavljanja programa, odnosno prenos svih potrebnih geometrijskih i tehnoloških informacija sa crteža na nosioca tih informacija, većinom traku, vodeći pri tome računa još na specifičnost sistema upravljanja. Ta problematika bila je svugdje bolna i presudna za razvoj i širu primjenu tih strojeva, naročito pri slabijem kadru ljudstva u pripremi, što se pogotovo osjeća kod industrijski manje razvijenih zemalja.

PROBLEMI PROGRAMIRANJA NC-STROJEVA

Tok i poteškoće na koje nailazimo pri dosadašnjem ručnom programiranju su mjerilo i putokaz pronalaženju novih rješenja.

Da bi u okviru ovdje nama mogućeg vremena i prostora mogli bolje sagledati tu problematiku, dan je najprvo na slikama 2 i 3 za usporedbu šematski opis vrsta i toka pripremnih radova za obradu na jednom bilo kojem običnom konvencionalnom stroju i na nekom NC-stroju uz ručno programiranje istog izradka. Slike načelno pokazuju, za neki prosječno organizirani pogon, uz potreban opis, radove, sredstva, mjesta i puteve dokumentacije i pomoćnih elemenata od zadatka preko konstrukcionog biroa i pripreme rada do samog stroja.

Slika 2



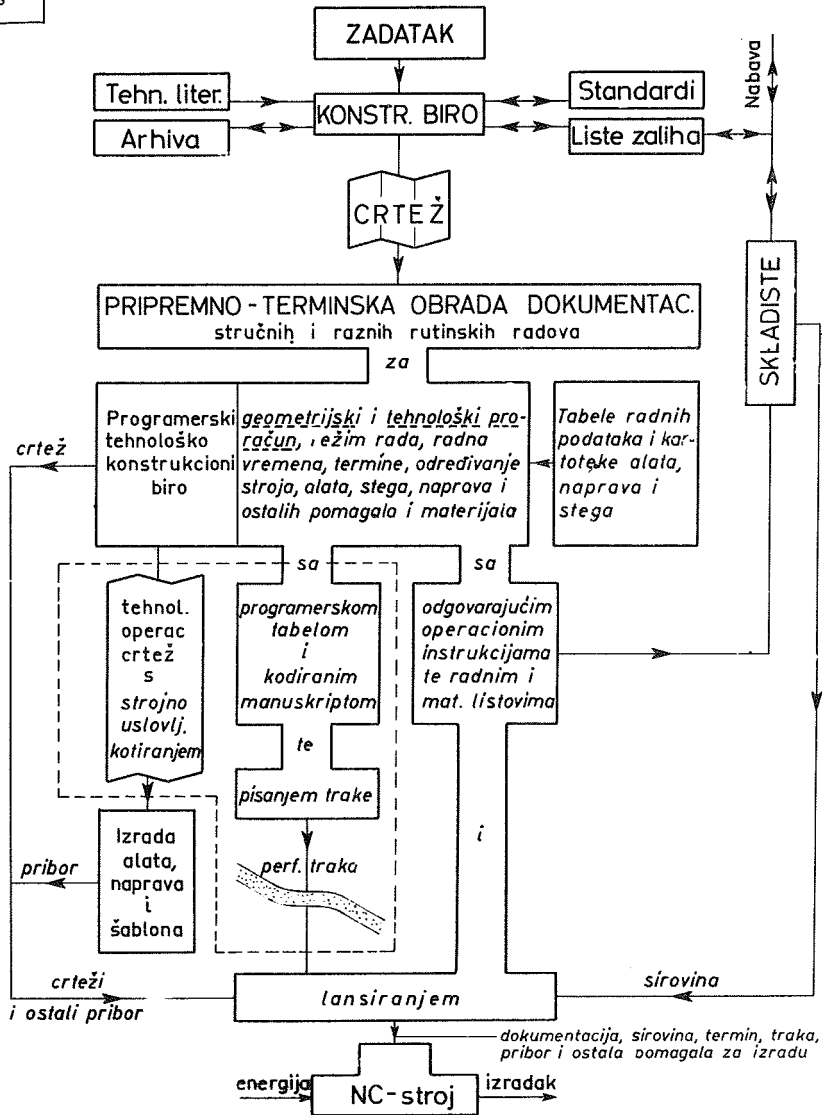
Prof
ZDEJ.KOVIĆ
ZAGREB

24-4

Skupna organizacija proizvodne dokumen-
tacije i njen tok pri konvencionalnoj obradi.
— Načelni prikaz —

IV savjetovanje
proizvod. mašinstva
SARAJEVO 1968

Slika 3



Primjedba:

☉ u odnosu na obradu za konvencionalni stroj, novo, pored još manje ili više složenih i obimnih rutinskih geometrijskih i tehnoloških proračuna

☉ čovjek-nadziratelj

Prof
ZDENKOVIĆ
ZAGREB

Skupna organizacija proizvodne dokumentacije i njen tok pri ručnom programiranju NC-strojeva.
— Načelni prikaz —

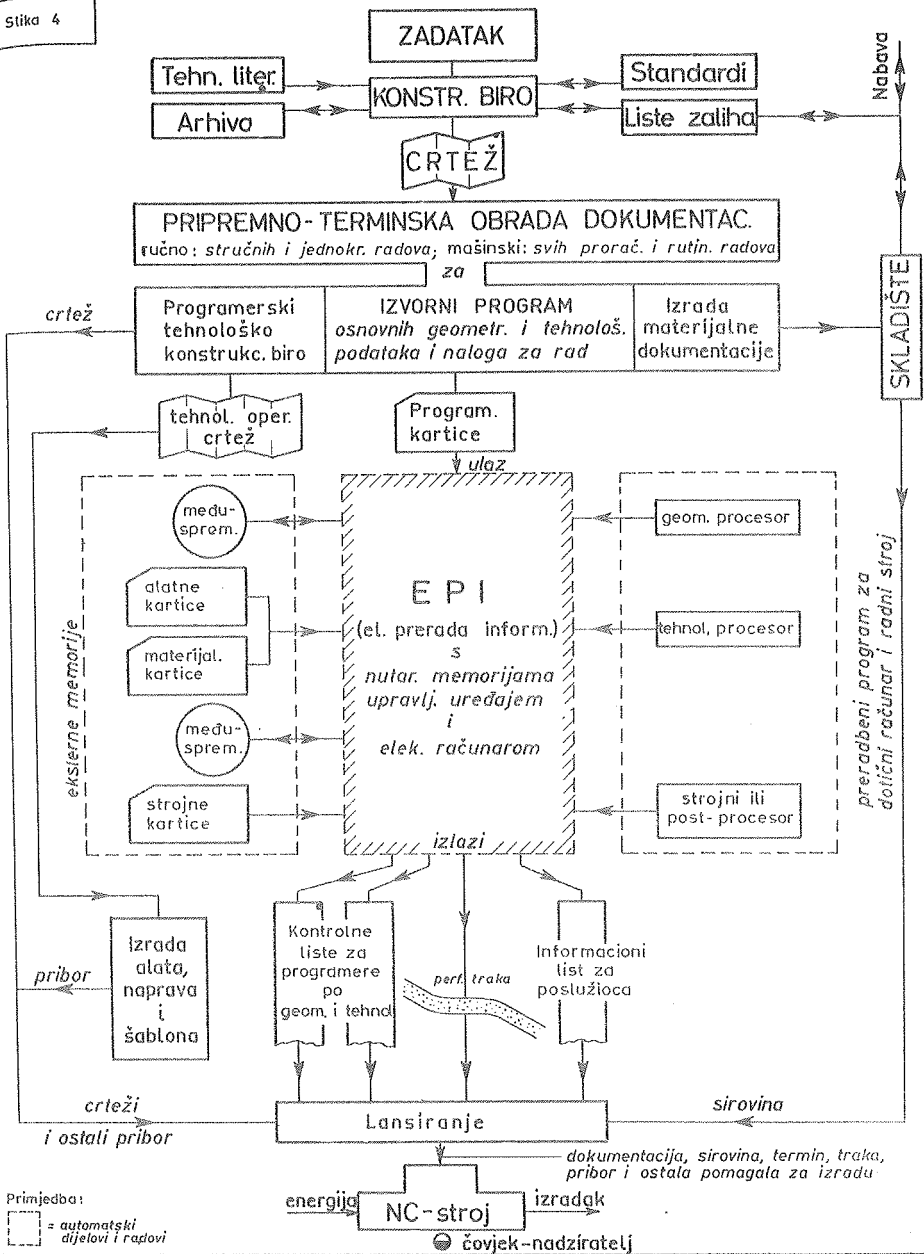
IV savjetovanje
proizvod. mašinstva
SARAJEVO 1968

U slučaju poznate i uobičajene organizacije za obradu na konvencionalnom stroju po slici 2, izlišno je u ovom razmatranju daljnje tumačenje. Isto tako ćemo se pored opisa slike 3 zadržati samo na glavnim dodatnim radovima za sastavljanje programa. Na osnovu crteža dolazi najprvo do njegove tehnološke obrade, koja obuhvata pronalaženje najpodesnijeg plana i režima obrade. Potom je potrebno u većini slučajeva novo kotiranje crteža obzirom na sistem automatskog upravljanja, odnosno mjerenja i kontrole zauzetih pozicija. Tu u načelu možemo razlikovati jedan apsolutni sistem koji traži referentno tj. ishodišno i jedan relativni sistem koji opet zahtijeva lančano kotiranje.

Tako dobiveni osnovni tehnološki i geometrijski podaci, kao režim i kote rada, te uslovi putanje, odnosno konture izratka, unašaju se s ostalim pomoćnim tehnološkim podacima, kao vrste alata i naprava s njihovim eventualnim automatskim promjenama, te podaci o mazaњу, hladjenju i td. - sve još u stvarnim brojkama i oznakama -, u t.zv. "programersku tabelu" po nekom interno odredjenom obliku.

Potom se odavde skupljene i sredjene podloge prenašaju uz pomoć nekih općih "kod-a" /na pr. po VDI-Richtlinie 3259/ i stroju specifičnih značenja u "programerski list" ili "programerski manuskript" /na pr. po VDI-Richtlinie 3256/. Svakom slogu ili elementarnoj grupi informacija pripadaju uvijek tri linije, od kojih prvu piše sam programer, a druga i treća se ispisuje prigodom pisanja trake, s tim da je treća povratna kontrola za pravilno ispisani podatak na traci. Istom nakon svega toga, dakle vanjske obrade informacija, gotov je nosilac informacija tj. perforirana traka, i spremna za unutarnju preradu na nekom sama odredjenom stroju, koji može ispravno shvatiti i obraditi zadane kodirane naloge radnih i putnih informacija.

Dok se radi o programiranju strojeva za upravljanje po tački i pravcu, t.zv. 1-dimenziono programiranje, može se kod pretežno jednostavnijih i pravilnijih geometrija, u ekonomski snošljivim granicama savladati programerski rad na izloženi ručni način prema slici 3.



Primjedba:
 [] = automatski dijelovi i radovi

Prof. ZDENKOVIĆ ZAGREB

Skupna organizacija proizvodne dokumentacije i njen tok pri mašinskom programiranju NC-strojeva.
 — Načelni prikaz po uzoru EXAPT-sistema —

IV savjetovanje proizvod. mašinstva SARAJEVO 1968

Kod složenijih geometrija, a naročito 2 i 3-dimenzionom programiranju, dakle konturnih putanja /gdje je $y=f(x)$ ili $f(x,z)$ // možemo se donekle pomoći još raznim računarima za ubrzanje rada programera, ali brzo došizemo i uz obučeno ljudstvo i sva tehnička pomagala, pored rastuće nesigurnosti, ekonomaku granicu u utrošenom vremenu ili tehničku granicu u nesavladivosti opsega potrebnih informacija. Tako na pr. [6] potrebuje jedan krug od svega 100 mm preko 150 osnovnih /repernih/ tačaka da bi se uz pomoć linijskog interpolatora mogao aproksimirati jednim poligonom do te mjere da je maksimalno otstupanje sekante i kruga 0,1 mm, što je i onako već mnogo! K tom vremenskom i prostornom problemu dolaze još svi snažni subjektivni nedostaci iako mogućih grešaka pri obimnom i opetovanim računskim operacijama, te poteškoće naknadnih korektura.

Da bi se dakle s jedne strane olakšao i ubrzao rad i tim ostvarilo racionalno programiranje, a s druge strane omogućila primjena automatskih NC-strojeva kod vrlo kompliciranih obrada, uključivali su se sve više u proces programiranja elektronski računari i uređaji za preradu informacija. Kako se rad programera može podijeliti striktno u inženjerski i rutinski, koji se u cjelosti dade prebaciti na automatsku preradu, to se većim udjelom poslijenjeg stvaraju realni uvjeti za primjenu "automatskog" ili t.zv. "mašinskog programiranja".

Prosječan tok obrade i prerade informacija za svrhe mašinskog programiranja NC-strojeva vidljiv je iz naredne slike 4 iz koje slijedi da je i u odnosu na obradu dokumentacije za konvencionalne strojeve nastupilo izvjesno rasterećenje pripreme rada, jer je i izbor sa optimiziranjem režima rada, te ostalih tehnoloških podataka, prešao u područje automatske obrade u računar.

Osnovni elementi takve automatske obrade ili mašinskog programiranja su uakle podesan elektronski računar srednje veličine i sastav programa u posebnom jeziku. Za tu svrhu postoje danas veoma mnogo jezika, koji se ipak daju svi u tri grupe raznih specifičnih izvedbi podijeliti, slika 5, [7], od kojih sam računar razumije jedino uvijek odgovarajući iz prve grupe tj. ne-

Slika 5

Računarski jezik	Simbolički jezik	Problemno-orijentirani jezik
	trebaju prevodilački program „Compiler“ i ili odnosno „Procesor“	

primjenjuju za svoje „instrukcije“ $[= \text{nalog za operaciju i adresu t.j. spremanje } u, \text{ ili vadenje iz neke ćelije (spremnika ili memorije)}] :$

određeni „kod“ (šifra)

na pr. za operacije:

1 = ulaz
2 = zbrajanje
3 = odbijanje
⋮
40 = izlaz
50 = kraj

na pr. za operacije:

IN = ulaz
ADD = zbrajanje
SUB = odbijanje
⋮
EX = izlaz
FIN = kraj

riječnik i sintaksu za razne matematske jezike, kao

ALGOL, COBOL, FORTRAN ili obradbene jezike, kao^o za t.zv. 1 i 2-dim. obrade APT II, AUTOSPOT I, II AUTOMAP, AUTOPROPS SYMPAC, ADAPT, AUTOPIT EXAPT 1 i EXAPT 2 te za 2^{1/2} i 3-dim obrade APT III, AUTOPROMT i EXAPT 3

na pr. za račun $A + B = X$ gdje je $A = 2$ i $B = 5$

slaže se i izgleda u načelu program za ove tri osnovne grupe jezika:

oper.	adr.	znači	oper.	adr.	znači
1	100	čitanje i spremanje prvog broja u ćeliji 100	IN	A	čitanje i spremanje broja $A = 2$
1	101	čitanje i spremanje drugog broja u ćeliji 101	IN	B	isto za $B = 5$
2	100,101	vadenje i zbrajanje brojaka iz ćelije 100 i 101	ADD	A,B	obavljanje naloga
40		izdavanje rezultata (na traci)	EX		izdavanje rezultata (na traci)
50		kraj ovog programa i spremnost za novi	FIN		kraj programa

odnosno u riječima i pravilima sintakse dotičnog jezika ima slijedeći jednostavni formalni izgled

POČETAK
RAČUNAJ (2+5)
IZDAJ REZULTAT
KRAJ

Prof
ZDENKOVIĆ
ZAGREB

Programerski jezici i načelni prikaz staganja programa

IV savjetovanje
proizvod. mašinstva
SARAJEVO 1968

ki sebi svojstveni računarski jezik. Međutim, programiranje u takvom jeziku veoma je složeno i obimno, a za čovjeka neprirодно i nelogično, stoga su nastali simbolični jezici, koji su istina u osnovi djelom rješili kompliciranost i poteškoće prve grupe, ali su ostali nedostaci u predočivanju raznih matematskih, geometrijskih i tehnoloških problema. Konačno na zamisli simboličkih jezika stvoreni su razni problemno-orijentirani jezici, jednom za čisto matematske probleme kao Algol /Algorithmic Language/, i Fortran /Formula Translating Language/, a s druge strane za probleme obrade, od kojih oko 40 su na slici 5 najvažniji nabrojani.

Zajedničko simboličkim i problemno orijentiranim jezicima je da svi trebaju naročiti prevodilački program "Compiler" kako bi dotične instrukcije računar mogao preraditi, tako na pr. ako se programira u Fortran-u i njegovim varijantama, tada se taj program može preraditi na svim računarima koji imaju Compiler za taj jezik. Međutim za naše obradbene strojeve mi programiramo u nekom od obradbenih jezika od kojih EXAPT dobiva sve više i širu primjenu, jer osim geometrije uzima za razliku od gotovo svih ostalih, u obzir još i tehnologiju obrade. U tu svrhu moraju, a da bi se program mogao preraditi od računara, postojati još i zasebni prevodilački programi za geometriju i tehnologiju t.zv. "geometrijski procesor" i "tehnološki procesor" slika 4, koji su redovno pisani za FORTRAN /i to FORTRAN IV. po ASA Standardu/, a da bi se mogli primjeniti na svim računarima koji, već radi svoje univerzalnije primjene, imaju takav Compiler. Pri tome možemo naravno imati i procesor za sasvim određeni računar, koji je onda ujedno i Compiler [8]. Da bi sad rezultati prerade informacija bili pouzdaniji neki određeni alatni stroj, mora u cijeloj obradi informacija postojati još jedan specifični akomodacioni program t.zv. "postprocesor", čiju ulogu možemo opet vidjeti iz načelnog prikaza slike 4.

Rezultat takve prerade je sad konačno taj da se - uzimajući automatski u obzir podatke alata, materijala i stroja, a uz optimizaciju tehnološkog procesa - dobiva na traci gotov program za sve potrebne radne i pozicione informacije uz čistopis

kontrolnih programerskih listova i informacionog lista o toku i sredstvima obrade za poslužioaca stroja.

Jedini ljudski odnosno ručni rad, koji je još za tu čitavu automatsku obradu potreban u pripremi rada, je sastavljanje "izvornog programa" ili takodjer nazvanog "elementarnog programa" /Quellenprogramm, Teileprogramm/ s osnovnim geometrijskim i tehnološkim podacima, te nalogima za dotične operacije. Ovaj se piše u nekom od programerskih jezika i buši za svaku zasebnu informaciju na svoju karticu kao ulazni podaci za elektronsku preradu.

KRATAK OSVRT NA EXAPT-JEZIK I SISTEM

Bit takvog programiranja, odnosno izvornog ili elementarnog programa, najbolje možemo shvatiti ako ga iznesemo za neki od problemnih jezika. Stoga je izabran sažeti prikaz sastava i mogućnosti izražavanja u EXAPT-jeziku i sistemu, kao u Evropi već najširem sistemu s najvećim perspektivama, iako je prošlo tek oko godinu dana od puštanja u širu javnu primjenu. Nastao je iz potrebe da se za mašinsko programiranje nadje evropskim strojevima i potrebama podesan jezik, koji bi uključio što više širinu geometrijskih mogućih opisa po APT /Automatically Programming Tool/ i njegov rječnik, te uz to bio proširen - istina na račun nekih ne nužno potrebnih geometrijskih mogućnosti - sa uvođenjem automatskog rješenja tehnoloških problema proračuna i optimiziranja postupaka i režima rada. Nazvan je EXAPT u alternativama 1, 2 i 3, za operacije obrade rupa, tokarenja i linijskog glodanja, te prostornog glodanja u slojevima /t.zv. 2 1/2-dimenzioni rad/ i kombinirane obrade.

U višegodišnjem radu stvoren je od jednog tima voditelja sveučilišnih instituta - u Aachen-u prof. Opitz, u Berlinu prof. Simon i prof. Spur, te u Stuttgart-u prof. Stute - uz saradnju mnogih stručnjaka drugih instituta i industrije Zap.Njemačke i nekih ostalih zemalja, a u tjesnom povezivanju s APT-sistemom. Taj jezik, slika 6, sastoji se poput drugih u svojoj konstruk-

Slika 6

Primjenjeni i dozvoljeni znaci											
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J		26 slova
1	2	3	4	5	6	7	8	9	0		10 brojaka
+	-	,	/	=	\$	*	()			11 posebnih znakova

Elementi jezika						
POINT	TURN	GOTO	TOOL			riječi
P 12	M	KRUG	OS			simboli
2	14	+27	-5.1	0.1		brojevi
/	*	()	=		elementi sintakse

prema engleskom jeziku
 proizvoljno i na bilo
 kojem jeziku
 iz dozvoljenih brojaka
 i znakova
 za slaganje riječi i izreka
 s dozvoljenim znacima

Jezične izreke (Statements)	
PARTNO / PRIRUBNICA, 107	tehnički izrazi
PM = POINT / 0.0, 0.0	definiциони izrazi
GOTO / P 12	izvedbeni nalozi

određuju sadržaj i tok
 prerade u elek. prer. info.
 određuju matematske ili
 tehnološke pojmove
 određuju provedbu
 definicionih izraza

KONSTRUKCIJA JEZIKA

Opći navodi (tehnički izrazi programa)
služe za označavanje izratka i njegovog materijala, te određenog stroja s njegovim postprocesorom. Na pr.: PARTNO / PRIRUBNICA, 107 ili MACHIN / AEG, 23001

Geometrijski navodi (izrazi za geometrijsko označavanje)
služe za određivanje tačaka, skupina tačaka, pravaca i njihovih sjecišta te za opis siroyog i gotovog komada. Na pr.: P 12 = POINT / 3, - 10.5 ili C 1 = CIRCLE / 0, 0, 50.7

Tehnološki navodi i radni nalozi (izrazi za tehnološko označavanje obrade)
određuju vrst i uslove obrade, alate i naprave, početak obrade i pravac odnosno smjer kretanja
na pr.: za tehnološki navod: BOR = DRILL / SO, DIAMET, d, DEPTH, t, TOOL, e, f, FEED, s, SPEED, v, ili za radni nalog: WORK / BOR GOTO / P 12

KONSTRUKCIJA IZVORNOG PROGRAMA

Prof
 ZDENKOVIĆ
 ZAGREB

Konstrukcija problemno-orijentiranog
 jezika EXAPT i programa sa istim

IV savjetovanje
 proizvod. mašinstva
 SARAJEVO 1968

ciji od stanovite ograničene količine znakova tj. slova, bro-
jaka i posebnih znakova, iz kojih se sastavljaju elementi, a
to su određene riječi, neodređeni /proizvoljni/ simboli i
potrebni brojevi. Ovi se povezuju po pravilima sintakse uz po-
moć njenih elemenata iz grupe posebnih znakova. Na osnovu tih
sastavnih djelova jezika slažu se kako to pokazuje slika 6 je-
zične izreke /Statements/[9].

Sam program piše se tipski određenim redosljedom uz primjenu
ovih jezičnih izreka, pri čemu se redosljed odnosi uglavnom na
vertikalnu grupaciju informacija, dok je horizontalni raspored
u izvjesnoj mjeri slobodan. U toj grupaciji nalaze se tako naj-
prije opći navodi izratka i toka njegove prerade programa, za-
tim geometrijski navodi tj. izrazi za geometrijski opis i ozna-
čivanje izratka, te ako je potrebno i sirovog dijela i konačno
tehnološki navodi za označivanje vrste i toka same obrade, kako
to pokazuje donji dio slike 6.

