

XIV SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE

ČAČAK, 1980. GOD.

ZBORNİK RADOVA

KNJIGA II

Čačak, 24. do 26. septembra 1980. god.

ČAČAK, 1980.GOD.

Z B O R N I K R A D O V A

KNJIGA II

POKROVITELJ XIV SAVETOVANJA PROIZVODNOG MAŠINSTVA

FABRIKA REZNOG ALATA - ČAČAK

Organizovanje XIV savetovanja materijalno su pomogli:

- Fabrika reznog alata - Čačak
- Republička Zajednica nauka SR. Srbije
- Skupština opštine Čačak
- Pedagoško tehnički fakultet Čačak

Ovaj zbornik radova štampan je u povodu XIV savetovanja proizvodnog mašinstva održanog 24.-26. septembra 1980.godine u Čačku.

Savetovanje predstavlja deo aktivnosti u okviru Zajednice jugoslovenskih naučno istraživačkih institucija proizvodnog mašinstva.

Članovi zajednice su:

1. Mašinski fakultet Banja Luka
2. Mašinski fakultet Beograd
3. Institut za alatne mašine i alate Beograd
4. Mašinski fakultet Kragujevac
5. Fakultet za strojaništvo Ljubljana
6. Visoka tehnička škola Maribor
7. Mašinski fakultet Mostar
8. Mašinski fakultet Niš
9. Fakultet tehničkih nauka Novi Sad
10. Mašinski fakultet Priština
11. Tehnički fakultet Rijeka
12. Mašinski fakultet Sarajevo
13. Mašinski fakultet Skoplje
14. Tehnički fakultet Titograd
15. Fakultet strojarstva i brodogradnje Zagreb
16. Institut za alatne strojeve "Prvomajska" Zagreb
17. Pedagoško tehnički fakultet Čačak

Organizatori savetovanja:

Pedagoško tehnički fakultet, Čačak
Fabrika reznog alata, Čačak

Organizacioni odbor XIV savetovanja:

3. Dr Zoran Nikić, dipl.ing. PTF - Čačak
4. Aleksandar Višnjić, dipl.ing.generalni direktor FRA - Čačak
5. Milivoje Vulović, dipl.ing.sam.gen.direktora FRA - Čačak
6. Rajo Milošević, dipl.ing. FRA - Čačak
7. Mr Bogoljub Kršljak, dipl.ing. PTF - Čačak
8. Mr Ratomir Ječmenica, dipl.ing. PTF - Čačak - sekretar
9. Čedomir Čolović, dipl.ing. SLOBODA - Čačak
10. Miloš Urošević, dipl.ing. CER - ČAČAK

Dosadašnja savetovanja održana su:

I	Beograd	1965. godine
II	Zagreb	1966. godine
III	Ljubljana	1967. godine
IV	Sarajevo	1968. godine
V	Kragujevac	1969. godine
VI	Opatija	1970. godine
VII	Novi Sad	1971. godine
VIII	Ljubljana	1973. godine
IX	Niš	1974. godine
X	Beograd	1975. godine
XI	Ohrid	1977. godine
XII	Maribor	1978. godine
XIII	Banja Luka	1979. godine

Odlukom Zajednica jugoslovenskih naučno istraživačkih institucija proizvodnog mašinstva (ZJNIPM) organizovanje XIV savetovanja povereno je Pedagoško tehničkom fakultetu u Čačku.

Koristimo priliku da se zahvalimo svim autorima saopštenja, finansijerima i svima ostalim koji su doprineli uspešnom održavanju XIV savetovanja.

S A D R Ž A J

	Strana
R. Bančević	
Oblici habanja kovačkih alata i uticaj veličine serije na njihovu postojanost	1
D. Banjac., B.Sovilj., S. Vasić	
Uticaj rezne geometrije odvalnog glodala na funkciju postojanosti pri ozubljenju cilindričnih zupčanika	13
Lj. Bogdanović	
Optimalni kriterijumi za proračun i ocenu podobnosti tehnologije kovanja u zatvorenim kalupima ..	23
M. Dragović., Lj. Kapsarev., V. Vukićević., M. Marjanović	
Neki aspekti racionalizacije u pogonu za proizvodnju rezervnih delova	38
V. Dukovski	
Uvodni napomeni za kompleksnitate eksperimentalni ispitivanja na metalorezačkite mašini	48
S. Djordjević	
Sistemske pristup problemu zamene mašine	57
D. Golubović., P. Nikšić	
Prilog analizi stabilnosti i osetljivosti tehnološkog sistema pri rezanju metala	66
N. Hadžiomerović., V. Višekruna	
Neki aspekti primjene elektromehaničkog očvršćavanja površinskog sloja	

R. Ječmenica

Analiza vrednosti proizvodnje zavojnih burgija u funkciji tehnologije izrade

98

M. Jovičić., B. Marjanović

Neki rezultati ispitivanja procesa unutrašnjeg brušenja alatnih čelika tocilima na bazi kubnog bornitrida

109

M. Jurković

Višestepena matrica za hladno izvlačenje osnosimetričnih profila novo tehničko i tehnološko rešenje.....

120

B. Kiselički., D. Stanivuković

Novi koncept održavanja alatnih mašina u "Jugotalatu" Novi Sad

133

I. Kodrič

Registracija preoblikovalnih sil u pogojih redne proizvodnje

142

M. Kojić, M. Milošević., V. Nikolić

Primena metode konačnih elemenata u razvoju konstrukcije alata i mašina za provlačenje

149

J. Kopač

Obstojnost orodij pri obdelavi poljecklene litine ..

158

P. Kovač., S. Sekulić

Postojanost u funkciji poluprečnika zaobljenja vrha alata pri obradi na strugu

169

R. Kovačević., J. Stanić., I. Popović., I. Dedić

Izbor optimalne metode oštrenja zavojnih burgija ..

178

E. Kuljanić., L. Kravanja	
Odrezivanje šipki u snopu horizontalnim tračnim piljenjem	200
P. Leskovar., J. Grum., D. Ferlan	
Razmere na rezalnom robu pri struženju domaćih jekel za avtomate	217
S. Margić	
Primjena keramičkih reznih pločica u našoj industriji	232
Z. Nikić., R. Sukilović	
Defekti u površinskom sloju reznog alata od brzo-reznog čelika prouzrokovani tehnologijom izrade ..	242
Z. Nikić., R. Milošević	
✓ Deformacione zone pri završnoj obradi otvora	255
Dr. V.R. Milačić., V.D. Majstorović	
Neki aspekti primene računara u održavanju proizvodnih sistema	264
R. Milić	
Nova tehnologija u proizvodnji zavojnih burgija tehnikom brušenja	278
D. Milikić	
Temperature pri obradi rezanjem i mogućnosti njihovog tačnog određivanja	290
B. Nikolić., P. Dakić., J. Stankov	
Izbor ekonomičnog broja oštrenja ureznika	306
V.D. Ognjanović	
Savremeni pristup organizaciji održavanja sredstava za rad u složenim sistemima metaloprerađi-	

B. Popović., S. Vlahović., B. Kamberović	
Karakteristike kvaliteta reznog alata	336
Z. Seljak., M. Soković	
Gladilna obdelava poboljšanih in kaljenih jekel s frezanjem	348
S. Sekulić., P. Kovač	
Komponente otpora rezanja pri obradi na strugu u zavisnosti od elemenata preseka režućeg sloja, poluprečnika zaobljenja vrha alata i napadnog ugla	358
Z. Seljak., I. Aleš., M. Pahor	
Kratkotrajne metode preizkušanja obdelovalnosti dinamopločevine	372
V. Stoiljković., B. Rančić., D. Lazarević	
Prikaz alata za izradu CSV profila na liniji za profilisanje	385
V. Strezov., J. Lazarev	
Vlijanje na metodata na izrabetka na alatog vrz kvalitetot na prosečenata površina pri finoto prosečuvanje	397
V. Šimon	
Optimizacija profila odvalnog glodala za izradu ožljebljenih vratila	410
D. Vukelja., A. Mišković	
Uticaoj mehaničkih i toplotnih opterećenja na pro- mjenu oblika reznog klina	420
B. Vulićević., K. Premović	
Analiza naponskih stanja na ulaznom delu urez- nika	430

S. Živanović

Usavršavanje procesa prosjecanja i probijanja
kroz primjenu teorije dvojnog optimuma 448

XIV SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE, ČAČAK, 1980.

R. Bančević*)

OBLICI HABANJA KOVAČKIH ALATA I UTICAJ VELIČINE SERIJE
NA NJIHOVU POSTOJANOST**)

1. UVOD

Habanje kovačkog alata (alata za masivno oblikovanje metala u toplom stanju), ne može da se definiše samo pomoću jednog parametra. Naime, u toku njegove eksploatacije dolazi do čitavog niza promena. Ove promene odnose se kako na oblik, dimenzije i površinsku hrapavost gravure, tako i na strukturu, hemijski sastav i mehaničke karakteristike njenog površinskog sloja.

Promene strukture, hemijskog sastava i mehaničkih karakteristika površinskog sloja gravure direktno ne utiču na promenu njene geometrije, već na ubrzavanje procesa koji ove promene izazivaju. Na primer, sa smanjivanjem vrednosti mehaničkih karakteristika površinskog sloja gravure, koje predstavljaju otpornost materijala (granice tečenja, zatezne čvrst. se i tvrdoće), usled cikličnih promena temperature, ne dolazi, u ovom slučaju, do povećanja pokazatelja plastičnosti (maksimalnog izduženja i konstrukcije). Ovo, pored ostalog, utiče i na stvaranje prskotina usled termičkog zamora.

Pošto kovački alat - gravura - biva izbačen iz upotrebe, kada predmet obrade - otkovak - više ne odgovara tehničkim uslovima, odnosno kada je došlo do prekoračenja dozvoljenih odstupanja

oblika, dimenzija, površinske hrapavosti ili težine otkovka, to u daljem radu biti razmotreni procesi habanja koji do toga dovode. U ove procese spadaju:

- MEHANIČKO HABANJE - odnošenje čestica materijala alata
- DEFORMISANJE,
- POJAVA MREŽE PRSKOTINA i
- PREGORELA MESTA.

Pored navedenih oblika habanja, alat može da bude izbačen iz upotrebe i zbog pojave:

- KRUPNIH PRSKOTINA i
- LOMA ALATA.

U toku eksploatacija kovačkog alata, najčešće se na jednoj gravuri pojavljuju, na karakterističnim mestima, različiti oblici habanja. U zavisnosti od konkretnih uslova gravura se izbacuje iz upotrebe zbog jednog od njih. Taj oblik se naziva PREGOVLAĐAVANJE i veoma je značajan za donošenje pravilnih mera u cilju povećanja veka alata.

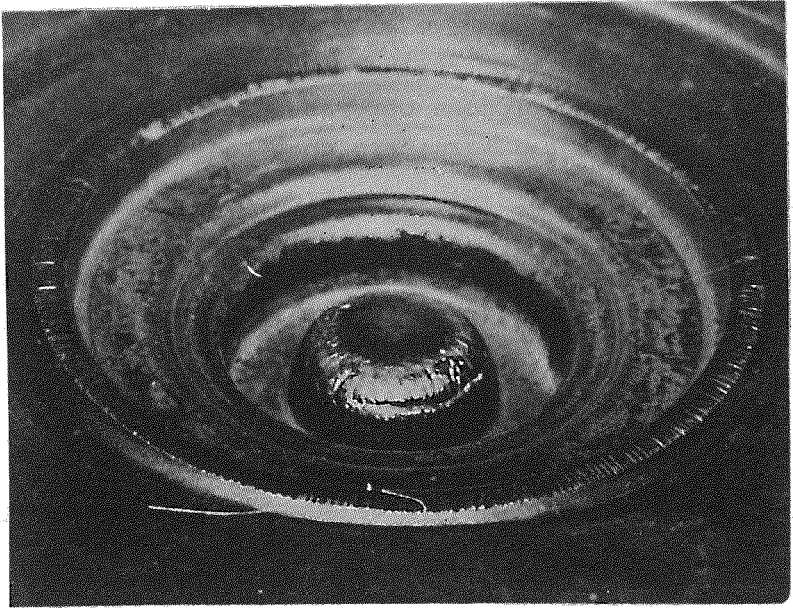
2. OBLICI HABANJA

2.1. Mehaničko habanje

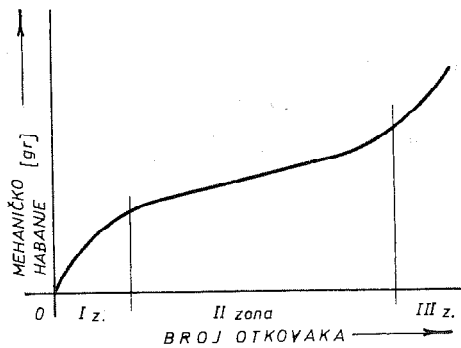
Ovom habanju najviše su podložni delovi gravure po kojima postoji veće relativno kretanje materijala predmeta obrade pri njegovom oblikovanju. Tako na primer, mehaničko habanje u većini slučajeva, najviše je izraženo na mostu kanala za tehnološki višak venac. Ovo je ilustrovano slikom 1.

Na proces razvoja ovog habanja, čiji je opšti karakter da je krivom na slici 2, pored već navedene brzine tečenja metala po površini gravure, utiče već broj činilaca. Kao najuticajniji navode se:

- smičući naponi na kontaktnim površinama,
- nečistoća i oksidi na površini gravure.



Slika 1. - Mehaničko habanje na mostu kanala za venac



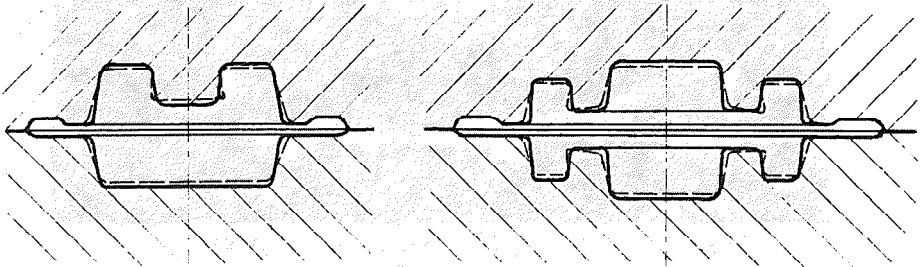
Slika 2. - Opšti karakter procesa razvoja mehaničkog habanja

ničko habanje preovladavajući vid habanja imaju najduži vek.

2.2. Deformisanje gravure

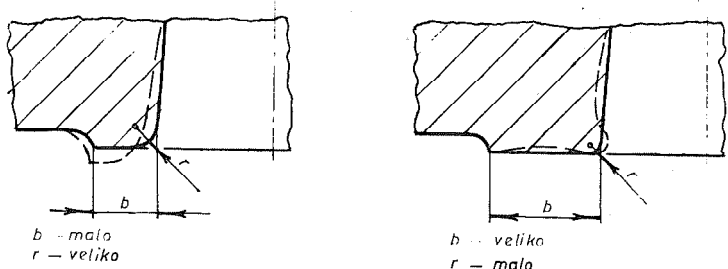
takve da pritisci koji vladaju u gravuri ne mogu, da pri jednom kivanju izazovu njegovu plastičnu deformaciju /2/. Deformacije staju tokom cikličnih promena opterećenja a potpomognute su povom zamora, otpuštanja i termičkim opterećenjima.

Pri kovanju na čekićima za razliku od presa, dolazi do sukoba gornje i donje poliovine kalupa. Usled ovoga dolazi do deformacije koja dovodi do smanjivanja svih dimenzija gravure po visini. Na slici 3 ilustrovan je ovakav način deformisanja alata.



Slika 3. - Deformisanje alata pri kovanju na čekiću

Način deformisanja pojedinih delova gravure zavisi, pored talog i od njihovih dimenzija. Kao primer, na slici 4 prikazan uticaj odnosa dimenzija mosta kanala za venac, na način njegovog deformisanja.



Slika 4. - Uticaj odnosa dimenzija mosta



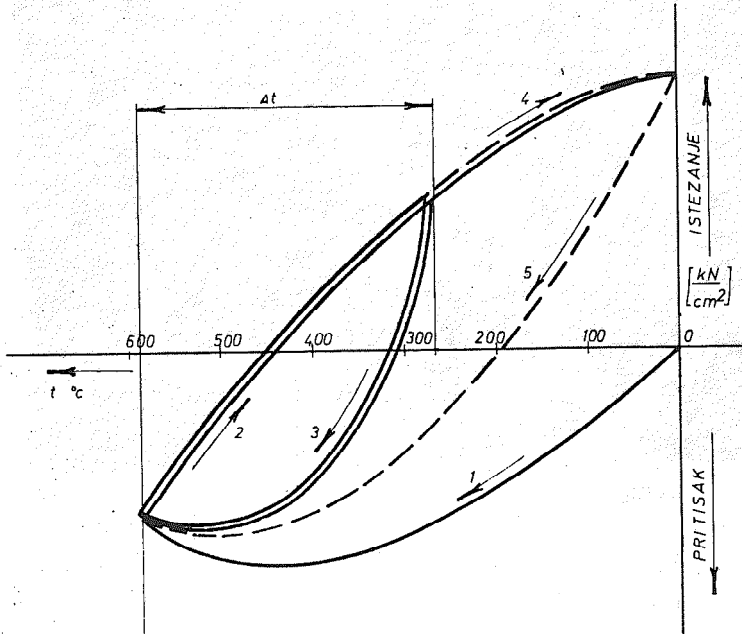
Slika 5. - Deformacija trna gravure

2.3. Mreža prskotina

Usled cikličnih promena temperature u površinskom sloju gravure, dolazi do naizmeničnih napreznja na pritisak i istežanje, zbog nejednakih temperatura po dubini alata. Usled ovoga dolazi do termičkog zamora materijala i pojave sitnih prskotina. Ove prskotine se u toku procesa povećavaju i stvaraju takozvanu mrežu prskotina.

Na stvaranje ovih prskotina veliki uticaj ima temperaturni gradijent, pa je potrebno da alatni materijal ima što veći koeficijent provodjenja toplote. Sledeći značajan činilac je koeficijent linearnog širenja koji treba da bude što manji. Ovaj zaključak proističe iz posmatranja napreznja u jednom malom dužinskom delu na površini gravure, čija se skoro cela termička dilatacija pretvara u elastično-plastičnu deformaciju suprotnog smera. Na slici 6 prikazan je principijelni dijagram promene napreznja u posmatranom površinskom sloju gravure u procesu kovanja.

Kriva 1 predstavlja promenu napreznja pri zagrevanju povr-



Slika 6. - Promene naprezanja u površinskom sloju gravure

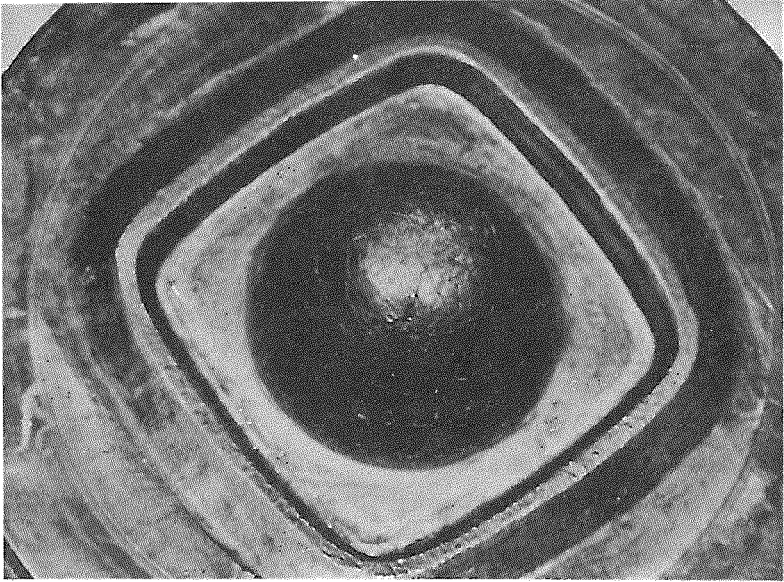
ve 3 i 2. Prekidanjem procesa, alat se hladi do sobne temperature naprezanje u površinskom sloju gravure ide po krivoj 4.

Na osnovu dijagrama može da se zaključi da su najveća naprezanja na početku i pri prekidu kovanja. Zbog ovoga su nepoželjni česti prekidi rada koji su u tesnoj vezi sa veličinom serije otkovka.

Na slici 7 uočava se mreža termičkih prskotina na trnu gravure.

2.4. Pregorela mesta

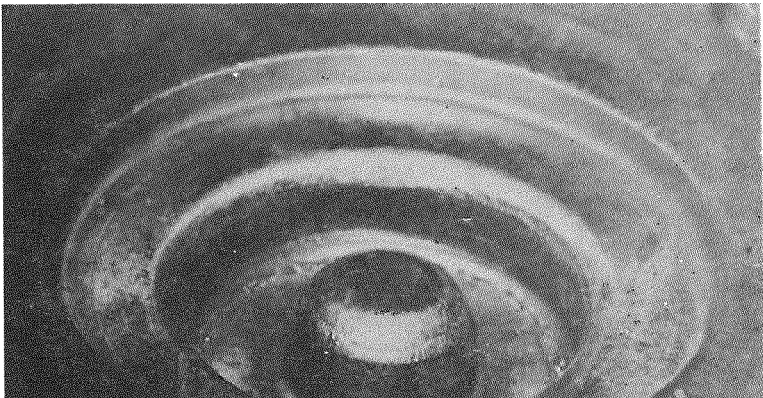
Pregorela mesta nastaju kao posledica čitavog niza promena površinskom sloju gravure: promena strukture, oksidacioni proces



Slika 7. - Mreža termičkih prskotina na trnu gravure

2.5. Krupne prskotine

Ove prskotine nastaju usled termičkog i mehaničkog opterećenja alata, zamora i koncentracije naprezanja. Javljaju se na uglovima gravure, prelazima strana, trna ili rebra ka dnu. Na slici 8 uočava se prskotina na prelazu strane na dnu gravure.



Krupne prskotine idu u dubinu kovačkog alata, pa na taj način smanjuju broj njegovih regeneracija a time i ukupan vek.

2.6. Lom alata

Procenat izbacivanja iz upotrebe alata zbog loma u direktnoj je zavisnosti sa opštim tehničkim i tehnološkim nivoom u jednoj fabrici. Ovakav zaključak je opravdan jer su uzroci loma kovačkog alata:

- defekti u alatnom materijalu,
- greške u konstrukciji alata,
- nepravilna termička obrada,
- greške u izradi alata i
- nepravilna eksploatacija.

U daljem radu, lom alata nije uziman u obzir jer ne može da se smatra kao normalni oblik habanja kovačkog alata.

3. UTICAJ VELIČINE SERIJE NA VEK GRAVURE

U toku eksploatacije kovačkih alata najkritičniji periodi, za njihovo trajanje, su početak i kraj - prekid kovanja. U ovim periodima u površinskom sloju gravure dolazi do najvećih naprezanja - slika 6. Pod prekidom kovanja u ovom slučaju podrazumeva se svaki prekid koji remeti ritam rada i postignuto radno temperaturno stanje alata.

Veličina serije je u tesnoj vezi sa brojem prekida. Naime, alati kod kojih je srednja postojanost veća od veličine serije otkovka, neminovno imaju veći broj prekida. Pretpostavka o istim ostalim uslovima eksploatacije može da se smatra dovoljno pouzdanim kada se radi o istraživanjima u okviru jednog pogona, što je u konkretnom slučaju zadovoljeno. Međutim, treba napomenuti da se otkovcima u maloserijskoj proizvodnji ne poklanja dovoljna pažnja u smislu obezbeđenja optimalnih uslova pri projektovanju tehnoloških postupaka i konstrukciji alata, što

od mesec dana). Pošto postojanost gravure ima značajna odstupanja od svoje srednje vrednosti, gornji odnos je zaokruživan na 0,2; 0,4; 0,6; 0,8 i 1,0.

U toku ispitivanja praćen je vek alata za 32 različita osno-simetrična otkovka. Otkovci su kovani na čekićima sa masom padajućih delova od 500, 1000, 2000, 3000 i 5000 kg. Zagrevanje komada vršeno je u gasnim pećima sa rotacionim dnom. Dobijeni su podaci za 184 gravure, s tim da za svaki od praćenih otkovaka postoje podaci o veku za najmanje tri gravure.

Podaci su statistički obradjeni a u tabeli 1 dati su rezultati linearne regresije $Y = a_0 + a_1 \cdot X$, gde je postojanost izražena preko najuticajnijih činilaca. Pretpostavljena linearna zavisnost izračunavana je metodom najmanjih kvadrata. U tabeli su takodje dati podaci za odgovarajuće koeficijente korelacije (r).

Tabela 1

X - uticajni činiooci	Spec. pr. $q/\text{gr}/\text{cm}^2/$	$m = \frac{G_A}{G_O}$	vel. ser. $s = \frac{T}{T}$	Masa ot. $G_O / \text{kg}/$	Slož. otk. S	Masa ček. $G_C / \text{kg}/$	$0_2 = \frac{h}{H}$
koef.korelacije r =	-0,701	+0,668	+0,487	-0,438	-0,383	-0,342	+0,253
koef.linearne regresije $a_0 =$	7933	2071	575,8	5962	8243	6494	3902
$a_1 =$	-49,3	22,55	5624	-216,0	-1328	-0,654	9346

Iz tabele se vidi da su u konkretnim uslovima eksploatacije (Fabrika otkovaka Zavoda "Crvena zastava"), za posmatrani skup otkovaka, najveći uticaj na postojanost pokazali sledeći činiooci:

- Specifični protok metala kroz most kanala za venac (q),

$$q = \frac{G_V}{D \cdot \bar{u} \cdot h} \quad / \text{gr}/\text{cm}^2/$$

gde su: G_V (gr) - masa venca, D (cm) - prečnik gravure i

gde je: T (kom) - srednja postojanost gravure.

- Masa otkovka G_o (kg).

- Složenost otkovka S ,

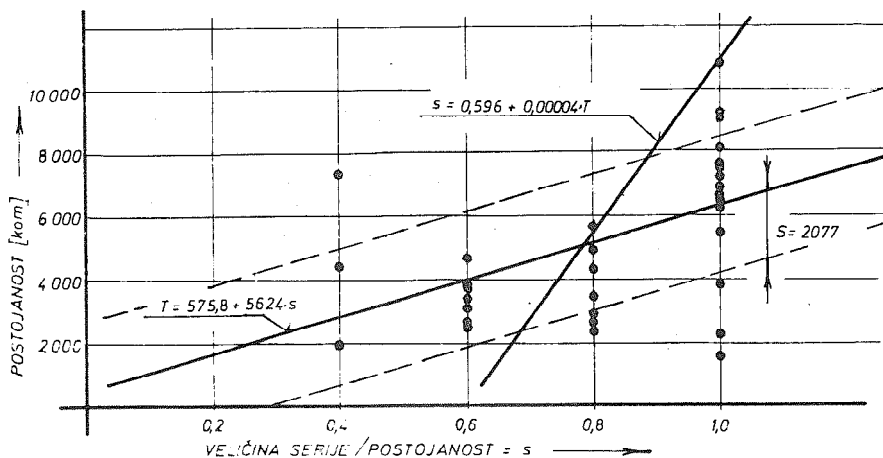
$$S = S_1 \cdot S_2 = \frac{D_o \cdot H_o}{A} \cdot \frac{2 \cdot R_t}{R_o}$$

gde je: D_o (mm) - prečnik otkovka, R_o (mm) - poluprečnik otkovka, H_o (mm) - visina otkovka, A (mm²) - površina poprečnog preseka otkovka i R_t (mm) - poluprečnik težišta polovine poprečnog preseka otkovka.

- Masa padajućih delova čekića G_x (kg).

- Odnos visine mosta i dubine gravure do mosta $0_2 = \frac{h}{H}$.

Iz tabele se vidi da koeficijenti korelacije između postojanosti i pojedinih činilaca nisu tako visoki (od 0,701 do 0,253). Međutim, uticaj veličine serije je značajan jer dolazi odmah posle specifičnog protoka i odnosa m . Na slici 9 prikazana je linearna regresiona zavisnost između postojanosti i veličine serije za ovaj skup.



Slika 9 - Postojanost u zavisnosti od odnosa s

15 različitih osno-simetričnih otkovaka i kod kojih je relativni pokazatelj veličine serije $s = 1$. U tabeli 2 dati su odgovarajući podaci za novoformiran skup.

Tabela 2

X - uticajni činioci	Masa ček. G_c /kg/	Slož.ot. S	Masa ot. G_o /kg/	Spec.pr. q	$m = \frac{G_A}{G_o}$	$o_2 = \frac{h}{H}$
koef.korelacije $r =$	-0,791	-0,791	-0,713	-0,678	+0,547	+0,390
koef.line- arne reg- resije $a_0 =$ $a_1 =$	10681	13264	8082	8721	3988	3930
	-1,673	-2718	-345,9	-51,57	16,47	18570

Iz tabele 2 se vidi, da su eliminacijom uticaja veličine serije, vrednosti koeficijenata korelacije pojedinih činilaca u odnosu na postojanost znatno više. Razlog ovome očigledno je isključeni činilac. Pošto u ovom skupu do izražaja dolaze činioci koji su tehniološki značajniji može da se zaključi da uticaj veličine serije treba razmatrati po dva osnova:

- povećanje broja prekida kovanja sa smanjivanjem serije, koje dovodi do smanjivanja veka alata i
- nedovoljna angažovanost tehnologije i konstrukcije na rešavanju pitanja za postizanje optimalnih uslova eksploatacije alata za otkovke u manjim serijama.

Drugi osnov je veoma značajan, jer se na njega može odgovarajućim merama uticati. Ovo je naročito značajno za pogone u kojima prevladava maloserijska proizvodnja.

4. ZAKLJUČAK

Kovački alat radi u veoma složenim uslovima eksploatacije. Termička i mehanička opterećenja deluju ciklično i izazivaju pojava prskotina, zamor i deformaciju. U isto vreme u površinskom sloju

je u vezi sa brojem prekida rada i sa ostvarivanjem optimalnih uslova eksploatacije alata.

LITERATURA

- /1/. - Beljskij E.I., Tomilin P.I. - Povišenje stojnosti šampov pri objemnoj šampovke, Minsk, 1962.
- /2/. - Beljskij E.I. - Stojnost kuznečnih šampov, Minsk, 1975.
- /3/. - Meyer - Nolkemper H., Heinemeyer D. Statistische Erfassung von Gesenkstandmengen. Ind. - Anz., 1977, N° 33, 599-60.
- /4/. - Heinemeyer D. Untersuchungen zur Erage der Holtbarkeit von Schmiedegeseken. Diss. DOKT. - Ing. Fak. Maschinenw. Techn Univ., Hannover, 1976.

R. Bančević

VERSCHLEISSARTEN DER SCHMIEDEWERKZEUGE UND DER EINFLUSS DER SERIEGRÖßEN AUF IHRE BESTÄNDIGKEIT

In der Exploation der Schmidewerkzeuge kommt zu einer ganzen Reihe der Gravüränderungen in Oberflächenschicht. Diese Änderungen beeinflussen durekt oder indirekt auf die Form-, und Dimensionsänderung und Gravürrauheit, was zu einer Unbrauchbarkeit von Werkzeugen führt. Zu diesen Verschleissvorgängen gehören:

- Mechanischer Verschleiss - Forttragen des Materialteilchens vom Werkzeug,
- Verformung,
- Erscheinung vom Bruchnetz in den Werkzeugen und
- verbrannte Stellen.

Einfluss von der Seriegröße in Produktionsbedingungen der Schmiedefabrik der Werke "Zrvena Zastava" zeigte den bedeutenden Einfluss auf die Gravürbeständigkeit.

Als relativer Index der Seriegröße wurde das Verhältnis der Größe von eingeföhuten Serie und mittlere Gravürbeständigkeit genommen. Der betrachtene Einfluss ist in Beziehung mit der Zahl der Arbeitsunterbrechung und mit dem Nivean der Realisierung von Optimalbedingungen der Werkzeugausbeutung.

XIV SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE, ČAČAK, SEPTEMBRA 1980. G.

Banjac D., Sovilj B., Vasić S. *)

UTICAJ REZNE GEOMETRIJE ODVALNOG GLODALA NA FUNKCIJU
POSTOJANOSTI PRI OZUBLJENJU CILINDRIČNIH ZUPČANIKA **)

1. U V O D

Proizvodnost i ekonomičnost odvalnog glodanja određuju pre svega: karakteristike odvalne glodalice, konstruktivne karakteristike odvalnog glodala i materijal njegovih sečiva, obradljivost materijala zupčanika i izbor parametara režima rezanja. U oblasti usavršavanja i povećavanja postojanosti odvalnih glodala za izradu zuba cilindričnih zupčanika nametnula se i razvila tendencija ka poboljšanju geometrijskih parametara istih. Poboľjanje stepena automatizacije savremenih odvalnih glodalica omogućavaju značajno povišenje proizvodnosti i ekonomičnosti obrade [4, 5, 11]. S druge strane naročito u domaćim proizvodnim sistemima, očigledno je da se te mogućnosti praktično vrlo malo koriste. Otuda slede jasni, ali i vrlo složeni problemi teorijskih i primenjenih istraživanja, kojima se i u našoj zemlji posvećuje sve veća pažnja, naročito u pogledu iskorišćenja mogućnosti koje pružaju savremene mašine i alati.

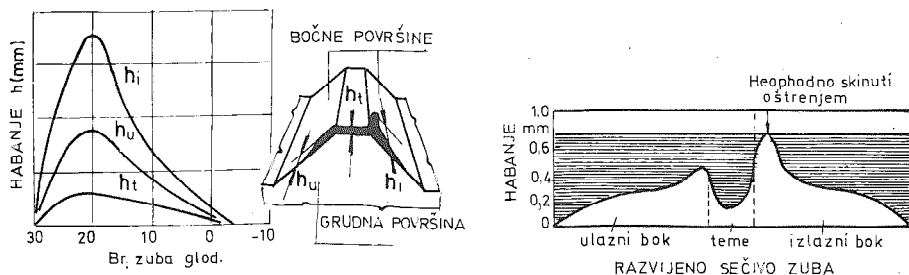
Polazeći od analize osnovnih zakonitosti procesa odvalnog glodanja cilindričnih zupčanika u Institutu za proizvodno mašinstvo Fakulteta tehničkih nauka u Novom Sadu dosadašnja istraživanja odvijala su se u dva osnovna pravca:

*) Mr Dragan Banjac, dipl. ing., predavač Fakulteta tehničkih nauka, Novi Sad, Veljka Vlahovića 3.

istraživanje optimalne geometrije alata i istraživanje optimalnih parametara režima rezanja. U ovom radu iznosi se deo rezultata tih istraživanja koji se odnose na optimizaciju geometrije alata.

2.0 ANALIZA UTICAJA GEOMETRIJE ALATA NA PROCES ODVALNOG GLODANJA

Utvrđivanje funkcije postojanosti alata, kao osnovne funkcije stanja, zahteva detaljnu studiju modela habanja alata i zbog toga što su pojedini zubi i njihovi delovi izloženi različitim opterećenjima. Habaju se i grudne i ledjne površine zuba. Na grudnim površinama, za određene uslove obrade, moguća je pojava naslaga i habanje u obliku kratera.



Slika 1. Raspodela habanja i neophodna veličina oštrenja.

Kod obrade sa odvalnim glodalom od brzoreznog čelika utvrđeno je kao merodavno habanje alata na ledjnoj površini, [5, 6, 9]. Pri definisanju oblika habanja alata na ledjnoj površini mogu se usvojiti tri parametra habanja: h_i - širina koncentrisanog habanja na prelazu izlaznog boka i temena zuba, h_t - širina pojasa habanja duž temenog sečiva i h_u - širina koncentrisanog habanja na prelazu ulaznog boka i temena zuba (sl. 1.). Prema tome, na osnovu brojnih eks-

Postojanost alata zavisi takodje i od geometrijskih parametara odvalnog glodala. Tako se pri analizi procesa rezanja odvalnim glodanjem dolazi do zaključka da treba težiti primeni alata sa većim ledjnim i grudnim uglovima. Ovo može da doprinese povišenju, postojanosti jer se sečivo manje zagreva zbog manjeg trenja po ledjnoj površini i olakšava se nastajanje i odvajanje strugotine. Međutim veličine ledjnih i grudnih uglova su ograničene, naime:

- pri većim vrednostima ledjnih i grudnih uslova dolazi do slabljenja reznog klina koje može dovesti do lomljenja sečiva, a odvod toplote sa mesta rezanja je otežan,
- vrednosti grudnih uglova ograničava zahtevana tačnost zupčanika.

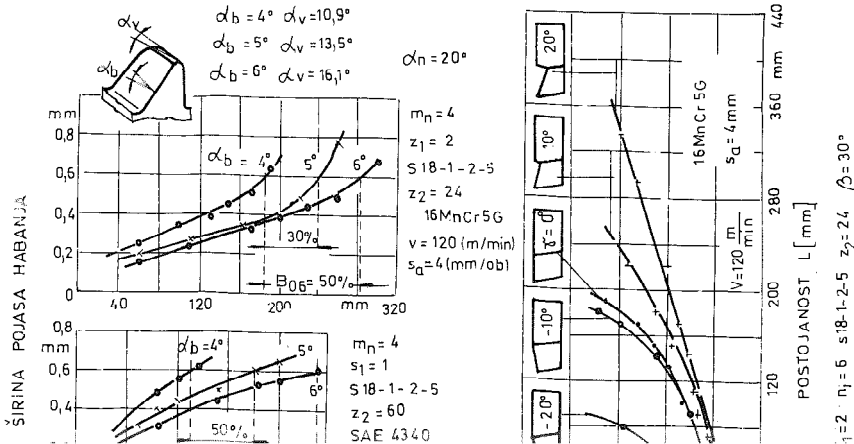
Pri oštrenju, ledjni uglovi sečiva vrha zuba i bokova stoje u odnosu

$$\operatorname{tg} \alpha_b = \operatorname{tg} \alpha_v \cdot \operatorname{tg} \alpha_n \quad (1)$$

gde su:

- α_b - ugao bočnog sečiva
- α_v - ugao sečiva vrha zuba
- α_n - ugao zahvata u normalnom preseku.

Da bi se ostvario normalan proces rezanja neophodno je da veličina α_b bude pozitivna, veća od određene minimalno dozvoljene vrednosti.



Na slici 2 [4] dat je razvoj habanja za dva materijala pri variranju statičkih bočnih ledjnih uglova.

Vidi se da povećanje ledjnog ugla značajno deluje na smanjenje habanja, a time i na povećanje postojanosti odvalnog glodala.

Poznato je da se strugotina pri rezanju sabija. Pozitivni grudni uglovi smanjuju sabijanje strugotine i na taj način olakšavaju nastojanje i odvajanje strugotine, što ima za posledicu i manje habanje (sl.3[4]).

Kao što se iz slike 3. vidi manji grudni uglovi utiču na brže habanje alata: Na izbor optimalnog grudnog ugla utiče i vrsta obradivanog materijala.

Pri optimizaciji geometrije alata najčešće se kao funkcija cilja usvaja postojanost alata. Razlog za ovo je u tome što značajan udeo u ukupnim troškovima operacije imaju troškovi eksploatacije alata (oko 30%), a u okviru njih 86 - 94 (%) otpada na troškove amortizacije alata [11].

Opšti oblik funkcije postojanosti ima izgled [11]:

$$\begin{aligned}
 L(\gamma, \alpha, r, m, \omega, n_i, z_i, D_g, \dots) = & C + p_1 \gamma + p_2 \alpha + \\
 & + p_3 \cdot r + p_4 \cdot m + p_5 \cdot \omega + \dots + p_{12} \gamma \cdot \alpha + p_{13} \gamma \cdot r + \\
 & + p_{14} \gamma \cdot m + p_{15} \gamma \cdot \omega + \dots + p_{23} \alpha \cdot r + p_{24} \alpha \cdot m + \\
 & + p_{25} \alpha \cdot \omega + \dots + p_{34} \cdot r \cdot m + p_{35} \cdot r \cdot \omega + \dots + \\
 & + p_{123} \gamma \cdot \alpha \cdot r + p_{134} \gamma \cdot r \cdot m + p_{145} \gamma \cdot m \cdot \omega + \dots + \\
 & + p_{1234} \gamma \cdot \alpha \cdot r \cdot m + \dots
 \end{aligned} \tag{2}$$

gde je:

L - postojanost (mm); dužina obradjenog ozubljenja izražena u milimetrima.

γ - grudni ugao ($^{\circ}$)

α - ledjni ugao ($^{\circ}$)

r - radijus vrha zuba (mm)

m - modul (mm)

ω - ugao zavojnice ($^{\circ}$)

n_i - broj žljebova po obimu integralnog odvalnog glodala

z_i - broj hodova

D_g - prečnik odvalnog glodala

$C, p_1, p_2, p_3, p_{12}, p_{13}, p_{23}, \dots$ - konstante

Pri definisanju postojanosti odvalnog glodala neophodno je poznavati oblik i razvoj habanja njegovih sečiva. Pri tome moraju se, zbog osobenosti ozubljenja, izvesti dugotrajni eksperimenti koji zahtevaju znatna sredstva i napore, a teško ih je sprovesti u normalnom procesu proizvodnje. U cilju pojednostavljenja ovakvih eksperimenata traga se za brzim i jeftinim postupcima ispitivanja koji će dati pouzdane informacije o istraženom procesu obrade.

Za proces odvalnog glodanja postoji mogućnost da se umesto integralnim odvalnim glodalom vrlo uspešno vrše istraživanja jednozubim alatom, pomoću kojeg mogu da se dobiju sigurni zaključci primenljivi za rad integralnih odvalnih glodala. Značajno je da se može uspostaviti analogija između rada integralnog odvalnog glodala i jednozubog alata [4]. Prema [5, 11] postoji veza između postojanosti integralnog i jednozubog odvalnog glodala oblika:

$$T_s = \frac{n_i}{N} \cdot \frac{L_s}{a_p} \cdot T_1 \quad (4)$$

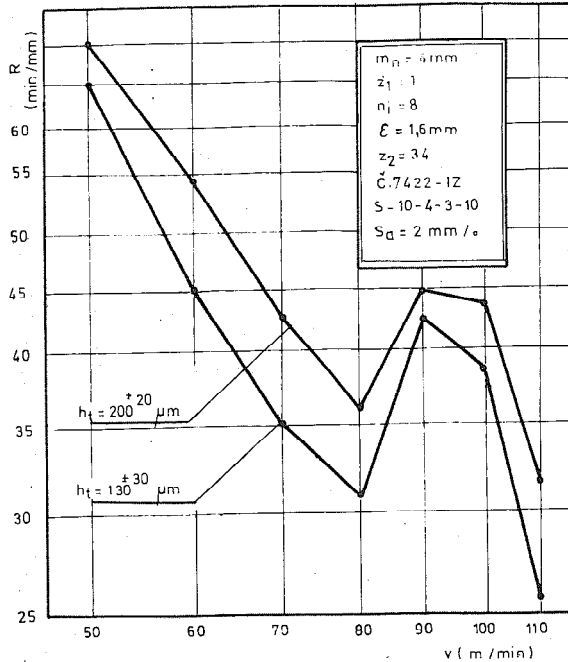
gde su:

- T_s - postojanost integralnog alata (min)
- T_1 - postojanost jednozubog alata (min)
- n_i - broj žljebova po obimu integralnog odvalnog glodala
- N - broj zuba u zahvatu
- L_s - korisna aksijalna dužina odvalnog glodala (mm)
- a_p - veličina jednog aksijalnog pomeranja (mm)

Na osnovu ove analize može se zaključiti da je značajan uticaj rezne geometrije na postojanost alata i da je u konkretnim uslovima neophodno za optimizaciju konstrukcije alata utvrditi pouzdane funkcije stanja i ograničenja. Zbog toga u ovom radu izvršeno je istraživanje uticaja geometrijskih parametara na funkciju postojanosti alata.

3. USLOVI I PLAN EKSPERIMENTA

Optimizacija geometrijskih parametara alata u okviru spoljašnje optimizacije usko je povezana sa unutrašnjom optimizacijom obradnog procesa tj. optimizacijom režima rezanja. To znači da je neophodno pre određivanja funkcija sta-



Slika 4. Promena otpornosti na habanje sa promenom brzine rezanja.

Takodje do sličnih rezultata došlo se pri istraživanjima autora [6], gde se maksimalna postojanost postiže sa brzinama od oko 100 m/min. Na taj način je i ovde utvrđeno racionalno područje brzine rezanja.

Na osnovu literaturnih i sopstvenih istraživanja [11] za predhodnu obradu usvojen je pomak $S_a = 2,0 \text{ mm}/\circ$ i aksijalno pomeranje $a_p = \epsilon = 0,63 \text{ mm}$. Ovakvim izborom obezbeđuje se zahtevana tačnost i kvalitet obradjene površine postiže ravnomernije habanje integralnog odvalnog glodala i time i najpovoljniji ekonomski efekti.

U konkretnom slučaju utvrđivanje pouzdane funkcije stanja u laboratorijskim uslovima izvršeno je primenom metoda modelskog ispitivanja i savremeni metodama matematičke statistike zasnovane na višefaktornom eksperimentu.

ugao dodirnice $\alpha_n = 20^\circ$
 materijal zupčanika Č4721 - žaren

- Alat: jednozubo odvalno glodalo sa:

prečnik odvalnog glodala $D_g = 125$ (mm)
 broj hodova $z_1 = 1$
 broj žljebova po obimu
 odvalnog glodala $n_i = 15$
 materijal Č 9780

- Mašina: Glodalica za ozubljenje 2FW2 - 250 x 5A - Istočna Nemačka;
- Sredstva za hladjenje i podmazivanje: REZANOL 20EP
- režimi rezanja $v = 98,125$ (m/min, $s_a = 2,0$ (mm/o) $a_p = 0,63$ (mm)

Ispitivanja su obuhvatila određivanje funkcije postojanosti alata, a izvedena su na bazi primene trofaktornog plana eksperimenta. Merenje širine pojasa habanja na ledjnoj površini vršeno je univerzalnim mikroskopom. Obrada eksperimentalnih rezultata (tabela 1) izvršena je na elektronskom računaru.

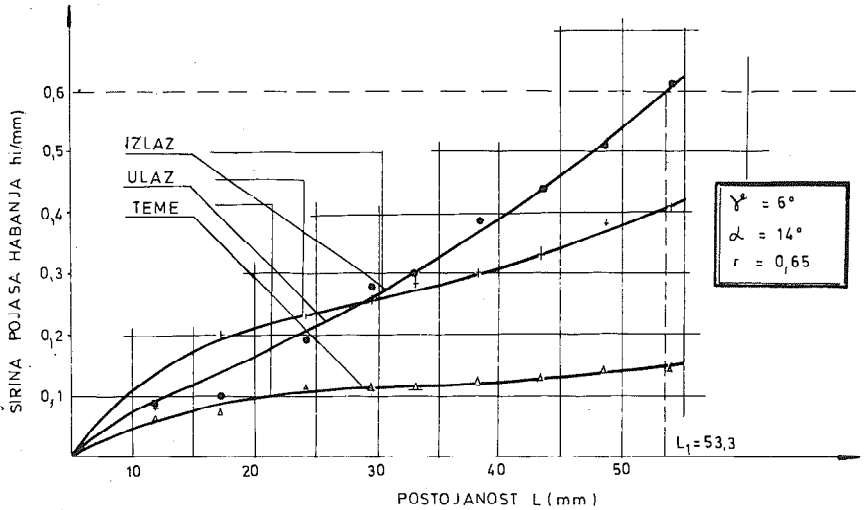
4. REZULTATI EKSPERIMENTA I NJIHOVA ANALIZA

U tabeli 1 dati su usvojeni nivoi analiziranih geometrijskih parametara i korespondentna plan-matrica sa rezultatima ispitivanja.

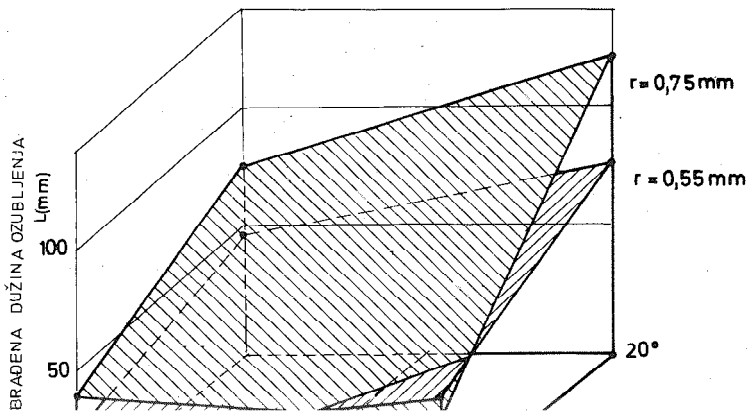
Tabela 1. Plan i rezultati eksperimenta.

GEOMETRIJSKI PARAMETRI PROCESA			VISOKI NIVO		12			20			0,75			POSTOJANOST (mm)				
					6			14			0,65							
					0			8			0,55							
γ (o)	α (o)	r (mm)	broj eksperi- menta	kod red izvođen	VIŠEFAKTORNI PLAN PRVOG REDA $2^k + n_0$												L	↑
					X_0	X_1	X_2	X_3	$X_1 X_2$	$X_1 X_3$	$X_2 X_3$	$X_1 X_2 X_3$	izmereno	izračunato				
12	8	0,55	1	9	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	35,1	33,4			
12	20	0,55	2	11	1	1	1	-1	1	-1	-1	-1	-1	71,6	68,89			
0	20	0,55	3	12	1	-1	1	-1	-1	1	-1	1	-1	57,1	55,4			
0	8	0,55	4	4	1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	-1	25,6	23,9			
12	8	0,75	5	10	1	1	1	1	-1	1	-1	-1	-1	32,7	31,01			
12	20	0,75	6	5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	125,1	123,39			
0	20	0,75	7	2	1	-1	1	1	-1	-1	1	-1	-1	71,2	69,5			

Kao kriterijum habanja alata, utvrđen na osnovu krivih habanja, usvojen je $h_1 = 0,6 \text{ mm}$ (sl. 5).



Slika 5. Primer razvoja procesa habanja jednozubog odvalnog glodala za jednu eksperimentalnu tačku.



Na osnovu statističke obrade dobijenih rezultata utvrđeno je pouzdan funkcija postojanosti odvalnog glodala oblika:

$$L = -50,5209 + 14,055\gamma + 3,3583\alpha + 97,164r - 1,094\gamma.\alpha - 24,621\gamma.r - 1,333\alpha.r + 2,052\gamma.\alpha.r \quad (5)$$

Koristeći jednačinu (5) dobijeni su na računaru podaci o postojanosti alata sa neophodnom grafičkom interpretacijom funkcije $L = f(\gamma, \alpha)$ (sl. 6).

Disperziona analiza, izvršena takodje na elektronskom računaru, pokazala je da jednačinom (5) adekvatno opisuje zavisnost postojanosti od grudnog ugla, ledjnog ugla i radijusa vrha zuba.

5. ZAKLJUČAK

Na bazi dobijenih rezultata istraživanja datog složenog obradnog procesa može se konstatovati sledeće:

1. Povećanjem analiziranih geometrijskih parametara reznog klina alata (γ, α, r) postiže se i povišenje postojanosti glodala.

2. Optimalnu reznu geometriju pretstavljaju maksimalne vrednosti parametara γ, α i r , koje dozvoljavaju tehničko-tehnološka ograničenja, pre svega zahtevana tačnost ozubljenja i čvrstoća reznog klina alata.

3. Za uslove nižih zahteva tačnosti obrade opravdano je u daljem radu posvetiti posebnu pažnju istraživanju uslova za ekonomičnu proizvodnju i primenu alata sa većim grudnim uglovima nego što je to uobičajeno u praksi.

R E F E R E N C E

- [1] Banjac, D., Sovilj, B., Optimizacija parametara reš.rezanja pri odv.glodanju cilindričnih zupčanika, II naučno-stručni skup MMA '79, Novi Sad, oktobra 1979. godine.
- [2] Vasić, S., Istraživanje uticaja rezne geometrije odvalnog glodala na funkciju postojanosti pri ozubljenju cilindričnih zupčanika. Diplomski rad, Novi Sad, 1979.
- [3] Zahar, S., Analiza procesa odvalnog glodanja. Disertacija, Kragujevac

- |6| Sovilj, B., Analiza uticaja parametara režima rezanja na izlazno karakteristike procesa odvalnog glodanja primenom elektronskog računara, Seminarski rad, FTN, Novi Sad, 1977.
- |7| Stanić, J., Metod inženjerskih merenja, Mašinski fakultet, Beograd, 1975.
- |8| Sulzer, G., Leistungsteigerung bei der Zylinderradherstellung durch genaue Erfassung der Zerspänkinematik., Diss., TH Aachen, 1973.
- |9| Hoffmeister, B., Über den Verschleiss am Wälzfräser, Diss., TH, 1970.
- |10| Ичалова, О., Исследование влияния геометрических параметров червячной фрезы на ее стойкость, Резание и инструмент ВЪПУСК 14, Харьков, 1975.
Тумашенно, Х.,
- |11| Banjac, D., Tehnoekonomska optimizacija elemenata tehnologije mašinske obrade, Elaborat, Novi Sad, 1980.
Sovilj, B., i dr.

Banjac D., Sovilj B., Vasić S.,

DER EINFLUSS DER SCHNEINDENGEOMETRIE AUF DIE WERKZEUGSTANDZEIT BEIM WÄLZFRÄSEN
DER STIRNRÄDERN

Zusammenfassung

Bei der Optimierung des Wälzfräsens der Stirnrädern ist sehr wichtig die Auswahl der Optimalgeometrie am Schneidkeil. Deswegen im Artikel wurden die Ergebnisse der Untersuchung der Abhängigkeit von den wichtigsten Parametern des Schneidkeiles und der Standzeit dargestellt. Ergebene Abhängigkeit zeigt, dass die Auswahl grösseren Parametern des Schneidkeiles im Bereich der technischen Grenzen eine Basis für die grössere Standzeit ist.

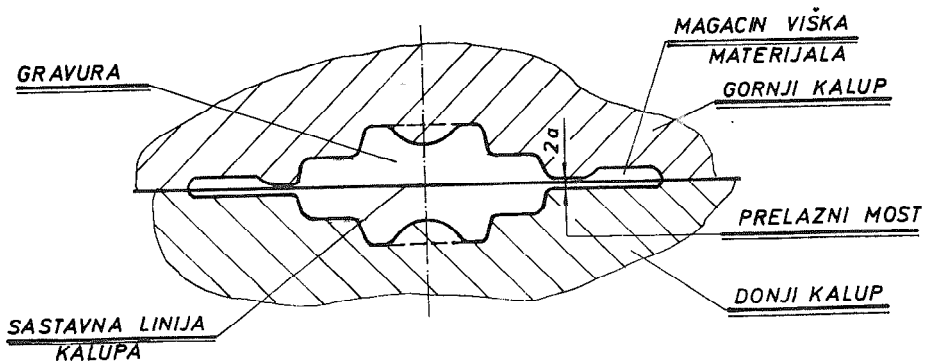
Ljubomir Bogdanov, dipl.maš.ing.*

OPTIMALNI KRITERIJUMI ZA PRORAČUN I OCENU PODOBNOSTI TEHNOLOGIJE KOVANJA U ZATVORENIM KALUPIMA

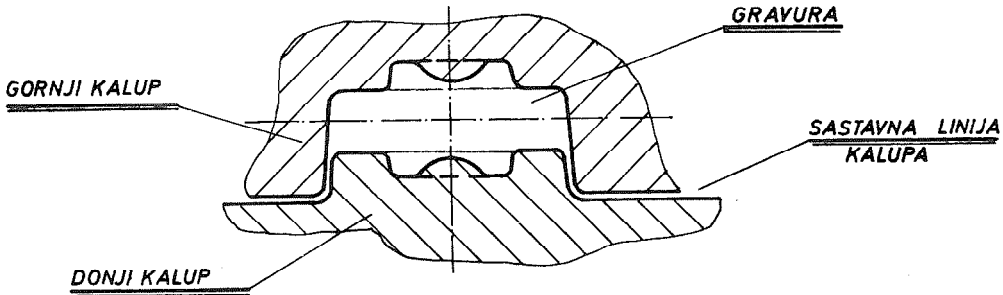
1. Uvod

Kovanjem u kalupima dobijaju se komadi za opštu reprodukciju sa minimalnim otpadom materijala. Manja je tačnost izrade otkovaka u kalupima sa vencem, pri čemu je gubitak materijala usled obgorevanja i venca u proseku 30%. Ovo je prosečna vrednost, a može biti i veći i manji. Kod okruglih otkovaka kreće se u granicama do 14%, a kod polužastih do 80% i više procenata.

U ukupnom bilansu gubitaka materijala najveći deo čini magacin viška materijala koji odnosi 70-80% od svih gubitaka (sl.1).



Da bi se izbegao ovako visok procenat gubitaka materijala u vencu onda se primenjuje kovanje u zatvorenim kalupima. Ovde se javlja mali venac koji smeta kod mehaničke obrade ukoliko se specijalnim alatom za krzanje ne okrza (sl.2).



Sl. 2

Gubitak materijala usled obgorevanja u oba slučaja je isti sa aspekta režima zagrevanja. Najmanje je na prvom komadu u masi šaržiranih komada u peć, a najveći je kod poslednjeg jer se najduže greje. U proseku ovaj gubitak iznosi 1 do 3% izuzetno do 5% kod dogrevanja.

Ako je komad - otkovak složenog reljefnog oblika onda se zbog malih radijusa i složene sastavne linije kalupa javljaju uvećani prostori za višak materijala. Ako se konstruktivno izvodjenje alata obavi šablonski (jednoliko) onda će otkovak ostati bez popunjenih ivica i biće deblji po visini, a samim tim biće veći gubitak materijala.

Kovanje u zatvorenim kalupima zahteva da uložni materijal bude kalibriran ili svetlovučen. Ovim postupkom dobijaju se tačne dimenzije preseka šipki. Greške u težini sečenja manifestuju se u dužini sečenja. Ta greška je normalna ako je u granicama do 10%. Grešku sečenja možemo definisati prema sl.3.

$$\lambda = \frac{V_{\max} - V_{\min}}{V_{\min}} \quad (1)$$

gde je:

- λ | % | - greška sečenja,
 V_{\max} | mm³ | - maksimalna zapremina uložnog materijala,
 V_{\min} | mm³ | - minimalna zapremina uložnog materijala.

Na osnovu gornje šeme ako je $\Delta L = \pm 0,5$ mm, onda je $\lambda = (1 \div 12\%)$

2. Promena dimenzija otkovaka kovanih u zatvorenim kalupima

Najlakše je posmatrati okrugao otkovak jer su moguće veze između geometrijskih parametara.

Ako označimo sa:

- F_{ul} | mm² | - površina poprečnog preseka uložnog materijala,
 L_{ul} | mm | - dužina uložnog materijala,
 H_i | mm | - visina odgovarajućih delova otkovaka,
 S_i | mm² | - odgovarajuće veličine poprečnih preseka otkovaka,
 f_i | mm² | - odgovarajući presek gravure alata na identičnom preseku otkovka (F),
 h_i | mm | - visina cilindričnog dela gravure koja odgovara visini otkovka (H_i).

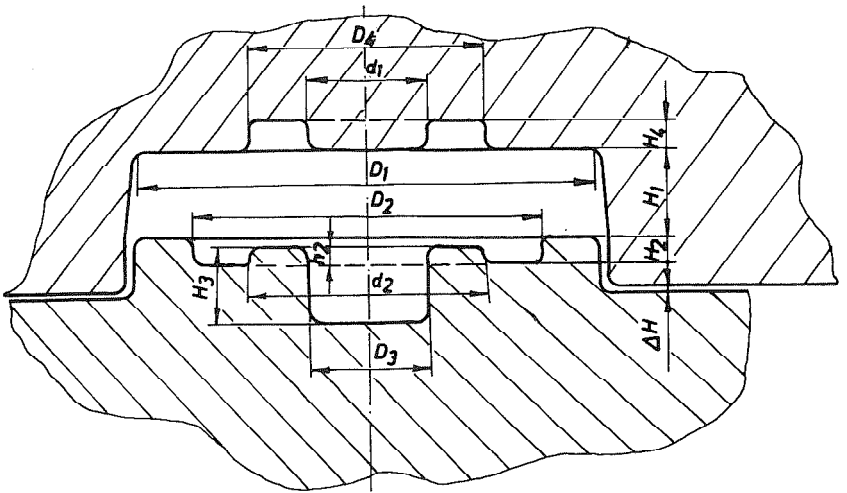
Iz uslova jednakih zapremina pri kovanju u zatvorenom kalupu visina jednog elementa otkovka može se iskazati u obliku (2):

$$H_1 = \frac{1}{S_1} \left| (F_{ul} L_{ul} - S_2 H_2 - \dots - S_k H_k) + (f_1 h_1 + f_2 h_2 + \dots + f_c h_c) \right| \quad (2)$$

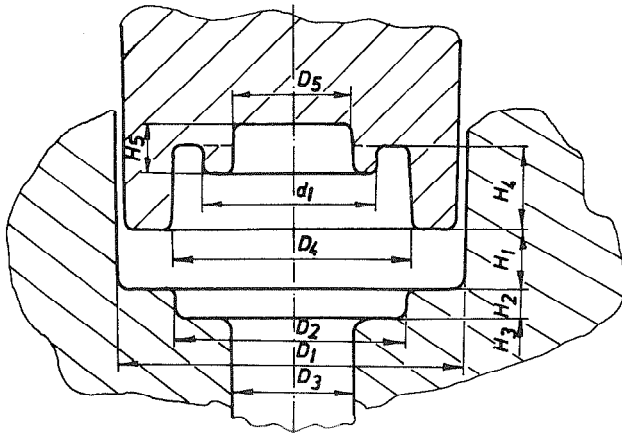
U datom slučaju određena greška elementa otkovka merena u

$$\Delta H_1 = \frac{1}{S_1^2} (F_u L_u - \sum_{i=2}^{i=k} S_i H_i + \sum_{j=1}^{j=1} f_j h_j) \Delta S_1 + \frac{F_k}{S_1} \Delta L_u +$$

$$+ \frac{L_u}{S_1} \Delta F_u - \frac{1}{S_1} \left(\sum_{i=2}^{i=k} S_i \Delta H_i + \sum_{j=2}^{i=k} H_i \Delta S_i \right) \quad (3)$$



SL. 4



Najbolje se može problem posmatrati u osno-simetričnom otkovku (sl.4 i 5).

Oznake na slici su:

$D_i; H_i$ - spoljašnji prečnici odgovarajuće visine otkovka,
 $d_i; h_i$ - prečnici i odgovarajuće visine gravure alata (šupljine otkovka),
 $d_u; L_u$ - prečnik i dužina uložnog materijala.

Za osno-simetrične otkovke jednačina (2) može se napisati u obliku:

$$d_u^2 L_u = \sum_{i=1}^{i=k} D_i^2 H_i - \sum_{j=1}^{j=1} d_j^2 h_j \quad (4)$$

Apsolutne vrednosti odstupanja u željenoj tački otkovka mogu se izraziti u zavisnosti od visine H - elementa iz obrasca (3), kako sledi:

$$\Delta H_1 = - \frac{2}{D_1^3} (d_u^2 L_u - \sum_{i=2}^{i=k} D_i^2 H_i + \sum_{j=1}^{j=1} d_j^2 h_j) \Delta D + \frac{d_u}{D_1^2} (d_u \Delta L_u + 2L_u \Delta d_u) - \frac{1}{D_1^2} (\sum_{i=2}^{i=k} 2D_i H_i \Delta D + \sum_{i=2}^{i=k} D_i^2 \Delta H_i) \quad (5)$$

Promene dimenzije otkovka u vezi su sa položajima elemenata alata i uslova rada mašina. Odstupanja mera otkovka prema konfiji alata (iz sl.2) više se odražavaju na visinske mere dok za prečnike mogu se zanemariti. Za otkovke prema sl.4 možemo staviti da je:

$$0 \leq \Delta d_u \leq \Delta_1 + \Delta_2$$

$$0 \leq \Delta L_u \leq 2 \Delta L$$

i ako ove vrednosti primenimo u jednačini (5) uvažavajući standardna odstupanja prečnika uložnog materijala prema JUS ili DIN, dobijamo:

$$\Delta H_1 = \frac{2d_u^2}{D_1} \left| \Delta L + m(\Delta_1 + \Delta_2) \right| \quad (6)$$

$$(m = \frac{L_u}{d_u})$$

Prema formuli (6) moguće je u zadatim uslovima odrediti promene visine otkovka i predvideti nezatvaranje kalupa pri izradi delova na čekiću. U svemu ova odstupanja otkovaka zavise od odstupanja mera uložnog materijala.

Pri konstantnom prečniku uložnog materijala (kalibriran ili svetlo-vučen) odstupanja su izrazita samo kod dužine sečenja. Pri kovanju osno-simetričnih otkovaka dobijaju se sledeći odnosi za dva otkovka u istom alatu pod istim uslovima rada.

$$\frac{\Delta H_1}{\Delta H_2} = \frac{D_2^2}{D_1^2} \quad (7)$$

gde je:

ΔH_1 ; ΔH_2 - kolebanje visine prvog i drugog otkovka,

D_1 ; D_2 - prečnik I i II otkovka,

P r i m e r: Ako je $D_2 = 2D_1$ (prečnik drugog otkovka je dva puta veći od prečnika prvog, onda

odnosno:

$$\Delta H_1 = 4 \Delta H_2.$$

Zaključak je da je odstupanje visine kod prvog otkovka četi puta veće od drugog. Iz ovih razloga nije slučajno što je kova u zatvorenim kalupima niski po visini otkovaka znatno lakše. Kod nekih proizvođača otkovaka sa tehnologijom u zatvorenim kalupima postoje tehnološka ograničenja za primenu zatvorenih kalupa prema odnosu:

$$\frac{d_u^2}{D_1^2} \leq \frac{1}{7}$$

Kod kovanja na HKM odstupanja po visini su neznatna i zanemarljiva, dok po prečnicima postoje i može se napisati da je:

$$\Delta D_1 = \Delta D_2 = \Delta D_3 = \Delta D$$

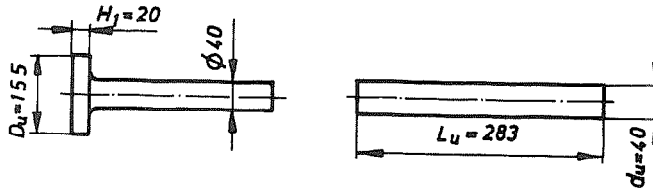
Ubacimo li vrednosti u jednačinu (4) dobijamo mehanička odstupanja prečnika:

$$\Delta D = \frac{d_u^2 |\Delta l + m(\Delta_1 + \Delta_2)|}{\sum_{i=1}^k D_i H_i} \quad (8)$$

Pretpostavimo da prečnici otkovaka od 1-n su smešteni u kalupu, a po n+1 do k u sabijaču. Onda će promena prečnika u ravni kalupa imati izraz:

$$d^2 |\Delta l + m(\Delta_1 + \Delta_2)|$$

P r i m e r :



Sl. 6

Prema jednačini (6).

$$\begin{aligned} d_u &= 40 \text{ mm} & \Delta_1 + \Delta_2 &= 0,8 \text{ mm} \\ L_u &= 283 \text{ mm} & \Delta l &= 1 \text{ mm} \end{aligned}$$

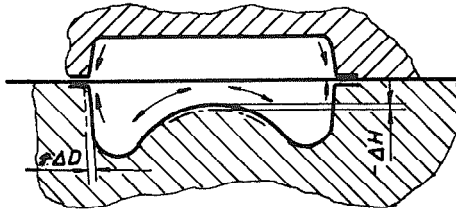
$$\Delta H_1 = \frac{2d_u^2}{D_1^2} \left| \Delta l + m(\Delta_1 + \Delta_2) \right| = \frac{2 \cdot 40^2}{155^2} \left| 1 + \frac{283}{40} (0,8) \right| = 0,89$$

Kao što se vidi, proračunate vrednosti bliske su stvarnim. One se kreću do 1 mm. Ovde treba uzeti u obzir i odstupanje uslova nastajanja elastičnih deformacija i termičkih uticaja uslova režima rada na alatu u sklopu sa mašinom.

Uticaj obgorevanja metala na tačnost dimenzije otkovka

Režim grejanja uložnog materijala promenljiv je u toku rada. Usled nesavršene organizacije radnog mesta i subjektivnog uticaja čoveka na proces kovanja. Gubitak materijala usled obgorevanja iznosi u proseku do 3% od mase uložnog materijala. Ako je obgorevanje manje (peć je podešena da je sagorevanje goriva optimalno), onda je otkovak deblji i duži, što zavisi od vrste otkovka i tehnološke postavke procesa. Ako je obgorevanje veće onda je tačnost veća jer je sav predviđeni višak materijala za obgorevanje "nestao" i ne popunjava gravuru alata.

Kod nekih mera je povećanje, a kod nekih smanjenje (sl.7).



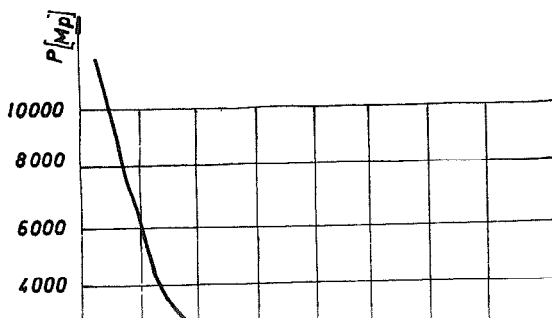
Sl. 7

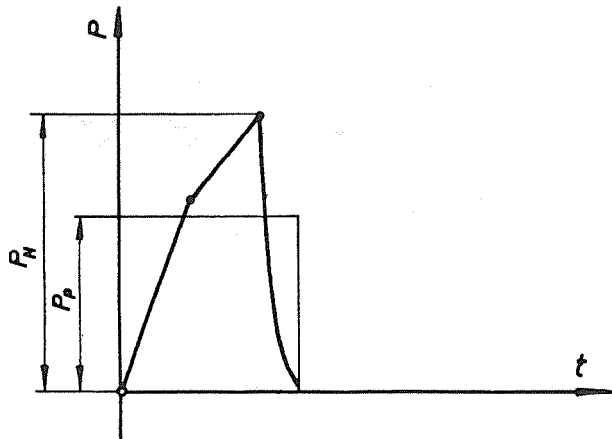
Rukovanje u kalupima sa vencem prisutna je neravnomerna priprema materijala u gravuri pa je promena dimenzije otkovka u svakoj tački otkovka neujednačena.

Pri kovanju u zatvorenim kalupima ravnomerniji je raspored materijala jer je i to tehnološki uslov, pa su odstupanja ujednačeni i sužena.

Raspored ukupne energije čekića umnogome utiče na tačnost izrade otkovka.

Ako silu definišemo ili energiju, kao: $P = f(\Delta h)$, onda je u jednom trenutku maksimalna sila - energija sa odredjenom deformacijom. Pri različitim dužinama puta sile deformisanja može se predstaviti grafikom (sl.8).





Sl. 9

Sila udara čekića pri neravnomernom odavanju energije

U stvarnosti na silu deformisanja utiču mnogi faktori:

- elastičnost sistema,
- sila energije pokretnih masa,
- toplotni režim i dr.

Iz dijagrama (sl.9) sila čekića kod neravnomerne raspodele energije je dva puta veća od ravnomerne, tj.:

$$P_n = 2 P_p$$

U stvarnosti na silu deformisanja utiču mnogi faktori:

- elastičnost sistema,
- sila inercije pokretnih masa,
- toplotni režim rada i dr.

Iz dijagrama sa sl.9 sila udara čekića kod neravnomerne ra

5. Uticaj temperature na tačnost izrade otkovaka

Relativna promena zapremine u gravuri pri promeni temperature za 1°C je:

$$\frac{\Delta V_t}{V} = \epsilon_1 + \epsilon_2 + \epsilon_3$$

gde je:

- ΔV_t - priraštaj zapremine gravure pri promeni temperature za 1°C ,
- V - zapremina gravure na optimalnoj temperaturi,
- $\epsilon_1, \epsilon_2, \epsilon_3$ - relativne promene dimenzija triju uzastopnih upravnih osa.

Ako uzmemo da je za alatne čekiće za kalupe koeficijent linearnog širenja:

$$\lambda = 0,000012 \quad \text{a}$$

$$\epsilon_1 = \epsilon_2 = \epsilon_3 = \epsilon$$

onda je relativna promena temperature za prečnike gravure:

$$\Delta t = t \frac{\Delta V_t}{V} = 3\epsilon t = 0,000036 t \quad (10)$$

Ako se u procesu koleba radna temperatura netačnost otkovaka će biti veća, a što se i može izračunati iz jednačine (10).

Na bazi ovog termo-dinamičkog procesa posmatrajući otkovak alat može se postaviti logična zavisnost za odstupanje mera otkovaka:

$$\Delta a = a_1 \epsilon' t_1 + b \epsilon'' t_2 \quad (11)$$

gde je:

ϵ " - relativna promena dimenzije u uslovima linearnog širenja metala,

t_2 - odstupanje temperature alata od nominalne vrednosti.

Iz ove analize može se zaključiti da organizacija procesa kovanja u zatvorenim kalupima može da dozvoli grešku sa aspekta oslabilosti režima grejanja uložnog materijala i alata do 5,4% (iskustveni podatak). Ovo je jedan od razloga da kovanje u zatvorenim kalupima ima manju primenu jer zahteva visoku tehničku kulturu i nika da shvati ove procese usled određenih tehnoloških ograničenja.

6. Dozvoljena odstupanja dimenzije otkovka

Pri kovanju u zatvorenim kalupima na veličinu dodatka za obradu utiču:

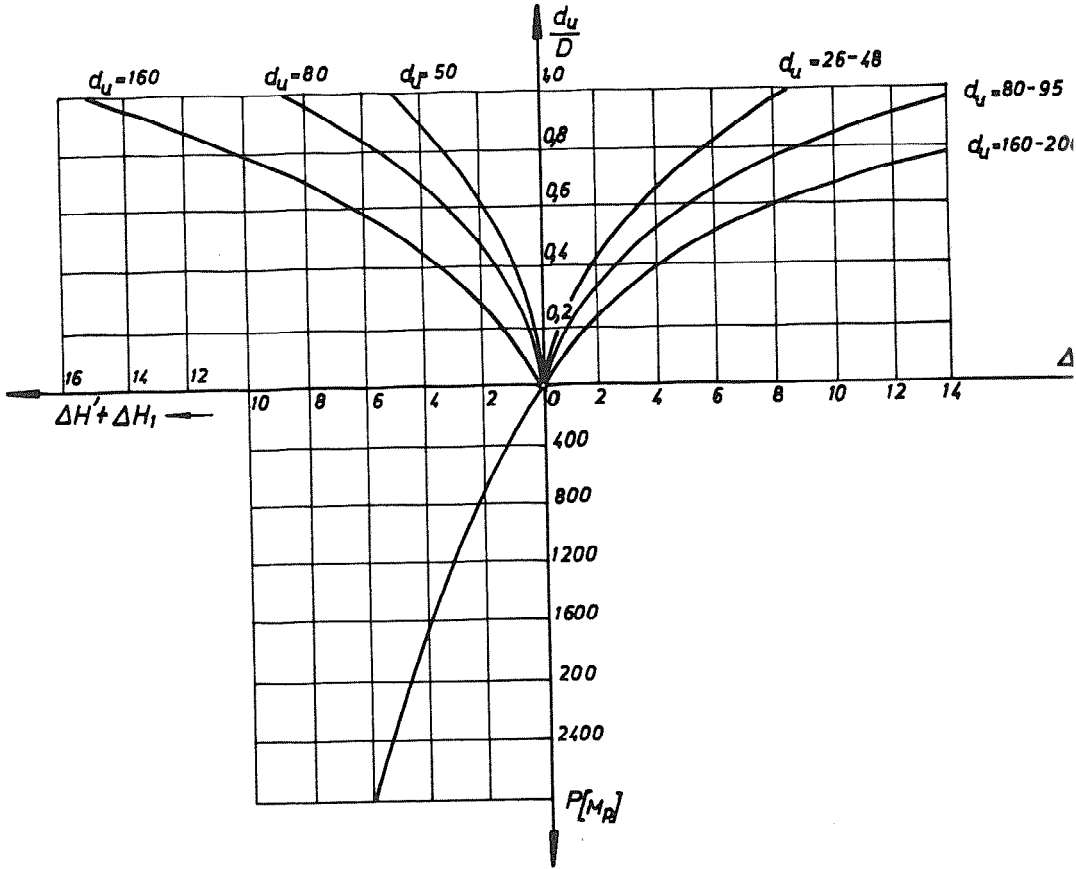
- tehnološka uklopljenost dela za kovanje prema procesu,
- tačnost izrade alata,
- tačnost rada mašine,
- režim zagrevanja materijala,
- promena temperature alata.

Ali, najveći uticaj ima promena zapremine uložnog materijala. Za određivanje promene visine uložnog materijala, a polazeći od pretpostavke da su za trenutak ostali parametri tačni i koristeći jednačine (6) i (1) može se uspostaviti odnos:

$$\Delta H = \frac{4\Delta V}{\pi D^2} \quad (12)$$

gde je:

ΔV - apsolutna promena zapremine,



Sl. 10

Promena geometrije mera otkovka u zavisnosti od ΔH (promene visine)

d_u - prečnik uložnog materijala,

D - maksimalni prečnik otkovka,

$\Delta H' + \Delta H'_1$ - promena visine otkovka u rezultatu promene dimenzije uložnog materijala,

obnavljanja temperature sistema i

pri izradi i istrošenosti zapremine gravure alata do 2% i iznosa obgorevanja 2% i promene temperature sistema $\pm 75^{\circ}\text{C}$. U trećem kvadrantu je predstavljena uslovna kriva promene visine otkovka u zavisnosti od opterećenja prese - čekića.