Jezične izreke iz kojih se stvara program sastoje se uvijek od
glavnog dijela i pomoćnog dijela kojim se поблише opisuje i od-
redjuje glavni dio izreke. Ovi su prema sintaksi odjeljeni ko-
som crtom, dakle:

glavni dio / pomoćni dio

gdje je glavni dio jedna riječ iz dotičnog riječnika, a pomoć-
ni, jedna ili više riječi odnosno brojeva. Prema tome se sasto-
je u konstrukciji izvornog programa:

Opći navodi: glavna riječ / opisna riječ

Geometrijski navodi:

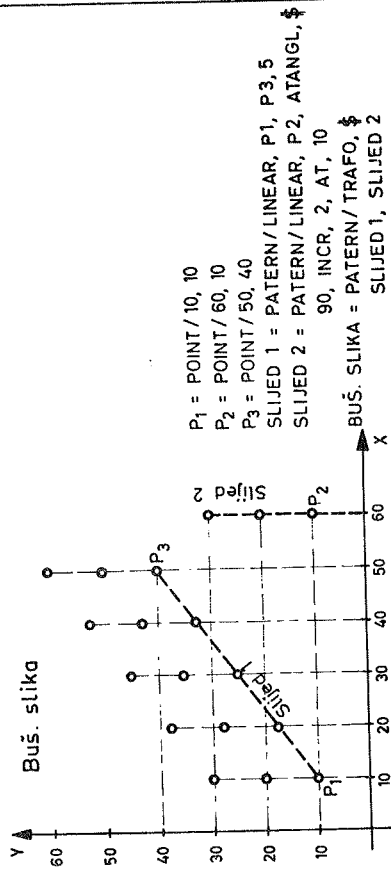
glavna riječ / podaci o mjerama

Tehnološki navodi i radni nalozi:

glavna riječ / modifikator /jedan ili više
njih/

Pri čemu su glavne riječi i modifikatori, koji glavni dio iz-
reke поблише opisuju, određeni i ograničeni navedenim rječni-
kom. Opisne riječi imaju sličnu ulogu kao i modifikatori ali

Slika 7



Prof
ZDENKović
ZAGREB

Primjer programiranja bušećih slika nastalih opetovanjem (transformacijom) slijedova primjenom EXAPT - jezika i sistema

IV savjetovanje
proizvod. mašinstva
SARAJEVO 1968

su prema potrebi općeg navoda proizvoljne kao i simboli. Međutim, sam simbol u ulozi definicije ili opisa, mora biti po istoj sintaksi složen, to znači da je simbol, kao kratica nekog definicionog izraza, jednako tako uz izjednačavajući znak jednakosti gradjen, dakle:

simbol = glavna riječ / modifikatori i brojke

Ako pak simbolom označujemo neku matematsku /aritmetSKU ili trigonometrijsku/ operaciju tada ima oblik:

simbol = matematski izraz

Nekoliko tipičnih primjera takvih izraza i navoda vide se usput na sl. 6.

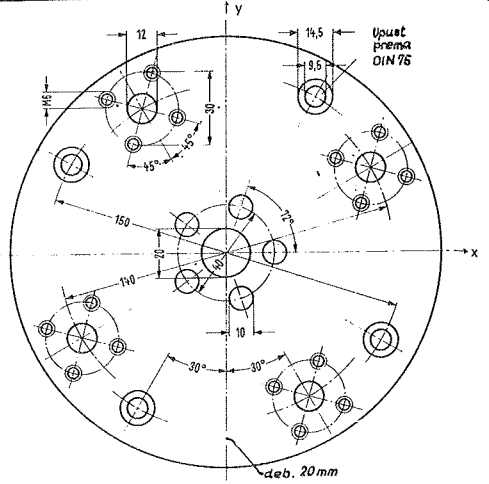
Naročita važnost mašinskog programiranja ističe se, kao što je već uvodno naglašeno u prebacivanju svih rutinskih obračunavanja i računskih varijacija na automatizirani rad tj. elektronski računar. Tako je na pr. kod opetovanja nekog geometrijskog lika /rupe, ili obrisa/ dovoljno dati prvi i zadnji član, ili zakon konture, te koliko ih u datom rasponu /udaljenosti ili dotičnom geometrijskom liku/ ima, ili prvi član i koliko puta se interval između prvog i drugog ponavlja, konačno u slučaju prenosa neke kompletne geometrijske skupine s jednog mjesta na drugo vrši se to vrlo jednostavno radnim nalogom za translaciju koordinatnog sistema. Način programiranja kod jednostavnih geometrijskih slučajeva, a kao primjer za druge i mnogo kompliciranije, vidljiv je na slici 7.

USPOREDBA RUČNOG I MAŠINSKOG PROGRAMA

Na slikama 8 i 9 prikazana su dva konkretna primjera programiranja. Jednom za neke operacije bušenja kod kojih zadovoljuje NC-stroj s upravljanjem po tački. Lijeva kolona pokazuje programski list odnosno manuskript za slučaj ručnog programiranja, koji je radi ograničenog prostora samo ograničeno ispisan za 11 sloga tj. 33 linije dok ih ukupno ima 274 sloga ili 822 linije, a desna daje rješenje programa u EXAPT 1 sa svega 43 sloga odnosno 47 linija! S tim u vezi je bez obzira na sve osta-

Slika 8

Primjer: prirubnica
s raznim operacijama
bušenja i rezanja
nareza



Ručno programirano

Programski list (programerski manuskript)										list:
Naziv	br. slika	br. putanje	dio br.	izd.:	kont.:	izd.:	ime:	ime:	ime:	
Slog. Podaci			Podaci koordinata			Rezumet	Operacija	Alat	parametri	oznaka
o	s	x	y	z	h	a	n	d		
0001	s02	--	--	z000000	--	--	--	--	--	--
0001	s02	--	--	z000000	--	--	--	--	--	--
0001	s02	--	--	z000000	--	--	--	--	--	--
0002	--	x000000	--	--	--	--	--	--	--	--
0002	--	x000000	--	--	--	--	--	--	--	--
0002	--	x000000	--	--	--	--	--	--	--	--
0003	--	--	y000000	--	--	--	--	--	--	--
0003	--	--	y000000	--	--	--	--	--	--	--
0003	--	--	y000000	--	--	--	--	--	--	--
0004	--	--	--	z054300	h99	a07	n04	d01	--	--
0004	--	--	--	z054300	h99	a07	n04	d01	--	--
0004	--	--	--	z054300	h99	a07	n04	d01	--	--
0005	--	--	--	z056900	h04	--	--	--	--	--
0005	--	--	--	z056900	h04	--	--	--	--	--
0005	--	--	--	z056900	h04	--	--	--	--	--
0006	--	--	--	z000000	h99	--	--	--	--	--
0006	--	--	--	z000000	h99	--	--	--	--	--
0006	--	--	--	z000000	h99	--	--	--	--	--
0007	--	x000018	--	--	--	--	--	--	--	--
0007	--	x000018	--	--	--	--	--	--	--	--
0007	--	x000018	--	--	--	--	--	--	--	--
0008	--	--	y001902	--	--	--	--	--	--	--
0008	--	--	y001902	--	--	--	--	--	--	--
0008	--	--	y001902	--	--	--	--	--	--	--
0009	--	--	--	z058500	--	a10	n05	--	--	--
0009	--	--	--	z058500	--	a10	n05	--	--	--
0009	--	--	--	z058500	--	a10	n05	--	--	--
0010	--	--	--	z060100	--	--	--	--	--	--
0010	--	--	--	z060100	--	--	--	--	--	--
0010	--	--	--	z060100	--	--	--	--	--	--
0010	--	--	--	z000000	--	--	--	--	--	--
0011	--	--	--	z000000	--	--	--	--	--	--
0011	--	--	--	z000000	--	--	--	--	--	--

ukupno 274 slogova

vrijeme programiranja 300 Min. Δ 75,-- DM
vrijeme za izradu trake 20 Min. Δ 5,-- DM

vrijeme programiranja 30 Min. Δ 7,50 DM
troškovi računara = 30,-- DM

Prof
ZDENKOVIĆ
ZAGREB

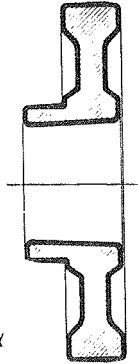
Usporedni primjer ručnog i maškog
programiranja za bušenje s EXAPT 1

IX savjetovanje
proizvod. maštinstva
SARAJEVO 1968

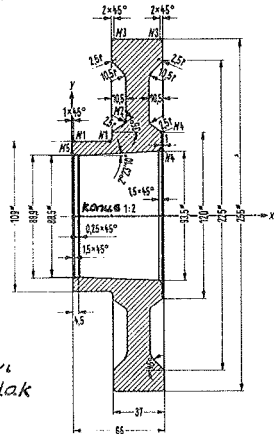
Slika 9

Primjer: tokarska obrada zupčanika

sirovi komad



gotovi izradak



Ručno programirano

s EXAPT 2 programirano

Programski list										list		
Naziv	dio br	izd. kont.	dne:	ime:								
buš. slika	67 27280		dne:	ime:								
sljz	Podaci	Koordinate	Koordinate	Program	Obratnji	Program	Program					
br.	Podaci	br.	Podaci	br.	br.	br.	br.					
o	s	x	z	1	k	n	d					
o001	s01	--	z-2290	--	--	a65	n01	d04				
o001	s01	--	z-2290	--	--	a65	n01	d04				
o001	s01	--	z-2290	--	--	a65	n01	d04				
o002	s01	x-19110	z-19110	--	--	--	--	--				
o002	s01	x-19110	z-19110	--	--	--	--	--				
o002	s01	x-19110	z-19110	--	--	--	--	--				
o003	s02	--	z-3150	--	--	h67	--	--				
o003	s02	--	z-3150	--	--	h67	--	--				
o003	s02	--	z-3150	--	--	h67	--	--				
o004	s05	--	z220	--	--	--	--	--				
o004	s05	--	z220	--	--	--	--	--				
o004	s05	--	z220	--	--	--	--	--				
o005	s01	x5150	z5150	--	--	--	--	--				
o005	s01	x5150	z5150	--	--	--	--	--				
o005	s01	x5150	z5150	--	--	--	--	--				
o005	s01	x460	--	--	--	--	--	d01				
o005	s01	x460	--	--	--	--	--	d01				
o005	s01	x460	--	--	--	--	--	d01				
o000	s04	--	z1000	--	--	a57	n02	d04				
o000	s04	--	z1000	--	--	a57	n02	d04				
o000	s04	--	z1000	--	--	a57	n02	d04				
o007	s07	--	z-5629	--	--	--	--	--				
o007	s02	--	z-5629	--	--	--	--	--				
o007	s02	--	z-5629	--	--	--	--	--				
o008	s03	x-279	--	--	--	h15	--	--				
o008	s03	x-279	--	--	--	h15	--	--				
o008	s03	x-279	--	--	--	h15	--	--				
o009	s03	x-229	z229	--	--	h13	--	--				
o009	s03	x-229	z229	--	--	h13	--	--				
o009	s03	x-229	z229	--	--	h13	--	--				
o010	s05	x-1384	--	--	--	h60	--	--				
o010	s05	x-1384	--	--	--	h60	--	--				
o010	s05	x-1384	--	--	--	h60	--	--				

ukupno 97 slogova

vrijeme programiranja 600 Min. Δ 150,— DM
vrijeme za izradu kočka 30 Min. Δ 7,50 DM

PARTNO/PRIMER - EXAPT 2
MACHIN/PP1
PART/MATEL 2
CLPRINT
OPIS GOTOVOG IZRAČKA
CONTUR/PARTCU
OVCONT/3
S 3 PODACI NA SIROVI IZRAČAK
REGH/D (100/2), YLRGE, PLAN, 0, BEVEL, 1
RGT/DIA, 109, ROUND, 2,5
LFT/PLAN, (66-37)
L1=LINE/(POINT/(64-37), (120/2)), ATANGL, 35
RGT/L1, ROUND, 2,5
M2, LFT/PLAN, (66-37+10.8), ROUND, 10,5
L2=LINE/(POINT/(66-37), (225/2)), ATANGL, -45
LFT/L2, ROUND, 2,5
M3, N3, RGT/PLAN, (66-37), BEVEL, 2
RGT/DIA, 225, BEVEL, 2
RGT/PLAN, 66, ROUND, 2,5
L3=LINE/(POINT/66, (225/2)), ATANGL, 45
RGT/L3, ROUND, 10,5
LFT/PLAN, (66-10.5), ROUND, 2,5
L4=LINE/(POINT/66, (120/2)), ATANGL, -35
LFT/L4
M4, N4, RGT/PLAN, 66, BEVEL, 1,5
L5=LINE/(POINT/4,75, (88.5/2)), ATANGL, 2,39
RGT/L5, BEVEL, 0,25
L6=LINE/(POINT/4,5, (88.9/2)), ATANGL, 45
RGT/L6
M5, LFT/DIA, 88,9, BEVEL, 1
RGT/PLAN, 0
TERMCO
REMARK **TEHNOLOŠKI PODACI**
CLDIST/2
QV/SE/FIN, 0,8
PRVO UPINJANJE - PROMER 225
CHUCK/2, 100
CLAMP/0, INVERS
REMARK **DEFINICIE ZA PRADU**
TECH1=TURN/SO, LONG, TOOL, 001, 1, §
TECH2=CONT/SO, TOOL, 002, 2, SETANG, 160, §
ROUGH
TECH3=CONT/SO, TOOL, 003, 3, SETANG, 160, §
ROUGH
TECH4=CONT/SO, TOOL, 004, 4, SETANG, 160, §
ROUGH
REMARK **IZVRŠNI NALOZI**
FSTOP/DIA, 129
WORK/TECH1
CUT/MI, T0, N1
WORK/TECH2
CUT/MS, RE, M2
CUT/MI, RE, M5
WORK/TECH3
CUT/MS, RE, N1
WORK/TECH4
CUT/MS, RE, N4
REMARK **OKRETAJE I UPINJANJE IZRAČKA Ø 109**
CLAMP/0
WORK/TECH1
CUT/MS, RE, M5
WORK/TECH2
CUT/MS, T0, N4
FINI

vrijeme programiranja 80 Min. Δ 20,— DM
troškovi mašinarstva 63,50 DM

Prof
ZDENKOVIĆ
ZAGREB

Usporedni primjer ručnog i mašinskog pro-
gramiranja za tokarenje s EXAPT 2

IV savjetovanje
proizvod. mašinstva
SARAJEVO 1968

24.1.7

le prednosti naravno i odgovarajuća ušteda na vremenu od 5 naspram 1/2 sata programiranja!

Sličan primjer za tokarske operacije sa konturnim upravljanjem predočuje nam slika 9, prema kojoj treba u jednom slučaju 97 slugova, a u drugom 54, dok vremenski odnos stoji kao 10 sati prema 1 sat i 20 minuta. Drugi omjer prema prethodnome ima razlog u nešto kompliciranijem opisu geometrije i postupka pri tokarenju, /uzima se u obzir i sirovi komad/ ali u tu je vidljiva izvanredna prednost takvog programiranja i primjene EXAPT-sistema.

Z A K L J U Č A K

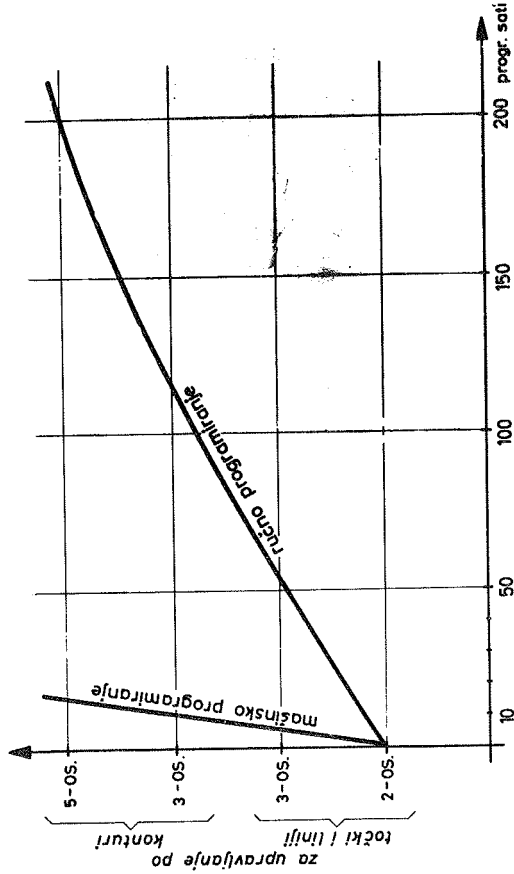
Današnja savremena proizvodnja ne može više mimoći modernizaciju procesa obrade i strojnog parka, a u vezi toga nameće se neminovno primjena NC-strojeva, koja je skopčana tehničkim, organizacionim i ekonomskim faktorima i pitanjima.

Na osnovu prikaza najvažnijih sastavnih pripremnih operacija tj. slaganja programa za ručno i mašinsko programiranje, dan je u najkraćim obrisima uvid u problematiku jednog i drugog načina obavljanja pripremnih radova i dobivanja potrebnih podloga.

Prednost mašinskog programiranja koja se naročito počinje isticati granicom praktične izvedivosti pri složenoj geometriji i tehnologiji obrade, može se obuhvatiti uglavnom slijedećim stavkama [1]:

- 1/ velika ušteda u vremenu, prosječno 45 - 75%. Ova je zorno prikazana slikom 10;
- 2/ ušteda u troškovima od prosječno 30 - 50%;
- 3/ veća sigurnost za tačan rad uz manje umaranje programera;
- 4/ lakša mogućnost sprovedbe eventualnih naknadnih izmjena i dopuna;
- 5/ primjenom posebnih procesora i postprocesora moguće je programiranje istim jezikom za razne računare i strojeve; i
- 6/ u slučaju primjene EXAPT-sistema dolaze k tome još razne specifične prednosti pored njegove logičnosti i jednostavnosti upotrebe na bazi prirodnog opisivanja, definiranja i

Slika 10



Prof
ZDENKOVIĆ
ZAGREB

Načelni usporedni prikaz utroška vremena
za ručno i mašinsko programiranje razno
upravljanih NC-strojeva (prema Pratt & Whitney 1963)

II savjetovanje
proizvod. mašinstva
SARAJEVO 1968

nalaganja. Tako ovaj sistem uzima posebno još u obzir tehnologiju izrade, te je naročito prirođen za redovne izvedbe evropskih alatnih strojeva. Iste riječi i sintaksa upotrebljavaju se za razne pa i kombinirane tehnološke postupke i operacije pri 1-, 2- i 3-dimenzionoj obradi s lakom mogućnosti daljnjeg proširenja.

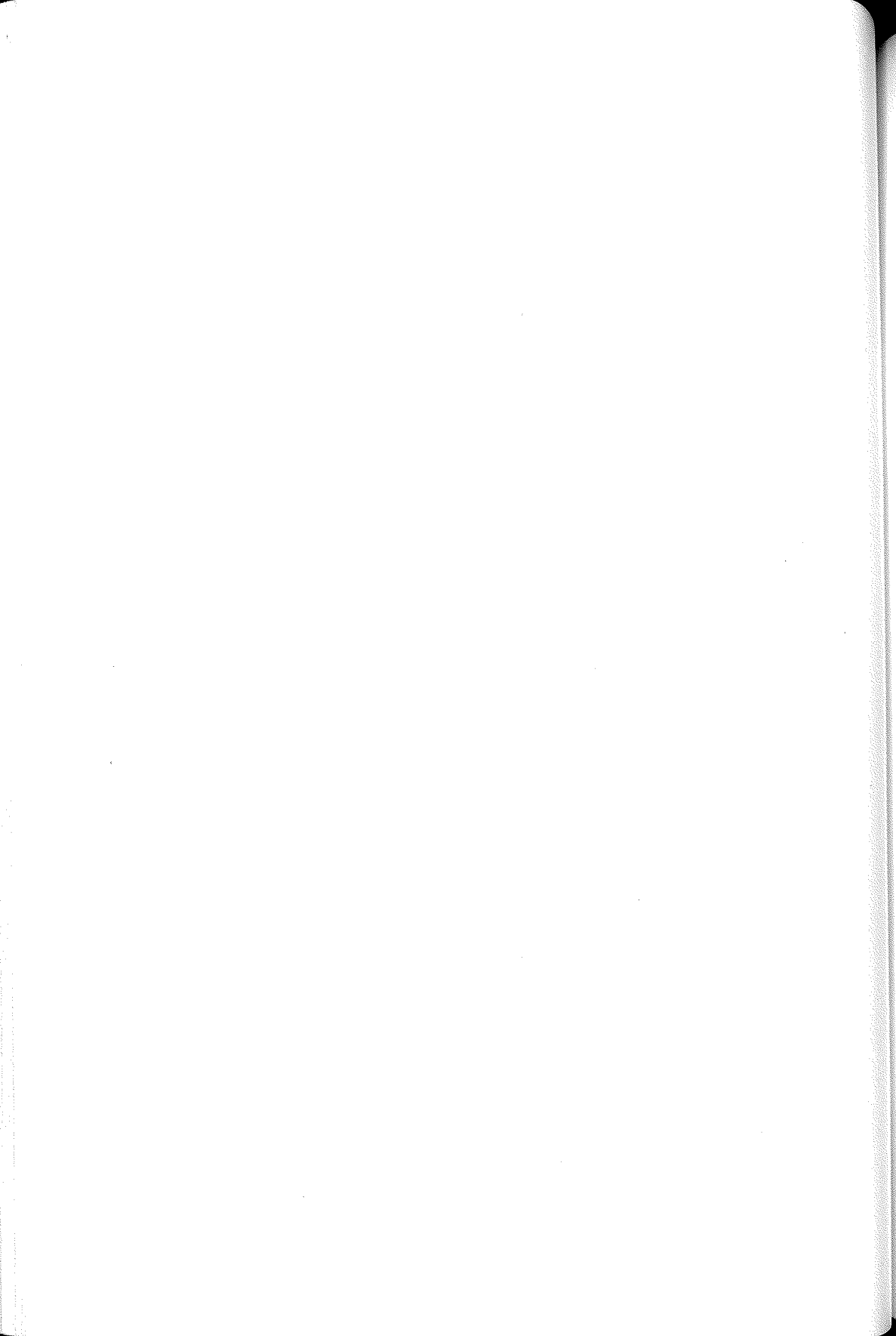
Istina da postoji nedostatak u potrebi primjene elektronskog računara, koji je prema američkim podacima /literatura pod [1] / i pri višestranjoj upotrebi za 5 - 10 NC-strojeva tek za 20 - 30% iskorišten, no budući da s odgovarajućim Compiler-ima možemo raditi i na računarima koji su namjenjeni drugim općim svrhama, a kojih dandanas sve više ima - čak u toj mjeri da su s drugim zadacima nedovoljno iskorišteni - to ovaj nedostatak ne može predstavljati presudnu poteškoću.

Glavno je međjutim da smo si načisto da je u svim slučajevima primjene NC-strojeva ručno programiranje po današnjem stanju ipak jedan niži stepen tehničkog napretka u osvajanju savremenih dostignuća obrade i da je ekonomski opravdano danas samo još za jednostavne i podređene svrhe. Prema tome, ako se radi o uvadjanju i osvajanju NC-strojeva, moramo se nužno pozabaviti i sa problematikom podesnog i efikasnog programiranja, a to je danas u većini slučajeva samo mašinsko programiranje, čiju problematiku se u kratkim crtama ovdje nastojalo prikazati.

L I T E R A T U R A:

- [1] Müller-Traut:
Vergleich von manueller und symbolischer Programmierung
numerisch gesteuerter Werkzeugmaschinen. - Maschinenma-
rkt 1966.
- [2] Horn, Poerschke:
Grundzüge der maschinellen Programmierung beim Einsatz
numerisch gesteuerter Maschinen. - Werkstatt und Betrieb
1966.
- [3] K. Poerschke:
Systeme numerischer Steuerungen und numerisch gesteuerter
Werkzeugmaschinen. - Ingenieur digest 1966.
- [4] G. Kretschmer:
Der Informationsfluss von der Konstruktionsidee bis zur
Verwirklichung durch die numerisch gesteuerte Werkzeug-
maschine. - Automatik 1967.
- [5] K.H. Bethlehem:
Maschinelles Programmieren numerisch gesteuerter Werkzeug-
maschinen. - Automatik 1967.
- [6] M. Herzog:
Automatische Programmierung von Werkzeugmaschinen. -
Die Maschine 1967.
- [7] 12. Aachener Werkzeugmaschinen-Kolloquium 1965:
Datenverarbeitung in Konstruktion, Arbeitsvorbereitung
und Fertigungssteuerung.
- [8] H. Opitz, W. Simon, G. Spur u. G. Stute:
Über den Entwicklungsstand von EXAPT. - Werkstattstechnik
1967.
- [9] G. Spur und Tannenber:
Das Programmiersystem EXAPT, eine einheitliche Sprache
zur maschinellen Programmierung numerisch gesteuerter
Werkzeugmaschinen. - Zeitschrift für wirtschaftliche
Fertigung 1967.
- [10] W. Simon:
Die numerische Steuerung von Werkzeugmaschinen. - *
Carl Hanser Verlag 1963.
- [11] G. Kohring:
Grundlagen und Praxis numerisch gesteuerter Werkzeugma-
schinen. - Carl Hanser Verlag 1966. *
- [12] P. M. Sherman:
Programming and coding digital computers. - *
John Wiley et Sons 1963.
- [13] V D I - Richtlinien 3256, 3257, 3259 - VDI-Verlag 1962.
i 1963.

* - Knjige



ULJNO-HIDRAULIČNE KOMPONENTE ZA AUTOMATIZACIJU MAŠINA RADILICA^{xx}

1.0 U V O D

Ako se kaže da je automatika nauka današnjice a da su mehanizacija i automatizacija procesi današnjice to je odraz današnjih intencija u razvoju nauke i privrede u svetu.

Čitav niz naučno-istraživačkih i razvojnih institucija u svetu programski je orijentisan na automatiku a iz projektnih i konstruktivnih biroa i proizvodnje izlaze novi procesi i mašine mehanizovani ili automatizovani skoro za 100%.

Danas se ni jedan proces niti mašina ne može smatrati savremenom ako nije dovedena na potreban nivo automatizacije, i što je od posebnog značaja za proces ili mašinu koja nije mehanizovana ili automatizovana nema više mesta na svetskom tržištu.

Posebno za oblast mašina radilica važi ova konstatacija o savremenosti koja se meri stepenom primene elemenata automatizacije. Pri tome svakako treba napomenuti da su mašine radilice jedna od oblasti koja se posebno ističe kao snažan faktor uticaja na opšte privredni potencijal svake zemlje. Tako na primer u Engleskoj se modernizacija i dalji razvoj privrede i jačanje privrednog potencijala vezuje za kompjuterizaciju procesa ali i za modernizaciju i razvoj proizvodnje mašina radilica.

Sigurno je da ni naše naučno-istraživačke, razvojne i proizvodne snage ne mogu da ostanu po strani od ovog procesa automatizacije pogotovo u uslovima uklapanja u međunarodnu podelu rada i prilagodjavanju uslovima svetskog tržišta.

To znači, da se naše snage na nivou istraživanja razvoja i proizvodnje i u oblasti mašina radilica moraju usmeriti da se obezbedi potpuna primena sredstava automatizacije i u ovoj oblasti.

2.0 OSNOVNE POSTAVKE AUTOMATIZACIJE MAŠINA RADILICA

Svaka mašina radilica može se posmatrati kao složen sistem koji ima za cilj ostvarenje određenih logičkih funkcija. Ovaj složen sistem možemo razložiti na svakoj mašini ili procesu pa i na mašini radilici na sledeće osnovne sisteme: - sistem za prenos snage; - sistem za regulaciju; - sistem za upravljanje.

x Slavoljub Jovanović, dipl.ing. upravnik laboratorije za fluidnu tehniku, Zoran Stojanović, dipl.ing. i Miroslav Grujić, dipl.ing. istraživači u Institutu "Mihailo Pupin" Beograd, Volgina 15.

xx Saopštenje iz Instituta "Mihailo Pupin".

Između ovih sistema postoji međusobna logička funkcionalna veza i suština rada na automatizaciji je u sledećem:

Obezbediti nivo^o i veze ovih sistema tako, da se ostvarenje logičkih funkcija složenog sistema odvija po unapred utvrđenom zakonu, redosledu, ili programom sa minimalnim utroškom manuelnog rada ili i bez njega.

Ovo su osnovni sistemi uz koje su vezani sistemi koje možemo nazvati pomoćnim (na primer, sistem za merenje) koji su isto tako značajni za složen sistem (mašinu radilicu) ali u našem rasmatranju od sekundnog značaja.

Sistem za prenos snage je prvi koji se mora ostvariti takvom tehnikom i dovesti na poseban nivo tačnosti da mašina radilica (naš složen sistem) može da "primi" sistem regulisanja ili upravljanja koji će da omogući na primer, programirani automatski rad.

Prenos snage može se ostvariti mehaničkim, električnim ili fluidnim putem. Pri tome prenos snage fluidom ostvaruje se uljem (hidrostatički ili hidrodinamički prenos snage) ili vazduhom (pneumatski prenos snage). Automatizovane mašine radilice skoro isključivo koriste hidrostatički prenos snage ili pneumatski prenos snage.

Uljna hidraulika (hidrostatika) je danas dominantna tehnika prenosa snage kod savremenih mašina radilica sa višim stepenom mehanizacije ili automatizacije rada i kombinovana sa elektromehanikom ili elektronikom kao sistemima upravljanja predstavlja "mišiće i mozak" savremene mašine radilice.

Elektro-hidraulični sistemi, odnosno njihove komponente su danas preduslov za modernizaciju i automatizaciju mašina radilica, te se njihovom istraživanju, razvoju i proizvodnji mora posvetiti posebnu pažnju. Kroz ovaj rad pokušaćemo da prikazemo pravac istraživanja i razvoja i dostignut nivo i rezultat na osvajanju osnovnih komponenti elektro-hidraulike za mašine radilice u Institutu za automatiku i telekomunikacije "Mihailo Pupin" a za potrebe naše Industrije.

3.0 OSNOVI ELEKTRO-HIDRAULIČKIH SISTEMA I KOMPONENTI

Svaki elektro-hidraulični sistem ima organe koji izvršavaju određene funkcije - uljno hidraulične komponente. Na primer uljno-hidraulična pumpa je izvorni organ koji obezbeđuje pritisak i protok ulja, razvodnik obezbeđuje upravljanje tokom ulja, akumulator akumuliranje energije itd.

Klasifikacija i podela uljno-hidrauličnih komponenti može se izvršiti na razne načine ali se najčešće koristi princip klasifikacije po funkciji komponenti.

Ovakva klasifikacija omogućava da se svaka grupa komponenti tretira kao funkcionalna celina u odnosu na elektrohidraulični sistem koji se sada može razbiti na grupe.

Unutar svake grupe može se izvršiti podela na podgrupe i pri tome se mogu koristiti razne osnove. Tako se podela može izvršiti prema konstruktivnoj koncepciji, nameni, pritisku, protoku i slično.

Klasifikacija uljno-hidrauličnih komponenti prema funkciji je sledeća:

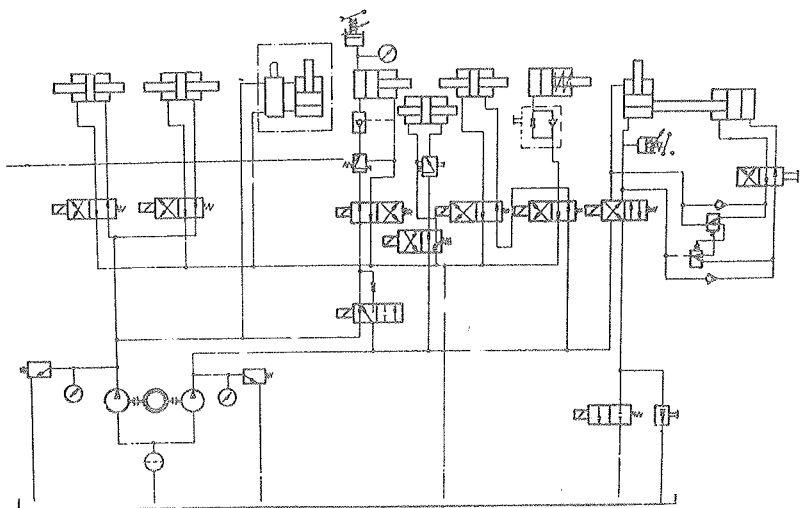
Izvorni organi - uljno hidraulične pumpe
razvodni i regulacioni organi - uljno -
hidraulični razvodnici i ventili.
Izvršni organi - radni cilindri i hidromotori
vezivni organi (vodovi) - uljno hidraulični*
crevovodi, cevovodi i priključci.
organi za filtriranje - uljno-hidraulični filter
organi za hladjenje, grejanje i stokiranje -
uljno-hidraulični hladnjak, predgrejač ulja i
rezervoar
organi za akumuliranje energije -
uljno-hidraulični akumulator

Pri tome prve tri grupe se često tretiraju kao "osnovne komponente", a ostale kao "pribor", iako ono što se podrazumeva pod "priborom" ni u kom slučaju ne može shvatiti kao nešto što je sekundarnog funkcionalnog značaja u elektro - hidrauličnom sistemu.

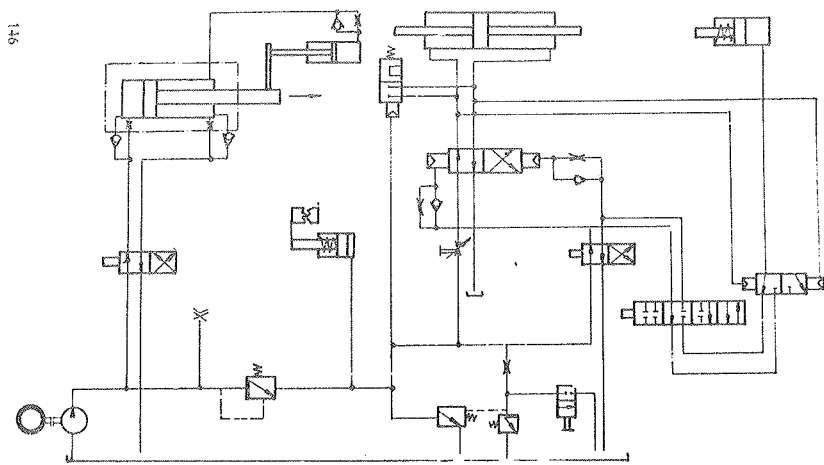
Predmet našeg istraživanja i razvoja su bili razvodni i regulacioni organi koji su druga funkcionalna grupacija, ali koja po svom obimu, raznovrsnosti i broju podgrupa predstavlja najveću grupaciju uljno-hidrauličnih komponenti.

Ova grupa se može podeliti na sledeće podgrupe uljno-hidrauličnih komponenti:

- razvodnici
- ventili za pritisak
- ventili za protok
- blokirajući ventili



Sl. 1 Elektrohidraulični sistem za poluautomatski strug



Sl. 2 Elektrohidraulični sistem za brusilicu

Razvodnici mogu prema konstruktivnoj koncepciji da se podele na razvodnike sa uzdužnim kretanjem klipa i razvodnike sa obrtnim kretanjem klipa.

Ventili za pritisak su i ventili sigurnosti, ventili za regulaciju i redukciju pritiska, ventili "prsnog hoda" itd.

Ventili za protok su: prigušni ventili, ventili za konstantan protok, regulatori protoka i raspodeljivači protoka.

Blokirajući ventili su: nepovratni ventili, hidraulični upravljani nepovratni ventili, dvostrani nepovratni ventili i ventili za usisivanje.

Obim primena uljno - hidrauličnih komponenti navedenih podgrupa i to posebno na mašinama radilicama ilustruju sledeći elektro-hidraulični sistemi koje uzimamo kao primer.

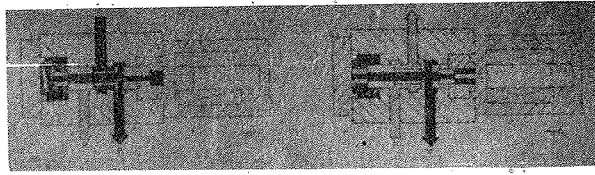
- elektro - hidraulični sistem za poluautomatski strug (slika br. 1)
- ovaj sistem ima 10 uljno-hidrauličnih razvodnika od toga su 9 sa elektromagnetskom komandom, 6 ventila za pritisak i jedan ventil za protok.
- elektro-hidraulični sistem za brusilicu (slika br. 2).

Ovaj sistem ima 7 uljno-hidrauličnih razvodnika, 3 ventila za pritisak i 7 ventila za protok.

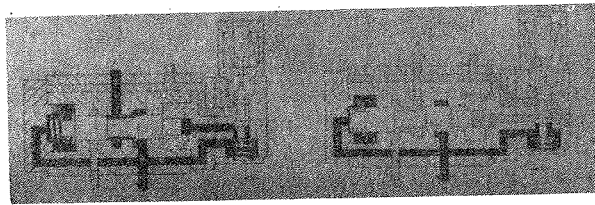
Navedeni primeri pokazuju kakvu primenu, značaj i važnost imaju razvodne i regulacione komponente u elektro-hidrauličnim sistemima posebno u oblasti primene na mašinama radilicama.

Od navedenih podgrupa uljno-hidrauličnih komponenti za mašine radilice imaju poseban značaj sledeće komponente:

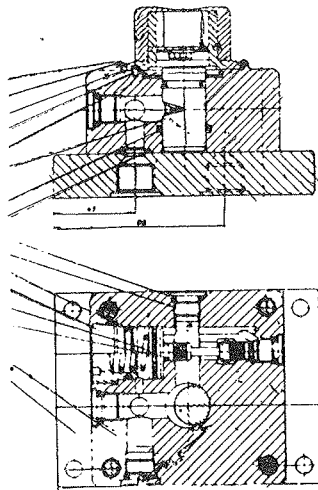
- uljno-hidraulični razvodnici sa elektro-magnetskim komandama koji omogućuju ostvarenje funkcije za upravljanje i prelaz sa uljne-hidraulike kao tehnike prenosa snage na elektromehaniku kao tehniku upravljanja.
- regulatori protoka koji omogućavaju regulaciju brzine kretanja pri ostvarenju pojedinih funkcija odnosno operacija na mašini radilici.
- regulatori pritiska koji omogućavaju regulaciju sile pri ostvarenju pojedinih funkcija.



Sl. 3 Direktno elektromagnetski komandovani razvodnik



Sl. 4 Indirektno elektromagnetski komandovani razvodnik



Sl. 5 Regulator protoka

ventil sigurnosti koji obezbeđuju rad elektro-hidrauličnog sistema i ograničavaju sile u sistemu.

Pri tome, kada se radi o primeni na mašinama radilicama treba naglasiti da ove komponente moraju da imaju konstruktivnu koncepciju, funkciju i oblik podešenu zahtevima mašine radilice, tog složenog sistema u koji je ugrađen elektro-hidraulični sistem i njegove komponente.

Zbog toga ćemo ukratko izložiti funkciju ovih komponenti i to sa konstruktivnom koncepcijom koje odgovaraju zahtevima primene na mašinama radilicama.

Uljno-hidraulični razvodnici elektro-magnetski komandovani koji se upotrebljavaju na mašinama radilicama su sa direktnom ili indirektnom komandom zavisno od pritiska.

Direktno elektromagnetski komandovani uljno-hidraulični razvodnici (slika br. 3) usmeravaju kretanje ulja zavisno od toga koji je elektromagnet aktiviran. Vraćanje u neutralan položaj obezbeđuje opruga.

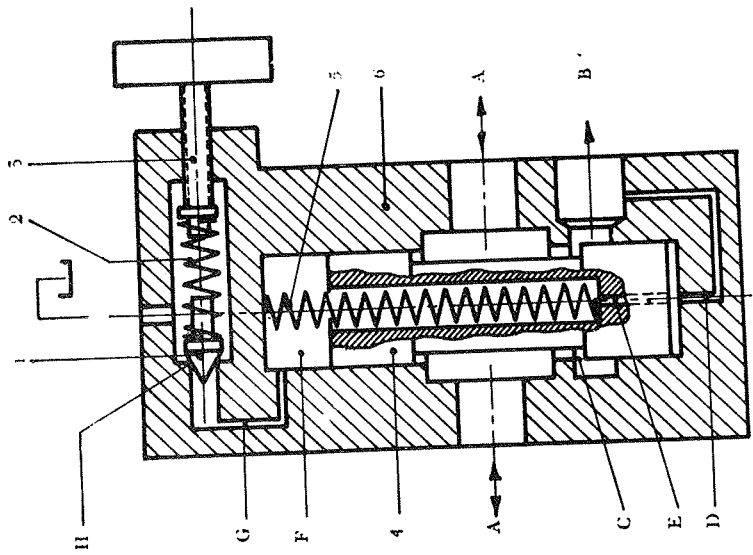
Indirektno elektromagnetski komandovani uljno-hidraulični razvodnici (slika br. 4) upotrebljavaju se kod većih radnih pritisaka. Aktiviran elektromagnet komanduje servoventilom koji omogućava hidrauličnom komandovanje glavnim razvodnikom. Vraćanje u srednji položaj servoventila i razvodnika je obezbeđeno oprugom.

Regulatori protoka su ventili koji rade na principu promene preseka odnosno prigušenja od koga zavisi i protok. Matematički izraz ovoga principa

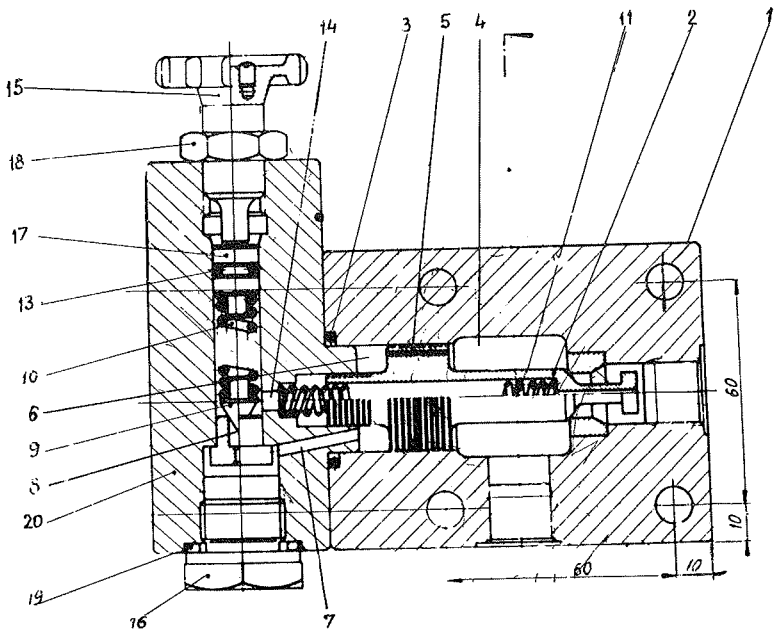
$$Q = A \sqrt{2g \frac{\Delta p}{\gamma \xi}}, \text{ gde su:}$$

- Q - protok kroz mesto prigušenja
- Δp - pad pritiska na mestu prigušenja
- A - površina prigušenja
- g - ubrzanje zemljine teže
- γ - specifična težina ulja
- ξ - koeficijent prigušenja

Na mašinama radilicama, regulatori protoka moraju da funkcionišu nezavisno od promenljivog opterećenja te su obično konstruisani na sledećem principu (slika br. 5.)



Sl. 6 Regulator pritiska



Sl. 7 Ventil sigurnosti

U preseku A_2 je pad pritiska $\Delta p_2 = p_2 - p_3$ konstantan i jednak

$p_A = \frac{F}{A_k}$. Kroz presek A_1 je protok Q , a pritisak $p_1 = p_{\max}$. Pad pritiska u ovom preseku je $\Delta p_1 = p_{\max} - p_2$.

Ako raste otpor raste pritisak p_3 što remesti ravnotežu klipa koji se pod silom opruge pomera u levo i otvara presek A_1 i ponovo uspostavlja ravnotežu. Ako se prigušnik tako konstruiše da mu se presek može podešavati dobijemo regulator protoka koji omogućava promenu protoka odnosno brzine na mašini radilici. Na ovom principu radi regulator protoka koji je razvijen i ispitan u Institutu "Mihailo Pupin".

Regulator pritiska (slika br.6) koji omogućava da se pritisak u jednom delu hidrauličnog sistema drži na određenoj vrednosti bez obzira na pritisak u drugom delu hidrauličnog sistema funkcioniše na sledeći način:

Ulje koje ulazi u regulator pritiska na priključku A izlazi slobodno na priključku B sve dok je pritisak niži nego na malom ventilu H. Ovaj pritisak reguliše se okretanjem zavrtnja 3 preko opruge 2. Klip 4 je hidraulički uravnotežen i opruga 5 ga drži u donjem položaju usled čega je otvor C slobodan. Ako pritisak poraste do vrednosti koja otvara ventil H ovaj se otvara i ulje kroz klip odlazi na priključak B. Usled toga je poremećena ravnoteža i klip kreće na gore prigušujući otvor C. Na taj način na priključku B je uvek isti pritisak i to onaj koji je određen na malom ventilu H.

Ventil sigurnosti (slika br. 7) koji se najčešće primenjuje na mašini radilici funkcioniše na sličnom principu kao regulator pritiska, s tom razlikom da je klip kod njega tako konstruisan da zatvara ili otvara prolaz a ne prigušuje kao što je to slučaj kod regulatora protoka.

Detaljnije podatke o radu ventila sigurnosti koji je usvojen za domaću proizvodnju dat je u kasnijem tekstu kada su rasmatrani rezultati razvoja i istraživanja na ovoj važnoj komponenti uljne hidraulike.

4.0 RAZVOJ I ISTRAŽIVANJE ULJNO-HIDRAULIČNIH RAZVODNIKA

Osnovna smernica razvoja i istraživanja na uljno-hidrauličnim razvodnicima određena je bila sledećim ciljem:

- razviti uljno-hidraulične razvodnike sa najširim dijapazonu primene ali sa osnovnom primenom za mašine radilice i industrijsku primenu.
- Ovsj cilj je odredio i smernico razvoja i istraživanja i imao najveći uticaj pri izboru konstruktivne koncepcije. Istraživanja su usmerena tako da se istraži koncepcija koja će da omogućí najveći broj kombinacija odnosno funkcija razvodnika sa minimalnim brojem tehnoloških delova.

Takva koncepcija pored širokog dijapazona primene i zadovoljenja velikog broja funkcionalnih zahteva raznih uljno-hidrauličnih sistema morala je da obezbedi i serijsku proizvodnju koja će da bude ekonomična u uslovima apsorbcione moći našeg tržišta.

Zbog toga je zadatak izbora koncepcije bio vrlo težak jer su na primer, zahtevi koje je postavljao jedan elektro - hidraulični sistem za mašinu radilicu bili vrlo različiti od sistema za gradjevinsku mašinu.

I to ne samo u načinu komandovanja, broju položaja i otvora razvodnika nego i u veličini zazora između klipa i tela razvodnika, preklapanju pri komandovanju, dozvoljenim gubicima, i uopšte uslovima primene.

Istraživanja koncepcije dala su sledeće zaključke koji su usvojeni i primenjeni:

- način komandovanja: elektromagnetski, i hidraulički kao osnovni, a mehanički i ručni kao dopunski. Pri tome mehanički i ručni način komandovanja je na neki način u tenničkom pogledu kompromis koji je posledica prvenstva koji je dat elektromagnetskom i hidrauličnom načinu komandovanja.
- oblik razvodnika: za telo razvodnika je usvojena "četvrtka" odlivena ili obradjena iste dužine za razvodnike istog broja položaja aktiviranja. Obzirom da je 95% razvodnika sa 2 i 3 položaja aktiviranja to znači da je postignuta maksimalno moguća unifikacija osnovnog materijala za telo razvodnika a time i svih alata za ob-

radu. Ovaj oblik tela omogućava i vrlo lako vezivanje u blok ili na ploču i postavljanje otvora za priključke tamo gde je potrebno. Time se postiže maksimalna adaptivnost razvodnika zahtevima ugradnje.

Što se tiče klipa, kao posledica unifikacije tela razvodnika i kod njega postoje svega dve dužine i onoliki broj prečnika koliki je broj nazivnih prečnika razvodnika.

- funkcionalna šema: Da bi se ostvarila bilo koja kombinacija protoka ulja kroz razvodnik kod ovakve koncepcije otvor tela razvodnika se ne menja, već samo klip. Različitim bušenjem otvora na klip, raznim dužinama segmenata klipa mogu se ostvariti razne funkcionalne šeme i obezbediti sva potrebna preklapanja (pozitivno, nula i negativno).

Na bazi ovakvih zaključaka razvijena je familija razvodnika nazivnih prečnika NP 10; NP 15; NP 20; NP 25; NP 30; sa elektromagnetskom, hidrauličnom, mehaničkom i ručnom komandom. Izvodjena je pojedinačno ili u bloku a raspored priključaka i broj otvora i položaja prema potrebi.

Ova familija razvodnika pokriva oblast protoka do 300 lit/min i pritiska do 300 kp/cm² što je za elektro-hidraulične sisteme za mašine radilice potpuno zadovoljavajući dijapazon protoka i pritiska.

Rezultati ispitivanja pojedinih razvodnika vrlo su dobri i ne odstupaju od najboljih rezultata poznatih svetskih proizvođača.