Kakve praktične koristi daje dijagram, uzećemo sledeće primer

Kuje se zupčanik u zatvorenom kalupu $D = 200$ mm iz uložnog materijala $d_u = 80$ mm. Proces kovanja i zagrevanja metala je ritmičan; obgorevanje minimalno. Promena visine otkovka iz dijagrama otkovaka biće:

$$\frac{d_u}{D} = \frac{80}{200} = 0,4 \quad \text{sledi} \quad \Delta H \approx 2,8 \text{ mm}$$

Ako se obgorevanje poveća na 2% (maksimalno), onda je:

$$\Delta H(\text{max}) = 3,4 \text{ mm}$$

Iz ovih razloga uložni materijal prema maksimalnom prečniku otkovka treba da bude:

$$\frac{d_u}{D} \rightarrow 0, \quad \text{odnosno} \quad \frac{d_u}{D} \leq 0,33$$

7. Zaključak

Za pravilan izbor konstrukcije alata za kovanje u zatvorenim i otvorenim kalupima potrebno je znati uticaj fizičkih pojava očvršćavanja materijala za izbor optimalnih parametara alata.

Fizika loma tvrdog tela, mehanika plastične deformacije i druge naučne discipline su baza za razvoj konstrukcije alata za mašine velikih udarnih energija.

Tehnologija kovanja usmerava se u sledeće pravce:

- težnja ka smanjenju dodataka za obradu i kovačkih nagiba u cilju ušteda materijala.

Odredjena težinska grupa otkovaka zahteva i odredjenu vrstu materijala i mašina za kovanje.

XIV SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE, ČAČAK, 1980

M. Dragović, Lj. Kapsarev, V. Vukićević, M. Marjanović x)

NEKI ASPEKTI RACIONALIZACIJE U POGONU ZA PROIZVODNJU
REZERVNIH DELOVA

1. Uvod

Proizvodnja rezervnih delova nije još uvek dovoljno podvrgnuta odgovarajućim analizama, čiji bi cilj bio postizanje maksimalnih efekata u pogledu njene racionalizacije i integracije u proces održavanja osnovne proizvodne opreme. S druge strane sigurnost u snabdevanju održavanja rezervnim delovima je jedan od najznačajnijih uslova za njegovo uspešno delovanje i omogućavanje postizanja efekata u osnovnoj proizvodnji.

U uslovima dinamičkog razvoja proizvodnje korisnik opreme ne može se osloniti na proizvođača osnovne opreme kao na isključivog i sigurnog dobavljača rezervnih delova, usled raznovrsnosti proizvođača pojedinih standardnih sastavnih delova i velikog broja ugrađenih delova, koji se izrađuju za posebne slučajeve prema tehničkoj dokumentaciji za svaki određeni slučaj pri čemu je rok isporuke uglavnom dug, a cena velika. Iz tih razloga došlo je do izgradnje znatnih kapaciteta za proizvodnju rezervnih delova uz velike kapacitete bazične industrije. To su po pravilu pogoni univerzalne namene i sa proizvodnim kapacitetima koji se lako mogu prilagoditi promenljivim zahtevima održavanja za izradom delova ili za intervencijama u slučajevima kvarova i lomova.

x) Momčilo Dragović, dipl. ing., sam. saradnik i Vladimir Vukićević

Sistematsko sagledavanje mogućnosti za racionalizaciju proizvodnje u ovakvim pogonima je deo aktivnosti koje se preduzimaju u Institutu IAMA u okviru programa racionalizacije održavanja tehnološke opreme i sistema za planiranje i upravljanje održavanjem /REMAX/, pa se u ovom radu iznose iskustva autora u praktičnoj postavci i realizaciji sistema u konkretnim slučajevima u praksi.

U principu se razlikuje pristup racionalizaciji proizvodnje rezervnih delova proizvođača investicione opreme i njenog korisnika. Proizvođač je zainteresovan za dalje iskorišćenje svojih kapaciteta za proizvodnju delova i komercijalne efekte njihove isporuke, dok je korisnik u prvom redu zainteresovan za efekte iskorišćenja opreme. Imajući u vidu ovu činjenicu u ovom radu je posebno tretiran pristup korisnika obzirom na integralnost sistema za proizvodnju rezervnih delova i sistema održavanja proizvodne opreme.

2. Okolnosti koje utiču na planiranje i upravljanje proizvodnjom rezervnih delova

Rezervni delovi koji se proizvode u ovakvim pogonima veoma su različiti u pogledu svoje konstrukcije, dimenzija, materijala od koga su izradjeni i namene samih delova, odnosno njihove funkcije u proizvodnom postrojenju. Proizvodnja takvih delova uslovljava i opremanje pogona univerzalnim mašinama za izradu, montažu, dorade i sl. Ovo utiče i na raspored proizvodnih mašina, koje se obično grupišu prema vrsti obrade, a ne prema procesu obrade, jer se on ne može ustaliti.

Na formiranje sistema za planiranje i upravljanje u prvom redu uticaće sledeće aktivnosti:

- Zahtevi za proizvodnjom rezervnih delova se uglavnom ponavljaju iz godine u godinu, ali su količine za izradu najčešće male ili se čak radi o zahtevima za izradu jednog ili par delova.

- Po svojoj konstrukciji rezervni delovi su međusobno veoma različiti što uslovljava duža vremena za pripremu mašine, alata, pomoćnog i mernog pribora.

- Materijali za izradu rezervnih delova određeni su tehničkom dokumentacijom, koju isporučilac investicione opreme dostavlja korisniku. Kvalitet i dimenzije materijala su veoma raznovrsni, pa se praktično ne može obezbediti racionalna izrada delova u odgovarajućem kvalitetu i razumnom roku isporuke. Naime, ako bi želeli da skratimo rokove isporuke i smanjimo troškove zbog otpada materijala, skladište sirovina bi moralo da raspolaže sa velikim brojem pozicija šipkastih i drugih proizvoda od čelika i obojenih metala. Zbog toga je neophodno izvesti unifikaciju i tipizaciju materijala za izradu koji će se držati na skladištu sirovina.

- Tipizacija i česte supstitucije materijala za izradu rezervnih delova zahtevaju veoma stručan rad, obzirom na odgovornost funkcije delova u proizvodnom postrojenju.

- Pogoni za proizvodnju rezervnih delova su veoma često u situaciji da intervenišu u hitnim slučajevima, bilo da je u pitanju izrada delova ili opravka oštećenja izazvanog kvarom na proizvodnom postrojenju. Takve situacije dovode do prekida već započetih procesa izrade, što remeti planove proizvodnje i povećava troškove izrade delova. Ipak, ovakvi slučajevi ne mogu se izbeći zbog neophodnosti da se skрати trajanje zastoja u osnovnoj proizvodnji, čiji su troškovi najveća stavka u ukupnim troškovima održavanja.

Dakle, sistem za planiranje i upravljanje pogonom za proizvodnju rezervnih delova je u velikoj zavisnosti od sistema za planiranje i upravljanje održavanjem. Dobro rešenje planova rezervnih delova za potrebe održavanja i sistemsko formiranje i prikupljanje podataka o procesu izrade istih, olakšaće planiranje i upravljanje procesom rada u pogonu za proizvodnju rezervnih delova i omogućiti izvođenje raznih zahvata koji bi poslužili racionalizaciji izrade.

3. Sistem za operativno planiranje (metode i pomoćna sredstva)

Rešavajući zadatke operativnog planiranja u Institutu IAMA su razvijene odgovarajuće metode rada koje baziraju na korišćenju pomoćnih sredstava pogodnih za kvalitetno praćenje stanja i brzo manipulisanje nosiocima podataka i informacija (radnom dokumentacijom). Operativno planiranje se izvodi na tri nivoa:

Nivo I, ili tzv. "nadzor", predstavlja kompletan pregled problematike po svakom pojedinačnom radnom zadatku, pri čemu se želi postići jedinstvena kontrola događaja unutar procesa koji su međusobno direktno povezani ili zavisni. Da bi se obezbedio brz uvid u stanje "nadzora" neophodna je primena sinoptičkih pomoćnih sredstava.

Nivo II, ili tzv. "predpodela" predstavlja grupisanje pojedinačnih radnih zadataka prema vrsti i redosledu izvodjenja vodeći računa o raspoloživim kapacitetima. Na ovom nivou planiranja osnovni je cilj da se izvrše sve potrebne pregradnje kako bi se odgovarajući radni zadatak neometano mogao lansirati u rad.

Nivo III, ili tzv. "završna podela", predstavlja kratkoročno planiranje usaglašeno sa trenutnim uslovima koji proističu iz okruženja i nastalih događaja - posebno u zavisnosti od raspoloživih kapaciteta.

Sam postupak planiranja i upravljanja odvija se na sledeći način:

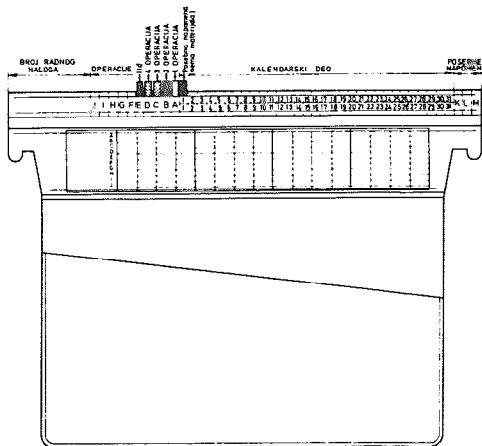
Celokupna radna dokumentacija po jednom radnom zadatku odlaže se, nakon predhodne provere i kompletiranja, u tzv. "višeću mapu" - organizaciono pomoćno sredstvo za sinoptičko praćenje.

Na sl. 1 dat je prikaz jedne takve mape za koju je karakteristično da, pored mesta za identifikaciju predmetnog posla (npr. broj radnog naloga), u svom zaglavlju sadrži i dovoljno mesta za signaliziranje svih parcijalnih zahvata koje na njemu tr-

sledu mogućeg izvršenja. Na kalendarskom delu viseće mape (dvomesečna ili godišnja terminska podela) vrši se terminiranje.

Dopunska sinoptička izražajnost zaglavlja viseće mape omogućena je postavljanjem signala na deo za posebne napomene.

Skup, na ovaj način pripremljenih visećih mapa, organizovanih po grupama poslova u posebnim terminskim centralama, obrazuje tzv. "nadzor naloga". "Nadzor" predstavlja prvi nivo operativnog planiranja i omogućava uvid u strukturu i stepen gotovosti pojedinih operacija po svakom poslu koji se prati, sl. 2.



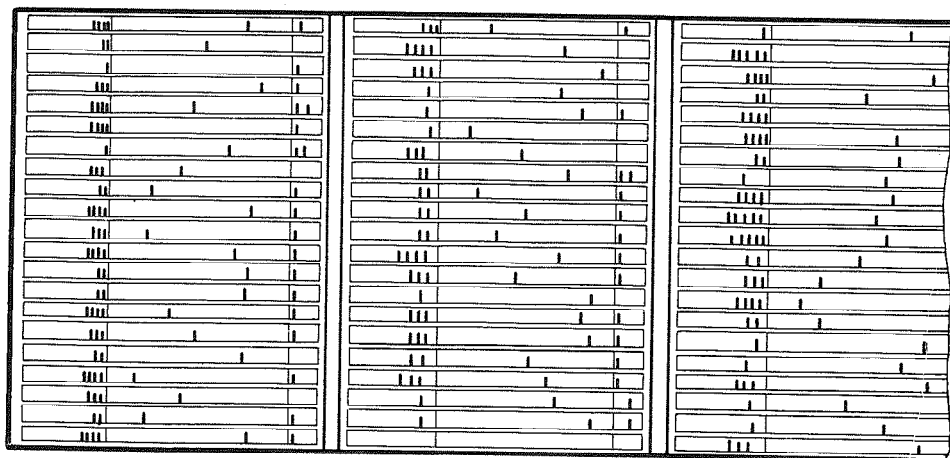
Sl. 1 Viseća mapa za nadzor naloga

Valja napomenuti da se u zaglavlju viseće mape za ovaj nivo planiranja nalazi i dopunski kalendar u terminskim jedinicama po svakoj aktivnosti, tako da se na njega mogu preneti planovi željenog započinjanja izvršenja svake aktivnosti po datom poslu.

To ujedno omogućava i iniciranje izvodjenja procesa razlaganja nadzora na tzv. "predpodelu", što već predstavlja drugi nivo operativnog planiranja, sl. 3.

Za svaku aktivnost na jednom poslu koja hronološki sle-

mapom koja ostaje u "nadzoru", a sama se odlaže u posebnu terminsku centralu za predpodelu koja se i fizički nalazi blizu nadzora. Jasno je da se odgovarajući signal sa zaglavlja viseće mape u nadzoru prebacuje na deo za "posebne napomene" i time označava da je data aktivnost u toku. Istobojni se signal na mapi za predpodelu postavlja na planirani termin najkasnijeg početka realizovanja te aktivnosti. Tako se postiže da se ovim nivoom planiranja ostvari distribucija aktivnosti po terminskim jedinicama. Sinoptički se to održava formiranjem tzv. "terminske dijagonale", pošto se odlaganje mapa po jednoj aktivnosti vrši isključivo u funkciji vremena. Važno je istaći da se "lansiranje" aktivnosti iz nadzora u predpodelu vrši kontinuirano, tj. kad god okolnosti omogućavaju njihovo realizovanje.

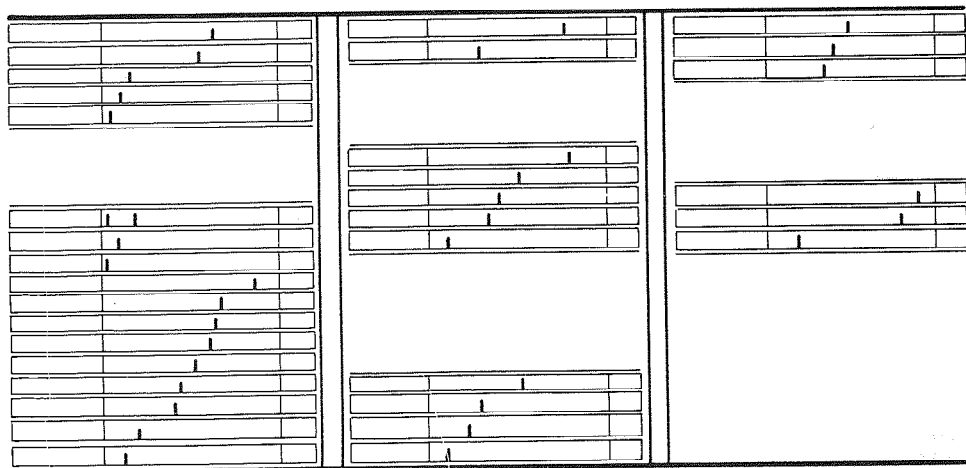


Sl. 2 Terminska centrala "nadzor naloga"

Treći nivo planiranja, tzv. fino planiranje ili "završna podela" odvija se na nivou neposrednih izvršilaca pojedinih aktivnosti, sl. 4. Formiranje novih mapa nije potrebno pošto se ovde radi zapravo o fizičkoj podeli "raspodele" na mesta neposr-

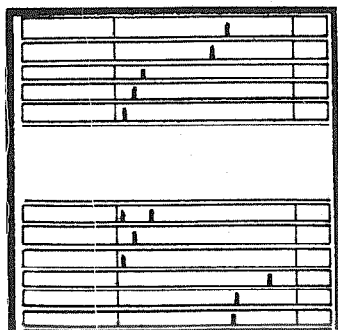
su izvodjenja aktivnosti koja na datom poslu hronološki predstoji.

Ovim je ukratko bio prikazan postupak operativnog planiranja kakvim se Institut koristi. Mada je on ovde ilustrovan pomo-



Sl. 3 Terminska centrala "predpodela naloga"

ćnim organizacionim sredstvima projektovanim i izvedenim u sopstvenoj kući, ipak su njegove poruke univerzalne.



U svakoj budućoj organizaciji koja bi se bazirala na kompjuterskoj obradi podataka i informacija, gornja metodologija bi se proširila samo dopunskim softverskim rešenjima.

Sl. 5 Deo dokumentacije za potrebe planiranja i upravljanja proizvodnjom.

1	3512	00836	14	1592	19	0527	02
Količina		Naručilac		Vr. raifa		R. račlog	
Proizvod		Br. zaštava		Dopuna		Kod dela	
Slobodni zupčanik		Br. crteža		Izvršilac		PLD	
Dimenzija - model		TB.1302.02.00		Poz.		2	
Č.1530		Ø210x115		Koli./JM		32	
Materijal		Mesto uskladištenja		JM		kom	
Kod operacije		OPIS TEHNOLOŠKOG POSTUPKA		JM		kp	
1.01.2		Iseći čelik Ø210 na 115mm.		K		Planirano vreme	
2.02.1		Obraditi kote: 110, Ø201 h8, a kotu		Izvršeno vreme		I čas	
5.06.1		Ø110H9 na Ø109,6 i kotu 30°		Izvršeno vreme		I čas	
2.03.3		Obraditi 65 zuba, a meru preko zuba os- tvariti u plusu 0,5. Podela: 24/65, brzina 31/56, n=100°/min, korak: 32/64, 1mm/ok.		Izvršeno vreme		I čas	
KO		Plameno kaljenje		Izvršeno vreme		I čas	
KO		Brušenje profile zuba		Izvršeno vreme		I čas	
D		Skladište međufaze		Izvršeno vreme		I čas	
				Datum		Izradio	
				27.12.79.		Popis	
				Datum		Izradio	
				27.12.79.		IAMA - Beograd, sistem REMAX	
				Datum		Izradio	
				27.12.79.		IAMA - Beograd, sistem REMAX	
				Datum		Izradio	
				27.12.79.		IAMA - Beograd, sistem REMAX	

MKS-R 06

07

ZAKLJUČAK

U radu je data problematika i faktori koji utiču na planiranje i upravljanje proizvodnjom rezervnih delova u karakterističnim uslovima remontnih uslužnih radionica. U kraćem osvrtnu prikazani su nivoi razrade operativnog plana proizvodnje na kojima se baziraju primenjena rešenja IAMA.

ZUSAMMENFASSUNG

Im artikel sind Problematik und Einflussfaktoren an Plänen und Steuern der Ersatzteile -Produktion gegeben und zwar speziell bei Remontwerkstutten. Im kurtzem Hinblick ist Aufteilung eines Produktionsplan wei eine Basis für praktische Lösungen des Institut IAMA darrgestellt.

LITERATURA

- 1 Dragović M. i grupa saradnika, Jedan od primenjenih sistema rada u pripremi održavanja, III godišnja konferencija YUMO, Budva (1974)
- 2 Dragović M., Pejak., REMAX sistem održavanja tehnološke opreme, održavanje mašina i opreme 4 (1975) 3
- 3 Dragović M., Pejak P., Grigorijev V., Vuković K., Značaj uloga i zadaci Pripreme rada u održavanju, V konferencija YUMO, Novi Sad (1976)
- 4 Djukanović V., i grupa saradnika, Planske popravke u metalurškom pogonu, III konferencija YUMO, Budva (1974)
- 5 Alfred Degelmann: Organisationsleiter handbuch, verlag Moderne Industrie Waltgan Dummer & CO 8. MUNSHEN 50
- 6 Engel H.K., Handbuch der neuen Techniken des Industrial Engineering, Verlag Moderne Industrie, Moflgang Dummer & Co, Munchen (1972)
- 7 Pejak P., Butorajac D., Dragović M., REMAX sistem u održavanju alataih mašina, X savetovanje proizvodnog mašinstva, Beograd, (1975)
- 8 Robaj Z., Dragović M., Janus Ž., Uvodjenje sistema preventivnog održavanja u TE "KOSOVO" i njegov uticaj na produktiv-

- 10 M. Tomašević, P. Pejak, V. Šolaja, Održavanje sredstava za rad na osnovu utvrđenog stanja, VI konferencija YUMO, Mostar (1977)
- 11 M. Dragović, M. Tomašević: REMAX sistem u praksi novi rezultati racionalizacije održavanja
- 12 M. Dragović, M. Tomašević, P. Pejak i grupa saradnika: Terotehnološki priručnik TE "Kosovo I-V".
- 13 Dragović M., Tomašević M., Pejak P., Šolaja, V., Pristup izgradnji sistema planiranja i snabdevanja rezervnih delova i materijala za održavanje, Saopštenja IAMA, 26, Beograd (1978). 3575.

XIV САВЕТОВАЊЕ ПРОИЗВОДНОГ МАШИНСТВА ЈУГОСЛАВИЈЕ, ЧАЧАК 1980

В. ДУКОВСКИ*)

ОЦЕНКА НА СОСТОЈБАТА НА МАШИНАТА ПРЕМА НЕЈЗИНАТА КРУТОСТНА КАРАКТЕРИСТИКА

1. УВОДНИ НАПОМЕНИ ЗА КОМПЛЕКСНИТЕ ЕКСПЕРИМЕНТАЛНИ ИСПИТУВАЊА НА МЕТАЛОРЕЗАЧ- КИТЕ МАШИНИ

Проблематиката сврзана со оценката на состојбата на една машина отсекогаш била присатна во истражувањата како на истражувачите кои создаваат нови машини така и на оние кои се занимаваат со проблематиката сврзана со експлоатацијата и одржувањето на машините. Едноставни општоприфатени се стандардите за геометријски истражувања кои во основа ги содржат истражувањата и препораките на Schlesinger /1,2/, а се вршат на неоптеретена машина. Како испитување во оптеретена состојба предвидени се испитувањата на работна точност /2/. И покрај тоа што од истражувањата и воведувањето на испитувањата по Schlesinger поминало доста време, сведоци сме на релативно скромно збогатување со општоприфатени методи на испитување со кои поцелосно би се оценила состојбата на една машина. Во изминатиот период издиференцирани се повеќе методи за испитување со кои комплексно се оценува состојбата на една машина. Треба да се споменат /2,3,4,5/:

- испитувањата на статичката крутост,
- испитувањата на вибростабилноста
- испитување на температурата и температурните деформации,
- испитување на бучавата и акустичка дијагностика
- енергетски испитувања
- испитувања на преодни процеси и др.

Во нашата земја методологијата за погореспоменатите испитувања е предложена во препораките од IAMA /4/, кои не содржат нормирани вредности за поедините испитувања. Стандардите на другите земји воглавном не ја опфаќаат оваа проблематика, меѓутоа таа е присатна во соодветни општоприфатени државни препораки така што често е разработена на ниво на стандард. На пример во СССР во ГОСТ стандардите се вклучени

испикувањата на статичката крутост /6/ додека пак за испитувањата на вибростабилност постои прецизно разработена методологија /7/ која постојано се усовршува со тенденција да се опфати со стандардите. Овие испитувања се прифатени воглавно од некои источноевропски социјалистички земји.

Од аспект на примената на вибро и акустичната дијагностика може да се забележи нејзината битна ефикасност во откривањето на недостатоците во конструктивните изведби, на кој проблем и понатаму се работи во истражувачките центри /9,10/.

Не навлегувајќи во подетално елаборирање на погорните проблеми ќе изнесеме мислење дека при примената на комплексните методи за испитување како главна пречка се јавува релативно сложената методологија и скапа и сложена инструментација често воопшто непогодна за погонски услови на испитување. Меѓутоа главната цел на испитувањата е нивна применливост во погонски услови, тие да станат ефикасно средство во дијагностиката на состојбата на машините во секојдневната битка за квалитет /5/. На овој план малку е сторено во разработката и доработката на комплексни методи, методологија и инструментација која релативно едноставно и обврзно ќе се користи во праксата како што е случајот со геометријските испитувања разработени од Schlezinger. Се чини дека и нивната општа прифатеност и додесна ненадминатост се должи на погорниот заклучок.

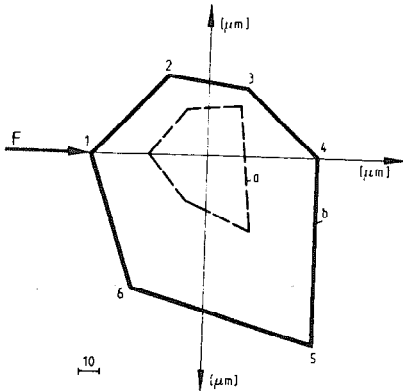
2. ЗА МЕТОДИТЕ НА ИСПИТУВАЊЕ НА СТАТИЧКАТА КРУТОСТ НА МАШИНИТЕ

Овие испитувања се повеќе се прифаќаат како испитувања за оценка на состојбата на една машина. Тоа секако се должи како на добрите резултати кои се постигнуваат со нивната примена, така и на релативно едноставната постапка и инструментација за нивно спроведување.

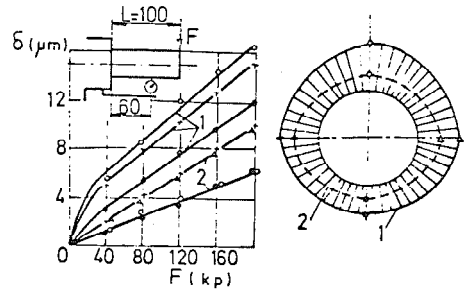
Од постојните методологии и истражувања може да издвоиме два вида на испитувања /6/:

- испитување на статичката крутост на склоповите на машината, и
- испитувања на статичката крутост на машината како систем.

Во првиот случај за одбележување се резултатите од испитувањата на склопот на главното вретено кои се вршени во IAMA /11/. Со нив може да се даде оценка за квалитетот на изработка и монтажа на склопот на главното вретено. Кружниот ди-



Сл.1. Еластични деформации на главното вретено при различни агли на завртување ($F=400$ кр), а) без глава за стегање, б) со глава за стегање /6/

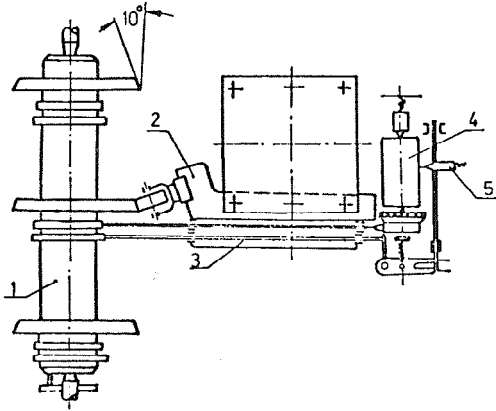


Сл.2. Еластични деформации на пинолата на коњето и кружен дијаграм при различни положби на силата ($F=12$ кр): 1-пинолата не е стегната, 2-пинолата е стегната, \cdot - силата делува надолу, \circ -нагоре; $+$ - одназад, $-$ однапред /12/.

Одбележувајќи ги овие истражувања сакаме да укажеме на уделот на КОНТАКТНИТЕ ДЕФОРМАЦИИ во вкупните деформации на машината. Имено сумарните деформации на склоповит на една машина се резултат од сопствените деформации на елементите и контактните деформации кои се јавуваат во споевите. Притоа ќе ја одбележиме констатацијата на г дини автори /12/ за уделот на контактните деформации во вкупните деформации: "... склопот на главното вретено контактните деформации сочинуваат до 50%, додека пак конзолите и супортите на машините до 80-90%. Во билансот на еластичните деформации кај струговите контактните деформации, приведени во зоната на режење сочинуваат до 50% од еластичните деформации на системот машина-алат-предмет".

Во значајните теоретски истражувања во нашата земја и во светот упатени планот на пресметковно одредување на деформациите на металорезочните машини скоро исклучиво се развиени и користени модели кои ги пресметуваат сопствените деформации на елементите не земајќи ги во обзир контактните деформации /13/. Исклучок е лопот на главното вретено каде се земаат во обзир и контактните деформации во лек

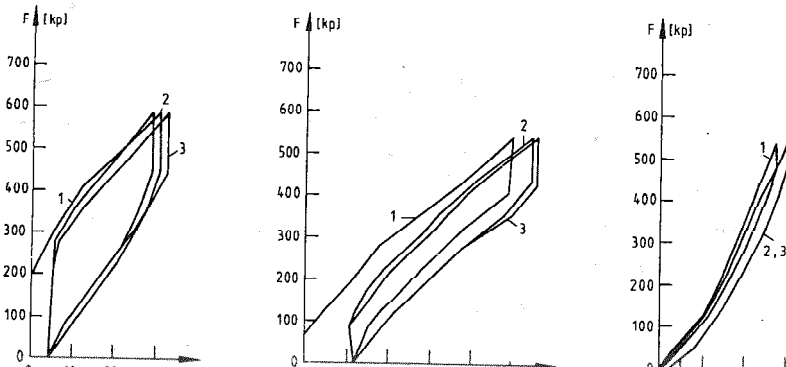
дноста што и се зема во методите прикажани на сл.3 и 4. За обемните и систематски истражувања во тој правец развиена е и посебна инсталација /15/ чиј приказ е даден на сл.5. Карактеристично за оваа инсталација е тоа што со неа се врши автоматско снимање на крутосните карактеристики со нивно запишување на пишувачот 4. Оптеретувањето се реализира со специјално папче со брег со кое преку ваљче се пренесува силата на носачот 2. Мерњето на взаимните поместувања се реализира преку полужниот систем 3 кој ги пренесува движењето на вртењето на барабанот со хартија 4 и перото 5. За еден круг на завртување на предметот 1 се снима крутосната карактеристика.



Сл.5. Испитување на статичката крутост према постапката на Фикс-Марголин /15/.

3. ЗА СИСТЕМАТСКИТЕ ИСТРАЖУВАЊА НА КРУТОСНИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ

Уште во нашите испитувања на статичката крутост на универзален струг РА 2! (сл.6) го констатиравме разнообразието на крутосните карактеристики снимени кај глатното вретено, коњчето и супортот /6,16/. Се користеше постапката према сл.3. Посебно



пови со централно оптеретување со концентрирана сила F се предлага зависноста:

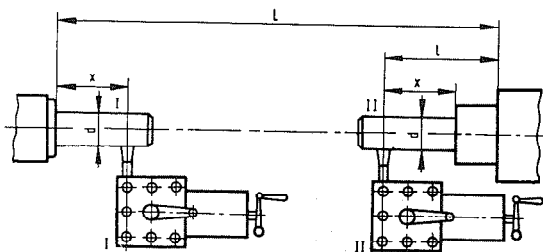
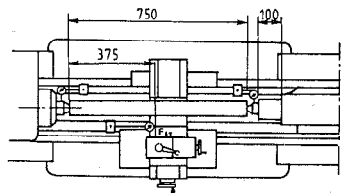
$$\delta = c \sigma^m$$

каде:

δ - еластична деформација; $\sigma = F/A$ кр/см²; F - сила; A - површина на контакт;
 c - коефициент кој зависи од геометријата на површината и особините на материјалот; m - експонент.

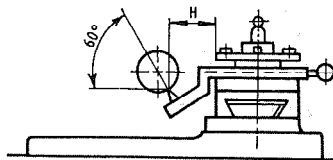
Проведени се изворедно големи истражувања /12/ на споеви на различни материјали и обработка од кои се одредени вредностите за c и σ . Истражувано е влијанието на грешките во изработката на деформациите. Може да се заклучи дека борбата за квалитетна, но воедно технологична и економична за изработка машина треба да се води доминантно на полето на смалување контактните деформации.

За испитувањата на статичката крутост на машината како систем присатна е во нашата земја методата препорачана од IAMA /4/ во која не е содржано нормирање на крутоста. Шемата на испитување по оваа метода е дадена на сл.3. За разлика од оваа метода со ГОСТ стандардите е предвидена друга метода /6/ чиј принцип е прикажан на сл.4. Основната разлика помеѓу овие две методи е во тоа што во втората се оптеретува под агол од 60° и се мери взаимното поместување помеѓу трнот поставен во главното вретено и коњчето и супортот. Воедно во стандардите се дадени и нормираните вредности. За реализација на испитувањата по ГОСТ стандардите развиен е и посебен уред од страна на ЕНИМС /6/. За систематските истражувања кои се од интерес



Сл.3. Испитување на статичката крутост према IAMA /4/

за дијагностиката на состојбата на една машина испитувањата према ГОСТ стандардите (сл.4)

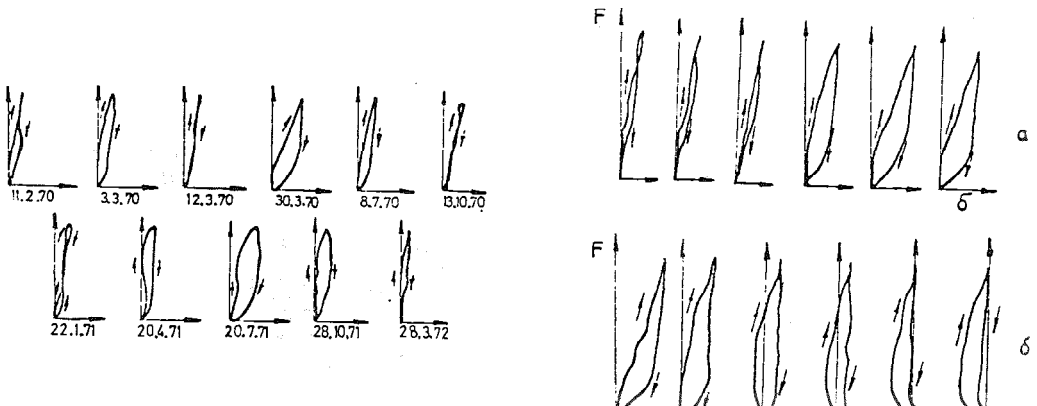


бно за одбележување беше релативната "неосетливост" на главното вретено при почетните оптеретувања со сили до 200 кр. Оваквиот облик отстапуваше од често притиснатиот теоретски кај кој не е присатна оваа појава /4/. При експериментирањето се користеа редуцирачури во предниот шилец што само по себе предизвика зголемени сили за совладување силите на триење кои се јавуваат во контактот на конусните површини. Присатниот вертикален дел во гранката на растеретување исто зборува за совладување на одредени сили на триење во склоповите пред да одпочне сопствено деформирање на елементите. Оваа појава посебно е обработена во материјата /15/.

Извонредно обемни и систематски истражувања на крутосните карактеристики реализирад Фикс-Маргулин, дел од чии истражувања се дадени во монографијата /15/. Тој вовел систематизација на карактеристиките на крутост по нивниот облик и спроведо бројни истражувања со цел да ја докаже можноста за дијагностицирање на состојбата на машината по нејзините крутостни карактеристики. Го користел методот прикажан на сл.5. Во истражувањата користени се крутосните карактеристики за оценка на следниве елементи од техничката дијагностика на текуштата состојба на машините:

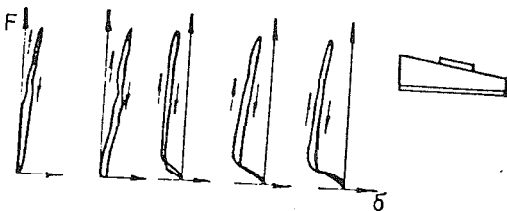
- квалитет во регулирањето
- откривање на истрошеност на деловите
- оценка на вибростабилноста
- оценка на точноста, т.е. врската помеѓу кривите на крутост и распределбата на димензиите на обработените делови.

Како пример подолу ќе бидат прикажани некои покарактеристични резултати од тие истражувања. Така на сл.7 прикажани се раз

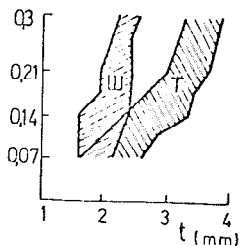
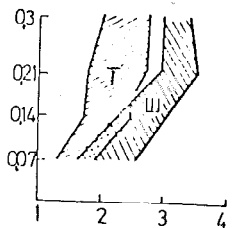
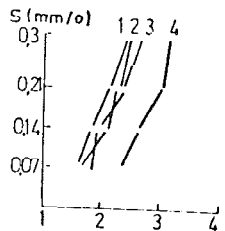


лични крутосни карактеристики за универзален струг 1К62 добиени во текот на неговата експлоатација при што на него се вршени одредени зафати (ремонт на водилките, капитален ремонт, регулирање на предното лежиште). Интересни се резултатите добиени при регулацијата на споевите во водилките на супортот на струг (сл.8). Очигледен е заклучокот дека и во обата случаја можно е користењето на кривите на крутост за техничката дијагностика.

Со цел да се изучи влијанието на истрошеноста на клиновите за регулација на кривите на крутост изведени се експерименти со вештачки внесен дефект, т.е. на клиновите биле поставувани мерни плочи со дебелина 0,05 и 0,09 мм со кои се имитирала истрошеност. Дел од резултатите е прикажан на сл.9.



Сл.9. Влијание на вештачките дефекти на промената на крутосните карактеристики при регулација на машината /15/.



Што се однесува до взаемна врска помеѓу вибростабилноста и обликот на крутосната карактеристика констатирано е дека не постои функционална врска. Ова е заради фактот дека понекогаш со смалувањето на крутоста се добива подобра вибростабилност, т.е. се подобруваат пригушните особини на системот. Затоа се тражела корелациона врска групирајќи ги машините по некои усреднети карактеристики на крутоста (со широка, тесна, пресечна карактеристика и сл.). На сл.10 даден е дел од тие истражувања од кој може да се заклучи дека сепак постојат определени врски помеѓу овие карактеристики.

Сл.10. Вибростабилност на машини со различна ширина на кру-

4. ЗАКЛУЧОК

Погорниот приказ ја обосновува предпоставката дека со крутостните карактеристики може да се врши техничка дијагностика на машините. Ова е од посебно значење имајќи ја во предвид релативно едноставната инструментација и методологија за сметачките испитувања. Останува како задача да се разработи поедноставен за пониски услови уред за снимање на крутостните карактеристики, како и низ пообемни теоретски и експериментални истражувања да се навлезе во откривање на информацијата која во себе ја содржат карактеристиките. Притоа доминантно место ќе треба да се посвети на истражувањата на контактната крутост. Како резултат од погорните истражувања треба да се очекува во картите за експлоатација на машините да најдат свое место и крутостните карактеристики.

ЛИТЕРАТУРА

- /1/. Schlesinger G.: Testing machine tools. Pergamon press. OXFORD 1978.
- /2/. Станковиќ П.: Машине алатке I. Граѓевинска књига, Београд, 1978
- /3/ Калајџиќ М.: Достигнуќа и тенденции у испитивању алатних машина. Саопштење IAMA 18. Београд 1973.
- /4/ Испитивање алатних машина. Препоруке IAMA. Београд, 1971
- /5/ Дуковски В.: Одржување и испитување на металорезачките машини. Универзитет "Кирил и Методиј", Скопје, 1980
- /6/ Дуковски В.: Експериментални методи за одредување на статичката крутост на машините алатки. Зборник на трудови ВИАМ, Загреб 1976.
- /7/ Дуковски В.: Анализа и примена на методите за испитување на вибростабилноста на универзалните стругови. Зборник на трудови на Машинскиот факултет, бр.2, Скопје, 1978.
- /8/ Кудинов В.А. и др. Испитания токарних станков на виброустойчивость методом резания. Станки и инструмент. 1978 (4).
- /9/ Дуковски В. Лешовски Б.: Акустичка дијагностика на преносниците кај металорезачките машини, Зборник на трудови ЈУКЕМ, Охрид 1976.
- /10/ Авакунов В.А. и др.: Вывлечение источников повышенного шума станков способом

- /13/ Kalajdžić M.: Metod konačnih elemenata. IAMA. Beograd, 1978
- /14/ Zdenković R., Dukovski V.: Analiza i dimenzioniranje glavnih vretena alatnih strojeva bez prigonske sile u rasponu. Strojarsstvo 20(1978) 4. Zagreb.
- /15/ Фикс-Марголин Г.Б.: Оценка качества станков по характеристикам жесткости. ФАН, Ташкент 1978.
- /16/ Дуковски В., Павловски В.: Методи за експериментални испитувања на металорезачките машини. Тема финансирана од заедница за научни дејности. Скопје, 1978.

В. Дуковски

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА СТАНКОВ ПО ХАРАКТЕРИСТИКАМ ЖЕСТКОСТИ

В работе рассматриваются методы жесткости для оценки качества новых или текущее состояние эксплуатируемых станков. Рассматриваются методы определения характеристик жесткости которые применяются во Югославии, а также и метода по ГОСТ-у. Даются и результаты исследования Фикс-Марголина Г.Б.

XIV SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE
ČAČAK, SEPTEMBRA 1980. GODINE

S. Djordjević x)

SISTEMSKI PRISTUP PROBLEMU ZAMENE MAŠINE

1. U v o d

Mašina kao orudje za rad, neprekidno je u središtu pažnje kako proizvođača, tako i korisnika. Prema tome, celisnodnost mašine kao orudja za rad, stalni je predmet posmatranja, posebno organizatora proizvodnog procesa. Da bi celishodnost rada i korišćenje jedne mašine bila optimalna, treba imati na umu sledeće faktore i to:

- vek mašine,
- pouzdanost,
- proizvodnost,
- stepen iskorišćenja,
- tačnost rada,
- potrošnja energije i sredstava za održavanje,
- snaga mašine,
- pogodnost rukovanja sa psihofiziološkog gledišta i
- bezbednost radnika pri radu na mašini.

Prema tome, treba uvek imati na umu sve pomenute faktore a po mogućnosti upoznati i druge, kako bi se povećala produktivnost rada mašine, jer ona neposredno učestvuje u ukupnoj produktivnosti proizvodnje.

Vek trajanja i nivo pouzdanosti kao najvažniji eksploatacioni pokazatelji opreme i mašina bitno utiču na produktivnost i efikasnost iskorišćenja materijalnih rezervi kao i proizvodnih kapaciteta.

2. Vek trajanja i pouzdanost - osnovni pokazatelji kvaliteta mašina

U svakom stadijumu razvoja nauke, tehnike i tehnologije sredstvima rada postavljao se zahtev povećanja veka trajanja i pouzdanosti. Dinamičnim razvojem nauke, tehnike i tehnologije i uvođenjem u proizvodni proces sve većeg broja ljudi i veće količine materijalnih sredstava, s porastom kapaciteta proizvodne organizacije udruženog rada neprekidno se povećavao značaj veka trajanja i pouzdanosti rada opreme sa ciljem osiguranja što većih rezultata proizvodnje.

Apsolutna i neodložna nužnost povećanja veka trajanja proizilazi iz suštine nove tehnike, iz osnovnih principa organizacije proizvodnog procesa u savremenim organizacijama udruženog rada.

Pod vekom trajanja ili vekom rada mašine podrazumeva se celokupno trajanje njenog rada, od uključivanja u eksploataciju do otpisa. Od veka trajanja mašina treba razlikovati vek trajanja

Osnovni kriterijumi koji ograničavaju vek trajanja, tj služe kao pretpostavka odbacivanja mašine iz eksploatacije pri potpuno iscrpljenom veku trajanja su:

- fizičko trošenje mašina i
- moralno trošenje mašina.

Pod fizičkim trošenjem mašine podrazumeva se gubitak njenih prvobitnih eksploatacionih svojstava, koja su uslovljena mehaničkim, hemijskim, termičkim, električnim i drugim opterećenjima. Zbog habanja koje dovodi do postepene promene oblika, dimenzija i površinskog kvaliteta elemenata, dešava se sledeće:

- smanjuje se tačnost predmeta obrade i delova mašine,
- smanjuje se stepen korisnog dejstva mašine,
- smanjuje se otpornost elemenata zbog smanjenja preseka i povećanja dinamičkih naprezanja,
- povećava se buka, potresi i vibracije,
- potpuno se gubi radna sposobnost pojedinih sklopova elemenata.

Moralno ili ekonomsko trošenje javlja se zbog porasta produktivnosti društvenog rada, jer rad na nekim uređajima i mašinama postaje neracionalan i koči dalji razvoj proizvodnih snaga i povećanja racionalnosti proizvodnje.

Treba razlikovati dva oblika moralnog trošenja. Prvi javlja u delimičnom gubitku cene nekih mašina u pogonu zbog povećanja produktivnosti rada u sličnim granama mašinogradnje i elektroindustrije. S obzirom na ovaj oblik moralnog trošenja,

Drugi oblik moralnog trošenja okarakterisan je gradnjom i korišćenjem mašina koje se ekonomičnije i produktivnije u poređenju s onima koje se sada nalaze u eksploataciji. Na taj način tehnički zastarele mašine moraju se zameniti novima još i pre njihove fizičke istrošenosti.

Mnoge mašine za obradu metala ne udovoljavaju visokim zahtevima koji se danas postavljaju s obzirom na savremeno stanje tehnike i tehnologije mašinogradnje. Takve su mašine sporodone i ne osiguravaju režime obrade koji su potrebni za visokoproduktivan rad, eksploatacija sličnih uređaja povezana je sa značajnim gubicima vremena i rada za pomoćne elemente operacija, a naročito za montiranje i skidanje elemenata, za upravljanje mašinom i alatom.

Prilikom odredjivanja projektovanog trajanja rada mašina neophodno je uzimati u obzir oba oblika trošenja i fizički i moralni, pri čemu se po pravilu, moralno trošenje pojavljuje kao odredjujuće i limitirajuće. To proizilazi pre svega iz ubrzanog tempa razvoja savremene tehnike i tehnologije koji uslovljava zastarevanje mašina već mnogo pre momenta kada bi one morale izaći iz eksploatacije zbog toga što su fizički dotrajale.

Vek trajanja mašine zavisi neposredno od kombinacije uticaja tehničkih i ekonomskih faktora.

Medju osnovne tehničke faktore ubrajamo:

- konstrukciju mašine, njenih agregata, sklopova i elemenata;
- kvalitet izrade svih konstruktivnih elemenata i kvalitet montažnih radova;

Medju osnovne ekonomske faktore treba uvrstiti:

- cenu i mogućnost nabavke nove mašine u zamenu za zastarelu,
- visinu troškova za modernizaciju,
- cenu svih oblika remontnog posluživanja mašine, naročito dodatnih delova.

Polazeći od misli o povezanosti vremena trajanja mašina s tempom porasta produktivnosti rada i tehničkog progressa u datoj grani, na primer u obradi metala, vek trajanja univerzalnih mašina valjalo bi ograničiti na 8 - 10 godina. Medjutim, uzimajući u obzir nemogućnost masovne zamene zastarelog dela mašinskog parka, mašine treba eksploatisati mnogo duže, ponekad čak i 25 - 30 godina.

U praksi nailazimo na mnoge primere prekovremenog trajanja rada mašina, kad eksploatacija mašine očigledno postaje neracionalna i povezana s povećanim - a ponekad čak i rasipničkim - utroškom društvenog rada. U budućnosti, vek trajanja mašina trebalo bi smanjivati s merom razvoja proizvodnih kapaciteta mašinogradnje i porasta produktivnosti rada.

Pod pouzdanošću rada mašine podrazumeva se njena sposobnost da sigurno obavlja funkcije u odredjenim uslovima eksploatacije i u toku odredjenog vremenskog razmaka, pri minimalnim remontnim troškovima. Pouzdanost je upored s vekom trajanja najvažniji pokazatelj kvaliteta mašina. Nedovoljna pouzdanost pojedinih mašina koje se proizvode i eksploatišu, uzrok je pojavi velikih gubitaka i poremećaja u toku proizvodnje. Da bi se

lja pouzdanosti. Svakom kriteriju odgovaraju određeni pokazatelji pouzdanosti. Kod mašina alatki i sličnih uređaja, u svaku stvaru pokazatelja mogu se pojaviti:

- koeficijent radne sposobnosti,
- koeficijent eksploatacionih troškova i
- koeficijent utroška metala u eksploataciji.

Kao osnovna mera pouzdanosti bilo koje mašine može poslužiti trajanje rada te mašine između dva zastoja. Što je ovo trajanje duže, to je pouzdanost veća. Prema tome, čini se da je svrsishodno da se kao pokazatelj pouzdanosti uzme koeficijent radne sposobnosti.

3. Opravdanost modernizacije postojeće mašine

Pod modernizacijom postojeće mašine podrazumeva se unapređenje takvih promena u konstrukciju, koje znatno povećavaju tehnički nivo i poboljšavaju ekonomske karakteristike mašine. Modernizacijom se može znatno smanjiti uticaj moralnog trošenja, potpuno isključiti fizičko trošenje mašine i samim tim produžiti vek njenog trajanja.

Mehanizacija postojećih mašina jedan je od osnovnih preduzeća kompleksne mehanizacije i automatizacije proizvodnih procesa. Povećanje stepena mehanizacije i produktivnosti rada može postići ne samo uvođenjem novih agregata umesto zastarelih, već i takodje - usavršavanjem postojećih.

Modernizaciju ne treba smatrati primenom novih mašina, već

mene zastarelih mašina i uređaja novim , ali sa zamenom se uvek može pojaviti potreba modernizacije jednog ili drugog agregata, ako se na taj način uz srazmerno male troškove i u relativno kratko vreme može povećati vek trajanja agregata i samim tim isključiti potreba zamene. Tehnički sadržaj modernizacije u potpunosti je određen eksploatacionom namenom agregata.

Prilikom izbora objekta modernizacije treba poći i od načela i postavki ekonomske efikasnosti. Svrshodna je samo ona modernizacija koja osigurava uštedu društvenog rada. Svrshodnost modernizacije zastarelih mašina u svakom pojedinom slučaju određena je komparacijom zamene s nabavkom novih mašina. Pri tome treba uzeti u obzir srazmeru utrošaka i eksploatacionih troškova za obe upoređene varijante: za zamenu, kao i za modernizaciju.

4. Opravdanost zamene mašine

Krajnja mera, ako se željeni efekat ne može postići modernizacijom, je zamena zastarele mašine novom. Neprekidno egzistira dilema kada pristupiti zameni mašine, pogotovu kad se zna da zamena mašine zahteva često velika sredstva. Zameni mašine pristupiti u slučajevima kada:

- bezbednost rada na mašini dodje u pitanje,
- se zamenom mašine drastično smanjuju troškovi eksploatacije,
- nastupi fizičko ili moralno istrošenje mašine,

- nastupi promena veličine serije,
- nastupi promena u tehnološkom postupku,
- nastupi promena u konstrukciji osnovnog proizvoda,
- pristignu zahtevi za povećanjem kvaliteta osnovnog proizvoda, kako u pogledu tačnosti dimenzija, geometrijskog oblika, tako i estetskog izgleda,
- cena nabavke nove mašine biva manja od cene modernizacija,
- se zamenom mašine povećava iskorišćenje materijala.

Zameni mašine treba prići kompleksno, na prvom mestu konstatovati nedostatke postojeće mašine, a zatim stvoriti koncepciju karakteristika buduće mašine koju treba nabaviti i uključiti u tehnološki proces. Na osnovu formirane koncepcije potrebnih karakteristika ići na izbor nove mašine, po mogućstvu razmotriti proizvode većeg broja proizvođača, imajući na umu relevantne karakteristike i najnižu nabavku cenu nove mašine.

Najvažnije što treba uraditi pre zamene postojeće novom mašinom, je izrada predkalkulacije troškova nabavke nove mašine, kako bi se donela optimalna odluka o nabavci i modernizaciji iste. Ova odluka mora biti verifikovana i odobrena na sednicama organa upravljanja u organizaciji udruženog rada.

5. Zaključak

Mašina kao orudje za rad u centru je pažnje kako proizvođača, tako i korisnika i organizatora proizvodnje. Od nje

nih faktora, kako bi se došlo do pravog rešenja i eliminacije pomenute dileme.

Literatura

- /1/ Dimšić, M.L., Organizacija i ekonomika modernizaciji oborudovanja, Mašinstroenie, Moskva, 1964.
- /2/ Falcman, V.K., Zeljanskii A.G., Efektivnost zameni oborudovanja i optimaljnoe raspredelenie ego resursov, Mašinstroenie, Moskva, 1971.
- /3/ Kostin A.I., Poljakov D.I., Specializirovanii remont metalorežušćih stankov, Mašinstroenie, Moskva, 1978.
- /4/ Marks K., Kapital, BIGZ, Beograd, 1971.
- /5/ Metodika rasčeta ekonomičeskoj efektivnosti zameni metaloobrabativajušćego oborudovanja, Mašinstroenie, Moskva, 1972.

S. Djordjević

SISTEM APPROACH TA A EXCHANGE MACHINE PROBLEMM

Machine as a means of production is the most important thing for manufacturer as well as for consumer and organizer of manufacturing (production). Although its abilities are known it iz always expected more. Therefore, there iz always a dilemma when start considering the possibility whether the machine should be modernized or replased by a new one. The final decision should be made upon serious analyzing, taking into account great number of influential factors as wecould achieve best solution and elimination of dilemma mentioned above.

XIV SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE, ČAČAK, 1980.

D.Golubović, P.Nikšić*)

PRIOLOG ANALIZI STABILNOSTI I OSETLJIVOSTI
TEHNOLOŠKOG SISTEMA PRI REZANJU METALA

1. UVOD

Oscilacije mašina alatki pri rezanju, koje se javljaju kao izazvane spolja i samoizazvane, su složen i još uvek nedovoljno istražen proces. One smanjuju proizvodnost, tačnost i sigurnost mašina alatki.

Od posebnog značaja za obradu rezanjem je problem samoizazvanih oscilacija, kod kojih je izvor oscilacija u samom procesu rezanja i konstrukciji mašine.

Poznavanje samoizazvanih oscilacija mašine alatke neophodno je za tehnologe, koji na osnovu toga mogu upravljati tehnološkim procesom, koristeći nivo oscilacija kao jedan od pokazatelja kvaliteta (napr. mašine sa adaptivnim upravljanjem). Značajno veći interes za poznavanje oscilacija mašina je u vezi sa njenom konstrukcijom, pri čemu se teži da se ostvari zadovoljavajuća stabilnost i osetljivost sistema obradaka-alat-mašina (O-A-M). S obzirom da je konstruktoru neophodno poznavanje optimalnih parametara konstrukcije mašine u fazi projektovanja, to je poželjno stvoriti što povoljniju metodologiju kojom se on, pri tom može koristiti.

U ovom radu date su neke metodološke analize oscilacija sistema O-A-M, kao i ocena stabilnosti i osetljivosti sistema u procesu rezanja, sa stanovišta konstrukcije. Takodje data je frekventna analiza, kao i neki interesantniji eksperimentalni rezultati, do kojih su autori došli.

2. DIFERENCIJALNE JEDNAČINE KRETANJA

Smatrajući da su obradak i mašina (strug) idealno kruti (neravnine - debljina strugotine t je promenljiva), dok je alat sa nosačem elastičan prema Sl.1, možemo oscilacije posmatrati sa jednim stepenom slobode kretanja u pravcu y ose.

Prema Dalamberu diferencijalna jednačina kretanja alata sa nosačem je,

$$m \ddot{y} + k \dot{y} + c y = \sum F_y \quad (1),$$

gde je:

y - pomeranje alata sa nosačem (vrh noža) u pravcu y ose

m - masa alata sa nosačem,

k - prigušenje sistema,

c - krutost sistema,

$\sum F_y$ - zbir svih sila u pravcu y ose koje izazivaju pomeranje alata sa nosačem.

Kao pobudna sila oscilacija u pravcu y ose javlja se promenljiva sila prodiranja F_2 na koju utiče, kao što je poznato, niz parametara. Jedan od čestih uticaja je promena dubine rezanja koja može nastati usled prethodne obrade, ili pak usled ekscentričnog postavljanja obratka, Sl.2.

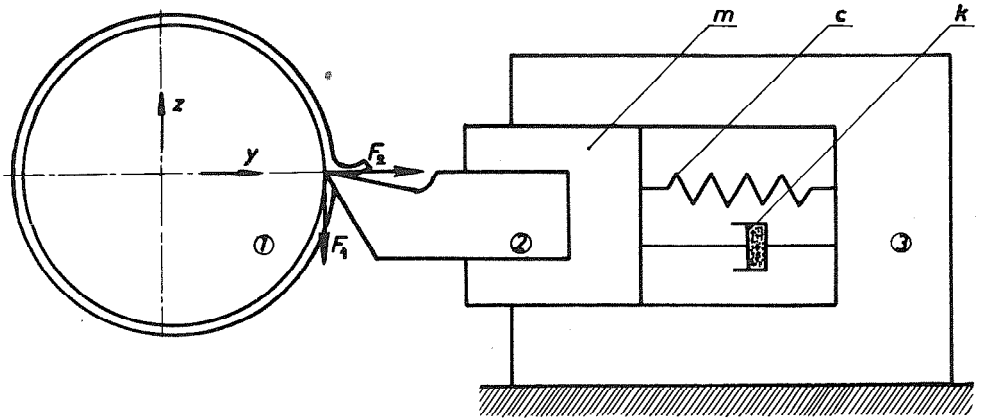
Pod pretpostavkom da alat sa nosačem miruje u procesu rezanja, idealna debljina strugotine će se menjati, prema Sl.2, po zakonu,

$$t_i = e_0 (1 + \sin \Omega t) \quad (2),$$

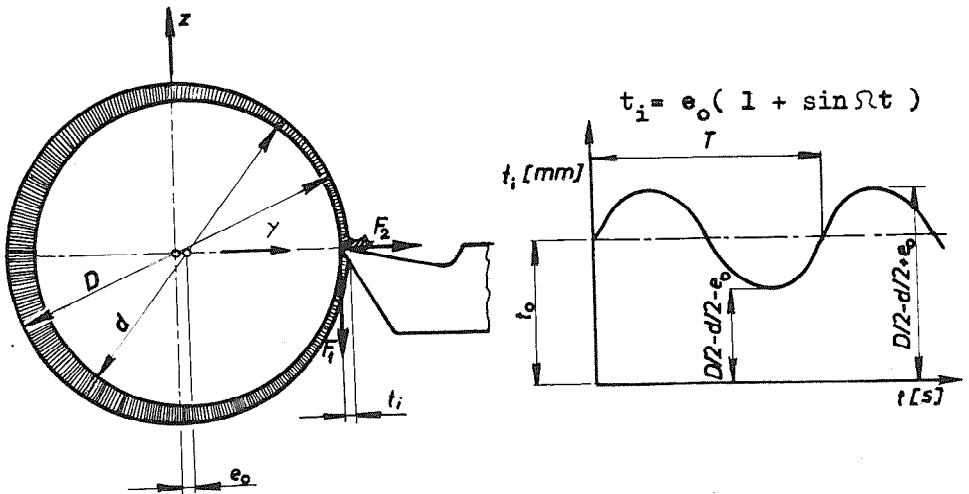
gde je:

$e_0 = (D - d)/2$ - ekscentricitet obratka,

$\Omega = \frac{v}{d \pi t}$ - frekvencija promene debljine strugotine koja je izražena preko brzine rezanja v i prečnika d obratka. Uzima se u obzir da se alat sa nosačem pomera u pravcu y ose, stva -



Sl.1. TEHNOLOŠKI SISTEM OBRADAK-ALAT-MAŠINA (O-A-M):
 1 - obradak, 2 - alat sa nosačem, 3 - mašina.



Koristeći prošireni izraz za silu prodiranja F_2 , prema [1], uvršćujući promenljivu debljinu strugotine, dobijamo izraz

$$F_2 = C_k s^{y_1} t^{x_1} = C_k s^{y_1} (t_i + y)^{x_1} \quad (4),$$

gde su:

C_k - specifični otpor rezanja,

s - korak,

x_1, y_1 - eksponenti.

Uvršćujući izraz (4) u jednačinu (1), uzimajući uobičajenu vrednost $x_1 = 1$, preuredjenjem, dobijamo diferencijalnu jednačinu u konačnom obliku:

$$\ddot{y} + \frac{k}{m} \dot{y} + \frac{1}{m} (c - C_k s^{y_1}) y = \frac{1}{m} C_k s^{y_1} e_0 (1 + \sin \frac{vt}{d\sqrt{t}})$$

Diferencijalna jednačina (5) pogodna je za analizu stabilnosti i osetljivosti sistema, sa stanovišta tačnosti obradka jer se pomeranje alata sa nosačem direktno preslikava na radni predmet.

Sličnim sistemom može se formirati diferencijalna jednačina kretanja sistema i pri drugim pobudama, kao i pri uzimanju u obzir kretanja oscilatornog sistema sa više stepeni slobode.

3. USLOVI STABILNOSTI SISTEMA

Pod stabilnošću sistema podrazumeva se da se posle početnog mećenog kretanja, sistem brzo smiruje težeći referentnom položaju. Uticaj parametara sistema na stabilnost može se ispitati analizom koeficijenata karakterističnog polinoma, koji je oblika:

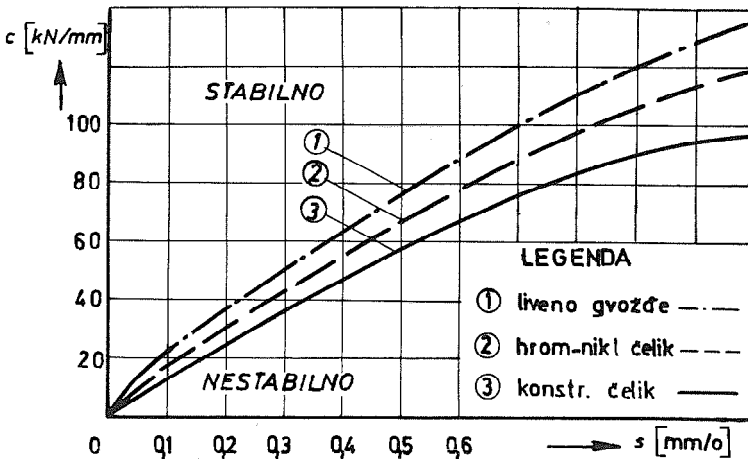
$$A_1 p^2 + A_2 p + A_3 = 0 \quad (6).$$

Prema Raut-Hurvicu uslovi stabilnosti su:

a koji se svodi na uslov:

$$s < y_1 \sqrt{\frac{c}{C_k}} \quad (8).$$

Iz izvedene analize, proizilazi da na stabilnost sistema bitno utiču krutost (c) i materijal obratka (C_k, y_1), dok prigušenje (k) nema uticaja. Na Sl.3 pokazane su kritične vrednosti stabilnosti sistema za različite materijale (sivi liv, ugljeni čelik i konstrukcioni čelik).



Sl.3. STABILNOST MAŠINE ALATKE

Polazeći od vrednosti krutosti za strug $c = 2 \cdot 10^2$ kN/mm, kao i uobičajenih vrednosti režima rezanja, sa Sl.3 može se zaključiti da je sistem daleko od kritičnog stanja stabilnosti.

4. OSETLJIVOST SISTEMA O-A-M

Posle poremećaja stabilni sistem se smiruje na neki referentni položaj. Koliko se referentni položaj razlikuje od željenog (idealnog oblika obratka), može se kvalitativno oceniti preko stacionarnih vrednosti pomeranja y_s alata sa nosačem, prema navedenom modelu, odnosno preko statičkih osetljivosti \bar{y} .

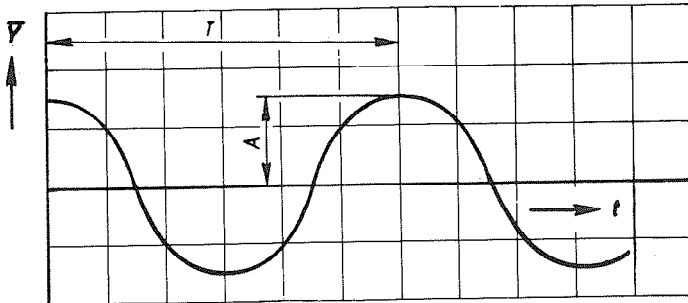
Statička osetljivost pomeranja je:

$$\bar{y} = \frac{\partial y_s}{\partial t} = \frac{C_{k^s} y_1 e_o v}{d(c - C_{k^s} y_1)} \cos \frac{vt}{d\eta} = A \cos \frac{vt}{d\eta} \quad (10),$$

čija je amplituda,

$$A = \frac{C_{k^s} y_1 e_o v}{d(c - C_{k^s} y_1)} \quad (11).$$

Iz jednačine (10) vidi se da je statička osetljivost oscilatorna funkcija sa istom frekvencijom kao i pobuda (debljina strugotine) fazno pomerena za $\pi/2$, Sl.4.



Sl.4. STATIČKA OSETLJIVOST POMERANJA

Svakako je od posebnog značaja za analizu posmatrati amplitudu statičke osetljivosti A , pa su stoga, definisane statičke osetljivosti amplitude \bar{A} pri promeni režima rezanja i to:

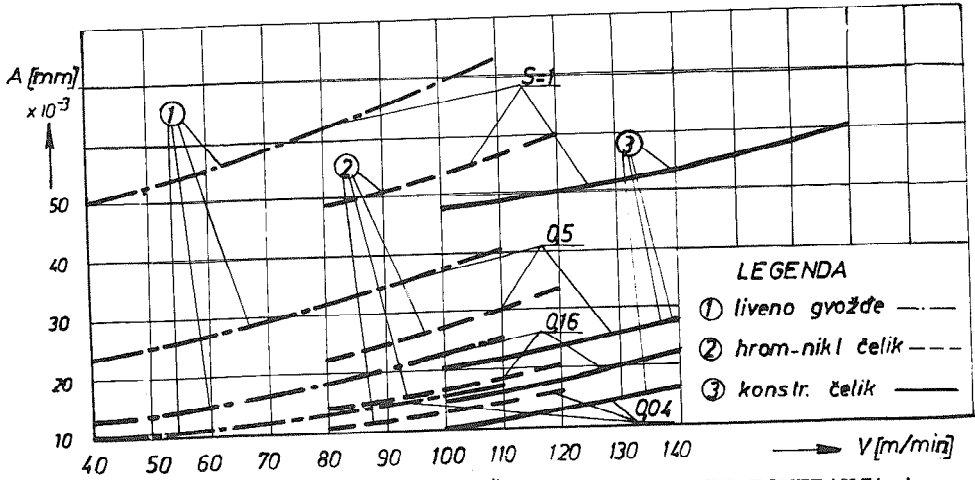
- brzini rezanja

$$\bar{A}_v = \frac{\partial A}{\partial v} = \frac{C_{k^s} y_1 e_o}{d(c - C_{k^s} y_1)} \quad (12),$$

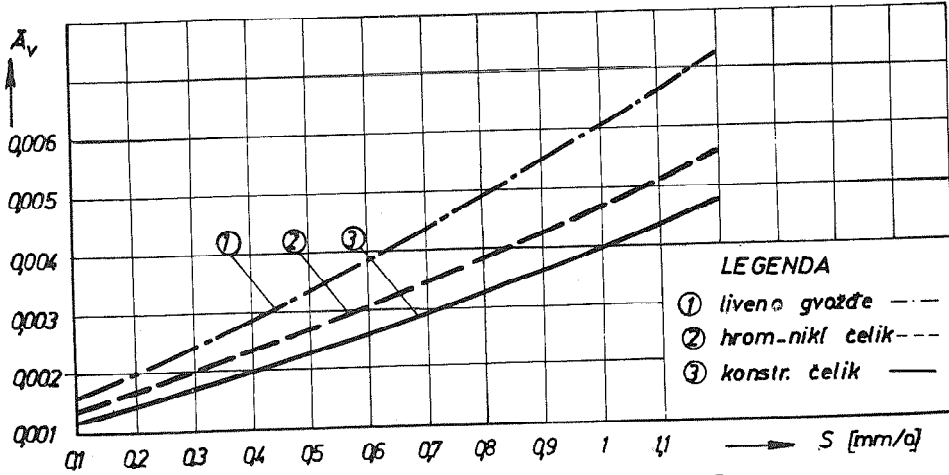
- koraku

$$\bar{A}_s = \frac{\partial A}{\partial s} = \frac{C_{k^s} e_o y_1 s^{y_1-1} (1 + c - C_{k^s} y_1) v}{d(c - C_{k^s} y_1)^2} \quad (13).$$

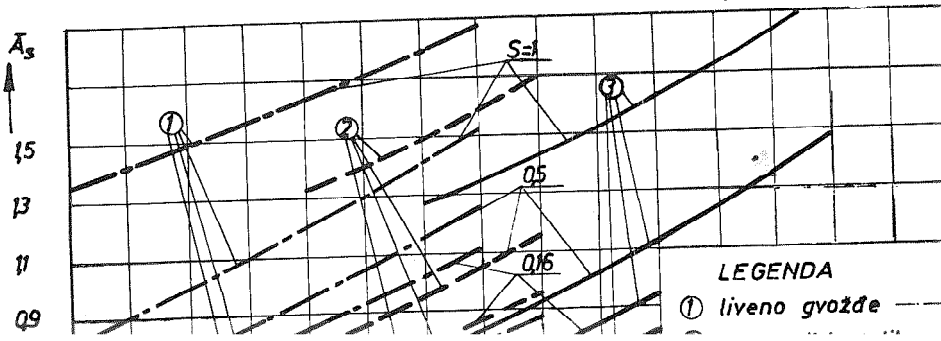
Na Sl.5 prikazana je amplituda A prema jednačini (11),



Sl.5. AMPLITUDA STATIČKE OSETLJIVOSTI POMERANJA A



Sl.6. STATIČKA OSETLJIVOST POMERANJA \bar{A}_v



LEGENDA
① liveno gvožđe
② hrom-nikl čelik
③ konstr. čelik

5. FREKVENTNA ANALIZA

Polazeći od diferencijalne jednačine (5) i korišćenjem Laplasove transformacije, dobijamo prenosnu funkciju sistema u opštem obliku:

$$W(p) = \frac{Y(p)}{T(p)} = \frac{C_k s^{y_1}}{m(A_1 p^2 + A_2 p + A_3)} \mathcal{L}\{t_i\} \quad (14),$$

gde je p kompleksna promenljiva.

U opštem slučaju pobuda t_i (kompleksna $T(p)$) može biti bilo koja funkcija, kao napr. δ - impulsna, 1^+ - jedinična odskočna, s - sinusna, kao u slučaju odredjenom jednačinom (2) itd.

Na osnovu kompleksne prenosne funkcije (14), može se formirati frekventna prenosna funkcija, smenom $p = i\omega$,

$$W(i\omega) = W(p = i\omega) = A(\omega) e^{i\psi},$$

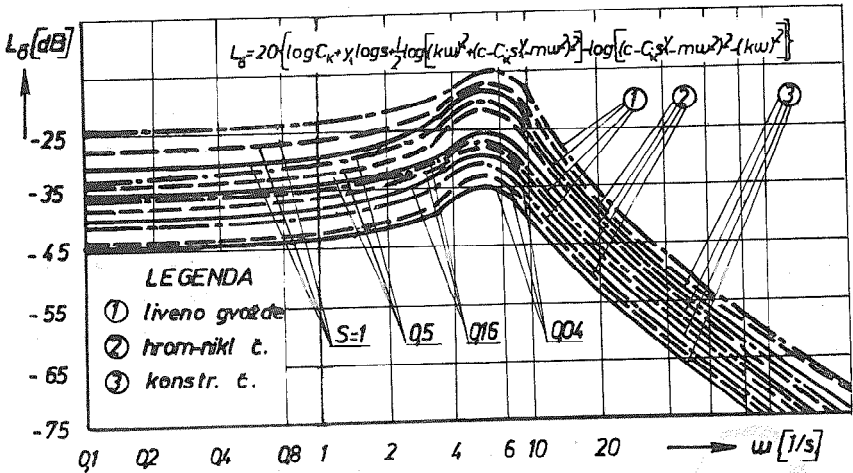
gde je: $i = \sqrt{-1}$, $A(\omega)$ - amplituda frekventne prenosne funkcije, a predstavlja odnos izlaza - pomeranja i ulaza - debljine strugot; $\psi(\omega)$ - faza frekventne prenosne funkcije.

Za praktičnu primenu mnoga važna dinamička svojstva sistema O-A-M mogu se dobiti na osnovu analize amplitudno frekventne karakteristike ($A(\omega)$), pa će se dalje, ukratko, navesti njena primena. Radi povoljnijeg grafičkog prikaza, u što većem intervalu promena, korišćena je LOGARITAMSKA AMPLITUDNO-FREKVENTNA KARAKTERISTIKA (L A F K), koja je definisana izrazom:

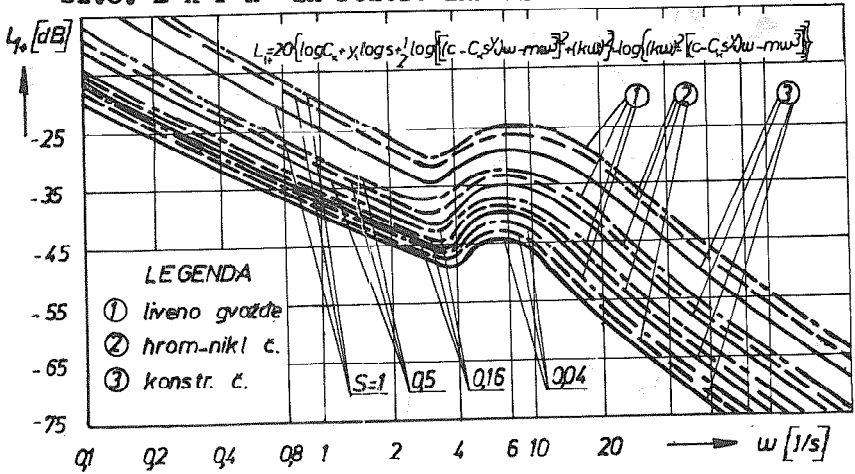
$$L(\omega) = 20 \log A(\omega) \quad (15),$$

gde je $L(\omega)$ izraženo u dB (decibeli).

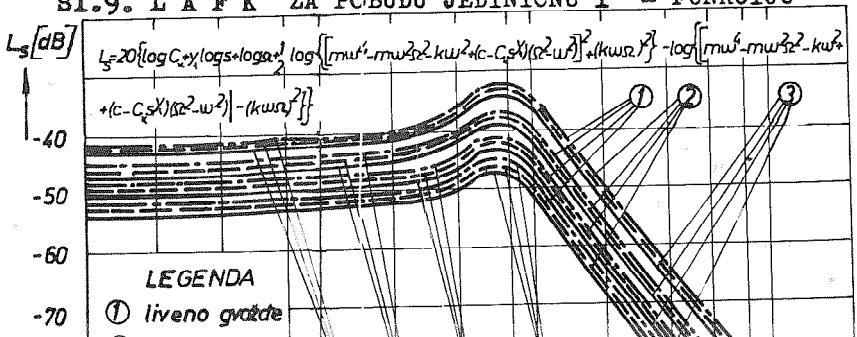
Polazeći od prenosne funkcije (14), logaritamske amplitudno-frekventne karakteristike, za različite pobude (δ - impulsna, 1^+ - jedinična odskočna i s - sinusna funkcija), su definisane i prikazane na Sl.8 - Sl.10. (Na dijagramima su dati analitički izrazi). Za dijagrame se može odrediti i njihova



SL.8. L A F K ZA POBUDU IMPULSNU δ -FUNKCIJU

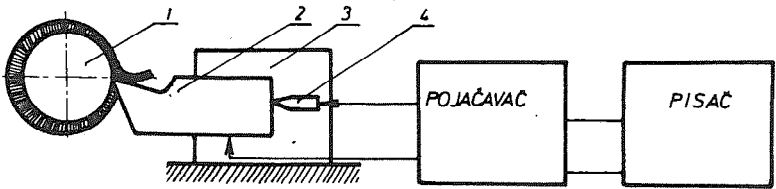


SL.9. L A F K ZA POBUDU JEDINIČNU 1^+ -FUNKCIJU

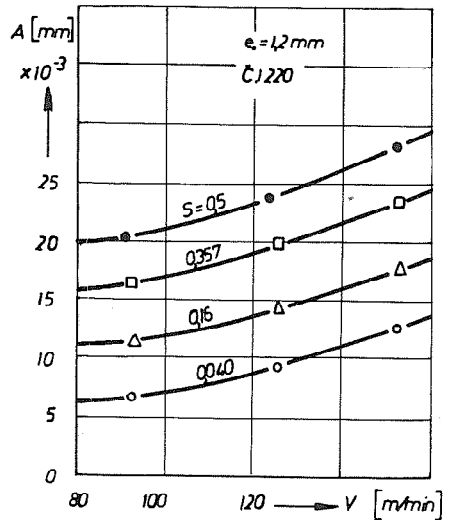
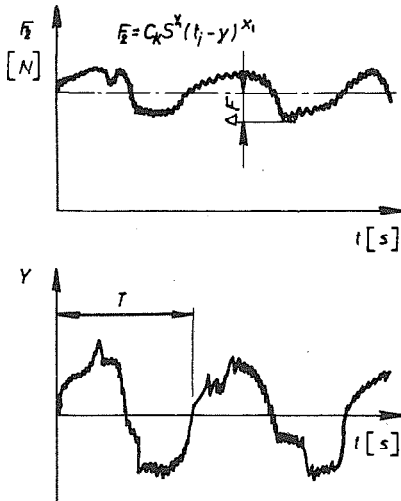


6. EKSPERIMENTALNI REZULTATI

Radi verifikacije postavljene teorije izvršeno je merenje oscilacija alata sa nosačem na strugu tipa ADA Potisje PA B.2 pri čemu je korišćena merna instrumentacija pokazana na Sl.11. Za pis pomeranja je oblika datog na Sl.12. Izvršen je veći broj merenja za ekscentrični obradak ($e_o = 1,2 \text{ mm}$) od materijala Č.12 20 za različite režime rezanja. Neki od dobijenih rezultata pokazani su na Sl.13 preko amplituda, a koji su sličnog karaktera kao teorijski dobijeni na Sl.5.



Sl.11. MERNÁ INSTRUMENTACIJA OSCILACIJA SISTEMA O-A-M:
1 - obradak, 2 - alat, 3 - nosač alata, 4 - davač pomeranja.



7. ZAKLJUČAK

Na osnovu izvedene teorijske analize i eksperimentalno dobijenih rezultata mogu se izvesti zaključci u metodološkom i praktičnom smislu.

U metodološkom smislu istraživanje oscilacija mašina alatke, za tehnologe i konstruktore, može se izvesti na sledeći način:

- analizirati koliko je sistem O-A-M stabilan, pri oscilovanju, tj. koliko je udaljen od kritičnog stanja definisanog rezolucijom (8) pri eksploatacionim režimima rezanja;

- na osnovu statičkih osetljivosti amplitude oscilovanja alata sa nosačem utvrditi optimalne parametre mašine prema kriterijumu da statička osetljivost \bar{A} bude što manja, odeljak 4;

- izvršiti frekventnu analizu korišćenjem logaritamske amplitudno-frekventne karakteristike, pri čemu se određuje kritična frekvencija sistema, odeljak 5.

Na sličan način, prema navedenoj analizi za jedan stepen slobode kretanja, analiza se može proširiti i na više stepeni slobode kretanja.

Iz navedene analize mogu se doneti zaključci o optimalnoj krutosti mašine, prigušenju i drugim parametrima, kao i o uticaju režima rezanja na oscilatorno ponašanje mašine.

LITERATURA

[1] Stanković P., Mašine alatke - koncepcijska i eksploatacijska analiza mašina za obradu rezanjem, Gradjevinska knjiga, Beograd, 1968.

[2] Kalajdžić M., Tomašević M., Optimizacija obradnih jedinica na primeru čeonog glodanja, Mašinstvo br. 7-8, Beograd, 1978.