Navodimo rezultate ispitivanja:

- Gubici kroz procepe pri ostvarenom zazoru između klipa i tela razvodnika od 4 - 8 mikrona praktično potpuno zanemarljivi - ispod 2cm³/min. Pri tome su ovi rezultati postignuti sa materijalom KGR 50 za telo razvodnika i materijalom KGR 70 za klip razvodnika.

Da bi se izbegao uticaj neujednačenosti isporuke materijala koja može negativno da utiče kod malih zazora (pojava zaglavlivanja) korigovan je zazor na 10 - 15 mikrona što nije povećalo gubitke iznad uobičajenih vrednosti.

Gubici su sa ovim zazorom zadržani ispod vrednosti od 5 cm³/min što je rezultat koji se može uporediti i sa poznatim svetskim rešenjima kao što su na primer razvodnici zapadno - nemačke, italijanske ili sovjetske proizvodnje.

Utica j temperature na usvojene materijale je takodje minimalan.

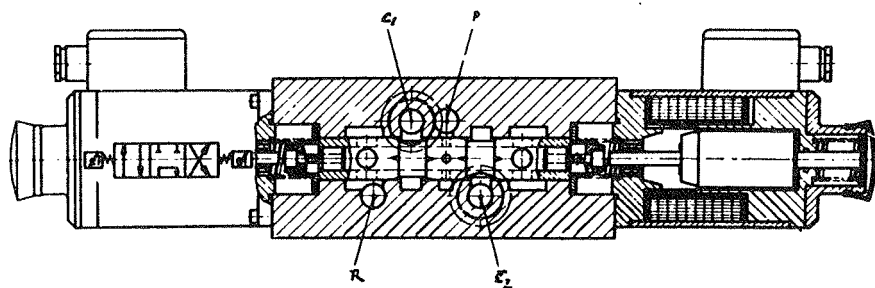
Razvodnik zagrejan na temperatura od 120°C funkcioniše normalno i sa povećanjem gubitaka u procepima od oko 15% što je potpuno zadovoljavajuća vrednost. Ispitivanja su vršena i na temperaturi do 200°C .

Za temperaturu od 50°C koja je označena kao maksimalna temperatura okoline za razvodnike u serijskoj proizvodnji nije bilo moguće primetiti nikakvu promenu.

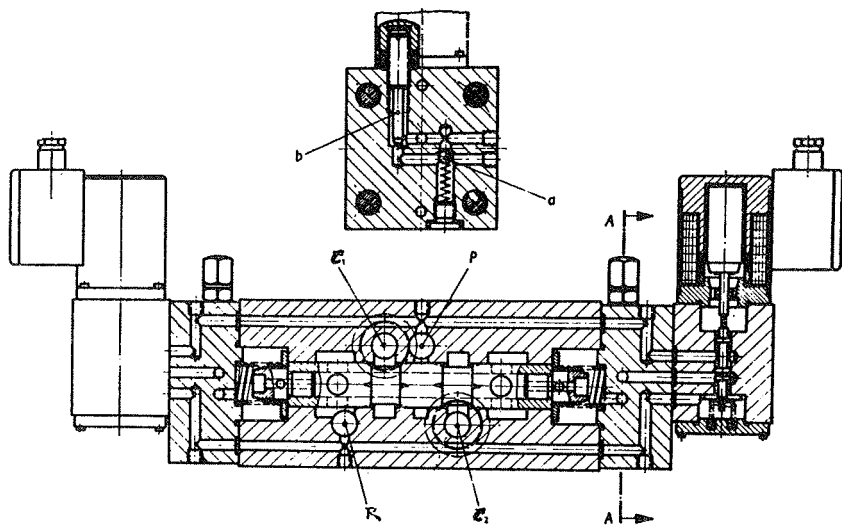
Uporedo sa razvojem hidrauličnih razvodnika, istraživanja su takodje bila usmerena i na razvoj familije elektromagneta za njihovo aktiviranje. Zavisno od toga razvodnika konstruisana su nekoliko tipova elektromagneta sa različitim hodovima i zavisnostima privlačne sile od hoda kotve tj. sa različitim elektromehaničkim karakteristikama. Maksimalni hodovi kotve elektromagneta su 8, 12, 15, 20 i 30 mm sa maksimalnom privlačnom silom između 8 kp i 45 kp. Elektromagneti su konstruisani u dve varijante: sa mogućnošću ručnog aktiviranja pored električnog, i samo sa električnim aktiviranjem. U toku istraživanja i razvoja elektromagneta naročita pažnja je obraćena na pouzdanost i sigurnost rada i korišćenje domaćeg materijala. Uslovi rada elektromagneta u svemu su prilagodjeni uslovima rada razvodnika tako da se s pravom može reći da predstavljaju specijalizovanu komponentu namenjenu prvenstveno za rad u sprezi sa hidrauličnim razvodnikom.

Prerašun elektromagneta, njihova konstrukcija i izabrani materijal omogućavaju trajno uključenje elektromagneta pri spolnoj temperaturi od $+50^{\circ}\text{C}$.

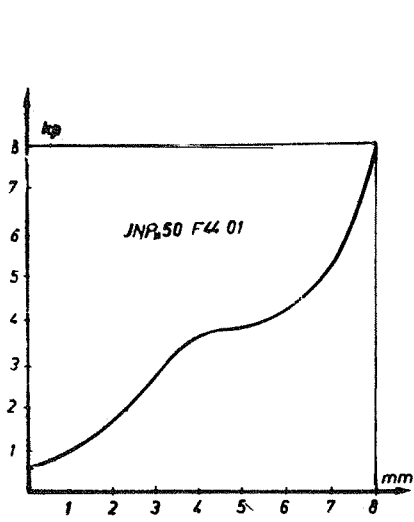
Prostor u kome se kreće kotva izdržava pritisak ulja od 50 kp/cm^2 . Otpornost izolacije namotaja elektromagneta prema masi omogućava izdržavanje kratkotrajne pojave napona između električnih delova i mase od 600 Vess. Elektromagnet je lakovima i hemijskom zaštitom metalnih delova zaštićen od korozije. Elektromehanička karakteristika svakog tipa elektromagneta obezbeđuje da, pored savladivanja same opruge, kotva elektromagneta pokreće klip razvodnika dovoljnom silom. Dijagrami sile u funkciji hoda elektromagneta dati su na slikama br. 10, 11, 12 i 13



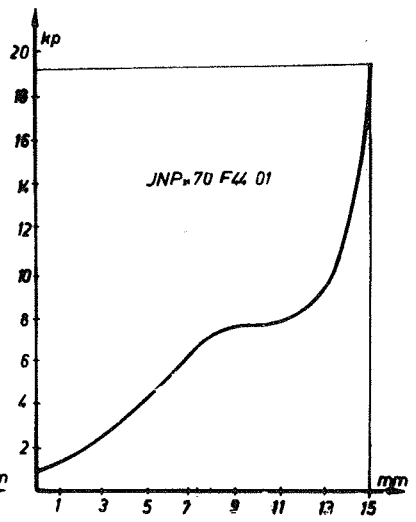
Sl. 8 Direktno komandovani elektromagnetski razvodnik



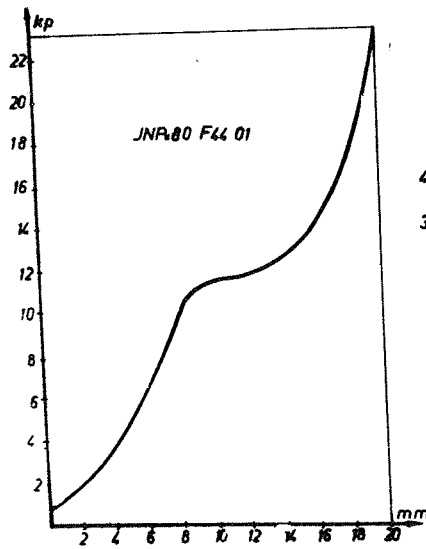
Sl. 9 Indirektno komandovani elektromagnetski razvodnik



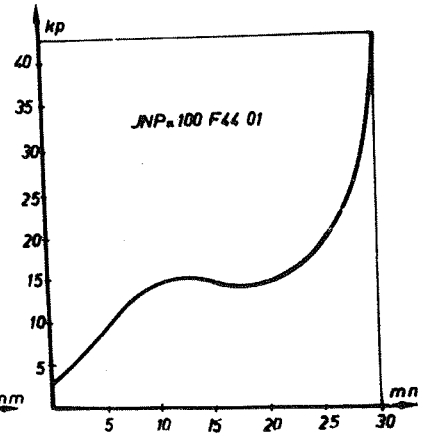
Sl. 10 Dijagram elektromag-
neta F 4401 \varnothing 50



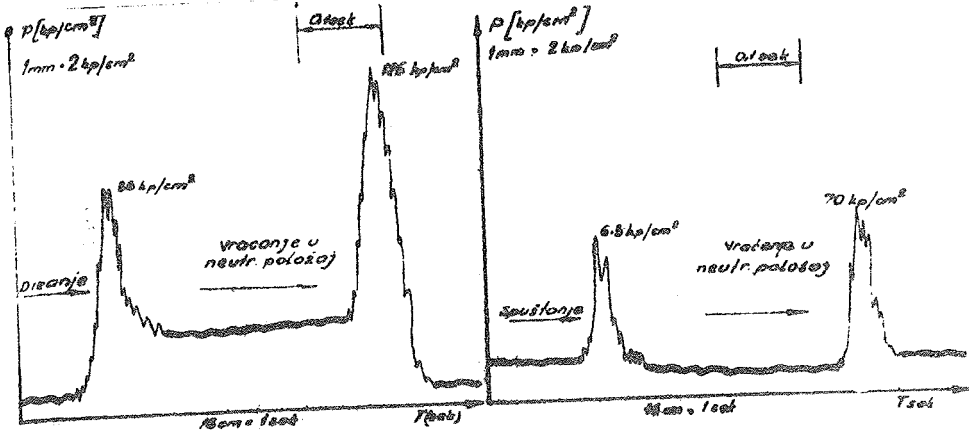
Sl. 11 Dijagram elektromag-
neta F 4401 \varnothing 70



Sl. 12 Dijagram elektromag-
neta F 4401 \varnothing 80

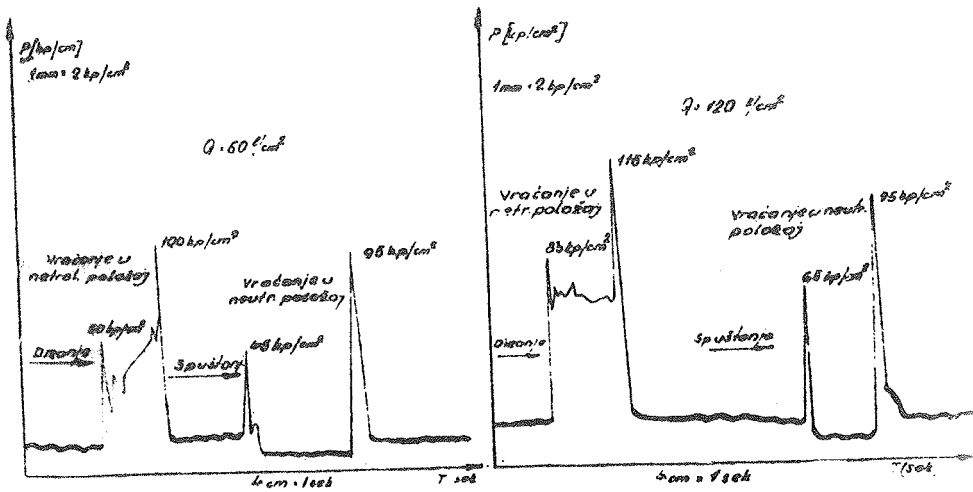


sl. 13 Dijagram elektromagne-
ta F 4401 \varnothing 100



D-5.22-1

D-5.22-2



D-5.22-3

D-5.22-4

Sl. 14 Dijagram zavisnosti protoka od položaja prigušnika na glavnom klipu

Posle sprovođenja detaljnih električnih, mehaničkih i klimatskih ispitivanja prototipova elektromagneta, načinjena je kompletna tehnička dokumentacija prema kojoj se u Industriji "14 Oktobar" - Kruševac pristupilo njihovoj serijskoj proizvodnji.

Stečena iskustva na konstrukciji elektromagneta za pogon uljno-hidrauličnih razvodnika omogućila su grupi saradnika Instituta "Mihailo Pupin" i razvojno - istraživačkog odeljenja industrije "14 Oktobar" dalji rad na razvoju elektromagneta za druge oblasti primene kao što su pneumatika, servo sistemi, specijalna primena na motornim vozilima itd.

Pritisak ispitivanja razvodnika je bio 300 kp/sm² i razvodnik na ovom pritisku funkcioniše normalno. Razvodnici sa direktnom elektromagnetskom komandom ispitivani su do 150kp/sm² a u seriji im je pritisak ograničen na 100 kp/sm².

Maksimalni protok odredjen je na osnovu poznatih kriterijuma da se pad pritiska zadrži uvek na istom usvojenom procentu od maksimalnog pritiska. Ovaj kriterijum dozvoljava da gubitak pritiska u apsolutnoj vrednosti bude veći pri većim radnim pritiscima, ali ispitivanja su pokazala da je pri protoku od 300 l/min 300 kp/sm² pad pritiska ispod 1% u najnepovoljnijem slučaju što je u apsolutnom iznosi $\Delta p < 3 \text{ kp/sm}$ Ovaj rezultat je zadovoljavajući, i u pojedinim slučajevima može se dozvoliti i povećanje protoka i do 30% od nominalnog protoka.

Na osnovu svih ovih rezultata, dozvoljena je serijska proizvodnja razvodnika i njihova ugradnja. Proizvodnju je preuzela industrija "14 Oktobar" čije su razvojno - konstrukcione grupe preuzele dalji razvoj i upotpunjavanje familije sa novim tipovima razvodnika.

Preseci razvodnika elektromagnetski direktno (slika br. 8) i indirektno komandovanih (slika br. 9) priloženi su kao ilustracija. Dijagrami $P = f(T)$ (slika 14) snimljen pri ručnom aktiviranju uljno-hidrauličnog razvodnika za protok od 100 lit/min su ilustracija detaljnih ispitivanja koja se i danas vrše u Institutu i Industriji u cilju dobijanja tačno odgovarajućih karakteristika razvodnika za određenu primenu.

Fared toga priloženi su i kataloški listovi HR 001 - HR 012 za uljno-hidraulične razvodnike u kojima su dati svi tehnički podaci, gabariti, načini obeležavanja i izbora za razvodnike koji omogućavaju projektantima elektrohidrauličnih sistema da brzo i efikasno odaberu potrebne komponente.

Na kraju izlaganja o istraživanju i razvoju razvodnika svako-ko treba reći kakve su dalje intencije istraživačkog i razvoj-
nog rada na ovim komponentama.

Obzirom na određene akcije CETOP-a (Comité des Transmissions
Olhydrauliques et Pneumatiques) u cilju standardizacije načina
vezivanja i pričvršćivanja razvodnika potrebno je prilagoditi
oblik tela razvodnika i izvršiti rekonstrukciju servoventila,
tako da se i naši razvodnici mogu uključiti u ovu opštu unifi-
kaciju.

Dalje, potrebno je intezivno raditi na tehnološkom osvajanju
specijalnog liva za razvodnike kao i dostizanja nivoa obrade
koja će da omogućiti eliminaciju operacije lepovanja klipa i prin-
cip odabiranja i pasovanja. Teži se da se obrada dovede na takav
nivo da je klip razvodnika zamenljiv.

Kao što se iz ovoga može zaključiti porađ normalnog dopunjavanja
familije i tehnoloških usavršavanja ne treba očekivati nova istra-
zivanja u cilju stvaranja nekih novih koncepcija. To govori da
smo sa postojećom koncepcijom dostigli nivo koji je danas priznat
u svetu što potvrđuje uspešnost istraživanja i razvoja. Dalji rad
je "održanje koraka" sa svetskim dostignućima i neprekidivo teh-
nološko usavršavanje postojeće konstruktivne koncepcije.

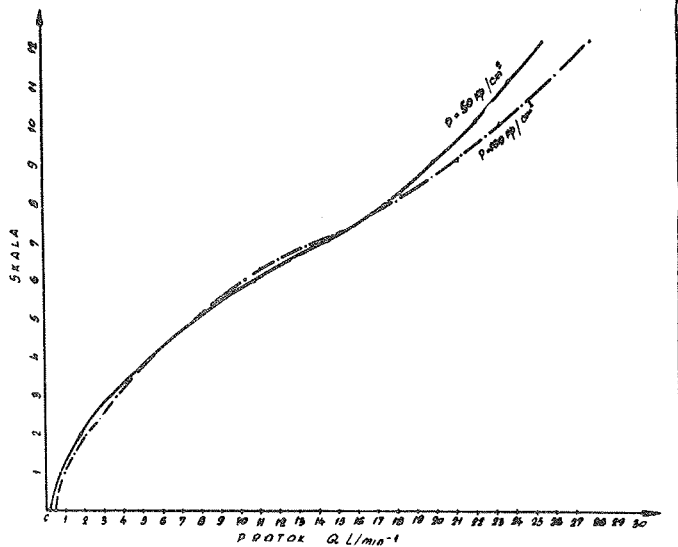
5.0 RAZVOJ I ISTRAŽIVANJE ULJNO-HIDRAULIČNIH REGULATORA PROTOKA I PRITISKA

I kod ovih komponenta smernice razvoja i istraživanja bazirala se
na razvoju takvih komponenti koje će imati najširi dijapazon pri-
mene vodeći pri tome računa da osnovna primena bude za mašine radi-
lice.

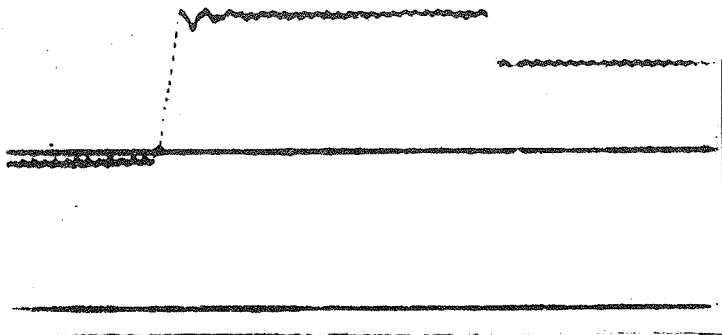
Ovakvo prilaženje problemu imalo je i uticaj na izbor konstruktiv-
nih koncepcija kako uljno-hidrauličnog regulatora protoka tako i
uljno-hidrauličnog regulatora pritiska.

5.1 Uljno-hidraulični regulator protoka

U prvom delu ovog izlaganja dat je princip rada regulatora protoka
na kojoj osnovi je i izvršen razvoj istoga u našem institutu. Na
ovom mestu zadržaćemo se samo na rezultatima ispitivanja razvijene
familije uljno-hidrauličnih regulatora protoka.



Sl. 15 Dijagram zavisnosti protoka od položaja prigušnika na glavnom klipu



Sl. 16 Dijagram ventila sigurnosti NP 15

Za sada su razvijena tri člana familije regulatora protoka i to:

NP 10 za protoke	$Q =$	do 25 l/min	$p_{max} = 200$ kp/cm ²
NP 15 "	"	$Q =$ " 63 "	$p_{max} = 200$ "
NP 25 "	"	$Q =$ " 160 "	$p_{max} = 200$ "

Smatramo da je za sada ovaj izbor dovoljan da zadovolji dijapazon protoka i pritiska za široku primenu kako kod elektrohidrauličnih sistema tako i kod mašina radilica.

Zadatak ispitivanja je bio uglavnom da se utvrdi promena protoka u regulatoru u zavisnosti od promene pritiska u sistemu kao i od položaja prigušnika u odnosu na skalu regulatora.

Na sl. 15 dat je dijagram koji je dobijen ispitivanjem regulatora protoka NP 10.

Na dijagramu se vidi da se protok u odnosu na položaj prigušnika menja prilično ravnomerno. Idealno bi bilo da je promena protoka linearna što je u praksi nemoguće postići. Dijagram nam jasno pokazuje da se pri većim pritiscima povećava približavanje linear-
nosti.

Merenjem pada pritiska u regulatoru konstatovano je da je on konstantan i da iznosi $\Delta p = 6$ kp/cm² što u potpunosti odgovara predvidjenom.

Ovakvi rezultati pokazuju uporedjenjem sa rezultatima stranih renomiranih proizvođača da za njima ni malo ne zaostaju i da mogu uspešno da se primene i odgovore svom postavljenom zadatku.

Slični rezultati dobijeni su i sa drugim članovima razvijenih regulatora protoka i to NP 15 i NP 25.

Ovim naš razvoj nije zaključen već se sada u našem institutu rasmatra razvoj na osvajanju preciznih regulatora protoka za sasvim male protoke i ispod 1 l/min koji su neobično važne komponente baš kod mašina radilica kao i na daljem usavršavanju i doterivanju već razvijenih i osvojenih regulatora protoka.

5.2 Uljnihidraulični regulatori pritiska

Kod nas su za sada razvijena tri člana familije uljno-hidrauličnih regulatora pritiska i to obuhvataju protoke do 200 l/min i pritiska do 200 kp/cm². Ovaj dijapazon se uklapa sa ostalim razvijenim

komponentama tako da pokriva oblast protoka i pritiska za primenu u elektro-hidrauličnim sistemima i mašinama radilicama.

Nažalost rezultate ispitivanja nemožemo u ovom momentu da preciziramo, pošto su ista u toku. Neka prethodna ispitivanja ukazuju nam na to da smo i ovde na putu da dobijemo jednu kvalitetnu i solidnu komponentu.

6.0 RAZVOJ I ISTRAŽIVANJE ULJNO-HIDRAULIČNIH VENTILA SIGURNOSTI

Smernice pri istraživanju i izboru ventila sigurnosti bile su, da se izabere tip ventila odnosno familija koja će svojim funkcijama i karakteristikama pokriti jednu široku oblast primene sa najboljim mogućim karakteristikama. Ovo znači izabrati takav ventil koji će garantovati veliku osetljivost, miran rad bez velikih oscilacija klipa, malu zavisnost promene pritiska od protoka tj. da radi manje više pri odredjenom konstantnom pritisku.

Posle rasmatranja u našem institutu uzimajući u obzir sve ove zahteve koji su traženi od ventila, izabran je ventil sigurnosti iz grupe ventila sigurnosti sa indirektnim aktiviranjem.

Na slici 7 dat je crtež i izgled usvojenog tipa ventila sigurnosti u preseku.

Način rada ovakvog ventila je sledeći: Pri normalnom radnom pritisku u sistemu ventil je u mirovanju i veza između potisnog i povratnog voda je zatvorena klipom (2). U ovim uslovima svi pokretni delovi u ventilu su u stanju mirovanja i ravnoteži što je postignuto tako što su komore 4 i 6 u vezi preko prigušnog otvora (5) u klipu 2 tako da je pritisak sa jedne i druge strane klipa jednak i samim tim na klip deluje samo sila opruge 11 i 12 koje preko klipa ventila zatvaraju vezu između potisnog i povratnog voda. Pri porastu pritiska u komori 4 isti se prenosi kroz otvore 5 u klipu i zatim kroz otvore 7 i 8 na telu pomoćnog servoventila vrši pritisak na ventil (9) otvara ga i u tom momentu ulje ističe kroz osmi otvor (14) glavnog ventila (2) u rezervoar. Čim se na ovaj način uspostavi proticanje ulja kroz pomoćni ventil dolazi do pada pritiska ulja u prostoru (6) iznad klipa. Zbog manjeg pritiska u prostoru (6) odnosno zbog razlike pritiska između prostora 4 i 6 i ventilu dolazi do poremećaja ravnoteže između dve strane klipa i pošto je pritisak sa donje strane klipa veći dolazi do podizanja istog savladjivanjem opruge 11 i 12 i uspostavljanje veze između

potisnog voda i povratnog a samim tim dolazi do rasterećenja instalacije od viška pritiska. Pri ponovnom uspostavljanju radnog pritiska u instalaciji odnosno u prostoru (4), opruga (10) će zatvoriti pomećni ventil (9). Ulje će neglo da protiče iz prostora (4) u prostor (6) i ponovo da uspostavi ravnotežu između obe strane klipa dok će opruga 11 i 12 da vrate klip u svoj prvobitni položaj i da istim prekinu vezu između potisnog i povratnog voda. Zavrtnjem (15) omogućeno je regulisanje željenog pritiska u instalaciji.

Kod naše familije ventila mi smo predvideli mogućnost, upotrebe ovih ventila za pritiske do 200 kp/cm² i protoke do 200 lit/min što je po našem mišljenju dovoljan dijapazon i protoka i pritiska za primenu kod raznih elektro-hidrauličkih sistema kod mašina radilica.

Rezultati ispitivanja dali su vrlo dobre rezultate koji ne zaostaju za rezultatima ostalih svetskih proizvođača sličnih ventila.

Normalna statička i dinamička ispitivanja dala su rezultate kakvi su i očekivani. Najinteresantnija su tenziometriška ispitivanja i njihova analiza. Na slici 16 dat je jedan od mnogih snimaka dijagrama ponašanja ventila sigurnosti u radu prilikom ispitivanja.

Na ovom dijagramu je prikazan pritisak p u ventilu u zavisnosti od vremena t . Pre aktiviranja ventila na odredjenom regulisanom pritisku pri prekoračenju radnog pritiska u sistemu dolazi do naglog porasta pritiska i ventil biva aktiviran iznad granice regulisanog pritiska.

Zatim pritisak opada ispod predvidjenog graničnog pritiska da bi posle kraćeg oscilovanja održao konstantantan pritisak u ventilu.

Ovo je jedan i od nedostataka ventila sigurnosti sa indirektnim aktiviranjem pogotovu što se kod ovakvih tipova ventila sa prekoračenjem pritiska računa i sa 20%. Medjutim kod svih merenja na našim ventilima ovaj maksimalni pritisak nije prelazio 5% pri radu na raznim pritiscima i raznim protocima.

Drugi važan faktor kod ovih ventila je vreme uspostavljanja konstantnog pritiska u ventilu odnosno što manjeg oscilovanja klipa u ventilu. Kako se iz dobijenog dijagrama vidi oscilovanje je minimalno i ventil već posle 0,15 sec. radi potpuno mirno bez ikakvih oscilacija.

Ovi snimci jasno pokazuju da smo dobili jedan ventil osetljiv sa brzim reakcijama i solidnim i zadovoljavajućim radom.

Pored mogućnosti regulisanja ovog ventila preko zavrtnja (15) postoji isto tako i mogućnost daljinskog upravljanja ovog ventila preko priključka (16) na taj način što se preko istoga može da deluje na pritisak u prostoru (6) iznad klipa i stvaranjem razlike pritiska između gornje i donje strane klipa vrši otvaranje ventila i samim tim reguliše i dobije željeni pritisak u sistemu. Ovo je naročito pogodno za mašine radilice, pošto je na istima vrlo čest slučaj da je potrebno menjati pritiske u sistemu i da se određenim komandama može ostvariti pritisak u sistemu po potrebi i želji.

Posle razvoja ovih ventila sigurnosti u našem Institutu a za industriju "14 Oktobar" koja je iste ubacila u svoj proizvodni program, Institut je nastavio sa daljim usavršavanjem i razvojem novih, konstruktivnih koncepcija ventila sigurnosti s obzirom na već navedene akcije "CETOP-a" u cilju unifikacije i standardizacije načina vezivanja i pričvršćenja ventila sigurnosti kao i držanje koraka sa svim novim tehničkim i tehnološkim dostignućima u svetu.

7.0 ZAKLJUČAK

Razvodne i regulacione komponente (uljno-hidraulični razvodnici, regulatori protoka i pritiska i ventili sigurnosti) spadaju među najvažnije komponente uljno-hidrauličnog sistema za mašine radilice.

Zbog toga je nužno da istraživanje i razvoj ovih komponenti bude kontinualni proces koji će moći da uvek obezbedi komponente na najvišem nivou, odnosno ovaj razvoj mora da prati razvoj mašine radilice.

Dok je pisan ovaj materijal dobijena je jedna informacija o pojavi komponentata "mini - hidraulike" odnosno komponentata sa jako smanjenim gabaritima. Šta znači manji gabarit za mašinu radilicu, nije potrebno isticati. To jasno govori da se ovakav proces mora pratiti, studirati i ako je potrebno i osvajati. Ovo ilustruje naš

zaključak o potrebi za kontinuitetom procesa razvoja i istraživanja u oblasti uljne-hidraulike za mašine radilice.

Pored ovoga mislimo da treba naglasiti i još jednu činjenicu, koja je proverena u praksi, ali koja zaslužuje zbog važnosti da udje u ovaj zaključak. A to je: elektro-hidraulični sistem se ne može ostvariti uzimanjem iz kataloga podataka o komponentama, i zbog toga projektant mašine radilice mora od prvog momenta da obezbedi konsultaciju sa projektantima uljne-hidraulike, jer samo radom u "timu specijalista" bićemo u stanju da odaberemo optimalne komponente uljne-hidraulike za mašinu radilicu.

LITERATURA:

T.M. Bašta - Masinostroiteljnaja gidravlike - Mašgiz 1963.

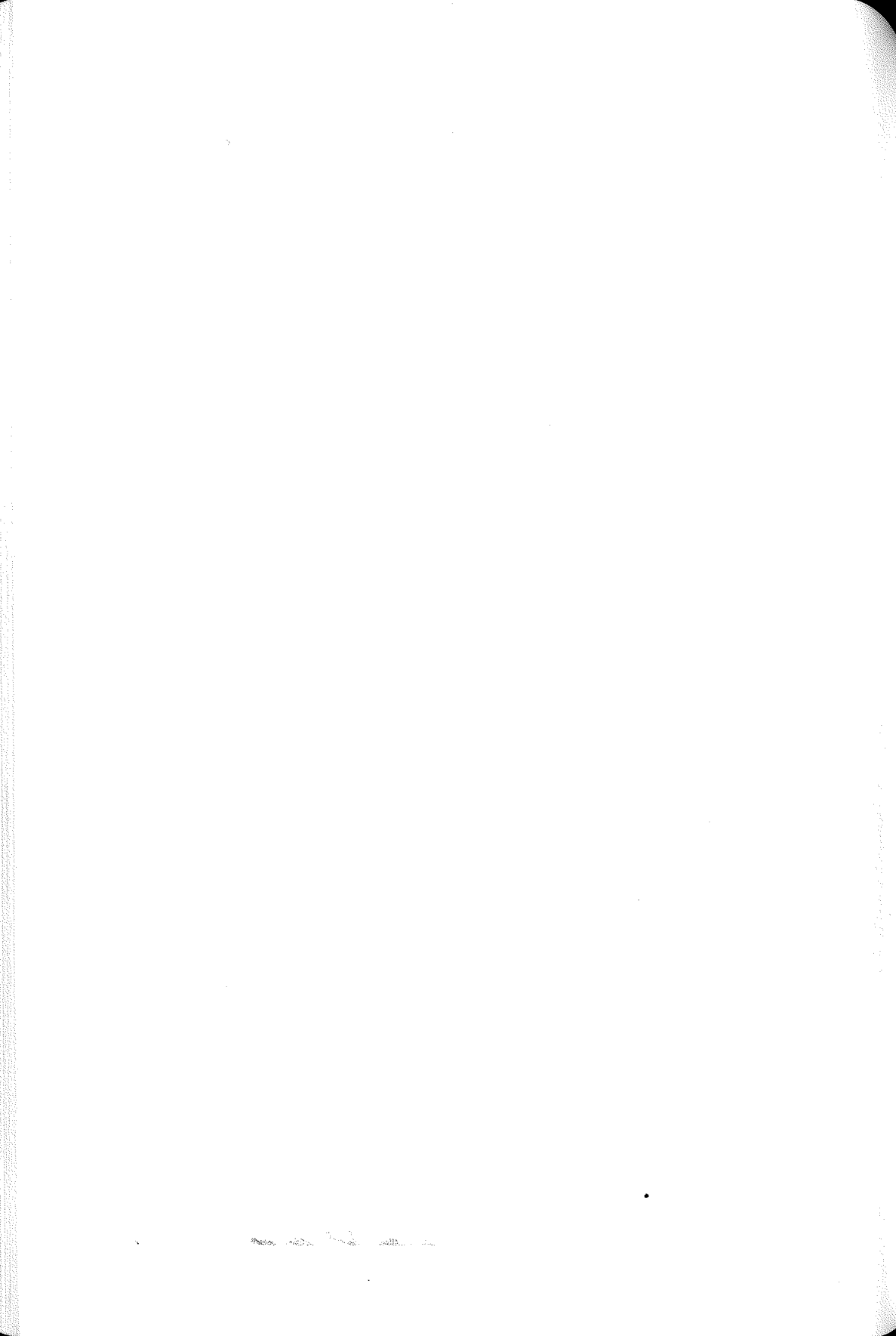
Heinz Zoebel - Ölhydraulik - Springer - Verlag 1963.

Hydraulic Handbook

Handbuch der Hydraulik - Vickers

Slavoljub Jovanović - Uljna hidraulika Beograd 1967.

Tehnički i prospektni materijal firme Vickers,
Hexroth, "14 Oktobar" itd.



A. Postnikov^x

NAUČNO-ISTRAŽIVAČKI ASPEKTI REZANJA DRVETA^{xx}

Principi obrade metala i principi obrade drveta, ili su slični, ili posve identični. Svi vidovi obrade metala primjenjuju se i pri obradi drveta. Drvo se samo ne može kaliti i kovati, ali se može obradivati plastičnom deformacijom, kao i metali. Razumije se da pri tome priroda materijala ima određeni uticaj na proces obrade. Osim toga, mnoge sličnosti postoje i u pogledu automatizacije proizvodnje, kao i u oblasti nekonvencionalnih tehnoloških procesa.

Iz ovih razloga svaki od 22 referata, odštampan u Zborniku, predstavlja određeni interes i sa gledišta tehnologije drveta. Obrnuto, sve što se istražuje u vezi sa obradom drveta može biti, u izvjesnoj mjeri, korisno i za proučavanje obrade metala. Ova konstatacija je podjednako važna kako za mašince-istraživača, tako i praktičara proizvodnog mašinstva. Jer, sasvim je jasno, da teoretski osnovi rezanja metala ili drveta, ili neke druge oblasti, otvaraju put ka sve boljoj i savršenijoj konstrukciji mašina i alata. Očigledno je da jedno bez drugog ne može da egzistira.

Normalno je da referati u Zborniku saopštenja tretiraju mahom probleme proizvodnog mašinstva, jer su, konačno, njemu i namijenjeni. Sa te tačke gledišta treba posmatrati i referat prof Hribara: "Sile na alatu za rezanje drveta". Ali ovaj referat, kao i dvije-tri konstatacije u referatu prof. Šolaje, u izvjesnom smislu, ipak potvrđuju sve što je naprijed rečeno. S te strane velika je zasluga prof. Šolaje što u svom referatu nije

x Aleksej Postnikov, dipl.ing., redovni profesor Mašinskog fakulteta u Sarajevu.

xx Saopštenje iz Mašinskog fakulteta u Sarajevu.

zaobišao rezanje drveta, a posebno prof. Hribara što svojim referatom pravilno ukazao na značaj problema rezanja drveta i za mašince proizvodnog smjera. Međutim, pregledom Zbornika može se stvoriti utisak da doprinos naučno-istraživačkog rada koji se obavlja u oblasti tehnologije drveta nije ni približno adekvatan doprinosu koji daju istraživači u oblasti obrade metala. Pošto to nije tako, želja nam je da tu prazninu bar djelimično popunimo podacima iz svjetske literature, koja nam stoji na raspolaganju u biblioteci Fakulteta i Zavoda za tehnologiju drveta u Sarajevu.

Koliko je poznato, počeci sistematskih istraživanja u oblasti rezanja različitih materijala, traženje odredjenih zakonomjernosti i postavljanje teorije rezanja uopšte, vezani su za nekoliko usamljenih imena i padaju u razdoblje od nekoliko dekada iz sredine prošlog stoljeća. Naime, u razdoblju od 1848. do 1868. godine moskovski profesor TIME je vršio istraživanja i na kraju objavio djelo pod naslovom: "Otpornost metala i drveta rezanju", sa podnaslovom "Teorija rezanja i njena primjena na mašine i alate". Prof. TIME je prvi uočio zavisnost između naprezanja rezanja i dimenzija strugotine, proučio proces stvaranja strugotine, utvrdio periodicitet te pojave i "ugao djelovanja" pri odvajanju elemenata strugotine. On je također uočio bitne razlike između metala i drveta kao organske nehomogene materije, te je ustanovio uticaj vlaknaste strukture drveta na pritisak kod tri tipična slučaja elementarnog rezanja - poprečnog, uzdužnog i tangencijalnog. Klasifikacija strugotina koju je razradio prof. TIME i danas važi u cijelom svijetu.

Međutim, iako je uočio pomenute osobenosti drveta, prof. TIME je ipak svvorio mehaničko-matematičku teoriju, prema kojoj su procesi rezanja istraživani na bazi čiste mehanike, vjerovatno zato što je bio mašinar po struci. Njegova teorija, kao takva, ignorisala je fizičko-mehanička svojstva materijala koji se obradjuje, a koji se ispoljavaju pri njegovoj plastičnoj deformaciji, pod uticajem različitih brzina i temperatura rezanja.

Istraživanja prof. TIME-a kasnije su nastavili akademik GADOLIN i profesori ZVORIKIN, AFANASJEV, BRIKS, a tridesetih godina ov-

og vijeka prof. Deševoj i neki drugi, ali na istoj bazi kao i prof. Time. No i pored toga ovakva istraživanja su bila dosta rijetka i nosila, manje-više, sporadičan karakter. Zato se može smatrati da je između pojave prvih radova i obnavljanja intenzivnih istraživanja postojao gotovo poluvjekovni vakuum. A kada su ova istraživanja ponovo otpočela, ona su krenula nešto drukčijim putevima.

Kako se razvijala tehnika, tako su se u mehaničkoj preradi drveta primjenjivane sve veće brzine rezanja. Pri tome su najveći značaj dobili takvi faktori kao što su: temperatura, brzina i otpornost reznog alata protiv habanja, u zavisnosti od vrste materijala koji se obrađuje. Zbog toga, za razjašnjenje fizičke suštine pojava, koje se dešavaju pri rezanju drveta, čista mehanika već nije bila dovoljna.

Teoretskim istraživanjima toplotnih pojava i fizičkim obrazloženjem stvaranja strugotine bavili su se nekoliko istraživača i na istoku i na zapadu. Već krajem treće dekade ovoga vijeka istraživanja u oblasti rezanja i metala i drveta postaju sve mnogobrojnija, prilazi problemima se sve više proširuju i produbljuju. Čitav niz eminentnih naučnika učestvuje u tom radu, kao što su Beršadski, Grube, Voskresenski, Manžos, Orlov, Jakunin, Ivanovski, Lapin i mnogo drugih na istoku, a na zapadu Saksenberg, Bobe, Brine, Bues, Petipa, Tunel, Kivimaa i dr.

Razumljivo je da su pomenuti naučnici prilazili problemima rezanja drveta sa različitih pozicija. Tako su samo u Sovjetskom Savezu nastale tri različite škole, tri različita metoda istraživanja. Mehaničko-matematički metod, kako je rečeno, osniva se, uglavnom, na zakonima otpornosti materijala. Ovu školu danas zastupa Voskresenski u Moskvi, kao nasljednik Time-a i direktni nasljednik Deševoj-a. Fizički pravac se osniva na istraživanju fizičke suštine pojava pri rezanju drveta. Njegov kreator je Ivanovski iz Lenjingrada. Fizičko-tehnološki metod je razradio Beršadski u Minsku. Prema njegovom stavu problemi rezanja drveta se posmatraju sa nešto šireg aspekta. Pri tome se uzimaju u obzir prvenstveno fizičke i tehnološke osobine samog procesa i materijala koji se obrađuje rezanjem.

Bilo je pokušaja da se ova tri metoda objedine u jedan, ali pristalice pojedinih pravaca nisu mogli da se slože u nekim bitnim postavkama.

Slična razjedinjenost vlada i na zapadu. Zbog toga je tamo bilo predloga da se sva istraživanja u cijelom svijetu vrše po jednoj jedinstvenoj metodologiji, primjenjujući samo jedan vid ili način rezanja, i to tokarenje. U tom slučaju eliminišu se udarni uticaji i stvaraju postojani uslovi pri promjeni brzine rezanja od 13,5 do 135 m/sek.

Jedan drugi zagovornik ideje o jedinstvenom metodu istraživanja bio je Rejnike iz Medisonske laboratorije u SAD. On je predložio da se razradi standardna metodologija istraživanja procesa rezanja drveta na dinamometričkom klatnom uredjaju. Rejnike je smatrao da bi se na taj način stvorila mogućnost objedinjavanja rezultata istraživanja obavljenih u različitim laboratorijama i tako bi se došlo do utvrđivanja opštih zakonitosti. Na žalost, i ovaj, u suštini vrlo konstruktivan predlog, nailazi na nepremostive teškoće, zbog toga što lokalne razlike kod iste vrste drveta, razlike u dimenzijama itd., mogu da imaju bitan uticaj na praktične preporuke i moraju biti uzete u obzir u svim nacionalnim standardima.

Na prelazu iz pete u šestu dekadu ovog vijeka naučna istraživanja u razvijenim zemljama bila su usmjerena, uglavnom, u tri sljedeća pravca: 1/ pokušaji da se sprovede duboka analiza same suštine rezanja drveta i proučavanje procesa stvaranja strugotine; 2/ iznalaženje efektivnih metoda za proučavanje trajnosti sječiva, pri čemu se detaljno proučava proces trošenja i tupljenja sječiva, i 3/ određivanje uslova koji obezbijedjuju povećanje radne sposobnosti reznog alata, konkretno pila. Ovo je samo u oblasti rezanja drveta. Ostale oblasti ovdje se ne spominju.

Problemi prve grupe mogli bi se obuhvatiti istraživanjima opštih pitanja rezanja. Tako je na Mičigenskom univerzitetu u SAD 1960. godine obavljeno istraživanje opštih osnovnih zakonomjernosti koje su zajedničke za različite vidove rezanja. Pri tome, proces rezanja je posmatran kao niz pojedinačnih radnji,

koje se sastoje od odvajanja strugotine /stadij a/, njenog raspadanja /stadij b/ i od njenog odstranjivanja. Stadij /a/ je opšti za sve procese rezanja, a stadij /b/ teče različito, u zavisnosti od vida rezanja. Pri proučavanju stadija /a/ izvanredno je važno prethodno riješiti pitanje pri kojoj brzini rezanja treba vršiti istraživanja. Usvajanje industrijskih brzina rezanja zahtijeva vrlo mnogo vremena i rada i skupo je. Ali, tada se postavlja pitanje da li je ispravno prenošenje laboratorijskih rezultata, dobijenih pri malim brzinama rezanja, na velike brzine. Postoje, naravno, i u tom pogledu različita mišljenja i različiti prilazi problemu. Na pr., Amerikanac Lubkin, na osnovu svojih istraživanja, zaključuje da brzina rezanja nema uticaja na silu rezanja.

Ivanovski tvrdi da elastična svojstva drveta rastu s povećanjem brzine rezanja, jer se pri tome povećava i brzina deformacije. Brzina kretanja elemenata strugotine /koji su izgubili međusobnu vezu izmjerena u njegovim ogledima, pri brzini rezanja od 20 m/sek, iznosila je 160% od brzine rezanja. Pri malim brzinama rezanja ovaj fenomen nije konstatovan.

Uolker i Voskresenski, nezavisno jedan od drugog, došli su do uvjerenja da brzina rezanja nema uticaja na veličinu sile rezanja, ali pozitivno utiče na čistoću, odnosno finoću površine obradjene rezanjem. Međutim, novija istraživanja različitih autora, izgleda da će dokazati suprotno, bar za naročito velike brzine rezanja.

Liska ističe uticaj brzine rezanja na fizička i mehanička svojstva drveta. Po njemu otpor sabijanja duž drvnih vlakana i otpor savijanja rastu za 8% sa svakim desetstrukim povećanjem brzine deformacije.

Po mišljenju Koh-a sila rezanja se povećava u zavisnosti od snage koja se troši na kinetičku energiju strugotine. Prema Koh-u sila rezanja se povećava za 5% pri povećanju brzine rezanja od 0 do 50 m/sek.

Početno smanjenje sile rezanja, sa porastom brzine rezanja, Tunnel tumači smanjenjem sile trenja u procesu rezanja, jer kod mnogih materijala koeficijent trenja se smanjuje sa povećanjem

brzine klizanja.

Prema Rajhelu smanjenje sile rezanja, sa povećanjem brzine rezanja, može biti izazvano povećanjem temperature do kojeg dolazi u procesu rezanja. Tako, po njemu, temperatura u zoni rezanja drveta može da bude 65°C . Tada sila rezanja može da se smanji za 40%, a to, u izvjesnoj mjeri, balansira porast sile rezanja izazvan povećanom brzinom deformacije.

Frojdental je predložio grafičku šemu koja prikazuje uzajamno djelovanje različitih faktora pri rezanju drveta.

Pitanjem uticaja brzine rezanja na sam proces rezanja naročito mnogo su se bavili Norman i Kivimaa. Međutim, njima se zamjera da su u svojim istraživanjima djelimično dopustili izvjesne metodološke greške. Zbog toga mnogo što-šta u toj oblasti ipak je ostalo nerazjašnjeno.

Āarden je ustanovio da su vidovi stvaranja strugotine, prilikom tokarenja drveta, uz brzine rezanja od 0,2 i od 0,9 mikrona u sek. s jedne strane i od 18 i 50 m/sek. s druge strane, potpuno jednaki.

Grube je detaljno proučavao smanjenje ugla rezanja pri očuvanom uglu oštrenja sječiva i druga svojstva sječiva određene konstrukcije.

Na proces rezanja veliki uticaj ima tupljenje sječiva. Teoretsku analizu ove pojave obavio je Voskresenski, ali ta analiza nije dobila završni oblik. Po njemu neznatno povećanje radijusa zaobljenosti oštrice sječiva produžuje fazu deformacije. Prema tome, poznavanje zakona deformacije je ključ za složena pitanja tupljenja oštrice sječiva.

U zadnje vrijeme razrada teorije rezanja drveta se bazira na do sada pomenutim rezultatima, ali uključuje i dva nova osnovna faktora: ćelijsku strukturu drvne materije, koja u znatnoj mjeri utiče na ponašanje drveta u zoni rezne oštrice, i drugo, da rezna oštrica nije nikad idealno oštra. U praksi radijus zaobljenosti tek naoštrene rezne oštrice iznosi 1,5 do 2 mikrona, dok se debljina zidova /stjenki/ ćelijica drveta kreće u granicama od 2 do 15 mikrona.

Istraživanje deformacije materije ćelijske strukture krutim klinom, kakvi oblik u suštini ima svako sječivo, vršili su mnogi autori, a nastavio ih je Mekenzi i objavio 1960.god. u svom radu pod naslovom: "Osnovne zakonitosti procesa rezanja drveta".

Proces presjecanja anizotropne materije ćelijske strukture klinastim sječivom suviše je složen i nijedan od poznatih metoda nije pogodan za njegovu analizu. Jedini put je izrada vještačkih proba, da bi se mogla pratiti eksperimentalnim posmatranjima priroda naprezanja, koja izazivaju razaranja u različitim zonama probe. Potrebno je ustanoviti vezu između sile rezanja i ovih naprezanja. Ovim problemom se bavio Voskresenski na principima mehanike.

U francuskom tehničkom centru za tropske šume krajem prošle dekade obavljeno je proučavanje procesa stvaranja strugotine pri piljenju drveta. Istraživanja ovakve vrste nailaze na cijeli niz teškoća, jer je proces piljenja - zatvoreni proces, koji se odvija pri znatnim brzinama rezanja. Osim toga, uslovi rezanja na mašinama različitog tipa također su različiti. U većini slučajeva vrlo je važno proučavanje kretanja strugotine /piljevine/. Zakoni ovog kretanja imaju naročiti značaj, jer oni određuju profil piljevine. Kinetičku energiju kretanja strugotine u medjuzublju preuzima sječivo, ali strugotina može da izgubi ovu energiju zbog trenja, ili da bude vraćena sječivu posredstvom udara o prednju površinu sječiva. Odnos vraćene energije i energije utrošene na trenje može da se reguliše promjenom profila medjuzublja, a i smjer sile inercije može korisno da se promjeni.