[3] Kedrov S.S., Koljebanija metalorežućih stankov, Mašinostrojenjije, Moskva, 1978.

XIV SAVJETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE, ČAČAK, SEPTEMBRA 1980.GODINE

N.HADŽIOMEROVIĆ, V.VIŠEKRUNA *).

NEKI ASPEKTI PRIMJENE ELEKTROMEHANIČKOG OČVRŠĆAVANJA POVRŠINSKOG SLOJA
DIJELOVA U TEHNOLOGIJI ODRŽAVANJA

1. Uvod

U razvoju savremene mašingradnje u stalnom porastu je jedinično naprezanje dijelova, sklopova i mašina u cjelini vezano sa povećanjem snage, brzine i pritiska. Problem povišenja otpornosti na habanje dijelova mašine uglavnom se rješava uvodjenjem u tehnologiju dopunskih operacija termičke i hemijsko-termičke obrade, koje nisu uvijek primjenljive ni racionalne. Otuda se javlja problem iznalaženja procesa završne obrade kojim bi se omogućilo dobijanje hrapavosti površine visokih parametara i neophodne tačnosti sa istovremenim očvršćavanjem površinskog sloja i znatnog povišenja otpornosti na habanje. Navedene uslove zadovoljava završna elektromehanička obrada (EMO) koja se vrši na mašinama radilicama neprekidnim dodirrom alata i dijela kroz koji protiče električna struja veće jačine i niskog napona. Proces elektromehaničke obrade ima dva osnovna vida: elektromehaničko glačanje i očvršćavanje dijelova i elektromehaničko obnavljanje ishabanih dijelova bez dodavanja i sa dodavanjem metala [1] [2] [3] .

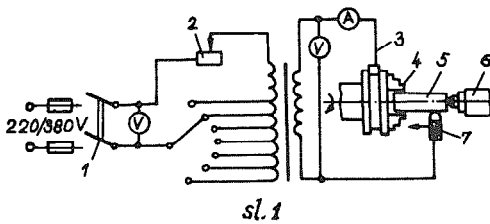
U posljednje vrijeme sve se više posvećuje pažnja ovom problemu, vrše razna ispitivanja i izradjuje efektivnija oprema. Rezultati praktičnog ispitivanja pokazuju da se oblast primjene EMO sve više širi. U vezi sa navedenim ovim radom se želi ukazati na problem i potrebu usmjeravanja naučnoistraživačkog rada za navedeni vid obrade, obzirom na naše uslove proizvodnje i njenog razvoja.

2. Osnovi elektromehaničkog očvršćavanja dijelova

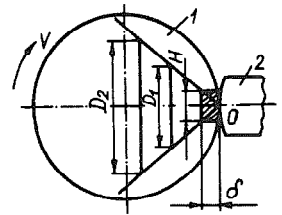
Principijelna šema EMO dijelova prikazana je na slici 1. Preko transformatora struje iz mreže napona 220/380 V prolazi električna struja kroz mjesto dodira alata i dijela. Jačina struje i sekundarni napon se reguliše u zavisnosti od površinskog

dodira, hrapavosti i zahtjevanog kvaliteta površinskog sloja. Dio se obrće, a alat za glačanje se translatorno pomjera po površini dijela. Alat se sastoji iz opružne držača i pločice ili diska iz tvrde legure, a pritisak glačanja se reguliše pritiskom na zanjem poprečnog suporta.

Da bi dio mašine poslije EMO održao svoju tačnost u toku rada i zadovoljio eksploatacione uslove, neophodno je da dubina očvršćavanja ne bude manja od dozvoljene. Lijenog habanja dijelova sa jedne strane. Da bi odredili dubinu očvršćavanja (δ) potrebno je imati u vidu karakter obrazovanja toplote u dijelu pri EMO glačanju, a to je prikazano na slici 2. Ako se uzme da se tok električne struje rasprostire u



sl.1



sl.2

tu pravolinijski u svim pravcima od centra dodira, tada se može u svakom momentu rasprostiranje predstaviti konusom prečnika D_1 i D_2 . Najintenzivnije izdvajanje toplote je na mjestu dodira. Najznačajnija toplota je toplota trenja alata o površinu obradivanog dijela i toplota koja se izdvaja usljed prolaza električne struje kroz mjesto dodira. Ova dva toplotna toka stvaraju zapreminu visokih temperatura na mjestu dodira visine H , dubine δ , i širine B u kojoj temperatura nije niža od 873°C (temperatura koja utiče na plastičnost čelika).

Na osnovu izraza za količinu toplote koju upija zapremina visoke temperature za vrijeme τ koji prema [1] glasi:

$$Q_n = (F_N \cdot \mu H + I \cdot U \cdot \tau \cdot \eta) K_1 \cdot K_2 \quad [\text{KJ}] \quad (1.)$$

ili

$$Q_n = H \cdot \delta \cdot B \cdot v \cdot c \cdot T_f \quad [\text{KJ}] \quad (2.)$$

iz njihovim izjednačavanjem može se odrediti dubina očvršćavanja koja iznosi:

$$\delta = \frac{K_1 \cdot K_2 (F_N \cdot \mu v + I \cdot U \cdot \eta)}{v \cdot c \cdot B \cdot \rho \cdot T_f} \quad [\text{mm}] \quad (3.)$$

u sekundama η - koeficijent koji obuhvata gubitke u transformatoru, K_1 - koeficijent koji određuje količinu toplote stvorene u zoni dodira i odvedene u dio, K_2 - koeficijent kojim se uzima u obzir količina toplote koju upija zapremina visokih temperatura, c - specifična toplota metala u KJ/gK° , T_f - temperatura faznog pretvaranja u K° , ρ - gustina u g/mm^3 , $v = H/\tau$ brzina glačanja u mm/s .
 Za korištenje izraza potrebno je odrediti koeficijente K_1 , K_2 , η i η .

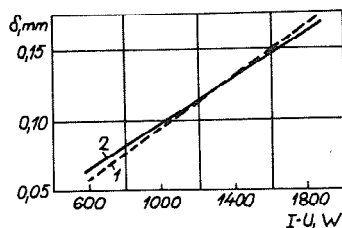
Zavisnost proračunate (1) i ispitivane (2) dubine očvršćavanja od električnih parametara prikazana je na slici 3 za konstruktivne čelike uz korištenje uproštenog izraza:

$$\sigma = \left[0,56 \left(\frac{I \cdot U}{v} \right) + 2,05 \right] 10^{-3} \quad (3a.)$$

Uticaj parametara režima obrade očvršćavanja površinskog sloja dati su u tabeli 1.

Tabela 1.

Režimi EMO				Dubina očvršćav.	
I (A)	U (V)	v m/min	P N/mm ²	mm	
				Prorač.	Opitna
325	4,5	0,75	60	0,38	0,43
330	5,0	0,75	60	0,49	0,52
440	6,0	0,75	60	0,68	0,74
410	5,4	0,75	160	0,81	0,72
520	6,2	0,75	160	1,18	1,04



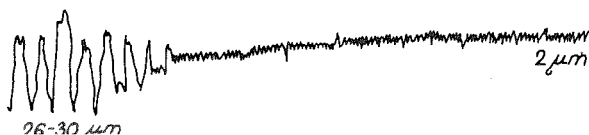
Sl. 3.

2.1. Hrapavost i tačnost obrade

Hrapavost i tačnost obrade zavisi od dodatka na glačanje. Na slici 4 prikazan je profilogram površine obradjene EM glačanjem. Glačanjem se smanjuje prečnik prethodno obradjenog komada za ΔD , koje se može uzeti da iznosi u prvom približavanju:

$$\Delta D \approx R_z \quad (4.)$$

u zavisnosti od načina prethodne obrade ΔD može biti veće ili manje od R_z . Za tačnije određivanje ΔD uvodi se koeficijent popravke C . Kada su poznati uslovi obrade i popravni koeficijent C , tada se može dosta tačno odrediti dodatak za obradu glačanjem i promjena prečnika. Na hrapavost površine utiče polazna hrapavost, geomet

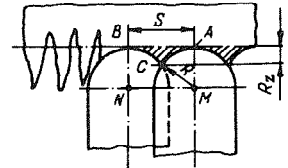


Hrapavost poslije glačanja zavisi samo od posmaka s i radijusa alata u ravni R (slika 5), tj.

$$R_z^* = \frac{s^2}{8R} \quad (5.)$$

2.2. Povećanje eksploatacionih osobina dijelova

EMO-om se povisuju eksploatacione osobine dijelova mašine. EMO utiče na povišenje kontaktne čvrstoće. Otpornost na zamor dijelova zavisi od strukture površinskog sloja i ona se povisuje pri svim režimima EMO. Pored toga podaci o toplotnoj čvrstoći površinskog sloja, obrazovanog EMO, su od velikog interesa u uslovima eksploatacije.



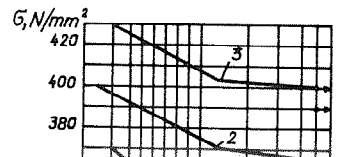
sl. 5.

Mogućnost povišenja otpornosti na habanje je jedan od najvažnijih pokazatelja EMO. Posebno značenje ima završna obrada sa zakaljenom strukturom površinskog sloja obradivanih komada, koji rade pod teškim uslovima polusuhog trenja gdje postoji i abrazivno habanje. Može se uzeti da površine poslije EM glačanja, ne samo da nezaostaju po otpornosti na habanje iza zakaljenih površina nego ih i premašuju.

EM glačanjem se povisuje otpornost normalizovanih čelika za 4 do 12 puta u odnosu na polirane i brušene, a u zavisnosti od uslova trenja i sparivanja površine koje se taru. Otpornost na habanje se može povećati do 2 puta zakaljenim čelici.

Očvršćivanjem površinskog sloja povisuje se istovremeno izdržljivost. Efektivnost očvršćavanja se ocjenjuje i koeficijentom $\beta = \sigma_{10\%} / \sigma_1$ - odnos izdržljivosti očvršćenog i neočvršćenog uzorka. Ovaj koeficijent se nalazi u granicama 1,1 do 2,1 kod komada bez koncentracije naprezanja i 1,2 do 3,0 sa koncentracijom naprezanja [1].

Na slici 6 prikazani su rezultati ispitivanja čeličnih uzoraka glačanih EMO iz koje se vidi da je povišenje otpornosti na zamor za 22% (kriva 3) i za 11,4% glačanjem bez struje (2). Prema podacima ispitivanja u odnosu na brušenje, očvršćivanjem čelika sa tri prolaza se povisuje izdržljivost za 45%. Ponovljeni prolazi snižavaju veličinu zastalnih naprezanja na pritisak, što potvrđuju

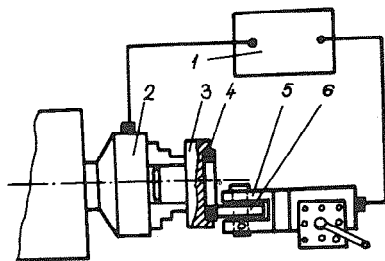


turi 873 K^o površinska mikrotvrdoća iznosi ~ 5 kN/mm², što je posljedica obrazovanja očvršćenog sloja u procesu EMO, koji je u stanju da izdrži djelovanje visokih temperatura sa dosta visokom tvrdoćom, što je vrlo važno kod motora SUS, koji rade u uslovima povišenih temperatura i pritiska.

2.3. Karakteristični primjeri očvršćavanja EMO

Iz naprijed izloženog može se konstatovati da je primjena EMO kao završne obrade čeličnih dijelova koji rade pod teškim uslovima polusuhog trenja, gdje postoji i abrazivno habanje veoma perspektivna, što se posebno odnosi na cilindre pumpi hidrauličnih i pneumatskih mehanizama, ravnih i profilnih površina i sl. Na nekoliko karakterističnih primjera bit će prikazana primjena pomenutog postupka.

Prema podacima iz [1] mjerenjem habanja košuljice prstenova i kanala klipa svakih 200 časova rada nakon 600 časova rada srednje veličine habanja EM očvršnutih iznosile su 16,5 m, a serijski proizvedenih 68 m. Otpornost na habanje je povišena više od 4 puta. Ispitivanjem je utvrđeno da se radialno habanje kompresionih prstenova umanjilo za 1,9, a kanala klipnih prstenova za 4 puta. Očvršćavanje klipnih prstenova poznatim metodama termičke obrade je skoro nemoguće zbog njihovog vitoperenja. Hromiranjem se rok rada prstenova produžava za 1,5 do 2 puta. Na slici 7 prikazana je šema očvršćavanja klipnih prstenova. Klipni prsten (4) stavljen je u pribor (3) koji je stegnut u steznu glavu struga (2). Očvršćavanje površinskog sloja se vrši malim diskom (6) širine prstena, koji je postavljen u opružni nosač (5). Klipni prsten sa dozvoljenom visinom na habanje u granicama 0,15 - 0,18 mm očvršćava se strujom 600 - 650 A, silom pritiska 0,35 - 0,4 kN i brojem okretaja 5 ok/min.



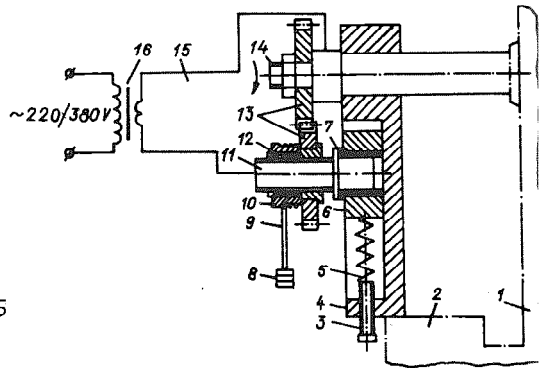
sl. 7.

Jednim okretajem vretena mašine obradi se jedna strana. Otpornost na habanje čeonih površina se povećava za 2,2 puta, a radialno za 1,6 - 2,2 puta. Otpornost na habanje cilindra u kojem radi klip sa očvršćenim prstenovima povećava se za 1,5 puta, a kanali klipnih prstenova za 1,5 - 2,6 puta. Obrada se može vršiti u većim serijama uz primjenu odgovarajućih alata

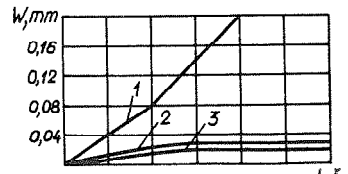
Vučna zavojna vretena strugova se većinom proizvode neočvršćena zbog deformacija i složenosti poznate tehnologije, što dovodi do habanja od 0,5 mm/god. pri radu u dvije smjene. Ispitivanjem zavojnih vretena očvršnutih EMO je utvrđeno da im se otpornost na habanje povisi za 5 puta s tim da je postignuta tačnost i kvaliteta površine u odgovarajućim klasama.

Uspješno se EMO primjenjuje i na očvršćavanje dijelova sa navojem i ona se ne ograničava samo na povišenje otpornosti na habanje nego i otpornosti na zamor, koja se naglo snižava pri narezivanju navoja.

Na slici 8. prikazana je šema očvršćavanja zupčanika. U individualnoj i maloserijskoj proizvodnji, usljed tehnološke složenosti, neophodne dopunske obrade poslije kaljenja i ekonomske neopravdanosti ne vrši se očvršćavanje zupčanika što vodi njihovm brzom habanju. EMO zupčanika se vrši bez posebnih alata. Proces se zasniva na uzajamnom očvršćavanju para zupčanika u zahvatu putem uhodavanja pod pritiskom i protokom električne struje. Jedan zupčanik je pričvršćen na vreteno mašine, a drugi se postavlja u klizač 6 koji se pomjera pod djelovanjem opruge 5 u urezu kućišta pribora 4, postavljenog na stol 2 postolja mašine. U otvor klizača upresovana je izolaciona čaura 7 sa nepokretnim mesinganim vratilom 11. Na vratilo je navrnutu narezna čaura 12 na kojoj je nepokretno učvršćen pomoću doboša 10 donji obradivani zupčanik 13. Na doboš je namotano uže 9 sa teretom radi obezbjedjenja stalnog pritiska dodira zupčanika. Pri okretanju zupčanika donji zupčanik se pomjera uzdužno. Izmjenom smjera obrtanja go njegov zupčanika mogu se očvršćavati obe radne površine zubaca. EM očvršćavanje para zupčanika se vrši za 3 - 4 min. pri $n=4$ ok/min. Debljina očvršnutog sloja iznosi 0,8-1,2mm na 80-85% radne površine. Ovaj postupak se koristi za malo i srednje opterećene zupčanike u cilju povećanja otpornosti na habanje.



Slika 8.



Na dijagramu (slika 9) prikazana je krba

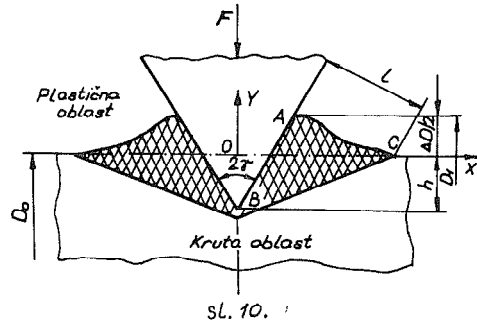
3. Elektromehaničko obnavljanje dijelova

Elektromehaničko obnavljanje dijelova principijelno se razlikuje od drugih načina u tome, što se u procesu obnavljanja dostiže povišenje fizičko-mehaničkih osobina aktivnog površinskog sloja dijelova bez izmjene njegovih hemijskih karakteristika i bez dopunskih operacija termičke obrade. EM obnavljanje dijelova se vrši bez dodatnog metala, sa dodavanjem metala utiskivanjem i privarivanjem. EM istiskivanje metala površinskog sloja dijela se vrši na račun prodiranja alata, koji predstavlja lako zatupljeni klin (sl.10). Sila istiskivanja na jedinicu dužine klina je:

$$F=2 \cdot l \cdot p \cdot \sin \gamma \quad (6.)$$

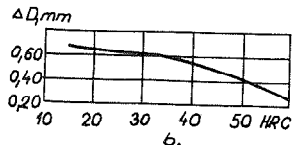
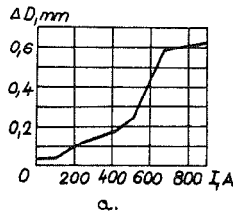
gdje je: l - dužina sloja obrazovanog plastičnom deformacijom, p - srednji dodirni pritisak, γ - polovina ugla klina alata. Kada se u jednačinu (6.) uvrsti $l=(h+ D/2)/\cos \gamma$ iz iste se dobije izraz za relativno povećanje prečnika.

$$\Delta D = \left(\frac{F}{p \cdot \text{tg} \gamma} \right) - 2h \quad (7.)$$



Za postizanje maksimalnog istiskivanja metala trebalo bi raditi sa minimalnim pritiskom dodira i minimalnim uglom profila alata. Za postizanje minimalne granice tečnosti metala na mjesto dodira se dovodi struja potrebne jačine. Izbor jačine struje i ugla profila ograničen je čvrstoćom i otpornošću alata. Na slici 11a prikazana je zavisnost veličine istiskivanja ΔD od jačine struje, a na slici 11b od tvrdoće materijala koji se obrađuje. Na

slici 12 prikazani su rezultati ispitivanja 1 izdržljivosti alata za istiskivanje u zavisnosti od jačine struje (1), povećanja ugla alata (2), povećanja brzine istiskivanja (3) i povišenja sile (4).



sl. 11.

uredjaj za EM istiskivanje ima principijelno istu šemu (sl.13) kao i uredjaj za glačanje (sl.1). Tehnološki proces obnavljanja površina sastoji se iz dvije operacije istiskivanja metala površinskog sloja i glačanja površina do određene dimenzije. Pr...

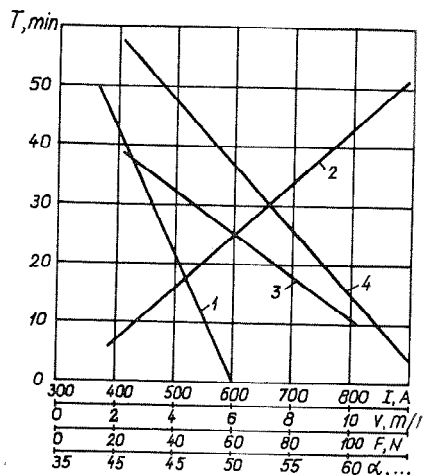
ta obnovljenog dijela:

$$K = \frac{l}{L} = \frac{l_1}{s} \quad (8.)$$

Sa oznakama na sl. 13. dobije se povećanje prečnika poslije istiskivanja $\Delta D = D_1 - D_0$ gdje je D_1 prečnik poslije, a D_0 prije istiskivanja. Poslije glačanja ΔD_1 ravno je zbiru stvarnog zazora H_1 spregnutog para poslije habanja i zadanog zadora sprezanja H_2 ($\Delta D_1 = H_1 + H_2$). Promjena prečnika se može računati iz izraza [1]:

$$\Delta D = \frac{s \cdot \Delta D_1 \cdot K_1}{(s - 3,46 \Delta D_1)} \quad [mm] \quad (8a.)$$

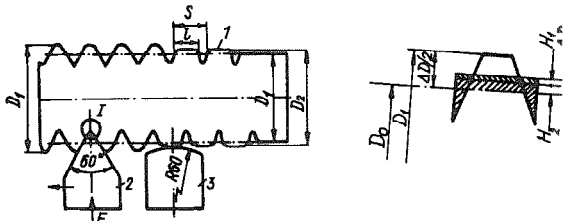
K_1 -je koeficijent punoće dodira ($K_1 = A_t / A_{stv}$), a uzima se oko 1,6 [1] [2].



sl. 12.

Prema [1] na osnovu izvršenih ispitivanja eksploatacionih karakteristika različitih načina obnavljanja obrtnih rukavaca dobijene su slijedeće veličine koeficijene otpornosti na zamor k_z i habanje k_h :

	k_z	k_h
novi dio	1,00	1,00
hromirani	0,90	1,20
metalizirani	0,79	0,74
EM obradjeni	1,28	1,35



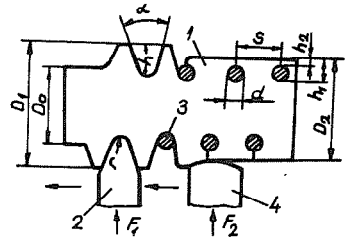
sl. 13.

Kako se vidi najpovoljniji su pokazatelji EMO, te je potrebno da se ova tehnologija uvede u remontnu proizvodnju.

Ne preporučuje se primjena EMO kod kliznih spojeva koji rade u uslovima hidrodinamičkog trenja, jer narušava uslove trenja. Preporučuje se za pokretne spojeve koji rade u uslovima graničnog trenja. Uvodjenjem dodatnog metala proširuje se mogućnost EM obnavljanja dijelova. U praksi se susreće mnogo dijelova sa povišenim ili jednim habanjem gdje su spiralni kanali nepoželjni. Takvi dijelovi se obnavljaju utiskivanjem ili privarivanjem dodatnog metala. Tehnološki princip obnavljanja dijelova utiskivanjem dodatnog metala prikazan je na sl. 14. Duboko istiskivanje površinskog zadora vrši se pločicom 2, zatim se stavlja kraj žice 3 u kanal i pločicom 4 se sa posredstvom s i malom obimnom brzinom vrši glačanje, pri čemu se žica prinudno uvodi u kanal i utiskuje u dio. Radijus pločice za istiskivanje treba odgovarati prečniku žice,

obliku žice povećava se zapremina aktivnog površinskog sloja i u određenoj granici on učestvuje u njegovom habanju, a ne pokazuje bitan uticaj na otpornost zamora, a sjedinjenost sa osnovnim metalom garantuje konfiguraciju površinskog sloja. Povećanje prečnika (sl.14) $\Delta D_1 = D_2 - D_0$ na osnovu postojanosti zapremine tvrdog tijela može se napisati u obliku izraza [1]:

$$\Delta D_1 = \frac{\pi D^2}{2s} [\text{mm}] \quad (9.)$$



Sl. 14.

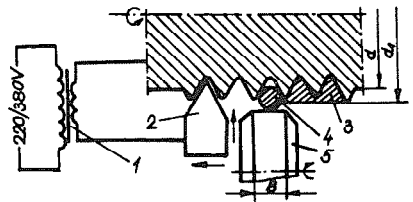
gdje je: d- prečnik žice u mm. Može se uzeti da je $h=0,6s$ i $d_{\text{max}}=0,36s$, odnosno

$D_{1\text{max}} = 0,2s$; $h_1=0,4s$ i $h_2=0,04s$. Granično habanje dijela $H_{i\text{max}}$ EM obnovljenog dijela sa uvaljivanjem dodatnog materijala može se napisati u obliku:

$$H_{i\text{max}} = 2 (h_2 + 0,3d) \quad (10.)$$

3.1. Obnavljanje dijelova privarivanjem

Ovaj postupak se sastoji u tome da se pohabana površina dijela (sl.15) istiskuje EMO-om i u kanale postavi i privari dodatni materijal u vidu čelične žice. Proces se sastoji od tri operacije: istiskivanje površinskog sloja, privarivanje dodatnog materijala i mehanička obrada površine na potrebnu dimenziju. Prije druge operacije potrebno je očistiti kanale, a privarivanje se vrši umetanjem čelične žice 4 pomoću valjčiča alata 5, pri čemu se propušta električna struja jačine 1400-2000A. Pritiskom alata (500-600 N) vrši se plastična deformacija



Sl. 15.

žice i ispunjava istisnuti profil površinskog sloja dijela. Brzina okretanja dijela treba da bude 0,4-1,0 m/min. Za vrijeme plastične deformacije dodatnog materijala vrši se klizanje žice i njeno nalijeganje na površinu kanala. Na visokim temperaturama (1273-1473 K) i visokom jediničnom pritisku vrši se varenje što dovodi do povećanja prečnika sa d_1 . Visoki kvalitet zavarenih spojeva je u tome što nema nedostataka vezanih za prelaz metala iz tvrde faze u žitku i obratno. Prema [1] vršena su ispitivanja uticaja sadržaja ugljika u dodatnom materijalu na promjenu tvrdoće. Za materijal sa udio ugljika u %: 0,11, 0,45 i 0,65 mikrotvrdoća prije obnavljanja: 2,24, 2,38 i 3,79 kN/mm^2 , a poslije obnavljanja: 3,12, 5,04 i 5,65 kN/mm^2 . Izmjena tvrdoće iz-

3.2. Tehno-ekonomski efekti obnavljanja

Obnavljanje dijelova je ekonomski povoljnije nego izrada novih. Ako se pri me može postići potreban kvalitet i približno isto vrijeme rada poslije remonta, tada je neopravdana nabavka velike količine rezervnih dijelova. Za tehno-ekonomsku ocjenu različitih načina obnavljanja dijelova mogu se koristiti pokazatelji apsolutne i relativne efektivnosti. Apsolutnom efektivnosti obnovljenog dijela se određuje pogodnost u odnosu na zamjenu novim dijelom, a relativna u odnosu na obnovljeni dio ranijim načinom obnavljanja. Za ocjenu apsolutne efektivnosti obnavljanja koristi se sljedeći izraz [1]:

$$K_{ek} = K_1 K_2 K_3 \quad (11.)$$

a za ocjenu relativne efektivnosti izraz [1]:

$$k'_{ek} = k'_1 \cdot k'_2 \cdot k'_3 \quad (11a.)$$

gdje je:

$K_1 = C_n / C_o$, $k'_1 = C'_o / C_o$ - koeficijent cijene; $K_2 = h_n / h_o$, $k'_2 = h'_o / h_o$ - koeficijent otpornosti na habanje; $K_3 = G_{10} / G_{1n}$, $k'_3 = G'_{10} / G'_{10}$ - koeficijent izdržljivosti; C_n, C_o i C'_o - cijene novog, obnovljenog i ranije obnovljenog dijela; G_{1n} , G_{10} i G'_{10} - granice izdržljivosti novog, obnovljenog i ranije obnovljenog dijela.

Pri ispitivanju automobilskih dijelova obnovljenih hromiranjem, metalizacijom EMO uzeto je hromiranje za jedinicu [1]. Koeficijent relativne ekonomske efektivnosti obnavljanja metalizacijom je dobijen: $1,48 \cdot 0,63 \cdot 0,88 = 0,82$, EMO 4,8, što znači da je koeficijent ekonomske efektivnosti EMO pet puta efektivniji. Pri tome se mora imati u vidu i ušteda u vremenu obnavljanja.

4. Zaključak

Na osnovu u radu iznešenog može se zaključiti da primjenom EMO površina dovede do povišenja osnovnih eksploatacionih karakteristika dijelova mašina i to:

- do povećanja otpornosti na habanje što znači duži vijek trajanja,
- povišenje kontaktne čvrstoće,
- do povećanja otpornosti na zamor.

Primjena elektro-mehaničkog obnavljanja ima značajne prednosti nad hromiranjem i metalizacijom dijelova, što se očituje kroz tehno-ekonomske pokazatelje apsolutne i relativne efektivnosti. Ovo ukazuje na opravdanost korištenja pomenutog postupka u tehnologiji održavanja. EMO površina (glačanje) je od većeg značaja u poje

Reference

- /1/ B.M.Askinazi, Upročenie i vostoynovlenie detalei, Mašinostroenie, Lenjingrad 1977.god.
- /2/ A.I.Taratura, A.A.Sverkov, Progressivnie metodi remonta mašin, "Uradžai", Minsk 1979.god.
- /3/ A.I.Kostin, D.I.Poljakov, Specializirovani remont metalorežusćih stankov, Mašinostroenie, Moskva 1978.god.

N.Hadžiomerović, V.Višekruna

CERTAINS ASPECTS D'APPLICATION DU DURCISSEMENT ÉLECTROMÉCANIQUE DE LA COUCHE SUPERFICIELLE DES PIÈCES DANS LA TECHNOLOGIE DE L'ENTRETIEN

Dans le présent travail nous avons donné les fondements du procédé du durcissement électromécanique de surfaces des pièces comme aussi de la révitalisation électromécanique des pièces. Outre la considération théorique nous avons relevé certains avantages de ces procédés par rapport à ceux qu'on applique actuellement. Le rayon important d'application des procédés indiqués est dans le domaine d'entretien des machines et de l'équipement, pour le seul but de prolongation de la durée de leur vie.

XIV SAVJETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE, ČAČAK, 1980.

A. Hriješik ~~II~~)

IZBOR PARAMETARA REZANJA KAO FUNKCIJA KRUTOSTI TOKARILICE ~~III~~)

1. Uvod

Postići visoku proizvodnost i kod završne obrade tokarenjem cilj je svakoga tehnologa. Međutim, oslanjajući se na podatke o krutosti za različite veličine tokarilica koje se prezentiraju u literaturi, ne postiže se optimalni presjek ili posmak strugotine tokarenjem kod obrade na propisanu toleranciju.

Radi navedenih činjenica pristupilo se je detaljnom ispiti vanju statičke krutosti nekoliko tokarilica univerzalnog tipa, a uz pomoć suvremene elektronske opreme, kako bi se sa realnim parametrima krutosti pristupilo proračunu tehnološkog postupka. Ispitivanje podrazumijeva kompletni sistem za obradu SANI (stroj-alat-na prava-izradak), a rezultati ispitivanja poslužit će kao baza za izvod jednadžbi.

2. Utjecaj statičke krutosti na odstupanje dimenzija izratka

Izbor posmaka i presjeka strugotine tokarenjem kod završne obrade treba da udovolji propisanoj kvaliteti obrađene površine, točnosti naznačenih dimenzija i oblika izratka u granicama datih tolerancija, te visokoj produktivnosti. Ove kriterije završne obrade ne samo što nije jednostavno optimalno realizirati kroz tehnološki proračun, već i ostvariti na tokarilici. Razloga za to ima veći broj, oni se međusobno isprepliću, i zato se ne može kazati da literatura preporučuje jednoznačne smjernice.

Maksimalni presjek strugotine kod tokarenja moguće je proračunati za završnu obradu, a da se očekivanja odstupanja nalaze u granicama tolerancije. Međutim, literaturni podaci za ove proračune polaze od parcijalnih krutosti sklopova i elemenata tokarilića koje su idealizirane ili se u gradnji alatnih strojeva preporučuju. Npr. koriste se krutosti za vretenište, konjić, suport i postolje koje bi u gradnji dobro konstruiranih tokarilica trebalo postizavati.

Vrlo opsežna ispitivanja nekoliko tokarilica dala su rezultate koje se ne poklapaju sa krutostima koje se preporučuju u literaturi. Radi toga se u tabeli I daju komparativni podaci za statičku krutost dobivenu eksperimentiranjem i statičku krutost idealizirane veličine. Eksperimentalni rezultati dobiveni su metodom dinamičkog mjerenja statičke krutosti [2].

Tabela I

Krutost sklopova ravnina vodoravna	Statička krutost u N/mm				PRIMJEDBA
	Idealna: literatura [1]	Realna: za stroj SU 63			
Cvr vreteno-istak	250-500	170			Na kraju vretena
Cšvr šiljak vretena	100-200	48,43			Na šiljku vretena
Csu suport-alat	80-160	413,3			Suport i alat zajedno
Cp1 postolje (ravnina 1)	600-1200	207	172,2	155	Dužine izradaka (L): 400-1000-2000
Cp2 postolje (ravnina 2)	150-300	196	109	58,7	
Cp3 postolje (ravnina 3)	-	178	77	45,6	

Podaci u tabeli govore da se idealizirane statičke krutosti ni približno ne podudaraju sa realno dobivenim na bazi ekspe-

toku obrade trpi određene deformacije radi djelovanja sila rezanja. Deformacije sklopova i dijelova stroja, kao i sistema SANI u cjelini, manifestiraju se u vidu geometrijske pogreške na izratku, a izražene su u vidu bačvastog izgleda izratka.

Oznake prema sl. 1:

d_0 - minimalni dozvoljeni promjer na izratku u mm;

d - nastavljeni promjer izratka na mjernom mehanizmu stroja;

d_1, d_2, d_3 - promjeri izratka nakon obrade u presjecima 1, 2, 3 u mm;

d_{x-y}, d_{x-z} - promjeri izratka nakon obrade u presjeku (x) ako djeluje F_y ili F_z u mm;

C_1, C_2, C_3 - krutosti sistema SANI u presjecima 1, 2, 3 u $N/\mu m$;

L - dužina izratka u mm;

y_{x-y}, y_{x-z} - pomak vrha alata od osi izratka u nekom presjeku (x) u radijalnom ili tangencijalnom pravcu radi djelovanja sile F_y ili F_z u μm ;

$\Delta_1, \Delta_2, \Delta_3$ - odstupanja od nastavljenog promjera izratka (d) u presjecima 1, 2, 3 u μm ;

F_x, F_y, F_z - komponente sile rezanja u N.

Krutosti sistema SANI prema datim oznakama na sl. 1 možemo izraziti za tri karakteristična presjeka:

$$1/C_1 = 1/C_{\check{s}vr} + 1/C_{su} + 1/C_{al} + 1/C_{nal} + 1/C_{p1}, \quad (1)$$

$$1/C_2 = 1/4C_{\check{s}vr} + 1/4C_{\check{s}ko} + 1/C_{su} + 1/C_{al} + 1/C_{na2} + 1/C_{p2} + 1/C_{iz2}, \quad (2)$$

$$1/C_3 = 1/C_{\check{s}ko} + 1/C_{su} + 1/C_{al} + 1/C_{na3} + 1/C_{p3}. \quad (3)$$

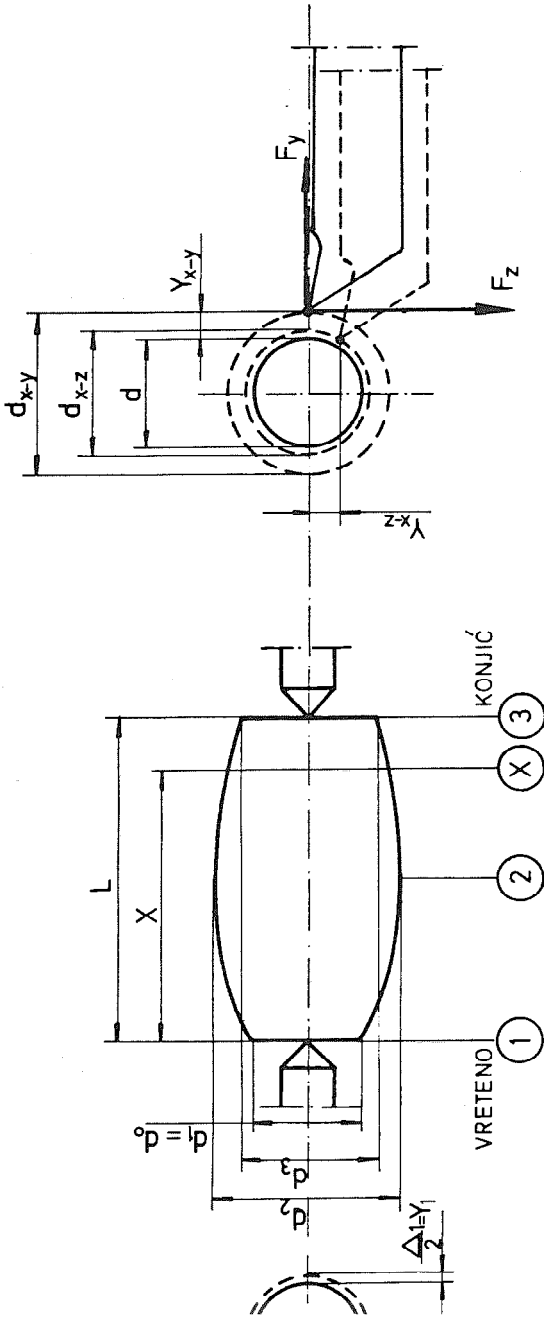
Oznake znače (sve u $N/\mu m$):

$C_{\check{s}vr}, C_{\check{s}ko}$ - krutosti šiljaka vretena i konjića;

C_{su}, C_{al} - krutosti suporta i alata;

C_{na} - krutost naprave - srca za tokarenje;

C_1, C_2, C_3 - krutost postolja u presjecima 1, 2, 3.



Sl. 1 — GEOMETRIJSKE POGREŠKE IZRATKA RADI
RAZLIČITE STATIČKE KRUTOSTI

Ostvareno odstupanje (Δ) obrade koje nastaje između promjera dva i jedan (prema sl. 1) glasi:

$$\Delta_{2-1} = \Delta_2 - \Delta_1 = d_2 - d_1 = 2F_y (1/C_2 - 1/C_1). \quad (4)$$

Analogan obrazac relaciji (4) možemo napisati za presjeke (2) i (3):

$$\Delta_{3-2} = \Delta_3 - \Delta_2 = d_3 - d_2 = 2F_y (1/C_3 - 1/C_2). \quad (5)$$

Supstitucijom relacija (1), (2), (3) u jednadžbe (4) i (5) dobivamo konačne izraze za ostvarena odstupanja u funkciji radijalne sile i krutosti sistema SANTI:

$$\Delta_{2-1} = 2F_y (1/4C_{\text{ško}} - 1/4C_{\text{švr}} + 1/C_{p2} - 1/C_{p1} + 1/C_{iz}), \quad (6)$$

$$\Delta_{3-2} = 2F_y (3/4C_{\text{ško}} - 1/4C_{\text{švr}} + 1/C_{p3} - 1/C_{p2} - 1/C_{iz}). \quad (7)$$

Na osnovi relacija (6) i (7) nalazimo numeričke veličine odstupanja za promatrane karakteristične presjeke prema sl. 1. Ove veličine prikazane su u tabeli II za sva tri tipa analiziranih izradaka

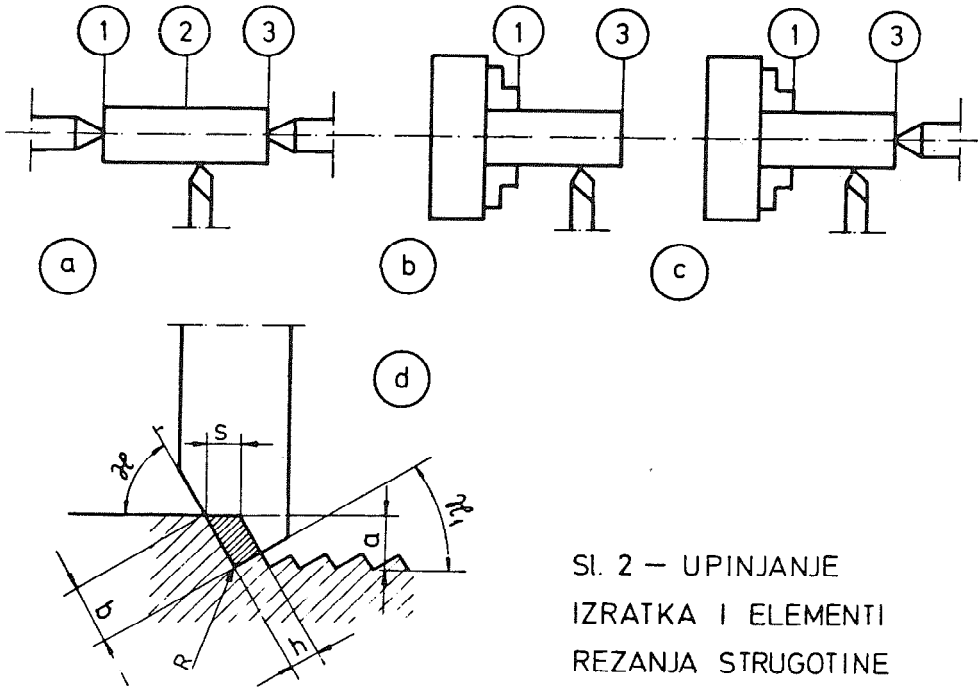
Tabela II

Izraci promjera 200mm	Tokarilica SU 63	Ostvarena odstupanja u mikrometrima	
		$\Delta_{2-1} = d_2 - d_1$	$\Delta_{3-2} = d_3 - d_2$
L = 400 mm		188,83	104,66
L = 1000 mm		276,78	147,16
L = 2000 mm		501,26	9,16

Rezultati u tabeli II u potpunosti opravdavaju shematski prikaz oblika izratka prema sl. 1. Ovo poglavlje služi kao osnova za proračun presjeka i posmaka strugotine pri završnoj obradi.

3. Proračun presjeka i posmaka strugotine

Uzmimo kao prvi slučaj unputi izradak prema sl. 2a. što se



SI. 2 - UPINJANJE
IZRATKA I ELEMENTI
REZANJA STRUGOTINE

Radijalnu silu rezanja usvojimo prema poznatom obrascu iz teorije rezanja [1]:

$$F_y = F_x = (0,3 \dots 0,35)F_z, \quad (9)$$

na

$$F_y = 0,35 F_z = 0,35 A \cdot f_s, \quad (10)$$

gdje oznake znače:

- A - presjek strugotine u mm^2 ;
- C_{iz} - krutost izratka u $\text{N}/\mu\text{m}$;
- E - modul elastičnosti u N/mm^2 ;
- f_s - specifična sila rezanja u N/mm^2 ;
- I - moment inercije u mm^4 ;
- L - dužina izratka u mm ;
- y - pomak-deformacija u μm .

Supstitucijom jednadžbi (8) i (10) u relaciju (6) dobivamo formulu za maksimalni presjek strugotine (11) koji možemo usvojiti za završnu obradu, a da je odstupanje promjera u presjecima (2) i (1), sl. 2a, jednako ili manje od tolerancije (Δ):

$$A = 1000 \cdot \Delta \sqrt{[H_a + 1,4 L^3/d^4] f_s}, \text{ mm}^2. \quad (11)$$

Oznake znače:

Δ - najveće dozvoljeno odstupanje promjera (tolerancija) u μm ;
 H_a, H_b, H_c - koeficijenti krutosti za različite načine stezanja izradaka prema sl. 2a, b, c.

Najveći presjek strugotine za slučaj upinjanja izratka prema sl. 2b, možemo dobiti na sličan način kao i jednadžbu (11).

Odstupanje promjera (Δ) obrade radi elastičnih deformacija sistema SANI u presjecima (3) i (1), sl. 2b, glasi:

$$\Delta_{3-1} = 2F_y (1/C_3 - 1/C_1). \quad (12)$$

Krutost (C_1) data je jednadžbom (1), dok krutost (C_3) u ovom slučaju izračunavamo:

$$1/C_3 = [1/C_{vr}] [(L-L_v)/L_v]^2 + 1/C_{su} + 1/C_{p3} + 1/C_{iz}. \quad (13)$$

Supstitucijom jednadžbi (1) i (13) u relaciju (12) dobivamo odstupanje promjera obrade prema sl. 2b.

$$\Delta_{3-1} = 2 F_y \left\{ [1/C_{vr}] [(L-L_v)^2/L_v^2] + 1/C_{p3} - 1/C_{p1} + 1/C_{iz} \right\}. \quad (14)$$

Oznake znače:

L_v - dužina vretena tokarilice od istaka do sredine lijevog ležaja;

C_{vr} - krutost na istaku vretena.

Izradak stegnut prema sl. 2b možemo smatrati kao uklještenu konzolu, te možemo napisati poznati obrazac za krutost izratka:

$$C_{iz} = F_y/y = 3E \cdot I/L^3 \approx 31,25d^4/L^3, \quad N/\mu\text{m}. \quad (15)$$

Analitičkim transformacijama jednadžbi (1), (10), (13), (14) dobivamo relaciju (16) koja izražava maksimalni presjek stru-

$$A = \frac{1000 \Delta}{\left\{ (14,45) \left[\left(\frac{L-L_v}{L_v} \right)^2 - 1 \right] + H_b + 22,4 L^3/d^4 \right\} f_s}, \text{ mm}^2. \quad (16)$$

Postupak ponavljamo za slučaj upinjanja izratka prema sl. 2c. Ovo je slučaj stezanja koji se identificira sa prostom gređom na jednom kraju uklještenom, a na drugom oslonjenom. Nakon transformacija jednadžbi dobivamo dozvoljeni presjek strugotine prema sl. 2c:

$$A = \frac{1000 \Delta}{\left[H_c + 0,0875 L^3/d^4 \right] f_s}, \text{ mm}^2. \quad (17)$$

Koeficijente krutosti H_a , H_b , H_c treba identificirati za svaki stroj u eksploataciji i ugraditi ih i jednadžbe za presjek ili posmak strugotine.

Analiza izvedenih jednadžbi za najveći dozvoljeni presjek strugotine (11), (16), (17) pokazuje da kod identičnih brojnika nazivnik karakterizira statičku krutost stroja i statičku krutost izratka. Suma ovih krutosti zapravo izražava statičku krutost sistema SANI. Iz ovoga proizlazi važna konstatacija za točnost pri obradi na koju utječe realna (ne idealizirana) krutost sistema SANI.

Za praktičnu aplikaciju izvedene jednadžbe za presjek strugotine (11), (16) i (17) nisu najpogodnije. Razlog zato leži u činjenici da specifična sila rezanja (f_s) ovisi o debljini strugotine, odnosno o posmaku prema poznatim jednadžbama:

$$f_s = K_{hlxl} \cdot h^{-z}, \text{ N/mm}^2, \quad (18)$$

$$f_s = K_{hlxl} \cdot S^{-z}, \text{ N/mm}^2, \quad (19)$$

te je neophodno prije usvajanja presjeka strugotine odlučiti se kakvim ćemo omjerom tokariti:

$$\mathcal{V} = a:S, \quad (20)$$

a jednadžba za presjek strugotine glasi:

$$A = a \cdot S, \text{ mm}^2. \quad (21)$$

z - eksponent Kienzlejeve jednadžbe; α - postavni kut alata; ψ - omjer dubine i posmaka rezanja; K_{hlxl} i K_{hlxl} , - koeficijenti Kienzlejeve jednadžbe koje literatura daje u tabelama.

Uz pomoć jednadžbi (11), (16), (17), (19) (20) i (21) izvedene su relacije za najveći dozvoljeni posmak pri tokarenju.

Tokarenje između šiljaka (sl. 2a):

$$S = \left\{ \frac{1000 \Delta}{\left[H_a + 1,4 L^3/d^4 \right] K_{hlxl}} \right\}^{\frac{1}{2-z}}, \text{ mm.} \quad (22)$$

Tokarenje izratka upnutog u steznoj glavi (sl. 2b):

$$S = \left\{ \frac{1000 \Delta}{\left\{ 14,45 \left[\left(\frac{L-L_v}{L_v} \right)^2 - 1 \right] + H_b + 22,4 L^3/d^4 \right\} K_{hlxl}, \psi} \right\}^{\frac{1}{2-z}}, \text{ mm.} \quad (23)$$

Tokarenje izratka stegnutog u glavi i upnutog sa šiljkom konjića (sl. 2c):

$$S = \left\{ \frac{1000 \Delta}{\left[H_c + 0,0875 L^3/d^4 \right] K_{hlxl}, \psi} \right\}^{\frac{1}{2-z}}, \text{ mm.} \quad (24)$$

Prezentirane jednadžbe i verificirane numeričke veličine dobivene pomoću njih, a posebno (22), (23), (24), pokazuju da za realni presjek i posmak strugotine neophodno je izvršiti detaljna ispitivanja tokarilice. Ta realna ispitivanja dovela su do rezultata koji pokazuju da se krutost ili podatljivost na konkretnoj tokarilici znatno razlikuju od idealiziranog stanja (tabela I). Dakle, rad pokazuje materijalizirane činjenice eksperimentalnog rada na nekoliko univerzalnih tokarilica, što je dovelo i do modificiranog oblika jednadžbi za posmak pri završnom tokarenju.

4. Zaključak

Dobiveni eksperimentalno-numerički rezultati pokazuju da za proračun optimalnog tehnološkog postupka završnog tokarenja treba pribjeći slijedećem postupku:

1. Izvršiti detaljna ispitivanja krutosti stroja na karakterističnim sklopovima i presjecima: istaku vretena, šiljku vretena, konjiću, šiljku konjića, suportu i postolju u presjecima 1, 2, 3, prema sl. 2.

2. Relevantne krutosti dobivene eksperimentalno uz pomoć prezentirane metodologije treba da posluže za izvođenje sličnih jednažbi (22), (23), (24) koje sada vrijede za konkretnu tokarilicu.
3. Propisivati režime rada pri završnom tokarenju na bazi izvedenih jednažbi.

R e f e r e n c e

- [1] Muren, H., Odrezavanje, Tehnička založba Slovenije, Ljubljana, 1976.
- [2] Bach, P. a kol., Dynamická metoda měření statické poddajnosti obráběcích strojů, Strojirenská výroba, Praha, 1977, str. 169-173.
- [3] Geiger, G.: Statische und dynamische Untersuchungen an Schwere-
werkzeugmaschinen, Industrie-Anzeiger 88, 1966.

A. Hriešik

SELECTION OF CUTTING PARAMETERS AS FUNCTION OF LATHE STIFFNESS

The author gives a complete survey of the factors affecting the work accuracy of the universal lathe. The two most precise methodologies proved to be the experimental methodology combined with the numerical one. It has been established that during the final operation the choice of section and feed of sawdust at the required diameter tolerance must be made on the basis of the measured static stiffness. Consequently every lathe appears as a different system in exploitation. Practical instructions are given for the application of the obtained results.

XIV SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE, ČAČAK, 1980.

R. Ječmenica*

ANALIZA VREDNOSTI PROIZVODNJE ZAVOJNIH BURGIIJA U
FUNKCIJI TEHNOLOGIJE IZRADE

1. Uvod

U uslovima metaloprerađivačke industrije Jugoslavije obrada bušenjem zauzima veoma visoko mesto po zastupljenosti obrade rezanjem. Sama ova činjenica ukazuje i na veliku potrošnju zavojnih burgija kao reznih alata. Vrednost proizvedenih burgija iz godine u godinu se znatno povećava, tako da danas ista ide na više desetina milijardi starih dinara.

Danas se kod domaćih proizvođača ovog reznog alata primenjuje veći broj tehnologija kojima se izrađuju zavojne burgije, počev od klasičnih (glodanjem na univerzalnim glodalicama) pa do savremenih (brušenjem i valjanjem). Svakako da, zastupljenost različitih tehnologija ima uticaja ne samo na tehničko-tehnološke već i ekonomske posledice kao na primer, vrednost proizvodnje zavojne burgije u uslovima primene različitih tehnologija. Dovoljno je samo analizirati učešće alatnog materijala, pa se odmah mogu uočiti velike razlike i u troškovima ove vrste.

*) Mr Ratomir Ječmenica, dipl.inž., predavač v.š. Pedagoško-tehničkog fakulteta u Čačku

Tabela I

Red. broj	Postupak izrade zavoj.burgija	Zavojna burgija \emptyset 12,5 [mm]					
		Prečnik pripremljena d (mm)	Dužina pripremljena L (mm)	Težina pripremljena G (gr)	I n d e x		
					d	L	G
1	Valjanjem	12,8	106	117,7	100	100	100
2	Brušenjem	12,8	156	173	100	147	147
3	Glodanjem	15	158	241,6	117	149	205

Sl.1. Analiza učešća sirovog materijala za proizvodnju zavojne burgije \emptyset 12,5 mm JUS K.DS.020 postupcima valjanjem, brušenjem i glodanjem

U ovom radu analizirane su i uporedjivane vrednosti proizvodnje zavojnih burgija izradjenih postupcima valjanjem, brušenjem i glodanjem.

2. Metodologija definisanja vrednosti proizvodnje

Svaki proizvodni sistem u kome se ostvaruje materijalna proizvodnja konponovan je od odredenog broja radnih mesta koja se u principu mogu svrstati na proizvodna i neproizvodna. Grupu neproizvodnih radnih mesta treba prihvatiti uslovno, jer se na njima ne vrši direktna prerada materijala, već indirektno ostranjivanje materijalne proizvodnje.

Dalje, na vrednost materijalne proizvodnje, pored vrednosti rada ostvarene na pomenutim radnim mestima unutar organizacijske jedinice ili pak radnog mesta, utiču i vrednost rada i troškova stvorenih van organizacijske jedinice ili radnog mesta u obliku raznih doprinosa i obaveza prema široj društvenoj zajednici. Na osnovu ovoga, vrednost proizvodnje jedne proizvodne operacije ostvarene na jednom proizvodnom radnom mestu mo-

- V_p /din/ - vrednost proizvodnje
- T_o /din/ - troškovi obrade proizvodne operacije
- T_d /din/ - dodatni troškovi ili vrednosti rada neproizvodnih radnika svedenih na proizvodnu operaciju
- n - broj vrsta dodatnih troškova i vrednosti rada neproizvodnih radnika

Troškove obrade možemo predstaviti izrazom:

$$T_o = V_R + T_A + T_M \dots\dots\dots (2)$$

gde je:

- V_R /din/min/ - Vrednost rada (bruto lični dohoci) proizvodnih radnika
- T_A /din/ - Troškovi alata
- T_M /din/ - troškovi amortizacije mašina

Ako vrednost rada (V_R) na proizvodnim radnim mestima, troškove alata (T_A) i troškove mašine predstavima izrazima:

$$V_R = N \cdot BLD_{Pr} \cdot t_k \text{ /din/min/ } \dots\dots\dots (3)$$

$$T_A = (N \cdot BLD_{Pr} \cdot t_1 + BLD_{OA} \cdot t_2 + \frac{CA}{i+1}) \cdot \frac{tg}{T} \text{ /din/ } (4)$$

$$T_M = \frac{C_M \cdot P}{s \cdot (q \cdot t_{k1})} \approx \frac{C_M \cdot P}{F \cdot 100 \cdot 60} \cdot t_k \text{ /din/ } \dots\dots\dots (5)$$

$i=1$

gde je:

- BLD_{Pr} /din/min/ - Bruto lični dohodak proizvodnog radnika
- BLD_{sr} /din/min/ - Bruto lični dohodak stručnog radnika (brigadir, regler, predradnik)

N_1 - Broj mašina koje opslužuje jedan proizvodni radnik

N_2 - Broj mašina koje opslužuje jedan stručni radnik

t_1 /min/ - Vreme zamene pohabanog alata

t_2 /min/ - Vreme oštrenja alata

t_g /min/ - Glavno vreme /vreme efektivnog rezanja/

t_k /min/ - Vreme trajanja proizvodne operacije

T /min/ - Postojanost /vreme između dva oštrenja/ alata

C_A /din/ - cena alata

i - broj mogućih oštrenja reznog alata

C_M /din/ - vrednost mašine na koju se primenjuje amortizaciona stopa

p /%/ - procentna amortizaciona stopa

s - broj različitih proizvodnih operacija koje se u toku godine izvedu na proizvodnom radnom mestu

F /čas/ - godišnji fond časova mašine

η /%/ - vremenski stepen iskorišćenja mašine

q /kom/ - količina (broj) artikala jedne vrste u toku godine planiran i proizveden

$q \cdot t_k$ /min/-vreme izvodjenja jedne proizvodne operacije u toku godine

Sada se može formirati konačan izraz za troškove obrade u obliku:

$$T_0 = V_R + T_A + T_M = N \cdot BLD_{pr} \cdot t_k + (N \cdot BLD_{pr} \cdot t_1 + BLD_o \cdot t_2 + \frac{C_A}{i+1}) \frac{t_g}{T} + \frac{C_M \cdot P}{F \cdot \eta \cdot 100 \cdot 60} \cdot t_k / \text{din/} \dots \dots \dots (7)$$

Ako troškovima obrade definisanih izrazom (7) dodamo deo vrednosti rada neproizvodnih radnika koji rade na poslovima: rukovodjenja (V_{ru}), kontrole (V_{ko}), održavanja (V_{od}) i ostali

$$V_k = \frac{t_o}{T_{osr}} \cdot \frac{t_k}{F} \sum_{k=1}^n (\text{BLD})_k \dots\dots\dots (9)$$

$$V_{od} = \frac{T_o}{T_{osr}} \cdot \frac{t_r}{F} \sum_{od=1}^n (\text{BLD})_{od} \dots\dots\dots (10)$$

$$V_{os} = \frac{T_o}{T_{osr}} \cdot \frac{t_k}{F} \sum_{os=1}^n (\text{BLD})_{os} \dots\dots\dots (11)$$

Zatim, deo dodatnih troškova električne energije (T_E), vode i vodene pare (T_V), komprimiranog vazduha (T_{KV}), sredstava za hladjenje i podmazivanje (T_{SHP}), opreme za održavanje proizvodne opreme (T_{OD}), transportnih sredstava (T_{TS}) definisanih izrazima:

$$T_E = \frac{T_o}{T_{osr}} \cdot \frac{t_k}{F} \cdot E/\text{din}/ \dots\dots\dots (12)$$

$$T_V = \frac{T_o}{T_{osr}} \cdot \frac{t_k}{F} \cdot V / \text{din}/ \dots\dots\dots (13)$$

$$T_{KV} = \frac{T_o}{T_{osr}} \cdot \frac{t_k}{F} \cdot \text{KV} / \text{din}/ \dots\dots\dots (14)$$

$$T_{SHP} = \frac{T_o}{T_{osr}} \cdot \frac{t_k}{T} \cdot \text{SHP} / \text{din}/ \dots\dots\dots (15)$$

$$T_{OD} = \frac{T_o}{T_{osr}} \cdot \frac{t_k}{F} \cdot \frac{C_{op} \cdot P}{100} / \text{din}/ \dots\dots\dots (16)$$

Kao i doprinosa zajedničkim službama (D_{ZS}) i društvenopolitičkoj zajednici (D_{DZ}):

$$D_{ZS} = \frac{T_o}{T_{osr}} \cdot \frac{t_k}{F} \cdot D_{ZS} / \text{din}/ \dots\dots\dots (17)$$

$$\begin{aligned}
 V_p = & \left[N \cdot BLD_{pr} \cdot t_k + (N \cdot BLD_{pr} \cdot t_1 + BLD_o \cdot t_2 + \frac{C_A}{i+1}) \cdot \frac{t_g}{T} + \right. \\
 & \left. + \frac{C_M \cdot p}{F \cdot \eta \cdot 100 \cdot 60} \cdot t_k \right] + \left[\frac{T_o}{T_{osr}} \cdot \frac{t_k}{F} \cdot \sum_{r=1}^n (BLD)_r \right] + \left[\frac{T_o}{T_{osr}} \cdot \frac{t_k}{F} \cdot \sum_{od=1}^n (BLD)_{od} \right] \\
 & + \left[\frac{T_o}{T_{osr}} \cdot \frac{t_k}{F} \cdot \sum_{OS=1}^n (BLD)_{OS} \right] + \left[\frac{T_o}{T_{osr}} \cdot \frac{t_k}{F} \cdot E \right] + \left[\frac{T_o}{T_{osr}} \cdot \frac{t_k \cdot V}{F} \right] \\
 & + \left[\frac{T_o}{T_{osr}} \cdot \frac{t_k}{F} \cdot K_V \right] + \left[\frac{T_o}{T_{osr}} \cdot \frac{t_k}{F} \cdot SHP \right] + \left[\frac{T_o}{T_{osr}} \cdot \frac{t_k}{F} \cdot \frac{C_{op} \cdot p}{100} \right] + \\
 & + \left[\frac{T_o}{T_{op}} \cdot \frac{t_k}{F} \cdot T_{OD} \right] + \left[\frac{T_o}{T_{sr}} \cdot \frac{t_k}{F} \cdot D_{ZS} \right] + \left[\frac{T_o}{T_{osr}} \cdot \frac{t_k}{F} \cdot D_{DZ} \right] \dots (1)
 \end{aligned}$$

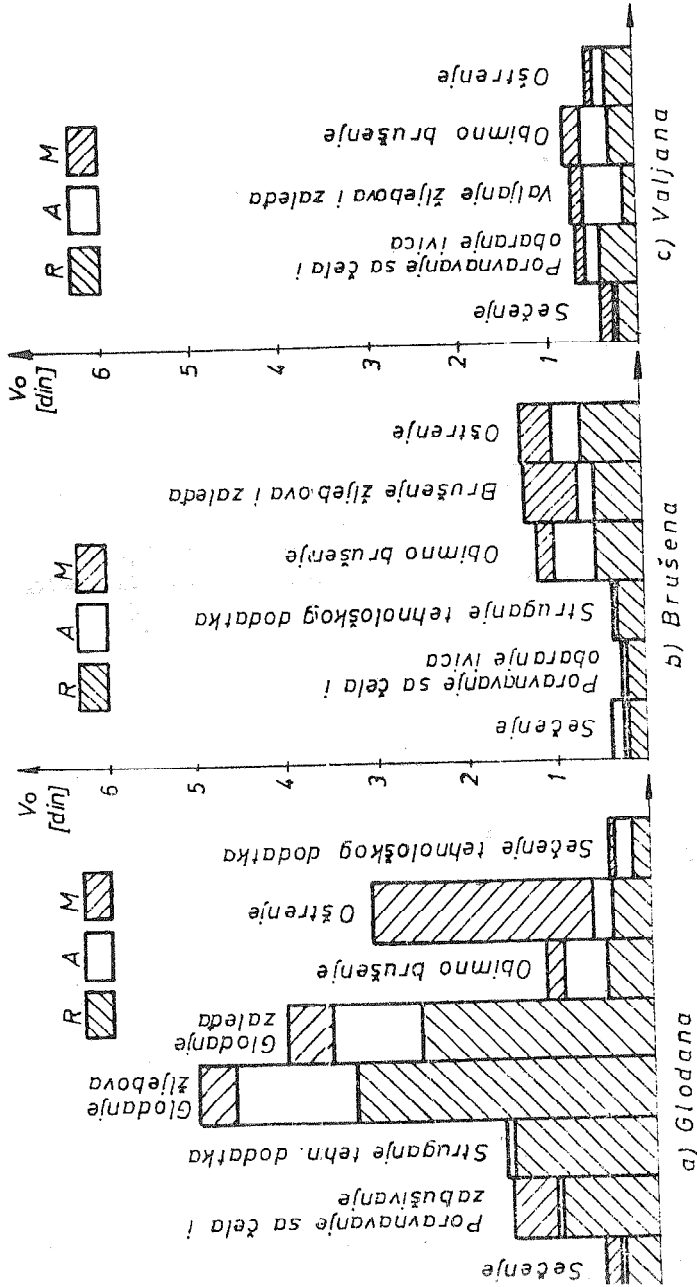
U izrazu (18) nepoznate oznake predstavljaju:

$T_{osr}/din/$ - srednja vrednost troškova obrade svih proizvodnih operacija u proizvodnoj organizacijskoj jedinici

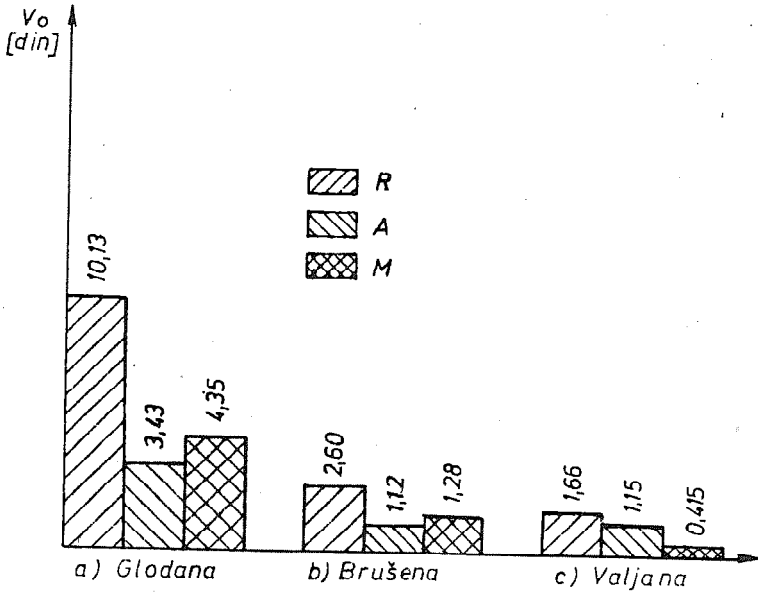
$(BLD)_{r,k,od,os}/din/min/$ - bruto lični dohoci radnika rukovodjenja, kontrole, održavanja i ostalih

$E, V, K, V, SHP/din/$ - vrednost električne energije vode i pare, komprominiranog vazduha i sredstva za hlađenje i podmazivanje uloženi u jednoj godini u proizvodnoj organizacijskoj jedinici

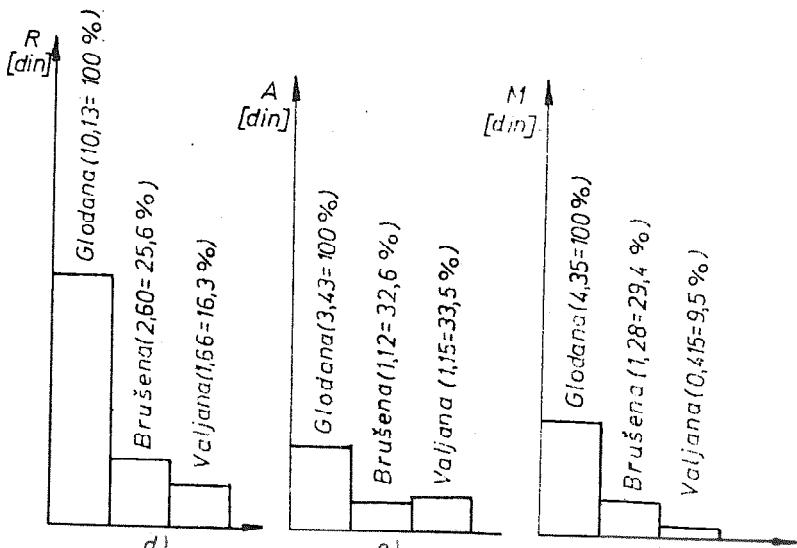
$C_{opr}/din/$ - vrednost mašina, alata i pribora koji se koriste za održavanje proizvodne opreme a amortizuje se po istoj amortizacionoj stopi (P)

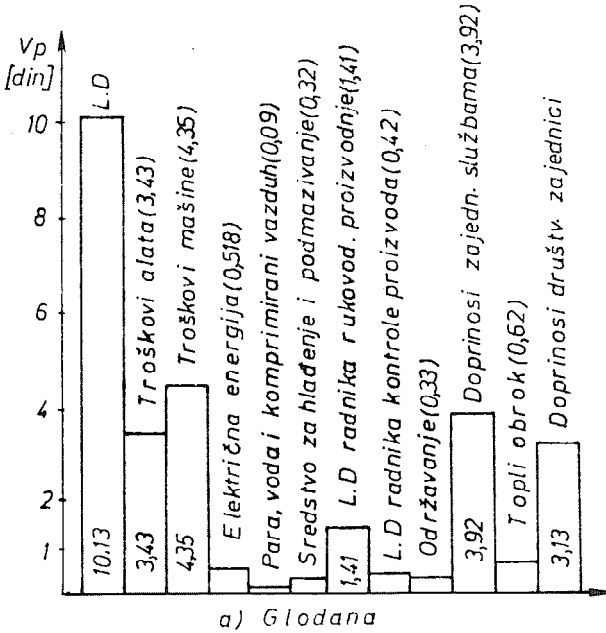


Sl. 2. Struktura troškova obrade zavojnih burgija (prema podacima FRA - 1979.)

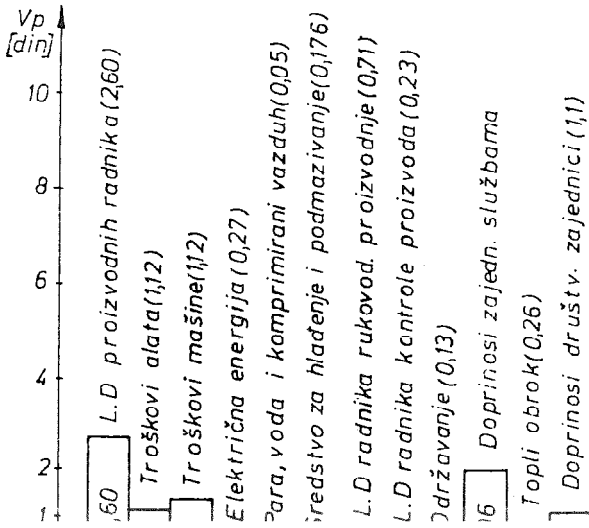


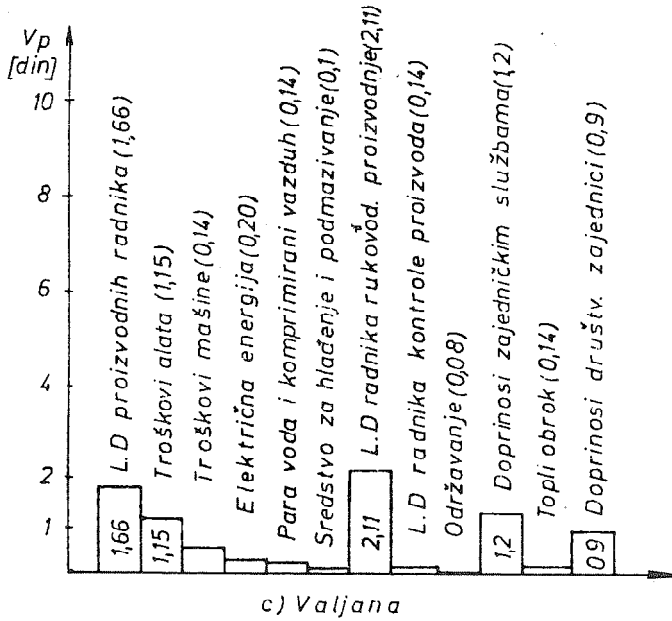
Sl. 3. Odnosi struktura troškova obrade



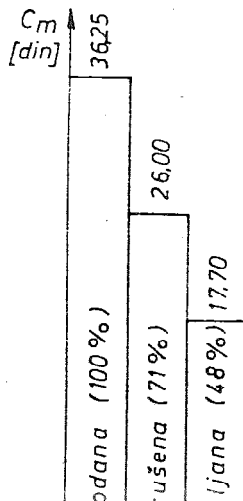


Sl. 5. Struktura vrednosti proizvodnje glodane burgije





Sl. 7. Struktura vrednosti proizvodnje valjane burgije



4. Zaključak

Respektujući postojeće uslove proizvodnje i primenjene tehnologije dobijeni rezultati jasno izdvajaju valjanu burgiju. Učešće alatnog materijala je dva put manje nego u slučaju obrade glodanjem. Ako se ima u vidu cena brzoreznih čelika, to se ovom parametru mora posvetiti znatna pažnja pri određivanjima za projektovanje novih tehnologija za proizvodnju zavojnih burgija. Sličan odnos ostaje i pri upoređivanju troškova obrade i vrednosti proizvodnje. Medjutim, ako se analiziraju ekonomske postojanosti ovakav odnos nije više tako rigorozan, ali o ovome u nekom od sledećih radova.

Literatura

1. B.Ivković: Obrada metala rezanjem, izbor ekonomičnih režima rezanja, Građevinska knjiga, Beograd, 1979.
2. J.Stanić: Matematičke osnove tehnokonomske optimizacije obradnih procesa, Mašinski fakultet Beograd, 1976
3. B.Ivković: Struktura troškova proizvodnje u obradi metala, Mašinski fakultet Kragujevac, 1974.
4. R.Ječmenica: Tribološke karakteristike zavojnih burgija u funkciji tehnologije izrade, Magistarski rad

M. Jovičić, B. Marjanović *)

NEKI REZULTATI ISPITIVANJA PROCESA UNUTRAŠNJEG BRUŠENJA ALATNIH ČELIKA TOCILIMA NA BAZI KUBNOG BORNITRIDA **)

1. Uvod

Danas se točila na bazi kubnog bornitrida (CBN) sve šire primenjuju u operacijama brušenja visokolegiranih čelika i drugih teškoobradljivih materijala: okruglo brušenje (spoljašnje i unutrašnje), ravno brušenje, oštrenje alata (pri njihovoj izradi i održavanju), profilno brušenje, brušenje navoja i zupčanika.

Ova točila odlikuje rad sa samooštrenjem, niži otpori i temperatura brušenja, manje trošenje i povišena postojanost u odnosu na konvencionalna točila, što obezbeđuje visok kvalitet obrade (bez defekata u površinskom sloju obradjene površine) i skraćanje vremena obrade jer nisu potrebni česti prekidi za poravnavanje točila.

Naročito je opravdana primena ovih točila kod unutrašnjeg brušenja teškoobradljivih materijala, s obzirom na nepovoljne uslove rada (velika površina kontakta, neefikasno hladjenje, deformisanje nosača točila) i povišene zahteve u odnosu na tačnost i kvalitet obrade, koji se veoma teško mogu ispuniti pri obradi sa konvencionalnim tocilima.

Rad predstavlja nastavak ranije započetih istraživanja procesa unutrašnjeg brušenja alatnih čelika konvencionalnim tocilima i tocilima sa kubnim bornitridom [1], s tim da se na ovom mestu daju izabrani rezultati ispitivanja pri unutrašnjem brušenju alatnih čelika Č.4146 i Č.4150 tocilima sa kubnim bornitridom različitih karakteristika [2].

2. Uslovi izvodjenja ispitivanja

brušenje (broj obrtaja vretena za unutrašnje brušenje bio je 16.000 o/min).

Probni uzorci su bili od dve vrste legiranih čelika, i to: čelika za kotrljajuće ležajeve Č.4146 (tvrdoće 60 - 62 HRC) i alatnog čelika Č.4150 (tvrdoće 62 - 64 HRC). Probni uzorci su bili prstenastog oblika, različitog početnog unutrašnjeg prečnika i dužine.

Tocila sa kojima je vršeno ispitivanje bila su sledećih karakteristika:

(1) Probno točilo proizvodnje "Geomašina" - Zemun (sa kojim su izvodjenja ranija ispitivanja), sa borazonom proizvodnje firme "De Beers", krupnoće zrna 140/170 mesh- (veličina zrna 80 - 100 μ m), koncentracije 75% i sa metalnim vezivom na bazi Al-benze.

Dimenzije ovog točila su bile: 30 x 10,5 x 10 (spoljni prečnik, širina, prečnik rupe).

(2) SUBORNID-točila proizvodnje DIAMETAL*), krupnoće zrna 100/120 mesh-a (veličina zrna 125 - 160 μ m), koncentracije 100% sa bakelitnim vezivom.

Dimenzije točila: 30 x 11 x 10 i 20 x 11 x 10 mm.

(3) Točilo E12 30 x 25 x 10 (proizvodnje SSSR*), krupnoće zrna 140/170 mesh-a (veličina zrna 80 - 100 μ m), koncentracije 100% sa keramičkim vezivom (tvrdoće ST2 i strukture 8) i

(4) SUBORNID-točilo proizvodnje DIAMETAL, krupnoće zrna 140/170 mesh-a (veličina zrna 80 - 100 μ m), koncentracije 100% sa bakelitnim vezivom. Dimenzije točila: 20 x 11 x 10 mm.

Kako se vidi, točila su imala različite prečnike (20 i 30 mm), sa istim prečnikom rupe tako da su postavljana na isti trn. Pri tome je krupnoća zrna borazona (odnosno elbora) bila 100/120 mesh-a (točilo 2), odnosno 140/170 mesh-a (ostala točila). Tri su točila bila sa bakelitnim vezivom, jedno sa metalnim i jedno sa keramičkim vezivom. Pored toga, širina točila je bila ista kod četiri točila (iznosila je oko 11 mm), osim kod točila sovjetske proizvodnje (širina je bila 25 mm).

Režim brušenja je bio sledeći:

- brzina radnog stola brusilice $v_u = 0,4$ m/min (osim pri brušenju točilom sovjetske proizvodnje, kada je imala vrednost oko $0,9$ m/min radi veće širine točila),
- obimna brzina obratka zavisla je od stvarnog prečnika obratka, i pri odnosu brzina točila i obratka od $q = v_t/v_r = 60$ iznosila je oko $0,25$ m/s (kod točila prečnika 20 mm) i $0,4$ m/s (kod točila prečnika 30),
- dubina brušenja imala je tri vrednosti, i to $t = 0,0016, 0,0036$ i $0,006$ mm/duplom hodu.

Svi opiti su vršeni sa hladjenjem, sa variranjem vrste i količine sredstva za hladjenje. Kao sredstva za hladjenje su korišćena: brusogrind proizvodnje Rafinerija nafte Beograd (2,5%-tni rastvor u vodi) i sintetičko emulgirajuće ulje proizvodnje FAM Kruševac (5%-tni vodeni rastvor), a količina sredstva za hladnje od oko 3 litra/min (dovodjeno je kroz vretenište obratka).