Pri proučavanju ovog procesa običnim posmatranjem, uz jako osvjetljenje dijela pile na izlasku iz drveta, mogu se prikupiti veoma skromni podaci. Uz pomoć savremenih stroboskopa moguće je postići da se zubi pile vide kao da su nepomični. Ali, tada i piljevina na izlasku iz propiljka izgleda također kao nepomična. Posmatranje ponašanja piljevine u takvim uslovima je i vrlo teško i malo korisno, jer je tada nemoguće pratiti proces stvaranja strugotine.

Zbog toga se prešlo na primjenu ultra-brze fotogradije. Time se bavio Šarden. Ali, najinteresantnije pojave dešavaju se u unutrašnjosti drveta, pa se za njihovo registrovanje mora pr-
ibjeći ultrabrzoj kinoradiografiji. Medjutim, u sadašnjoj et-
api tehničkog razvitka ovaj metod je veoma teško ostvarljiv.

Beršadski je proučavao proces stvaranja strugotine pri pilje-
nju drveta pomoću rentgenskog snimanja.

Ivanovski ovaj problem pokušava da riješi primjenom kinosni-
manja sa upotrebom rastera. Pri tome on je uspio da dobije
500.000 snimaka u sek., a 1966. god. on je već radio na ure-
daju za dobijanje 1 do 2 miliona snimaka u sek.

Ultrabrzo kino-snimanje zahtijeva primjenu izvora svjetlosti
sa vrlo kratkim periodima osvjetljenja. U Švedskoj se široko
primjenjuje metod kinosnimanja u prolaznoj svjetlosti, što
znači da se objekt posmatranja postavlja izmedju izvora svje-
tlosti i kino-aparata. Bolji je drugi metod, kod kojeg se sni-
manje vrši u reflektovanoj, odnosno odbijenoj svjetlosti, tj.
kada se i kamera i izvor svjetlosti nalaze s jedne strane ob-
jekta koji se posmatra. Ali za ovo je potreban još jači izvor
svjetlosti. Ovaj metod, sa različitim modifikacijama, mnogo
se primjenjuje u Francuskoj, Švedskoj, SAD i dr. zemljama.

U svrhu proučavanja procesa stvaranja strugotine iskoriste-
na je i fotografija u boji, ali za to su potrebne super-osje-
tljive emulzije, kojih nema. U crno-bijeloj tehnici takve em-
ulzije postoje, ali fotografisanje u boji ima niz preimućsta-
va i zato se ono ipak primjenjuje, samo sa znatno većim inte-
nзитетом osvjetljavanja objekta, smještenog izmedju ploča od
pleksiglasa. Jačina osvjetljenja u ovom slučaju mora biti čak
8 puta veća od intenziteta dovoljnog za snimanje u crno-bije-
loj tehnici. Primjenjujući ovaj metod Šarden je upotrijebio
probe od različito obojenih pločica drveta slijepljenih sa bo-
čnih strana.

Šarden je utvrdio da je sila potrebna za odvajanje drvnih vla-
kanaca veća od svake sile kojoj mogu da se odupru bez razara-
nja savremeni materijali od kojih se prave rezni alati. Zato

je neophodno osvijetliti pojave koje se dešavaju u zoni prodiranja rezne oštrice kroz drvenu masu. U tom cilju Šarden je izvršio analizu bočnih pritisaka na strugotinu, koja se skida uskim sječivom, i razradio metod njihovog određivanja bez neposrednog mjerenja.

Rejneke je proučavao šemu procesa odvajanja drvnih vlakana u slučaju kada je ravan rezanja upravna na smjer drvnih vlakana.

Ovo je tek jedan dio radova objavljenih u posljednje vrijeme. Medjutim, i to je dovoljno da se uvidi razmah istraživanja u oblasti rezanja drveta u svim zemljama, gdje za to ima potrebe.

Prije dvije godine u Zavodu za tehnologiju drveta, čiji je suosnivač Mašinski fakultet u Sarajevu, konstruisan je laboratorijski uređaj za ispitivanje sile rezanja pomoću zuba-modela različitog oblika. Zub-model je pričvršćen na utegu koji pada na drvo sa određene visine. Na ovaj način, nadamo se, da ćemo moći utvrditi veličinu udarne sile, odnosno trenutne sile rezanja, čije poznavanje je izvanredno važno pri konstruisanju reznog alata. Odlučili smo se za takav način ispitivanja iz više razloga. Prije svega zato što istraživanja na mašinama zahitjeva mnogo vremena, jer kod svakog tipa mašina uslovi rezanja su drukčiji, pa prema tome su drukčije i sile rezanja. Samim tim ovaj način istraživanja postaje skup. Drugo, istraživanje u proizvodnim uslovima ne daje nikakve garancije da će se dobiti koliko-toliko tačni rezultati. Najzad, vrlo je teško izlučiti izvjesne prikrivene faktore koji utiču na silu rezanja, a koji mogu biti stalni, ili nositi sasvim slučajan karakter.

Za određivanje veličine sile upotrijebili smo dinamometar sa oktogonalnim prstenom na koji su pričvršćeni tenzometri. Naime kao što je poznato, postoje tri različita tipa dinamometara za ovu svrhu: 1/ sa konzolom kao elastičnim elementom, 2/ sa torzionom osovinom i 3/ sa okruglim ili oktogonalnim prstenovima, odnosno šupljim cilindrima. Pri tome, kod trećeg tipa sila djeluje ili neposredno na prsten, ili na ploču koja počiva na je-

dnom ili više prstenova, odnosno cilindera. Prema Klarku iz Melburna - Australija, prvi i drugi tip dinamometra, kao i treći tip sa jednim prstenom, smatraju se prikladnim za mjerenje sila koje djeluju samo u dva smjera. Dinamometre ove vrste detaljno su opisali Loven, Maršal i Šo i Per i Lesner, dok su opšti tip dinamometra treće vrste opisali Kuk, Loven i Šo i Kenigsberger, Marvaha i Šoberval, kao i drugi autori.

Mi smo se opredijelili za treći tip dinamometra smatrajući da je on pogodniji i da su njegove mogućnosti šire. Vjerovatno je da i prof. Hribar u svojim istraživanjima, iz istih razloga, prihvatio takodje ovaj tip dinamometra.

Što se tiče piljenja drveta, kao jednog od vidova rezanja, treba konstatovati da ono ni lo današnjeg dana nije kompleksno proučeno, mada je najstariji rad iz te oblasti, koliko je poznato, objavio Ueler još 1756. godine.

Palić i Dzjobek istraživali su 1959. god. rezanje drveta na horizontalnoj tračnoj pili za trupce. Pri tome se potvrdila konstatacija Tunel-a, Grube-a i dr. da se strugotina u pazuhu zuba raspoređuje neravnomjerno. Zbog toga se obično operiše sa srednjim veličinama rasporeda strugotine, a to je očigledno nedovoljno, jer proces razmještanja strugotine u pazuhu vrši znatan uticaj na veličinu sila i na stabilnost pilne trake na točkovima.

Brzina pomaka drveta utiče na snagu rezanja na različite načine, u zavisnosti od brzine rezanja. Naglo povećanje snage naročite je primjetno pri brzinama rezanja od 19,5 do 25 m/sek. Kao opšta zakonitost utvrđen je porast sile pomaka sa porastom visine rezanja.

Veza između veličine pomaka drveta i angažovane snage pri njegovom rezanju proučavana je i u našem Zavodu za tehnologiju drveta, kao i u diplomskim radovima nekih naših studenata.

Iz svega što je ovdje rečeno vidi se da su istraživanja u oblasti rezanja uopšte, a posebno rezanja drveta, izvanredno složena i vrlo raznolika. Čitav niz drugih disciplina angažuju se u ovim istraživanjima. Prema tome, niko više ne može da smatra

istraživanja u oblasti rezanja nekom vrstom "lar pur lar-a" i ko te ne shvata ne može da se davi konstrukcijom mašina. a pogotovo ne konstrukcijom alata,

Ovdje je bilo govora samo o problemima rezanja. Medjutim, za tehnologa-drvarca ništa manje interesantni su i problemi automatizacije proizvodnje. U toj oblasti takodje je mnogo radjeno, uradjeno i objavljeno. Istraživači i konstruktori u domenu drvne industrije stvorili su pojedine automate i čitave automatizirane linije, koje se već sa uspjehom primjenjuju u praksi.

U oblasti nekonvencionalnih tehnoloških procesa istražuje se rezanje drveta bez strugotine, pomoću vibrirajućeg noža. Primjenjuju se bolometri za mjerenje temperature visokoturažnog alata u procesu rezanja kakvi se ugrađuju u satelite. Ima pokušaja da se nadje i primjena lasera, ultrazvuka i drugih tehničkih dostignuća. O svemu tom je nemoguće govoriti u kraćem saopštenju.

L I T E R A T U R A

1. Manžos F.M. - Rezanje drevesiny. Mašinstroenie, t. 9, Moskva, 1950.
2. Rejneke L. - Santeeth in action. Proč.For. Prod. Res. Soc. 4, 1950.
3. Sugihara, Ilikoichi - Untersuchungen über die am Bandsägeblatt Wirksamen Kräfte. "Internationaler Holzmarkt" N^o 10, 1955.
4. Voskresenskij S.A. - Reanie drevesiny. Moskva - Lenjingrad, 1955.
5. Beršadskij A.L. - Rezanje drevesiny. Moskva - Lenjingrad, 1956.
6. Iliščan Josef - Rezanje dreva. Bratislava, 1956.

7. Orlicz Tadeusz - Podstawy obróbki drewna skrawaniem. Mechanik, t.III. cz.3, Warszawa, 1956.
8. Grube A.E. - Derevorežuščie instrumenty. Moskva - Lenjingrad, 1958.
9. Norman F. - An analysis of the woodcutting process. University of Michigan Press, 1958.
10. Thunell B. - Schnittkraftbestimmung bei der Holzbearbeitung. "Holz als Roh- und Werkstoff", N^o 16, 1958.
11. Chardin A. - Utilisation du pendule dynamometrique dans les recherches sur le sciage des bois. "Revue Bois et Forets Tropiques". N^o 58, 1958.
12. Chardin Á. - L'Etude du Sciage par Photographie Ultra-Rapide. "Bois et Forets des Tropique, 51:40, 1957.
13. Ivanovskij E.G. - Stanki i instrumenty po mehaničeskoj obrabotke drevesiny. Lenjingrad, 1959.
14. Kivimaa E. - The cutting force in woodworking. State Institute for Technical Research, Helsinki, Publ. N^o 18, 1950.
15. Klem G., Karlsen O. - Sammenlignende skurforsk mellom sirkelsagblad med viggete og stukkete tenner. Norsk Treteknisk, Institutt, Meddelelse, N^o 2.
16. Antoine R. - Influence de la vitesse de passage de l'outil le travail spécifique et sur le desaffutage des dent dans les scies à bois. "Reveu du bois et de ses applications", N^o 3, 1956.

17. Endersby H.I. - The blunting of wood - cutting edges. Forest Products Research Her Majesty's Stationary Office London, 1956.
18. Kalitzin G.St. - Erwärmung und Wärmesspannungen des Kressägeblattes. Holzindustrie, N^o 11, 1956.
19. Keineke L. - Motion energy of wood particles. Forest Prod. Jour., 6 /12/, 507, 1956.
20. Thunell B. - Nyare rön vid undersökningar av skärande bearbetning av trä. Svenska Träforskningsinstitutet, Trätekniska Avd., Meddelande 14 B.
21. Lubkin J.L. - A status report on research in the circular sawing of wood. Volume 1. Cent. Res. Lab. Amer. Mach. and Foundry Co Stamford, Conn, 1957.
22. Malcolm F.B. - Why blame the saw?. Sothern Lumberman, 1957.
23. Walker K.J.S. - Cutting speed and cutting forces. Some research at the Forest Prod. Research Laboratory. Wood /U.K./ 22; 371, 1957.
24. Kotesoves V. - Rezani umeych desek pilovymi koutouci, a beitovymi destickami ze slinutych kabidu. Drevarsky vyskum, Rocknik, 5, cislo 1,2, 1960.
25. Mekenzie.W.M. - Fundamental aspects of the wood cutting process. For.Prod.Jour. 10 /9/, 1960.

26. Goodson A.E. - The effect of prekompression od the static and impact bending strength of wood. Wood, Jan., 1961.
27. Green A.E. - Stress system in aelotropic plates. II. Proc. Roy. Soc. A. 173:173.
28. Kosyra St. - Konstrukcija i zastosowanie pil tarczowych z ptykame z weglikow spickanych w przemysle drzewnym. Przemysl Drzewny, N^o 10, 1961.
29. Alekseev A.V. - Obzor sovremennyh konstrukcij derevorežuščego instrumenta. Lenjingrad, 1960.
30. Beršadskij A.L. - Spravočnik po rasčetu režimov rezanija drevesiny. Moskva, 1962.
31. Palitzsch G., Dziobek K. - Internationaler Stand der Forschung auf dem Gebiet des Sägens. Holz als Roh-und Wërstoff, N^o10, 1962.
32. Chardin A. - Le stellitage des lames de sci- es à ruban. Bois et Forêts des Tropiques N^o 50, Paris, 1956.
33. Chardin A., Froidure J. - L'utilisation des lames de sci- es à dents stellitees. Bois et Forêts des Tropiques N^o 85, Psris, 1962.
34. Clarke L.N. - A New Dynamometer for Measuring Cutting Forces in Three Dimensi- ons. Melbourne, 1963.
35. Dem'janovskij K.J. - Šlifoval'nye krugi i režimy za- toki ramnyh pil. Derevoob. prom., N^o 8, 1965.

36. Postnikov A. - Komparativno ispitivanje gaterskih pila sa razmetnutim i stlačenim zubbima. Pregled, N^o 2-3, Sarajevo, 1966.
37. Hasdan S.M., Jarrema G.S. - Mehaničeskaja obratotka drevesiny za rubežom. Moskva, 1963.
38. Gvozdauskas, Kostrikov - Nekotorye voprosy eksperimental'nogo opredelenija naprjaženija rezanija pri zakrytom rezanii drevesiny. Materialy naučno-teh. konferenc., III, Lenjingrad, 1966.
39. Alekseev A.V. - O prostom i složnom rezanii drevesiny. Mater. nauč. teh. konf., III, Lenjingrad, 1966.
40. Ivanovskij E.G. - O vlijanii skorosti dviženija rezaca na proces rezanija drevesiny. Mater. nauč. - teh. konfer., N^o III, 1966.
41. Palitzsch G., Rowinski B. - Schwingungsverhalten von Kreissägeblättern, Zweite Mitteilung: Ermittlung und Auswirkungen der kritischen Drehzahlen und eigenfrequenzen der Sägeblätter. Holz als Roh- und Werkstoff, vol 24, N^o 8, 1966.
42. Schmutzler W. - Zur Fliehraftprüfung von Werkzeugen mit ultrahohen Drehzahlen. Holz als R.u.W., vol. 24, N^o 8, 1966.
43. Jones D.S., Howkins B.T., McArthur E. - Experimental analysis of saw tooth stress and deflection. F.P.J. vol. 16, N^o 11, 1966.
44. Wernwr H. - Zahnarme Kreissägeblätter als Lärmschutz. Holz-industrie, vol. 19, N^o 12, 1966.

45. Werner H. - Das Hartmetall-Kreissägeblatt. Einsatz I, II, III K.D.T., Leipzig.
46. McKenzie W.M. - Effects of edge bluntness in the cutting of wood. C.S.I.R.O. Melbourne, For.Prod.Jour., vol.17, N^o 4, 1967.
47. McKenzie W.M. - Friction in wood cutting. For.Prod. Jour. vol. 17, N^o 11, 1967.
48. Grube A.E.,
Sanev V.I.,
Paškov V.K. - Avtomatičeskoe regulirovanie temperaturnyh naprjaženij v diskovyh pilah. Derevoob. prom., N^o 8, 1967.
49. Manžos F.M.,
Gindin M.N. - O vybore optimal'noj dliny kontakta škurki s izdeliem pri lentočnom šlifovanii. Derevoob.prom., N^o :, 1967.
50. Zaharenko, I.P.,
Fedoseev L.A.,
Gamanjuk M.P. - Obrabotka almaznymi krugami derevo-režuščih nožej, osnaščennyh platinami tverdogo metala. Derevoob. prom. N^o 3, 1967.
51. Zajcev N.A.,
Smolin M.D. - Ob iznose diskovyh pil pri raspi-
lovke drevesnostružečnyh plit.
Derevoob. prom. N^o 2, 1967.
52. Zavojskih G.I. - Sila rezanija v diskovoj rubil'noj mašine. Derevoob.prom. N^o 4, 1967.
53. Dogaru V. - Cu privire la valorile unghiulare ale dintilor pînzelor de feràstrâu panglicà la tâierea lemnului da fag. Industria lemnului 13 /9/, IX, Bukurešt, 1967.

54. Grigorov P. - Vlijanie na skorostta na rjazane v"rhu specifičnata rabota na rjazanje pri diskovite nasičašči mašini i kačestvenite pokazateli na tehnologičnite treski. Naučni trudovi, ser. Mehan. tehnolog. drv. t.XV, Sofija, 1967.
55. Mateev A. - Vlijanie na njakoi faktori v"rhu specifičното s"protivlenie pri belene na d"zvenite materiali. Gorskostopanska nauka, N^o 4, 1967.
56. Radu A. - Cinematica si dinamica prelucrării lemnului prin burghire. Industria lemnului 18 /8/, VIII, Bukurešt, 1967.
57. Szostak M., Bonkowski S. - Ustalenie optymalnych warunków skrawania przy produkcji wiórów z drewna olszy czarnej. Prace instytutu technologii drewna, XIV, N^o 2 /42/, Poznan, 1967.

IV SAVJETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA, SARAJEVO, 1968

A. Razinger^{x/}

NERJAVEČA JEKLA ZA OBDELAVO NA AVTOMATIH^{xx}

Z oznako nerjaveča jekla označujemo grupo visokolegiranih jekel z minimalno vsebnostjo kroma 11,5 % z dodatkom ostalih legiranih elementov ali brez njih. Ta minimalna vsebnost kroma daje jeklom osnovno korozijsko obstojnost, ki narašča z večanjem vsebnosti kroma in dodatki niklja ter molibdena. Korozijska obstojnost je torej osnovna lastnost nerjavečih jekel. Uporabnost nerjavečih jekel je pogojena tudi z njihovimi mehanskimi lastnostmi, sposobnostjo utrjevanja ter plastičnostjo jekla. V slučaju, ko se jeklo obdeluje na obdelovalnih strojih z odrezovanjem, pa nastopi kot odločujoči faktor tudi sposobnost jekla za obdelavo.

Z odrezovanjem je mogoče obdelovati vse vrste nerjavečih jekel, vendar pa je večina le-teh slabo obdelovalna in se jekla lahko obdelujejo pri ekonomskih hitrostih rezanja, ki so manjše od 30 m/min. /Slika 1/

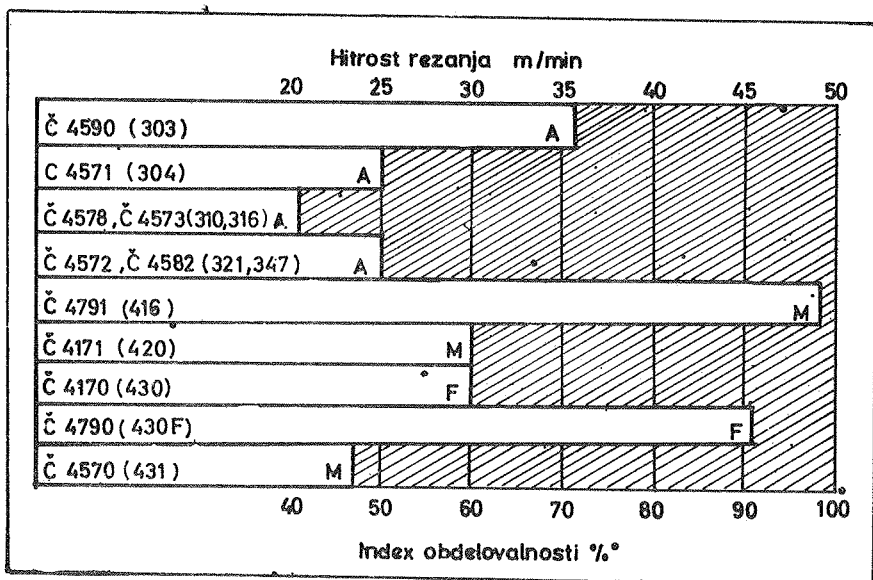
Smisel razvoja avtomatskih variant nerjavečih jekel je torej v tem, da se s poboljšanjem obdelovalnosti sicer slabo obdelovalnih jekel, poceni obdelava strojnih delov, ki morajo biti zaradi zahtev po dobri korozijski obstojnosti iz nerjavečega jekla.

Obdelovalnost nerjavečih jekel poboljšamc z dodatkom t.i. avtomatskih dodatkov, predvsem žvepla in selen. Ti elementi poboljšajo obdelovalnost jekla s tem, da tvorijo nemetalne vključke, sulfide, selenide, ki zmanjšujejo trenje pri rezanju in tvorijo krhke lahko lomljive ostružke. Na splošno velja, da se zaradi avtomatskih dodatkov poslabša korozijska obstojnost, mehanske lastnosti v prečni smeri ter sposobnost jekla za preoblikovanje.

.....č.....

^{x/} Razinger Anton, dipl.ing. met. strokovni sodelavec Raziskovalnega oddelka Železarne Jesenice.

^{xx/} Poročilo iz Raziskovalnega oddelka Železarne Jesenice.



Slika 1 Primerjava obdelovalnosti standardnih vrst nerjavečih jekel avtomatske variante so bile razvite v vsaki grupi nerjavečih jekel, zato tudi v tem primeru klasifikacija jekel temelji na obliki mikrostrukture in kemični sestavi jekla. Poznamo torej Cr-Ni avstenitna ter Cr feritna in martenzitna nerjaveča jekla za obdelavo na avtomatih.

Obdelovalnost nerjavečih jekel za obdelavo na avtomatih določa:

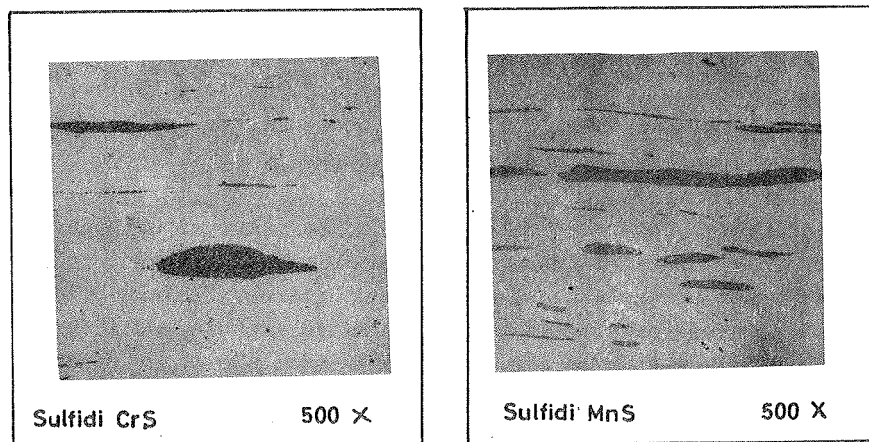
- količina, kemične in fizikalne lastnosti nemetalnih vključkov
- način izdelave in predelave jekla.

Način, kako doseči optimalno obdelovalnost, je za posamezne tipe jekel različen. Skupne vsem tipom pa so zahteve, ki jih postavljamo nemetalnim vključkom, ki imajo na poboljšanje obdelovalnosti značilen vpliv. Te zahteve pa so:

- pravilna sestava sulfidnih vključkov
- enakomerna porazdelitev le-te po preseku
- nizka vsebnost abrazivnih oksidnih nemetalnih vključkov.

Obraunavane vrste jekla vsebujejo tri glavne elemente, ki tvorijo sulfide; železo, krom, mangan. Tip sulfida, ki se razvije je odvisen od kompleksnega odnosa med temi elementi v jeklu ter

njihove sulfidotvornosti. Ugotovljeno je bilo, da je za lastnosti sulfidov pri teh jeklih odločilno razmerje Mn:S v jeklu. /sl.2.