3. Neki rezultati izvedenih ispitivanja

U toku ispitivanja su praćene sledeće karakteristike procesa brušenja, koje su korišćene za ocenu kvaliteta točila, proizvodnosti i kvaliteta obrade:

- Zapremina skinutog metala u toku opita (stvarna V_{Ms} i teoriska V_{Mt}), koja je određivana merenjem prečnika otvora probnih uzoraka pre i posle opita. Merenje je i vodjeno priborom "subito", sa tačnošću očitavanja od $0,01$ mm. Pri tome je $V_{Ms} = d_r \cdot \pi \cdot \frac{\Delta d_r}{2} \cdot l$, gde je d_r - srednji prečnik otvora, Δd_r - povećanje prečnika otvora i l - dužina probnog uzorka.
- Trošenje točila izraženo smanjenjem polupčerenika ΔR , pomoću koga je računata zapremina trošnje točila $V_t = D_t \cdot \pi \cdot \Delta R \cdot B_t$ (gde je D_t - prečnik točila, B_t - širina točila). Merenje prečnika točila vršeno je pomoću mikrometra sa mernim satom, sa tačnošću očitavanja od $0,002$ mm. Pri tome je vodjeno računa da se merenje prečnika točila i otvora probnih uzoraka izvodi pre i posle opita u istim temperaturskim uslovima, jer je utvrdjeno da postoji veliki uticaj temperature točila i probnog uzorka na veličine ΔR i d_r .

- Proizvodnost obrade izražena odnosom zapremine skimutog metala i vremena brušenja po opitu $V_M = \frac{V_{Ms}}{T_0} \left[\text{mm}^3 / \text{min} \right]$ i
- Koeficijent učinka brušenja k_V , koji se dobija iz količinka stvarne i teorijske zapremine skimutog metala $k_V = \frac{V_{Ms}}{V_{Mt}}$

Ovde će se prikazati neki od rezultata izvedenih ispitivanja procesa unutrašnjeg brušenja pomenute dve vrste čelika, a odnosiće se na zavisnosti navedenih karakteristika od elemenata režima brušenja (dubina rezanja t), karakteristika tocila i drugih uslova obrade.

Opiti su izvodjeni tako što je vršeno brušenje jednog ili tri probna uzorka, čemu je dodatak za brušenje po komadu bio 0,45 mm (povećanje prečnika 0,9 mm). Vremena brušenja po komadu iznosila je od oko 5 - 45 min, u zavisnosti od režima brušenja (dubina brušenja i brzina pomoćnog kretanja stola brusilice) i dužine probnog uzorka. Pri tome je po jednom opitu (tri probna uzorka) skimuta količina metala iznosila između 3000 - 3600 mm³ (Č.4146), odnosno od 1000 - 1500 mm³ (Č.4150).

3.1 Trošenje tocila

Trošenje tocila je praćeno u toku vremena brušenja, na taj način što je posle brušenja svakog probnog uzorka mereno smanjenje prečnika tocila a iz njega određivana veličina ΔR . Pri tome je, kako je već rečeno menjana dubina brušenja od 1,6 - 6 μm (u predhodnim opitima je utvrđeno da je pri većoj dubini brušenja trošenje tocila vrlo veliko). Osim toga, menjana je vrsta i količina sredstva za hladjenje (u većini slučajeva je radjeno sa 3 l/min, a kao loše hladjenje smatrano je pri količini od oko 2 l/min).

Ostali uslovi obrade bili su približno konstantni, kako je već bilo rečeno ($v_t \approx 16$ i 24 m/min, $v_u \approx 0,4$ m/min, a obimna brzina obradka je birana tako, da je nos brzina $q = 60$).

Na sl. 1-4 prikazano je trošenje pomenutih tocila u toku vremena brušenja u zavisnosti od dubine brušenja, i to pri brušenju čelika Č.4146 (sl. 1 i 2) i Č.4150 (sl.

- (a) tocilo SUBORNID prečnika \varnothing 20 mm, krupnoće zrna 100/120 mesh-a (opiti su izvedeni sa dve količine sredstva za hladjenje - loše hladjenje pri 2 l/min i dobro hladjenje pri 3 l/min) i 140/170 mesh-a (pri hladjenju sa 3 l/min);
- (b) tocilo SUBORNID prečnika \varnothing 30 mm krupnoće zrna 100/120 mesh-a;
- (c) tocilo proizvodnje „Geomašina“, prečnika \varnothing 30 mm i krupnoće zrna 140/170 i
- (d) tocilo proizvodnje SSSR, takodje prečnika \varnothing 30 mm, krupnoće zrna 140/170 (pri brzini radnog stola brusilice od 0,9 m/min).

Vidi se da je trošenje tocila SUB. 140/170 veće no tocila SUB. 100/120, i da količina sredstva za hladjenje znatno utiče na veličinu trošenja tocila (a). Trošenje ostalih tocila (b, c, d) bilo je približno iste veličine, mada je vreme brušenja u slučaju rada sa tocihom proizvodnje SSSR bilo dosta kraće (radi veće širine tocila). Kod dubine brušenja od $6 \mu\text{m/dh}$ trošenje tocila proizvodnje „Geomašina“ bilo je veće no kod tocila SUBORNID (Diametal), dok se pri brušenju tocihom proizvodnje SSSR javilo vrlo brzo zatupljenje radi velikog učinka brušenja s obzirom na povišenu brzinu radnog stola brusilice (dolazilo je do intenzivnog lepljenja strugotine na radnu površinu tocila). Hladjenje je vršeno vodenim rastvorom brusogrinda.

Na sl. 2 prikazane su vrednosti trošenja tocila u toku vremena brušenja čelika Č.4146 istim tocihima, ali pri hladjenju vodenim rastvorom sintetičkog ulja proizvodnje FAM.

I u ovom slučaju trošenje tocila SUB. 140/170 bilo je veće no trošenje tocila SUB. 100/120, posebno pri dubini brušenja u $6 \mu\text{m/dh}$ (kada je trošenje prvog tocila bilo vrlo veliko). Trošenje tocila proizvodnje „Geomašina“ (sl. 2c) bilo je neznatno pri dubini brušenja od $1,6 \mu\text{m/dh}$, dok je trošenje tocila proizvodnje SSSR bilo u svim slučajevima najmanje (brzina radnog stola v_u bila je takodje 0,4 m/min).

Na sl. 3 prikazana je promena trošenja tocila, takodje u toku vremena brušenja i u zavisnosti od dubina brušenja za slučajeve brušenja Č.4150 pri hladjenju vodenim rastvorom brusogrinda.

Vidi se da je u ovom slučaju trošenje svih tocila dosta veće no pri brušenju čelika Č.4146 (posebno pri radu sa većim dubinama brušenja). Takodje je i u ovom slučaju trošenje to-

bili isti).

Pri brušenju Č.4150 i sa hladjenjem vodenim rastvorom sintetičkog ulja proizvodnje FAM (sl. 4) bilo je trošenje tocila SUBORNID znatno manje (sl. 4 i 4b) no pri djenju vodenim rastvorom brusogrinda (sl. 3a, b). Medjutim, trošenje tocila proizvodnje „Geomašina“ bilo je intenzivnije (sl. 4c), s tim što je bilo posebno veliko pri dubini brušenja od $6 \mu\text{m}/\text{dh}$. (posle vremena brušenja od 20 min iznosilo je $4R = 100 \mu\text{m}$). Razlog za ovo je svakako vrsta veziva.

Valja naglasiti da su sva pomenuta tocila radila sa samooštrenjem (osim to proizvodnje SSSR pri brzini pomoćnog kretanja radnog stola od $0,9 \text{ m}/\text{min}$, posebno p većoj dubini brušenja-u tim slučajevima tocilo je čišćeno i poravnavano brušenjem sa SIC-tocilom).

Na osnovu ovih rezultata ispitivanja uočava se znatan uticaj na trošenje toci karakteristika tocila (proizvođač, krupnoća zrna, vezivo), elemenata režima brušenja vrste sredstva za hladjenje i količine sredstva za hladjenje.

3.2 Specifični učinak tocila

Merenjem količine skinutog metala V_{MS} i određivanjem zapremine trošene tocila V_t bilo je moguće izračunati specifični učinak tocila V'_t , koji čini odnos zapremine skinutog metala jedinicom zapremine trošenja tocila ($V'_t = V_{MS}/V_t$). S obzirom na velike razlike u trošenju pojedinih tocila, moguće je očekivati i velike razlike u specifičnom učinku tih tocila.

Na sl. 5 prikazana je zavisnost specifičnog učinka pojedinih tocila od dubine brušenja i vrste sredstva za hladjenje pri obradi Č.4146 (a, b) i Č.4150 (c, d). Kod brušenja Č.4146 pri hladjenju sa brusogrindom (a) različit je karakter zavisnosti specifičnog učinka tocila od dubine brušenja za tocilo SUBORNID i tocilo proizvodnje „Geomašina“. Vidi se da V'_t raste kod prvog tocila pri povećanju dubine brušenja, a kod drugog tocila opada (i znatno je manje veličine)

Pri brušenju Č.4146 i pri hladjenju sa vodenim rastvorom sintetičkog ulja FAM (b) približno je isti karakter zavisnosti specifičnog učinka od dubine brušenja za tocilo SUBORNID i tocilo proizvodnje SSSR. Kod hladjenja sa vodenim rastvorom ulja FAM (c) i (d) vidljivo je da je učinak tocila SUBORNID znatno veći od učinka tocila „Geomašina“.

šenja (za $t = 1,6 \mu\text{m}/\text{dh}$ $V_t' = 3300$), dok kod povećanja budine brušenja naglo opada i dostiže vrednost kao kod ostalih tocila (oko 740-750).

Naročito je mali učinak tocila SUB. 140/170 pri dubini brušenja od $6 \mu\text{m}/\text{dh}$, jer je trošenje tocila tada bilo vrlo veliko (sl. 2a).

Vidi se da je pri brušenju Č.4150 različit karakter zavisnosti specifičnog učinka tocila od dubine brušenja pri hladjenju vodenim rastvorom brusogrinda (c) i sintetičkog ulja (FAB (d)). Dok u prvom slučaju V_t' za sva ispitivana tocila opada sa povećanjem dubine brušenja, u drugom slučaju najveći specifični učinak ima tocilo SUBORNID pri srednjoj dubini brušenja (osim kod tocila proizvodnje „Geomašina“, kada je V_t' takodje opadalo sa porastom dubine brušenja). Pored toga, u ovom slučaju specifični učinak tocila SUB. 140/170 nešto je veći no kod tocila SUB. 100/120 (prema sl. 4a, b i trošenje ovog tocila je bilo nešto manje kod dubine brušenja od $1,6 \mu\text{m}/\text{dh}$).

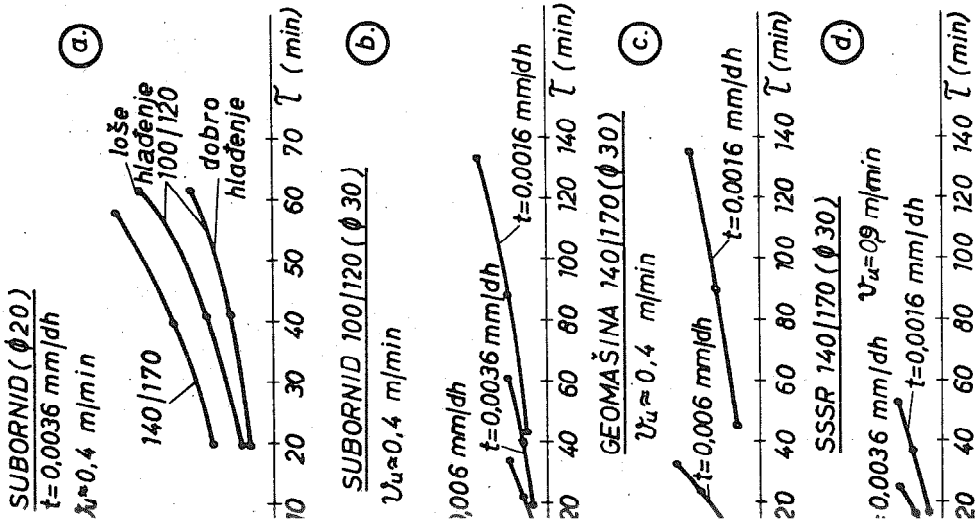
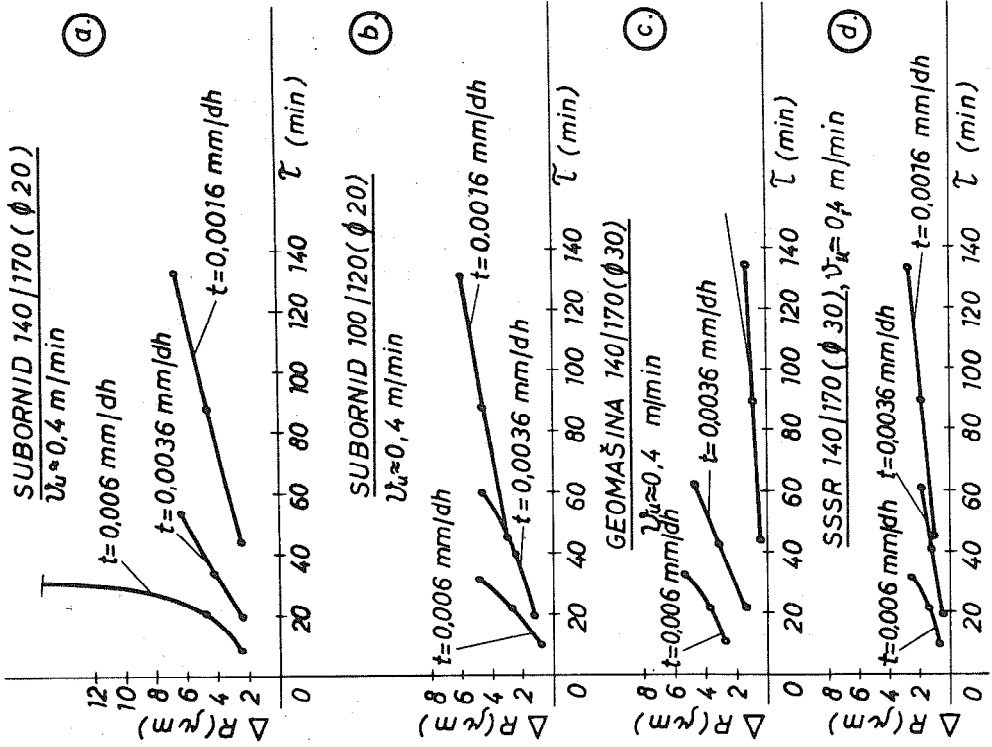
Vidi se da karakteristike tocila, elementi režima brušenja i uslovi hladjenja imaju znatan uticaj na specifični učinak tocila, a time i na ekonomičnost procesa unutrašnjeg brušenja datih čelika sa tocilima na bazi kubnog bornitrida.

3.3. Hrapavost brušene površine

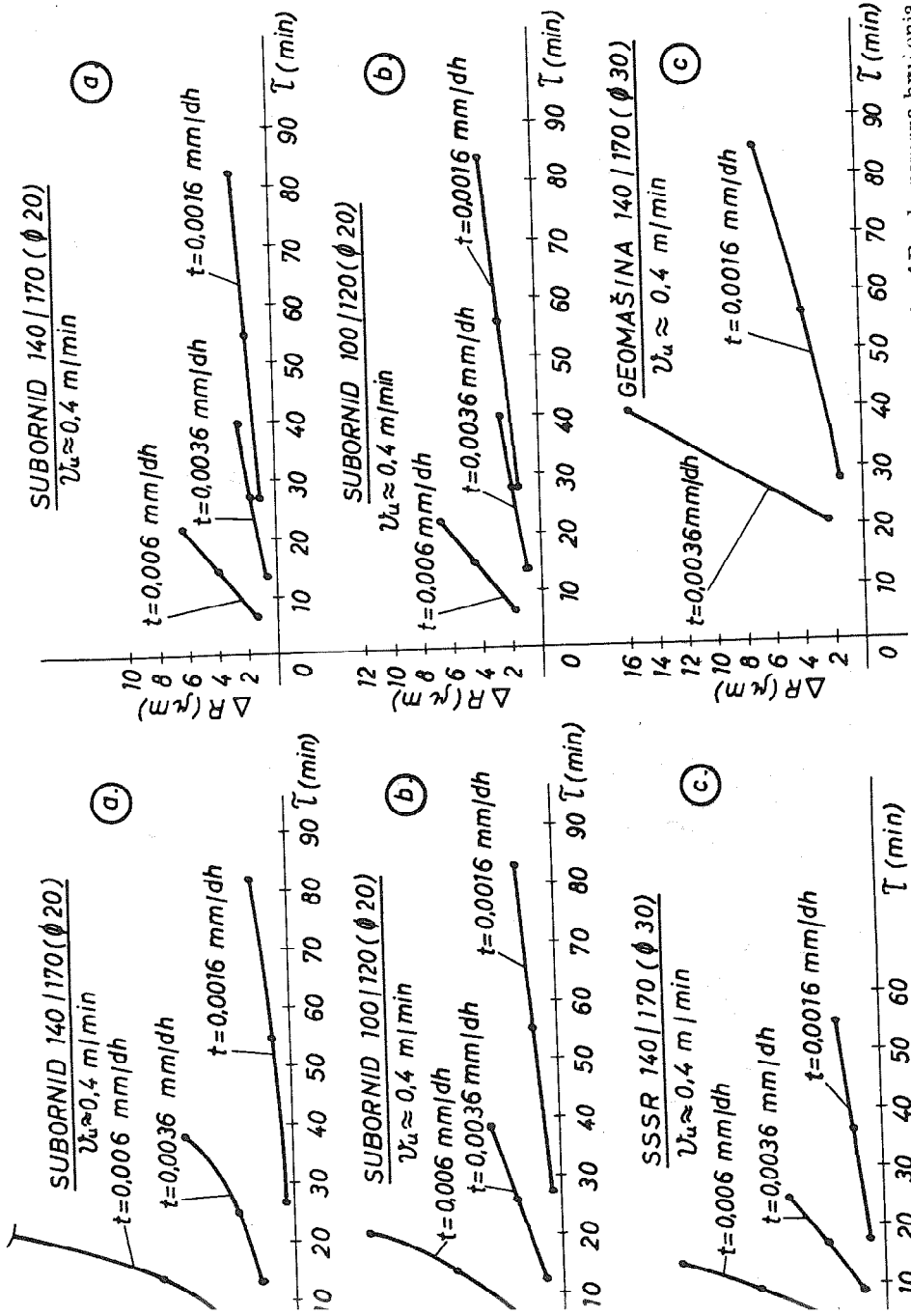
U toku ovih ispitivanja vršeno je i praćenje hrapavosti brušene površine, a delimični rezultati su prikazani na sl. 6.

Na sl. 6a data je zavisnost hrapavosti brušene površine (parametar Ra) od dubine brušenja pri obradi čelika Č.4146 tocilom SUB. 140/170 i tocilom proizvodnje „Geomašina“ 140/170. Vidi se da u oba slučaja hrapavost brušene površine raste sa povećanjem dubine brušenja i da je pri obradi sa prvim tocilom bila veća. Hladjenje je vršeno vodenim rastvorom brusogrinda (3 l/min).

Na sl. 6b data je zavisnost hrapavosti Ra od dubine brušenja pri obradi Č.4150 sa tocilom SUB. 140/170 i „Geomašina“ (hladjenje vodenim rastvorom sint.ulja FAM). Uočava se da je pri obradi sa oba tocila manja hrapavost pri hladjenju vodenim rastvorom sint. ulja FAM. Takodje pri brušenju sa tocilom proizvodnje „Geomašina“ i pri hladjenju vodenim rastvorom brusogrinda, hrapavost brušene površine se naglo povećava kod dubine brušenja od $6 \mu\text{m}/\text{dh}$ radi intenzivnijeg trošenja tocila.

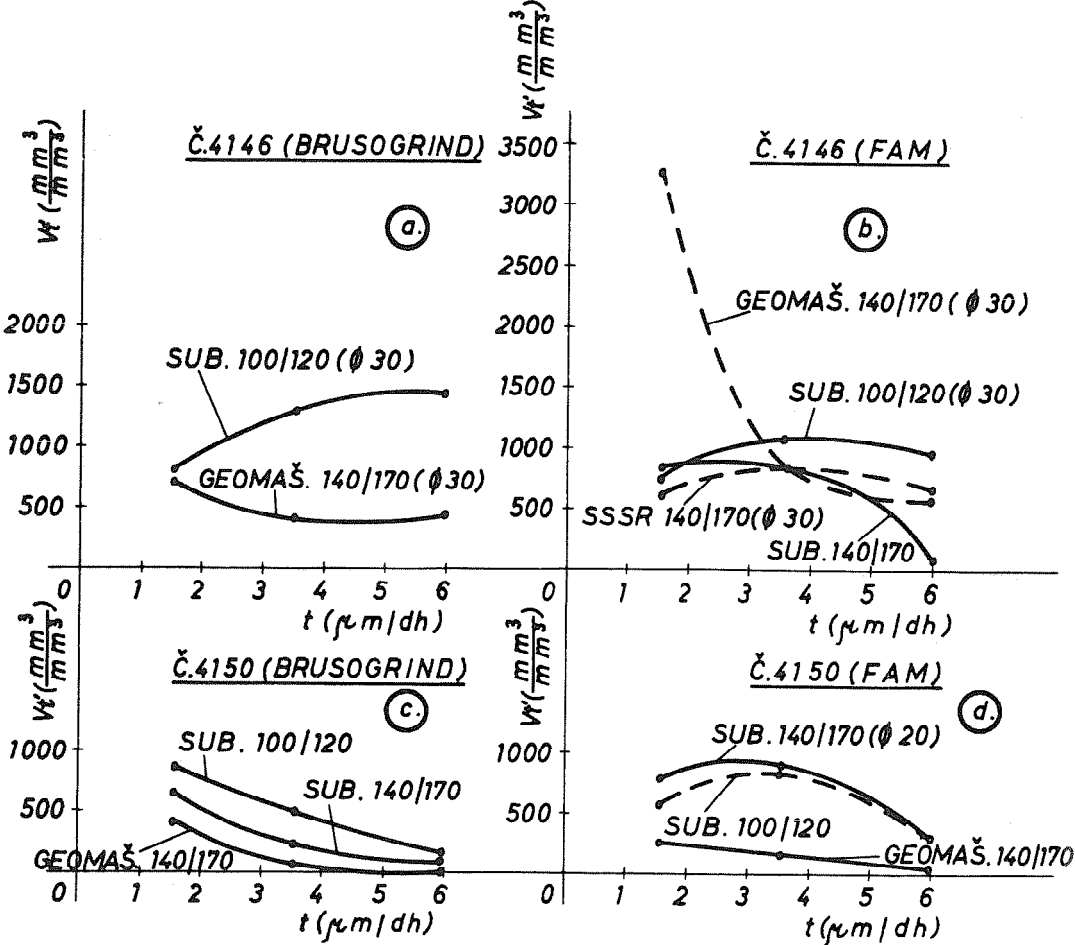


Sl. 2 Zavisnost trošenja točila ΔR od vremena pri brušenju
 Č. 4146 (sredstvo za hlađenje FAM)

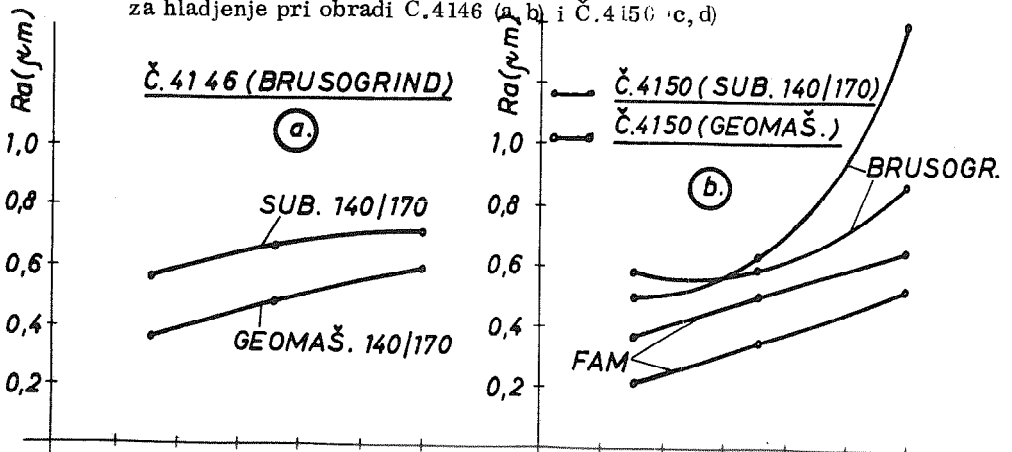


Sl. 4 Zavisnost trošenja točila 4 R od vremena brušenja
 K 4150 (Gradiente FAM)

3 Zavisnost trošenja točila 4 R od vremena



Sl. 5 Zavisnost specifičnog učinka tocila od dubine brušenja i vrste sredstva za hladjenje pri obradi Č.4146 (a, b) i Č.4150 (c, d)



4. Literatura

- [1] M. Jovičić, I. Paunović, Uporedno ispitivanje procesa unutrašnjeg brušenja konvencionalnim točilima i točilima na bazi kubnog nitrida bora domaće proizvodnje. Saopštenja IAMA, 23 (1977), 3205-3217
- [2] B. Marjanović, Diplomski rad, Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu (1980.)

M. Jovičić, B. Marjanović

Einige Ergebnisse der Untersuchung des Innenrundscheifprozesses von legierten Stähle mit kubischem Bornitridschleifstiften

In der Arbeit sind einige Ergebnisse vergleichenden Untersuchungen des Innenrundscheifprozesses von gehärtetem Kugellagerstahl (1,5% Cr) und Werkzeugstahl (12% Cr) mit Schleifstiften aus kubischem Bornitrid verschiedene Herstellung (SUBORNID-Diametal: Korngrösse 100/120 und 140/170 mesh, Konzentration 100% mit Bakelitbindung; SSSR: Korngrösse 140/170 mit keramische Bindung und heimliche Herstellung-Geomašina: Korngrösse 140/170 mit Bindung aus Al-Bronze) gezeigt.

In Versuchen wurden folgende Kenngrösse des Scheifprozesses gemessen und gerechnet: Abschliffoivumen V_{Ms} , Schleifstiftverschleiss ΔR und Verschleisvolumen V_t , Schleifverheltnis $V_t = V_{Ms} / V_t$ und Rauigkeit geschlifener Oberfläche Ra in Abhängigkeit der Scheifzeit, Zusteltiefe und der Art des Kühlmittel dargestellt.

XIV SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE, ČAČAK, 1980.

M. Jurković*)

VIŠESTEPENA MATRICA ZA HLADNO IZVLAČENJE OSNOSIMETRIČNIH
PROFILA NOVO TEHNIČKO I TEHNOLOŠKO RJEŠENJE**)

1. Uvod

I pored velikog broja ostvarenih istraživanja /1/,/2/,/3/,/4/,/5/,/6/ i dr. problematika izrade i konstrukcije matrice za izvlačenje ostaje i nadalje područje interesa znatnog broja istraživača koji predlažu određena poboljšanja, kao i potpuno nova tehničko-tehnološka rješenja, jer izvlačenje osnosimetričnih profila (žica, uske trake, profili složenog oblika) je široko rasprostranjen postupak deformacionog oblikovanja, tako da i mala unapredjenja rezultiraju velikim uštedama ne samo u energetskom smislu, već po većavaju i proizvodnost mašina za izvlačenje (povećanje brzine, stepena deformacije i postojanosti matrice, smanjenje vremena zamjene matrice itd).

Dakle, dok je veliki broj istraživanja urađjen u cilju i mijene konstrukcije otvora matrice, optimalnog izbora sredstva za podmazivanje i materijala matrice, dotle ne postoje istraživanja koja bi dala odgovor na to šta treba raditi da se sve matrice jednoliko troše kod jedne višestepene mašine ili kod jednog bloka višestepenih matrica, te da tako imaju jednaku ili približno istu postojanost. Kod jedne višestepene mašine za izvlačenje ili bloka višestepenih matrica nije dovoljno obezbijediti isti kvalitet svih matrica, identičnu površinsku i dimenzionalnu tačnost otvora, kvalitetno podmazivanje itd., već je isto tako važno postići jednaki opterećenje svih matrica. Jedna istrošena matrica, a

*) Mr Milan Jurković, dipl. inž., docent Mašinskog fakulteta u Banjoj Luci.

seбно zadnja u nizu, bez obzira da li su ostale još dobre zahtijeva zaustavljanje mašine, zamjenu istrošene matrice i ponovno stavljanje mašine u pogon, što direktno utiče na vrijeme rada i nerada mašine. Prema tome, mada proizvodnost mašine za izvlačenje prioritarno zavisi od veličine stepena deformacije i brzine izvlačenja, ipak je ona funkcija i vremena potrebnog za zamjenu istrošenih matrica. Povećanje proizvodnosti koja se zasniva samo na jednostranom povećanju stepena deformacije i brzine izvlačenja nije moguća /7/ , jer prelaskom optimalnih vrijednosti ovih parametara i u režimu najpovoljnijeg podmazivanja nastaje granično trenje, gdje dolazi do razaranja sloja maziva i direktnog kontakta metala i otvora matrice. Ovo rezultira naglom porastu površine direktnog kontakta tako da dolazi do povećanja ukupne sile izvlačenja i potrošnje matrice, čime se istovremeno smanjuje kapacitet date mašine za izvlačenje. Ovakvo složeno tehnološko stanje može se optimizirati na tri načina:

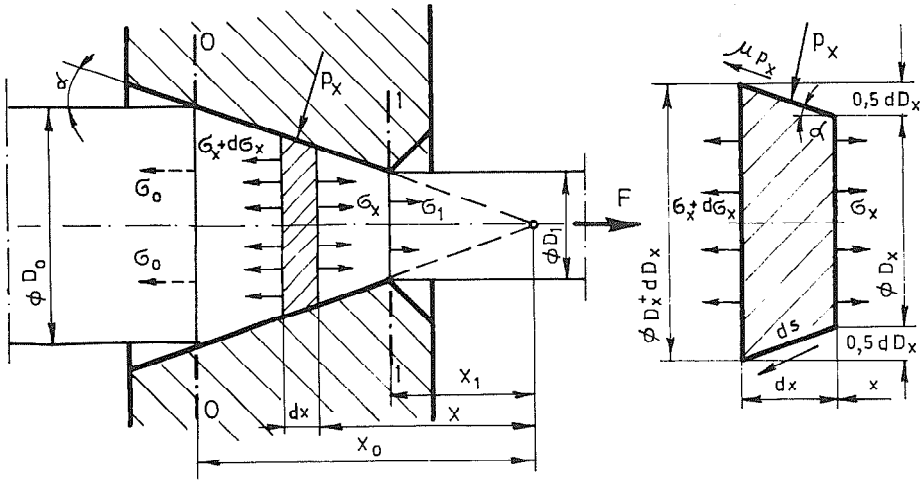
- smanjenjem opterećenja jednostepene matrice primjenom višestepene matrice,
- postizanjem hidrodinamičkog trenja pri hladnom izvlačenju sa obaveznom kontrolom temperature matrice, metala i maziva,
- stvaranjem sloja maziva na dodirnoj površini metala - matrice od materije čiji je koeficijent trenja postojan na promjene temperature, pritiska i brzine izvlačenja.

2. Teoretsko razmatranje

Da bi se ostvarilo podjednako trošenje svih matrica jednog bloka potrebno je razmotriti proces izvlačenja šipke kružnog presjeka (G. Sachs). Prikazane oznake na sl.1. predstavljaju:

$\sigma_x, \sigma_0, \sigma_1$ - normalni napon uzduž zone deformacije, na ulaznom i izlaznom presjeku otvora matrice

D_x, D_0, D_1 - prečnik u zoni deformacije, na ulazu i izlazu iz otvora matrice



Slika 1. - Proces izvlačenja

Uslov ravnoteže u horizontalnom pravcu $\sum X_i = 0$

$$(\sigma_x + d\sigma_x) \left(\frac{D + dD}{4} \right)^2 \pi - \sigma_x \frac{D^2 \pi}{4} + D \pi ds \cdot p_x \cdot \sin \alpha + D \pi ds \cdot \mu p_x \cos \alpha = 0 \quad (1)$$

Kako je $dx = ds \cos \alpha$, $dD_x = dx \cdot 2 \operatorname{tg} \alpha$ i uzimajući u obzir poznati uslov plastičnog tečenja $k = \sigma_x + p_x$ dobije se

$$\frac{d\sigma_x}{\sigma_x B - k(1 + B)} = 2 \frac{dD_x}{D_x} \quad (2)$$

Integracijom jednakosti (2) i uvođenjem nove konstante $C' = e^{BC}$ dobije se

$$\sigma_x = C' \frac{D_x^{2B}}{B} + k \frac{1 + B}{B} \quad (3)$$

Konstantu C' odredimo iz graničnih uslova tako za $x = x_0$ je $D_x = D_0$, $\sigma_x = \sigma_0$, pa je

nata Sachsova jednakost

$$\frac{\sigma_x}{k} = \left(1 + \frac{\operatorname{tg}\alpha}{\mu}\right) \left[1 - \left(\frac{D_x}{D_0}\right)^{\frac{2\mu}{\operatorname{tg}\alpha}}\right] + \frac{\sigma_0}{k} \left(\frac{D_x}{D_0}\right)^{\frac{2\mu}{\operatorname{tg}\alpha}} \quad (4)$$

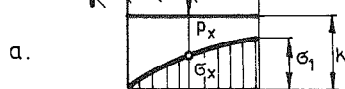
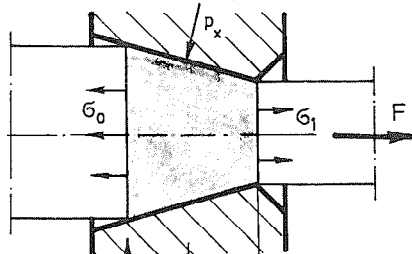
Kod izvlačenja kroz samo jednu matricu ili i kod višestepenog izvlačenja, ali na mašinama bez klizanja naprezanje na ulazu je $\sigma_0 = 0$, tako da je uzimajući u obzir površine

$$\frac{\sigma_x}{k} = \left(1 + \frac{\operatorname{tg}\alpha}{\mu}\right) \left[1 - \left(\frac{A_x}{A_0}\right)^{\frac{\mu}{\operatorname{tg}\alpha}}\right] \quad (5)$$

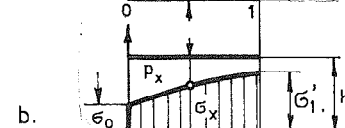
ili za $A_x = A_1$ i $\sigma_x = \sigma_1$ dobije se

$$\frac{\sigma_1}{k} = \left(1 + \frac{\operatorname{tg}\alpha}{\mu}\right) \left[1 - \left(\frac{A_x}{A_0}\right)^{\frac{\mu}{\operatorname{tg}\alpha}}\right] \quad (6)$$

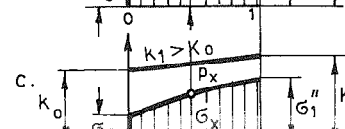
Grafički prikaz opterećenja kanala standardne matrice dat je na sl. 2. iz čega se uočava da je pritisak p_x maksimalan na ulazu



Izvlačenje bez protuzatezanja $\sigma_0 = 0$



Izvlačenje sa protuzatezanjem $\sigma_0 > 0$



Izvlačenje uz očvršćavanje materijala $k_1 > k_0$

što otežava podmazivanje. Porastom napona protuzatezanja σ_0 opada pritisak p_x (opada i μ) što uslovljava rasterećenje matrice.

Sachsova jednakost (6) izvedena je uz određene pretpostavke kao što su: Vrijedi Coulombov zakon trenja, koeficijent trenja μ konstantan je uzduž koničnog kanala matrice, zatezno naprezanje σ_x je jednoliko raspoređeno po poprečnom presjeku, ravni poprečni presjeci šipke ostaju uvijek ravni i okomiti na os šipke, veličina k pretstavlja neku srednju vrijednost ($2k = k_0 + k_1$) unutar zone deformacije. Sve navedene pretpostavke uzrokuju razlike između teoretski izračunatih i eksperimentalno dobijenih vrijednosti naprezanja i sile izvlačenja. Uz prihvatanje da je k čvrstoća očvrstnutog materijala na izlazu iz otvora matrice, tada za $\sigma_1 = k$ dolazi do kidanja izvlačenog metala, radi čega je u procesu izvlačenja neophodno ostvariti $\sigma_1 = (0,5 - 0,8) k$. Kod istovremenog izvlačenja kroz dvije, tri ili više matrica javlja se naprezanje na ulazu $\sigma_0 > 0$, tako da je naprezanje na izlazu veće

$$\frac{\sigma_1}{k} = \left(1 + \frac{\text{tg}\alpha}{\mu}\right) \left[1 - \left(\frac{A_1}{A_0}\right)^{\frac{\mu}{\text{tg}\alpha}}\right] + \frac{\sigma_0}{k} \left(\frac{A_1}{A_0}\right)^{\frac{\mu}{\text{tg}\alpha}} \quad (7)$$

Da bi obezbijedili jednako habanje svih matrica u bloku, što je i osnovni tehno-ekonomski uslov njihove primjene, potrebno je jednakost (6) za detaljniju analizu pojednostaviti što se postiže razvijanjem izraza $(A_1/A_0)^{\mu/\text{tg}\alpha}$ u beskonačni red.

Koristeći Mac Laurinov red:

$$f(x) = f(0) + x f'(0) + \frac{x^2}{2!} f''(0) + \frac{x^3}{3!} f'''(0) + \dots + \frac{x^n}{n!} f^n(0)$$

$$a^x = 1 + x \ln a + \frac{x^2}{2} (\ln a)^2 + \frac{x^3}{6} (\ln a)^3 + \dots \text{ i ako uzmemo za}$$

male uglove $\alpha = \text{tg}\alpha$ dobije se novi oblik Sachsove jednačine

Körberovom i Eichingerovom jednačinom koji su jednakosti (8) da slijedeći oblik:

$$\frac{\sigma_1}{k} = \varphi \left[1 + \frac{\mu}{\alpha} + c \frac{\alpha}{\varphi} \right]$$

gdje je:

$$\varphi = \ln \frac{A_0}{A_1}$$

$c \frac{\alpha}{\varphi}$, zamijenjen beskonačan broj članova Sachsove jedna-
sti (8) od trećeg člana pa nadalje.

Veličinu C Körber i Eichinger odredjuju teoretski koris-
ći Misesov kriterij plastičnog tečenja $C = 4/3\sqrt{3} = 0,77$, dok si
uzima $C = 2/3 = 0,67$. Veličina C ovisi od vrste izvlačenog mate-
jala, a raste sa porastom deformacije presjeka, tako za čeličnu
cu (srednje C) $C_{sr} = 0,67$, za šipke od Al 99 $C_{sr} = 0,78$, od đur
i od AlMg3 iznosi $C = 0,35 - 0,43$.

3. Uslovi jednolikog habanja višestepene matrice

Višestepena matrica u ovom radu se predlaže u smislu dvij
osnovne primjene:

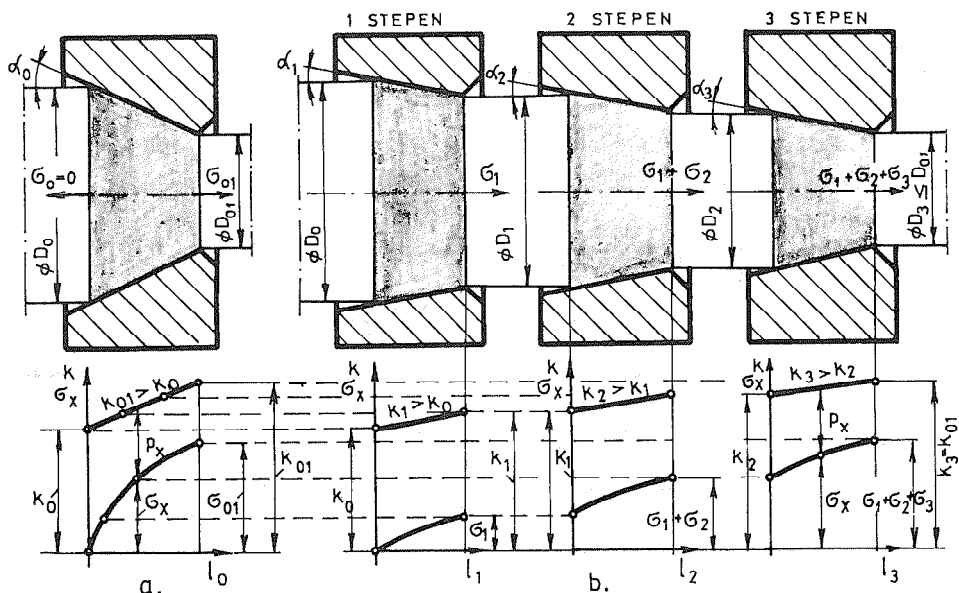
- Da zamijeni običnu - standardnu matricu u klasničnim us-
vima podmazivanja, pri čemu se opterećenje tada prenosi na n st-
peni provlaka višestepene matrice (sl.3). Ukupni stepen deforma-
je kod standardne matrice $\varphi_{us} = \ln A_0/A_1$ raspoređuje se na n p-
vlaka višestepene matrice, tako da je

$$\varphi_1 = \ln \frac{A_0}{A_{01}} > \varphi_2 = \ln \frac{A_{01}}{A_{02}} > \dots > \varphi_n = \ln \frac{A_{0n-1}}{A_{0n}}, \text{ tako da j}$$

ukupni stepen deformacije kod višestepene matrice

$$\varphi_{uv} = \ln \frac{A_0}{A_{0n}} = \ln \frac{A_0}{A_1} = \varphi_{us} \quad ($$

- Da zamijeni standardnu matricu za režim rada u uslovima



Slika 3. - Dijagram naprezanja σ_x , p_x i specifičnog otpora deformaciji k , kod obične matrice (a) i kod trostepene matrice (b)

Višestepena matrica obično ima 2 - 4 stepena, jer suviše veliki broj stepeni komplikuje s jedne strane izradu bloka matrice i s druge strane smanjuje deformaciju po jednom stepenu izvlačenja čak do granične veličine, što se negativno odražava na završni kvalitet proizvoda,

Deformacioni rad po Siebelu

$$W = V \cdot k \left[\left(1 + \frac{\mu}{\alpha}\right) \ln \frac{A_0}{A_1} + \frac{2}{3} \alpha \right] \quad (12)$$

u stvari pretstavlja i po jednakosti (9) specifični rad deformacije

$$a = k \cdot \varphi \left(1 + \frac{\mu}{\alpha} + c \frac{\alpha}{\varphi}\right) \quad (13)$$

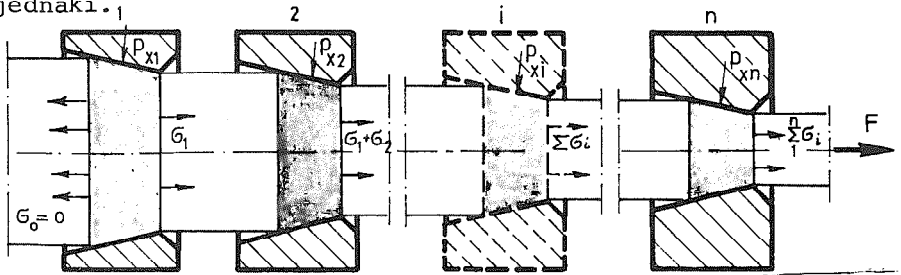
gdje je: $a = a_1 + a_2 + a_3$ (14)

$a_1 = k \cdot \varphi$, specifični deformacioni rad koji se troši na promjenu pr

vrat u aksijalni smjer na izlazu iz otvora matrice.

$$a_3 = a_{tr} = \frac{\mu \cdot k \cdot \varphi}{\alpha}, \text{ specifični rad trenja}$$

Prema tome specifični rad deformacije je $a_d = a_1 + a_2$. Nesumnjivo da bi matrice bile jednoliko termomehanički opterećene odnosno da bi se jednoliko površinski trošila potrebno je da su im ostvareni deformacioni radovi, a tako isto i radovi trenja identični jednaki.



Slika 4. -Teoretsko razmatranje opterećenja višestepene matrice

Odnos parametara po stepenima provlaka	}	$a_{11} = a_{12} = \dots = a_{1i} = \dots = a_{1n}$
		$a_{21} = a_{22} = \dots = a_{2i} = \dots = a_{2n}$
		$a_{31} = a_{32} = \dots = a_{3i} = \dots = a_{3n}$
		$k_1 < k_2 < \dots < k_i < \dots < k_n$
		$\mu_1 > \mu_2 > \dots > \mu_i > \dots > \mu_n$
		$\varphi_1 > \varphi_2 > \dots > \varphi_i > \dots > \varphi_n$
		$\alpha_1 > \alpha_2 > \dots > \alpha_i > \dots > \alpha_n$

Specifični deformacioni rad a_1

Za svaki stepen izvlačenja važi uslov:

$$a_{1i} = k_i \cdot \varphi_i = \text{const.} \quad (15)$$

pa je tada porast temperature osnosimetričnog profila (žice, šipke

$$\Delta t_{1i} = \frac{a_{1i}}{c \cdot \rho} = \frac{k_i \cdot \varphi_i}{c \cdot \rho} \text{ (}^\circ\text{C)} = \text{const.} \quad (16)$$

gdje je:

i - broj stepeni izvlačenja

c - specifična toplota izvlačenog materijala

ρ - zapreminska masa izvlačenog materijala

Kod hladnog izvlačenja s obzirom na očvršćavanja materijala biće

a da bi bila zadovoljena jednakost (15) mora biti:

$$\varphi_n < \varphi_{n-1} < \varphi_{n-2} < \dots < \varphi_3 < \varphi_2 < \varphi_1 \quad (18)$$

Dakle, umnožak specifičnog deformacionog otpora i stepena deformacije mora biti konstantna vrijednost, i to tako za koliko procenata poraste „k“ za toliko procenata treba umanjiti φ .

Specifični deformacioni rad a_2

Za svaki stepen izvlačenja treba zadovoljiti uslov:

$$a_{2i} = C \cdot k_i \cdot \alpha_i = \text{const.} \quad (19)$$

odnosno tada će biti

$$\Delta t_{2i} = \frac{a_{2i}}{c \gamma} = \frac{C \cdot k_i \cdot \alpha_i}{c \gamma} \text{ (}^\circ\text{C)} = \text{const.} \quad (20)$$

gdje se α uvrštava u radijanima.

$C = \text{const.}$, za odgovarajući materijal šipke, pa je tada dovoljan uslov:

$$k_i \cdot \alpha_i = \text{const.} \quad (21)$$

odnosno s obzirom na jednakost (17) mora biti

$$\alpha_n < \alpha_{n-1} < \alpha_{n-2} < \dots < \alpha_3 < \alpha_2 < \alpha_1 \quad (22)$$

Imajući u vidu jednakost (15) i (21) $k_i \cdot \alpha_i = k_i \cdot \varphi_i = \text{const.}$ dolazi se do interesantnog saznanja da je $\alpha_i = \varphi_i$, što znači da povećanje otvora matrice treba biti jednak logaritamskom stepenu deformacije, što ima dosta logike, tako ugao izvlačenja za čeličnu žicu u funkciji relativnog stepena deformacije $\xi = 1 - \frac{d_1^2}{d_0^2}$ iznosi:

$$\begin{aligned} \xi &= 20 - 25\%, \quad 25 - 30\%, \quad 30 - 35\%, \quad \text{iznad } 35\% \\ \alpha &= 12 - 14^\circ, \quad 14 - 16^\circ, \quad 16 - 18^\circ, \quad 18 - 20^\circ \end{aligned}$$

Na osnovu toga može se konstatovati da je moguće ostvariti

Specifični deformacioni rad a_3

Za svaki stepen izvlačenja važi uslov:

$$a_{3i} = a_{tri} = \frac{\mu_i k_i \varphi_i}{\alpha_i} = \text{const.} \quad (24)$$

$$\Delta t_{ri} = \Delta t_{3i} = 0,6 \mu_i k_i v_i \sqrt{\frac{\tau_i}{\lambda c \cdot \gamma}} \text{ (}^\circ\text{C)} = \text{const.}$$

gdje je: $\tau = 1/v$, vrijeme prolaza kroz zonu deformacije dužine l ,
 λ , koeficijent toplinske vodljivosti
 v , brzina provlačenja

Imajući u vidu jednakost (17), (18) i (22) mora biti

$$\mu_n < \mu_{n-1} < \mu_{n-2} < \dots < \mu_3 < \mu_2 < \mu_1 \quad (25)$$

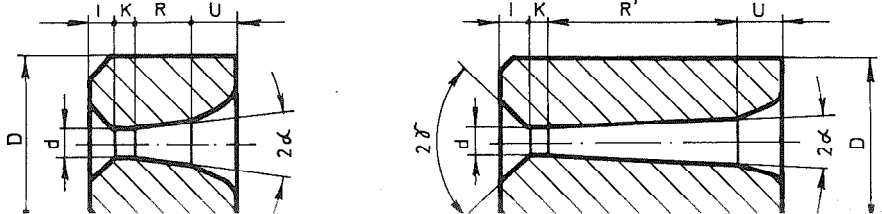
Kada se sagledaju sve date jednakosti dolazi se do podatka da je

$$a_{3i} = \frac{\mu_i}{\alpha_i} a_{1i} = \frac{\mu_i}{\alpha_i} k_i \varphi_i \quad (26)$$

odnosno $a_{2i} = C a_{1i} = C k_i \varphi_i$, što znači ako postoji jednakost deformacionih radova a_{1i} po provlakama višestepene matrice tada je već obezbijedjena i jednakost radova a_{2i} , a da bi se to ostvarilo i sa deformacionim radovima a_{3i} , mora biti odnos $\mu_i/\alpha_i = \text{const.}$

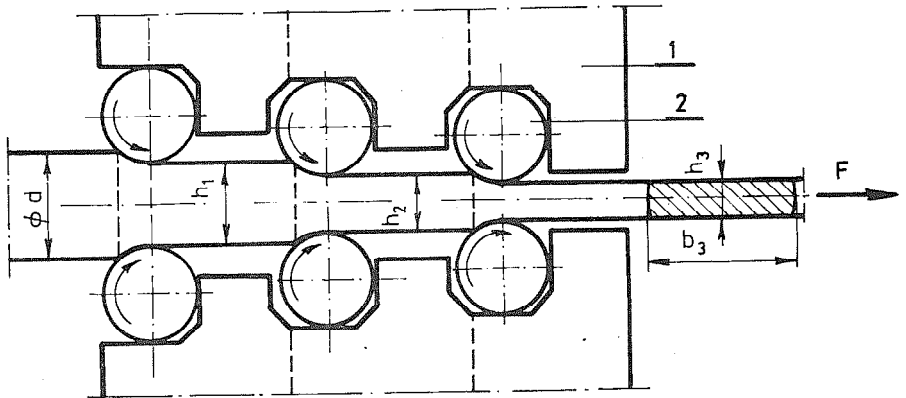
4. Praktična realizacija teoretskih pretpostavki

Matrica ima specifične uslove rada kako sa stanovišta napon deformacija, tako i termomehaničkog režima rada u procesu izvlačenja U sadašnjoj tehnologiji izvlačenja najveću primjenu ima tzv. konvencionalna - standardna matrica (sl. 5a) gdje se uglavnom ostvaruje



je ostvarena samo kroz povećanje stepena deformacije sa $\varphi = 0,16-0,2$ na $\varphi = 0,30 - 0,59$ po jednoj matrici i smanjenju broja provlaka v i u smanjenju broja medjuoperacijskih žarenja.

Višestepene matrice nisu primjenjive samo za izradu osnosimetričnih profila kružnog presjeka već i drugih profila uključujući i profile složenog geometrijskog oblika (sl. 7)* uz mogućnost boljeg energetskog korištenja, pri čemu se trenje klizanja zamjenjuje trenjem kotrljanja, jer su valjci 1 samoobrotni, tako da utiču povoljno i na stvaranje pogodnog naponsko-deformacionog stanja za izvlačenje.



Slika 7. - Višestepena matrica za izvlačenje sa slobodnim širenjem (1 - tijelo, 2 - samoobrotni valjci)

5. Zaključak

Na osnovu izvršenog istraživanja može se zaključiti da kod višestepene matrice postoji manje opterećenje po pojedinačnom stepenu provlake, što tehničko konstruktivno rješenje omogućuje i da se blok višestepenih matrica primijeni u klasičnim uslovima podmazivanja. Rezultat toga je povećanje postojanosti matrice i smanjenje vremena nerada mašine. Kada se višestepena matrica primijeni u režimu hidrodinamičkog trenja [3] tada su rezultati još

se proizvodnost mašine ostvaruje kroz bolje vremensko korištenje mašine i kroz produktivniji termomehanički režim deformisanja. U tom slučaju mora biti zadovoljen uslov u zadnjem stepenu izvlačenja $\sigma_i < 0,8 k$, kako ne bi došlo do kidanja oblikovanog materijala, dok za ostale stepene važi $\sigma_i = (0,3 - 0,6) k$.

Referenca

- /1/ Kolmogorov V.L., Orlov S.I., Selišćev K.P., Voločenje režime židkostnog trenja, Metallurgija, Moskva, 1967
- /2/ Berin I.Š., Dnestrovskij N.Z., Voločilnij instrument, Metallurgija, Moskva, 1971
- /3/ Steininger Z., Ciagnienie drutów stalowych, Katowice, 1975
- /4/ Hribar J., odredjivanje koeficijenta trenja i utroška unutarne radnje kod hladnog provlačenja šipki i cijevi od lakih metala, Zbornik radova I. Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 1970
- /5/ Teller W., Einsatz und Aufarbeitung von Hartmetall zieh steinen, Draht-Welt, 10/49, 1963
- /6/ Perlin I.L., Ermanok M.Z., Teorija voločenja, Metallurgija, Moskva, 1971
- /7/ Pešić M., Mišković B., Milenković V., Prerada metala u plastičnom stanju, ISC, Beograd, 1975
- /8/ Kogos A.M., Školjnikov E.L., Stalj, No 7 str. 664, 1967
- /9/ Orlov S.I., Stalj No 7, str. 663, 1967

M. Jurković

МНОГОСТЕПЕННАЯ МАТРИЦА ДЛЯ ХОЛОДНОГО ВОЛОЧЕНИЯ ОСЕВОСИММЕТРИЧНЫХ ПРОФИЛЕЙ НОВОЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ РЕШЕНИЕ

Выполненное исследование показывает что применение многостепенной матрицы и в классических условиях смазки увеличивает стойчивость матрицы что приводит к сокращению времени неработающей машины, В режиме гидродинамического трения осуществлённые резул

B. Kiselički *)
D. Stanivuković **)

NOVI KONCEPT ODRŽAVANJA ALATNIH MAŠINA U "JUGOALATU"
NOVI SAD

1.0 UVODNA RAZMATRANJA

Od posebnog interesa svake radne organizacije je organizovanje sredstava za održavanje - alatnih mašina i postrojenja - u cilju njihovog optimalnog iskorišćenja da se obezbedili maksimalni efekti, tj. produktivnost rada. Značajni finansijski iznosi izdvajaju se za održavanje - za održavanje sredstava za rad u industriji prerade metala izdvaja se cca 11 - 12% od vrednosti sredstava i cca 25% troškova proizvodnje i cca 9 - 10% od investicija u sredstva. U Jugoslaviji se izdvajaju visoke sume za održavanje, ali se najveći deo tih sredstava troši na NADNO održavanje, odn. posle pojave otkaza (kvara) sredstva. Vrlo su retki primeri primene PREVENTIVNOG (planiranog) održavanja.

Poseban su problem troškovi nabavke i skladištenja rezervnih delova, koji su zbog politike naknadnog održavanja NEKONTROLISANE veličine, tj. nemoguće je planirati potrebe rezervnih delova, a time i dinamiku njihove nabavke tim pre što je znatan deo opreme u našoj industriji inostranog porekla.

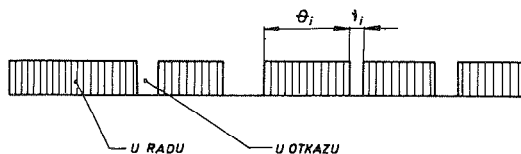
Zbog izloženog, potrebno je planirati aktivnosti održavanja - nabavku rezervnih delova, zamene / opravke i kontrolu funkcionisanja opreme (mašina i instalacija).

*) Bosiljka Kiselički, dipl. ing., Direktor OOUR "Jugopribor" u RO "Jugoalat", Novi Sad

***) Mr Dragutin Stanivuković, dipl. ing., Institut za INDUSTRIJSKE SISTEME R...

2.0 ODRŽAVANJE NA BAZI PONAŠANJA OPREME U VREMENU

Na bazi podataka o ponašanju alatnih mašina u vremenu - stanja U RADU i U OTKAZU dobija se tzv. vremenska slika stanja, sl. 1,



Sl. 1. Vremenska slika stanja.

gde su: θ - vreme U RADU

ν - vreme U OTKAZU

na osnovu koje se određuju potrebni parametri za postavljanje SISTEMA za održavanje.

Ovo, naravno, pretpostavlja odgovarajuću organizaciju podataka, tj. informacioni sistem.

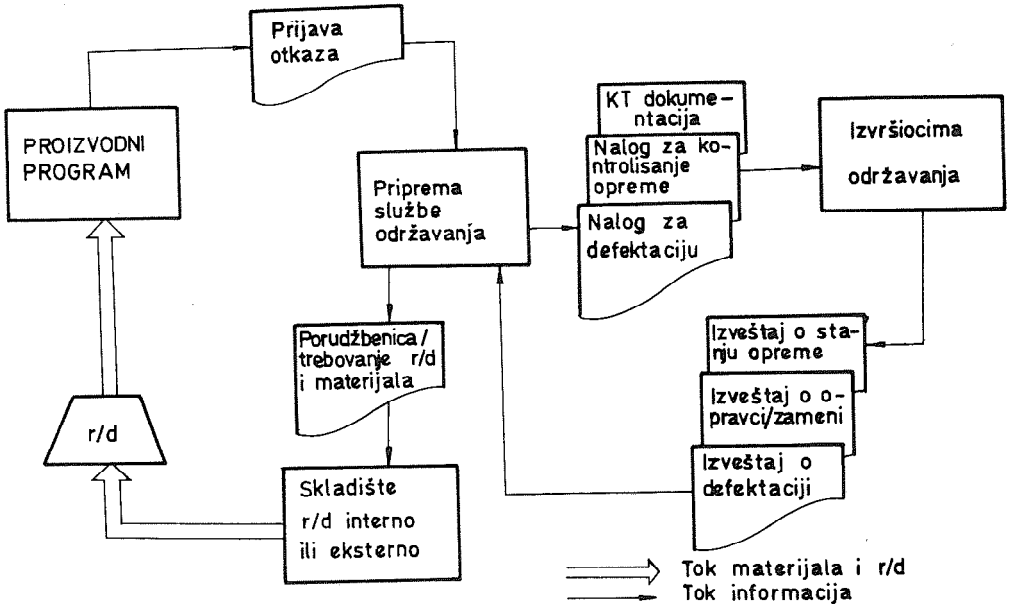
2.1 Informacioni sistem i dokumentacija u održavanju

Karakteristike informacija, odn. informacionog sistema moraju biti takve da se obezbede

- pravovremene
- tačne (pouz dane)
- potpune
- razumljive
- kratke itd.

informacije potrebne za donošenje pravilnih odluka vezanih za održavanje.

Od prve (izvorne) informacije o pojavi otkaza do informacije o ispravnosti (posle otklanjanja otkaza) mašine postoji niz informacija koje se mogu predstaviti prema sl. 2.



Slika 2. Informacioni sistem za održavanje.

iz službe održavanja. Rubrike 6, 9 i 10 upisuje izvršilac intervencije uz saglasnost poslovođe. Ostale podatke (rubrike 4, 5, 7, 11, 12 i 13) popunjava odgovorno lice iz održavanja uz saglasnost odgovornog lica iz pogona. Nalog za defektaciju se izdaje posle pojave otkaza. Posle defektacije se ispisuje Porudžbenica/trebovanje za potrebne rezervne delove i/ili materijal, a zatim Izveštaj o defektaciji koji sadrži detaljan opis uzroka i manifestacije otkaza. Za slučaj da se intervencija može izvršiti bez zamene dela potrebna je odgovarajuća konstruktivno-tehnološka (KT) dokumentacija (radionički crtež, tehnološki list itd. Po završenoj opravci se piše izveštaj o opravci/ zameni dela.

Da bi se broj otkaza smanjio što je moguće više, potrebno je uvoditi politiku održavanja PO STANJU, odn. intervencije održavanja izvoditi (ili ne) u zavisnosti od stanja opreme.

Kontrola stanja se izvodi, prema Nalogu za kontrolu stanja, vizuelno-audio kontrolom ili pomoću različitih dijagnostičkih sredstava. (Npr. za kontrolu uležištenja je poznat spektar uređaja za kontrolu ležajeva preko vibracija - buke

STOJA		radna organizacija RO "Jugoalat", OOUR "Jugopribor" mesto Novi Sad		period 01.06. - 31.12.1979.		IIS - NOVI SAD			
sistem revolver-strug		vreme zastoja [čas]		vreme potrebno za zamenu [čas]		vrednost zamenjenog elementa [din]		vrednost rada održavaoca [din]	
broj	do	U z r o k k l e f e m e n t i z a s t o j a	kod	opis otkaza (kvara) zastoja	vreme potrebno za zamenu [čas]	vrednost zamenjenog elementa [din]	vrednost rada održavaoca [din]	p r i m e d b a	
3	4	5	7	8	9	10	11	12	13
300	1400	1		montaža magneta	3				
200	1400	2	bravarski kvar	montaža remenice	2	1			
600	800	2	"	popravka držača noža	1	1			
000	1100	1	"	montaža magneta	6				
800	1400	6	"	demontaža sklopova		4			
700	1100	4	"	izbijanje osovine					
600	1130	5,5	"	demontaža, skidanje ce-		5,5			
600	1000	4	mehan. kvar	log sistema prenosa	4	4			
800	930	1,5	"	popravke uljne pumpe	1	1			
200	1300	1	"	demont. sistema za hladj.		1			
800	1100	3	"	popravka brave	3	3			
730	1100	3,5	"	revolver glava		3,5			
730	1400	7	"	revolver glava					
800	1400	6	pronalaženje kvara	zamena zavrtanja na	7	6			
600	2100	5	"	stezaču materijala		5			
930	1300	3,5	"			3,5			
600	1100	5	"			5			
200	1400	2	elektro-kvar	kuplung, kratak spoj	10				
600	1400	8	elektro kvar	zamena elektromagn.					
600	900	3	"	spojnice		3			
600	700	1	mehanički kvar	opravke mehanizma za		1			
700	800	1	"	kontakt					
730	830	1	"	popravka vučnog vretena	1				
700	900	1	"	zamena klipova na vuč-					
730	830	1	"	nom vretenu					
700	900	1	"	zamena osigurača na	1				
700	900	1	"	vučnom vretenu	1				

Sada se mogu odrediti parametri pouzdanosti potrebni za ocenu funkcionisanja opreme i prognoziranje potreba rezervnih delova, troškova rezervnih delova, izvršilaca za održavanje itd.

Vremenski period posmatranja T se podeli na intervale:

$$i = 1 + 3,3 \cdot \log n \quad (1)$$

gde je n -broj pojava otkaza u periodu T i na taj način dobije širina intervala Δt . Zatim se prebroje otkazi u svakom od intervala $N(\Delta t)$ na osnovu čega se utvrdjuju

- gustina pojave otkaza

$$f(t) = \frac{N(\Delta t)}{n \cdot \Delta t} \quad i \quad (2)$$

- intenzitet (stopa) otkaza

$$\lambda(t) = \frac{N(\Delta t)}{(n-N)_{sr} \cdot \Delta t} \quad (3)$$

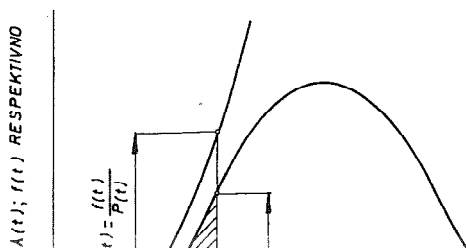
gde je: $(n-N)_{sr}$ - srednji broj ispravnih istih delova u intervalu Δt
 n - ukupan broj posmatranih istih delova.

Napomenimo da se za svaki deo koji otkazuje crta vremenska slika stanja i određuju $f(t)$ i $\lambda(t)$.

Funkcionalnost, odn. pouzdanost se određuje prema

$$P(t) = \frac{n - N(\Delta t)}{n} \quad (4)$$

Na osnovu promena $f(t)$ i $\lambda(t)$, koje u opštem slučaju imaju oblik, sl. 3.



moгу se planirati potrebe rezervnih delova u pojedinim vremenskim intervalima.

Na osnovu vrednosti iz (4) kao i na osnovu pokazatelja raspoloživosti, odn. iskorisćenja mašine:

$$n_{OG} = \frac{\bar{\theta}}{\bar{\theta} + \bar{N}} \quad (5)$$

gde su: $\bar{\theta} = \frac{\sum tr_i}{n}$ - srednje vreme U RADU

$\bar{N} = \frac{\sum to_i}{n-1}$ - srednje vreme U OTKAZU

donosi se odluka o potrebi povišenja (ili ne) pouzdanosti. Povišenje se može ostvariti rekonstrukcijom mašine - poboljšanjem "slabih" elemenata (delova) ili boljom organizacijom održavanja - boljim snabdevanjem r/d, češćim pregledima i smanjenjem vremena stanja (neradna smena, neradni dani, pauze itd.).

3.0 PRIMER ODRŽAVANJA REVOLVER-STRUGOVA U RO "JUGOALAT" OOUR "JUGOPRIBOR" - NOVI SAD

Na bazi podataka iz KARTE ZASTOJA i VREMENSKE SLIKE STANJA utvrđene su vrednosti date u tabeli T. 2 za grupu posmatranih revolver-strugova.

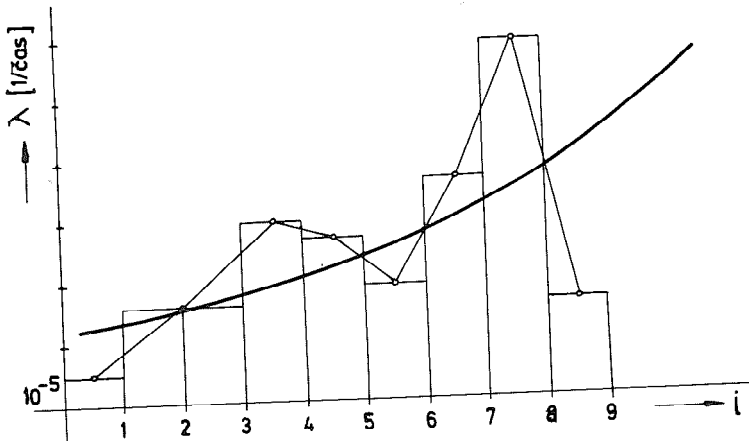
Tabela T.2.

inter- val i	Broj otkaza N		$(n_u - N)_{sr}$	10^{-4} $\lambda(t)$ (1/čas)	P(t)	F(t)
	int.	kom.				
1	2	2	152	0,53	0,987	0,013
2	6	8	150	1,60	0,948	0,052
3	6	14	150	1,60	0,908	0,092
4	11	25	147,5	2,98	0,836	0,164
5	10	35	148	2,7	0,771	0,229
6	9	44	148,5	2,42	0,712	0,288
7	13	57	146,5	3,55	0,627	0,373

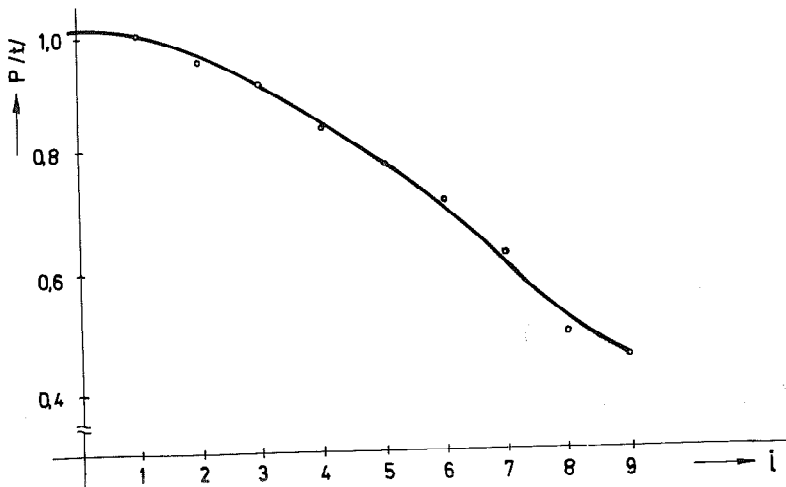
kon pouzdanosti, što je testiranjem hipoteze i dokazano. Dobijeni su parametri raspodele:

$$\beta = 1,9 \quad \eta = 2\,500 \text{ čas}$$

Na osnovu tih vrednosti se dobija srednje vreme do otkaza:



Slika 4. Zavisnost $\lambda(t)$



a zakon raspodele pouzdanosti:

$$P(t) = e^{-(t/2500)^{1,9}} \quad (6)$$

i radi se o periodu starenja (III) mašina, jer su mašine u eksploataciji prosečno oko 15 godina.

Na osnovu tabele T.2 i slike 3 treba očekivati porast intenziteta otkaza prema:

$$\lambda(t) = \frac{\beta}{\eta} \cdot \left(\frac{t}{\eta}\right)^{\beta-1} = 7,6 \cdot 10^{-4} \cdot \left(\frac{t}{2500}\right)^{0,9} \quad (7)$$

što znači porast broja potrebnih rezervnih delova u vremenu.

Za svaki od vitalnih delova se utvrđuje karakteristika λ na osnovu koje planiramo potrebe r/d u odredjenom vremenskom intervalu.

U tabeli T.3 dat je prikaz frekvencija otkaza pojedinih podsklopova revolver - struga.

Tabela T. 3.

red. broj	podsklop	broj otkaza	relativna frekvencija	kumulativna relativna frekvencija
1.	elektro-magnet. spojnica	13	0,137	0,137
2	revolver-glava	10	0,105	0,242
3.	uredjaj za stezanje materij.	9	0,095	0,337
4.	releji, osigurači sklopke, prekidači	8	0,084	0,421
5.	ručno vreteno	6	0,063	0,484
6.	kuplung	6	0,063	0,547
7.	suport	4	0,042	0,589
8.	remeni i remenica	3	0,031	0,620
9.	elektro-magnetni ventil	3	0,031	0,651

broj potrebnih rezervnih delova, što utiče na efikasnost službe održavanja, jer se r/d pravovremeno nabavljaju.

4.0 ZAKLJUČCI

Uvodjenje održavanja opreme prema karakteristikama ponašanja obezbeđuje predviđanje promena u budućnosti, što olakšava donošenje odluka - tj. smanjenje neizvesnosti u znatnoj meri. Uočeni nedostaci u toku posmatranja (analiza uzroka otoka) mogu poslužiti za rekonstrukcije mašina, bilo u sopstvenoj režiji ili preporukama proizvođaču (npr. ugradnja paralelnih elemenata, bolji materijal itd.)

R E F E R E N C E

- |1| Todorović, J.: EFEKTIVNOST SISTEMA U MAŠINSTVU
Zelenović, D. Fakultet tehničkih nauka Novi Sad,
Mašinski fakultet Beograd, 1978.
- |2| Todorović Jovo: ODRŽAVANJE SREDSTAVA ZA RAD,
Fakultet organizacionih nauka Beograd,
- |3| Stanivuković, D.: EFEKTIVNOST TEHNIČKIH SISTEMA - Zbirka zadataka -
Ivanović, G. Mašinski fakultet Beograd, Fakultet tehničkih nauka
Novi Sad, 1978.

B. Kiselički, D. Stanivuković

A NEW POLICY OF THE TOOL MACHINES MAINTENANCE IN TOOL FACTORY "JUGOALAT",
NOVI SAD

The paper considers the maintenance of tool machines based on the reliability parameters e.g. quantity of spare elements can be planned against failure rate and failure density. In this way decision making process is less uncertain, so that spare parts can be provided on time.

XIV SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE, ČAČAK, 1980.

I. Kodrič *

REGISTRACIJA PREOBLIKOVANIH SIL V POGOJIH REDNE PROIZVODNJE **

1. Uvod

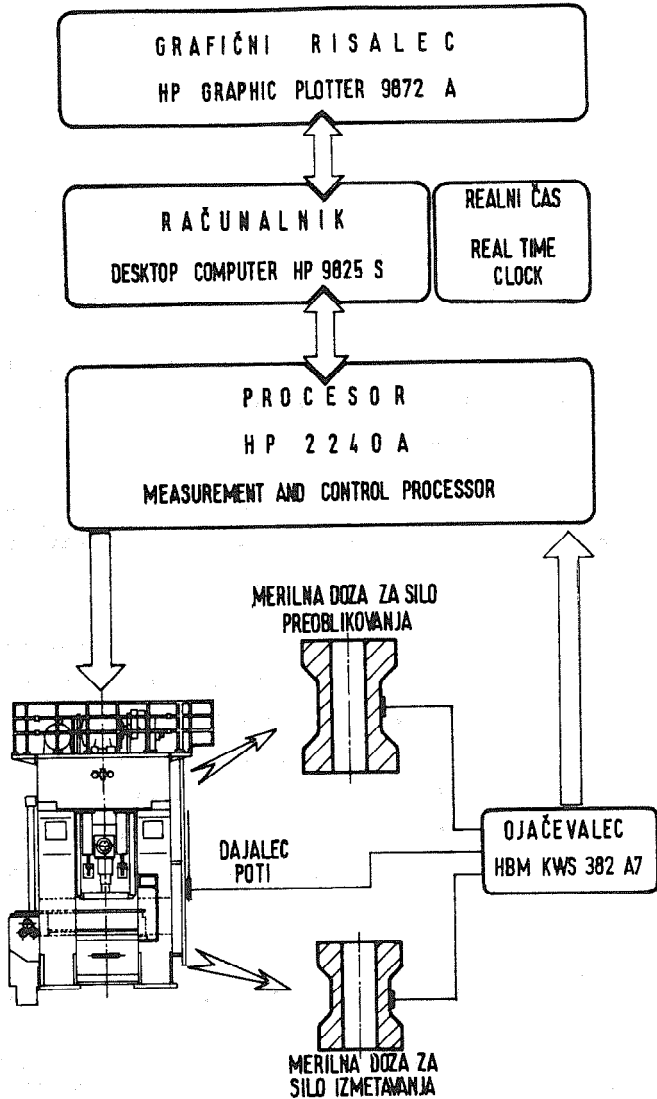
V prispevku je prikazan postopek registracije sil med redno proizvodnjo hladno preoblikovanih delov in sicer s pomočjo računalniško krmiljenega mikroprocesorja. Meritve so bile izpeljane v okviru razvojno raziskovalne naloge pri kateri je poleg ISKRE Nova Gorica sodelovala tudi Republiška raziskovalna skupnost Slovenije ter Fakulteta za strojništvo Ljubljana. Verifikacija in obdelava rezultatov prvih meritev, katerih del je prikazan v prispevku, je presegla pričakovane rezultate.

Registracija preoblikovanih sil je zamišljena kot del neobhodnih dejavnosti, ki naj zagotovijo dobro planirano in ceneno proizvodnjo hladno preoblikovanih delov.

Staro je spoznanje, da se razmere v vsakodnevni proizvodnji zaradi številnih parametrov, ki jih ni mogoče natančno določiti v marsičem razlikujejo od teoretičnih predpostavk, kar še posebej velja za projektiranje postopka hladnega preoblikovanja. Prav tako staro je tudi spoznanje, ki ga moramo na žalost ponovno povdariti, o zaskrbljujočem stanju v naših domačih razmerah pri oskrbi z repromaterialom. Tako se objektivnim težavam pri določanju pogojev dela v serijski proizvodnji pridruži še neizenačen vhodni material.

*) Ivan Kodrič ing. strojništva, projektant - vodja skupine za hladno preoblikovanje v ISKRI - Industriji avtoelektričnih izdelkov TOZD DES Nova Gorica.

***) Izdelano v Projektivnem biroju v okviru razvojno raziskovalne naloge s sodelovanjem Fakultete za strojništvo in pod pokroviteljstvom Republiške raziskovalne skupnosti Slovenije.



Primerno osnovo za reševanje teh problemov bi predstavljal kontrolni sistem s katerim bi bilo omogočeno direktno zajemanje podatkov med procesom ter glede na ovrednotene parametre, povratno vplivanje na proces preoblikovanja v stroju.

2. Opis opreme

Merilni sklop, ki je shematsko prikazan na sliki št. 1, nam v veliki meri omogoča objektivno spremljanje proizvodnje. V jarem mehanske avtomatske preše s spremenljivim številom udarcev je vgrajena merilna doza z merilnimi lističi (strain gauges) vezanimi v Wheatstonov most.

Na ojačevalcu je predhodno vspostavljeno ravnotežje pri neobremenjenem stanju. Pri obremenitvi se zaradi spremenjene upornosti merilnega lističa poruši ravnotežje, pojavi se napetost, ki je premosorazmerna deformaciji merilne doze in s tem seveda tudi absolutni vrednosti obremenitve merilne doze. Poleg merilnih doz za merjenje sil je na pah preše priključena tudi induktivna sonda za beleženje poti paha. Za obdelavo in registracijo električnega signala je ojačevalcu priključen sklop:

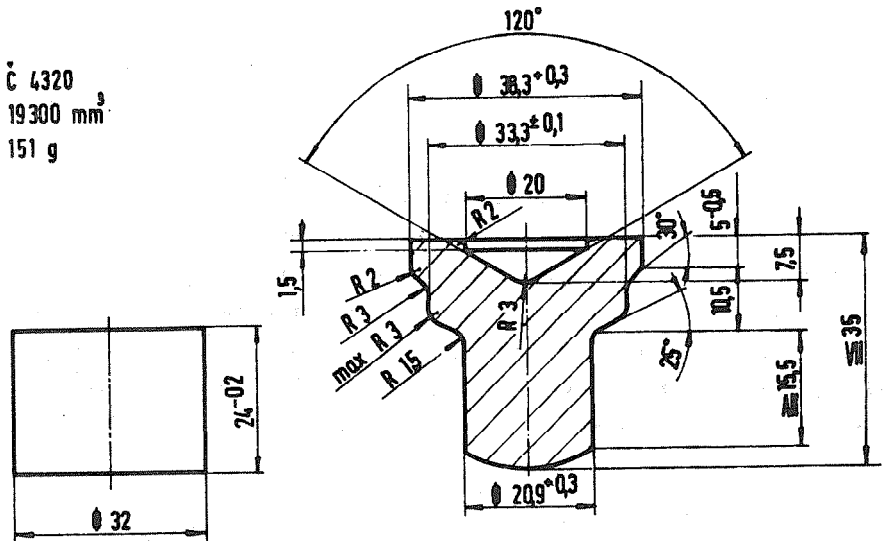


Odvzem in registracijo napetosti na analognem vhodu procesorja krmiti računalnik. Istočasno se vrši tudi prenos podatkov s procesorja v spomin računalnika, da jih lahko grafično predstavi na risalcu po vsakem ciklu meritvev.

Osnovna naloga procesorja pa je, da s svojo visoko hitrostjo odčitavanja omogoča verno posnetje hitrih procesov kovanja, posebej zasledovanja obremenitvenih konic. Podroben tehnični opis opreme je izpuščen, ker ga je mogoče dobiti v katalogih proizvajalcev Hewlett - Packard, HBM in Komatsu-Maypres.

3. Prikaz rezultatov

Prvo merjenje sil, ki smo ga izvršili je bilo izpeljano za potrebe optimizacije preoblikovalnega postopka za razmeroma enostaven odkovek pri kazan na sliki št. 2.



Slika 2: Preoblikovalna faza na kateri so bile izvršene prve meritve

Na podlagi obdelave meritev smo se lahko z vso gotovostjo odločili za najprimernejši način izdelave. Na sliki št. 3 in 4 sta prikazana dva karakteristična diagrama in sicer: poti paha preše ter potek sile preoblikovanja kot funkcije časa. V glavi diagrama so vnešeni vsi podatki, ki služijo za identifikacijo meritve vključno s točnim časom začetka merjenja.

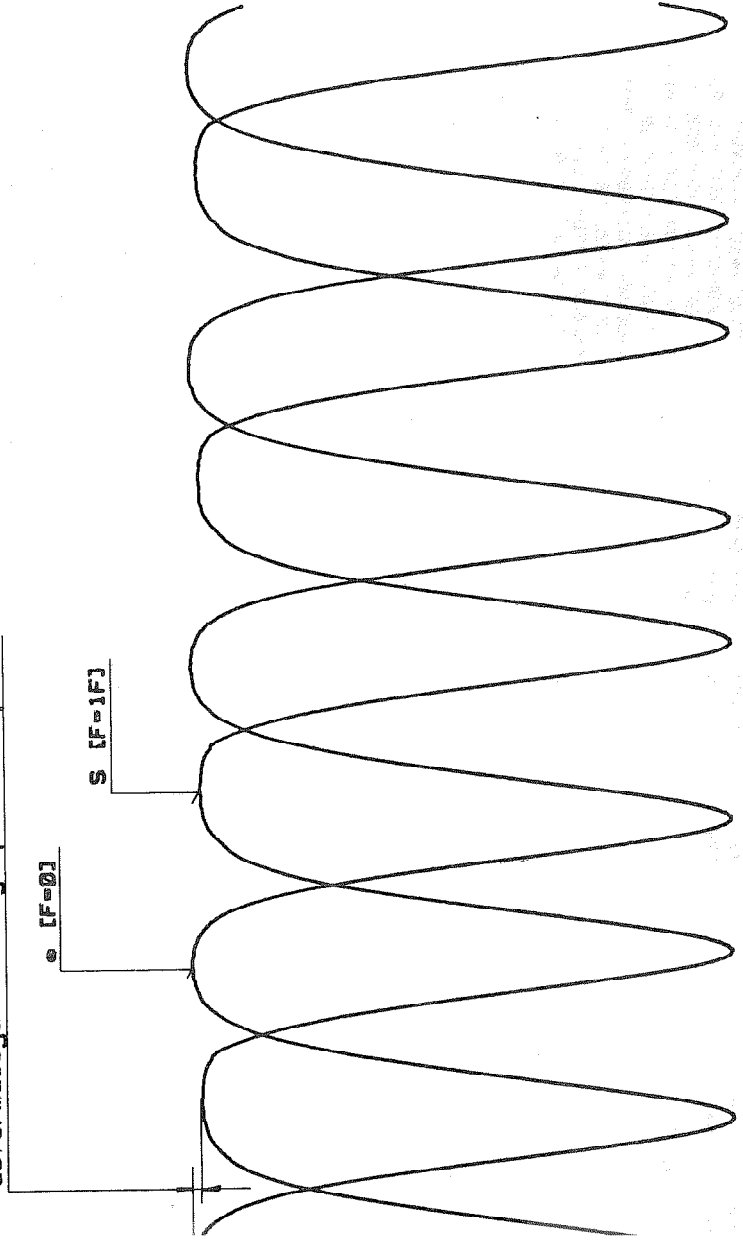
Tako nam podatki označijo diagram na sliki št. 3 kot diagram poti paha preše OKN - 320 z nominalno vrednostjo 120 mm pri 42 udarcih v minuti. Material surovca je Č.4320, žarjen na trdoto, kot je predpisana s tehnološkim predpisom. Desna kolona številok podaja parametre nastavitve ojačevalca ter pretvornike za izračun sil ter poti glede na zapisano izhodno vred-

Gorlog
aktivni biro
ukoljeki test orodja
3. 18. 53. 18

OKN-328 P 100844 poza 305
n=42/min C 4328 poza 306
e=120mm HB neg poza...

1F - K=0005*0000*2.5V*1.075
0595*10. -20*0000
2F - K=0000*0000*000V*1.357
0000*00. +00*0000
3F - K=0000*0000*000V*1.0356
0000*00. +00*0000
4F - K=0000*0000*000V*1.800
0000*00. +00*0000
5 - K=1000*0478*2.5V*24.5
0150*04. +00*0004

deformacija delovnega prostora presece

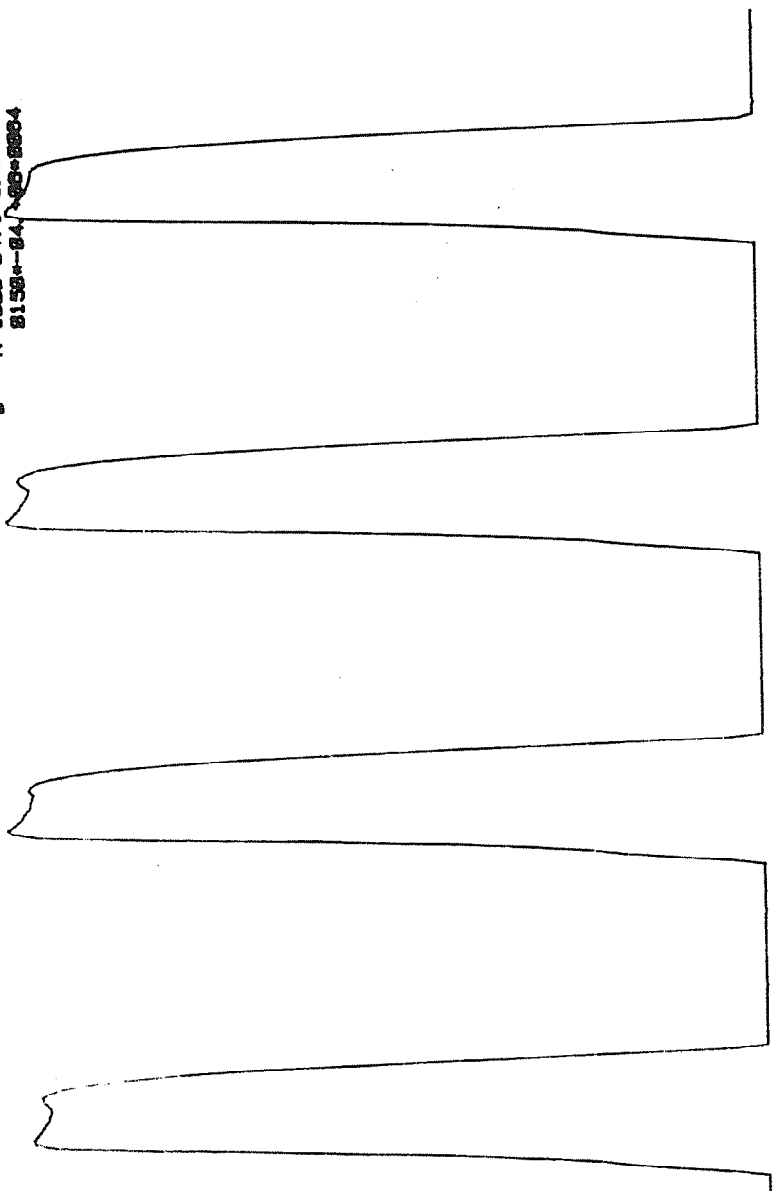


1F -- K-0005*0000*2.5V*+1.075
 0505*+1B. -20*0005
 2F -- K-0000*0000*000V*+1.357
 0000*00. +00*0000
 3F -- K-0000*0000*000V*+0.0350
 0000*00. +00*0000
 4F -- K-0000*0000*000V*+1.000
 0000*00. +00*0000
 5 -- K-1000*0470*2.5V*+24.5
 0150*04. 00*0004

P 100044 poz 305
 C 4320 poz 300
 HB reg poz...
 poz...

DKN-320
 n=42/min
 s=120mm

Serice
 stivni biro
 koljaki teot erodja
 10.05.43



Zaradi nazornejšega prikaza sta bila posneta dva diagrama in sicer pri neobremenjeni preši: s ($F=0$) ter diagram stroja med obratovanjem: S ($F=1F$). S primerjanjem obeh diagramov z lahkoto določimo velikost deformacije delovnega prostora preše.

Za definiranje procesa je posebnega pomena primerjanje med diagram sile posnetimi pod različnimi pogoji dela, ko se spreminja premer vhodnega materiala, mazanje surovcev, stopnja žarjenja ali število udarcev na stroju.

Na sliki št. 4 je prikazan osnovni diagram poteka sile pri 42 hod na minuto in sicer v obliki $U = f(t)$. Po transformaciji v diagram $F=f(t)$ je možno natančno določiti skupno vloženo delo ter pogoje, ki vladajo v orodju pri različnih načinih dela.

4. Zaključek

Celotni merilni sklop je glede na možnost uporabe izredno prilagodljiv ter predstavlja osnovo za sodobnejše delo pri procesu hladnega prelivanja. Tako smo za orodje na katerem smo vršili prve preizkuse že izoblikovali banko podatkov v katero spadajo vse osnovne meritve sile in posrejene na mikrofilm, potrebna teoretična verifikacija meritev ter podatki o vzdržljivosti posameznih pozicij orodja, ki jih sprotno vnašamo na magnetno kaseto računalnika.

I. Kodrič

RECORDING OF THE FORMING FORCES IN CONDITIONS OF REGULAR PRODUCTION

The procedure of recording the forces, which occur during regular production of cold formed parts, by the aid of a computer controlled microprocessor is shown in this article. The measurements were taken as part of development and research task undertaken by ISKRA Nova Gorica together with the Faculty of Mechanical Engineering of Ljubljana and sponsored by the Republic Research Council of Slovenia.

... of the results of these first measurements,

LE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE, ČAČAK, 1980.

M. M.Milošević, V.Nikolić *)

PRIMENA METODE KONAČNIH ELEMENATA U RAZVOJU KONSTRUKCIJE ALATA I MAŠINA ZA PROVLAČENJE **)

1. Uvod

U savremenoj metaloprerađivačkoj industriji primena procesa provlačenja je sve značajnija, s obzirom na visoku proizvodnost, tačnost i kvalitet obradjene površine. Zato je razvoj sopstvenih konstrukcija alata i mašina za provlačenje od posebnog interesa za našu industriju. Informacije o ponašanju konstrukcije alata i mašine u procesu projektovanja su neophodne da bi se došlo do optimalnih rešenja. Složenost konstrukcija i uslovi rada do skora su onemogućavali dobijanje željenih rezultata putem proračuna na bazi klasičnih metoda. Međutim, razvoj kompjutera ogromnih kapaciteta i brzina računanja i pojava novih metoda proračuna koje koriste računске mašine, stvorili su uslove da se mogu sa sigurnošću simulirati realni procesi i odzivi elemenata konstrukcija, složenih sklopova i celina

*) Dr. Miloš R.Kojić, dipl.inž., vanredni profesor Mašinskog fakulteta u Kragujevcu, ul. Slovačkih pobunjenika 10.

Mr. Miodrag Ž. Milošević, dipl.inž.asistent Mašinskog fakulteta u Kragujevcu, Josipa Pančića 10/10.

Vera Nikolić, dipl.inž. asistent Mašinskog fakulteta u Kragujevcu.

**) Radjeno u okviru naučnoistraživačkih projekata:

a) Razvoj univerzalnog kompjuterskog, programskog sistema za proračun nosećih struktura i konstruktivnih elemenata automobila

Jedna od najšire primenjenih metoda u analizi nosećih konstrukcija, termodinamičkih problema, problema mehanike fluida i dr. i takodje spregnutih problema (termomehanika, interakcija fluid - elastično telo, itd.) jeste metoda konačnih elemenata, koja je razvijena u poslednjih 20 godina. U svetu su danas poznate institucije (instituti, fakulteti) čija je osnovna delatnost razvoj kompjuterskih programa za rešavanje pomenutih složenih problema.

U Zavodima "Crvena zastava" je, u okviru saradnje sa Mašinskim fakultetom u Kragujevcu, kroz navedene naučno-istraživačke projekte, razvijen sopstveni programski paket za analizu statike i dinamike nosećih tankozidnih konstrukcija, trodimenzionalnih i termodinamičkih problema. Njegovo dalje usavršavanje i proširivanje mogućnosti primene je u toku.

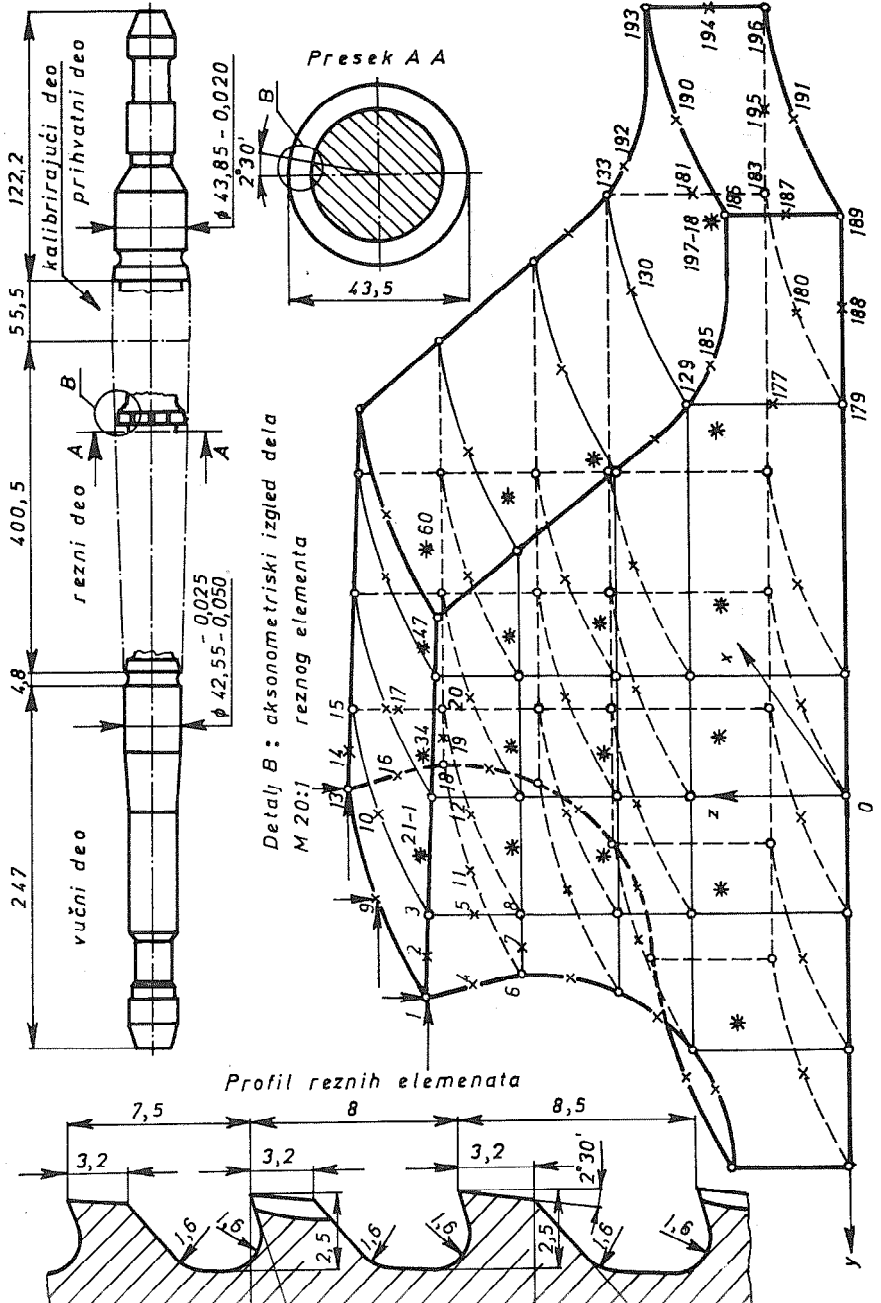
Na Mašinskom fakultetu u Kragujevcu je, prvi put u našoj zemlji, uradjen projekat mašine za provlačenje, na osnovu koga se izradjuje prototip u OOUR- "Mašine"; Zavoda "Crvena zastava".

U ovom radu se prezentiraju rezultati primene razvijenih kompjuterskih programa na neke probleme koji su od posebnog interesa za razvoj alata i mašina za provlačenje. Rezultati pokazuju mogućnosti koje savremene postupci analize konstrukcija pružaju, a takodje ukazuju i na pravce daljeg rada u ovoj oblasti. Može se videti da se analognim postupkom mogu rešavati i drugi složeni problemi vezani za obradu metala i konstrukciju alatnih mašina.

2. Analiza naponskog stanja i polja deformacije reznog elementa alata za provlačenje

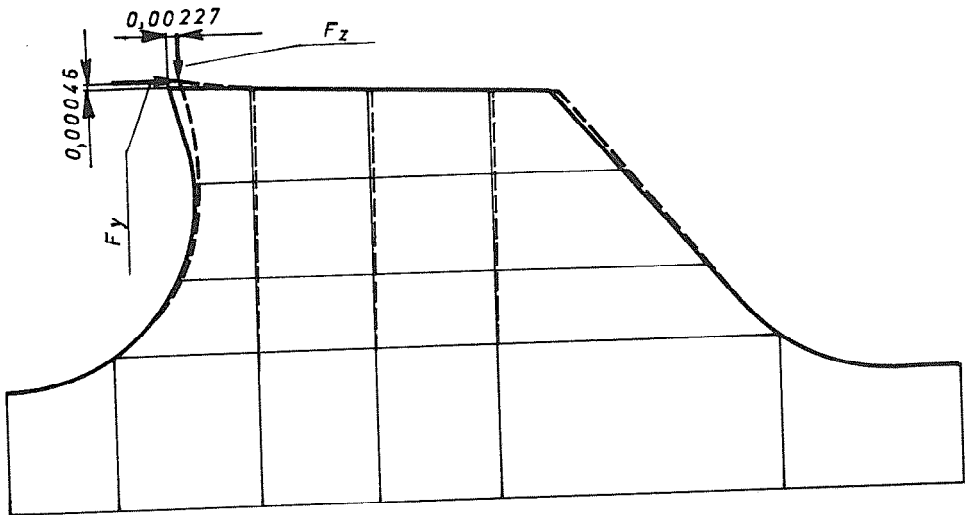
Na slici 1. prikazan je alat za unutrašnje provlačenje cilindričnog otvora. Zbog složenosti geometrijskog oblika i uslova opterećenja, klasičnim metodama je nemoguće odrediti naponsko polje i polje deformacije u reznom elementu provlakača.

Ovde je uradjen proračun primenom metode konačnih elemenata uz upotrebu trodimenzionalnih izoparametarskih konačnih elemenata



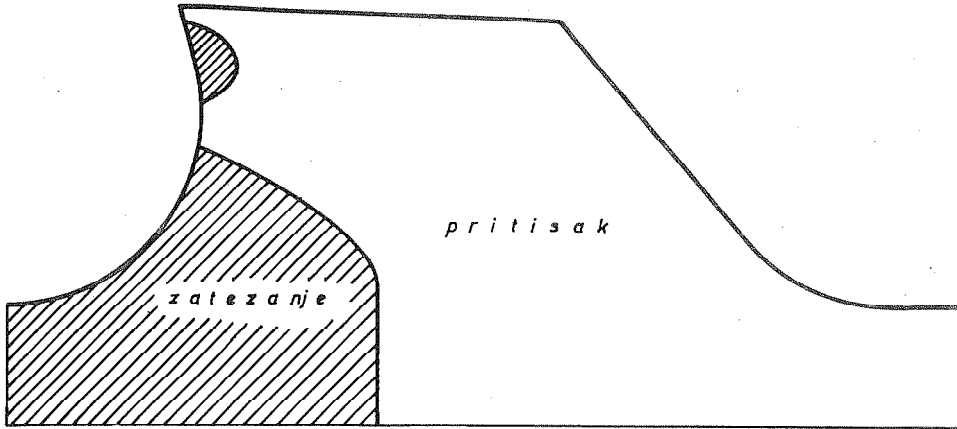
ničena u svim pravcima u čvorovima na unutrašnjoj cilindričnoj površini. Sile koje deluju na reznoj ivici određene su za pohaban rezni element, svodjenjem ukupnog otpora rezanja na posmatrani deo rezne ivice. Glavni otpor rezanja $F_y = 1068 \text{ daN}$ je dobijen merenjem dok je za radijalnu komponentu usvojeno da je $F_z = 0,5 F_y$, kao što je uobičajeno u literaturi [3]. Sile u čvorovima su naznačene na slikama 1 i 4.

Na slici 2 je dato polje pomeranja (iz koga se mogu odrediti deformacije) u radijalnoj ravni reznog elementa, uvećano 1000 puta, a takodje i presek mreže konačnih elemenata. Može se videti da pored aksijalnih postoje i radijalna pomeranja; pri tom se i jedna i druga uvećavaju sa približenjem reznoj ivici.

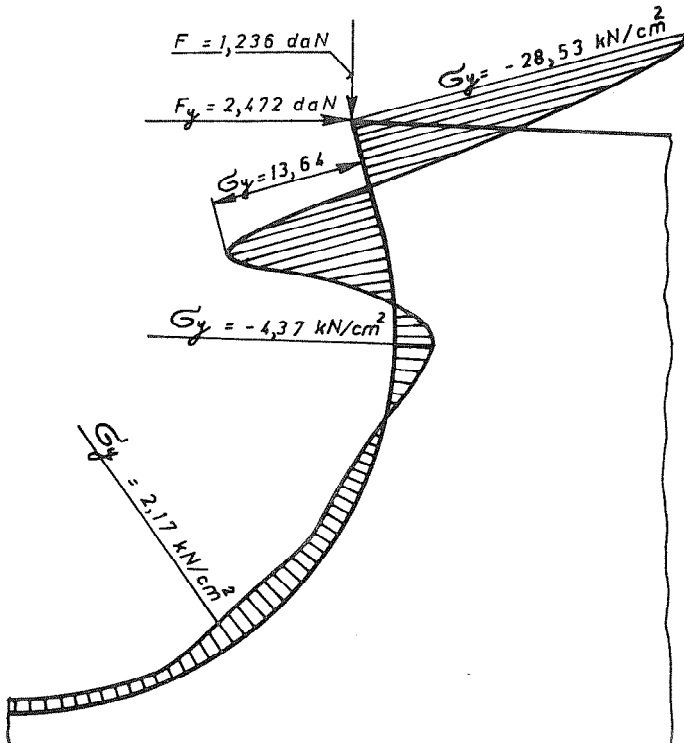


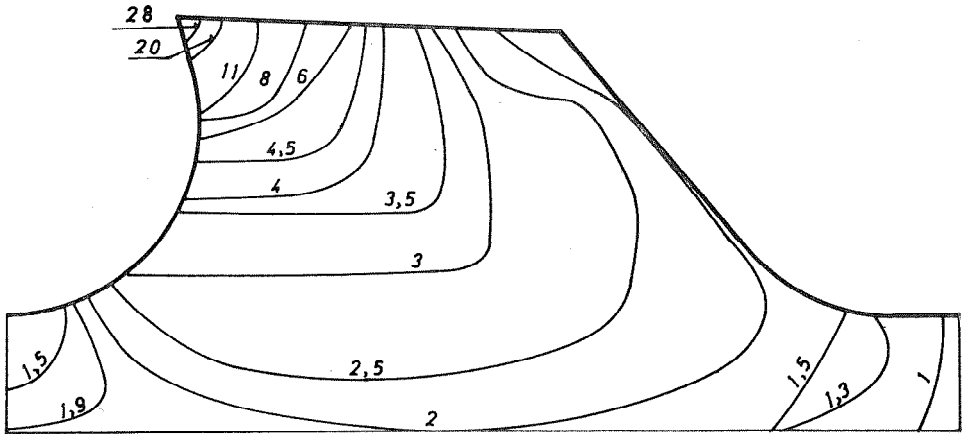
Slika 2. Polje pomeranja u radijalnom preseku reznog elementa.

Slike 3, 4 i 5 pokazuju napone u radijalnoj ravni. Na slici 3 vidimo da postoje zone pritiska i zatezanja u odnosu na napon σ_y koji je maksimalan. Dijagram na slici 4 pokazuje raspored napona σ_y u tačkama na površini koja je na udaljenju oko 0,15 mm (Gausove tačke integraljenja



Slika 3. Zone pritiska i zatezanja u radijalnoj ravni reznog elementa.





Slika 5. Ekvivalentni naponi u radijalnom preseku reznog elementa

Iz dobijenih rezultata mogu se izvući sledeći zaključci:

a) Primenom razvijenog programa određeno je polje pomeranja (deformacije) reznog elementa na osnovu koga se može utvrditi njegov uticaj na tačnost obradjene površine. Sa slike 1 se vidi da su deformacije rezne ivice vrlo male. Međutim, one će biti znatno veće pri većim dubinama rezanja i u slučaju kada je usled oštrenja smanjena debljina reznih elemenata. Razvijeni postupak pruža mogućnosti utvrđivanja kritičnih dubina rezanja i debljina reznog elementa (broj oštrenja) u odnosu na tačnost obradjene površine.

b) Poznavanje naponskog polja (veličina i karaktera svih naponskih komponenti) je neophodno pri konstrukciji alata. Tako pokazanim postupkom mogu se odrediti kritične debljine reznog elementa u vezi sa njegovim lomom. S druge strane, tendencije povećanja brzine rezanja pri provlačenju zahtevaju razvoj alata za provlačenje sa reznim elementima od tvrdog metala, koji je dosta neotporan u odnosu na napon zatezanja. Na osnovu izloženog postupka, moguće je odrediti takvu geometriju reznog elementa da se umanje veličine zona zatežućeg napona.

3. Odredjivanje ugiba radnog stola i radne ploče mašine za prov-

čivijama po celom obimu za postolja mašine. Upotrebljeni su isti prostorni konačni elementi kao i za alat u tački 2. Zbog približne simetrije oblika i opterećenja u odnosu na poprečnu ravan stola, analizirana je samo jedna polovina ovog sklopa. Upotrebljeno je 109 konačnih elemenata i 243 čvora.

Utvrđeno je polje pomeranja i naponsko polje sklopa pri dejstvu maksimalne sile od 160 kN koja deluje u centru radnog stola. Pored ove sile, na sklop se prenose i dve sile od po 80 kN koje potiču od hidrauličnih cilindara. Sile su rasporedjene na odgovarajuće čvorove.

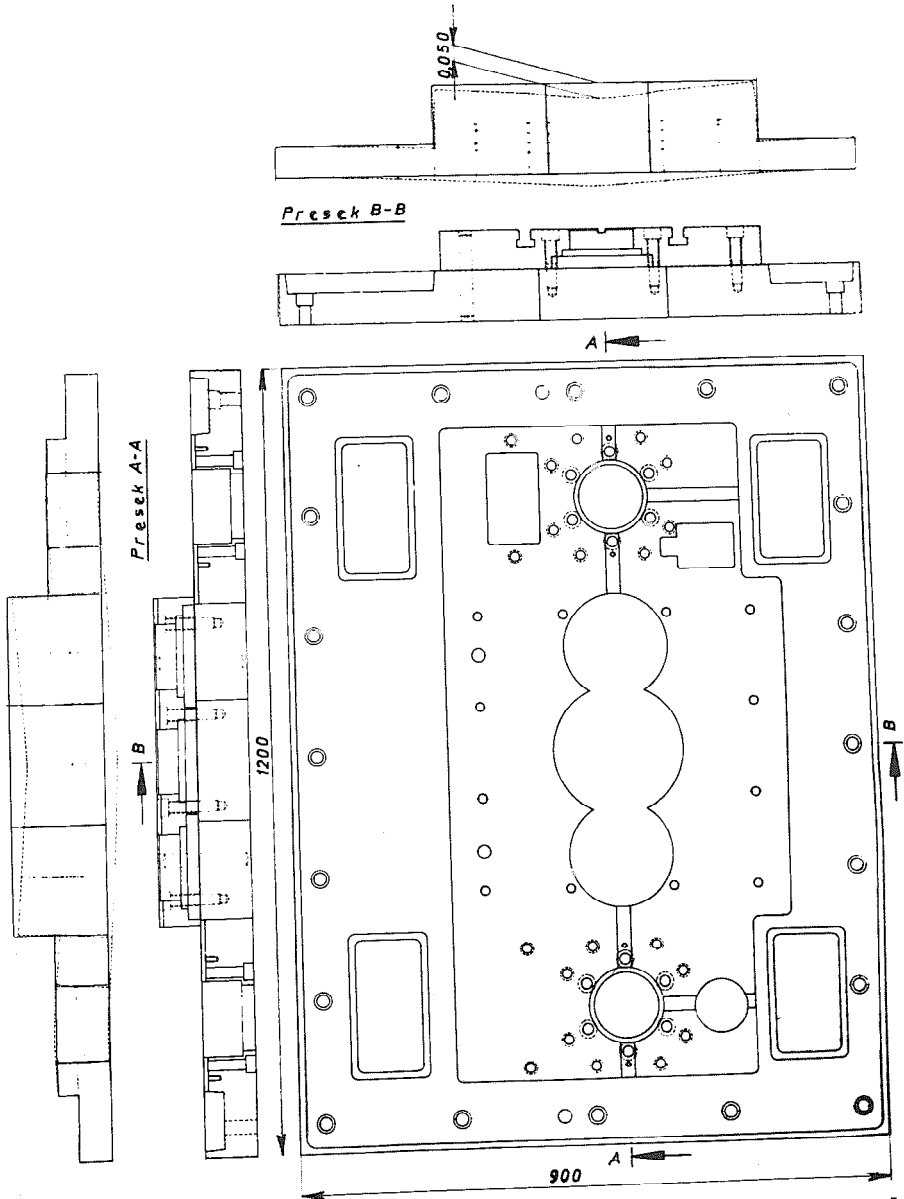
Na slici 6 prikazan je konstruktivni crtež radnog stola i radne ploče. Na istoj slici data su pomeranja (ugibi) u uzdužnom i poprečnom preseku. Pomeranja u ovim presecima su najznačajnija jer ona direktno utiču na tačnost mašine.

Naponi nisu ovde prikazani jer su inače dosta mali (reda veličine 2 kN/cm^2). Izloženi postupak i pokazani rezultati pokazuju da se na ovaj način mogu, u procesu projektovanja, dobiti pomeranja oslonih površina predmeta obrade na radnom stolu - od kojih zavisi tačnost mašine, kao i oslonih površina hidrauličnih cilindara na radnoj ploči - od kojih zavisi njihova funkcionalnost i vek trajanja.

4. Opšti zaključci i pravci daljeg rada

Izloženi postupak proračuna i urađeni kompjuterski program omogućavaju da se odredi naponsko stanje i polje pomeranja sistema mašina, pribor, alat, predmet obrade.

Kada je u pitanju alat, treba istaći da se na ovaj način mogu uspešno rešavati mnogi problemi vezani za konstrukciju i tačnost obrade: određivanje optimalne geometrije alata, materijala alata, i tičnih dubina rezanja, veličina pomoćnog kretanja i sl. Zatim, mogu se utvrđivati veoma tačno i pouzdano deformacije radnog predmeta u procesu obrade i u vezi sa tim određivati parametri koji definišu proces. Ovo je bitno sa gledišta tačnosti obrade. Što se tiče određivanja deformacija i krutosti sklopova mašina alatki i nosećih konstrukcija u celini, treba reći da pokazana metodologija omogućava



Slika 6. Radni sto i radna ploča mašine za provlačenje i polja pomeranja u uzdužnom i poprečnom preseku

pruža mogućnosti rešavanja i ovakvih problema, na čemu će se dalje raditi.

Reference

- /1/ M. Kojić, D. Grujović, A. Janković, V. Nikolić: Analiza naponskog stanja i polja pomeranja zupca zupčanika metodom konačnih elemenata, Tehnika - Mašinstvo br. 9, 1980.
- /2/ D. Grujović: Analiza naponskog stanja elastičnih tela trodimenzionalnim konačnim elementima i primena u konstrukciji automatskog oružja, Magistarski rad, Mašinski fakultet, Kragujevac, 1980.
- /3/ M. Schütte: Rämen mit erhöhter Schnittgeschwindigkeit, Diss. TH Aachen, 1965.

M. Kojić, M. Milošević, V. Nikolić

THE APPLICATION OF THE FINITE ELEMENT METHOD IN THE DEVELOPMENT OF BROACHING TOOL AND MACHINE CONSTRUCTION

Three-dimensional isoparametric finite elements are used in the analysis. The stress and displacement (deformation) fields are determined for a tooth of the tool for internal broaching under the action of the cutting forces. The same fields are determined for machine table and workplate, considered as one elastic body.

From the results obtained, the conclusions are presented from which it can be seen that the method used can give information necessary in today projecting of metal cutting machines and tools. It can be used in simulation of real complex processes of metal cutting as well as in the analysis of machine components and the whole machines.

XIV. SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE, ČAČAK, 1980.

J. Kopač^{*)}

OBSTOJNOST ORODIJ PRI OBDELAVI POLJEKLENE LITINE^{**)}

1. Uvod

Velika uporaba litine NGJL, ki se je uspešno uveljavila v strojogradnji zaradi svojih dobrih metalografskih lastnosti, zahteva tudi raziskave obdelovalnosti, katerih rezultate ima potem na razpolago tehnolog, ki načrtuje postopek obdelave. Obdelovalnost nodularne grafitne jeklene litine je podana z obstojnostjo izbranih orodij pri struženju preizkušane kvalitete litine, dobljeno hrapavostjo površine, z velikostjo specifičnih rezalnih sil in z oblikami odrezkov, ki se pojavijo pri obdelavi.

Stružno obdelavo smo si izbrali, ker se le ta največ uporablja pri obdelavi valjev, za katere je litina v največji meri namenjena. Raziskali smo obdelovalnost dveh različnih litin in to kvalitete NGJL 300 in NGJL 350.

2. Splošni podatki o NGJL

Nodularna grafitna jeklena litina uspešno zamenjuje jekleno ali sivo litino s kroglastim grafitom, predvsem zaradi visoke odpornosti proti obrabi in dobre dušilnosti. V naslednjih stavkih je opisan kratek potek izdelave te litine /1/, /2/, /3/.

Nodularno grafitno jeklo je jeklo evtektoidne ali nadevtek.

toidne sestave, ki ima ogljik izločen v obliki nodul. Grafitno jeklo z več kot 0,8 % C in s silicijem 0,4 % ali več, se pridobiva v litem stanju z dodatkom ustrezne kalcijeve zlitine v tekoče jeklo. Pomembno je to, da pri tako nizkem procentu Si lahko dobimo nodularni grafit v litem stanju.

Litina se da variti, če vsebuje manj kot 1,3 % ogljika.

Kot dodatki litini so še naslednji legirni elementi:

- krom, mangan, vanadij, volfram - ti ovirajo tvorbo nodularnega grafita, še posebno krom;
- molibden, aluminij, baker in nikelj - kjer večje količine molibdena od 0,4 % kažejo tendenco zaviranja grafitizacije, dočim je Al uporabljen za dezoksidacijsko sredstvo.

Pri taljenju grafitnega jekla v elektroobločnih ali indukcijskih pečeh je pomembno doseganje visoke stopnje dezoksidacije in odžvepljanja.

Specialno kalcijevo zlitino dodajamo talini pri izpustu taline v ponovco to pa zaradi tega, ker zlahka absorbira vlago. Željeno je ulivanje najkasneje 30 minut po dodajanju legure. Dodatek kalcijeve zlitine povzroči izločanje nodularnega grafita, s povečanjem dodatka zlitine narašča delež izločenega nodularnega grafita in gostota razporejenosti, grafitne nodule pa so manjše. NGJL, pridobljena po gornjem postopku, se sestoji iz nodularnega grafita in perlita in je skoraj brez prostega cementita.

Termična obdelava NGJL je pomembna zaradi temperature, kjer se prične avstenitizacija. Pri velikih hitrostih ohlajanja dobimo martenzitno strukturo. Litino žarimo eno ali dvostopenjsko. Ulitke žarimo pri temperaturi avstenitizacije in jih počasi ohlajamo. Po žarjenju dobimo zelo visoke upogibke in visoko žilavost. Dobljena struktura je drobnozrnati perlit z nodularnim grafitom.

3. Metalografski podatki o valjih kvalitete NGJL 300 in NGJL 350

Valji velikosti \emptyset 250 x 750 mm imajo v mikrostrukturi grafitne vključke tipa nepravilnih nodul velikosti $18 \div 25 \mu\text{m}$. Uspešnost nodulacije je 90 %, število nodul pa je $5 \div 10 \text{ nodul/mm}^2$ /4/. Mikrostruktura je perlitno sorbitna, količina cementita je do 2 %. Trdota merjena v globino do 60 mm je konstantna in znaša med 225 \div 265 HB. Dobljena struktura po žarjenju je: perlit 90 %, cementit 5 %, grafit 5 %, kar velja za litino NGJL 300.

Analiza taline podaja naslednje legirne elemente:

C	1,2 \div 1,6 %	Cr do 0,4 %	Ti 0,005 \div 0,01 %
Si	1,2 \div 1,6 %	Cu 0,1 \div 0,15 %	V 0,005 \div 0,01 %
Mn	0,8 \div 1,0 %	Fe - ostalo	Ni do 0,4 %
P	max 0,04 %	Mo 0,2 \div 0,8 %	Al 0,05 \div 0,08 %
S	max 0,04 %	Nb + Ta sled	

Obdelovalni material kvalitete NGJL 350 ima podobne lastnosti kot kvaliteta NGJL 300 /5/. Nodule so pravilne oblike in so nekoliko večje. Mikrostruktura je pretežno sorbitno-trostitna z vsebino cementita 3 - 10 %. Trdota proti sredini pada od 393 \div 329 HB.

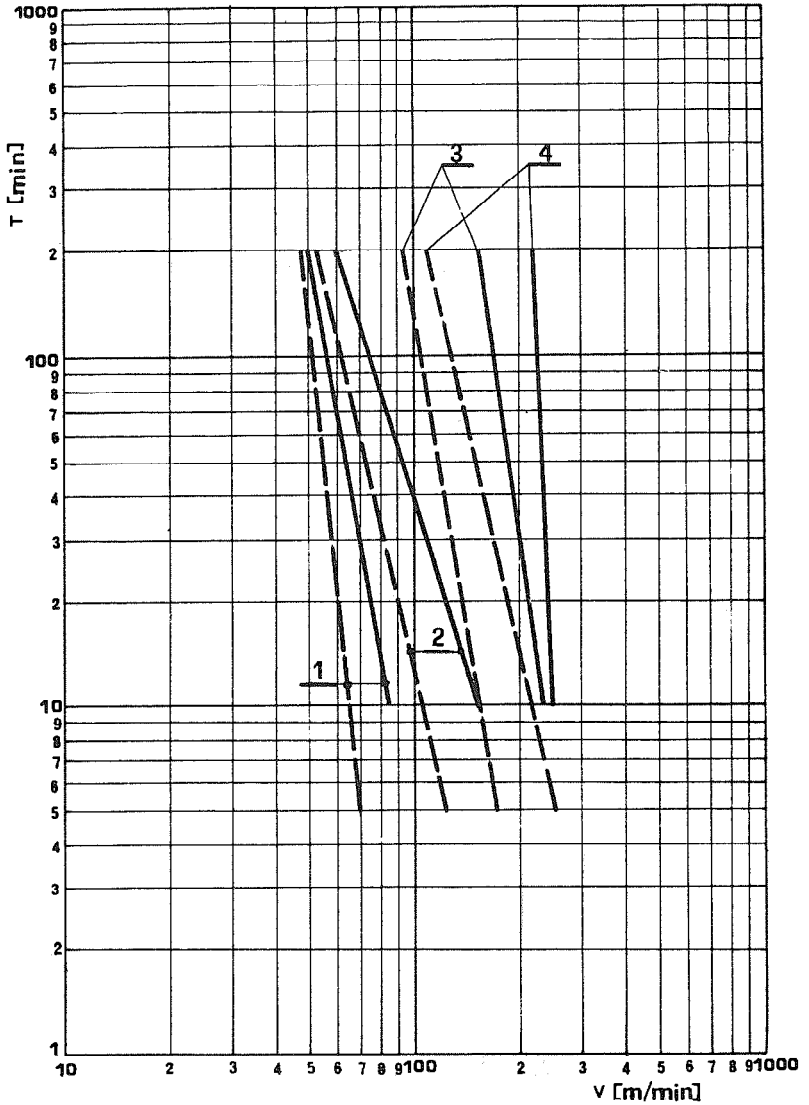
Po normalizacijskem žarjenju litine NGJL 350 dobimo: v strukturi: perlita 90 %, cementita 6 %, grafita 4 %.

4. Obstojnost orodja pri struženju

Poljekleno litino smo stružili z različnimi kvalitetami obračalnih ploščic:

SNMG 12 04 12 HV 08 - karbidna trdina

SNMG 12 04 04 K 15 - karbidna trdina



obdelovalni material: NGJL 300 (—), NGJL 350 (---)

orodje: 1 - HV 08 SNMG 120412

2 - K 15 SNMG 120404

3 - SN 60 SNGN 120812

obdelovalni pogoji: $a=2$ mm

Geometrija rezanja je odvisna od kombinacije držala in uporabljene obračalne ploščice. Pri uporabi orodja iz karbidne trdine smo delali s pozitivnim cepilnim kotom $\gamma = 6^\circ$, $\alpha = 6^\circ$, $\lambda = -4^\circ$, $\lambda_c = 70^\circ$, pri orodju iz keramike pa je cepilni kot negativen $\gamma = -6^\circ$.

Primerjalni diagram na sliki 1 nam kaže vpliv uporabe različnih orodnih materialov pri struženju litine NGJL 300 in NGJL 350 na spremembo obstojnosti orodja. Iz slike razviden velik kot pokončnosti, nam da sklepati na občuten vpliv rezalne hitrosti na obstojnost orodja. Iz diagrama vpliv podajanja ni razviden, pač pa je razviden iz Taylorjeve enačbe ali iz posameznih diagramov obstojnosti /6/. Vidimo torej, da je razlika med obstojnostjo orodja pri struženju različne litine manjša pri orodjih iz karbidne trdine, dočim je ta razlika znatno večja pri orodjih iz keramike.

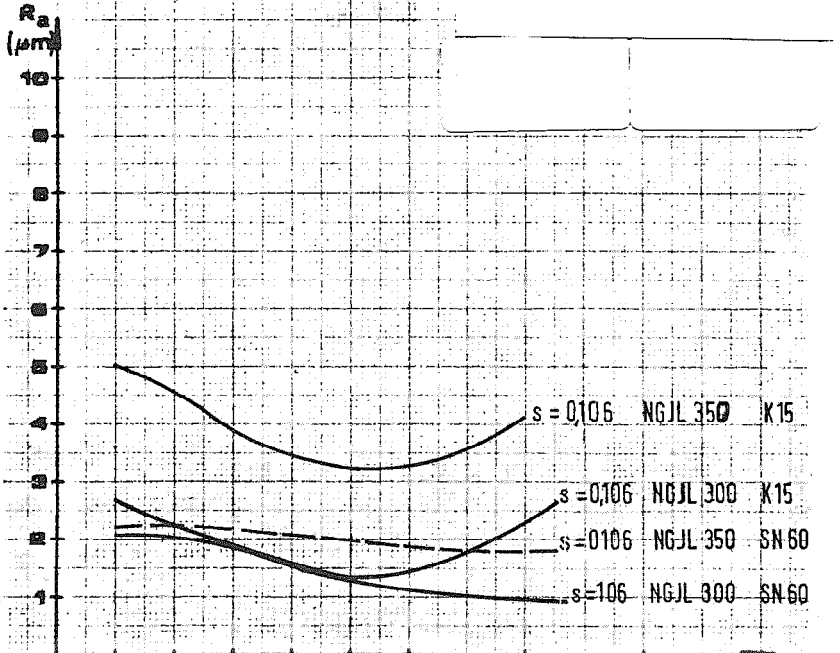
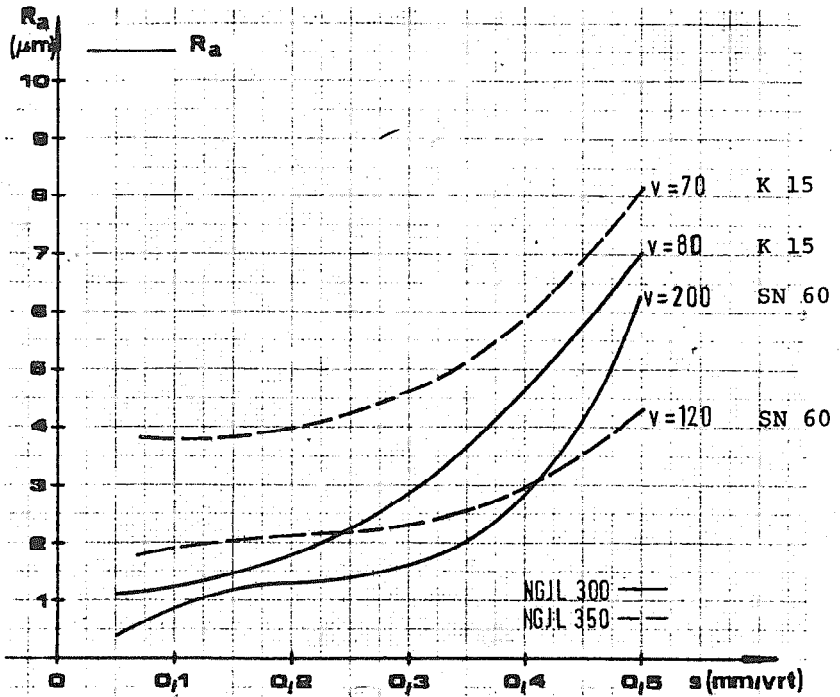
Taylorjeva enačba obstojnosti orodja SNMG 12 04 04 K 15 pri struženju poljeklene litine NGJL 350 je naslednja:

$$v = 123 \cdot s^{-0,46} \cdot T^{-0,22} \cdot VB^{0,44}$$

5. Hrapavost površine

Primerno izbrane rezalne hitrosti in majhne podajalne hitrosti so porok za dosego ugodne hrapavosti površine, še posebno, če želimo pri finem struženju doseči zahtevano velikost R_a . Na hrapavost površine vpliva še geometrija orodja - radij orodja, kvaliteta obdelovanega materiala itd.

Slika 2 prikazuje krivulje dobljenih hrapavosti stružene površine za posamezne kombinacije orodja - obdelovanec. Najmanjšo hrapavost dosežemo pri struženju litine NGJL 300 z orodjem iz oksidne keramike kvalitete SN 60, medtem ko se rezultati dobljeni z orodjem kvalitete K 15 prepletajo z rezultati dobljenimi pri obdelavi NGJL 350 s keramiko kvalitete SN 60. Ugodna hrapavost površine je



6. Velikost sil dobljenih pri struženju

Podatka o velikosti specifične rezalne sile $k_{z1.1}$ in naklonskem koeficientu $1-z$ sta za določen obdelovalni par karakteristična. Do teh vrednosti pridemo z merjenjem rezalnih sil, ki jih nato s pomočjo regresije obdelamo, da dobimo konkretne rezultate:

$$k_{z1.1} = 3000 \text{ N/mm}^2; \quad 1-z = 0,76$$

ki veljajo za litino NGJL 350 struženo z orodjem kvalitete K 15.

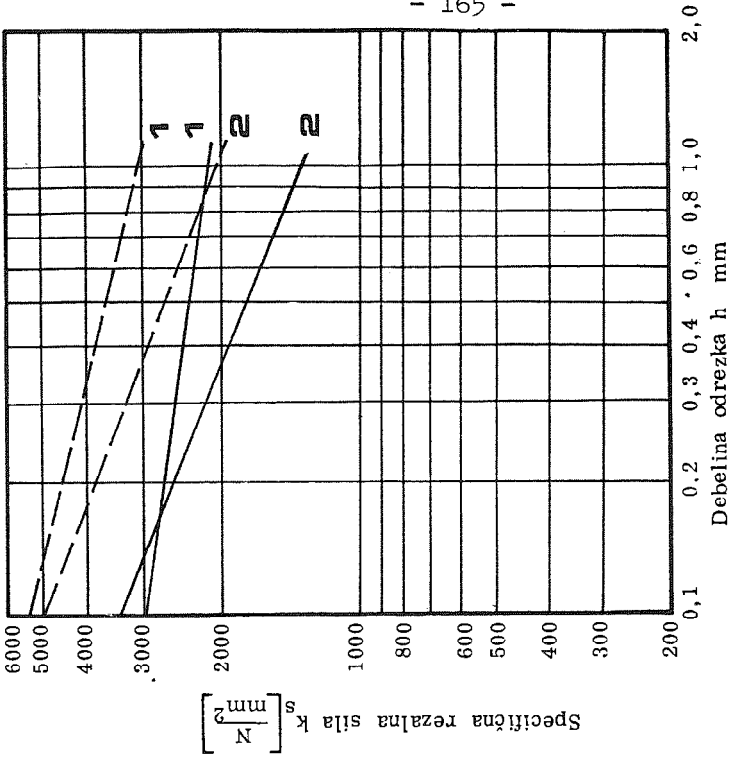
Iz slike 3 je razviden porast glavne rezalne sile z debelino odrezka oziroma manjšanje specifične rezalne sile, če debelina odrezka narašča. Pri litini NGJL 350 je potrebna sila za obdelavo znatno večja kot pri litini NGJL 300, še posebno pri uporabi orodja iz karbidne trdine.

7. Dobljene oblike odrezkov

Čeprav stružimo poljekleno litino, se že pojavljajo odrezki neugodnih oblik. Taki odrezki lahko povzročijo poškodbo na obdelovancu ali orodju oziroma so nevarni za delavca, ki streže stroju. Zato izbiramo obdelovalne pogoje kjer so odrezki primerni. Zbrane odrezke fotografiramo in nato vrišemo krivulje ugodnih odrezkov v diagram. Na sliki 4 je prikazana fotografija odrezkov, na sliki 5 pa nam šrafirana območja v diagramih predstavljajo ugodne obdelovalne pogoje. Razvidno je, da se odrezki večjega prereza bolj ugodno lomijo.

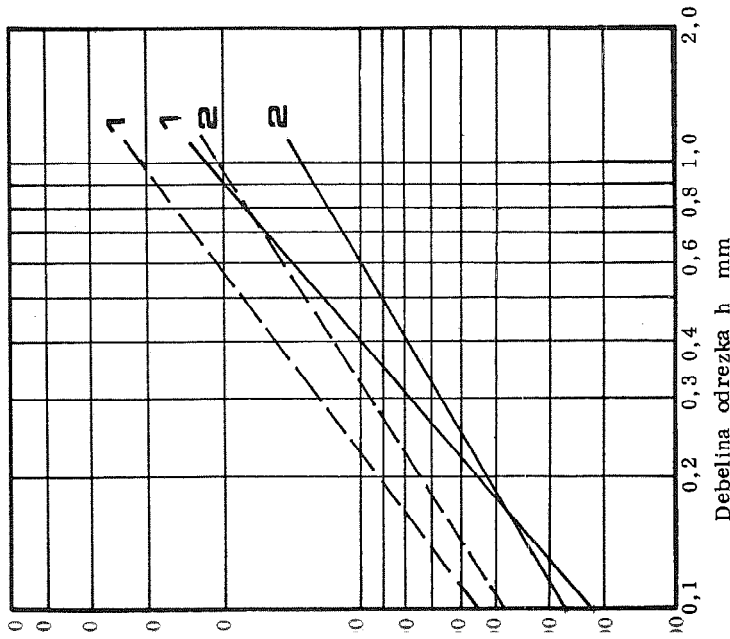
8. Skupni povzetki

Trdota poljeklene litine, ki doseže vrednost celo do 350 ni ovira za dosego dokaj visokih rezalnih hitrosti. Zlasti orodja iz keramike nam dajo ugodne rezultate obdelovalnosti, ki se kažejo izjemno kot tudi pri velikosti



Geometrija orodja:

α°	γ°	λ°	κ°	ϵ°	r	a
1	6	6	-4	70	90	0,4 2
2	6	-6	-4	70	90	1,2 2

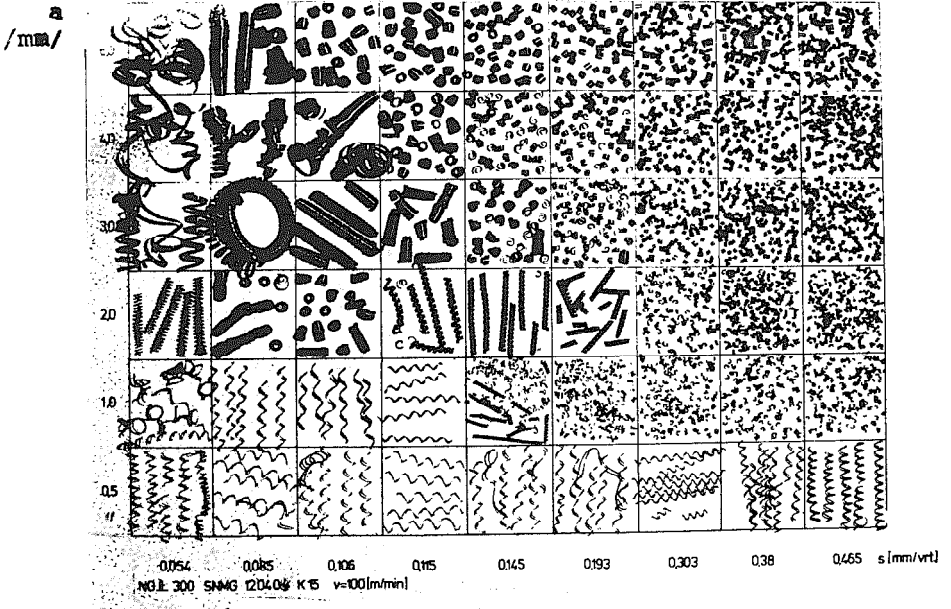


Obdelovalni material: ————NGJL 30C — — — — — NGJL 350

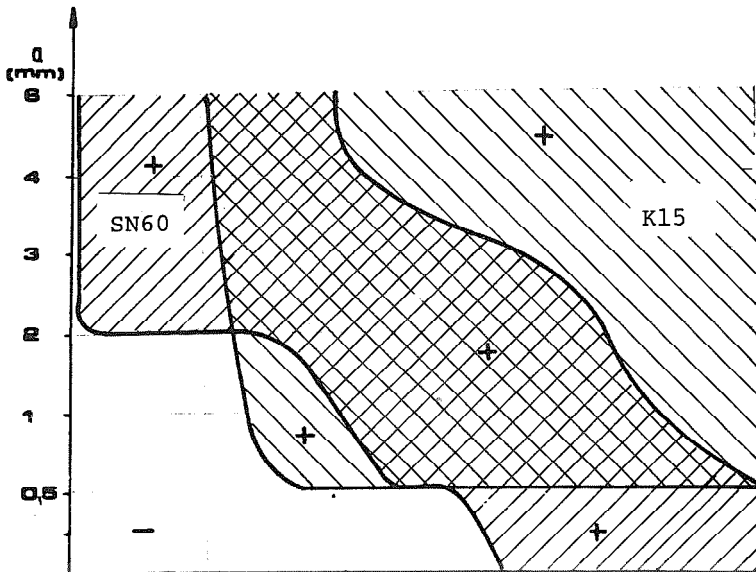
Orodni material: 1 SNMG 120404 K 15

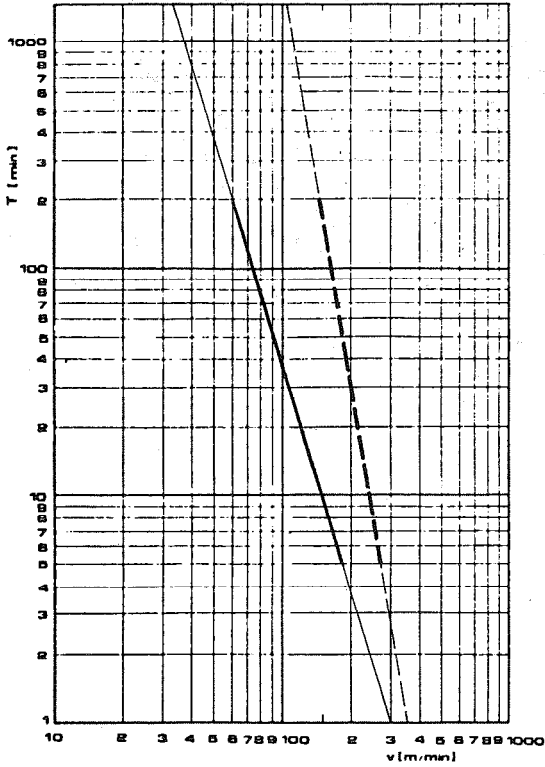
2 SNGN 120812 SN 60

Slika 3 : sile pri struženju poljeklene litine NGJL 300 in NGJL 350

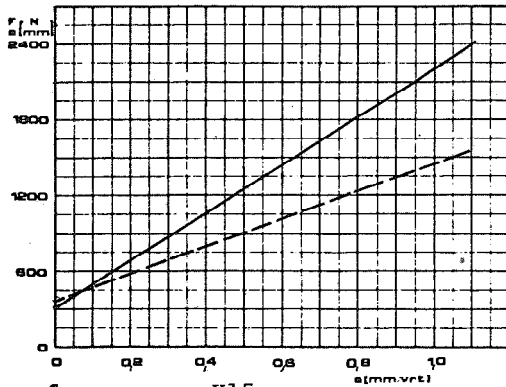


Slika 4: Fotografija odrezkov

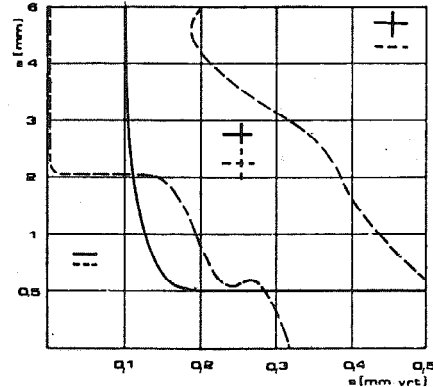
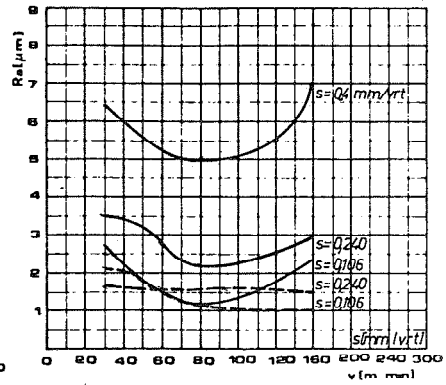
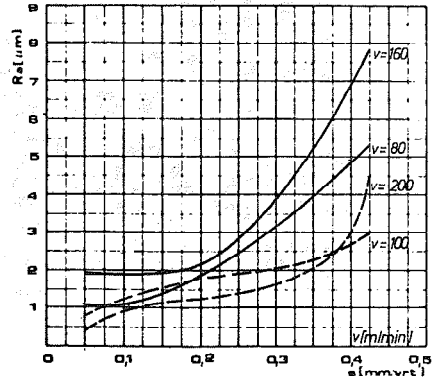




s = 0,2 mm/vrt



- 1. ——— K15
- 2. - - - - SN60



α	γ	λ	κ	ε	r	β
1	5	5	-1	70	90	0.1

Dobljene rezultate obdelovalnosti je smiselno zbrati na enem listu v obliki diagramov, da so nam tako na razpolago, kadar rabimo hitro odločitev za oblikovanje postopka obdelave. Tak vnos informacije je diagramsko prikazan na sliki 6 in ga uporablja tehnolog pri izbiri obdelovalnih pogojev.

9. Literatura

- /1/ Mlakar F.: Nodularna grafitna jeklena litina; Poročilo Železarski zbornik, Ljubljana, Ljubljana, december 1975.
- /2/ Žvokelj J.: Poročilo o preiskavi NGJL; Poročilo Metalurškega inštituta v Ljubljani, 1975.
- /3/ Vodopivec F.: Poročilo o preiskavi vzorca litine za valje; Poročilo metalurškega inštituta v Ljubljani, 1974.
- /4/ Jovanovski L.: Poročilo o preiskavi vzorcev valjev NGJL 300, Železarna Štore, Štore 1979.
- /5/ Jovanovski L.: Poročilo o preiskavi vzorcev valjev NGJL 350, Železarna Štore, Štore 1979.
- /6/ Seljak Z., Kopač J., Černak F.: Obdelovalnost domačih materialov; Poročilo RSS št.: 102/79.72, november 1979.

10. Summary

Because of good damping qualities and wear resistance, the alloy NGJL ranks between the materials that are more and more used. Besides this the metallographical properties of this alloy are interesting too. In the investigations two qualities of the semi-steel nodular graphite alloy NGJL 300 and NGJL 350 were being observed. Different tool life results depend mostly upon the alloy hardness and the quality of tool material. Tool life results are the best at turning of the alloy NGJL 300 by the use of cutting plates from cemented carbide. The machinability data include also the results

XIV SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE, ČAČAK, 1980.

P.Kovač, S. Sekulić*)

POSTOJANOST U FUNKCIJI POLUPREČNIKA ZAobljenJA VRHA ALATA
PRI OBRADI NA STRUGU**)

1.0. Opšte

Brzina rezanja je osnovni parametar režima obrade i njenom odredjivanju neophodno je pokloniti potrebnu pažnju.

Brzina rezanja odredjuje se iz obrazaca u zavisnosti od preseka rezućeg sloja i/ili elemenata preseka i postojanosti alata uz poštovanje uslova pri obradi.

Taylor je učinio pokušaj da jednom jednačinom izrazi brzinu rezanja pri obradi na strugu u zavisnosti od većine uticajnih faktora. Tako je nastala složena zavisnost

$$v = f(\delta, s, r) \quad (1)$$

u obliku [3]

$$v = \frac{C \left[1 - \frac{0,72}{r^2} \right]}{\left[0,0394s \right]^{0,4} \left[\frac{2,12}{5+1,26r} \right]^{(0,13+0,675)\sqrt{r}} \left[\frac{1,5\delta}{r} \right] \frac{r}{7,35+1,88\delta}} \quad (2)$$

Medjutim zbog svoje složenosti nije našla primenu u praksi.

Prema Kronenberg-u je brzina rezanja za odredjenu vrstu materijala obradka i alat od brzoreznog čelika, a za postojanost $T = 60 \text{ min}$ [3]

*) Pavel P. Kovač, dipl.inž., asistent, FTN u Novom Sadu,
Dr Sava St. Sekulić, dipl.inž.,red.prof. FTN u Novom Sadu, Veljka Vlahovića

**) Radjeno u Institutu za proizvodno mašinstvo, Fakulteta tehničkih nauka u
ČAČAKU, UČASTVOVANJE U SAVETOVANJIMA I ODRŽAVANJE RADA II

$$v_{60} = \frac{C_V}{\epsilon_V} = C_V A \frac{1}{- \epsilon V} = C_V A^{-f}$$

Prošireni izraz prema Walichs-u je

$$v_{60} = \frac{C_V}{\delta^x s^y}$$

Gornji izrazi odnose se na alat sa napadnim uglom $\kappa = 45^\circ$. Kada je $\kappa \neq 45^\circ$ i $T \neq 60$ min, potrebno je izvršiti popravku uvođenjem koeficijenta ξ_κ i ξ_T napadnom uglu:

$$\kappa < 45^\circ ; \xi_\kappa > 1$$

$$\kappa > 45^\circ ; \xi_\kappa < 1$$

Prema Kronenberg-u brzina rezanja se menja u zavisnosti od napadnog ugla u funkciji [3]

$$v = f \left| \left(\frac{g}{\sin \kappa} \right)^{0,14} \right|$$

Kada je postojanost alata $T \neq 60$ min, na osnovu Tajlorove jednačine $v T^m = C_T$ dobija se da je popravni koeficijent

$$\xi_T = \left(\frac{60}{T} \right)^m$$

Na osnovu gore izloženog brzina rezanja za napadni ugao $\kappa \neq 45^\circ$ i postojanost alata $T \neq 60$ min sada glasi

$$v_T = \frac{C_V}{\delta^x s^y} \xi_\kappa \xi_T$$

Na osnovu docnijih ispitivanja Kronenberg dopunjuje svoj izraz za brzinu rezanja uvođenjem uticaja elemenata preseka rezućeg sloja preko koeficijenta vitkosti preseka rezućeg sloja $g = \delta/s$, pa je

Uvodjenjem vrednosti za koeficijent vitkosti preseka režućeg sloja $g = 5$, u izraz za brzinu rezanja Kronenberg je dobio sledeći modifikirani oblik

$$v_{60} = \frac{C_v \left(\frac{g}{5}\right) g''}{A^f} \quad (9)$$

Poredjenjem izraza za brzinu rezanja po Walichs-u i korigovanih po Kronenbergu, uočavamo da poslednji sledi iz predhodnog, uz napomenu da je

$$f = \frac{1}{2} (y+x) = \frac{1}{\epsilon_v}$$

i.

$$g'' = \frac{1}{2} (y - x)$$

U poslednje vreme najviše je u primeni izraz za brzinu rezanja u obliku

$$v = \frac{C_v}{T^m \delta^x s^y} \prod_{i=1}^n K_i \quad (10)$$

nastao iz Walichs-ovog izraza (4) i Taylor-ove jednačine, odnosno uvođenjem popravnog koeficijenta ξ_T (5), pri čemu proizvod velikog broja popravnih koeficijenata uvodi korekture, koje su odraz stvarnih uslova pri kojima se obrada izvodi

U najnovije vreme nalazi primenu Kincle-ov prošireni obrazac za određivanje brzine rezanja, koji sadrži stvarne elemente preseka režućeg sloja - širinu b i debljinu a [4].

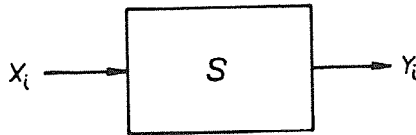
$$v = \frac{C_v}{b^x s^y} \quad (11)$$

Kako ranija eksperimentalna istraživanja pokazuju značajan uticaj na brzinu rezanja ima i poluprečnik zaobljenja vrha alata r .

Tako se grafoanalitičkom obradom podataka dobija zavisnost $v = f(r)$ oblika [5]

2.0. Uvod

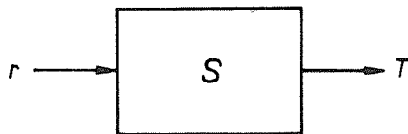
Obradu na strugu možemo predstaviti ulaznim i izlaznim parametrima (Sl. 1) |6| gde su ulazni parametri x_i - elementi režima obrade i ostali us



Sl. 1.

vi pri obradi rezanjem a izlazni y_i - sile pri rezanju, temperature uslovne ličine habanja alata b, odnosno postojanost alata T

Iz opšteg modela proizilazi radni model prema slici 2:



Sl. 2.

iz kojeg će se dobiti zavisnost:

$$T = f(r)$$

pri svim ostalim konstantnim uslovima (elementi režima, geometrija alata, i radno mesto, bez primene sredstva za podmazivanje i hladjenje). Gornju zavićemo potražiti u sledećim oblicima:

- linearnom

$$T = ar + b$$

3.0. Eksperimentalna ispitivanja

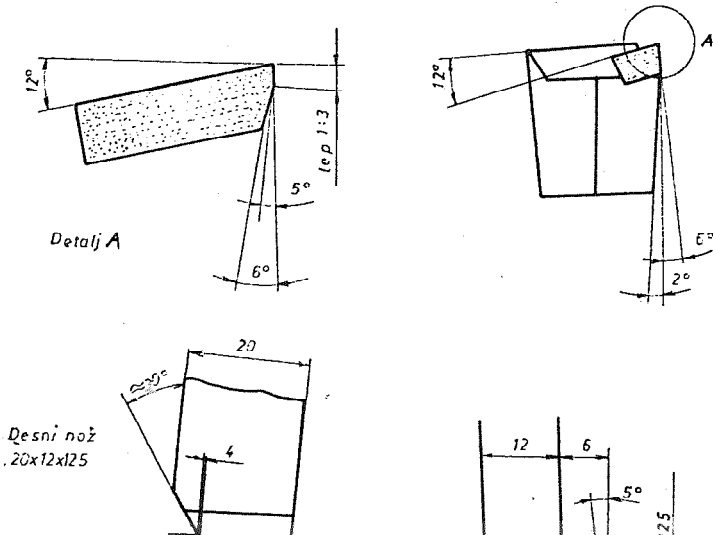
U cilju odredjivanja zavisnosti (14) i (15) praćena je promena širine pojasa habanja na lednoj površini VB_{sr} , u funkciji vremena rezanja t , alatima sa različitim poluprečnikom zaobljenja vrha r .

3.1. Uslovi pri eksperimentalnom ispitivanju

Eksperimentalna ispitivanja su vršena na konstrukcionom čeliku č.4732 (oznaka po DIN 42CrMo4), hemijskog sastava: 0,42%C; 0,27%Si; 0,63%Mn; 1,11%Cr; 0,16%Mo; 0,01%S; 0,012%P. Metalografskom analizom je utvrđeno da je materijal isporučen u meko žarenom stanju.

Pri ispitivanju je korišćen standardni strugarski nož za završnu obradu sa pločicom od tvrdog matala P10 (JUS.K.C1.053) (ISO 3), proizvodnje "Jugoalat", Novi Sad (sl. 3).

Poluprečnik zaobljenja vrha na jednom nožu bio je kao u standardu 0,5 mm a na ostala dva je iznosio 0,9 mm i 1,6 mm. Svi poluprečnici su izradjeni posebno sa velikom tačnošću na profilnoj brusilici sa optičkim sistemom u "Jugoalat"-u.



Elementi režima obrade bili su: dubina rezanja $\delta = 0,7$ mm, pomak $S = 0,714$ mm/o ($A = 0,49$ mm²). Izabrani režim odgovara završnoj obradi.

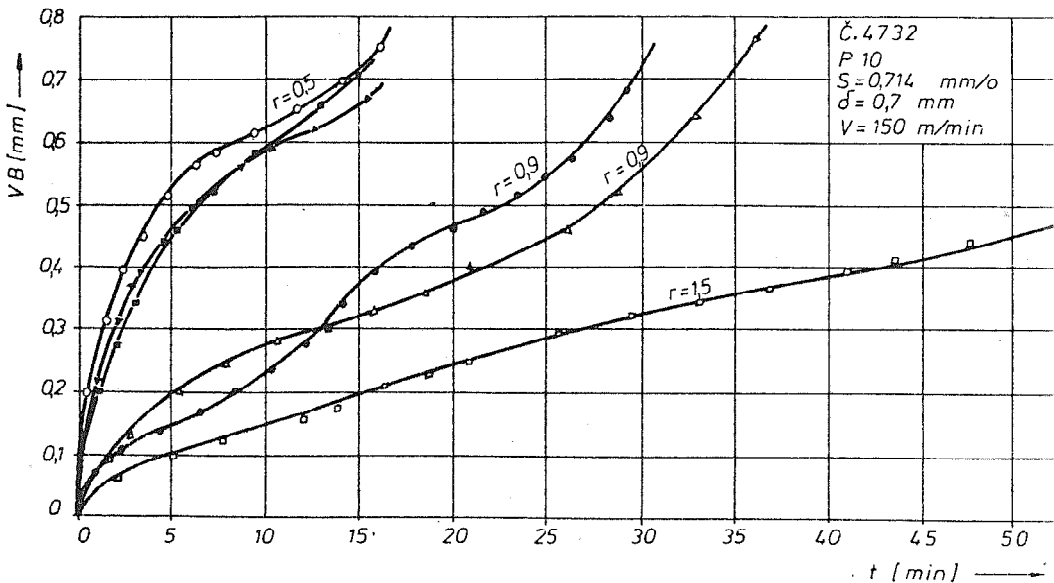
Pri ispitivanju nije korišćeno sredstvo za podmazivanje i hladjenje.

Merenje širine pojasa habanja na ledjnoj površini vršeno je na velikom alatnom mikroskopu "Zeiss", sa tačnošću 0,01 mm.

3.2. Rezultati eksperimentalnih ispitivanja

U toku ispitivanja praćena je srednja širina pojasa habanja na ledjnoj površini u funkciji vremena rezanja.

Na osnovu rezultata merenja nacrtane su krive habanja za svih šest noževa (sl. 4). Iz dijagrama se uočava da je najveća postojanost alata dobivena pri najvećem poluprečniku zaobljenja vrha alata.



3.3. Obrada eksperimentalnih rezultata

Za izabrani kriterijum zatupljenja $VB_{sr} = 0,5$ mm, sa dijagrama na slici 4., očitane su vrednosti postojanosti T, koje odgovaraju pojedinim poluprečnicima zaobljenja vrha alata (vidi tabelu 1., i sl. 5).

Tabela 1.

r mm	T min
0,5	4,1
	6,0
	6,5
0,9	22,5
	28,0
1,6	55,0

Metoda najmanjih kvadrata dala je sledeće zavisnosti $T = f(r)$:

- linearnu prema jednačini (14)

$$T = 45,28r - 16,63 \quad (14.1)$$

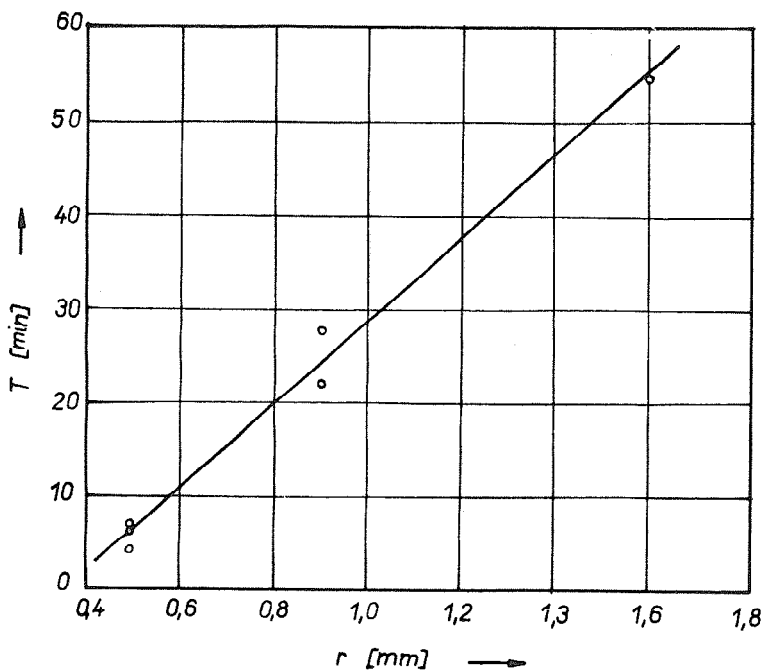
uz koeficijent korelacije $r = 0,9942$ i

- paraboličnu prema jednačini (15)

$$T = 25,29r^{2,12} \quad (15.1)$$

Tabela 2.

r mm	T_{sr} mm	\hat{T} min (14.1)	ϵ_p %	\hat{T} min (15.1)	ϵ_p %
0,5	5,5	6,0	9,1	5,8	5,5



Sl. 5.

U tabeli 2 su prikazane izmerene vrednosti postojanosti i računске vrednosti prema jednačinama (14.1) i 15.1) uz grešku $\epsilon_p\%$.

Na osnovu toga zaključujemo da prava linija bolje aproksimira traženu zavisnost.

4.0. Zaključci

Na osnovu dobivenih rezultata mogu se doneti sledeći zaključci:

- poluprečnik zaobljenja vrha alata ima značajan uticaj na veličinu postojanosti;
- uticaj poluprečnika zaobljenja vrha alata na njegovu postojanost pri završnoj obradi može se uspešno predstaviti linearnom zavisnošću;
- pri završnoj obradi na struku, kada to mogućnosti dozvoljavaju, pre-

Reference

- | 1 | Stanković, P.: Mašinska obrada, I knjiga, sedmo izdanje, Gradjevinska knjiga, Beograd, 1979.
- | 2 | Ivković, B.: Obrada metala rezanjem, Izbor ekonomičnih režima obrade, Gradjevinska knjiga, Beograd, 1979.
- | 3 | Kronenberg, M.: Grundzüge der Zerspanungslehre Erster Band, Zweite Auf-Springer-Verlag, Berlin/Göttingen/Heidelberg, 1954.
- | 4 | Kienzle, D.: Die Bestimmung von Kräften und Leistungen an Spanenden Werkzeugen und Werkzeugmaschinen, Z.VDI, 1952. Bd. 94, Nr 11/12.
- | 5 | Krivouhov, V.A. i dr.: Rezanje metallov, Mašgiz, Moskva, 1954.
- | 6 | Sekulić, S.: Identifikacija primarnih parametara obrade rezanjem na osnovu ulaznih i izlaznih veličina procesa, Zbornik radova XIII savjetovanja proizvodnog mašinstva Jugoslavije III, Banja Luka, 1979.

P. Kovač, S. Sekulić

THE TOOL LIFE RELATED TO THE CORNER RADIUS OF CUTTING TOOL IN TURNING OPERATIONS

In the paper is established the equality, that gives the relationship between the tool life T and the corner radius r , in turning operations in the form:

$$T = ar + b$$

where the constants a and b of the mathematical model is determined by least squares.