Slika 2. Sulfidni vključki v nerjavečih jeklih

Sulfidni vključki v jeklih z nizkim razmerjem Mn : S < 3 so bogati na kromu in so večfazni. Žveplo, ki je vezano kot kromov sulfid na obdelovalnost nima ugodnega vpliva, kajti kromov sulfid je trd /trdota 300 - 450 HB/ in deluje pri rezanju abrazivno podobno kot oksidi.

Šele, če je razmerje Mn:S > 4 imajo rezultirajoči sulfidni vključki sestavo in kristalografsko strukturo manganovega sulfida, ki vpliva ugodno na poboljšanje obdelovalnosti jekla. Čisti manganov sulfid je mehak /trdota cca 150 HB/ , prostorsko centrirana kubična mreža, kateri pripada manganov sulfid je zelo duktilna in ima ugoden vpliv na obdelovalnost, ker zmanjšuje abrazijo ter strižne napetosti pri rezanju.

Pozkusi so pokazali, da je mogoča zelo enostavna identifikacija kemičnih karakteristik sulfidnih vključkov v nerjavečih jeklih za obdelavo na avtomatih, že z enostavnim Baumannovim odtisom. Jekla, v katerih prevladujejo kromovi sulfidi, ki ne prispevajo k boljši obdelovalnosti, pri Baumannovem preizkusu ne reagirajo. Nasprotno, pa dobimo pri jeklih, kjer prevladujejo vključki manganovega sulfida, ki imajo ugoden vpliv na obdelovalnost, zelo intenzivne odtise.

Stalni spremljevalci nerjavečih jekel za obdelavo na avtomatih so tudi oksidni nemetalni vključki, ki se formirajo med taljenjem in vlivanjem jekla. Sestava oksidnih nemetalnih vključkov je odvisna od vsebnosti kroma, mangana in silicija v jeklu, če pa je bil dodan aluminij, pa tudi od vsebnosti aluminija. Za obdelovalnost jekel so najbolj škodljivi oksidni vključki sestave Al_2O_3 ter vsi nemetalni vključki eksogene narave, manj škodljivi pa so kompleksni oksidi kroma, mangana in silicija.

Žveplo je najbolj uporaben avtomatski dodatek, ker ni strupeno in je poceni. V zadnjem času pa se kljub visoki ceni vedno bolj uveljavlja kot avtomatski dodatek selen. Prednosti selena pred žveplom se kažejo predvsem v boljši korozijski obstojnosti ter sposobnosti jekel za vročo in hladno predelavo. To pa so prednosti zaradi katerih se zelo razširja območje uporabnosti nerjavečih jekel za obdelavo na avtomatih tudi za najzahtevnejše namene.

Žveplo in selen imata podoben vpliv na obdelovalnost jekel, pri tem kažejo jekla z žveplom večjo vzdržnost rezalnih nožev, jekla s selenom pa dajejo boljšo površino obdelovancev.

Krom-nikljeva nerjaveča jekla za obdelavo na avtomatih

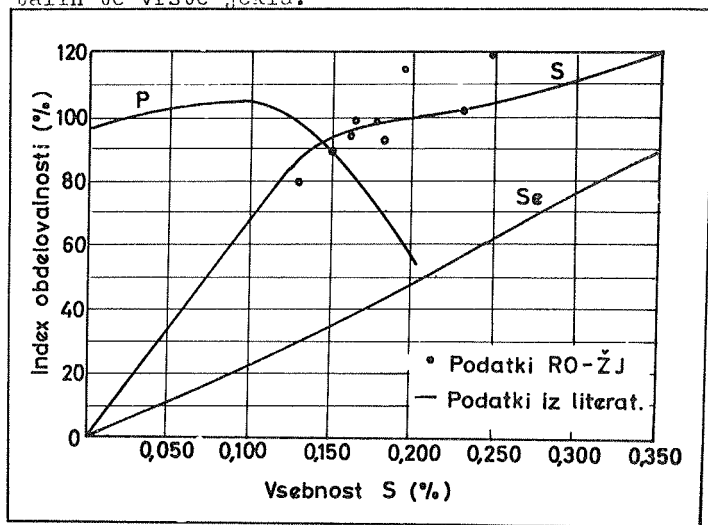
Cr-Ni jekla za obdelavo na avtomatih so izvedena iz standardnega kislinoodpornega jekla tipa 18/8 /Č 4571/. V gašenem stanju imajo avstenitno strukturo in so nemagnetna.

Poznamo tri modifikacije te vrste jekla: a/ standardno jeklo z žveplom, b/ jeklo s selenom, c/ super obdelovalno jeklo.

Ad a/ Najbolj razširjena je standardna modifikacija, ki predstavlja kompromis med dobro obdelovalnostjo in dobro korozijsko obstojnostjo jekla. Za poboljšanje obdelovalnosti se pri tej modifikaciji dodaja žveplo. /Slika 3/

Preiskave obdelovalnosti so pokazale, da dosežemo zaželeni nivo že pri vsebnosti žvepla 0.150 % ter da do vsebnosti žvepla 0.250 % obdelovalnost jekla bistveno ne narašča. Tak potek križulje je izrednega pomena za korozijsko obstojnost jekla, saj

vemo, da se le-ta slabša z naraščanjem vsebnosti žvepla v jeklu. V tem območju žvepla dosežemo tudi enakomerno obdelovalnost različnih talin te vrste jekla.



Slika 3. Vpliv S, Se in P na obdelovalnost avstenitnega jekla za obdelavo na avtomatih.

Preiskave korozijske obstojnosti so pokazale, da je korozijska obstojnost te vrste jekla z vsebnostjo žvepla v območju 0.150 - 0.200 % le rahlo nižja, v večini korozijskih medijev pa enaka kot pri jeklih z normalno vsebnostjo žvepla.

Jekla se navadno dobavljajo v gašenem stanju, luščenjem ali brušenjem, kajti pokazalo se je, da hladna predelava z vlečenjem nima vpliva na obdelovalnost te vrste jekla.

Značilna kemična sestava, mehanske lastnosti ter najbolj ugodni pogoji rezanja za to modifikacijo jekla so podani na tabeli 1.

Domače jeklo v tej skupini nosi oznako Č 4590 in je popolnoma enakovredno tujim sorodnim jeklom.

Ad b/ Če v standardni modifikaciji jekla zamenjamo žveplo s selenom, dobimo modifikacijo jekla s selenom, ki ima rahlo nižjo obdelovalnost kot jekla z žveplom, zato pa enake korozijske lastnosti in plastičnost kot Cr-Ni nerjaveča jekla brez avtomatskih dodatkov. Kljub drugačnemu poteku

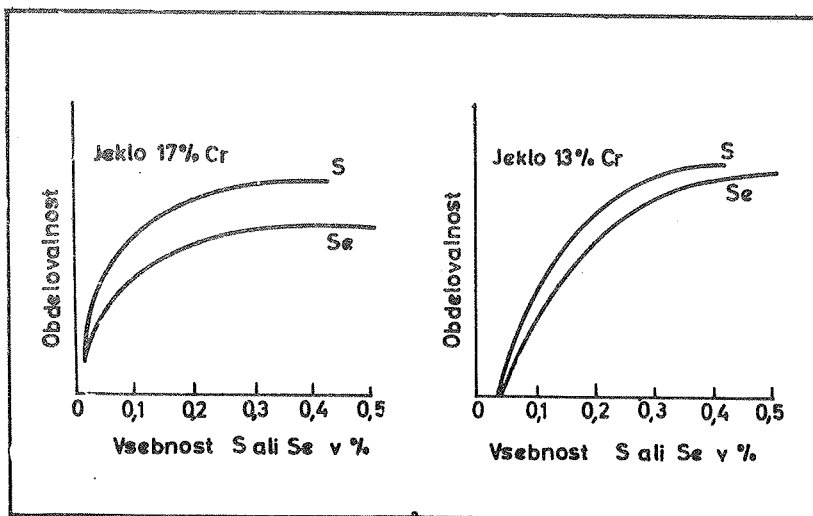
krivulje za selen, se vsebnost selena v teh jeklih štiblje v istih mejah kot vsebnost žvepla pri standardni modifikaciji. Ta vrsta jekla pri nas se ni osvojena, trudimo pa se, da bi jo čim prej osvojili.

Ad c/ Nadaljnje povečanje obdelovalnosti te vrste jekla gre na račun poslabšanja korozijske obstojnosti ter plastičnih lastnosti jekla. Osnova super obdelovalnih avtomatskih avstenitnih jekel so visoke vsebnosti avtomatskih dodatkov žvepla, fosforja in svinca. Izdelava ter predelava te modifikacije jekla je povezana z velikimi težavami, zato je cena teh jekel zelo visoka.

Kromova nerjaveča jekla za obdelavo na avtomatih

Obdelovalnost kromovih nerjavečih jekel za obdelavo na avtomatih je odvisna od kemične sestave ter načina predelave jekla. Ugotovljeni so bili naslednjih vplivi kemične sestave in predelave na obdelovalnosti jekla:

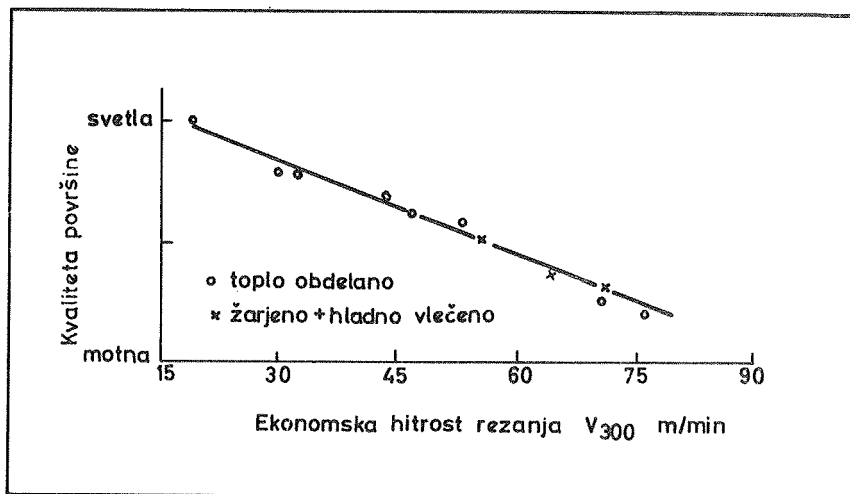
- 1/ Obdelovalnost jekla narašča z večanjem vsebnosti žvepla ali selena do vsebnosti 0,35 %. Nad to mejo povečana vsebnost avtomatskih dodatkov nima močnejšega vpliva, le oblika ostružkov je ugodnejša. Žveplo je bolj učinkovito kot selen./Slika 4 /



Slika 4. Vpliv avtomatskih dodatkov S in Se na obdelovalnost Cr nerjavečih jekel

Pokazalo se je tudi, da povišane vsebnost fosforja in svinca pri teh jeklih nima večjega vpliva na obdelovalnost.

b/ Poleg avtomatskih dodatkov ima na obdelovalnost Cr jekel največji vpliv trdota jekla. Na splošno velja, da dobimo pri rezanju jekla z nizko trdoto višjo vzdržnost rezalnih nožev, pri jeklih z visoko trdoto pa boljšo površino obdelovancev.
/Slika 5./



Slika 5. Soodvisnost osnovnih kriterijev obdelovalnosti kromovih jekel za obdelavo na avtomatih.

Vzdržnost rezalnih nožev in kvaliteta površine obdelovancev sta si torej pri teh jeklih nasprotujoči zahtevi. V konkretnem primeru uporabe teh jekel je potreben kompromis med zaželeno kvaliteto površine ter optimalno vzdržnostjo rezalnih nožev.

Tako dosežemo zaželeno trdoto ali s hladno predelavo ali pa sboljšanjem je za obdelovalnost jekla vseeno. Navadno se ta jekla izdobavljajo v mejah trdote 180 - 240 HB, če pa je zahteva po dobri kvaliteti površine obdelovancev prevladujoča, pa v območju trdote 270 - 310 HB.

Z ozirom na vsebnost ogljika in kroma v teh jeklih ločimo dva tipa kromovih nerjavečih jekel za obdelavo na avtomatih - feritna in martenzitna.

a/ Feritna nerjaveča jekla za obdelavo na avtomatih

Ta jekla so avtomatska varianta nerjavečega jekla z vsebnostjo 16 - 18 % Cr. Imajo feritno strukturo z enakomerno vloženiimi sulfidnimi ali selenidnimi vključki, so magnetna v vseh stanjih in jih s toplotno obdelavo ni mogoče utrditi. Od vseh standardnih variant nerjavečih jekel za obdelavo na avtomatih ima ta vrsta najboljšo obdelovalnost. Najboljšo obdelovalnost ima to jeklo v žarjenem in vlečenem stanju.

Kljub visoki vsebnosti avtomatskih dodatkov ima jeklo dobro korozijsko obstojnost in se ga lahko uporablja povsod tam, kjer je zaželena odpornost jekla pred vplivom atmosferilij, predvsem v industriji precizne mehanike.

Naša metalurška industrija ima v svojem proizvodnem programu iz te grupe jeklo Č 4790 /avtomatski dodatek S/. Značilna analiza te vrste jekla, mehanske lastnosti v hladno vlečenem stanju ter najbolj ugodne rezilne hitrosti so podane v tabeli 1.

Modifikacija kromovega nerjavečega jekla za obdelavo na avtomatih, s selenom kot avtomatskim dodatkom, ima vse že zgoraj omenjene prednosti in slabosti ter je zaenkrat pri nas osvojena le v laboratorijskem merilu.

b/ Martenzitna nerjaveča jekla za obdelavo na avtomatih

Jekla spadajo v grupo martenzitnih nerjavečih jekel z vsebnostjo 12 - 14 % Cr. So magnetna v vseh stanjih in jih je mogoče s toplotno obdelavo utrditi. Zato se uporabljajo povsod tam, kjer je zaželena visoka trdota, dobra obdelovalnost in nerjavnost jekla /n.pr. deli črpalk, ventilov, zobate letve i.pd./. Zaradi avtomatskih dodatkov imajo ta jekla slabšo korozijsko obstojnost kot enaka martenzitna jekla brez avtomatskih dodatkov. Široko postavljene mejeza kemično analizo jekla ter sposobnost jekla za poboljšanje omogočajo izdelavo večjega števila različnih modifikacij te vrste jekla, da bi s tem dosegli v praksi optimalno obnašanje jekla v specifičnih pogojih uporabe. Značilnosti posameznih modifikacij martenzitnega nerjavečega jekla za obdelavo na avtomatih so razvidne iz tabele 2.

	Obdelavno jeklo	Super obdelavno jeklo	Kovno jeklo	Dobro prekaljivo jeklo	Jeklo za hladno preoblikov.
Avtomatski dodatek	max. 0,300 % S	max. 0,350 % S	max. 0,200 % S	max. 0,250 % S	min. 0,150 % S
Obdelovalnost	zelo dobra	odlična	nizka	dobra	nizka
Prekaljivost	35Rc min.	relat. slaba	39Rc min.	39Rc min.	35Rc min.
Kovnost	slaba	zelo slaba	dobra	slaba	dobra
Preoblikoval. v hladnem	slaba	zelo slaba	slabša	slaba	dobra

Osnova vseh navedenih modifikacij martenzitnega nerjavečega jekla za obdelavo na avtomatih je obdelovalno jeklo, ki zaradi dobre obdelovalnosti in sposobnosti za poboljšanje pokriva večino potreb po tej vrsti jekla. Obdelovalnost jekla je zelo dobra, saj znaša 80 % obdelovalnosti nizko ogljičnih jekel za obdelavo na avtomatih. Ta modifikacija jekla je pri nas razvita v industrijskem merilu /oznaka predlog č 4791/. Tipična kemična sestava, mehanske lastnosti v žarjenem in poboljšanem stanju ter pogoji rezanja za to vrsto jekla so podani v tabeli 1.

Osvajanje ostalih variant v laboratorijskem in polindustrijskem merilu je predmet intenzivnega raziskovalnega dela na raziskovalnem oddelku Železarne Jesenice.

Kratek pregled problematike in dosežkov na področju nerjavečih jekel za obdelavo na avtomatih naj služi predvsem spoznavanju te družine jekel, da bi lahko pravilno izbiro jekla tudi pri nerjavečih jeklih dosegli čim večjo ekonomičnost pri obdelavi teh jekel z odrezovanjem.

ZNAČILNE KEMIČNE ANALIZE JEKLA

Vrsta jekla	Kemična analiza %									
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo		
Č 4590	0.10	0.42	1.20	0.030	0.233	17.62	9.31	0.31		
Č 4790	0.08	0.56	1.02	0.019	0.326	16.62	0.32	0.23		
Č 4791	0.12	0.50	0.97	0.028	0.276	12.40	0.29	0.20		

FIZIKALNE LASTNOSTI IN OBDELOVALNOST

Vrsta jekla	Struktura tip	Toplotna obdelava	mehanske lastnosti				hitrost rezanja m/min	
			σ_m kp/mm ²	σ_s %	ψ %	HB ~	struženje s=0.08-0.2 mm/obr.	vrvanje s=0.05-0.25 mm/obr.
Č 4590	avstenit	gašeno	55-75	25	50	60	30 - 40	15 - 25
Č 4790	ferit	žarjeno+ hl.vleč.	60-80	50-70	10-15	50	35 - 45	20 - 35
Č 4791	F + K	žarjeno	60-75	40	18	50	35 - 45	20 - 35
	M + F + K	pobolj.	70-85	50	15	45	-	-

Literatura:

1. W.C. Clark: Which free machining Stainless?
Metalworking Production, May 27, September 9, 1964
2. S.E. Tyson: Improved processing with free-machining Stainless
Metal Progress, november 1964
3. D.M. Blott: Machining of Stainless Steel
Metal Progress, august 1967
4. H.W. Garwin: Metallurgical factors affecting the machining
of a free-machining Stainless Steel
Mechanical working of Steel 2. AIME Met, Soc.
Conf. 1965/26.

Zusammenfassung

Der allgemeine Fortschritt in der Maschinenindustrie fördert, auf dem Gebiet rostbeständigen, schlechtbearbeitbaren Stähle die Entwicklung solcher Sorten dieser Stähle, welche die Produktionskapazitäten der Werkzeugmaschinen befriedigen können. In der letzten Zeit wurde auf diesem Gebiet ein grosser Fortschritt gemacht. Von den üblichen Sorten der rostbeständigen Stähle wurden rostbeständige Automatenstähle entwickelt, die auch den anspruchsvollen Verbraucher befriedigen können.

Durch gewisse Legierungszusätze wie Schwefel, Selen und andere werden ganz besondere chemische und physikalische Eigenschaften der nichtmetallischen Einschlüsse erzielt.

Einen starken Einfluss auf die Bearbeitbarkeit des Enderzeugnisses hat auch das Herstellungsverfahren welches abhängig von der Stahlsorte die beste Bearbeitbarkeit bestimmt.

Die Korrosionsbeständigkeit der rostbeständigen Automatenstähle ist von der üblichen Sorten wegen der Automatenzusätze etwas geringer.

Es ist ein Überbleibsel über das gesamte Gebiet der rostbeständigen Stähle mit der Betonung der Entwicklung in unseren Werk gegeben. Diese Arbeit soll der Erkenntnis dieser Stähle dienen damit sie durch die richtige Auswahl der rostbeständigen Automatenstähle auch die beste Ökonomie der Zerspanbarkeit erreichen.

Prof. Dr ing. R. Zdenković, Zagreb, interesuje se u vezi referata Prof. Dr ing. B. Musafie, Sarajevo o uplivu novih saznanja iz elasto-plastične mehanike na postojeće hipoteze loma i najracionalniji izbor ekvivalentnog naprezanja.

Prof. Dr ing. R. Zdenković, Zagreb, interesuje se u vezi referata ing. V. Mitkovića, Sarajevo, o mogućnosti dobijanja čistih tlačnih naprezanja i u kontaktnoj zoni, dajući u obrazloženju pitanja svoju sugestiju da se konstruiše naprava koja će dati deformacijske sile direktnim dejstvom fluida na probni uzorak.

Prof. Dr ing. B. Musafia, Sarajevo, dao je slijedeće odgovore Prof. Dr ing. R. Zdenkoviću na pitanja upućena njemu i ing. V. Mitkoviću. Da bi se mogao dati odgovor na pitanje Prof. Dr ing. Zdenkovića u vezi hipoteza o plastičnom tečenju, odnosno lomu, treba ukratko sagledati istorijski razvoj postojećih hipoteza.

Hipoteza najvećeg normalnog napona potiče od Galile-a, a dopunili su je Lamé, Navier i Rankine. Po ovoj hipotezi plastično tečenje počinje tada kada najveći normalni napon /kod prostornog naponskog stanja/ dostigne vrednost stvarnog napona početka plastičnog tečenja /kod jednoosnog naponskog stanja/. Ova hipoteza ne samo da nije usaglašena sa eksperimentima nego je u direktnoj suprotnosti sa istim. Navode se samo neki primjeri. Kod probe na istezanje poliranih epruveta pri opterećenjima iznad granice razvlačenja dolazi do pojave tankih linija, koje predstavljaju presjek slojeva materijala u kojim se vrši plastična deformacija sa spoljnom površinom epruvete /Lueders-ove linije/. To su ravni koje su nagnute pod uglom od 45 stepeni prema osi epruvete, a u tim ravnima normalni naponi nemaju najveće vrednosti. To su ravni maksimalnih tangencijalnih napona. Eksperiment sa hidrostatičkim pritiskom /kod kojega su glavni naponi medjusobno jednaki/ pokazuje da mate-

rijal pre početka plastičnog tečenja izdružava znatno veće pritiske od onih koji su određeni ovom hipotezom.

Hipoteza najveće normalne deformacije se obično pripisuje Saint - Venant-u. Hipotezu je prvi postavio Mariot /1686/ a kasnije su je nadopunili St. Venant /1837/, Ponsle /1839/, Grasshof i Bach. Ova hipoteza je donekle suprotna prvoj jer predpostavlja da plastično tečenje nastupa ne pri najvećem normalnom naponu, nego pri najvećoj normalnoj dilataciji. Kod grafičke interpretacije za ravninsko naponsko stanje se kvadrat /prva hipoteza/ pretvara u romb /II hipoteza/. Pošto dilatacija u jednom pravcu, smanjuje dilataciju u njemu upravnom pravcu, dva glavna napona ista po apsolutnoj vrijednosti i predznaku mogu po ovoj hipotezi izazvati plastično tečenje tek pri znatno većim naponima od onih koje predpostavlja hipoteza najvećeg normalnog napona. S obzirom da se i ova hipoteza protivi eksperimentalnim rezultatima pripisuje joj se isključivo istorijska vrijednost.

Ideja da se maksimalni tangencijalni napon uzme kao kriterij za određivanje uslova pod kojima nastupa lom pripada Coulomb-u. Kasnije su Tresca i St. Venant predložili da se ovaj uslov uzme i kao kriterij pri kome počinje plastično tečenje metala. Da ova hipoteza ima upotrebnu vrednost potvrdio je svojim eksperimentima još 1900.g. Guest. Niz kasnije izvršenih eksperimenata pokazali su akceptibilnost ove hipoteze naročito za rastegljive materijale. Sa matematske tačke gledištanjena jednostavnost za primenu uslovlila je i to da je ova hipoteza brzo prihvaćena kod proračuna tehnoloških procesa obrade metala plastičnom deformacijom. Grafička interpretacija za ravninsko naponsko stanje se izražava nepravilnim šestougaoikom.

Beltrani je 1885.g. postavio da kao kriterij za odlučivanje u kome momentu počinje plastično tečenje materijala služi ukupna količina deformacione energije koja se odnosi na jedinicu zapremine. Ovu hipotezu je 1919.g. razradio Haigh. Međutim, eksperimentima nije potvrđena odnosno i sa nekim relativno prostim opitima nije postignuta usaglašenost teoretskih i eksperimentalnih rezultata. Radi toga i hipoteza najveće defor-

macione energije ima samo istorijski značaj.

Da bi prethodnu hipotezu doveo u bolji sklad sa eksperimentima Huber je 1904.g. predložio da se kao kriterij plastičnog tečenja uzme onaj dio deformacione energije koji se utroši na promjenu oblika. Docnije su ovu ideju upotpunili i razradili Mises /1913.g./ i Hencky /1924.g./ i tako je nastala hipoteza koja je pokazala najbolju usaglašenost sa rezultatima. Ova hipoteza je poznata pod nazivom hipoteze najveće deformacione energije utrošene na promjenu oblika. Postavka ove hipoteze je data na II savjetovanju u Zagrebu /B. Musafia "Analitički metod određivanja specifičnog deformacionog otpora kao funkcije deformacije" - obrazac 4/ a primjena je i na ovom Savjetovanju prikazana u referatu "Savremena teoretska i eksperimentalna dostignuća u području aplicirane teorije plastičnosti /obrasci 3 - 3.c/.