XIV SAVJETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE, ČAČAK,
SEPTEMBRA 1980. GODINE

R.Kovačević, J.Stanić, I.Popović, I.Dedić⁺)
IZBOR OPTIMALNE METODE OŠTRENJA ZAVOJNIH BURGIIJA⁺⁺)

1.Uvod

Od svih postupaka obrade rezanjem bušenje predstavlja jedan od najčešće korišćenih. Da bi potkrijepili ovu tvrdnju, navedimo nekoliko statističkih podataka. Naime, u SR Njemačkoj je u 1976. god. proizvedeno ukupno 36800 alatnih mašina u vrijednosti od oko 3 milij. DM, od čega je na bušilice otpala vrijednost od 10,8% ili po broju komada 17,9%. Uzmemo li u obzir činjenicu da se obrada bušenjem ne izvodi samo na bušilicama, tada je udio ovih mašina u ukupnom broju mašina 33% ili 60% od ukupne vrijednosti [1]. Na osnovu ovih podataka može se konstatovati da udio bušilica u ukupnom broju mašina alatki iznosi oko 20%, dok je broj mašina na kojima se izvodi proces bušenja oko 60%. Ovaj odnos važi za industrijski razvijene zemlje [1].

U okviru alata za bušenje zavojne brugije zauzimaju najznačajnije mjesto. Na primjer, u SAD je 1972. god. bilo prodato burgija za 466 miliona DM, od čega je dato 68,8% za zavojne burgije (54,9% od HSS - čelika i 13,9% od tvrdog metala), 28,7% za brugije za duboko bušenje i 2,5% za burgije za centriranje [1].

Ovi statistički podaci jasno ističu značaj bušenja u okviru procesa obrade rezanjem i ukazuju na činjenicu da i vrlo mala poboljšanja na zavojnoj burgiji mogu uticati na znatno povećanje njenih eksploatacijskih karakteristika.

Ovo saopštenje ima za zadatak da ukaže na značaj načina oštrenja zavojnih burgija, kao jednog od uticajnijih faktora na nježno ponašanje u procesu obrade.

⁺) Dr Račovan Kovačević, docent Mašinskog fakulteta u Titogradu;
Dr Joko Stanić, profesor Mašinskog fakulteta u Beogradu;
Ilija Popović, dipl.ing., Industrija građevinskih mašina i oprem

2. Analiza metoda oštrenja zavojnih burgija sa karakteristikama ostvarene geometrije

Za oštrenje zavojnih burgija danas se primjenjuje niz metoda, koje se međusobno razlikuju po geometrijskom obliku ledjne površine prema čemu su i dobile naziv: konusno, cilindrično, ravno zavojno oštrenje, kao i niz posebnih načina izvodjenja i korekcije geometrije vrha burgije.

Na geometriju burgije, a preko nje i na njene eksploatacijske karakteristike, može se uticati oblikom ledjne površine koja formira pri oštrenju.

Imajući ovo u vidu, kao i ranije objavljene rezultate iz ove oblasti [2,3,4], prikazimo kratak osvrt na neke od metoda oštrenja koje su našle široku primjenu u praksi, kao i na one koje traže svoje pravo mjesto.

2.1. Konusno oštrenje

Konusno oštrenje burgija i pored toga, što kao metoda oštrenja daje geometriju vrha burgije sa nizom nedostataka, nalazi široku primjenu u praksi.

Najvažniji nedostaci geometrije vrha burgije, ostvareni konusnim oštrenjem su nepovoljan karakter promjene grudnog i ledjnog ugla duž glavnih sječiva i nepodesan oblik i nepovoljna geometrija poprečnog sječiva.

Kontinualna promjena grudnog ugla od pozitivne vrijednosti na čošku sječiva do znatne negativne vrijednosti u osi burgije, kao i opadanje brzine rezanja uzduž sječiva od maksimalne vrijednosti na čošku burgije do nule u njenom središtvu, utiču na formiranje s rugotine uzduž sječiva.

Nepovoljan oblik poprečnog sječiva u velikoj mjeri doprinosi kako nepovoljnim uslovima rezanja u oblasti vrha burgije tako i u oblasti čoškova - uticaj oblika poprečnog sječiva sa samovodjenje brugije, što se naročito odražava na habanje čoškova i rubova.

Pomenuti nedostaci kod konusno naoštrenih brugija mogu se

površina bila dio konusne površine, kod ove metode ledjna površina je dio ravni. Položaj burgije prema tocilu treba da bude takav da ledjna površina bude paralelna ravnoj površini istog.

Zavisno od broja ravni razlikujemo oštrenje sa jednom i dvije ravni. Za dvoravansko oštrenje 1975. god. patentirana je, od strane firme Renault/Peugeot, korekcija poprečnog sječiva dodatnom ravni pod uglom od 50° , tj. takozvano "troravansko" oštrenje.

Kod metode oštrenja sa jednom ravni nemoguće je postići optimalni ledjni ugao, jer ovaj mora imati veću vrijednost od 30° [2,3], da ne bi dolazilo do zadiranja ledjne površine o obradjenu površinu. Poprečno sječivo kod ove metode oštrenja burgija je prava linija, jer se dobija u presjeku dvije ravni, a prema već rečenom, ovakvo sječivo je nepodesno za samovodjenje burgije, što izaziva povećano opterećenje čoškova i rubova.

Nedostaci ove metode oštrenja burgija mogu se otkloniti primjenom ravnog oštrenja burgija po dvije ravni. Kod ove metode prva ravan obezbjeđuje dobijanje ledjne površine pod željenim ledjnim uglom, dok druga ravan daje veći ledjni ugao α' sa čime se postiže isključivanje mogućnosti zadiranja ledjne površine o obradjenu površinu. Zavisno od oblika prve ravni razlikujemo dva tipa ovog oštrenja i to: tip I - površina u obliku pravougaonika, i tip II - površina u obliku trapeza.

Oblik poprečnog sječiva je povoljniji pri oštrenju burgije po dvije ravni u odnosu na burgije naoštrene po jednoj ravni. Poprečno sječivo čine dvije linije pod uglom od 140° do 160° . Povoljniji oblik poprečnog sječiva daje bolje samovodjenje burgije, a sa tim manje opterećenje i habanje čoškova, što bitno utiče na povećanje postojanosti alata i tačnost obrade.

Veličina grudnog ugla u osi, pri nagibu druge ravni, na primjer, od oko 45° , iznosi -40° , što je dosta manje u odnosu na konusno naoštrene burgije. Manja apsolutna vrijednost grudnog ugla poprečnog sječiva obezbjeđuje manju osnovu silu i utiče na povećanje postojanosti ravno naoštrenih burgija [2,3].

i njihovo upoređivanje sa drugim postupcima oštrenja [2,3,4,5]ul da se burgije naoštrene ovim postupkom odlikuju većom postojanošću, većim posmakom, preciznijom obradom, boljom samocentričnošću vrha i burgije itd.

Imajući ovo " u vidu, a i s obzirom na ranije publikovane rezultate [2,3], od značaj je studioznije prići provjeri ovih konstatacija i dati odgovarajuće preporuke.

3. Ispitivanje uticaja načina oštrenja na eksploatacijske karakteristike zavojne burgije

Dalje će biti prikazan dio rezultata ispitivanja koji odnosi na ispitivanje uticaja načina oštrenja na postojanost burgije, mehaniku rezanja i tačnost obrade.

3.1. Definisanje uslova izvođenja eksperimenta.

Ispitivanja su vršena sa burgijama prečnika 8 i 14mm, proizvodnje IAT. Bušenje se izvodilo pri sljedećim režimima:

1. za ispitivanje postojanosti burgija i tačnosti obrade: brzina rezanja $v = 12,5; 15,6; 17,8$ i 22 m/min, posmak $s = 0,22$ i $0,31$ mm/o, sa korišćenjem sredstva za hladjenje;
2. za ispitivanje mehanike procesa rezanja: brzina rezanja $v = 31,22$ i $17,8$ m/min, posmak $s = 0,11; 0,16$ i $0,22$ mm/o, bez korišćenja sredstva za hladjenje.

Dubina bušenja je iznosila $L = 3D$. Svi eksperimenti su vršeni sa oštrim alatom približno iste geometrije vrha burgije. Svaka tačka eksperimenta ponavljena je sa 2 - 3 burgije.

Ispitivanjima su bila obuhvaćena tri načina oštrenja,

1. Normalno konusno oštrenje bez korekcije,
2. Dvoravansko oštrenje - tip I,
3. Dvoravansko oštrenje - tip I sa korigovanim poprečnim sječivom.

u cilju obezbjedjenja odgovarajuće tvrdoće.

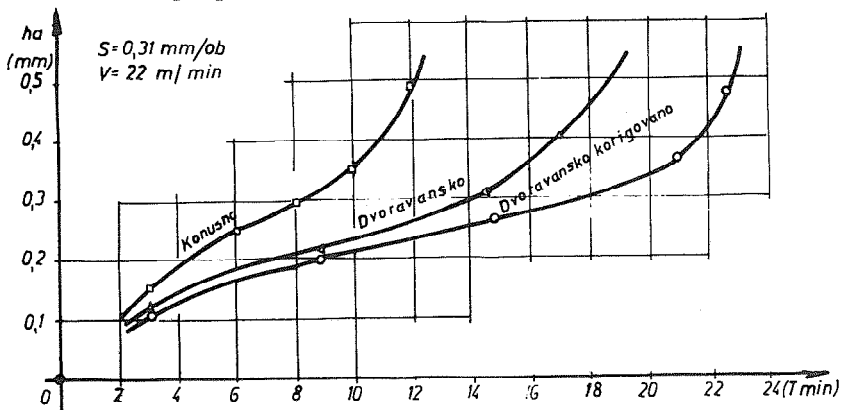
3.2. Ispitivanje uticaja načina oštrenja na postojanost zavojne burgije

Posmatrano sa fizičkog stanovišta opšti tok habanja zavojnih burgija sastoji se iz athezivnog (molekularnog) i abrazivnog habanja koja su vremenski združena u jedinstveni proces trošenja alata, dok se difuziono habanje ne pojavljuje kao primarno.

U odnosu na druge alate habanja burgije je znatno složenije, prije svega zbog složenijeg geometrijskog oblika burgije, specifičnosti rezanja i uslova pod kojima se rezanje bušenjem odvija. Bitniji faktori od kojih zavisi habanje burgije su: svojstva materijala alata i radnog predmeta, geometrije reznih i ostalih elemenata burgije, brzina rezanja, korak, dubina bušenja, vrsta sredstva za hlađenje, tačnost i krutost radne mašine, stabilnost položaja radnog predmeta i alata, način oštrenja itd.

Za kriterijum zatupljenja zavojne burgije usvojena je veličina pohabanosti ledjne površine alata na osnovu preporuka iz [6].

Kao primjer na sl.1 daje se izgled krivih habanja za sva tri načina oštrenja pri $v=22$ m/min i $s=0,31$ mm/o.



Sl. 1 Eksperimentalne krive habanja $h_a=f(T)$ pri bušenju Č.1530 za uslove:
 $V=22$ m/min, $S=0,31$ mm/ob, $L=3D$, $D=4$, Q 1,2 l/min.

Brojne vrijednosti postojanosti alata za usvojeni parametre

trenih. U okviru ravno naoštrenih burgija veću postojanost pokazuju burgije kod kojih smo imali korekciju poprečnog sječiva.

Tablica 1. Vrijednosti postojanosti burgija pri obradi čelika č.1530

Prečnik D (mm)	Režim rezanja		Postojanost T (min)		
	Brzina V (m/min)	Posmak s (mm/o)	Način oštrenja		
			Konusno	Dvoravansko	Dvorav.kor.
14	22	0,31	12,0	19,0	22,8
		0,22	19,0	32,5	41,0
	15,6	0,31	17,2	27,6	32,0
		0,22	28,0	48,0	58,5
8	17,8	0,31	11,0	12,2	13,8
		0,22	25,0	28,0	35,0
	12,5	0,31	37,0	44,0	48,0
		0,22	85,0	95,0	115,0

Pri izvođenju eksperimenata zapaženo je da je pojas habanja na ledjnoj površini kod burgija konusno naoštrenih najčešće paraboličan, što je vrlo nepovoljno, jer i pri manjoj pohabanosti glavnog sječiva inicira zatupljenost burgije. Ovim je potvrđena konstatacija da nepovoljni oblik i geometrija poprečnog sječiva ne samo da utiču na povećanje otpora pomoćnom kretanju već i na samovodjenje burgije, što se naročito odražava na habanje čoškova i rubova. Kod burgija ravno naoštrenih sa i bez korekcije poprečnog sječiva pojas habanja uz glavno sječivo je najčešće klinastog oblika, pa je manje habanje čoškova, odnosno veća postojanost alata.

Upoređivanjem dobijenih podataka za postojanost može se zaključiti da je postojanost dvoravansko naoštrenih burgija bez korekcije veća za oko 38% za prečnik D = 14 mm i za oko 10% za prečnik D = 8 mm od postojanosti konusno naoštrenih burgija. Dok je postojanost dvoravansko naoštrenih burgija sa korigovanim poprečnim sječivom veća za oko 15% od postojanosti dvoravansko naoštrenih burgija bez korekcije.

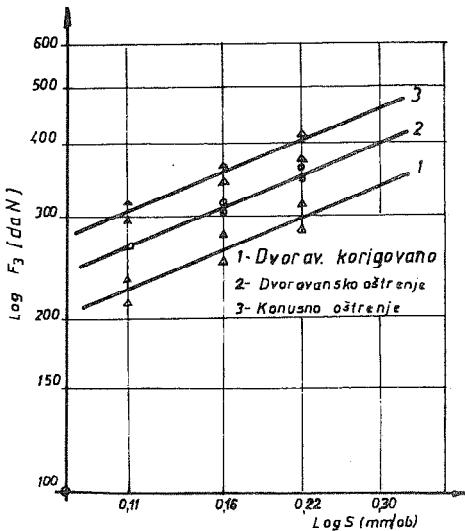
3.3. Ispitivanje zavisnosti otpora pomoćnog kretanja i obrtnog momenta od načina oštrenja zavojnih burgija

Na sl.2 prikazana je promjena aksijalnog otpora rezanja

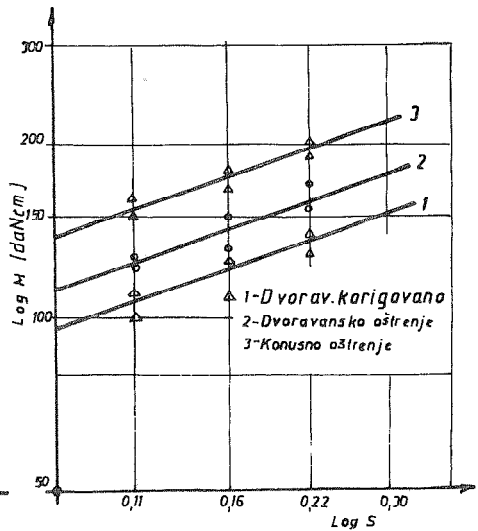
Pri izvodjenju eksperimenata kod burgija konusno naoštrenih zapaža se:

1. Pojačano habanje na čoškovima burgije, kao i prelivanje strugotine preko poprečnog sječiva - povećavajući mu dužinu i pogoršavajući mu i onako nepovoljnu geometriju. Zbog povoljnije geometrije i poboljšanog samovodjenja dvoravansko naoštrenih burgija, a naročito dvoravansko naoštrenih sa korekcijom poprečnog sječiva trećom ravni, smanjeno je habanje čoškova što se pozitivno odražava na smanjenje aksijalne sile rezanja i obrtnog momenta.

2. Lijepljenje strugotine uz glavno sječivo i njeno prelivanje preko vlakna što bitno utiče na povećanje aksijalne sile rezanja i obrtnog momenta.



Sl.2 Zavisnost aksijalnog otpora F_3 od koraka i načina oštrenja pri bušenju čelika Č.1530 burgijom prečnika $D=14$, pri brzini $V=31,22$ (m/min)



Zavisnost obrtnog momenta M od koraka i načina oštrenja pri bušenju čelika Č.1530 burgijom prečnika $D=14$ mm pri brzini $V=31,22$ (m/min)

Zavisnost aksijalnog otpora i obrtnog momenta od koraka pri konstantnom prečniku u dvostrukom logaritamskom sistemu se može sa dovoljnom tačnošću predstaviti jednačinama prave oblika [7] :

$$F_3 = C_F s^{Y_F} \quad (3)$$

$$M = C_M s^{Y_M} \quad (4)$$

Vrijednosti koeficijenata iz jednačina (3) i (4) sa koeficijentom korelacije, dobijeni metodom najmanjih kvadrata, prikazane su u tablici T2.

Tablica 2. Vrijednosti koeficijenata C_F , Y_F , C_M , Y_M za čelik č.1530

Način oštrenja	Prečnik D (mm)	Aksijalni otpor			Obrtni moment		
		C_F	Y_F	r	C_M	Y_M	r
Konusno	8	1056,32	0,8886	0,9998	282,47	0,6582	0,9933
	14	717,61	0,3872	0,9919	308,58	0,3068	0,9963
Dvo-ravansko	8	829,26	0,8189	0,9988	242,497	0,6759	0,9977
	14	685,92	0,4315	0,9998	309,32	0,4168	0,9916
Dvo-ravansko korigov.	8	768,20	0,9263	0,9996	194,64	0,6829	0,9997
	14	702,74	0,5470	0,9923	306,38	0,5009	0,9761

Kao primjer, navodi se izgled jednačina (3) i (4) za konusno naoštrenu burgiju prečnika $D = 8$ mm pri $v = 12,5$ m/min

$$F_3 = 1056,32 s^{0,8886} \quad (5)$$

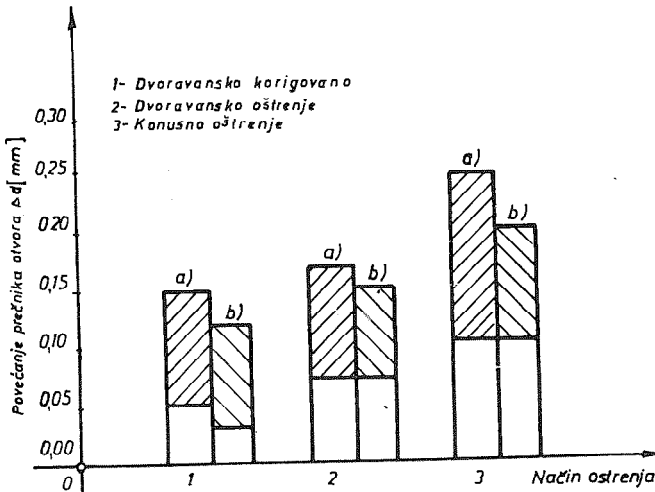
$$M = 282,47 s^{0,6582} \quad (6)$$

3.3. Ispitivanje uticaja načina oštrenja zavojnih burgija na tačnost obrade

Kvalitet obrade bušenjem, koji se definiše tačnošću položaja, oblika i mjere otvora, kao i kvalitetom obradjene površine, zavisi od alatne mašine, alata za bušenje i njegovog pričvršćivanja, kao i od njegovog opterećenja u toku obrade. S obzirom da su svi eksperimenti izvedeni pri istim uslovima, jedino je variran način oštrenja, dobijeni rezultati ukazuju na intezitet uticaja oblika i geometrije ledjne površine i poprečnog sječiva na ukupni kvalitet obrade bušenjem.

Kao parametar tačnosti obrade usvojeno je povećanje prečnika otvora u odnosu na nazivni prečnik burgije. Prečnik otvora je

od načina oštrenja zavojnih burgija. Ispitivanjima se pratio priraštaj prečnika otvora pri bušenju burgijama prečnika $D = 8$ i 14mm pri ranije navedenim režimima rezanja. Na sl. 3 šrafirana oblast predstavlja polje rasturanja nazivnog prečnika otvora. Evidentno je da je veličina i položaj polja rasturanja nazivnog prečnika otvora za oba prečnika burgije najpovoljnije za konusno naoštrene burgije, odnosno najveću tačnost mjere otvora obezbeđuju burgije dvoravanski naoštrene sa korigovanim oblikom poprečnog sječiva. Ne treba posebno naglašavati od kakvog je značaja ostvarenje tačnosti prečnika otvora pri bušenju rupa, npr. za urezivanje navoja.



Sl. 3 Uticaj načina oštrenja na povećanje prečnika otvora pri bušenju Č.1530 burgijom prečnika $D=14\text{mm}$ (a) i $D=8\text{mm}$ (b)

Kvalitet obradjene površine nije posebno kontrolisan ali je i vizuelnim pregledom bilo lako konstatovati da su zidovi otvora obradjeni burgijom dvoravanski naoštrenom sa korigovanim poprečnim sječivom mnogo boljeg kvaliteta nego pri obradi burgijom konusno naoštrenom.

Kvalitet obrade i bolji kvalitet obradjene površine pri

4. Zaključak

Izvedena ispitivanja nedvosmisleno ukazuju na činjenicu da burgije dvoravanski naoštrene, sa i bez korekcije geometrije i oblika poprečnog sječiva, imaju bolje eksploatacijske karakteristike od burgija konusno naoštrenih.

U cilju šireg uvodjenja u praksu dvoravanskog oštrenja zavojnih burgija neophodno je pristupiti temeljitijem proučavanju ovog načina oštrenja, pa je u tom smislu neophodno: ispitati mogućnost primjene ostalih vidova korekcije poprečnog sječiva; utvrditi najpovoljniji oblik prve ravni na ledjnoj površini (pravougaoni ili trapezni); odrediti za najfrekventnije materijale optimalnu geometriju vrha burgije; pristupiti konstruisanju produktivnijih uređaja za oštrenje burgija po ovoj metodi.

5. Literatura

- [1] Sadowy M., Belastbarkeit des Spiralbohrers unter dem Gesichtspunkt der Kurzspanntechnik, Werkstatt und Betrieb 112 (1979) N^o 1
- [2] Kovačević R., Uticaj načina oštrenja na eksploatacijske karakteristike burgija, Mašinstvo, 1975, N^o 10
- [3] Kovačević R., Upredjivanje reznih karakteristika konusno i ravno naoštrenih burgija, X savjetovanje proizvodnog mašinstva, Beograd, 9, 10. X 1975.
- [4] Jovičić M. J. Stanić, Uticaj načina oštrenja na reznu sposobnost burgija, Saopštenje IAMA, 5/1967.
- [5] Prospektni materijal firme "AVYAC"
- [6] Stanić J., Kritične granice parametara položaja i oblika konusa brušenja pri konusnom oštrenju burgija, Saopštenje IAMA 3/1966
- [7] Sadowy M., Zur Bestimmung der Schnittkräfte beim Spiralbohren, tz f. Metallbearbeitung, 74 (1980), H. 3/80

R. Kovačević, J. Stanić, I. Popović, I. Dedić

AUSWAHL DER OPTIMALEN METHODE ZUM SCHLEIFEN VON SPIRALBOHRER

Die Spiralbohrer geometrie und dadurch ihre Eigenschaften können durch Form der Freifläche, welche beim Schleifen gestaltet wird, beeinflusst werden.

Diese Arbeit hat zum Ziele, die verschiedenen Eigenschaften von kegelgeschliffenen mit den der plangeschliffenen Spiralbohrer durch die Versuche zu vergleichen und auf Grund der Analysen der erhaltenen Befunde entsprechende Empfehlungen

XIV SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE, ČAČAK, 1980.

B. Kršljak*)

UTICAJ REŽIMA OBRADJE NA TEHNOLOŠKE POKAZATELJE PRI
RAVNOM BRUŠENJU BRZOREZNOG ALATNOG ČELIKA TOCILIMA
OD KUBNOG NITRIDA BORA**)

1. Uvod

Tehnološki pokazatelji, stvarna zapremina odbrusjenog materijala, zapremina istrošenja tocila, specifični učinak tocila, učinak brušenja, tačnost obrade i dr. koriste se za ocenu procesa obrade brušenjem. Na ove parametre utiče mnoštvo faktora vezanih za karakteristike tocila, karakteristike predmeta obrade i mašine na kojoj se vrši obrada, uslovi obrade i dr. Utvrđivanje uticaja faktora na tehnološke pokazatelje vrši se eksperimentalnim putem pri variranju karakteristika tocila, elemenata režima brušenja, uslova brušenja; pri čemu se teži ostvarenju optimalnih pokazatelja koji obezbedju zahteve kvaliteta obradjene površine i tačnosti obrade /1/,/3/.

U radu je analiziran uticaj režima obrade na određene tehnološke pokazatelje pri ravnom brušenju brzoreznog alatnog čelika tocilima sa brusnim sredstvom od kubnog nitrida bora.

*) Mr Bogoljub S. Kršljak, dipl.inž., viši stručni saradnik
Pedagoško-tehničkog fakulteta u Čačku, ul. Cara Dušana
br. 34

**) Rad je nastao u okviru naučno istraživačkog projekta
... ..

2. Uslovi izvodjenja ispitivanja

2.1. Karakteristike mašine

Ispitivanja su vršena na brusilici za ravno brušenje sa pravougaonim radnim stolom proizvedene u Sovjetskom Savezu tip 3G71 /2/. Predmet obrade /uzorak/ je baziran i stegnut u uređaj-dinamometar pomoću koga su registrovane komponente otpora rezanja /2/.

2.2. Karakteristike tocila

Pri ispitivanju korišćena su tocila sa brusnim sredstvom od kubnog nitrida bora i to: L 125/100-100-01-C2 proizvedeno u Institutu za abrazivne materijale "Iljič" u Lenjingradu /4/ i tocilo L 100/80-100 proizvedeno u "Geomašini" u Zemunu. Tocila su sa različitom veličinom reznih zrna, iste su koncentracije sa organskim vezivom dimenzija (200x70x10) mm. Obzirom da su tocila proizvedena u različitim proizvodnim pogonima moguće je očekivati razliku u sastavu veziva kao i u karakteristikama abrazivnih materijala.

2.3. Karakteristike probnih uzoraka

Uzorci za ispitivanje su od brzoreznog čelika Č9780 (0,82C; 4 C_T; 6 W; 5 M_O; 1,9 V; 5,5 C_O)%; prizmatičnog su oblika dimenzija (100x42x18) mm, iz iste su šipke. Tvrdoća posle termičke obrade $\approx 64 H_{RC}$.

2.4. Režim brušenja i uslovi rada

Ispitivanja su vršena uz primenu jednofaktornog eksperimenta sa brzinama radnog stola - predmeta obrade $v=(1; 2; 5; 10; 12)$ m/min, poprečnim pomacima $S = (0,4; 0,8; 1,2)$ mm/h i dubinama brušenja $\delta = (0,005; 0,01 \text{ i } 0,02)$ mm. Tocila su poravnavana na početku svakog eksperimenta sa silicijum karbidnim tocilom a između

2.5. Merenja

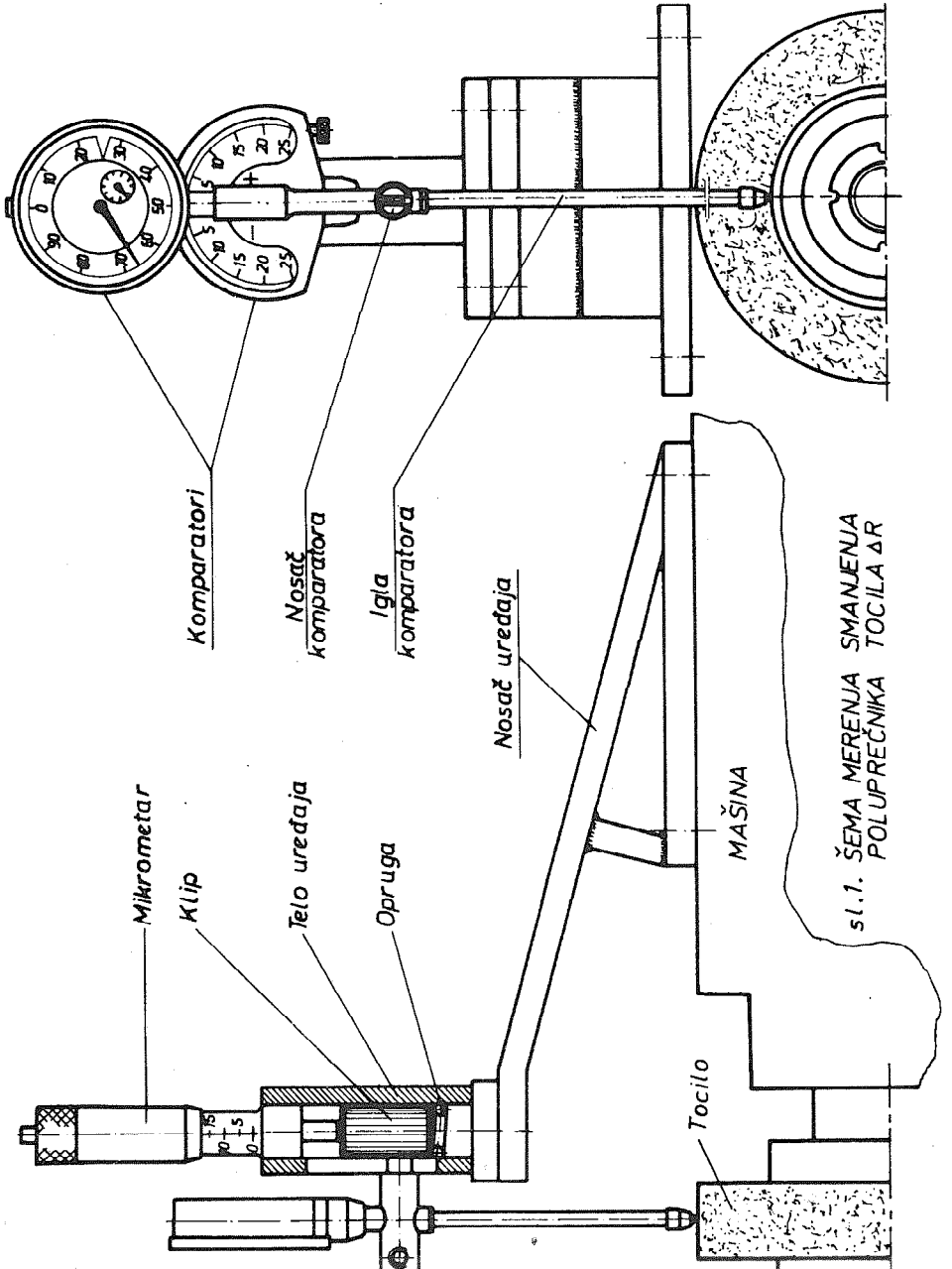
Odbrušeni sloj metala (stvarna dubina brušenja) merena je pomoću komparatora i graničnog merila, trošenje tocila pomoću uređjaja prema sl.1, kojim je registrovana promena poluprečnika tocila ΔR , a veličine hrapavosti pomoću PERTH-O-METER-a W5A.

3. Uticaaj režima obrade na tehnološke pokazatelje

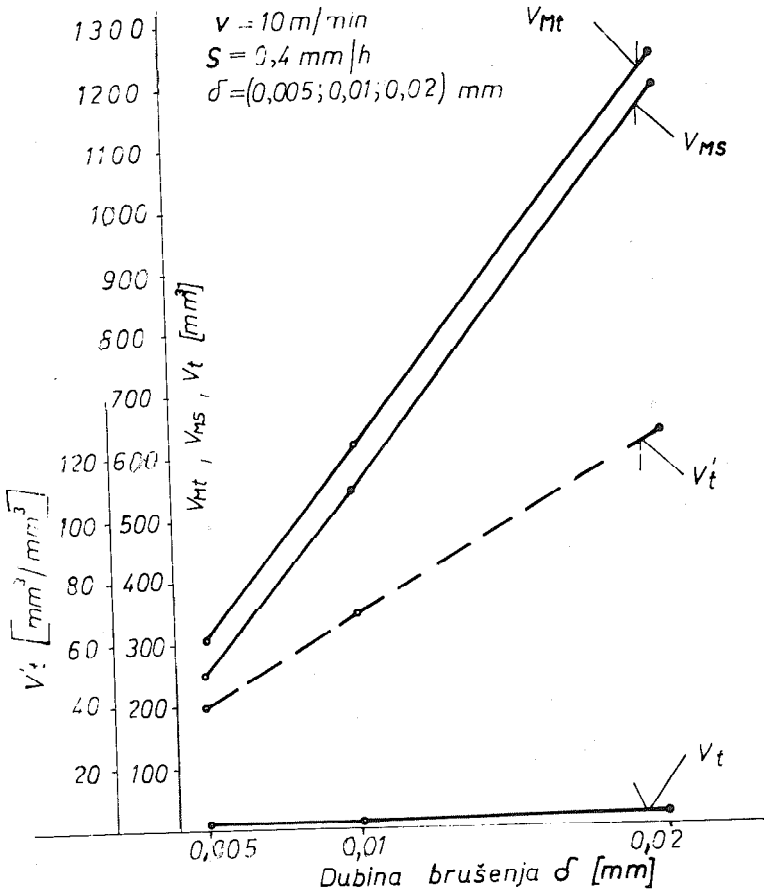
Specifični učinak tocila $V'_t = V_{MS}/V_t$ /mm³/mm³/, definisan je odnosom stvarne zapremine odbrušenog metala V_{MS} /mm³/ i zapremine istrošenja tocila V_t /mm³/ /l/. Stvarna zapremina odbrušenog metala je odredjivana na osnovu ukupne dubine brušenja, koja je dobijana merenjem visine uzorka pre i posle završenog eksperimenta. Zapremina istrošenja tocila je računata u zavisnosti od izmerene veličine smanjenja poluprečnika tocila ΔR . Merenje veličine ΔR vršeno je uređjajem sl.1, u 4 (četiri tačke) po obimu tocila u zoni sredine radne površine sl.1.

Parametri režima brušenja (dubina brušenja, brzina stola i pomak) svojim veličinama direktno utiču na veličine tehnoloških pokazatelja.

Promena veličina V_{Mt} , V_{MS} , V_t i V'_t u zavisnosti od dubine brušenja, brzine stola i poprečnog pomaka pri brušenju č9780 točilom L 125/100-100-01-C2 biće pokazana narednim prilozima. Uticaj dubine brušenja na posmatrane tehnološke pokazatelje prikazana je na sl.2. Sa povećanjem dubine brušenja rastu svi posmatrani pokazatelji, što povoljno utiče na ekonomiku procesa obrade, ali usled naglog porasta hrapavosti obradjene površine moraju se ograničiti veličine posmatranog parametra. Promena posmatranih pokazatelja u zavisnosti od brzine stola prikazana je na sl.3, a od veličine poprečnog pomaka na sl.4. Povećanjem brzine stola ili poprečnog po-



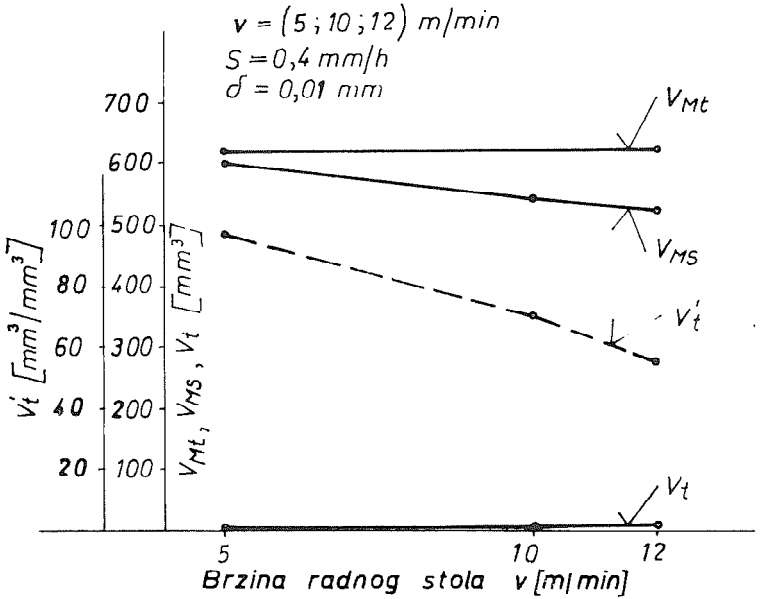
zavisnosti od veličina parametara režima brušenja prikazani su i sl.5, sl.6 i sl.7.



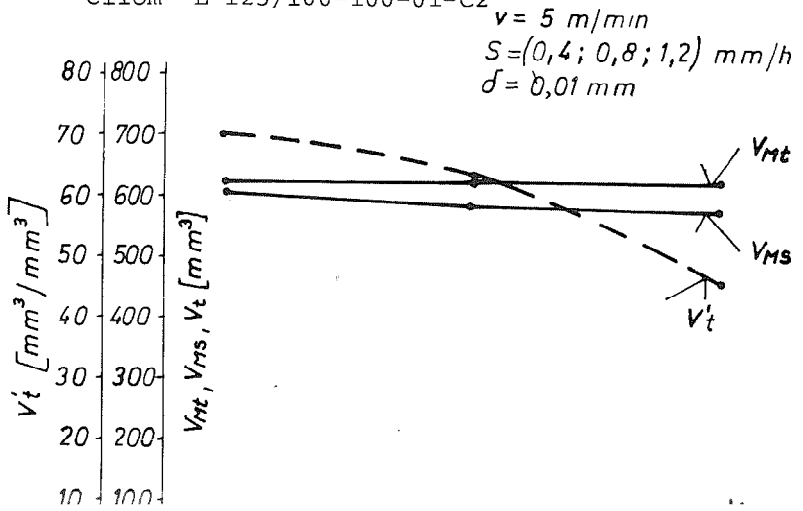
Sl. 2. Promena veličina V_{Mt} , V_{MS} , V_t i V_t' u zavisnosti od dubine brušenja pri brušenju Č9780 točilom L 125/100-100-01-C2

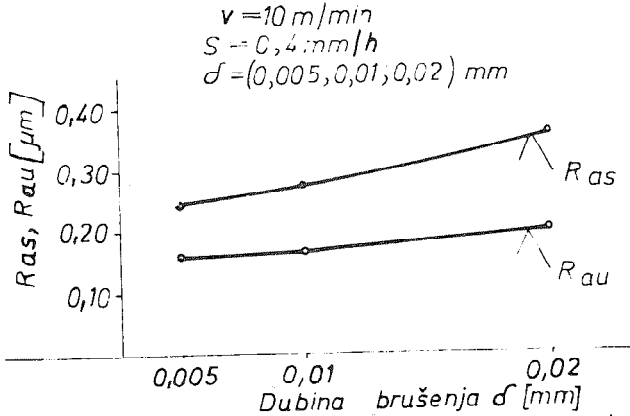
Sa povećanjem bilo kog elementa rastu veličine hrapavosti usle parasta radijalne komponente otpora rezanja i njene varijacije. Dobijeni podaci o veličinama specifičnog učinka točila, i veli

istim režimom sl.8 i sl.9.

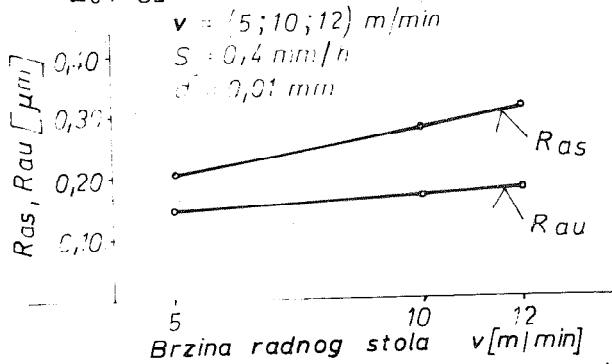


Sl.3. Promena veličina V_{Mt} , V_{MS} , V_t i V'_t u zavisnosti od brzine radnog stola pri brušenju Č.9780 točilom L 125/100-100-01-C2

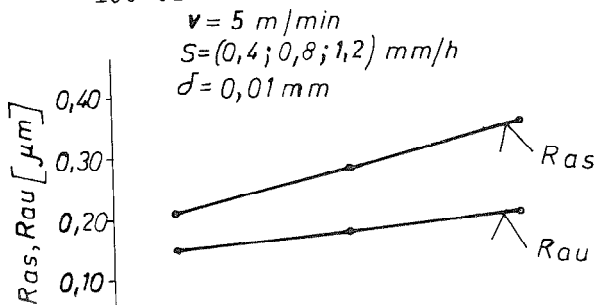


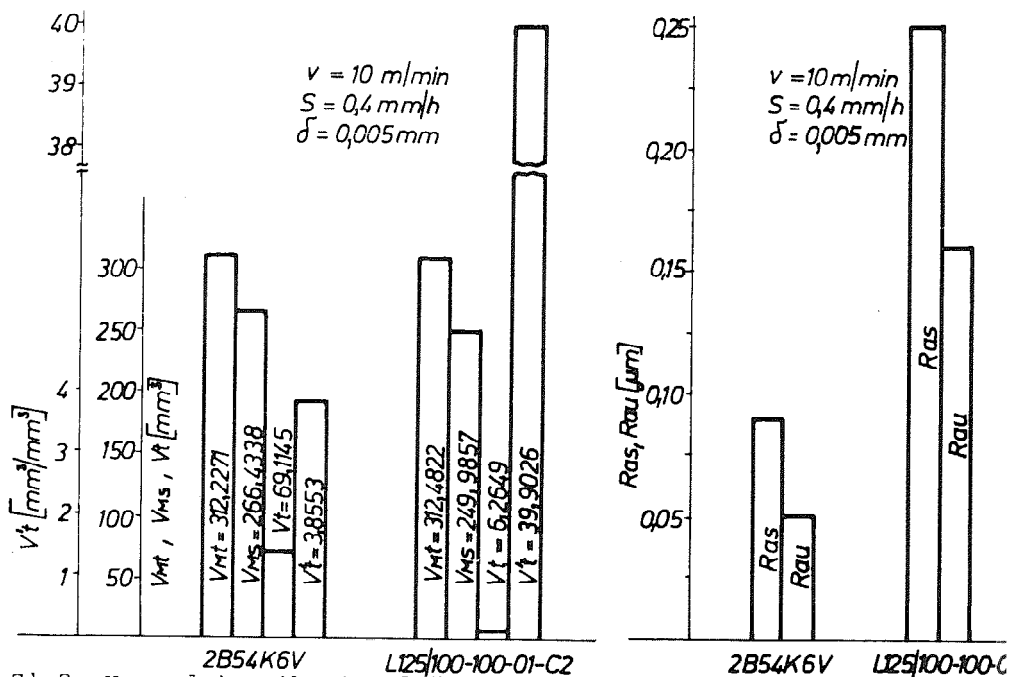


Sl.5. Promena veličina R_{as} i R_{au} u zavisnosti od dubine brušenja pri brušenju Č.9780 točilom L125/100-100-01-C2



Sl.6. Promena veličina R_{as} i R_{au} u zavisnosti od brzine radnog stola pri brušenju Č.9780 točilom L 125/100-100-01-C2





Sl.8. Uporedni prikazi veličina V_{Mt} , V_{Ms} , V_t' pri brušenju Č.9780 keramičkim i elbor točilom

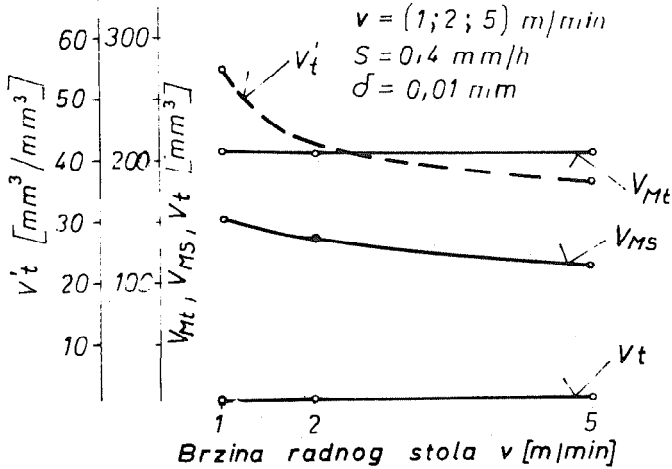
Sl.9. Uporedni prikazi veličina R_{as} i R_{au} pri brušenju Č.9 keramičkim i elbor točilom

Poredjenjem odgovarajućih pokazatelja sa sl.8 vidi da je specifični učinak elbor točila mnogo veći od specifičnog u nika elektrokorundnog točila usled manjeg trošenja. Hrapavost obradjene površine sl.9 je daleko izraženija pri brušenju sa elbor točilom usled neprilagodjenog elementa režima brušenja - brzine radnog stola, karakteristikama točila i karakteristikama materijla predmeta obrade.

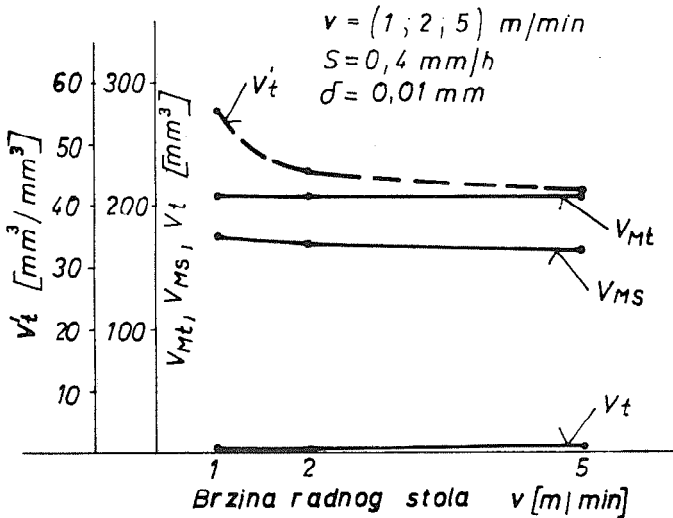
Pri brušenju sa manjim brzinama radnog stola, sl. 10 sl.12 dobijaju se znatno povoljniji rezultati.

Dalje ispitivanje uticaja režima obrade na posmatra tehnološke pokazatelje vršeno je u oblasti manjih brzina predmet obrade i poprečnog pomaka. Promene veličina V_{Mt} , V_{Ms} , V_t i V_t' p

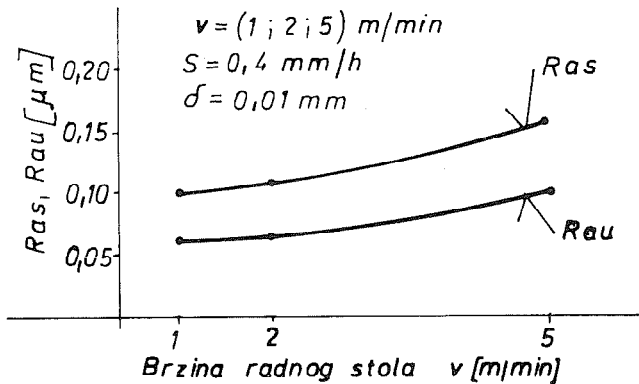
pri radu sa tocilom L 100/80-100, pa je brušenje sa njime ekonomičnije.



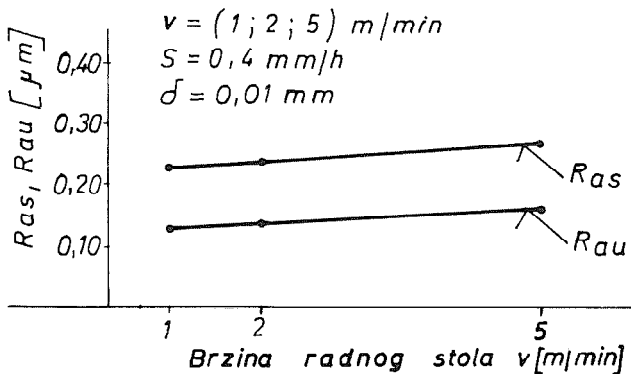
Sl.10. Promena veličina V_{Mt} , V_{MS} , V_t i V_t' u zavisnosti od brzine radnog stola pri brušenju č.9780 točilom L 125/100-100-01-C2



Međutim, vrednosti hrapavosti brušene površine su daleko manje brušenju točilom L 125/100-100-01-C2, sl.12 i sl.13.



Sl.12. Promena veličina R_{as} i R_{au} u zavisnosti od brzine radnog stola pri brušenju Č.9780 točilom L 125/100-100-01-C2



Sl.13. Promena veličina R_{as} i R_{au} u zavisnosti od brzine radnog stola pri brušenju Č.9780 točilom L 100/80-100

4. Zaključak

Iz priloga u radu može se uočiti da karakteristike to

vršiti sa malim brzinama stola i malim vrednostima poprečnog pomaka. Prema podacima, dobijenim pri radu sa dva korišćena elbor tocila, evidentna je prednost jednog u pogledu specifičnog učinka tocila a drugog u pogledu kriterijuma hrapavosti. Ovo ukazuje na činjenicu da se pri izboru optimalnih režima obrade za brušenje odredjenog materijala moraju prethodno izvršiti temeljna ispitivanja brušenja tocilima različitih karakteristika i sa različitim vrednostima elemenata režima brušenja, vodeći pri tome istovremeno računa o funkciji cilja brušene površine koja je povezana sa namenom dela u eksploataciji.

Literatura

1. Jovičić M., Prilog istraživanju procesa obrade brušenjem sa posebnim osvrtom na razvoj kriterijuma za definisanje postojanosti tocila, doktorska disertacija, Mašinski fakultet, Beograd 1975.
2. Kršljak B., Uticaj karakteristika tocila i režima obrade na dinamiku procesa ravnog brušenja brzoreznog čelika, Tehnika - mašinstvo, organ Saveza mašinskih i elektrotehničkih inženjera i tehničara Jugoslavije, 1977.god. br.12.
3. Kršljak B., Uticaj karakteristika tocila i režima obrade na optimalne tehnološke pokazatelje pri ravnom brušenju aluminijevog čelika, II naučno-stručni skup MMA '79, Novi Sad 18-19. oktobra 1979.god.
4. Stankoimport, Moskva, Elbornij instrument-katalog.

B.Kršljak

WIRKUNG DER BEARBEITUNGSINTENSITÄT AUF TECHNOLOGISCHE MESSWERTE
BEIM PLANSCHLEIFEN VON SCHNELLSCHNEIDSTÄHLEN MIT SCHLEIFSCHEIBEN
AUS KUBISCHEM BORNITRID

ifen von schwer zerspanbaren Werkzeugstählen eingesetzt werden, werden zum Innen- und Profilschleifen in den letzten Jahren auch auf dem Gebiet des Planschleifens angewandt.

Um gewisse wirtschaftliche Effekte zu erreichen, muss man Wirkungen der Merkmale von Schleifscheiben und Bearbeitungsintensität auf technologische Messwerte kennen, wozu ausführliche Forschungen unentbehrlich sind.

Die Arbeit umfasst die Wirkung der Elemente der Bearbeitungsintensität auf technologische Grund-Messwerte des Planschleifens von Schnellschneidstählen mit Schleifscheiben aus kubischem Bornitrid.

XIV SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE, ČAČAK 1980.

E. Kuljanić^{+/}
L. Kravanja^{++/}

ODREZIVANJE ŠIPKI U SNOPU HORIZONTALNIM TRAČNIM PILJENJEM

1. Uvod

Piljenje je jedan od najzapotavljenijih postupaka obrade metala. Odnos prema produktivnim postupcima piljenja naslijeđen je od odnosa prema okvirnom piljenju, kojim se može odrezivati bez posebne pažnje. Horizontalno tračno piljenje je visoko produktivan postupak odrezivanja pomoću kojeg se odreže čelična šipka Č.1530 promjera $D = 125$ mm za manje od 30 sekundi, što predstavlja vrlo kratko vrijeme u odnosu na ostale postupke odrezivanja, s najmanjim otpadom materijala i najmanjom utrošenom energijom. Činjenica je da se u Japanu i u USA znatno više primjenjuje tračno piljenje nego u Evropi. Od ukupno instaliranih tračnih, cirkularnih i okvirnih (piljenje listom) pila, u Evropi ima samo 20% tračnih pila, dok su tračne pile u Japanu zastupljene s 90%, a u USA s čak 95%. Očito je da će u Evropi, a i u našoj zemlji doći do sve veće upotrebe tračnih pila.

Iz usporedbe horizontalnog tračnog piljenja s tokarenjem i glodanjem proizlazi da je potrebno veću pažnju posvetiti hori-

Tabela 1 : Analiza varijance - različiti broj šipki u snopu

Varijacija	Stupanj slobode	Procjena varijance	F	F _o
Broj rezova				
Između stupaca	4	41,3666	1,17	2,87
Između redaka	5	1227,4133	34,72	2,71
Ostatak	20	35,3466		
Postojanost alata				
Između stupaca	4	1229,783	2,08	2,87
Između redaka	5	10381,5	17,61	2,71
Ostatak	20	589,483		
Učin rezanja				
Između stupaca	4	28,2105	18,04	2,87
Između redaka	5	9,46353	6,05	2,71
Ostatak	20	1,5637		
Odrezana površina				
Između stupaca	4	281367,97	1,79	2,87
Između redaka	5	4972565,2	31,76	2,71
Ostatak	20	156536,75		
Vrijeme odrezivanja				
Između stupaca	4	0,41385	7,84	2,87
Između redaka	5	0,38977	7,37	2,71
Ostatak	20	0,052741		

broj zubi na col, način razmetanja zubi i materijal trake zavise o promjeru šipke, debljini stijenke cijevi, veličini i vrsti snopa šipki i dr. Kod tokarenja obično izbor alata ne zavisi o promjeru obratka, a maksimalna zategnutost alata je dovoljna za uspješan rad, dok kod horizontalnog tračnog piljenja traka treba biti optimalno zategnuta. Također, kod tokarenja posmak je jednoznačno definiran - mm/ok, dok posmak po zubu kod horizontalnog tračnog piljenja šipke okruglog presjeka zavisi od pet faktora: promjeru šipke, brzini rezanja, posmičnom pritisku, broju zubi na col i o dužini reza koja se mijenja pri rezanju okruglog presjeka. U praksi, zbog nedovoljnog poznavanja ovog postupka i prije spomenutog odnosa prema piljenju, priučeni ili nekvalificirani radnik odabire alat i režim obrade, zbog čega dolazi do neefikasnog rada, pucaanja zubi ili trake. Treba istaknuti da su literatura i podloge o ovom postupku oskudne.

U višegodišnjem projektu, financiranom od Prvomajske - Raša i SIZ-I za znanstveni rad SRH, izvršena su istraživanja horizontalnog tračnog piljenja na Tehničkom fakultetu Rijeka. Objavljeni radovi obrađuju zategnutost trake [1], prijedlog metode za mjerenje trošenja trake i prvi put je određena Taylor-ova jednadžba za ovaj postupak [2], zatim podloge režima obrade [3], te hlađenje i podmazivanje različitim sredstvima domaće i strane proizvodnje [4]. Predložen je način za bolje definiranje posmaka horizontalnog tračnog piljenja [5].

U ovom radu je istraženo odrezivanje šipki u snopu s dva različita materijala alata, te utjecaj visine snopa na učin rezanja i postojanost alata.

2. Plan pokusa

U ovom dijelu istraživanja je istražen utjecaj promjera

odrežanom površinom. Nezavisne varijable su bile:

- Broj šipki u snopu na 5 nivoa: 1 šipka $D = 90$ mm, 2 šipke $D = 65$ mm, 9 šipki $D = 30$ mm, 20 šipki $D = 20$ mm i 30 šipki $D = 16$ mm, tako da je bila konstantna površina presjeka snopa približno 63 cm^2 .
- Alat na dva nivoa: "select-standard 100" i "select-specijal 102"

Konstantna je bila brzina rezanja $v = 45 \text{ m/min}$ i vrijeme praznog hoda $t_{ph} = 3 \text{ min/100 mm}$. Iz uvodnog dijela proizlazi da kod današnjih horizontalnih tračnih pila teško jednoznačno definirati posmak, pa je u radu [5] predloženo indirektno definiranje posmaka pomoću vremena t_{ph} koje je potrebno za spuštanje okvira na dužini od 100 mm bez rezanja, vidi točku 6.

U drugom dijelu ovog rada je istražen utjecaj visine snopa h na učin rezanja i na postojanost alata. Visina snopa bila je na 5 nivoa kako slijedi:

$$h = 32, 48, 64, 80 \text{ i } 96 \text{ mm.}$$

Promjer šipke je bio konstantan, $D = 16 \text{ mm}$.

Površina presjeka je bila konstantna - približno 63 cm^2 pa se s promjenom visine snopa mijenjao oblik presjeka snopa, tj. kvadratni presjek ili pravokutni s različitim visinama. Također, brzina rezanja $v = 45 \text{ m/min}$ i vrijeme praznog hoda $t_{ph} = 3 \text{ min/100 mm}$ bili su konstantni.

Svaki pokus u prvom i u drugom dijelu istraživanja je izvršen tri puta, tj. izvršeno je 60 pokusa.

3. Uvjeti izvođenja pokusa

3.1. Alatni stroj i alat

Pokusni su izvršeni na horizontalnoj tračnoj pili "select

- broj zubi na col : 6
- oblik zubi : standardni
- razmetanje zubi : standardno
- dimenzije trake : 3660 x 25 x 0,90 mm

Ravnost zavarenog spoja trake nije prelazila $R = 0,15 \text{ mm}/100 \text{ mm}$.

3.2. Obradak

Vršeno je odrezivanje okruglih čeličnih šipki Č.1530 u žarenom stanju. Šipke s pet različitih promjera navedenih u točki 2. upotrebljavane su u ovom radu.

3.3. Ostali uvjeti izvođenja pokusa

Odrezivanje je vršeno uz primjenu sredstva za hlađenje i podmazivanje: 10% emulzija Sintolinovog ulja.

Odstupanje reza od vertikale na dužini od 100 mm je mjereno nakon svakog reza, dok je trošenje trake mjereno nakon svakog drugog reza "Metodom za mjerenje trošenja trake" predloženom i objavljenom u radu [2].

Kriterij istrošenja trake bilo je odstupanje reza od vertikale za 1 mm na visini reza od 100 mm, $0 = 1 \text{ mm}/100 \text{ mm}$. Primjenom kriterija istrošenja trake dobivena je postojanost alata, koja je u ovom radu jedna od promatranih varijabli.

4. Analiza i diskusija rezultata

4.1. Utjecaj broja šipki u snopu.

Kao što je već navedeno u točki 2., snop je imao konstantnu površinu presjeka, ali je broj šipki u snopu variran, što je kompenzirano promjerom šipke. Na slici 1 je prikazana zavisnost učina rezanja o broju šipki u snopu za odrezivanje s dvije vrste trake "select-standard 100" i "select-specijal 102". Svaka točka u ovom dijagramu predstavlja srednju vrijednost od tri veličine dobivene ponovljenim pokusima. Ovdje vidimo da je najveći učin

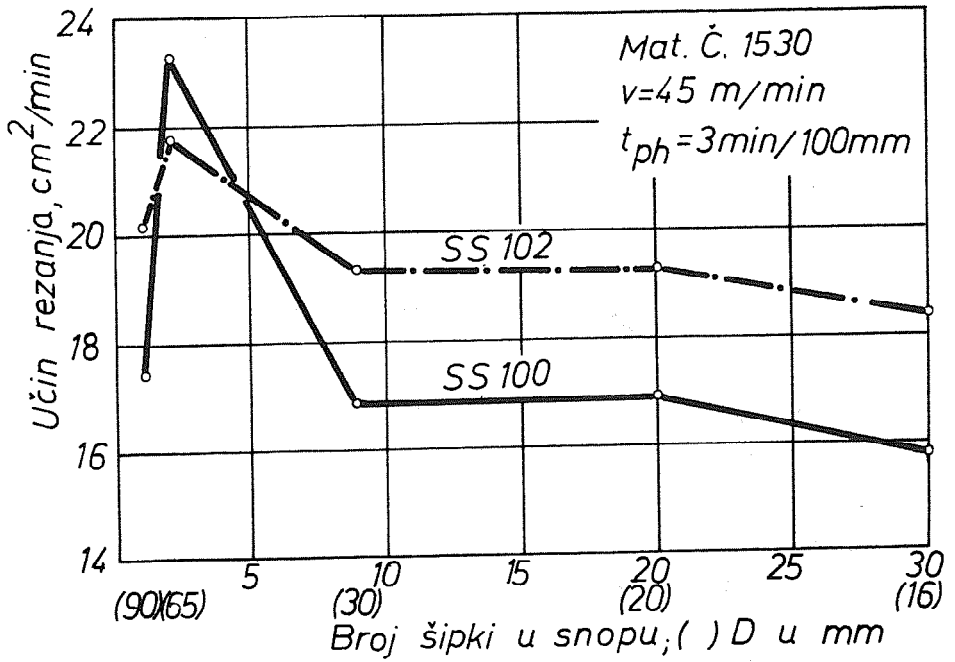
ovo povećanje učina rezanja vjerojatno je smanjenje visine snopa od $h = 90$ mm, kao ostalih, na $h = 65$ mm u ovom slučaju, što će biti posebno analizirano u točki 4.2. Naime, s dvije šipke promjera $D = 65$ mm, ne može se postići visina snopa od 90 mm. Iz analize varijance, tabela 1. (između stupaca) vidi se da učin rezanja zavisi o vrsti snopa, $F = 18,4 > F_0 = 2,87$. Dakle, učin rezanja je nešto veći kada je veći promjer šipki, odnosno kada je manji broj šipki, u snopu kod obje vrste primijenjenih traka.

Također na slici 1 možemo uočiti da su učini različiti za primijenjene trake. Traka "select-specijal 102" ima u prosjeku za 14% veći učin rezanja od trake "select-standard 100". Signifikantan utjecaj vrste trake na učin rezanja je dokazan analizom varijance u tabeli 1 (između redaka)

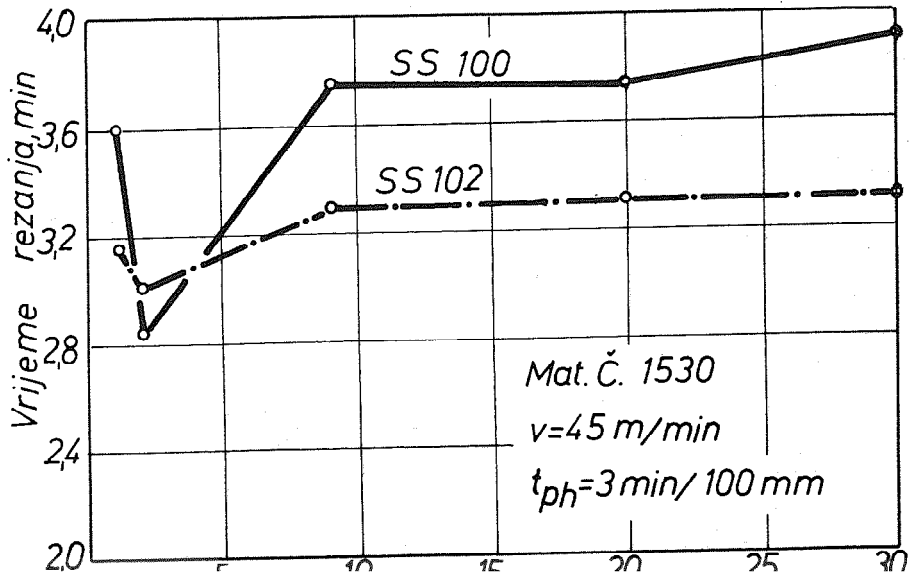
$$F = 6,05 > F_0 = 2,71 .$$

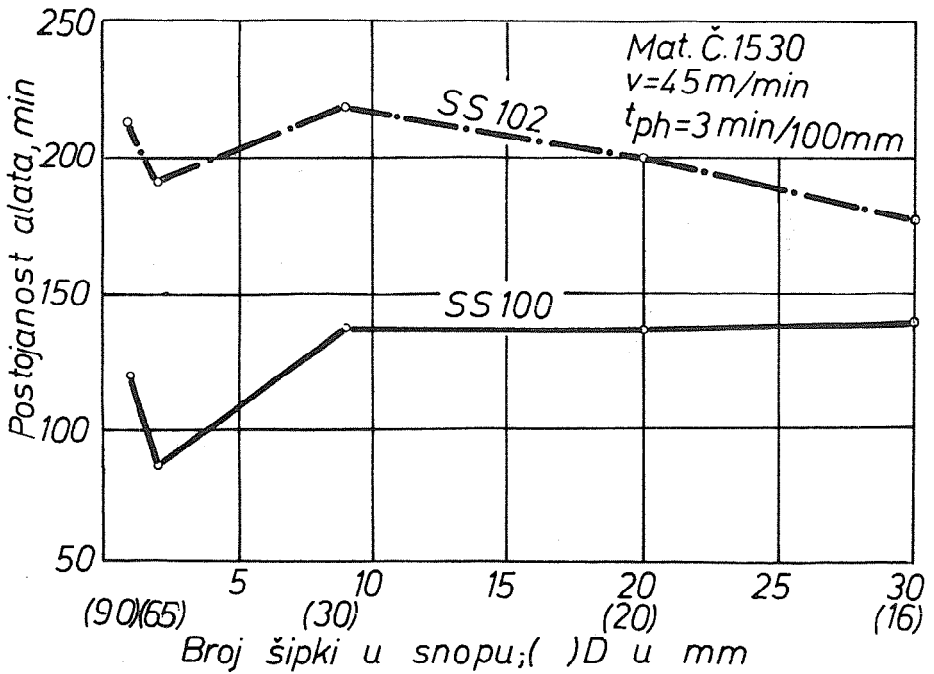
Na slici 2. prikazano je vrijeme odrezivanja u zavisnosti o broju šipki u snopu, iz koje proizlazi da je vrijeme odrezivanja manje kad ima manji broj šipki u snopu, a njihov promjer je veći. Vrijeme odrezivanja s trakom "select-specijal 102" je kraće za 10% od vremena odrezivanja s trakom "select-standard 100". Ovakav utjecaj vrste trake na vrijeme odrezivanja prikazan je u tabeli 1, $F = 7,37 > F_0 = 2,71$. Također u ovoj tabeli, $F = 7,84 > F_0 = 2,87$, dokazan je signifikantan utjecaj broja šipki u snopu.

Zavisnost postojanosti alata izražena u minutama i u cm^2 odrezane površine do postizavanja prije navedenog kriterija istrošenja trake o broju šipki u snopu je prikazana na slikama 3 i 4 za dvije vrste trake. Iz ovih slika, te iz tabele 1 (između stupaca) proizlazi da broj šipki ne utječe signifikantno na postojanost alata. Međutim, vrsta trake signifikantno utječe na postojanost alata, tabela 1 (između redaka). Postojanost trake "select-specijal 102" izražena u minutama je za 62% veća i izražena u cm^2

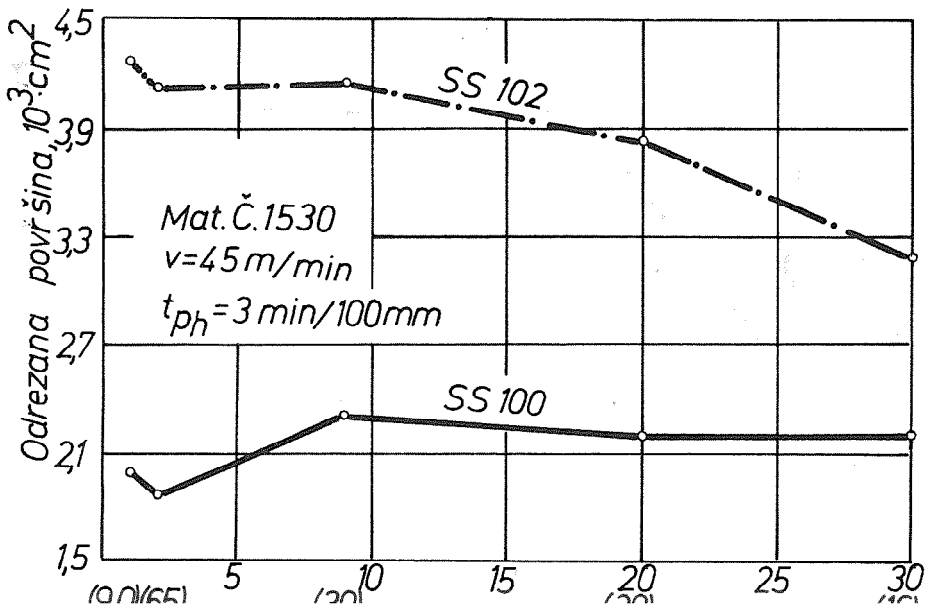


Slika 1. Učin rezanja





Slika 3. Postojanost alata



Iz tabele 1 (između stupaca) je vidljivo da broj šipki u snopu ne utječe signifikantno na postojanost alata izraženom brojem rezova do istrošenja, dok je utjecaj vrste trake jako signifikantan (vidi između redaka) tabela 1.

Učin rezanja se povećao, slika 1, a vrijeme odrezivanja se smanjilo, slika 2, sa smanjenjem visine snopa, pa je ovaj fenomen posebno istražen.

4.2. Utjecaj visine snopa

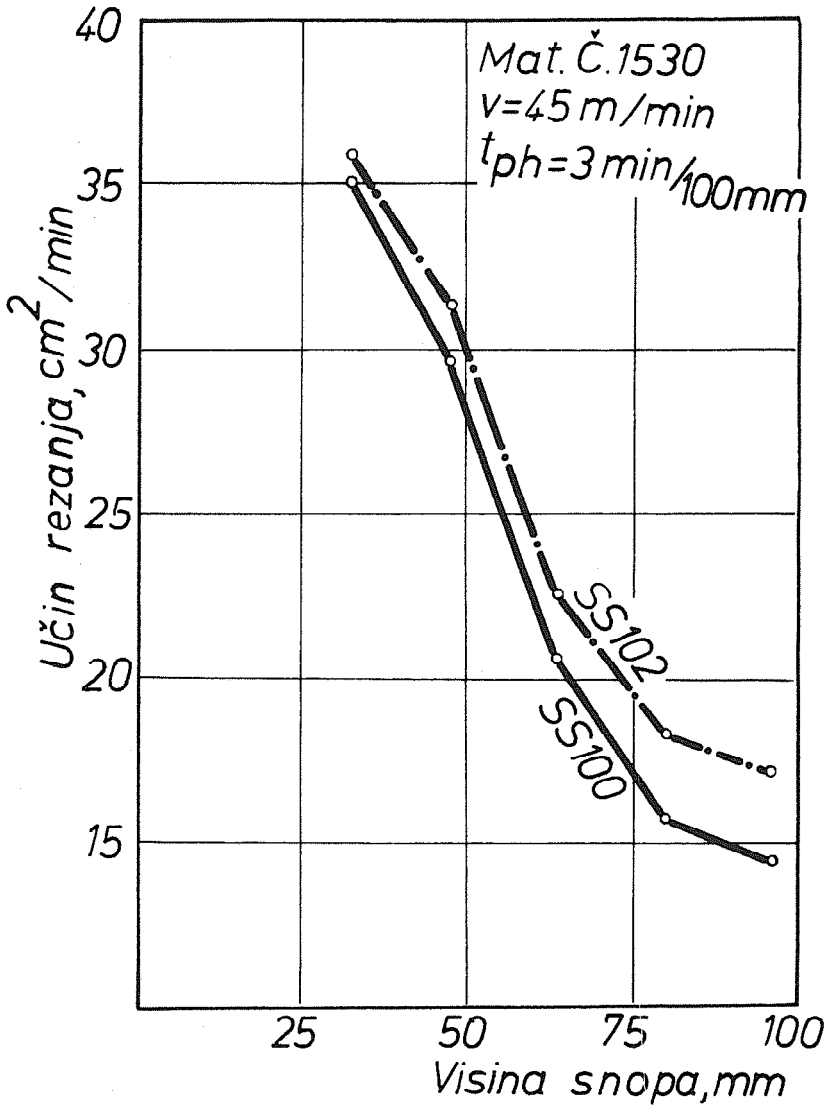
Prema planu pokusa, točka 3, izvršeno je 20 pokusa do istrošenja dvije vrste traka, te je visina snopa varirana, a da je površina presjeka bila konstantna.

Učin rezanja se smanjuje s povećanjem visine snopa, slika 5, dok se vrijeme odrezivanja povećava s povećanjem visine snopa, slika 6. Postojanost alata izražena u minutama, slika 7, i postojanost alata izražena u cm^2 odrezane površine, slika 8, se povećava s povećanjem visine snopa do $h = 80 \text{ mm}$, te se s daljnjim povećanjem smanjuje. Jedan od razloga za ovu pojavu je da je kod manjih visina snopa veća širina snopa, pa je i veći razmak između vodilica trake. Budući da je primijenjen kriterij istrošenja trake odstupanje od vertikale $1 \text{ mm}/100 \text{ mm}$ visine, pri većem razmaku vodilica dolazi lakše do kosog odrezivanja, pa je i postojanost trake manja.

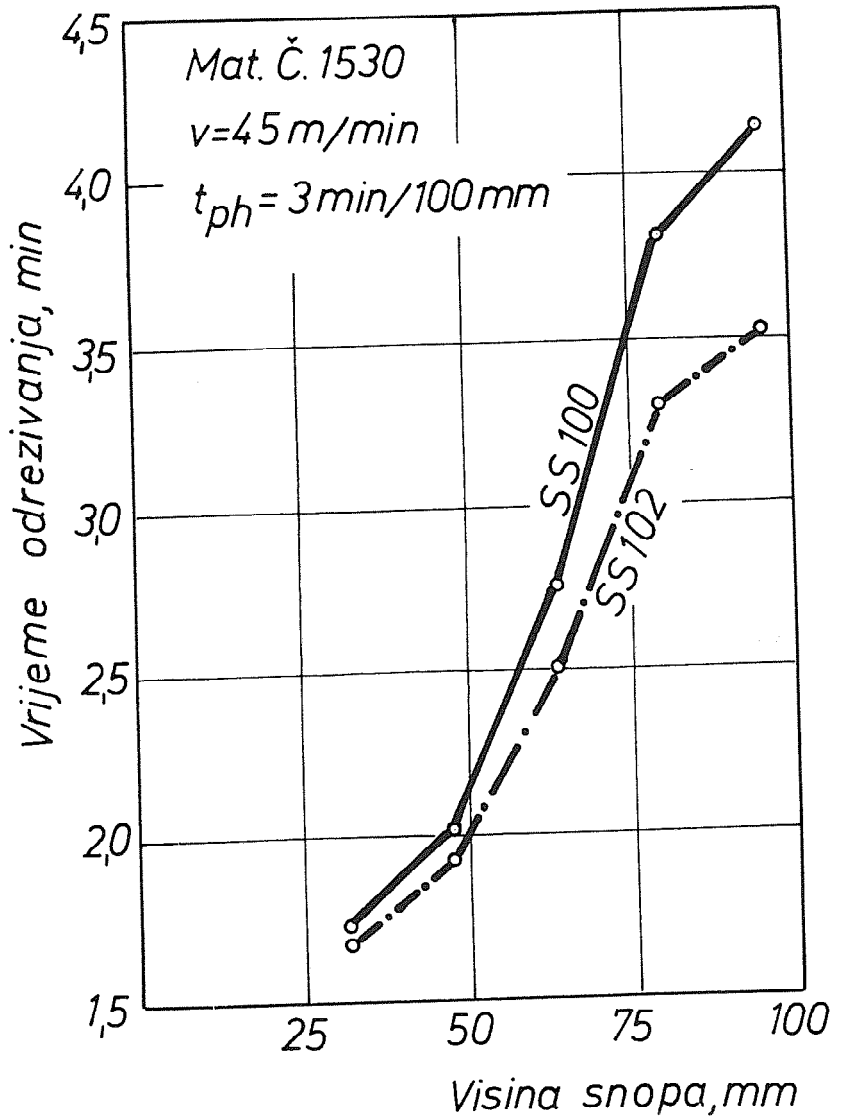
Iz iznesenog proizlazi da odnos visine snopa h prema širini snopa a treba biti:

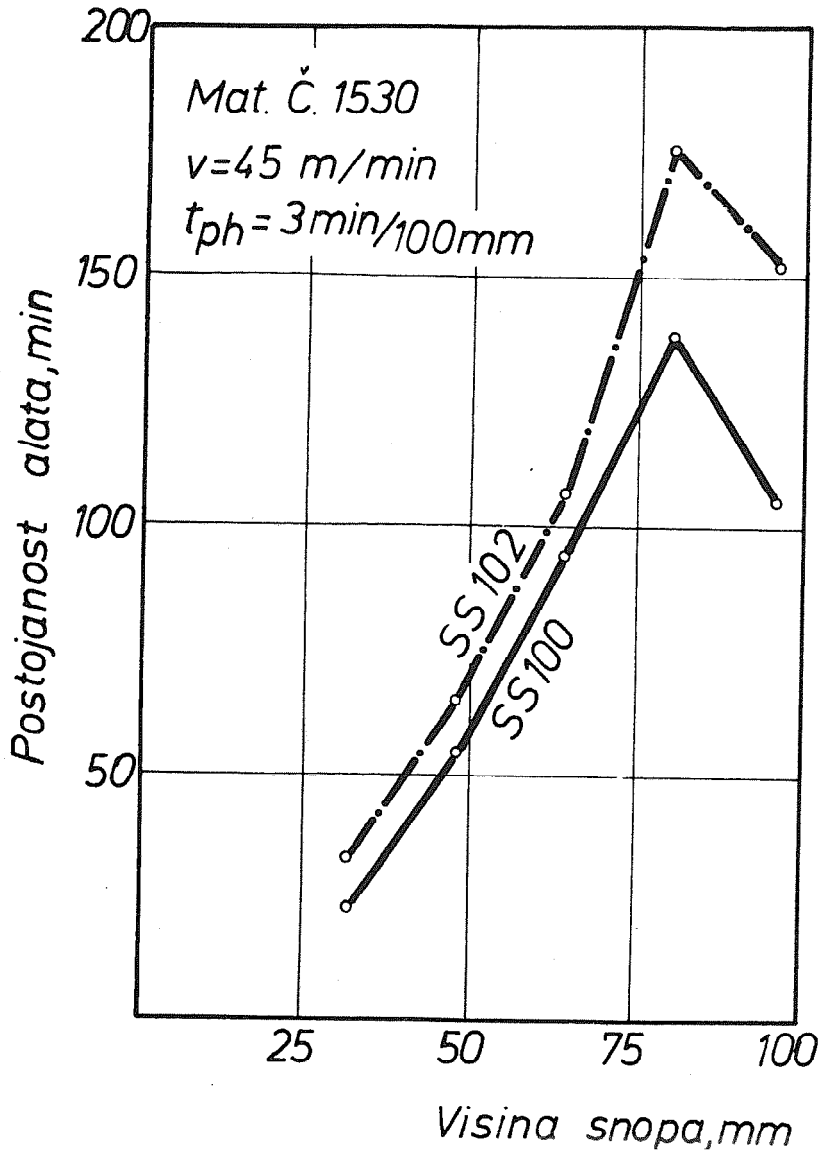
$$\frac{h}{a} = 0,5 \text{ do } 1.$$

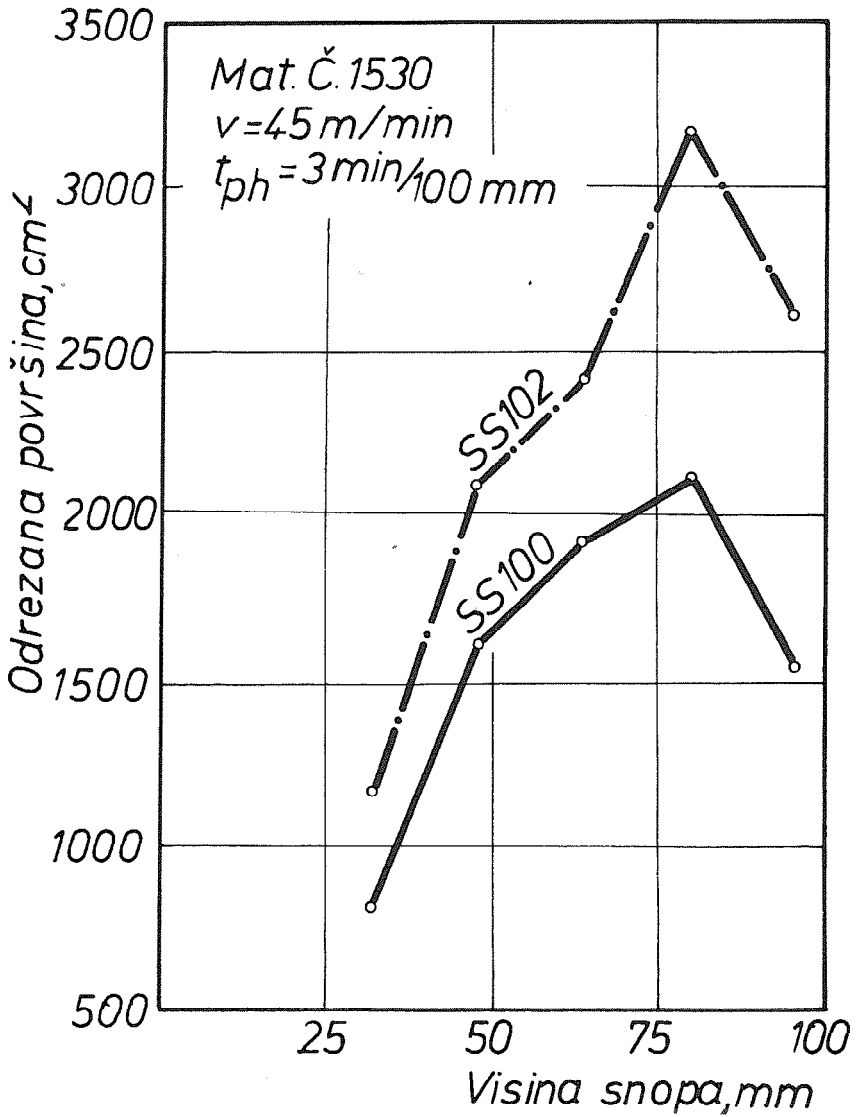
Kad je u praksi potrebno da je vrijeme odrezivanja što manje, npr u slučaju "uskog grla", treba biti odnos $h/a = 0,5$. Međutim, za normalne uvjete ovaj odnos bi trebao biti $h/a = 0,75$. Za uvjete



Slika 5 Učín rezanja







nja će biti manji, ali će biti veća postojanost alata i manje odstupanje odrezane površine od vertikale.

Signifikantnost utjecaja visine snopa i vrste trake također je vidljiva u tabeli 2. Veća postojanost trake i veći učin rezanja postiže se trakom "select-specijal 102".

5. Zaključna razmatranja

Na osnovi iznesenoga dolazimo do slijedećih zaključaka:

1. U praksi se rezanje u snopu malo upotrebljava, iako su prednosti ovakvog načina rezanja očite. Kad god je moguće trebalo bi primijeniti rezanje u snopu.
2. Učin rezanja se postepeno smanjuje s povećanjem broja šipki u snopu, a da se ujedno odgovarajuće smanjuje promjer šipki kako bi površina presjeka odrezivanja ostala konstantna.
3. Vrijeme odrezivanja snopa se postepeno povećava s povećanjem broja šipki u snopu, a da se ujedno odgovarajuće smanjuje promjer šipki.
4. Povećanje broja šipki u snopu, kada je konstantna površina presjeka odrezivanja, ne utječe signifikantno na postojanost trake.
5. Sa stanovišta učina rezanja i postojanosti trake, treba vršiti odrezivanje u što većim snopovima.
6. Sa smanjenjem visine snopa, te sa odgovarajućim povećanjem širine snopa učin rezanja se povećava, dok se vrijeme odrezivanja i postojanost trake smanjuje.
7. Odnos visine snopa h prema širini snopa a treba biti $h/a = 0,1$, do 1. Odnos bliži jedinici daje manje odstupanje od vertikale dok manji odnosi daju kraće vrijeme odrezivanja, veći učin i manju postojanost trake.
8. Traka "select-specijal 102" ima u prosjeku za 14% veći učin

Tabela 2 : Analiza varijance - visina snopa

Varijacija	Stupanj slobode	Procjena varijance	F	F ₀
Broj rezova				
Između stupaca	4	645,5333	40,71	2,87
Između redaka	5	207,42	13,08	2,71
Ostatak	20	15,853335		
Postojanost alata				
Između stupaca	4	15943,075	66,08	2,87
Između redaka	5	241,23755		
Učin rezanja				
Između stupaca	4	442,68145	489,49	2,87
Između redaka	5	6,408604	7,42	2,71
Ostatak	20	0,86350		
Odrezana površina				
Između stupaca	4	2219357,1	25,40	2,87
Između redaka	5	622842,1	7,12	2,71
Ostatak	20	87361,175		
Vrijeme odrezivanja				
Između stupaca	4	5,405495	106,09	2,87
Između redaka	5	0,18335	3,59	2,71
Ostatak	20	0,050949		

9. Vrijeme odrezivanja snopa šipki s trakom "select-specijal 102" je kraće za 10% od vremena odrezivanja s trakom "selec standard 100".
10. Postojanost trake "select-specijal 102" izražena u minutama u prosjeku za 63% veća, a izražena u cm^2 je za 84% veća, od postojanosti trake "select-standard 100".

Treba istaknuti da se navedeni zaključci odnose na odrezivanje čeličnih šipki Č.1530. Za pretpostaviti je da se ovi zaključci mogu primijeniti i za druge materijale.

U daljnjem radu trebalo bi ova istraživanja proširiti na druge materijale, te istražiti odrezivanje cijevi u snopu.

6. Oznake

- a Širina snopa, mm
- F Varijabla F-testa
- F_0 Prag signifikantnosti pri F-testu
- h visina snopa, mm
- R Ravnost spoja trake, $\text{mm}/100 \text{ mm}$
- t_{ph} Vrijeme potrebno za spuštanje okvira pile bez rezanja na dužini od 100 mm, koja je definirana okomicom od donjeg dijela trake kroz središte presjeka obratka do baze obratka $\text{min}/100 \text{ mm}$.
- U Učin rezanja, cm^2/min
- v Brzina rezanja, m/min

7. Literatura

- [1] E. Kuljanić, Utjecaj zategnutosti trake na geometrijske karakteristike odrezivanja horizontalnim tračnim piljenjem "Zbornik radova II Naučno-stručnog skupa, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad 1979.

- [3] E. Kuljanić, Podloge režima obrade za horizontalno tračno piljenje, Savjetovanje o tehnološkim podlogama - Prvomajska, Zagreb 1977.
- [4] E. Kuljanić, Istraživanja značajnih faktora hlađenja i podmazivanja kod horizontalnog tračnog piljenja, Strojarstvo br. 3, 1980.
- [5] Istraživanje horizontalnog tračnog piljenja - podloge i preporuke režima obrade, Laboratorij za obradu i eksploataciju obradnih sistema, Tehnički fakultet Rijeka, Rijeka 1979.

E. Kuljanić, L. Kravanja

BUNDLE OF BARS CUT OFF BY HORIZONTAL BANDSAWING

In this paper some results of an investigation of the cut off of bars bundle by horizontal bandsawing is presented. The increase of the number of bars in the bundle, at constant cut off surface, does not have a significant effect on tool life. However, with an decrease of the height of the bundle, the cut off rate (cm^2/min) is increasing, and the cut off time and tool life are decreasing. The ratio of the height and the width of bundle should be $h/a = 0,5$ to 1. It can be supposed that these results hold for other bars materials than steel Č.1530 (DIN-C45).

XIV. SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE, ČAČAK, 1980.

P. Leskovar, J. Grum, D. Ferlan*)

RAZMERE NA REZALNEM ROBU PRI STRUŽENJU DOMAČIH JEKEL ZA AVTOMATE**)

1. Uvod

Jekla za avtomate so namenjena izdelavi serijskih delov na avtomatskih obdelovalnih strojih v vseh vejah kovinske in elektro industrije. Ta jekla vse močnejše prodirajo v industrijske obrate predvsem zaradi sodobnih avtomatov in računalniško krmiljenih obdelovalnih strojev. Jekla za avtomate so lahko kvalitetna ogljikova in nerjavna jekla pri katerih so kemijska sestava, trdnostne lastnosti in mikrostruktura prirejene tako, da lahko dosežemo zelo dobro obdelovalnost. Obdelovalnost materiala pa je v splošnem definirana z velikostjo rezalnih sil, z obratovalno dobo orodja, zahtevano kvaliteto površine in ugodno obliko odrezkov. Domača jekla za avtomate vsebujejo kot glavna legirna elementa žveplo in svinec. Oba elementa dodajamo z namenom, da se ustvari mikrostruktura v obliki vključkov žvepla oziroma manganovega sulfida in fino dispergirane svinca, pri tem pa naj ostanejo ohranjenemehanske lastnosti. Manganov sulfid in svinec povzročata ugodno obliko odrezkov ob zmanjšanju trenja na cepilni ploskvi. To pa ima za posledico nižjo temperaturo na rezalnem robu, manjše rezalne sile in s tem tudi povečano obratovalno dobo orodja. Pomemben negativen vpliv je le pri dinamično obremenjenih delih, kjer povzročajo vključki svinca zarezni vpliv /1, 2

Jekla za avtomate uporabljamo za proizvodnjo vijakov, osi, gredi, čepov, najrazličnejših avtomobilskih delov itd. in jih lahko dobimo v različnih stanjih: hladno vlečena, luščena, brušena, poboljšana in žarjena.

*) Polde Leskovar, dr. mag.dipl.ing., redni profesor
Janez Grum, dr.mag.,dipl.ing., docent
Dimo Ferlan, dipl.ing., asistent

Iz nekaterih osnovnih raziskav /3, 4, 5, 6, 7/ o vplivu posameznih legirnih elementov na obdelovalnost lahko sklenemo naslednje:

- indeks obdelovalnosti se poveča za faktor 3, če se poveča v jeklu delež žvepla od 0,05 % na 0,35 %;
- rezalna hitrost se poveča za 30 - 50 %, če jeklom dodamo tudi svinec;
- silicij in ogljik premosorazmerno zmanjšujeta indeks obdelovalnosti;
- oblika in velikost sulfidnih vključkov (L/B = dolžina vključka/širini vključka) ima zelo pomemben vpliv na indeks obdelovalnosti;
- fosfor rahlo izboljšuje indeks obdelovalnosti in ga dopuščamo od 0,13 - 0,30 %.

Žveplo je najčešče uporaben dodatek v jeklih za avtomate predvsem zaradi tega, ker je cenen in ni strupen. V zadnji dobi se kljub visokim cenam uveljavlja tudi selen in sicer zaradi povečanja odpornosti proti koroziji in poboljšanja sposobnosti za hladno in toplo preoblikovanje.

Iz povedanega lahko povzamemo najpomembnejše vplive na obdelovalnost jekel za avtomate. Ti so:

- kemijska sestava jekla;
- oblika in velikost vključkov S, Pb;
- enakomerna velikost in porazdelitev vključkov;
- način izdelave oziroma predelave jekla.

2. Pomen raziskav obrabe

V obdelovalnem procesu je najpomembnejši podatek velikost rezalnih sil. Le-te pa so odvisne od obdelovalnega postopka vključno z obdelovalnimi pogoji, od materiala in geometrije rezalnega orodja, od obdelovanega materiala ter hladnega in mazalnega sredstva. Za raziskavo obrabe na rezalnem orodju je zelo pomembna analiza temperaturnih polj. Velikost in porazdelitev temperaturnih polj pa je odvisna predvsem od kontaktnega trenja oziroma rezalnih sil in elasto-plastičnih deformacije odrezka v strižni coni. Iz znanih študij o toplotnih razmerah lahko ugotovimo, da se ne pojavljajo najvišje temperature na rezalni konici, temveč so nekoliko odmaknjene v smeri cepilne ploskve. Oblikovanje kotanje pa je odvisno predvsem od porazdelitve temperaturnih polj, materiala orodja in vrste obdelovalnega

Obstojnost orodja je v splošnem definirana s pogoji obdelave, uporabljenim materialom orodja in obdelovanca. Obraba rezalnega robu, ki je v pretežni meri funkcija rezalnih pogojev, pa določa mikrogeometrijo obdelovanca in metalurško-kemične spremembe v njem. Pod metalurško kemičnimi spremembami razumemo različne fazne transformacije z različnimi mehanskimi lastnostmi vključno zaostaliimi napetostmi, ki lahko v določenih primerih povzročajo celo površinske razpoke. Transformirane plasti in razpoke lahko pri dinamično obremenjenih delih povzročijo zmanjšano korozijsko obstojnost, povečajo obrabo izdelka med obratovanjem in privedejo celo do trajnostnega zloma /10, 11, 12, 13/.

Naše raziskave obdelovalnega procesa zajemajo poleg obdelovalnosti še stanje obdelovanca. Pod stanjem obdelovanca razumemo predvsem činitelje, ki so metalurškega značaja in sicer: tvorba najrazličnejših faz vezanih na naravo materiala, toplotna obdelava, stopnja deformacije ipd.

Glede na mesto, kjer se pojavlja obraba, razlikujemo obrabo na prosti in cepilni ploskvi. V splošnem primeru definiramo obratovalno dobo orodja z ozirom na kritično obrabo na prosti ploskvi. To obrabo so definirali predvsem zaradi hitre in enostavne identifikacije, ki predstavlja integrirano povprečno širino obrabljenega pasu. Širina obrabe na prosti ploskvi VB se pogostokrat rabi za kriterij stanja rezalnega robu. Pove pa kdaj je potrebno orodje naostriti ali zamenjati. Na podlagi sistematičnih raziskav je bilo dogovorjeno, da je orodje iz karbidne trdine in hitroreznega jekla dovolj izrabljeno takrat, ko je pri finem struženju dosegla obraba $VB = 0,1 \dots 0,2$ mm, pri grobem struženju pa $VB = 0,4 \dots 0,5$ mm.

3. Zasnova raziskav

Namen naloge je bil raziskovati obdelovalni proces pri obdelavi dveh vrst jekel za avtomate. V tabelo 1 so vneseni najpomembnejši podatki o sestavi in mehanskih lastnostih jekel za avtomate z visokim indeksom obdelovalnosti in sicer č. 3990 in ATJ 100 Pb.

Pri raziskavah smo izbrali naslednje obdelovalne pogoje:

OZNAKA MATERIALA	KEMIJSKA SESTAVA						MEHANSKE LASTNOSTI			
	C	Mn	Si	S	P	Pb	σ_M	$\sigma_{0,2}$	δ_5	HB
	%	%	%	%	%	%	N/mm ²	N/mm ²	%	-
č. 3990	0,08 do 0,13	0,06 do 1,1	max 0,07	0,26 do 0,32	max 0,12	-	310	420 do 720	9	155
ATJ 100 Pb	0,08 do 0,14	0,08 do 1,11	max 0,05	0,26 do 0,32	max 0,12	0,15 do 0,30	310	420 do 720	9	175

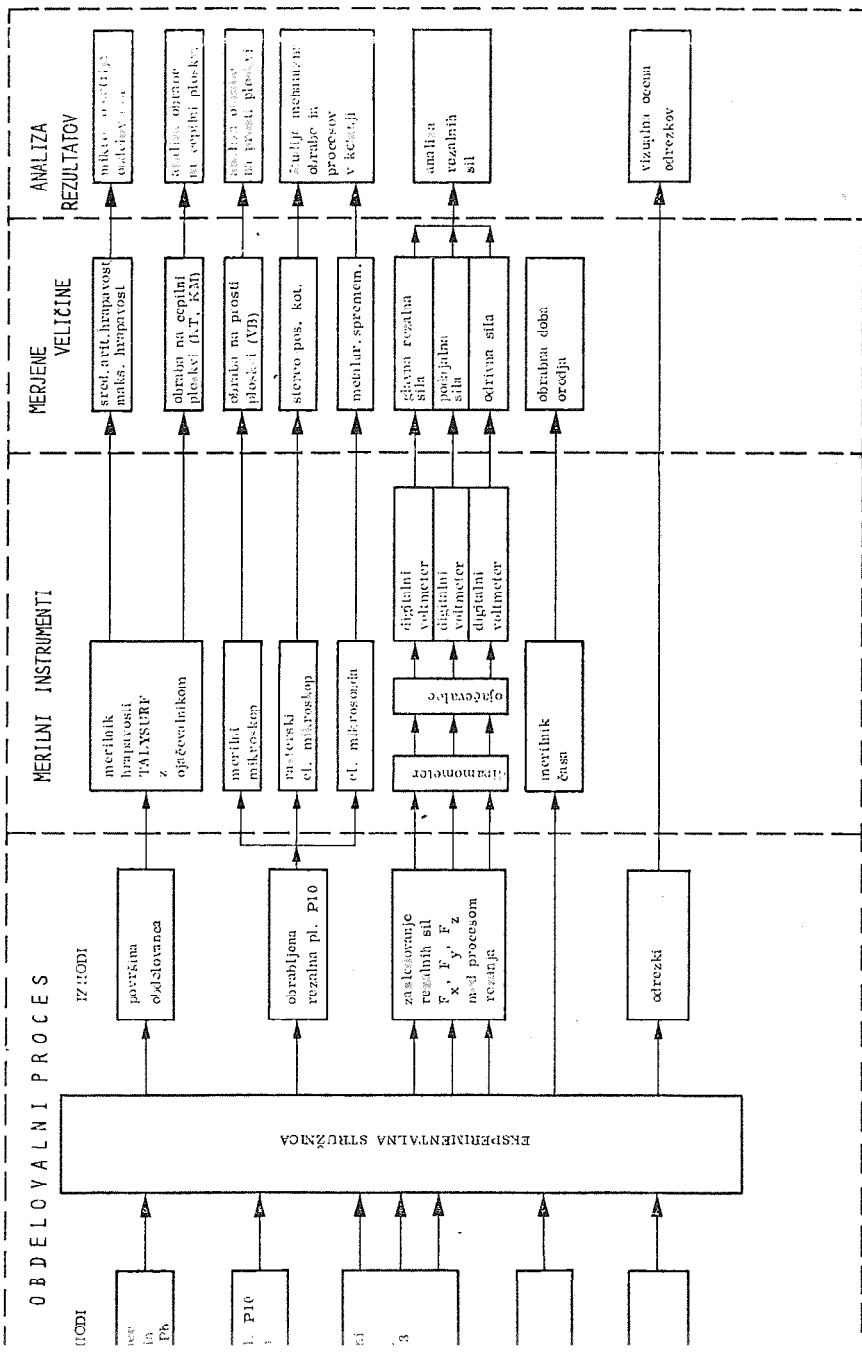
Tabela 1 Kemijska sestava in mehanske lastnosti jekel za avtomate z visokim indeksom obdelovalnosti č.3990 in ATJ 100 Pb

Pri raziskavah smo uporabljali standardne ploščice iz sintranih karbidnih trdin domačega proizvajalca SINTAL-a iz Zagreba s tovarniško oznako SPUN-SV08 kvalitete P10.

Geometrija orodja: prosti kot $\alpha = 5^{\circ}$
 cepilni kot $\gamma = 6^{\circ}$
 kot nagiba $\lambda = 0^{\circ}$
 nastavni kot $\kappa = 75^{\circ}$
 kot konice $\epsilon = 90^{\circ}$
 radij zaokrožitve $r = 0,8 \text{ mm}$

Merilni stavek za ugotavljanje kriterijev obdelovalnosti in obrabnih mehanizmov na orodju je sestavljen iz elementov, ki so prikazani na sliki 1. Merilni stavek omogoča popolno analizo vseh značilnosti, ki se pojavljajo med orodjem, obdelovancem in odrezkom. V našem primeru smo lahko sproti opazovali naslednje karakteristike:

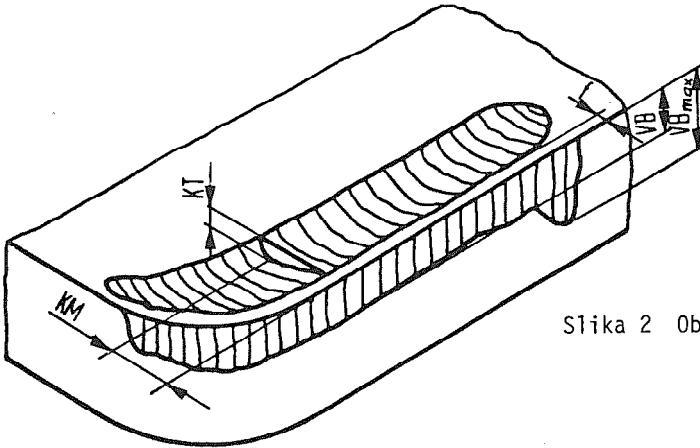
- spremembe vseh komponent rezalnih sil;
- spremembe mikrogeometrije obdelovanca;



Slika 1 Shematični prikaz eksperimentalnega stavka za ugotavljanje kriterijev obdelovalnosti

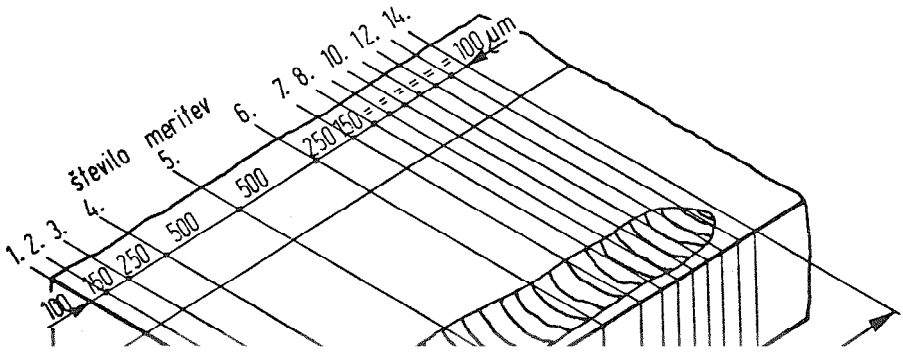
4. Rezultati raziskav in analiza

Slika 2 prikazuje značilne veličine, ki definirajo obrabo rezalnega roba na prosti in cepilni ploskvi. Znano je, da se pojavlja kotanjasta obraba v oddaljenosti "f" od rezalnega roba. Medtem ko obraba narašča, se kotanja približuje rezalnemu robu. S tem zmanjšuje "f" kar povzroča, da se slabšajo trdnostne lastnosti rezalnega roba. Pri tem se povečuje širina kotanje KB in njena globina K

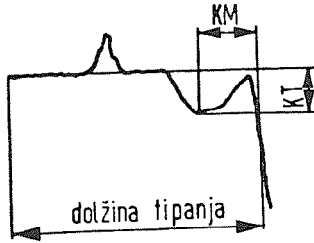


Slika 2 Obraba rezalne ploščice

Kotanjasto obrabo smo zasledovali na površini 1,5 x 2,5 mm tako, da smo napravili 14 posnetkov reliefa površine in s pomočjo njih sestavili topografsko sliko, ter določili karakteristične veličine obrabe na cepilni ploskvi KM, KT in



Na sliki 3 je prikazana porazdelitev otipanih ravnin na cepilni ploščki rezalne ploščice, na sliki 4 pa je prikazan posnetek take ravnine in sicer v prečni smeri kotanje.

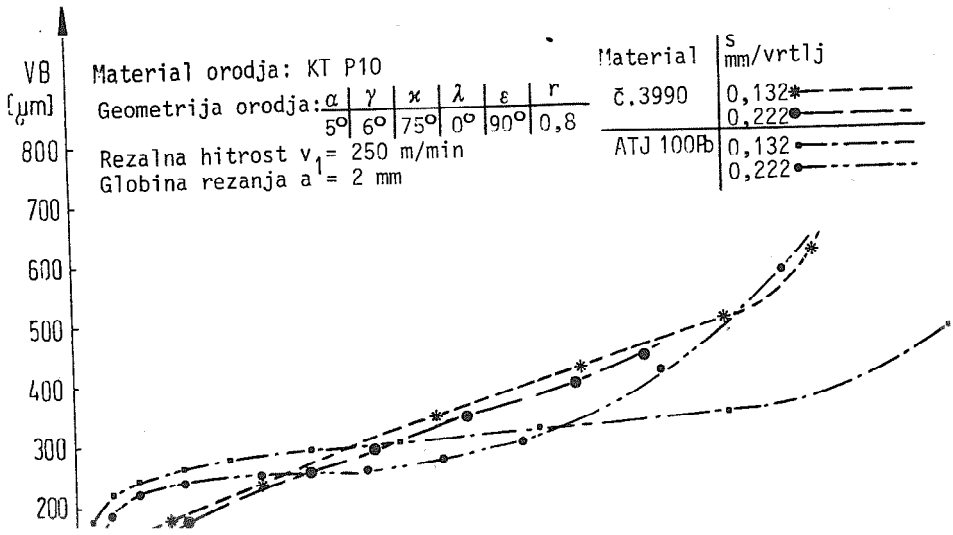


Slika 4 Posnetek profila kotanjaste obrabe

Obrabo na prosti ploščki VB smo merili s pomočjo optičnega merilnega mikroskopa, opremljenega z dvema mikrometerskima vijakoma, s katerima premikamo koordinatno mizico v dveh med seboj pravokotnih smereh.

4.1. časovni potek obrabe na prosti ploščki

Slika 5 kaže časovno naraščanje obrabe na prosti ploščki VB. Obrabo smo zasledovali v določenih časovnih intervalih izbranih na osnovi predvidenega poteka obrabe na prosti in cepilni ploščki in končnega števila rezov na preizku-



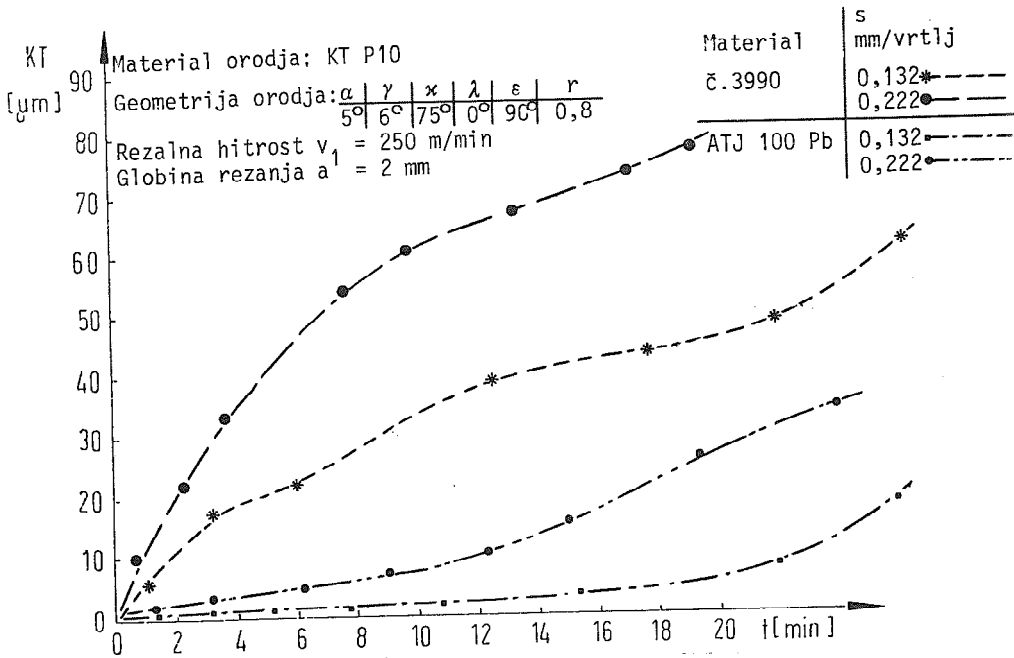
šancu Izbrani in izmerjeni časi rezanja so bili pri hitrosti $v_1 = 250$ m/min in podajanju $s_1 = 0,132$ mm/vrtlj naslednji; 1,05; 3,45; 6,03; 12,41; 17,47; 21,69; 26,24 min in pri hitrosti rezanja $v_1 = 250$ m/min in podajanju $s_2 = 0,222$ mm/vrt 0,67; 2,15; 3,81; 7,75; 9,55; 12,92; 17,07; 19,12 min.

Obraba na prosti ploskvi pri obdelavi jekla ATJ 100 Pb narašča najprej hitro, nato sledi počasnejše naraščanje in v končni fazi po daljšem času zopet hitreje narašča. Pri obdelavi drugega materiala č.3990 pa je druga prehodna faza naraščanja obrabe mnogo bolj strma, toda po času rezanja 14 minut konvergira k isti vrednosti $VB = 0,6$ mm. Nekoliko večje odstopanje se pojavi le pri obdelavi jekla ATJ 100 Pb pri podajanju 0,132 mm/vrtlj, kjer je po enakem času le $VB = 0,35$ mm. Na potek obrabe vpliva v največji meri hitrost rezanja, v nekoliko manjši meri pa tudi podajanje. Iz posameznih krivulj lahko razberemo, da ima največji vpliv na obrabo orodja prav hitrost rezanja, saj je čas rezanja do enake obrabe VB pri hitrosti rezanja $v_1 = 250$ m/min za faktor 4 - 5 x večji kakor pri rezanju s hitrostjo $v_3 = 500$ m/min,

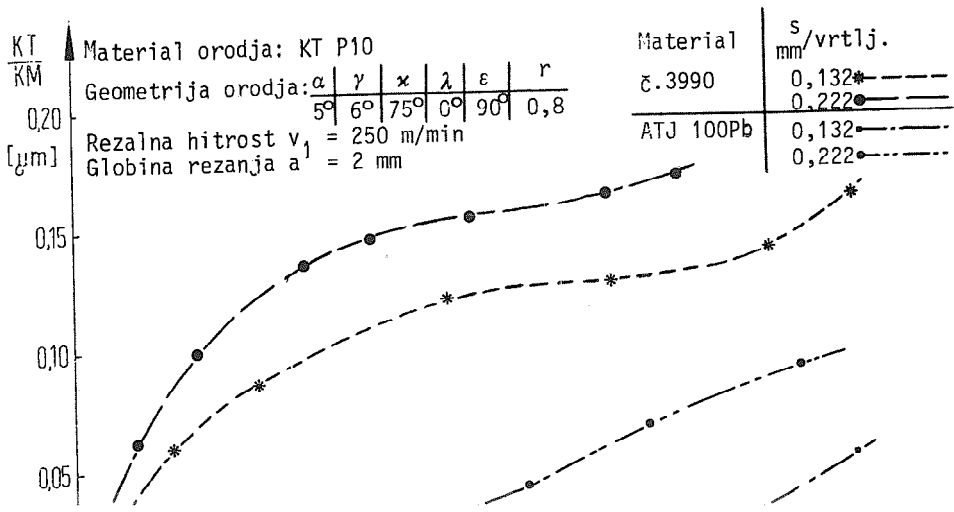
4.2. časovni potek obrabe na cepilni ploskvi

Zelo zanimivi so tudi poteki obrabe rezalnega orodja na cepilni ploskvi. Zasedovali smo spreminjanje karakterističnih veličin na njej in sicer KT , VB in KM . Slika 6 kaže časovno spreminjanje globine KT in slika 7 spreminjanje razmerja KT/KM najgloblje točke kotanjaste obrabe proti oddaljenosti le-te od rezalnega robu. Globina kotanje najmočneje narašča pri obdelavi jekla č.3990, ki vsebuje samo žveplo in sicer pri večjem podajanju hitreje kot pri manjšem. Pri obdelavi jekla ATJ 100 Pb, ki vsebuje poleg žvepla še svinec, pa je globina kotanje bistveno manjša.

Iz omenjenega lahko zaključimo, da ima dodatek svinca v teh jeklih bistveni vpliv na oblikovanje kotanje. To si lahko tolmačimo z razlago, da svinec zmanjša potrebno energijo za generiranje odrezka, razvije se manjša toplota zaradi plastične deformacije in pri tem dobimo tudi nižja temperaturna polja in manjšo abrazijo. Na sliki 7, ki ponazoruje karakteristično razmerje kotanje, se vidita



Slika 6 časovni potek naraščanja globine kolanje



Na slikah 8, 9 in 10 je prikazana obraba na cepilni ploskvi pri različnih hitrostih v_1 , v_2 , v_3 in podajanjih s_1 in s_2 za obe vrsti jekel. Obraba je posneta na cepilnih ploskvah pri različnih prerezih na koordinatni osi y pri največjih globinah KT.

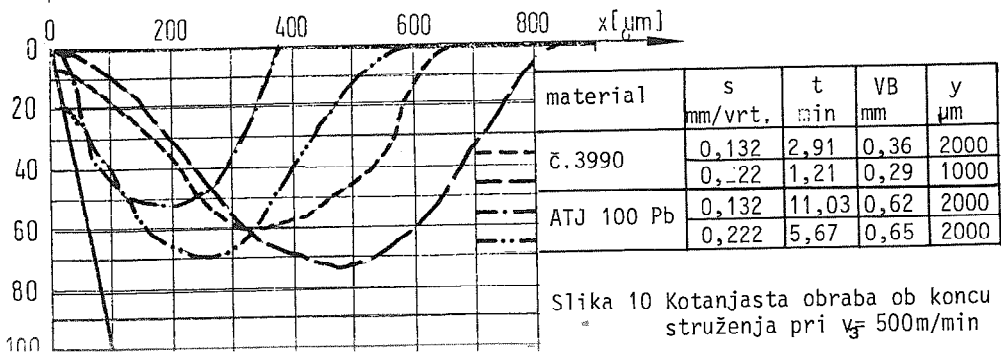
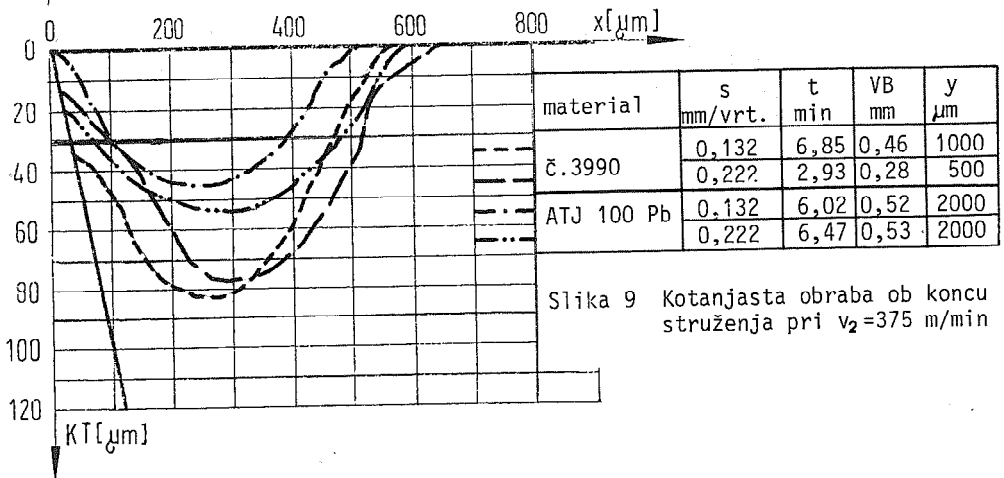
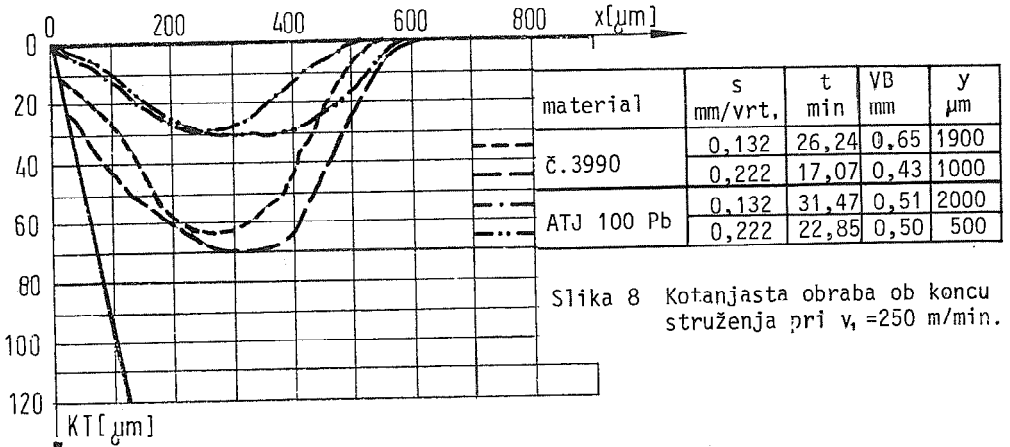
Slika 8 velja za jekli ATJ 100 Pb in č.3990 pri rezalni hitrosti $v_1 = 250$ m/min ter podajanju $s_1 = 0,132$ mm/vrtlj in $s_2 = 0,222$ mm/vrtlj. Kotanjasta obraba je pri večjem podajanju širša, dočim so globine kotanje po istem času rezanja in istih pogojih rezanja manjše pri jeklu ATJ 100 Pb. Manj izrazite pa so razlike pri različnih podajanjih.

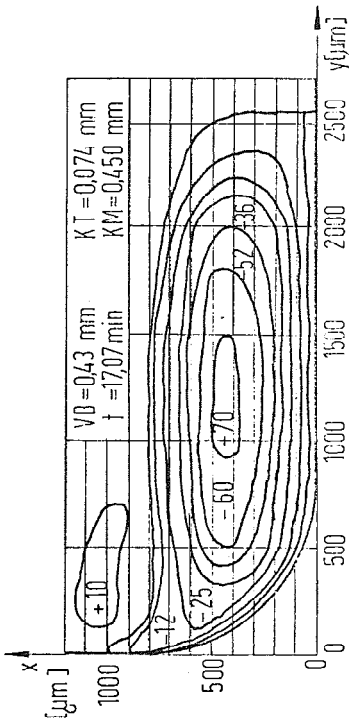
Slika 9 velja za ista jekla vendar pri rezalni hitrosti $v_2 = 375$ m/min in pri podajanjih $s_1 = 0,132$ mm/vrtlj in $s_2 = 0,222$ m/vrtlj.

Slika 10 posreduje obrabo pri rezalni hitrosti $v_3 = 500$ m/min. Slikam 8, 9 in 10 so pripisane v tabelarični obliki najznačilnejše vrednosti, ki kažejo tako potek obrabe v odvisnosti od časa kakor tudi njeno mesto (koordinata y). S primerjanjem vseh diagramov med seboj lahko zaključimo, da obraba na cepilni ploskvi narašča znatno počasneje pri jeklu ATJ 100 Pb kakor pri č.3990. Enako kakor pri tolmačenju obrabe na prosti ploskvi lahko zapišemo tudi za obrabo na cepilni ploskvi, da je za plastično deformacijo odrezka zaradi Pb potrebna manjša sila. Posledica tega so tudi manjši pritiski na pregreto kotanjo in s tem je tudi manjša abrazija.

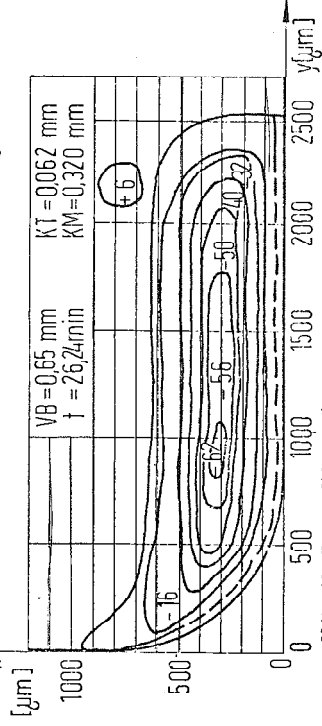
4.3. Topografija obrabe na cepilni ploskvi

Iz opisanih posnetkov po posameznih koordinatah y smo sestavili topografije kotanje v istih časovnih intervalih, kot smo opazovali obrabo na prosti ploskvi VB. Topografije obrabe na cepilni ploskvi so prikazane na slikah 11, 12, 13 in 14. Pri jeklu ATJ 100 Pb dobimo pri hitrosti $v_1 = 250$ m/min in podajanju $s_1 = 0,132$ mm/vrtlj po času $t = 31,30$ min kotanjo široko $500 \mu\text{m}$ in globoko $24 \mu\text{m}$ pri obrabi na prosti ploskvi VB = $0,51$ mm. Pri jeklu č.3990 pa po času $t = 26,24$ min in istem režimu rezanja kotanjo širine $650 \mu\text{m}$ in globino $62 \mu\text{m}$ pri

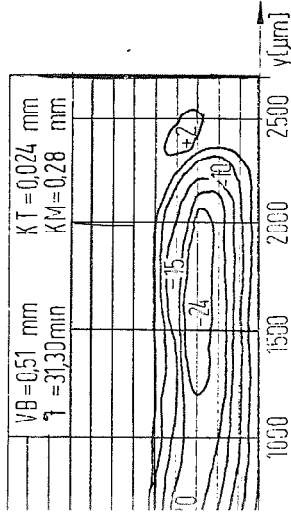




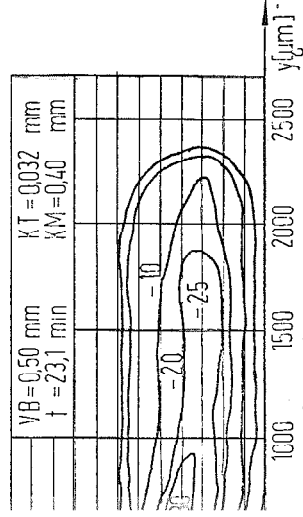
Slika 13 Topografija rezalnege robu
 Rezañni pogoji: $v_f = 250 \text{ m/min}$, $s_p = 0.222 \text{ mm/vrt.}$, $a = 2 \text{ mm}$
 Material obdelovanca: C.3990 Material orodja: KT P10



Slika 14 Topografija rezalnege robu
 Rezañni pogoji: $v_f = 250 \text{ m/min}$, $s_p = 0.132 \text{ mm/vrt.}$, $a = 2 \text{ mm}$
 Material obdelovanca: C.3990 Material orodja: KT P10



Slika 15 Topografija rezalnege robu
 Rezañni pogoji: $v_f = 250 \text{ m/min}$, $s_p = 0.132 \text{ mm/vrt.}$, $a = 2 \text{ mm}$
 Material obdelovanca: ATU 100 Pb Material orodja: KT P10



Slika 16 Topografija rezalnege robu
 Rezañni pogoji: $v_f = 250 \text{ m/min}$, $s_p = 0.222 \text{ mm/vrt.}$, $a = 2 \text{ mm}$
 Material obdelovanca: ATU 100 Pb Material orodja: KT P10

Pri hitrosti rezanja $v_1 = 250$ m/min in podajanju $s_2 = 0,222$ mm/vrtlj po času $t = 23,1$ min dobimo pri istem jeklu ATJ 100 Pb kotanjo širine $700 \mu\text{m}$ in globine $32 \mu\text{m}$ pri obrabi na prosti ploskvi $VB = 0,50$ mm, dočim dobimo pri jeklu č.3990 po času $t = 17,07$ min kotanjo širine $800 \mu\text{m}$ in globine $70 \mu\text{m}$ pri $VB 0,43$ mm. Iz omenjenih podatkov sledi, da je približno v isti časovni razliki samo globina kotanje bistveno večja, dočim je VB celo nekoliko manjši,

Širina kotanje je v vseh primerih najprej po krajšem času rezanja nekoliko ožja in se proti koncu rezanja poveča in sicer pri podajanju $0,132$ mm/vrtlj za 10% , pri podajanju $0,222$ mm/vrtlj pa za 20% .

5. Sklepi

Iz raziskav lahko povzamemo nekatere zanimive sklepe:

- Obraba na prosti ploskvi ne daje dovolj podatkov o procesu obrabe na rezalnih robovih. Obraba na prosti ploskvi in globina kotanje ne naraščata v sorazmerju in je včasih kriterij $VB = 0,4$ mm preoster, saj je kotanja komaj pričela nastajati in je s tem trdnost rezalnega robu še vedno zadovoljiva,
- Oblika kotanjaste obrabe na cepilni ploskvi je odvisna od razmer pri rezanju, predvsem pa od hitrosti in podajanja. Na obliko in velikost kotanje močno vplivata dodatek Pb in S. Iz prikazanih raziskav lahko zaključimo, da imajo na obdelovalnost neprimerno večji vpliv enakomerno dispergirani svinčevi vključki kot pa manganovega sulfida (MnS), ki se nabere na dnu kotanje,
- Pri manjših hitrostih rezanja se na cepilni ploskvi zadržuje MnS, ki služi kot mazašno sredstvo in s tem zmanjšuje kontaktno trenje ter ustvarja bistveno nižje temperaturno polje. Posledica tega je plitkejša kotanja. Na globino kotanje pa vplivajo tudi fino in enakomerno dispergirani vključki svinca v jeklu ATJ 100 Pb, ki jo še dodatno zmanjšujejo, toda v tem primeru zaradi manjših rezalnih sil, potrebnih za generiranje odrezkov,
- V teku so dodatne raziskave vplivnosti oblike in velikosti MnS in Pb na pobo-

- Odrezki so v splošnem zelo ugodni in skoraj neodvisni od stopnje obrabe. Drobnejši so pri jeklu Č.3990, nekoliko večji in daljši pa so pri jeklu ATJ 100 P. Vse oblike pa so zelo primerne in ne otežkočajo obdelave na avtomatskih obdelovalnih strojih.

Kakor smo že uvodoma omenili so bile raziskave jekel za avtomate z visoko indeksom obdelovalnosti zastavljene zelo široko, Zaradi omejitve obsega našega prispevka, smo lahko prikazali le manjši del rezultatov. Obširnejše poročilo z analizo rezultatov raziskav bomo objavili v Strojniškem vestniku.

Reference

- /1/ Razinger, A.: Nerjaveča jekla za obdelavo na avtomatih, Železarski zbornik (1970), 271 - 277.
- /2/ Razinger, A.: Osvajanje obdelovalnih jekel - ogljikovih in nizkolegiranih - legiranih s svincem, VII. posvetovanje - proizvodno strojništvo, Novi Sad 1971.
- /3/ Landolt, Börnstein : Zahlenwerte und Funktionen aus Physik, Chemie, Astronomie, Geophysik, Technik, Springer Verlag, Berlin 1963.
- /4/ Müller, H.: Die Zerspanbarkeit von Automatenstahl Stahl und Eisen, 75, (1971) 1171 - 1182.
- /5/ Paliwoda, E.J.: The machinability of type a leaded steels, Transactions of the ASM, 50 (1958), 259 - 270.
- /6/ Thurman, J.W., Paliwoda, E.J., Duwell, E.J.: Some aspects of the morphology and chemistry of lead in leaded high sulphur steels, Transactions of the ASM, 50, (1958). 209 - 226.
- /7/ Araki, T.: A review on development of free cutting steels in Japan, Bull, Japan Soc. of Prec. Engg., 13, 2, (1979), 59 - 61,
- /8/ König, W., Essel, K.: New tool materials - wear mechanism and application, Annals of the CIRP, 24, (1975), 1 - 5.
- /9/ Redford, A.H., Mills, B., Aktar, S.: Temperature - Tool life relationships for resulphurised low carbon free machining steels, Annals of the CIRP 25, (1976), 89 - 91,
- /10/ Leskovar, P.: Investigations of the cutting edge on cemented carbide tool, Annals of the CIRP, 25, (1976), 11 - 113,
- /11/ Leskovar, P., Grum, J.: Vpliv rezalnih pogojev na proces obrabe pri jeklih za avtomate, XII. posvetovanje proizvodnega strojništva, (1978), 1 - 14.

P. Leskovar, J. Grum, D. Ferlan

CUTTING EDGE CONDITIONS AT TURNING OF DOMESTIC STEELS FOR FREE CUTTING

This paper provides some investigation results on the conditions on the cutting edge from cemented carbide plates at turning of domestic steel for free cutting. The steels under investigation have just recently appeared at the home market and are produced on the basis of an inclusion of lead and sulphur. The wear degree on rake flank and major flank and the influence of wear on surface quality and the magnitude of cutting forces are shown. The results on wear are evaluated according to a special topographical method developed at home, offering a more whole-some view on the wear mechanism.

XIV SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE, ČAČAK, 1980.

S. Margić *)

PRIMJENA KERAMIČKIH REZNIH PLOČICA
U NAŠOJ INDUSTRIJI **)

1. Uvod

O keramičkim reznim pločicama znamo u našoj zemlji već preko 30 godina. Objavljeni su mnogobrojni radovi u kojima je taj alat preporučen. Svi autori se slažu da on ima svoje područje uspješne primjene. U stranoj literaturi iznijeti su primjeri iz prakse na kojima su postignuti vrlo dobri rezultati, a ipak se taj alat u našoj industriji koristi vrlo malo.

Ako prodor keramičkih reznih pločica u industriju usporedimo s prodorom tvrdog metala, kojem je trebalo samo 10 do 15 godina od pronalaska da ga prihvati sva industrija, onda je uspjeh keramičkih reznih pločica vrlo skroman.

U traženju razjašnjenja za ovu situaciju pokrenuta su istraživanja u našoj industriji a prikupljeni podaci su ovdje objavljeni.

2. Istraživanja u proizvodnji

Na temelju iskustva sakupljenog u prethodnim laboratorijkim ispitivanjima [1 ... 5], tokom 1979. istraživanja su usmjerena na utvrđivanje područja primjene, potrošnju, uvjete rada i mogućnosti tog alata u našoj industriji. U tom cilju organizirana je anketa kojom su obuhvaćena sva veća metaloprerađivačka poduzeća iz cijele zemlje kao : TAM - Maribor, TOMOS - Kopar, PRVOMAJKA - Zagreb, FAMOS - Sarajevo, SOKO - Mostar, CRVENA ZASTAVA - Kragujevac, PRVOMAJSKA - Raša, ETA - Cerčno, TORPEDO - Rijeka, ŽELJEZARNA - Ravne, IMV - Novo Mesto i drugi. Osim ankete korištena su i sva lična poznanstva. Bilo jednim ili drugim načinom anketirano je oko 30 poduzeća spomenutog ranga. Autor je lično posjetio većinu poduzeća za koja je dobio informaciju da koriste keramičke rezne pločice, dobio je niz informacija o iskustvima tvornica s tim alatom, tehnološke postupke, obim primjene pločica i potrošak, a u nekoliko tvornica organizirana su i planom predviđena ispitivanja.

2.1 Godišnja potrošnja alata

Na temelju svih prikupljenih podataka, ali i realne procjene o mogućim korisnicima u industriji koja nije obuhvaćena anketom, može se s dovoljnom sigurnošću ustvrditi :

- Primjena keramičkih reznih pločica u našoj zemlji je minimalna i upotrebljava ih najviše 10 ... 12 poduzeća, ali svako samo na nekoliko strojeva. Autoru je poznato da samo u jednom poduzeću radi linija od 15 strojeva na kojima se vrlo uspješno upotrebljavaju keramičke pločice. U svim slučajevima radi se o postrojenju tokarenja.

- U većini slučajeva se radi o novoisporučenim, vrlo snanim i ukrućenim strojevima, a tehnologija i alat preuzeti su od stranog partnera. Samo u malom broju slučajeva došlo je do početne primjene na temelju vlastitih ispitivanja, odnosno ispitivanja

asortiman rada na istim strojevima .

- Pločice se skoro isključivo koriste za obradu sivog lijeva, a samo u nekoliko slučajeva za obradu čelika .

- Ukupni godišnji potrošak svih utvrđenih potrošača iznosi nešto manje od 15.000 komada s tim da je potrošak čisto oksidnih pločica (bijelih) i oksidno karbidne keramike (crnih) prilično izjednačen, tj. 8.000 + 7.000 kom. Taj odnos se mijenja jer i pojedini potrošači još vrše ispitivanja ili im uvjeti nabave diktiraju prelaz s jednih pločica na druge.

Na temelju spomenutih količina i prosječnih specifičnih težina aluminijsko oksidne keramike i karbidne keramike ukupna težina upotrebljenih pločica iznosi oko 120 kg godišnje.

Ako se na račun neutvrđenih potrošača prednje vrijednosti uvećaju za 50% onda se dobije :

22.500 kom. pločica, odnosno 180 kg keramičkog reznog alata kao realno procjenjena godišnja potrošnja tog alata u našoj zemlji.

2.2 Udio obrade sivi lijev - čelik

Već je rečeno da se keramičke rezne pločice koriste prvenstveno za obradu sivog lijeva, a u maloj mjeri za obradu čelika.

U našoj industriji utvrđeni su slijedeći primjeri :
za obradu sivog lijeva

- u motornoj proizvodnji : obrada zamašnjaka,
- u automobilskoj industriji : obrada doboša kočnica zadnjih kotača i potisne ploče kvačila,

za obradu čelika

- obrada radnog vretena alatnog stroja i još nekoliko manjih pozicija.

2.3 Režimi rada, postojanost oštrice alata (T) i iskoristivost pločice (η_p)*

Keramički rezni alat je izuzetno osjetljiv na promjene u strukturi materijala, naročito na tvrde ili pjeskovite uključke u vanjskoj površini materijala, na promjene u dubini rezanja, na isprekidani rez i često ulaženje u zahvat. Sve to jako smanjuje postojanost alata i pri industrijskim uvjetima proizvodnje ona je nekoliko puta manja, a lomovi oštrice češći, nego pri laboratorijskim ispitivanjima.

Na ovome mjestu iznijeti su stvarni podaci o režimima rada i postignutim rezultatima u našim poduzećima, ali nisu izričito navedeni proizvodi, jer se to ne može bez suglasnosti tvornice već su podaci svrstani u grupe po srodnosti proizvodnje.

- Pri gruboj obradi sivog lijeva uključujući i skidanje vanjske površine čija je struktura u pojedinim partijama neujednačena s vanjskim tvrdim uključcima, a promjena u dubini rezanja je velika :

$$\begin{array}{lll} v = 260 \text{ m/min,} & s = 0,4 \text{ mm,} & a = 3...5 \text{ mm,} \\ T = 2...3 \text{ min,} & \eta_p < 50\% , & VB > 1 \text{ mm.} \end{array}$$

Sigurno se može ustvrditi da je pri ovim uvjetima rada usvojena brzina rezanja i posmak preveliki. Laboratorijska ispitivanja pri sličnim uvjetima rada su pokazala da se mnogo bolji rezultati dobivaju pri $v = 200 \text{ m/min}$, $s = 0.218...0,25 \text{ mm}$, $a = 3...5 \text{ mm}$, $T = 8...12 \text{ min}$.

- Pri gruboj obradi sivog lijeva uključujući i skidanje

bini su manje

$$\begin{aligned} v &= 300 \dots 330 \text{ m/min.} & s &= 0,25 \dots 0,32 \text{ mm,} & a &= 2 \dots 3 \text{ mm,} \\ T &= 10 \dots 12 \text{ min,} & \eta_p &\approx 70 \dots 80\%, & VB &\approx 0,40 \text{ mm.} \end{aligned}$$

- Pri polugruboj obradi sivog lijeva uključujući i skidanje vanjske površine kad su odljevci vrlo pažljivo lijevani, dubina rezanja manja i bez promjena, a vrh oštrice alata u stalnom je zahvatu s čistim materijalom ispod vanjske površine. Prije ovog zahvata vanjski je rub odljevka zakošen.

$$\begin{aligned} v &= 300 \text{ m/min,} & s &= 0,6 \text{ mm,} & a &= 1,2 \dots 1,6 \text{ mm,} \\ T &= 20 \dots 25 \text{ min,} & \eta_p &= 90 \dots 95\%, & VB &= 0,30 \dots 0,40 \text{ mm.} \end{aligned}$$

Stroj ima kontinuiranu promjenu okretaja tako da je brzina rezanja pri tokarenju čelone površine konstantna. Posmak $s = 0,6 \text{ mm}$ odabran je iz razloga što se želi dobiti spiralno hrpava čelona površina.

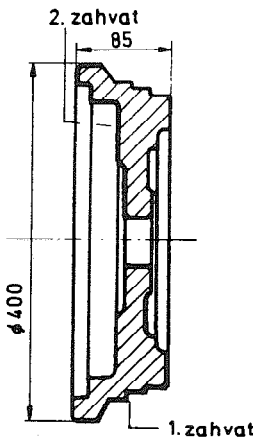
- Završna obrada sivog lijeva poslije skinute vanjske površine.

- $v \approx 400 \text{ m/min,}$ $s = 0,2 \text{ mm,}$ $a = 0,4 \text{ mm,}$
 $T = 20 \dots 25 \text{ min,}$ $\eta_p \approx 90 \dots 95\%,$ $VB \approx 0,2 \text{ mm.}$
- $v \approx 300 \text{ m/min,}$ $s = 0,125 \text{ mm,}$ $a = 0,4 \text{ mm,}$
 $T = 35 \dots 45 \text{ min,}$ $\eta_p \approx 90 \dots 95\%,$ $VB = 0,2 \dots 0,3 \text{ mm.}$
- $v \approx 250 \text{ m/min,}$ $s = 0,33 \text{ mm,}$ $a = 0,4 \text{ mm,}$
 $T = 20 \dots 25 \text{ min,}$ $\eta_p \approx 90 \dots 95\%,$ $VB = 0,2 \dots 0,3 \text{ mm.}$
- $v \approx 400 \text{ m/min,}$ $s = 0,45 \text{ mm,}$ $a = 0,4 \text{ mm,}$
 $T = 15 \dots 20 \text{ min,}$ $\eta_p \approx 90 \dots 95\%,$ $VB \approx 0,2 \text{ mm.}$

Površine obrađene sa posmacima $s = 0,33 \text{ mm}$, odnosno $s =$

3. Primjeri iz naše industrije

1. primjer



Stroj : 1 - vretena vertikalna tokarilica
P = 42 kW

Materijal izratka : Meehanite GC

- gruba obrada

$v = 220 \dots 280$ m/min, $s = 0,4$ mm,
 $a = 3 \dots 5$ mm, $T = 2 \dots 3$ min, $VB > 1$ mm

Alat: keramič. rez. pločica SN56, SHT1
ili Widalox R

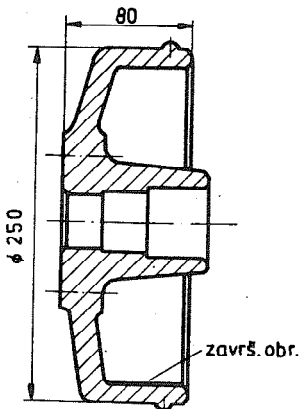
- završna obrada

$v = 350 \dots 400$ m/min, $s = 0,2$ mm, $a = 0,4$
 $T = 15 \dots 20$ min, $VB = 0,20 \dots 0,30$ mm

Alat: keramič. rez. pločica SN56

3.1 - Zamašnjak

2. primjer



Stroj : 2 - vretena vertikalna tokarilica
P = 20 kW

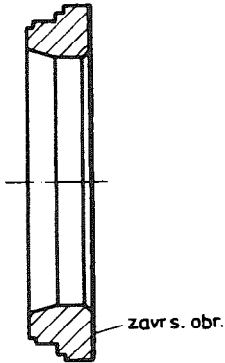
Materijal izratka : SL-26

- završna obrada, prije honovanja

$v = 400$ m/min, $s = 0,45$ mm, $a = 0,4$ mm,
 $T = 15 \dots 20$ min, $VB = 0,2$ mm

Alat: keramič. rez. pločica CEROG F

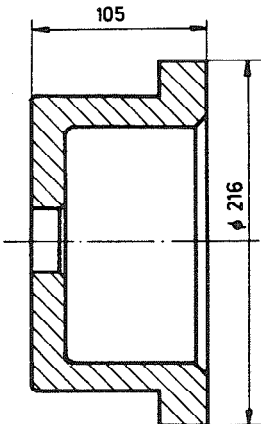
3. primjer



Stroj : 1 - vretena vertikalna tokarilica
Materijal : SL-poseban lijev 170...210 HB
- završna obrada
 $v = 220...300$ m/min, $s = 0,125$ mm, $a = 0,4$ mm,
 $T = 35...45$ min, $VB = 0,2...0,3$ mm
Alat : keramič. rezna pločica SN56

3.3 - Potisna ploča spojke

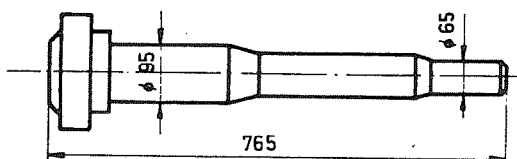
4. primjer



Stroj : 1 - vretena horizontalna tokarilica
 $P = 28$ kW
Materijal izratka : SL-22
- gruba obrada
 $v = 250...350$ m/min, $s = 0,25...0,32$ mm
 $a = 2...3$ mm, $T = 12...16$ min, $VB \approx 0,4$ mm
Alat : keramič. rezna pločica SN56
- završna obrada
 $v = 350...450$ m/min, $s = 0,2$ mm,
 $a = 0,5...1$ mm, $T = 30...36$ min, $VB \approx 0,2$ mm
Alat : keramič. rezna pločica SN56

3.4 - Ležajna puškica i slič.

5. primjer



3.5 - Radno vreteno, pojednostavljeno

Stroj : 1 - vretena horizontalna tokarilica, P = 28 kW

Materijal izratka : Č.1631.3 - otkivak

- završna obrada po dužini cijelog vretena

$v = 200$ m/min, $s = 0,26$ mm, $a = 1,5$ mm

$T = 25...30$ min, $VB = 0,25...0,30$ mm . Alat : k.r.p. SN56

4. Zaključak

Keramičke rezne pločice imaju svoje nedostatke koji su zapaženi kod mnogih laboratorijskih ispitivanja i u citiranim radovima su navedeni pa ovdje neće biti ponavljani, ali se oni kod proizvodnih uvjeta rada mnogo povećavaju. Međutim, i pored svih nedostataka u pločicama njihova korisna primjena u našoj industriji mogla bi biti nekoliko puta veća kad bi otklonili naše unutarnje slabosti.

Udio keramičkih reznih pločica u ukupnom volumenu skinute strugotine danas je kod nas znatno ispod 1%. Procjenjujemo da postoje realne mogućnosti za povećanje tog udjela na 2...3% .

Najveći problem za primjenu keramičkih reznih pločica leži u neujednačenoj strukturi, nejednakim dodacima i ekscentričnosti u pojedinim partijama odljevaka. Te razlike se neprestano zapažaju u isporukama pojedinih kooperanata i neprestano zadaju brige

ne. Međutim, i u tome je razlika od tvornice do tvornice. Tamo gdje pločice poznaju bolje, gdje su izvršili vlastita ispitivanja i režime rada prilagodili svojim uvjetima i rezultati su bolji. Ima poduzeća gdje postižu vrlo dobre rezultate. Ali ima slučajeva gdje ove pločice poznaju manje, vlastita ispitivanja nisu izvršili već uz manje korekcije primjenjuju dobivenu tehnologiju. Tamo su i rezultati slabiji.

Zapaženo je da u nekim slučajevima tehnološki postupci nisu pravilno postavljeni. Poznato je da pločice često pucaju u trenutku dodira s vanjskom neobrađenom i nešto ekscentrično postavljenom površinom. To je česti slučaj kod početne obrade odljeva. Zbog toga je obavezno da se na rubu, gdje će započeti obrada, najprije izradi zakošenje do čistog materijala, a onda na tom mjestu započne s čeonom ili uzdužnom obradom.

Dubina reza započeta na zakošenoj strani mora po mogućnosti biti takva da vrh oštrice zahvata u čisti materijal ispod vanjske površine.

U koliko je ekscentricitet vanjske površine tako velik da se prednji uvjet ne može ostvariti jednim rezom onda je bolje u prvom prolazu obradu izvršiti odgovarajućim tvrdim metalom a ne keramikom.

U koliko se na kraju jedne rotacione površine želi ukopati neki utor, npr. kao prijelazni radijus ili za izlazak noža ili brusa, treba voditi računa o promjeni dubine rezanja koja na tom nastaje. Bolje je najprije završiti vanjski promjer izratka, a onda utor ukopati u posebnom rezu, nego u istom rezu dovršiti vanjski promjer i utor i pri tome dobiti naglo promjenu dubine reza. Slobodan izlazak noža iz zahvata je vrlo važan za postojanost alata. Ti problemi se javljaju i kod kopirnog tokarenja raznih promjera.

Na kraju, svakako se preporučuje da se ispitivanja obrade s ovim alatom nastave.

Reference

- [1] Margić S., Kratki pregled rezultata jednog naučno-istraživačkog rada, VII Savjetovanje proizvodnog mašinstva, Novi Sad, 1971.
- [2] Margić S., Osvrt na neke posebne probleme iz područja proizvodnje i primjene keramičkih reznih pločica, Bilten CBDI, Rijeka, 1971.
- [3] Margić S., Razvoj i primjena rezne keramike proizvedene poslije 1970., Bilten CBDI, Rijeka, 1977.
- [4] Margić S., Rezultati istraživačkog rada s keramičkim reznim pločicama proizvodnje 1977., BIAM'78.
- [5] Margić S., Keramičke rezne pločice - brazda na kraju trošenja ledne površine alata i njen utjecaj na postojanost alata pri proizvodnim uvjetima rada, XII jugoslavensko posvetovanje proizvodnoga strojništva, Maribor, 1978.

S. Margić

ANWENDUNG DER KERAMISCHEN SCHNEIDEPLÄTTCHEN IN DER INDUSTRIE JUGOSLAWIENS

In der Industrie Jugoslawiens sind keramische Schneidwerkzeuge noch wenig in Gebrauch. Um den Gebrauch und das Anwendungsgebiet dieser Werkzeuge festzustellen wurde eine Rundfrage in der Industrie die alle grösseren Metallbearbeitungswerke umfasste unternommen. Die Ergebnisse dieser Umfrage werden im Artikel dargestellt.

XIV SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE, ČAČAK, 1980.

Z. Nikić, R. Šukilović*)

DEFEKTI U POVRŠINSKOM SLOJU REZNOG ALATA OD BRZOREZNOG
ČELIKA PROUZROKOVANI TEHNOLOGIJOM IZRADE**)

1. Uvod

Zadnjih godina uložena su znatna sredstva u proizvodne kapacitete većeg broja metaloprerađivača. Nova visokoproduktivna oprema raspolaže sa znatno većim mogućnostima izbora režima obrade sa trendom pooštrevanja tih režima. Postavljaju se novi, veoma ozbiljni zahtevi pred alate, od alata se traži što je moguće veća postojanost uz nisku proizvodnu cenu. U svetskoj pa i u jugoslovenskoj proizvodnoj i istraživačkoj praksi relativno je malo učinjeno na razvoju alata od brzoreznog čelika. Prisutna je i činjenica da su brzorezni čelici u zadnjoj godini poskupeli za 100%, da postoji poseban problem obezbeđenja i nabavke brzoreznog čelika na bazi kobalta. Takodje je evidentno da se za redovno obezbeđenje proizvodnje alata od brzoreznog čelika uvozi oko 95% (na nivou Federacije).

Da bi se zadovoljili naglašeni kriterijumi u vezi sa reznim alatom FRA - Čačak je uvela niz novih tehnoloških postupaka i operacija u izradu alata. Takav način proizvodnje dovodi do novih problema koji se javljaju, pored ostalog, u vezi sa kvalitetom reznog alata.

Proizvodne operacije glodanja žljebova kod reznih alata: burgija, proširivača, razvrtača, vretenastih glodala i ureznika,

*) Dr. Zoran Nikić, dipl.inž., stručni saradnik na Pedagoško-tehničkom fakultetu u Čačku

Radovan Šukilović, dipl.inž., rukovodilac termičke obrade FRA - Čačak

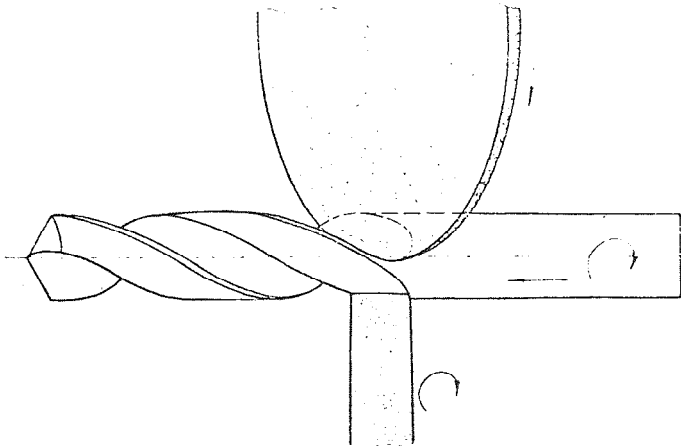
***) Rad je nastao u okviru naučno-istraživačkog projekta RAZVOJ PROIZVODNJE REZNOG ALATA OD BRZOREZNOG ČELIKA I SAVREMENIH TEHNOLOŠKIH POSTUPAKA U OBRADI METALA REZANJEM, koji finansi-

se zamenjuju neuporedivo produktivnijim i jeftinijim operacijama brušenja žljebova koje se izvode jednim prolazom točila. Usled toga dolazi do mnogostrukih promena u površinskim i podpovršinskim slojevima brušene površine (grudna i deo ledjne površine, ostali deo žljeba).

U radu se obradjuje problem pojave defekata, promene strukture, mehaničkih osobina i pukotina na makro i mikronivou. Reprezentni alat je zavojna burgija.

2. Tehnološki postupak brušenja žljebova

Proizvodna operacija brušenja žljebova se izvodi u jednom prolazu brusnom pločom, u okviru obradnog sistema prema sl. 1.



Sl.1. Šematski prikaz proizvoda operacije brušenja žljebova

Predmet obrade je zavojna burgija \varnothing 13 (mm), DIN 338, materijal: STYRIA SPECIAL 6.5.2. - Austrija, hemijskog sastava: 0,82%C, 4,1%Cr, 6%W, 5%Mo, 1,8%V, ostali elementi u tragovima, tvrdoća u kaljenom stanju 64^{+1} HRC. Rezni alat - brusna ploča: NAXOS EK60 OBA7 - radne karakteristike: plemeniti korund sa baktitnom vezom, tvrdoća - srednja, zrnoca srednja i poroznost srednja.

Mašina: GÜHRING NS 335 - brusilica za brušenje žljebo-

sa drugim parom brusnih ploča, istog kvaliteta, sa brzinom reza-
nja 52 (m/sec). Dubina brušenja odgovara visini vodjice. Posle
ove operacije dolazi završna operacija oštrenja.

3. Defekti u površinskim i podpovršinskim slojevima nastali usled brušenja

U površinskim i podpovršinskim slojevima reznog alata
od brzoreznog čelika mogu da nastanu, prema uzroku nastanka, tri
vrste defekata: primarni defekti (u sirovom materijalu - razug-
ljenisanje i naugljenisanje), defekti termičke obrade (nehomoge-
nost strukture, pukotine, promene koncentracije elemenata) i de-
fekti prouzrokovani brušenjem.

Uobičajenim postupkom ispitivanja i kontrole sirovog
materijala [1] i kvaliteta alata posle termičke obrade [2] vrši
se stalna identifikacija u procesu proizvodnje, predmetnih defe-
kata. Na taj način, uobičajenim postupkom, moguće je izvršiti i
selekciju predmetnih defekata po uzorku.

3.1. Identifikacija i sistematizacija defekata nastalih usled brušenja

Predmetna operacija brušenja je završna operacija pri ko-
joj se postiže završna mera i formira završni kvalitet alata. Pri
ovoj operaciji često je, na većem broju dimenzija svih pomenutih
alata, dolazilo do takvih promena koje su dovodile do loma i pu-
canja alata (pri malom udaru, u eksploataciji i sl.). Pri nagri-
zanju slučajno uzetih uzoraka iz serija sa pojavom loma utvrđeno
je postojanje jako izraženih, usmerenih normalno na pravac pomoć-
nog kretanja, duž celoga žljeba i vodjice, dubokih riseva. Nagri-
zanje je izvodjeno sa vodenim rastvorom hlorovodonične kiseline
zagrejana na 343 K u trajanju od 15 min. Na sl. 2. je ilustrovana
pojava riseva na zavojnoj burgiji.

Sl.2. Risevi na brušenoj
površini zavojne
burgije jako nag-

Ova pojava predstavljala je svojevremeno veliki problem i znatno uticala na proizvodnju i realizaciju reznog alata. Termin: risevi, koji je upotrebljen obrazlaže se time što detaljnim pretraživanjem brušene površine pre nagrizanja nije se mogla identifikovati predmetna pojava čak ni u tragovima. Ovo govori o tome [3,4,5] da se radi o mestima sa izmenjenom strukturom i naponskim stanjem koja imaju veći afinitet prema nagrizanju. Merenjem riseva na većem broju uzoraka utvrđeno je (alatni mikroskop) da su risevi reda veličine: širine do 0,025 mm, dubine oko 0,035 mm a dužina je definisana dužinom preseka žljeba.

Iz serija na kojima su identifikovane pojave riseva uzimani su uzorci (na kojima je identifikovana promena strukture u podpovršinskim slojevima površina obradjivanih brušenjem). Mikroskopskim ispitivanjem predmetnih slojeva uočene su strukturne promene po dubini preseka. Opšta karakteristika strukturnih promena se sastoji u pojavi sekundarne austenitno-martenzitne strukture neposredno ispod površine (do 250 μm), pojavi prelazne zone novoformiranog austenita i martenzita (sa naglašenijim prisustvom martenzita) pojavi, previše otpuštene strukture, disperzne feritno-karbidne mešavine.

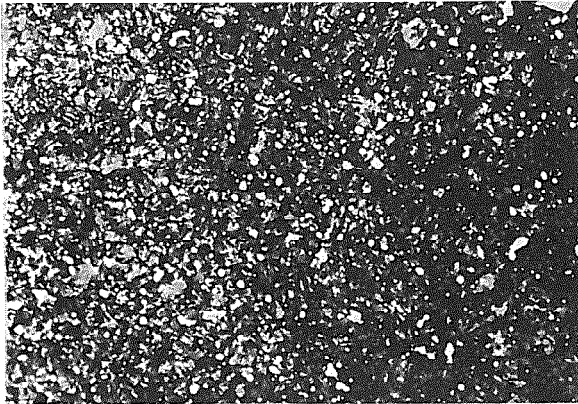
Sekundarna austenitno-martenzitna struktura se identifikuje na metalografskom snimku kao svetli sloj, prelazna zona novoformiranog austenita i martenzita se opaža kao svetla mreža na granici tamnih zrna. Tamno nagriženi sloj predstavlja disperznu feritno karbidnu mešavinu. Osnovna struktura preseka, koja se nalazi ispod tamnog sloja, je otpušteni martenzit i sekundarni karbidi.

Ovakve strukturne promene po dubini preseka su praćene i neminovnom promenom mikrotvrdoće. U nameri da se poveća proizvodnost skupe operacije višeprofilnog brušenja uz smanjenje strukturnih defekata i promena i eliminisanja opisanih pojava riseva izveden je predmetni program istraživanja.

3.2. Metodologija istraživanja i uslovi eksperimenata

slučajnim izborom iz redovne proizvodnje. Uzorci su iz iste serije, podvrgnuti detaljnom postupku metalografske kontrole, makro i mikro tvrdoće.

Svi uzorci su posle termičke obrade, a pre predmetne operacije brušenja, imali normalnu strukturu otpuštenog martenzita sa sekundarnim karbidima po celom preseku prema sl. 3.



Sl. 3. Mikrostruktura poprečnog preseka zavojne burgije posle termičke obrade.

Mikrotvrdoća
HV945 /kN/mm²/.

Povećanje 1000x

Nagrizanja za ispitivanje mikrostrukture su izvodjena sa 4% alkoholnim rastvorom azotne kiseline. Ispitivanja su izvodjena na mikroskopu METALLOPLAN-ERNST LEITZ.

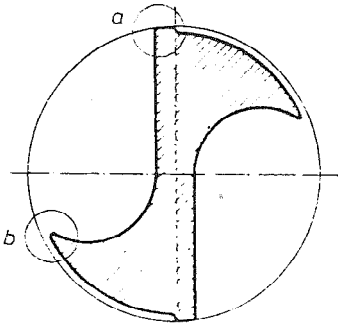
Merenje mikrotvrdoće je izvodjeno na MIKROHÄRTERRÜFER - ERNST LEITZ.

Vrednosti mikrotvrdoće predstavljaju srednju vrednost tri uzastopna merenja u okolini jedne tačke.

Postupak nagrivanja za otkrivanje riseva dat je u prethodnom tekstu.

Mesta na kojima je vršeno metalografsko ispitivanje su označena na sl. 4.

Ekperimentalne brzine pomoćnog kretanja V_p sa kojima je vršeno brušenje su: $V_{p_1} = 450$ mm/min, $V_{p_2} = 600$ mm/min, $V_{p_3} = 700$ mm/min, $V_{p_4} = 800$ mm/min, $V_{p_5} = 900$ mm/min, $V_{p_6} = 1000$ mm/min,



Sl.4. Poprečni presek zavojne burgije sa označenim mernim mestima na grubnoj površini - a i zadnjem delu pera - b.

Deo uzoraka, za sve brzine pomoćnog kretanja, je ispiti- van neposredno posle brušenja prema izloženim postupcima.

U vezi sa identifikacijom prirode riseva deo uzoraka je podvrgavan postupku otpuštanja u vodenoj pari u trajanju od 30 mi- na 820 K, neposredno posle brušenja. Da bi se utvrdio uticaj ot- puštanja na intenzitet pojava riseva deo uzoraka je otpuštan u vodenoj pari mesec dana posle brušenja.