U vezi sugestije postavljene ing. Mitkoviću želim da ukažem da je ona veoma korisna. Medjutim, problem je čisto konstruktivne naravi, jer realizacijom potrebnih deformacionih sila direktnim dejstvom fluida na probni uzorak, postavljaju se uslijed potrebnih visokih pritisaka veoma rigorozni zahtjevi u pogledu konstruktivne izvedbe cijelog uređaja.

Prof. Dr ing. R. Zdenković, Zagreb u vezi referata ing. Bodrožića interesuje se:

o ovdje neiskazanim novim rezultatima u području nekonvencionalnih obrada pomenutih na prošlogodišnjim simpozijumima u svijetu;

kakvo je ekonomsko obrazloženje upotrebe ovalne elektrode pri obradi jedne rupe kada će se ovalna elektroda daleko brže trošiti na izvjesnim mjestima, dok kod okrugle imamo jednako-mjerno trošenje, i uz to je potreban stroj koji treba da se okreće;

o podatku da su elektrolitskim brušenjem brusili i čelike pored tvrdih metala, iako je poznato da je pilovina čelika duplo veća i lakša te stvara ljepljenjem kratki spoj i lakše se

odvaja iz elektrolita, pa stvara poteškoće pri obradi - tek prošle godine uspješno su brušeni čelici na jednoj takvoj mašini u inostranstvu;

o tome kako' je moguće skidanjem sa mlazom vaditi slomljeno svrdlo bez jačeg oštećenja otvora /za te obrade dolazi u obzir samo elektroerozija/;

da li je pogrešno otkucanu podatak da je kod elektronske obrade najmanji promjer 0,005 mikrometra umjesto 0,1 mikrometra, jer koliko je poznato usljed isijavanja koncentrisana zraka daje obradu širu od same zrake;

da nije možda i kod plazma goruća greška pri kucanju i crtanju jer se gorući redovno spajaju na taj način što imamo upravo obrnut spoj od onoga koji je dat u referatu.

Ing. I. B o d r o ž i ć, Zagreb, u svojoj diskusiji daje odgovore na pitanja Prof. Dr ing. Zdenkovića. Ovalnost ili odstupanja od kružnice upotrebljavaju se gdje se ne traži tačan promjer, nego gdje odstupanje od kružnice treba da bude manje od dozvoljene tolerancije odstupanja u mjeri /n.pr. vodilica za alate gdje su upotrebljeni kavezni ležajevi/. Izloženi primjer je dat malo karikirano da se samo pokaže da elektroda ne mora biti toliko tačna i može imati veća odstupanja od dozvoljene ovalnosti, nego obradivani otvor i ako se stvarno tako i ne radi. Rotiranje takve elektrode nije ništa novo, jer je to baš prednost svih preciznijih elektroerozivnih mašina, a koju posjeduje i naša konstrukcija mašine u IAS-u, Zagreb. Elektrolitskim brušenjem ne mogu se obradivati obični čelici i ja se tu slažem sa Prof. Dr ing. Zdenkovićem. Medjutim, u obradi alata sa tvrdim metalom i držkom od običnog čelika, prvi put sada čujem da je ovakav način bušenja izazvao lom alata ili pločice. Kod nas a i u Institutu za Strojništvo u Ljubljani, gdje je naša brusilica ispitivana, nije bilo tih pojava. Kod obrade običnih strojogradjevnih čelika i brzoreznih čelika stvara se ljepljenje, omogućava dobijanje kratkog spoja i ispadanje generatora struje iz pogona. Raspršivanje sa mlazom slomljenog svrdla iz otvora u Institutu nismo probali. Medjutim, ako se radi o svrdlu do 20 mm promjera, to se izvo-

di sa uređjajem relativno male snage i za elektroerozivne uređjaje, te površina dispergirana u toj rupi odgovara možda svrdlima reda veličine do 20 mm promjera. Iskustvo će dati rezultate. Krater će vjerovatno postojati te ako se komad zbog toga mora baciti, vjerovatno će se naći drugo konstruktivno rješenje. Podatak od 0,005 mihrometara je tehnička greška jer treba da piše 0,005 do 0,02 milimetra, i zahvaljujem se Prof. Zdenkoviću na primjedbi. To nisu vrhunski podaci o postignutom promjeru već najčešće korišćeni praktični promjeri.

Prof. Dr ing. R. Zdenković, Zagreb, interesuje se u vezi saopštenja ing. Z. Kosa, Zagreb, zašto je tiristorski spoj napravljen u sekundarnom djelu gdje postoje velike amperaze, a ne u primarnom djelu kako se to normalno rješava.

Ing. Z. Kos, Zagreb, odgovara /odgovor dostavljen pismeno, jer ing. Kos nije prisustvovao Savjetovanju/ da je ispravljač izradjen sa tiristorima na sekundarnoj strani trofaznog mrežnog transformatora u prvom redu iz ekonomskih razloga, a osim toga to je i uobičajen spoj trofaznog ispravljača veće snage. Ekonomski razlozi koji opravdavaju navedeni spoj su slijedeći:

Upotrebljena su dva paralelna mosna spoja od po tri tiristora i tri diode u svakom mostu. Dakle ukupno šest tiristora i šest dioda. Upotrebljeni tiristori su doduše za velike struje /svaki za 250 A/ ali su za niski napon do 50 V pa su kao takvi znatno jeftiniji od visokonaponskih. Cijena tiristora je samo za cca. 30% skuplja od upotrijebljenih dioda.

U slučaju da se tiristori primjene na primarnoj strani potrebno bi bilo tri tiristora i tri diode za primarni napon 380 V, a u sekundaru bi opet trebalo biti 12 dioda u dvostrukom mosnom spoju. Tri tiristora i tri diode za visoki primarni napon u svakom slučaju su skuplji od razlike u cijeni između tiristora i dioda na sekundarnoj strani.

U izvedenom ispravljaču projektirana je i načinjena zaštita od kratkog spoja ispravljača. Ovo je izvedeno elektronskim putem tako da se u slučaju kratkog spoja tiristori zatvore, pa struja i napon padnu na vrijednost koja ne može oštetiti ele-

ktrođu i izradak.

Rasipna induktivnost mrežnog transformatora osigurava tiri-store od prevelike struje u toku jedne trećine ciklusa mrežne frekvencije, tj. u vrijeme kad se oni, ako su već u provodnom stanju, ne mogu zatvoriti sve dok sinusni napon ne padne na nulu. Zaštita pomoću detektorne iskre, koju isključuje napon sa elektroda već kod pojave iskre, nije u opisanoj izvedbi primjenjena. Predloženi i na ploči nacrtani spoj zaštite od strane Prof. dr Zdenkovića nije razumljiv i onakav kako je bio nacrtan ne bi mogao ispravno funkcionirati.

Prof. Dr ing. Z d e n k o v i ć, Zagreb, interesuje se za nekoliko detalja vezanih za referate Instituta za alatne mašine u Beogradu.

Prof. ing. V. Š o l a j i postavljeno je pitanje kada će biti rezultati istraživanja od nekoliko godina o primjeni naših materijala, izdati za praktičnu primjenu u industriji u obliku zbornika poput njemačkim preporučenih tablica.

Doc. Mr ing. J. S t a n i ć u postavljeno je pitanje da li je i kod silumina veće tvrdoće došlo do zapušanja svrdla ljepljenjem strugotine, te da li će tu primjenjivati molekularna maziva bilo u čvrstoj formi ili u aditivu samog maziva u svrhu daljeg poboljšanja obrade.

Ing. D. V u l j e k i je upućeno pitanje da li je vršeno eksperimentisanje i da li postoje podaci za pravac strukture hrpavosti i da li je struktura uzdužna i da li strugotina ide u tom pravcu ili je poprečna, i da li tu imade izvijestih razlika u temperaturi.

Doc. ing. B. I v k o v i ć u je upućeno pitanje na koji je način osiguravano da se dobije samo otraga radioaktivna naslaga i da li je naslaga onda iste čvrstoće kao i ostali materijal alata, što je važno za siguran zaključak za trajanje samoga noža.

Ing. M. K a p l a r o v i ć u upućeno je pitanje zašto se prešlo i kod visokih frekvencija na velike amplitude koje ote-

žavaju tačnost rada jer su veće dinamičke sile ili možda je ovaj uređaj za superfiniš obradu tako konstruisan da to može podnijeti.

Prof. ing. V. Š o l a j a, Beograd, dao je slijedeće odgovore Prof. Dr ing. R. Zdenkoviću na pitanja vezana za referate JAMA, a u ime svoje i ostalih saradnika instituta.

Od 25 vrsta čelika koji predstavljaju jednu reprezentativnu familiju jugoslovenskih čelika do sada su u institutu u Beogradu i Ljubljani ispitane četiri vrste čelika, neke vrste livenog gvoždja kao i silumin i dobijeni su sigurni podaci za operacije bušenja, struganja i glodanja. Podaci su obradjeni da se mogu koristiti na tri različita nivoa; na nivou kada se tehnolog koristi podacima iz tablica /tablični podaci/; na višem nivou kada se ide na korišćenje dijagrama /Tajlor-ove krive/ i na najvišem nivou kada se ide na programiranje na elektronskom računaru /prošireni obrazci sa koeficijentima/. Istraživanja predstavljaju dugotrajan proces koji zahtijeva mnogo rada i sredstava. Istraživanja su finansirana združenim sredstvima dijela privrede i naučne zajednice koja su, nažalost vrlo mala, pa su stoga rezultati dostupni samo onima koji u finansiranju učestvuju. Naši instituti su pozvali na učešće veći broj preduzeća, čiji predstavnici su prisutni na ovom skupu, da učestvuju u ovom projektu što će doprinjeti širem korišćenju rezultata.

Na pitanja upućena kolegi S t a n i ć u, prvi odgovor je da smo u ispitivanjima koristili isključivo konvencionalna maziva a najbolje se pokazala 3% emulzija ulja za bušenje TS. Maziva na bazi molibden-disulfida koristili smo u mokrom stanju i to u operacijama glodanja i testerisanja i dosadašnji nepotpuni rezultati ukazuju na pozitivna poboljšanja. Ispitivanja u operacijama na bušenju su u toku. Odgovor na drugo pitanje je da smo radili sa normalnim isporučenim siluminom tvrdoće 68 Brinela a i sa termički obradjenim u dijapazonu 68-95 Brinela i pri tome je silumin bio isti. To je zahtjevalo odgovarajuća sredstva koja će dovesti do eliminacije negativnog stanja. U institutu smo razvili instalaciju za hladjenje mlazom zraka,

pritiska 3-6 atm, sa dispergiranim uljem koja nije primjenjena u ovom opitu. Drug Stanić će provjeriti i ovaj način hladjenja pri obradi silumina ali izgleda, nije pitanje toliko pozitivnog efekta hladjenja kojeg imamo usljed isparavanja tečnosti, nego je više pitanje stvarnog mazivnog svojstva.

Na pitanje upućeno kolegi V u k e l j i, Prof. V. Šolaja odgovara, da je uočena usmjerenost strukture i to se bazira na teoriji razvijenoj na teoretskom modelu a što pozitivno verifikuje teoriju. Teorija polazi od toga da je raspodjela polusferičnih izvora po trajektoriji trenja povezana usmjerenošću teksture. Trebalo je dokazati poprečno kretanje strugotine na usmjerenost brušenja kao i dobijene više temperature. Temperature su indicirane preko boja, termopara i to je istovremeno povezano sa uočenim deformacijama sa donje strane strugotine. Jedan od zaključaka rada je da se brušenje vrši tako da kretanje strugotine bude duž pravca brušenja. U ovom radu je konstatovano da dolazi do pogoršanja grudne površine i to utiče na povišenje temperature što je na odredjeni način vezano i sa gubicima koji proizlaze iz date teorije.

Na pitanje upućeno kolegi I v k o v i ć u, Prof. V. Šolaja odgovara, da je ovdje osnovna ideja da se kod alata sa više sječiva /n.pr. glodala/ pokuša aktivirati samo ledjna površina selektivnom tehnikom premaza. Ova tehnika je razvijena u našem Institutu a aparatura u Institutu B. Kidrič. Pri mjerenju habanja traži se direktno varijacija radioaktivnosti ledjne površine pri čemu nanos nije zaštita i ne ometa proces rezanja ali se haba. Verifikacija ideje izvršena je uporednim ispitivanjem nekoliko zubaca glodača od kojih su dva bila sa radioaktivnim promazom a ostali bez njega koji su ispitivani klasičnom uporednom metodom ispitivanja širine pojasa habanja optičkim putem. Pojas aktivnog nanosa nije ništa uticao što je potvrdila lijepa korelacija u ovim ispitivanjima. To pozitivno verifikuje postupak i čini ga interesantnim za data ispitivanja.

Na pitanje upućeno Ing. K a p l a r e v i ć u, Prof. V. Šo-
laja odgovara da je bila težnja da se razvije jedno bolje
riješenje od dosada poznatih. Imali smo uvid u jednu češku
i sovjetsku konstrukciju. Mi smo uravnotežili dinamički sis-
tem, tako da je naš uređaj daleko mirniji u radu od drugih.
To je omogućilo da se ide na više frekvencije odnosno da se
poveća proizvodnost uređaja i da se povećaju amplitude te
ispita uticaj tog faktora na proizvodnost rada i kvalitet.
Naš sistem omogućava široku regulaciju amplituda i frekvenci-
ja, što predstavlja novost, i stoga je prilagodljiv za razne
uslove rada /za kaljene, livene površine itd./. Što se tiče
proračunatog ugla trajektorije strugotine u datim graničnim
uslovima amplituda i frekvencija, on se kreće između 10-15°
u normalnim uslovima rada.

Prof. ing. V. Š o l a j a, Beograd, daje odgovor na koreferat
Prof. ing. A. P o s t n i k o v a i izvinjava se što je u sv-
om referatu naveo, da iz oblasti obrade drveta postoji relati-
vno malo informacija, pozivajući se na jedan jedini rad Prof.
Palića iz Instituta za obradu drveta u Njemačkoj. Referat ko-
ji sam ja izneo odnosio se ne na celokupnu istoriju teorije
rezanja, nego samo na ono što je iz oblasti rezanja radjeno u
periodu od jedne godine. Izvjesni podaci dobijeni iz Australi-
je nisu bili takvog karaktera da bi ih tretirali u ovoj oblas-
ti. Ja se još jednom izvinjavam Prof. ing. A. Postnikovu i vje-
rujem da će u njegovom štampanom referatu period od 1.I 1967.
do 31.XI 1967. biti dopunjen nekim novim referentom.

Prisutni iz Fabrike Motora F a m o s postavili su učesnicima
Savjetovanja pitanje da li se u našoj zemlji neka od institu-
cija bavi normativima alata, kakvi su rezultati postignuti i
kako se do njih može doći.

Prof. ing. V. Š o l a j a, Beograd, dao je slijedeći odgovor
na pitanje upućeno od drugova iz Famosa. Pitanje je usko veza
no sa projektom obradivosti materijala kojeg izvode naše ins-
titucije. Žalim što preduzeće Famos ne učestvuje u tom projek-
tu jer bi preko nekih informacija, proizašlih iz projekta, u

čili da su na liniji njihovog pitanja. Informacija IAMA publikovana u časopisu Tehnika 1965.g. odnosi se na potrošnju alata, za burgije a posebno za razvrtače. Informacije Ing. Vukelje i naši drugi radovi tretiraju ovaj problem u određenoj mjeri. Osim toga u radovima ovog Instituta, vezanim za tehnološke projekte u pojedinim radnim organizacijama sadržana je u određenoj mjeri i problematika normativa alata. Problematika je interesantna i Institut u Beogradu, a vjerujem i Institut u Ljubljani, bili bi veoma zainteresirani ukoliko bi se taj problem uključio kao posebno poglavlje u našem radu, naravno uz odgovarajuća obezbjeđena sredstva za ta istraživanja.

Ing. A. P e r i ć, Sarajevo, interesuje se, u vezi saopštenja Prof. Dr ing. R. Zdenkovića o ekonomsko-tehničkim uslovima potrebnim za primjenu EXAPT sistema, te u kojim našim fabrikama bi bilo racionalno primjeniti izloženi sistem u referatu.

Prof. Dr ing. R. Z d e n k o v i ć, Zagreb, objašnjava da su numerički strojevi upravo gradjeni za primjenu u pojedinačnoj proizvodnji. Oni imaju zadatak da omoguće elastični spremnik memorije odnosno elastični informator, tako da možemo pojedine komplicirane komade jednostavnije obradivati. Ako imamo jedan mehanički automat mi moramo stvoriti nosioce informacija - krivulje, šablone-, a to je ekonomično samo kod velikih serija. Kod numeričkog stroja imamo elastični nosioc informacija što omogućava njegovu primjenu i za jedan ili dva složenija komada. U prvo vrijeme mi smo se sa priličnim komplikacijama morali suočiti da bi izvršili ručno programiranje numeričkog stroja, naročito kod kompliciranijih komada sa posebnim obradama. Znači, to su već složene računске operacije koje podliježu greškama. Stoga je napravljen jedan automatski postupak sa uređajima za preradu informacija, procesorima geometrijskim i tehnološkim. Procesori nisu ništa drugo nego prevodioci tih programa koji se sastoje u karticama i mi možemo preko njih na bilo kojem računskom stroju koji postoji negdje u gradu, izvršiti programiranje numeričkog stroja. Prema tome, odmah slijedi i to da u svim onim slučajevima, gdje bi mi ima-

li prilike i opravdanosti da primjenimo jedan numerički stroj, automatski dolazi do opravdanosti primjene EXAPT sistema programiranja.

Pitanje M. P r a p r o t n i k a iz Famosa upućeno ing. I. Bodrožiću odnosi se na to da li je, nazubljenost sastavnih površina radnih predmeta "a" i "b", dobijenih glodanjem, a koje se međusobno tačno prilagođavaju, moguće postići elektroerozivnim putem tako da jedan od predmeta služi kao elektroda.

Ing. I. B o d r o ž i ć, Zagreb, odgovara da je to načelno moguće, ali u konkretnom slučaju je broj podataka nepotpun pa se stoga u odgovoru ograničava. Za potpuniji odgovor potrebno je dati dimenzije izradaka, jer od toga zavisi izbor metoda /elektroerozivni ili elektrohemijski/, zahtjeve u vezi prilagođavanja /stepen, mogućnost izmjene profila/ jer od njih zavisi postupak rada. Ako profil mora ostati isti onda to nije moguće odmah dobiti ni elektroerozivnim putem a ni elektroegaliziranjem. Onda je potreban dvostruki način; prvo se komad "a" upotrebi kao elektroda da bi se kao otisak dobio komad "b", a onda obratno. Želio bih još da se osvrnem na veličinu zazora. Glodanjem spajajućih površina dobijen je neki zazor. Ako se upotrebi elektroerozivni ili elektrohemijski postupak taj se zazor može smanjiti i tačno odrediti pomoću jednostavne sinusne funkcije.

Jedan od u č e s n i k a Savjetovanja postavio je pitanje ing. Razingeru, Jesenice, u vezi čelika za automate. Diskutant konstatuje da čelici za automate ne odgovaraju docnije za izradu navoja valjanjem i interesuje se o iskustvima postignutim u tom pogledu.

Ing. R a z i n g e r, Jesenice, odgovara /na srpskohrvatskom/ da su obrada valjanjem i rezanjem dve suprotne akcije; ako želimo čelik dobar za obradu rezanjem onda ne možemo tražiti od njega dobre osobine pri valjanju. Stoga naša željezara i ima ceo spektar raznih čelika. Mi smo razvili ugljenični čelik za automate vrlo pogodan za obradu rezanjem / $v = 70 \text{ m/min}$ /, a po-

red toga imamo i druge čelike, kao Č.11 90 ili Č.31 90 koji podnose i valjanje navoja. Što se tiče nehrdjajućih čelika za obradu na automatima, austenitni čelik vrlo dobro podnosi valjanje. Kod ostalih čelika treba u narudžbi posebno naglasiti da će se upotrebiti za valjanje, kako bi se promjenom hemijskog sastava prilagodio za tu operaciju.

ZAKLJUČAK IV SAVJETOVANJA PROIZVODNOG MAŠINSTVA

U ime organizatora Savjetovanja, Zavoda za alatne mašine, alat i mjernu tehniku, Sarajevo, Savjetovanje je zaključio Prof.ing. B. Bendelja slijedećim izlaganjem:

Drugarice i drugovi. Ova dva dana su prošla vrlo brzo u radu i čini mi se nekako da upravo kada smo se navikli na ovaj posao koji je interesantan, dodje trenutak kada se moramo razići. No, došlo je vreme da se samo razidjemo ali da sa ovim poslom, kojim smo se ovdje ustvari prikazali, nastavimo. Ja se sjećam kada smo se pre 4 godine sastali u Beogradu na Savjetovanju. Bila je to, ipak drugojačija slika nego što je to danas. Ja to konstatujem sa jako mnogo zadovoljstva. Broj istupanja, sadržaj, sve se to izmjenilo za ovih četiri godine. Mi smo u ova dva dana mogli da čujemo radove iz mladih naučnih institucija, osnovanih prije nekoliko godina. Danas već kroz radove koji su ovdje prikazani možemo reći da su to afirmirane institucije. Ovdje su nam prikazali svoje radove drugovi sa pojedinih fakulteta i iz industrije, naročito naglašavam ovo posljednje kao vrlo značajno, jer i u industrijske opite duva vjetar nešto drukčiji nego što je to bilo pre pet ili deset godina. Osjetilo se da bez naučnih dostignuća nema progressa, da bez naučnog rada kao stalnog sastava nema perspektive niti visokih dostignuća u industriji. Možemo konstatovati sa zadovoljstvom još i to da je broj stručnih radnika na ovom području, i te kako značajnom za našu metaloprerađivačku privredu, znatno porastao. Mlade inženjere, takorekuć jučer izašle iz školskih klupe, danas ovdje srećemo kao rutinirane istraživače i moramo im odati priznanje u njihovom davanju konkretnih i vrednih rezul-

tata. Zbog toga se puno optimizma gledam šta će biti na našem početom zajedničkom Savjetovanju, uvjeren da će to imati širokog odraza na život i rad u našoj industrijskoj privredi i da će se sa tog Savjetovanja ponovo preneti novo zrno znanja i progressa u industriju koja će dobiti kroz to nove, sadržajnije perspektive u procesu ekonomičnije proizvodnje.

Drug Šolaja vam je rekao da smo se juče nekako sporazumjeli, da ćemo naredno Savjetovanje održati opet u drugom kraju naše zemlje, u Kragujevcu gradu pitome Šumadije i istovremeno u gradu naše velike i krupne industrije. Ovdje nas je oko dvije stotine, stopedeset drugova iz industrije i oko pedesetak sa fakulteta i naučnih organizacija. To je dosada najveći broj. Nadam se da će u našem junačkom Kragujevcu taj broj još biti i veći, a očekujem još i to da će sledeća generacija mladih, koji nastupaju za ovima koji su se ovde afirmirali, možda na prethodnim savjetovanjima opet povećati ovaj naš skup koji je danas već prilično brojan i čijim se rezultatima moramo ponositi. Mislim da je, da tako kažem, snaga i perspektiva ove naše naučne grupacije baš u tome, što smo mi uspeli da okupimo veliki broj mladih ljudi, inteligentnih, zainteresovanih entuzijasta svoje struke, što taj broj raste iz dana u dan, i što ti ljudi nisu vezani samo za pojedine naučne institucije, već se to poput zrake proširilo na jedan širok dijapazon metalo-preradjivačke privrede. Dragi drugovi, naša institucija i naš Fakultet nisu stari, možda je u organizaciji bilo nekakvih propusta, možda je neko doživio neku neprijatnost. Zaboravite na to, sjetite se da smo vas mi primili širokim srcem i dobrom voljom, sjetite se našega ljepoga grada i želim da ponese te najljepše uspomene odavde. Želim da se svi mi odavde, u udvostručenom broju, ponovo sretnemo u našem lijepom Kragujevcu, negdje maja 1969. godine. Dakle na posao i dovidjenja.