Da bi pouzdanost rezultata bila što veća burgije su se- čene - tako su od jedne burgije dobijani uzorci za ceo postupak ispitivanja.

3.3. Rezultati i analiza eksperimenata

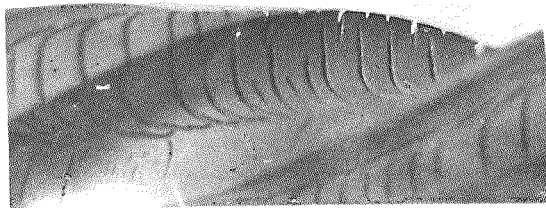
Prvi deo rezultata se odnosi na uticaj brzine pomoćnog kretanja na intenzitet pojave riseva neposredno posle brušenja i naprezanja. Utvrdjeno je da su risevi pri manjim brzinama slabije izraženi po broju i intenzitetu u odnosu na veće brzine. Na sl. 5. je prikazan uticaj brzine na pojavu riseva.



Sl.5. Pojava riseva na uzorcima dobijenim pri V_{P_1} - V_{P_9} , odozgo na dole.

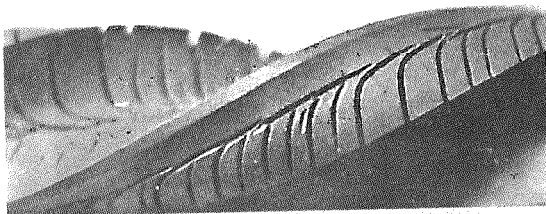
Nagizanje 15 min.

Na sl. 6. je prikazan detalj brušenog žljeba pri $V_p=900$ mm/min. Nagrizanje je vršeno neposredno posle brušenja u trajanju od 30 min.



Sl. 6. Detalj brušenog žljeba pri $V_p=900$ mm/min. Nagrizanje 30 min.

Na sl. 7. je prikazan detalj pera iste zavojne burgije kao na slici 6.



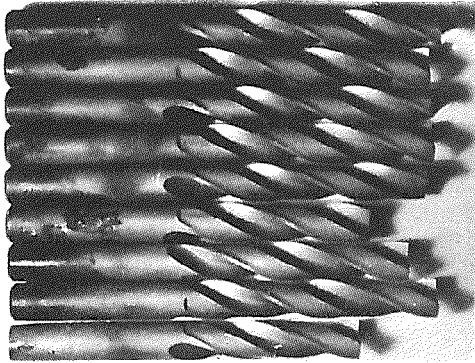
Sl. 7. Detalj brušenog pera pri $V_p=900$ mm/min. Nagrizanje 30 min.

Na uzorcima koji su podvrgnuti otpuštanju u vodenoj pari neposredno posle brušenja pa zatim nagrizani nisu otkriveni čak ni tragovi riseva. Na sl. 8. se može videti izražena pojava riseva na uzorku koji nije podvrgnut otpuštanju i odsustva riseva na uzorku nagriženom posle otpuštanja.



Sl. 8. Uporedni snimak nagriženih otpuštenih i neotpuštenih zavojnih burgija $V_p=900$

nešto manjeg intenziteta.

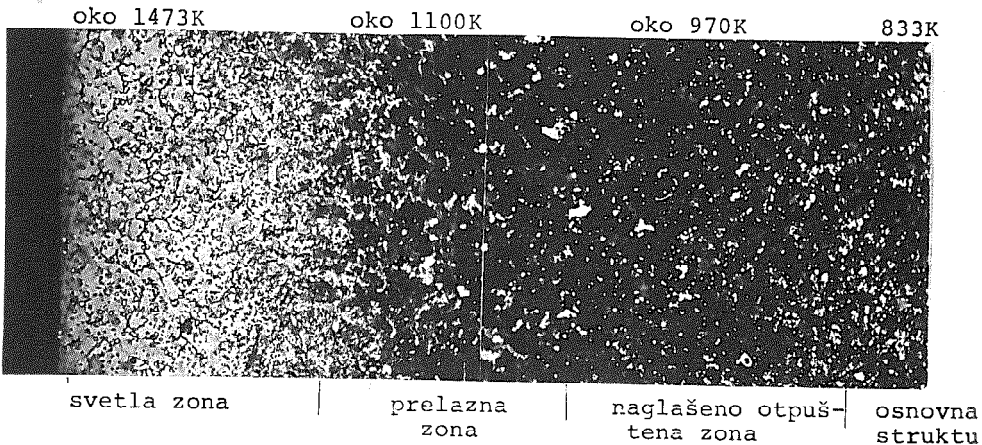


Sl.9. Snimak burgija otpuštenih i nagriza-
nih posle 30 dana.

Vp₁-Vp₉ odozdo na
goře.

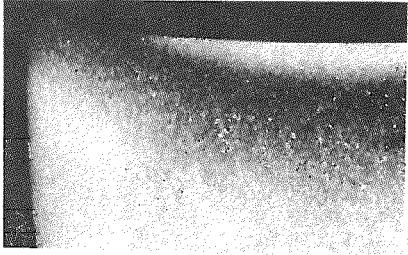
Nagrizanje 15 min.

Promene strukture u poprečnom preseku, u podpovršinskim slojevima brušenih površina, prema sl. 4., su karakteristične za sve brzine pomoćnog kretanja. Na sl. 10. je prikazana karakteristična promena strukture u podpovršinskom sloju.

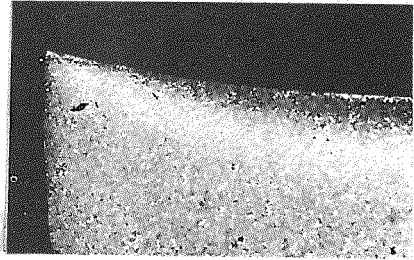


Sl. 10. Promena strukture podpovršinskog sloja brušene
grudne površine, 500 x.

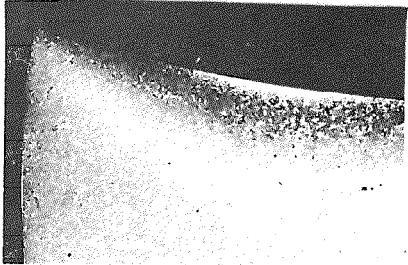
Analizom promene strukture podpovršinskih slojeva brušene grudne površine može se konstatovati trend smanjenja strukturalnih promena sa povećanjem Vp. Na sl. 11. se vidi smanjenje svetlog sloja (sekundarno zakaljeno) sa povećanjem Vp.



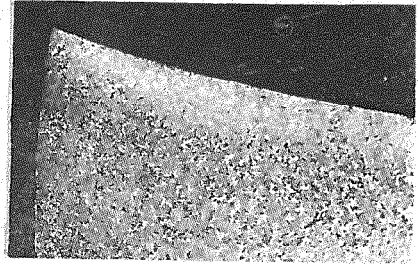
Vp1



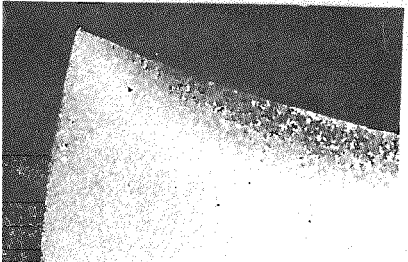
Vp6



Vp2



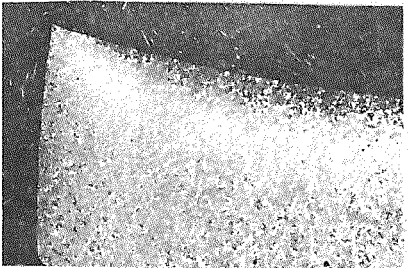
Vp7



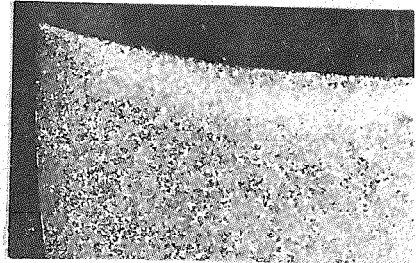
Vp3



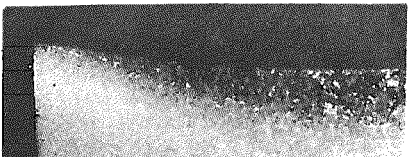
Vp8



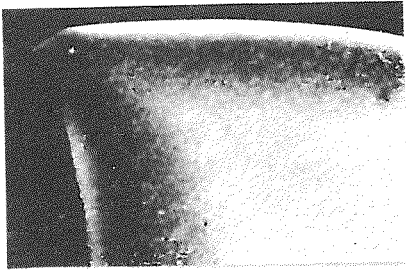
Vp4



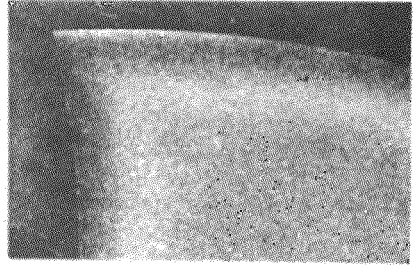
Vp9



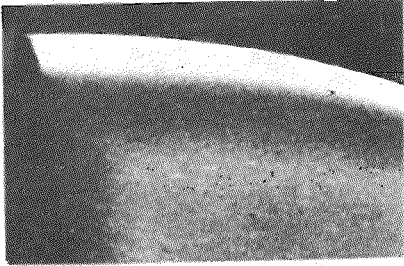
Sl. 11. Promena strukture u podpovršinskim slojevima grudne površine zavojne burgije u za-



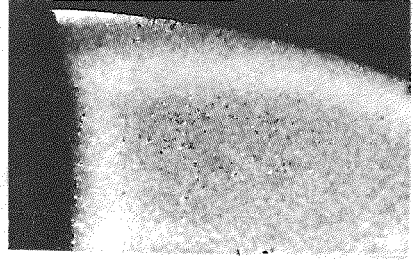
Vp1



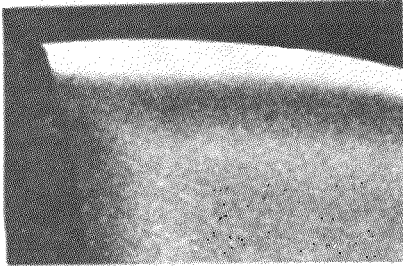
Vp6



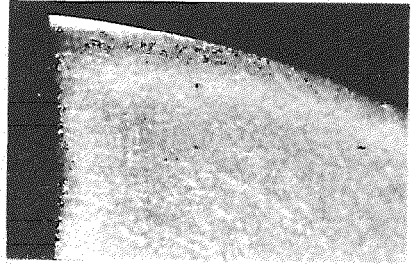
Vp2



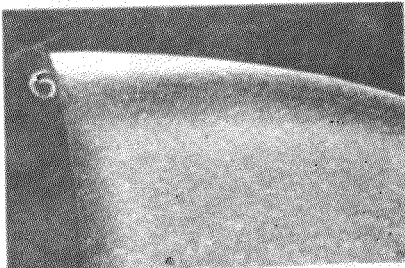
Vp7



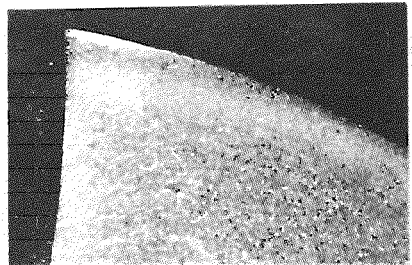
Vp3



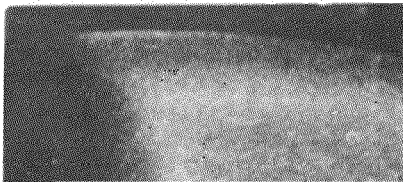
Vp8



Vp4



Vp9

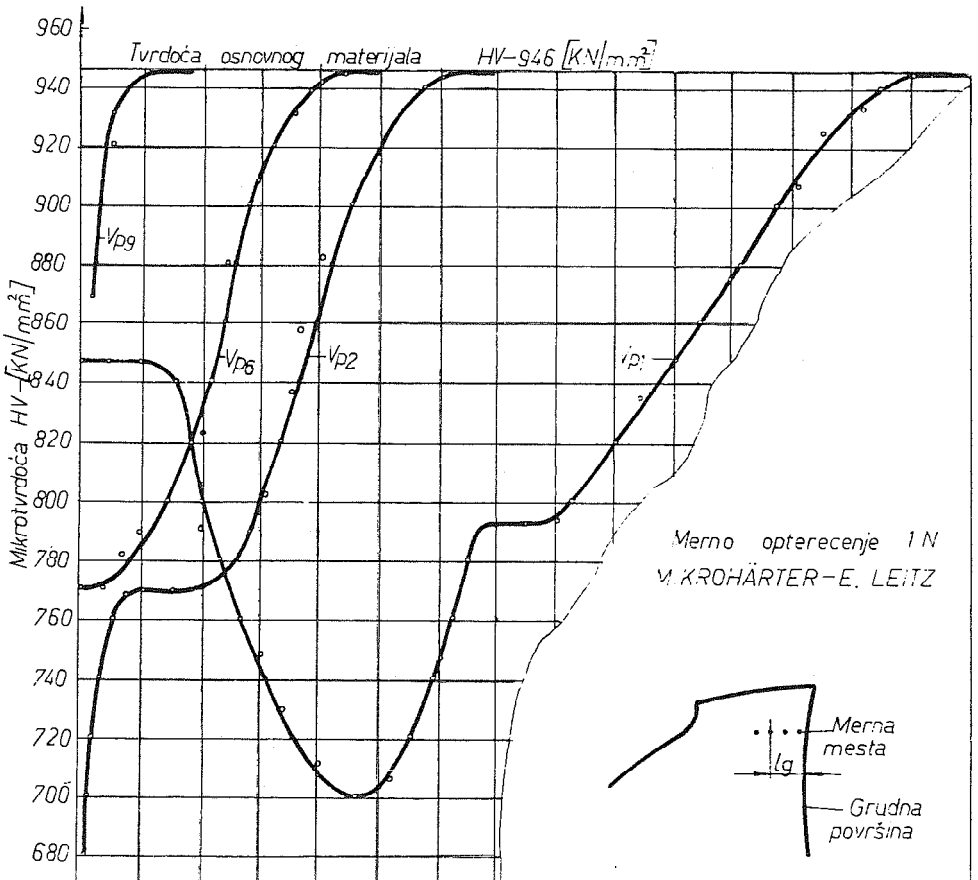


Sl. 12. Promena strukture u podpovršinskim slojevima ledjnog dela pera zavojne burgije u zavisnosti od brzine reza.

Strukturne promene na mestu b, prema sl. 4., u velikoj meri zavise od brzine V_p . Malim brzinama odgovara jako izražena pojava sekundarnog zakaljenja (sveli sloj) i duboko otpuštenog sloja. Promene strukture, zavisno od brzine, kreću se do $500\mu m$. Pri velikim brzinama izraženo je, u manjoj meri, duboko otpuštanje (do $150\mu m$) - sl. 12.

Apsolutne vrednosti dubine strukturno izmenjenih slojeva mogu se utvrditi i prema priloženim snimcima, sl. 11. i 12.

Promenu strukture u zavisnosti od brzine rezanja prati i promena mikrotvrdoće u podpovršinski brušenim slojevima. Na sl. 13. je prikazana promena mikrotvrdoće u podpovršinskim slojevima brušene grudne površine za različite vrednosti brzine pomoćnog kretanja.



Uporedjenjem mikrotvrdoća sa sl. 13. i struktura sa sl. 11 može se doći do podataka da je promena strukture praćena i odgovarajućom promenom mikrotvrdoće. Najvećim brzinama odgovaraju najmanje promene mikrotvrdoće i najpovoljnije strukture.

Na sl. 10. su naznačene temperature nastale u procesu brušenja koje su uslovile odredjenu strukturu transformaciju osnovne strukture. Ove vrednosti su utvrđjene preko baždarenog dijagrama koji je dobijen posebno izvodjenim postupkom termičke obrade uzoraka sa osnovnom strukturom sa promenom od 50°C u opsegu od 873-1523 K.

Metalografskim ispitivanjem brušenih i otpuštenih uzoraka u vodenoj pari nisu utvrđjene razlike u strukturi i mikrotvrdoći podpovršinskog sloja.

Izloženo je da je pojava riseva prisutna pri svim brzinama pomoćnog kretanja uzoraka koji nisu otpušteni u vodenoj pari. Takođ je utvrđjeno da posle otpuštanja nema pojave riseva. S druge strane uporedjivanjem mikrostrukture otpuštenog i neotpuštenog stanja nisu uočene razlike na osnovu kojih bi se mogao doneti zaključak o prirodnoj pojave riseva. Najvećim brzinama pomoćnog kretanja, bez otpuštanja u vodenoj pari, odgovara najviše izražena pojava riseva uz najmanje mikrostrukturne promene.

Očigledno je da prirodu pojave riseva, treba tražiti na nivou višem od mikronivoa - submikronivou. Risevi izazvani nagrizanjem, nastali su kao posledica većih lokalnih energetske promene kristalne rešetke a koje su izazvane heterogenošću naponskog i temperaturnog polja.

Kako je pojava riseva karakteristična pri datim proizvodnim uslovima, za sve Vp, očigledno je da s obzirom na strukturno stanje treba raditi sa najvećim brzinama pomoćnog kretanja.

4. Z a k l j u č a k

Izloženi rezultati i analiza nam omogućuju da dodjemo do sledećih zaključaka:

- radi povećanja proizvodnosti proizvodne operacije višeprofilnog brušenja žljebova opravdano je i moguće raditi sa najvećim

- najvećim brzinama pomoćnog kretanja odgovara najpovoljnija mikrostruktura brušene površine;

- prirodu pojave riseva potrebno je tražiti na submikronivou u energetskim promenama kristalnih rešetki, pri čemu treba koristiti i šira dalja ispitivanja na mikronivou;

- proces otpuštanja je neophodan i treba ga izvoditi neposredno posle brušenja;

- dalja istraživanja u okviru obradnog sistema u okviru operacije profilnog brušenja treba da daju odgovor i na pitanje optimalnog izbora SHP i brusne ploče.

5. L i t e r a t u r a

- 1: Stahl-Eisen Werkstoffblatt 320-69
2. FRA - Čačak, Propis za kontrolu kvaliteta termičke obrade alata od brzoreznog čelika, Čačak (79.)
3. Pančenko E., Laboratorija, metabgrafija, Metallurgizdat, Moskva (1957)
4. Niesielski E., Metallurgical defects in high speed steels, Steel company, Sheffield (68)
5. Schreiber E., Die Eigenspannungsbildung beim Schleifen gehärteten Stahles

Z. Nikić, R. Šukilović

DEFEKTS IN THE SURFACE LAYERS OF CUTTING TOOLS CAUSED BY MACHINING TECHNOLOGY

Causes of appearances of defects in sub-surface layers during the profile flute grinding of cutting tools are treated in this paper. The influence of axial feed on the appearance of defects and production increase is specially considered. Investigations were realized in laboratory and production conditions.

XIV SAVETOVANJE PROIZVODNOG MASINSTVA JUGOSLAVIJE, ČAČAK, 1980.

Z. Nikić, R. Milošević*)

DEFORMACIONE ZONE PRI ZAVRENOJ OBRADI OTVORA**)

1. Uvod

Proces rezanja i trenja je praćen nizom raznolikih pojava kao što su plastično-elastična deformacija, fazne promene, toplotne pojave, prelaz spoljnog trenja na unutrašnje, habanje i slično. Veom važna determinanta tribološkog kontakta je deformaciono naponsko stanje. Ovo stanje može biti razmatrano, pored ostalog, na nivou makrogeometrije dogadjaja u vezi sa elastično-plastičnom deformacijom u zoni rezanja, ili na submikronivou-deformacija mikropikova na raznim površinama alata i priroda interakcije na stvarnim površinama kontakta sa predmetom obrade. Mi smo u današnjim uslovima, odredjenog stepena razvoja metodologija i instrumentacija, u mogućnosti da proces trenja i habanja proučavamo, u znatnoj meri, u realnim uslovima. Najviše pažnje u tim proučavanjima je poklonjeno makrodogadjajima. Mikrodogadjaji se razmatraju u znatno manjoj meri, u vezi sa nastankom naslaga i njihovim razvojem [1,2,3,4,5,6] i formiranjem strugotine na mikro i submikronivou [7,8,9,10,11]. Posebno malo govoreći dova u svetskoj literaturi sa predmetnom temom je iz oblasti završne obrade otvora - proširivanjem, razvrtnjem i urezivanjem.

Poznato je da je brzina rezanja veličina koja u velikoj meri određuje uslove rezanja. Promenom brzine rezanja menja se, pored ostalog, brzina deformacije deformišućih slojeva materijala predmeta

*) Dr Zoran Nikić, dipl.ing., stručni savetnik na PTF-Čačak,
Rajo Milošević, dipl.ing., rukovodilac razvoja FRA-Čačak.

***) Rad je nastao u okviru naučno-istraživačkog projekta RAZVOJ

obrade i temperatura tih slojeva. Ove dve veličine, za datu vrstu i materijala predmeta obrade, su najtucajnije za determinisanje oblika trenja. Otuda je moguće da pri nekim brzinama postoje takvi uslovi koji u znatnoj mjeri definišu takav oblik trenja, unutrašnjeg ili spoljnog, koji je povoljan za nesmetan rad (u vezi sa lepljenjem i makro i mikrokrzanjem) i optimalno habanje.

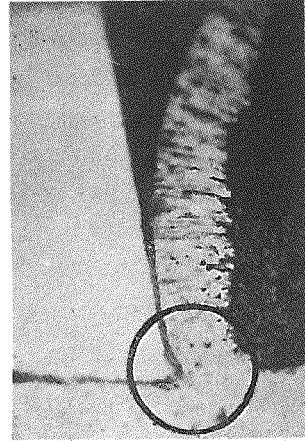
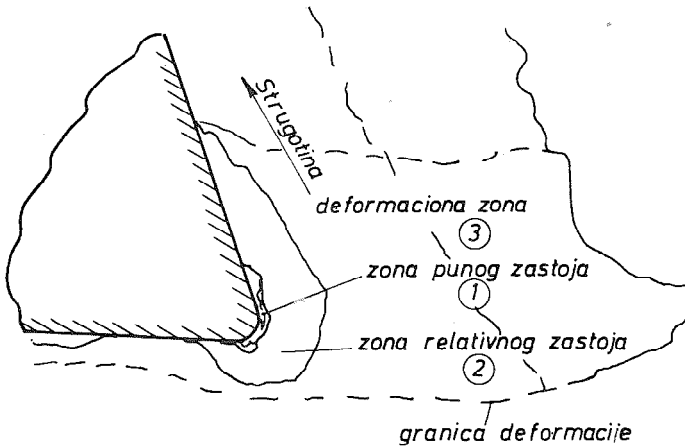
Proučavajući problem urezivanja sa velikim brzinama rezanja [12, 13, 14] došlo se do podataka o obliku deformacionih zona u okolini vrha zuba, u zavisnosti od brzine rezanja, pri rezanju niskougleničnih konstrukcionih čelika. Ova proučavanja su dalje, u okviru pomenutog naučno-istraživačkog projekta, proširena na obrade proširivanja i razvrtnja.

U ovom radu se prezentira deo rezultata dobijenih pri ispitivanju zona deformacije u obradi urezivanjem, proširivanjem i razvrtnjem.

2. Deformaciona zona u obradi urezivanjem

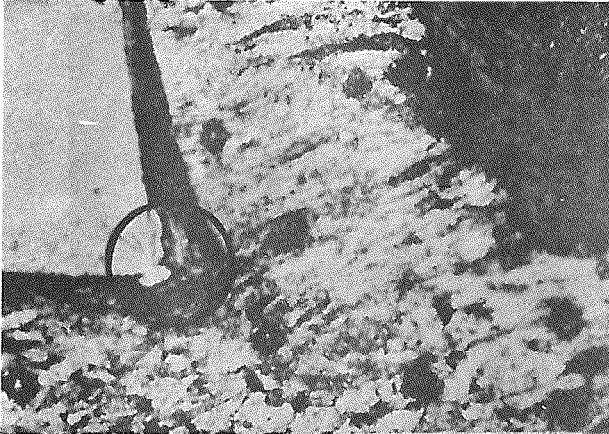
Koristeći poseban postupak [14], izvodeći veći broj eksperimenata u laboratorijskim i proizvodnim uslovima, došlo se do opšteg oblika deformacije materijala u okolini vrha zuba u funkciji brzine rezanja, sl.1. Opšta slika deformacionog stanja data je na sl.2a. U okolini vrha zuba (koren strugotine) je jako izražena zona relativnog zastoja, sl.2b. Na sl.2c., pri uvećanju 1500 puta, se vidi da se u okviru ove zone nalazi slabo razvijena zona punog zastoja. Vidi se nepravilno rasporedjene athezije na vrhu zuba, delu grudne i ledne površine, nejednake veličine i oblika. Postojanje ove zone može biti prihvaćeno samo sa stanovišta mikrostanja. Pored toga što se radi o materijalu predmeta obrade koji bi pri drugim vrstama obrade, za iste brzine rezanja, uslovljavao jako razvijenu zonu punog zastoja-naslage, u obradi urezivanja, za date uslove, to nije slučaj. Njeno postojanje u mikrorazmerama ukazuje na to da su uslovi, potrebni za stvaranje naslage, postignuti na tom nivou. Oblik pojave se uklapa u fundamentalne postavke koje obrazlažu uslove pri kojima se javlja naslaga i zona punog zastoja [2,3,4,5,6,9] .

Promenom brzine rezanja veličina istražene i karakteristične zone relativnog zastoja se menja. Njena veličina...



a.

Sl. 1. Šematski prikaz deformacione zone (3) sa zonama punog (1) i relativnog (2) zastoja-gore levo



b.

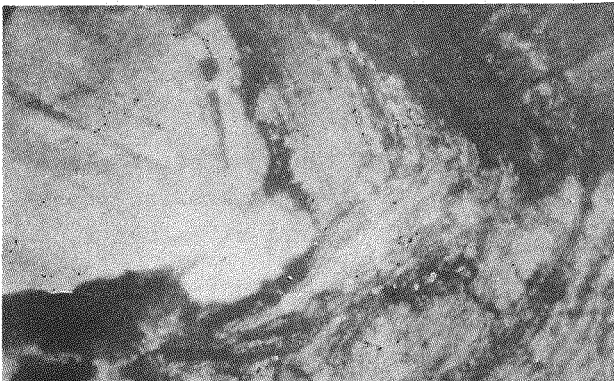
Sl. 2. Deformaciona zona u okolini vrha 4. zuba ureznika M12 A pri $h_{max}=0,17\text{mm}$ i $v=17\text{m/min}$

a. 75 x

b. 300 x

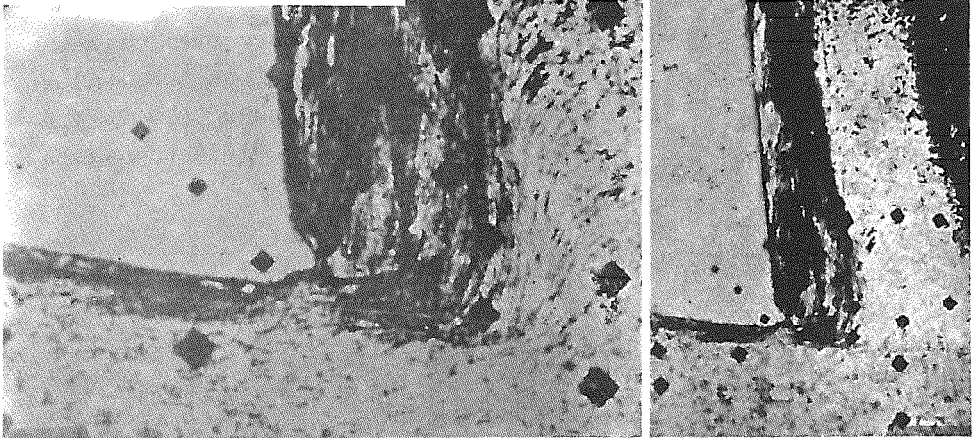
c. 1500 x

Neophot 2

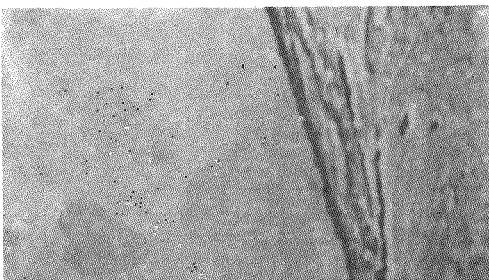


Sl. 3. Deformacija materijala predmeta obrade u okolini reprezentnog zuba pri $v=6\text{m/min}$ i $h_{\text{max}}=0,20\text{mm}$

Neophot 2
500 x



Sl. 4. Deformacija materijala predmeta obrade u okolini reprezentnog zuba pri $v=36\text{m/min}$ i $h_{\text{max}}=0,19\text{mm}$. Neophot 2, uvećanja: a. 500 x i b. 75 x



Sl. 5. Deformacija materijala predmeta obrade u okolini reprezentnog zuba pri $v=75\text{m/min}$ i $h_{\text{max}}=0,20\text{mm}$
Maksovani snimak BSE sa x-ray
- SEMQ, 1000 x

ikazana deformacija predmeta obrade u okolini reprezentnog zuba pri $v=6\text{m/min}$ i $h_{\text{max}}=0,20\text{mm}$. Pri brzinama rezanja od $v=17\text{m/min}$ do $v=36\text{m/min}$ ova zona je najizraženija i najveća. Na sl.4 je prikazana predmetna zona pri $v=36\text{m/min}$ i $h_{\text{max}}=0,19\text{mm}$. Za ovo područje karakteristična je jača izražena zona punog zastoja. Veličina zone relativnog zastoja se kreće oko $\delta_{\text{max}}=0,05\text{mm}$ ($v=17\text{m/min}$), $0,07\text{mm}$ ($v=27\text{m/min}$) i $0,12\text{mm}$ ($v=36\text{m/min}$). Prelaskom na najveće brzine, oblik i veličina zone relativnog zastoja se menja. Ona je veoma slabo izražena. Javlja se u obliku tankog sloja uz površinu zuba, debljine par mikrometara. Analizom snimaka na SEM-u je ustanovljeno da se radi ne o jasno izraženoj zoni relativnog zastoja, već o posebnom obliku deformacije materijala predmeta obrade-njegove kontaktne površine. Na sl.5 se vidi samo oblik tečenja materijala predmeta obrade uz radne površine, bez izrazite zone relativnog zastoja.

Predmetni eksperimenti su izvođeni pod sledećim uslovima: urezник M12 tip A izradjen od C.9780, tvrdoće 64+1 HRC sa $\psi = 12^\circ$ i $\varphi = 4^\circ 40'$; materijal predmeta obrade C.1430 sa $\sigma_m = 60+5\text{KI./cm}^2$; visina rupe $H=10\text{mm}$.

3. Deformaciona zona u obradi proširivanja i razvrtanja prolaznih otvora

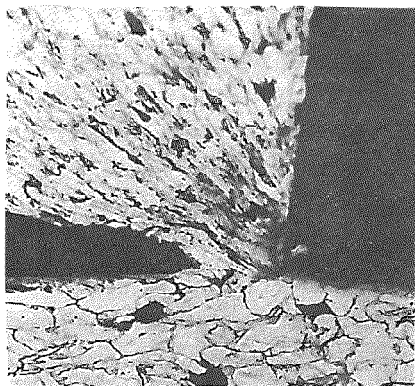
Dalja istraživanja oblika i razvoja deformacionih zona u okviru zone rezanja su izvođena u obradama proširivanja i razvrtanja prolaznih otvora. Pri ovim eksperimentima varirana je brzina rezanja od $v=2,8\text{m/min}$ do $v=75\text{m/min}$. Namera ovih istraživanja je dvojaka: Prvo da se dodje do oblika zone rezanja u okolini vrha zuba proširivača i razvrtača a zatim da se variranjem brzine rezanja nadje, eventualno, ono područje u kome se znatnoje razvijaju, nastaju i nestaju zone relativnog i punog zastoja. Ovim se daju mogućnosti za dalja istraživanja predmetnih obrada sa stanovišta primene većih brzina rezanja.

Realizacija istraživanja se izvodi prema opsežnom programu i ovde se prezentiraju do sada obradjeni rezultati.

Materijal predmeta obrade i osnovni geometrijski elementi su kao

Koristeći sličnu metodologiju kao i pri urezivanju 14 dobijeni su mikrosnimci zamrznutog stanja zone rezanja u okolini zuba alata. Za razliku od urezivanja, u ovim obradama nije bilo moguće zadržati zub proširivača ili razvrtača u zahvatu, pri snimanju. To u velikoj mjeri otežava istraživanja. Posebnim postupkom, posmatranjem dela zone rezanja na predmetu obrade i na radnim površinama zuba alata došlo se do odgovarajućih rezultata. Opšti oblik zone rezanja pri proširivanju i razvrtanju je veoma sličan obliku pri urezivanju. U okviru zone rezanja postoji razvijena zona deformacije sa razvijenim zonama relativnog i punog zastoja.

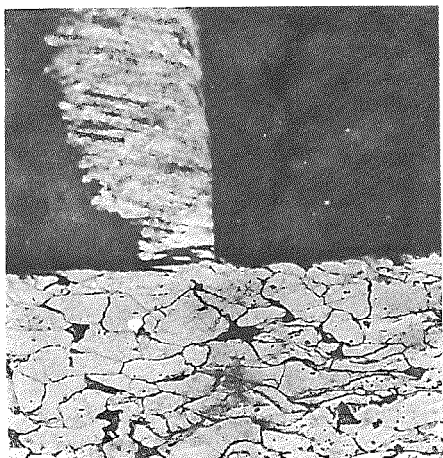
U obradi proširivanjem, pri brzinama rezanja $v=35-55\text{m/min}$, su uočene pojave karakteristične zone punog zastoja-naslage. Pri manjim i većim brzinama identifikovan je tanki sloj materijala predmeta obrade uz grudnu i ledjnu površinu zuba proširivača - zona relativnog zastoja. Na sl.6 dat je prikaz deformacije materijala predmeta obrade u okolini zuba proširivača - ulazni konus, pri $v=6,48\text{m/min}$.



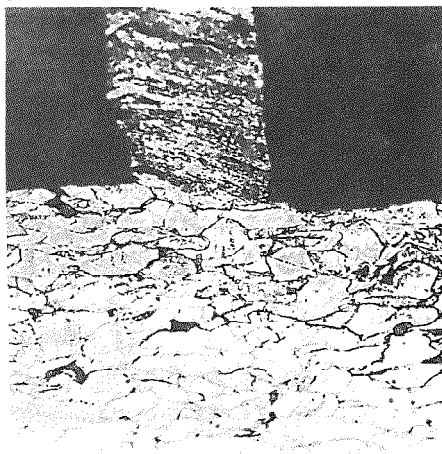
Sl. 6 Deformacija materijala predmeta obrade u okolini zuba proširivača pri $v=6,84\text{m/min}$
Keophot 2, povećanje 200 x

U obradi razvrtanjem nailazimo na sličnu opštu sliku deformacija. Sa porastom brzine rezanja, od $v=6,84$, uočava se povećanje zone relativnog zastoja i postojanje samo ove zone do $v=9\text{m/min}$. Na sl.7 i 8 je prikazana deformacija materijala u okolini zuba razvrtača.

U području brzina rezanja $v=13,5\text{m/min}$ do 35m/min nailazimo na jako razvijenu zonu relativnog zastoja sa pojavom zone punog zastoja.

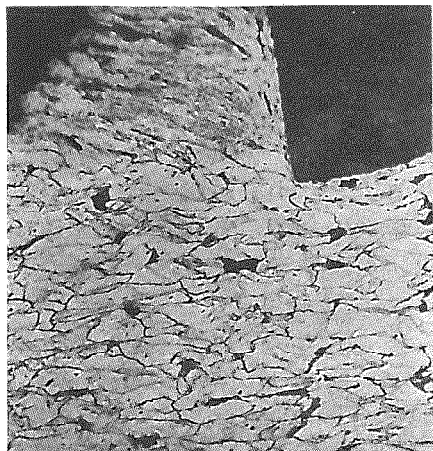


Sl. 7 Deformacija materijala predmeta obrade pri $v=6,84\text{m/min}$, 200x

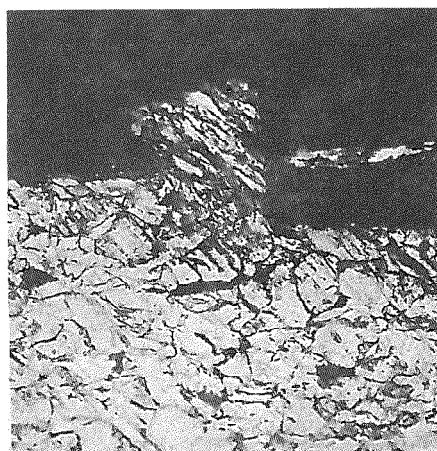


Sl. 8 Deformacija materijala predmeta obrade pri $v=9,5\text{m/min}$, 200x

Na sl. 9 je prikazan oblik deformacionih zona pri $v=13,5\text{m/min}$. Uočava se jako razvijena zona relativnog zastoja na predmetu obrade. Razvijena naslaga je identifikovana na zubu razvrtača.



Sl. 9 Deformacija materijala predmeta obrade pri



Sl. 10 Deformacija materijala predmeta obrade pri

uočiti zonu relativnog zastoja i postojanje naslaga-sl. 10.

Postojanje promenljive veličine zone relativnog zastoja u funkciji brzine rezanja, u obradi proširivanjem i razvrtanjem, sa pojavu zone punog zastoja - naslaga, za određene brzine, je opšta karakteristika zone rezanja sa stanovišta mikrodeformacionog stanja. Dalje istraživanja treba da dovedu do definisanja onog deformacionog stanja koje omogućuje optimalno rezanje.

4. Zaključak

Na osnovu izloženog moguće je doneti sledeći zaključak:

- opšta slika zone rezanja se karakteriše, u obradi urezivanje proširivanjem i razvrtanjem niskougleničnih konstrukcionih čelika, razvijenim zonama relativnog i punog zastoja,
- brzina rezanja u velikoj meri utiče na veličinu i oblik predmetnih zona,
- za sve tri obrade postoji područje brzina pri kojima je jako izražena zona punog zastoja; pri većim i manjim brzinama nije identifikovano njeno postojanje,
- dalja istraživanja treba da dovedu do onog režima koji determiniše takvo mikrodeformaciono stanje kome odgovara optimalno rezanje.

Reference

1. Zorev N., Isledovanie elementov mehaniki procesa rezania, Mašgin Moskva, 1952.
2. Oxley B., Practical applications of research into the mechanics of chip forming processes, II W. Public S. and Metals Technol. Con Sydney, 1976. Pregled u RI 27(1977).
3. Hastings F. i dr., Predicting a materials machining characteristics using flow stress properties obtained from high-speed compression tests, Proc. I. Mech. Eng., 1974. Pregled u RI 41(1975)
4. Stevenson G., Effect of the manganese sulphide inclusions of the tool chip interface shear stress in machining of low carbon steel, J. Iron and Steel Inst., 1973. Pregled u RI 15(1974).
5. Stevenson G., Built-up edge formation in machining, J. Austral.

6. Hoshi K., On metal cutting mechanism with the built-up edge, Hokaido Univ., 1969. Pregled u RI 2(1977).
7. Nakayama K., Basic rules on the form of chip in metal cutting, CIRP Annals, 27(1978).
8. Luttervelt A., The split shearzone-mechanism of chip segmentation CIRP Annals, 26(1977), Pregled u RI-5(1978).
9. Bao H., A basic mechanism for built-up edge formation in machining, CIRP Annals, 25(1976), Pregled u RI-9(1977).
10. Ohgo K., Relation between cutting conditions and precision in the reaming of gray iron castings, Wear, 52(1979).
11. Ramalingam S., An electron microscopy study of chip formation, Met. Trans., 4(1974), Pregled u RI-15(1974).
12. Nikić Z., Urezivanje navoja sa velikim brzinama rezanja, Savetovanje proizvodnog mašinstva, Banja Luka, 1979.
13. Nikić Z., Ekonomski aspekt urezivanja navoja sa velikim brzinama rezanja, Naučno-stručni skup-NMA'79, Novi Sad, 1979.
14. Nikić Z., Identifikacija triboloških procesa pri urezivanju navoja, Doktorska teza, Kragujevac, 1979.
15. Nikić Z., Zona zastoja pri kosougolom neslobodnom rezanju, Zbornik radova PTF-Čačak, 2(1979).

Z. Nikić, R. Milošević

THE DEFORMATION ZONE IN THE FINAL MACHINING OF METAL HOLES

In this paper were taken into consideration the deformation of metals, the deformation zone, by tapping, countersinking and reaming. The investigation were worked with application the relation between cutting speed and form of the deformation zone.

XIV SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE, ČAČAK 1980.

Dr V.R. Milačić; V.D. Majstorović ^{*)}

NEKI ASPEKTI PRIMENE RAČUNARA U ODRŽAVANJU PROIZVODNIH SISTEMA ^{*)}

1. Uvod

Tendencije razvoja savremenih proizvodnih sistema idu ka sve većem nivou automatizacije svih funkcija unutar njih, što treba da dovede do izgradnje "fabrike bez ljudi". U takvim sistemima računari će imati dominantnu ulogu. Međutim i u sadašnjem trenutku uloga računara u proizvodnim sistemima poprima sve veći značaj, posebno sa razvojem i korišćenjem alatnih mašina sa NU i KNU upravljačem.

Slična konstatacija se može učiniti i za funkciju održavanja koja ima ulazni trend značajnosti. Za primenu računara u oblasti održavanja proizvodnih sistema mogu se izdvojiti tri različita segmenta, koji u sebi imaju i komponentu vremena, što znači da prate njihov razvoj, a to su: (i) informacioni sistemi održavanja na bazi primene računara, (ii) razvoj dijagnostičkih centara za praćenje i dijagnostiku stanja u proizvodnim sistemima, i (iii) projektovanje i razvoj tehnologija održavanja primenom računara za "fabrike bez ljudi", gde će se primenjivati koncept samoodržavanja.

Moguće je dalje izvršiti detaljisanje navedenih celina, ali cilj ovog rada je da se ovde nešto kaže o problematici prva dva pitanja. Na Mašinskom fakultetu se razvija domaći software za planiranje i upravljanje u proizvodnim sistemima,

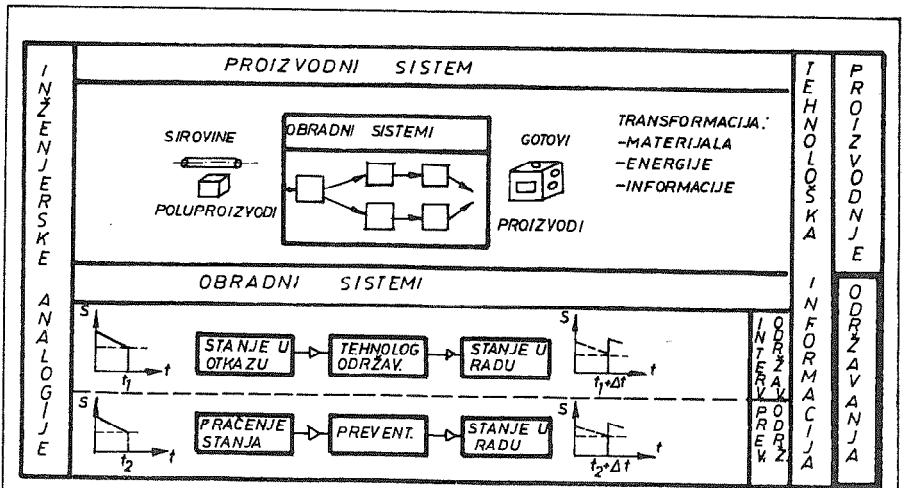
*) Dr Vladimir R. Milačić, dipl.ing., redovni profesor Mašinskog fakulteta u Beogradu, ul. 27. marta 80

Vidosav D. Majstorović, dipl.ing., asistent-pripravnik Mašinskog fakulteta u Beogradu, ul. 27. marta 80

koji u sebi ima i podsistem održavanja, koji se sastoji iz osam modula. U ovom radu će biti prikazani delovi projektovanih i razvijenih modula za tehnološku informaciju održavanja i rezervne delove.

2. DEFINISANJE DVA OSNOVNA PRAVCA PRIMENE RAČUNARA U ODRŽAVANJU PROIZVODNIH SISTEMA

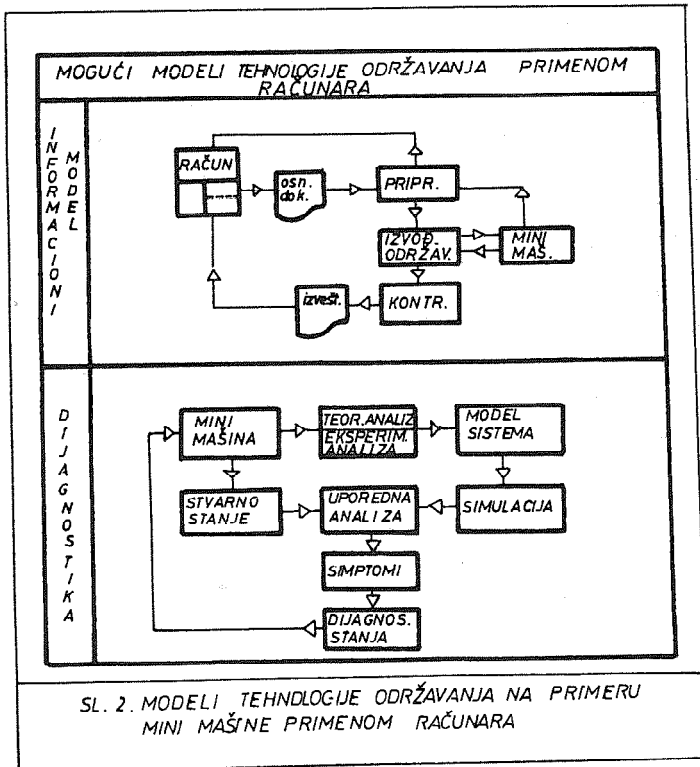
Za proizvodni, odnosno obradni sistem tehnološka informacija predstavlja podlogu na osnovu koje se vrši prevodjenje obratka u gotov proizvod. Korišćenjem inženjerskih analogija, možemo da kažemo da tehnološka informacija održavanja za obradni sistem predstavlja podlogu na osnovu koje se on iz jednog stanja (u otkazu ima blizu tom stanju) prevodi i drugo stanje, na primer, stanje u radu. U prvom slučaju smo menjali stanje sirovine ili poluproizvoda, a u drugom samog obradnog sistema, slika 1, radi dobijanja jedne nove dimenzije tog stanja



SL. 1. USPOSTAVLJANJE OSNOVNOG MODELA TEHNOLOGIJE ODRŽAVANJA NA BAZI INŽENJERSKIH ANALOGIJA

Prema tome, tehnologija održavanja predstavlja primenu funkcija...

Radi stvaranja odgovarajućih sistemskih pristupa konceptu održavanja primenom računara sa stanovišta tehnologije održavanja, pogodno je izvršiti strukturisanje proizvodnih sistema na relativno autonomne celine, naprimer "mini mašinu" *) . Ovakav pristup je značajan zbog toga jer omogućuje definisanje osnovnih oblika, slika 2, proizvodnih i/ili obradnih sistema od kojih se polazi pri definisanju modela održavanja. Moguće je sada reći da postoje dva prilaza problematici održavanja u pogonima naše industrije prerade metala; (i) konvencionalni modeli i metodi, i (ii) primena računara. Ovaj prvi se ovde neće detaljno obrazložiti jer je težište ovog rada, a autori smatraju i težište da-

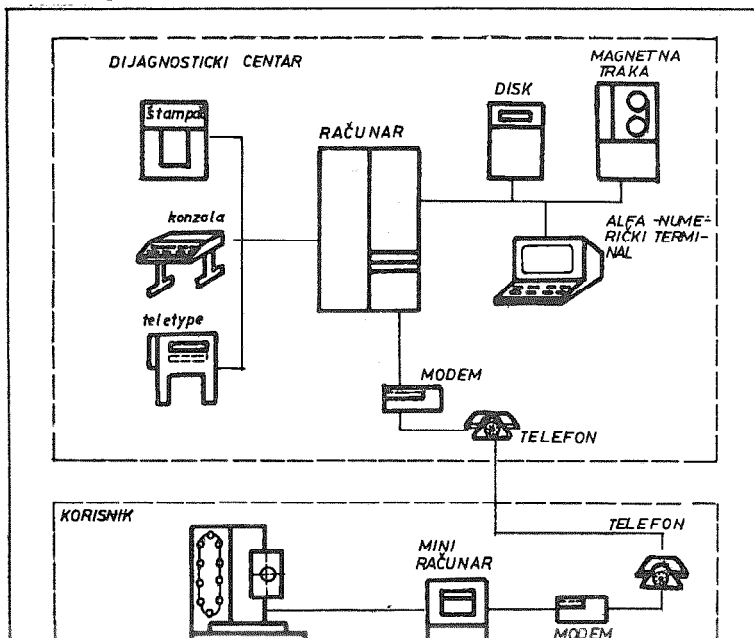


*) Ovaj pojam, ili pak drugi koji ima isto značenje-minimalna mašina se dosta retko danas sreću, a pod njim treba podrazumevati osnovnu konfiguraciju proizvodnog i/ili obradnog sistema koji može da vrši osnovnu funkciju.

ljev istraživačko-razvojnog rada u ovoj oblasti na primeni računara. Sa tog aspekta možemo konstatovati da se danas računar u održavanju koristi u dve vrlo široke oblasti: (i) informacionim modelima održavanja, i (ii) dijagnostičkim centrima za održavanje.

Za informacioni model održavanja se polazi uglavnom od informacionog sistema ukupnog proizvodnog sistema, gde funkciji održavanja pripada jedan podsistem. Za tehnologiju održavanja to znači: (i) stvaranje banke tehnoloških podataka za održavanje, /1/, i (ii) razvoj osnovnog informacionog modela - sistema za istu.

Drugi pravac primene računara u oblasti održavanja je radi vršenja dijagnostike obradnih sistema, /2/ i to za sada najčešće mašina sa KNU; DNU upravljanja kao i fleksibilnih tehnoloških sistema. Postoje dva pristupa tehnici dijagnosticiranja stanja, na osnovu čega se preduzimaju mere tehnologije održavanja, i to: (i) logika dijagnostike je ugrađena u sistem, pa se putem video terminala ili štampača prati stanje sistema, i (ii) dijagnostičke rutine se nalaze u dijagnostičkom centru, slika 3, /2/, odakle se putem povezivanja sa mini računarom obradnog sistema, vrši testiranje stanje obradnog sistema.



3. NEKI PRIMERI RAZVIJENIH MODULA INFORMACIONOG SISTEMA ODRŽAVANJA PRIMENOM RAČUNARA

Informacioni sistem održavanja treba da omogućiti:

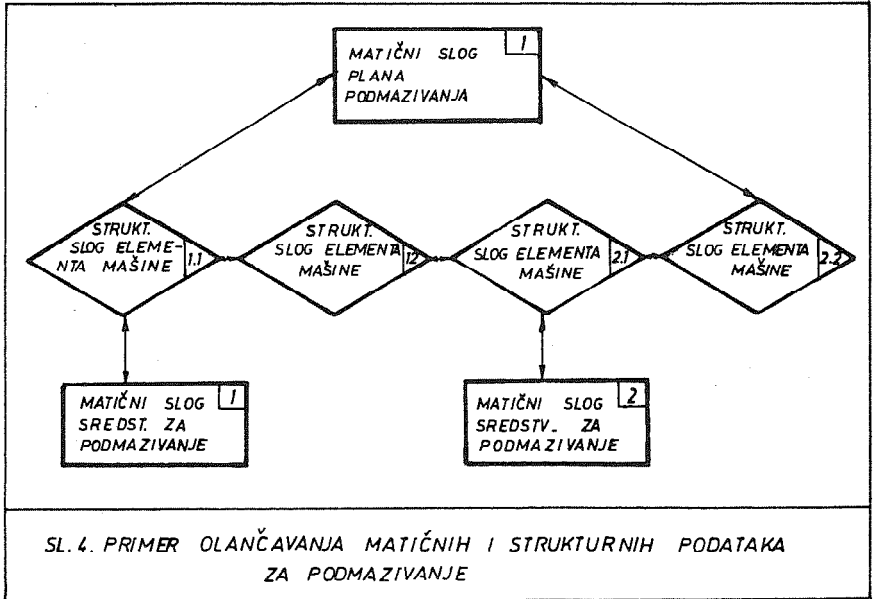
(i) povećanje ukupne efikasnosti proizvodnog i/ili obradnog sistema, što znači da je on što manje u stanju otkaza, i (ii) smanjenje ukupnih troškova proizvodnje, koji su posledica funkcije održavanja. Radi ostvarenja ovih ciljeva pred informacioni sistem održavanja se postavljaju ozbiljni zahtevi, što od njegove efikasnosti zavisi da li će oni biti i ostvareni. Primenom računara uz odgovarajuću organizaciju moguće je od informacionog sistema očekivati a i postići velike efekte. U ovom radu će praktično biti pokazani neki moduli iz definisanog modela informacionog sistema održavanja, /3/, koji se razvijaju u okviru TOPIS-II, a njegove osnovne karakteristike su: (i) industrijski koncept, (ii) on-line razvoj, i (iii) modularni princip.

3.1. MODUL TEHNOLOGIJE ODRŽAVANJA

Na početku ovog rada definisano je da se na bazi tehnološke informacije održavanja, vrši prevodjenje proizvodnog i/ili obradnog sistema iz jednog u drugo stanje, slika 2. Prema tome, ovaj modul predstavlja svakako najvažniji segment funkcije održavanja jer od informacije koj on definiše, odnosno na osnovu koje se preduzimaju zahvati održavanja (zamena delova, preventivni pregledi, podmazivanje i sl.), direktno zavisi koliko će održavani sistem biti u stanju rada ili otkaza.

Baza podataka za ovaj modul formirana je olančavanjem matičnih i strukturnih podataka o operacijama, zahvatima, sredstima i izvršiocima održavanja.

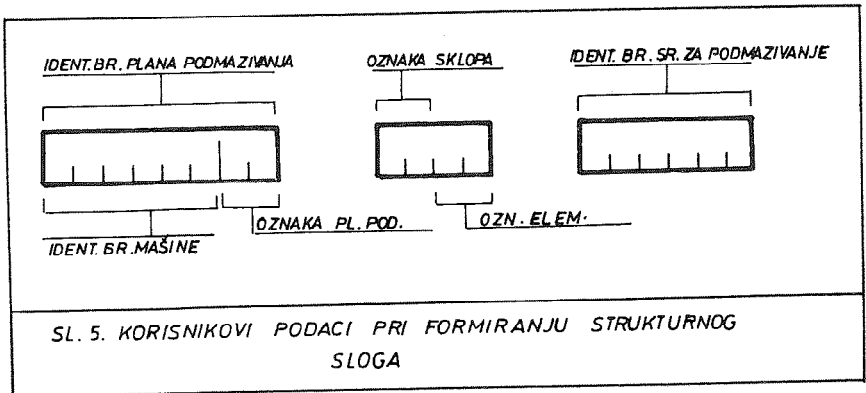
Razvijenim software-om se vrši inicijalno formiranje, olančavanje i ažuriranje baze podataka. Razvijeni su komandni programi koji korisniku omogućuju na bazi interaktivnog



Prikazani princip olančavanja proizilazi iz odgovarajuće logičke strukture datoteka za segment podmazivanja, koji predstavlja samo jedan deo ukupne logičke strukture tehnološke informacije odnosno baze podataka za održavanje.

Razlikujemo dve osnovne grupe podataka u slogovima matičnih i strukturnih datoteka ovog modula, i to: (i) sistemski podaci, i (ii) korisnikovi podaci. Sistemski podaci predstavljaju adrese lanaca, koji se formiraju pri generisanju sistema i zaštićeni su od svakog pokušaja korisnika da vrši njihove izmene, dok se korisnikovi podaci mogu podeliti na: (i) podatke koji se daju pri formiranju datoteka, (ii) korisnikovi podaci koje izračunava sistem, (iii) opcioni korisnikovi podaci koji se daju na ulazu, i (iv) opcioni korisnikovi podaci koji se izračunavaju u korisnikovim programima saglasno sopstvenim algoritmima.

Radi ilustracije napred navedenih postavki u vezi sa osnovnim principima organizacije baze podataka prikazanog modula, na slici 5 se daje primer grupe korisnikovih podataka pri formiranju strukturnog sloga za podmazivanje.

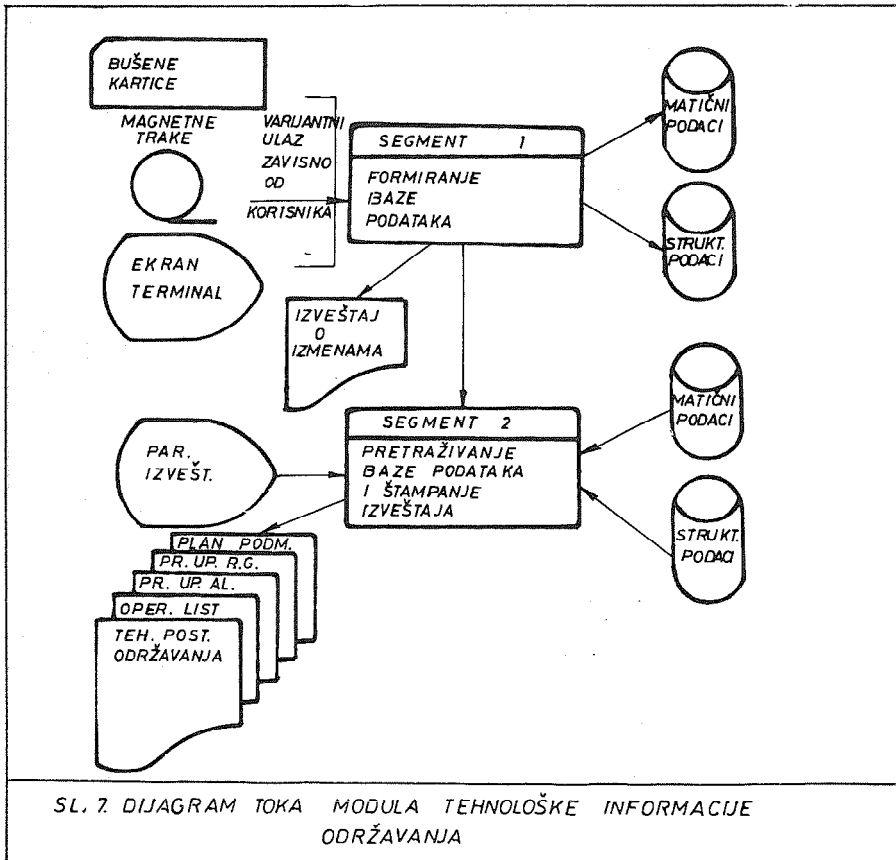


Osnovni zahtevi koji su postavljeni pri projektovanju i razvoju software-a za održavanje su ostvarivanje funkcija planiranja i upravljanja. Na primeru ovog modula koji se odnosi na podmazivanje, na slici 6 je dat jedan segment iz baze podataka koji omogućuje realizovanje ovih funkcija, preko kôda podmazivanja.

K O D P O D M A Z I V A N J A	X	OZNAKA POČETNE NEDELJE U GODINI
	X	(01, 02, ... 52)
	X	OZNAKA INTERVALA PODMAZIVANJA U NEDELJAMA
	X	OZNAKA DANA U NEDELJI (1-PONEDELJAK; 2-UTORAK;....)
	X	OZNAKA VREMENA I STANJA IZVODJ. (0-ISMENA; I-III SMENA;....)

SL. 6. PRIMER KÔDA PODMAZIVANJA

Iz ovoga modula je moguće dobiti čitav niz različitih izveštaja koji mogu predstavljati sastavne delove operativno-planske dokumentacije u održavanju, ili pak službi rukovodiocima u održavanju pri donošenju odluka. Na slici 7 je prikazan opšti model dijagrama toka za ovaj modul.



Iz seta izveštaja ovog modula na slikama 8 i 9 daju se dva primera, sa hipotetičkim podacima, koji služe za ilustraciju njihovog informacionog sadržaja.

RUN TP4
UCITATI IDENT BROJ TEHN.POSTUPKA ODRZAVANJA: 70000000
ZA KRAJ UNESITE 99

****TEHNOLOSKI POSTUPAK ODRZAVANJA**** DATUM:17-APR-80
*ID.BR. MASINE:100000 NAZIV TEH.POS.: ODRZAV.OBRADNOG CE.
*ID.BR.TEH.POST.:170000000 *KL.BR.TEH.POST.:342879711

R.BR.	NAZIV	*ID.BR.*	*FREK.OPER.*	*BR.IZV.*	*ID.BR.*	*KUKUF.VRE.*
OPER.	OPERACIJE	*OPERA.*	*ODRZAVANJ.*	*RD.BRU.*	*RD.BRU.*	*OPERACIJ.*
01	IZAMENA LEZAJA	11000001	MESE	1	03	1200000 1 0.0
02	IZAMENA KLIZACA	12000001	MESE	1	03	1200000 1 0.0

*****KRAJ IZVEŠTAJA*****
UCITATI IDENT BROJ TEHN.POSTUPKA ODRZAVANJA:
ZA KRAJ UNESITE 99
99
TT12 -- STOP
>

SL.8. TERMINALSKI IZVEŠTAJ - TEHNOLOŠKI POSTUPAK ODRŽAVANJA

RUN ZD7
UCITATI IDENT BROJ TEH.POST
70000000
ZA KRAJ UNESITE 99

****OPERACIONI LIST ODRZAVANJA**** DATUM:17-APR-80
*IDENT BR.OPER.:100000 *NAZIV OPERACIJE:IZAMENA LEZAJA
*ID.BR.EL.ZA OPER.:1100000 *KL.BR.OPERACIJE:342879711

R.BR.	NAZIV	*NAZIV IZVRG.*	*ID.BR.*	*NAZIV SREBST.*	*GLAV.VR.*
ZAHV.	ZAHVATA	*ZAHVATA	*SR.OD.*	*ODRZAVANJA*	*ZAHVATA *
01	ISKIDANJE POKLOPCA	MECHANICAR	13342651	1	0.0

*****KRAJ IZVEŠTAJA*****
UCITATI IDENT BROJ TEHN.POSTUPKA ODRZAVANJA:
ZA KRAJ UNESITE 99
99
TT12 -- STOP
>

3.2. MODUL REZERVNIH DELOVA

Značajan segment ukupne efikasnosti podsistema održavanja u okviru jednog proizvodnog sistema, predstavljaju rezervni delovi iz dva razloga: (i) narastanje indirektnih troškova održavanja, odnosno proizvodnje, usled nedostatka rezervnih delova za izvodjenje operacija održavanja (preventivnog ili interventnog), i (ii) blokiranje velike količine sredstava u velikim zalihama rezervnih delova. Rešenje se nalazi između ove dve krajnosti, pa je otuda i razumljivo što je ovaj problem do sada bio predmet pažnje i interesovanja širokog kruga stručnjaka. Stvoreni su odgovarajući matematički modeli, sve sa ciljem optimizacije navedenih troškova. Imajući sve ovo u vidu, zbog toga je i ovaj modul izdvojen kao posebni segment podsistema održavanja sa ciljem planiranja i upravljanja ukupnom funkcijom održavanja proizvodnih sistema.

Radiekonomskeg upravljanja zalihama rezervnih delova za održavanje moguće je primenom "ABC" analize izdvojiti grupe delova, sa stanovišta njihove jedinične cene, količina u magacinu (stock minimum i stock maximum), prosečnog vremena stajanja u magacinu, i slično, kojima treba posvetiti pažnju, ako se želi da u rezervnim delovima na budu angažovana velika sredstva. Za vršenje "ABC" analize pomoću računara napravljen je paket software-a koji se objedinjuje komandnim programom a sadrži sledeće segmente: (i) segment A vrši izbor odgovarajućih grupa podataka, čitajući ih sa datoteke "REZDEL" i formirajući zbirne karakteristike po kojima se vrši analiza; (ii) segment B vrši sortiranje pripremljene grupe rezervnih delova po odgovarajućoj karakteristici (ukupno ih je korišćeno šest pri ovoj analizi); (iii) treći segment C, vrši formiranje grupa A, B i C, određujući isto vreme i vredonosne pokazatelje tih grupa, pojedinačne i sumarne; (iv) štampanje "ABC" krivih (Lorenčovog) dijagrama se vrši pomoću četvrtog segmenta, po karakteristikici za koju je prethodno izvršeno sortiranje, a (v) u okviru petog segmenta se vrši štampanje sumarnih izveštaja iz "ABC" analize, slika 10. Ovaj

SKI KULTIF BEOGRAD - PROIZVODN INHURMACI O I S STELE
 SISEM ZA UPRAVLJANJE ODRZAVANJEJ
 POSISTEM REZERVNIH DELOVA
 PRIMER 'A B C' SUMARNOS IZVEŠTAJ ZA REZERVNE DELOVE ODRZAVANJA

STRANA I
 DATUM: 10. JUN 80

NAZIV DELA/SIROVINE	KOD.	KOLICINA	CENA-BIN		STOCK MINIHUH U	STOCK MAXIHUK Y	TAKO INARCTUARU 10	STANJE U MAGACINU U MAG/DAN/	11	12
			5	6						
VRATILO BRUSILICA	1	KOH.	A 1;33,56 (C) 246,79 (Z)	101 1,37 (C) 109,00 (Z)	101 6,88 (C) 100,00 (Z)	101 1,09 (C) 1108,00 (Z)	101 0,62 (A) 20,83 (Z)	101 1720,83		
TRAKA GRADNI CENT AR	1	KOH.	B 71 7,67 (A) 56,40 (Z)	120,55 (A) 15,60 (Z)	315,70 (A) 70,30 (Z)	A 3;14,67 (A) 27,00 (Z)	A 3;14,67 (A) 47,00 (Z)	3;14,67 (A) 60,00 (Z)	3;14,67 (A) 60,00 (Z)	3;14,67 (A) 60,00 (Z)
POKLOPAC UNIVERZALNI STRUG	1	KOH.	A 8; 9,24 (A) 67,90 (Z)	2113,70 (A) 103,00 (Z)	2123,65 (A) 103,00 (Z)	A 2;19,02 (A) 35,00 (Z)	A 1;27,50 (A) 88,00 (Z)	A 1;27,50 (A) 88,00 (Z)	1;27,50 (A) 88,00 (Z)	1;27,50 (A) 88,00 (Z)
LEZAJ STRUG PA 120	1	KOH.	B 6; 9,11 (B) 67,20 (Z)	5; 9,57 (B) 84,93 (Z)	6; 3,94 (B) 91,69 (Z)	6; 5,43 (B) 10,00 (Z)	6; 4,06 (A) 13,00 (Z)	6; 4,06 (A) 13,00 (Z)	6; 4,06 (A) 13,00 (Z)	6; 4,06 (A) 13,00 (Z)
ZUPCANIK ODRADNI CENT AR RI	1	KOH.	A 3;12,86 (B) 94,50 (Z)	8; 4,11 (C) 3,00 (Z)	C 8; 1,75 (C) 8,00 (Z)	B 2;17 (C) 4,00 (Z)	B 1,66 (A) 5,00 (Z)	B 1,66 (A) 5,00 (Z)	B 1,66 (A) 5,00 (Z)	B 1,66 (A) 5,00 (Z)
ZUPCANIK STRUG PA-120	1	KOH.	A 2;12,07 (C) 94,60 (Z)	7; 2,74 (C) 45,43 (Z)	8; 1,75 (C) 97,12 (Z)	7; 1,63 (C) 8,00 (Z)	8; 1,56 (A) 3,00 (Z)	8; 1,56 (A) 3,00 (Z)	8; 1,56 (A) 3,00 (Z)	8; 1,56 (A) 3,00 (Z)
PRSTEN GLUDGLICA	1	KOH.	C 8; 2,53 (B) 18,60 (Z)	7; 3,85 (B) 98,19 (Z)	7; 3,94 (B) 95,62 (Z)	7; 3,80 (B) 7,00 (Z)	7; 3,12 (A) 10,00 (Z)	7; 3,12 (A) 10,00 (Z)	7; 3,12 (A) 10,00 (Z)	7; 3,12 (A) 10,00 (Z)
PODMETAC RENDISALJKA	1	KOH.	C 9; 1,10 (A) 81,0 (Z)	4;13,70 (B) 61,64 (Z)	5; 9,85 (A) 87,75 (Z)	5; 9,12 (B) 15,00 (Z)	5; 8,41 (B) 27,00 (Z)	5; 8,41 (B) 27,00 (Z)	5; 8,41 (B) 27,00 (Z)	5; 8,41 (B) 27,00 (Z)
LEZAJ ODRADNI CENT AR RI	1	KOH.	A 4;10,23 (A) 75,90 (Z)	5;13,70 (A) 10,00 (Z)	4;14,80 (A) 48,00 (Z)	A 4;14,59 (A) 25,00 (Z)	A 4;14,06 (B) 45,00 (Z)	A 4;14,06 (B) 45,00 (Z)	A 4;14,06 (B) 45,00 (Z)	A 4;14,06 (B) 45,00 (Z)
ZAPTIVKA STRUG PA 120	1	KOH.	C 10; 0,71 (A) 5,20 (Z)	3;13,70 (A) 87,95 (Z)	1;24,07 (A) 110,00 (Z)	A 1;24,09 (A) 48,00 (Z)	A 2;24,38 (B) 78,00 (Z)	A 2;24,38 (B) 78,00 (Z)	A 2;24,38 (B) 78,00 (Z)	A 2;24,38 (B) 78,00 (Z)
SUMA REZERVNIH DELOVA ZA 1980										

SKI KULTIF BEOGRAD - PROIZVODN INHURMACI O I S STELE
 STRANA II

Drugi paket software-a koji je napravljen u okviru ovog modula daje osnovne podatke o: (i) rezervnim delovima koje se ugrađuju u pojedine mašine, slika 11, i (ii) u koje sve mašine (uredjaje) se ugrađuje jedan isti rezervni deo, slika 12. Ovi izveštaji su potrebni pre svega radi njihovog katalogiziranja i mogućnosti planiranja, odnosno procenjivanja ukupne količine sredstava za njihovu nabavku.

RUN K1
UCITATI ID.BR.MASINE: 200000
ZA KRAJ UNESITE 99!

STRANA: 1
DATUM:06-JUN-80

*** KATALOG REZERVNIH DELOVA ***
PO MASINI
*NAZIV MASINE:STRUG PA-120
*IDBR.MASINE:200000

*REDNI * * BROJ *	NAZIV DELA	*OZNAKA* *MAGAC.*	JEDINICNA* CENA	STANJE U* *MAGACINU *	STOCK * * MINIMUM *
1	!ZUPCANIK	! 1 !	94.60 !	5.00 !	2.00 !
2	!LEZAJ	! 1 !	67.20 !	13.00 !	7.00 !
3	!ZAPTIVKA	! 1 !	5.20 !	78.00 !	10.00 !

***** KRAJ IZVEŠTAJA *****
UCITATI ID.BR.MASINE:
ZA KRAJ UNESITE 99: 99
TT12 -- STOP

SLI11. TERMINALSKI IZVEŠTAJ-KATALOG REZERVNIH DELOVA ZA MAŠINU

RUN K2
UCITATI ID.BR.REZERVNOG DELA: 100000
ZA KRAJ UNESITE 99!

STRANA: 1
DATUM:06-JUN-80

*** KATALOG MASINA PO REZERVNIM ***
DELOVIMA
*NAZIV DELA:ZUPCANIK
*ID.BR. DELA:100000

*REDNI * * BROJ *	NAZIV MASINE	*ID.BR.* *MASINE*	*OZNAKA* *POGONA*	*UKUPNA* *KOLIC.*	UKUPNA * CENA *
1	!STRUG PA-120	!200000!	1 !	2.00!	189.20!
2	!OBRADNI CENTAR R1	!200001!	1 !	3.00!	283.50!

SUMARNE VREDNOSTI SU:
ZA UKUPNU KOLICINU: 5.00 KOM.
ZA UKUPNU CENU: 472.70 DIN.
***** KRAJ IZVEŠTAJA *****
UCITATI ID.BR.REZERVNOG DELA:
ZA KRAJ UNESITE 99: 99

4. Zaključak

Cilj ovog rada je bio da se pokrenu neka pitanja u vezi sa primenom računara u održavanju, jer to ustvari predstavlja neminovnost dolazećeg vremena. Radi postizanja što boljih pokazatelja efektivnosti proizvodnih sistema, kao prvi prilaz, potrebno je razvijati informacione sisteme održavanja orjentisane računaru. U narednom periodu na Mašinskom fakultetu dalji rad će biti usmeren na razvoju ostalih modula podsistema održavanja i istraživačko-razvojnog redu na pitanjima iz druge dve navedene oblasti, na planu primene računara u održavanju proizvodnih sistema.

5. Literatura

/1/ Majstorović D.V., i Milačić R.V.:

Prilog razvoju tehnološke banke podataka za upravljanje funkcijom održavanja proizvodno-tehnoloških sistema,

IX Simpozijum "Upravljanje proizvodnjom u industriji prerade metala", Beograd, 1979.

/2/ Milačić R.V.:

Problemi razvoja složenih obradnih sistema domaće industrije mašina alatki,

X Savetovanje proizvodnog mašinstva, Beograd, 1975.

/3/ Majstorović D.V., i Spasić A.Ž.:

Održavanje u proizvodnim sistemima, kao podsistem TOPIS-a II,

X Simpozijum "Upravljanje proizvodnjom u industriji prerade metala", Beograd, 1980.

V.R. Milačić

V.D. Majstorović

SOME ASPECTS OF COMPUTER APPLICATION TO
PRODUCTION SYSTEM MAINTENANCE

Nowadays the computer is gaining more and more importance in all control and manufacturing functions of production systems, and the field of its application has become even wider with an increase in the level of machining systems automation. Similar trends are also evident in the field of maintenance, where two distinct groups of computer application can be differentiated: (i) An information system for designing, planning and controlling the maintenance function, and (ii) The development and utilization of diagnostic centers for production or machining systems, which is in fact the topic of this paper.

The discussion also includes some practical results of designing maintenance software in the TOPIS-II system, as well as the expected trends of research and development efforts in the years to come.

XIV SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE, ČAČAK,
SEPTEMBRA 1980.GODINE

MILIĆ RADIVOJE

NOVA TEHNOLOGIJA U PROIZVODNJI ZAVOJNIH BURGIJA TEHNIKOM
BRUŠENJA

1. U V O D

Tehnologija izrade zavojne burgije kao alata je u svom dugogodišnjem razvoju morala ujedno da prati dva osnovna zahtjeva i to:

-Zahtjev kvaliteta, ovo zbog toga što su se vremenom javljali novi zahtjevi vezani za kvalitet rupe, a isto tako su se javljale nove vrste materijala čije su mehaničke osobine zahtijevale kvalitetniji alat za njihovu obradu.

- Ekonomski zahtjev vezan za cijenu koštanja zavojne burgije kao alata.

Prateći gore dva pomenuta zahtjeva ne samo da se mijenjala tehnologija izrade zavojne burgije već se isto tako tragalo za kvalitetnijom vrstom materijala za izradu reznog alata, pa i zavojne burgije kao vodećeg medju nizom različitih.

Kad se govori o tehnologiji izrade zavojne burgije onda se kao osnov uzima tehnologija formiranja zavojnog žljeba i zaledja na istoj. Tehnologija izrade zavojnog žljeba od pojave prve zavojne burgije do današnjih dana je doživjela značajan napredak, a sve u cilju zadovoljavanja gore pomenutih zahtjeva.

Danas u svijetu postoje tri vrste tehnologija upravo gledano sa stanovišta formiranja naprijed pomenutih elemenata na zavo-

- Tehnologija glodanja
- Tehnologija plastične obrade
- Tehnologija brušenja

Dodajući gornjem odvojenu obradu zaledja onda se ovaj broj može povećati, pa imamo:

- Zavojne burgije glodanih žljebova i zaledja
- Zavojne burgije glodanih žljebova, a brušenih zaledja
- Zavojne burgije valjanih žljebova i zaledja
- Zavojne burgije valjanih žljebova, a brušenih zaledja
- Zavojne burgije brušenih i žljebova i zaledja

Gornjem treba dodati da je u svijetu takodje poznato niz popravki / dorada/ žljebova na zavojnim burgijama, a sve u cilju dobivanja kvalitetnije zavojne burgije npr. poliranje zavojnih žljebova.

Valja napomenuti da je osim kvalitetne obrade žljebova i zaledja na zavojnim burgijama isto tako jako važan i kvalitet termičke obrade.

Tu se postiglo isto tako nekoliko značajnih unapredjenja, posebno se to odnosi na period od pojave brzoreznog čelika pa na ovamo. Navedena unapredjenja se uglavnom odnose na dodatnu površinsku obradu kao što su nitriranje i otpuštanje u pari.

U grupi tehnologija formiranja zavojnih žljebova i zaledja na zavojnoj burgiji tehnologija brušenja zauzima vidno mjesto i u poslednje vrijeme sve se više primjenjuje, a sve zbog svojih kvalitetnih prednosti u odnosu na ostale tehnologije. Posebno je nagli prodor ova tehnologija napravila pojavom visokoučinskog brušenja / brušenja povećanim brzinama rezanja/ koje omogućava brzu i kvalitetnu obradu žljebova i zaledja na zavojnoj burgiji.

Pošto u cijeni zavojne burgije značajno mjesto zauzima materi-

2. ANALIZA IZRADE ZAVOJNIH BURGIIJA TEHNOLOGIJOM PRETHODNOG VALJANJA ŽLJEBA SA ZAVRŠNIM BRUŠENJEM ŽLJEBA I ZALEDJA - ANALIZA PREDLOŽBNE NOVE TEHNOLOGIJE -

2.1. TEHNOLOGIJA IZRADE

Tehnologija izrade zavojnih burgija proizvedenih gornjom tehnologijom je data u tablici I. U tablici su dati i normativi vremena izrade sa normativom materijala. Normativ vremena izrade je odredjen na bazi iskustva I/T u izradi ove vrste alata. Drugim riječima za vremena pripreme, kao i vremena prethodnog valjanja žljeba i sve ostale operacije do termičke obrade uzeta su vremena sa tehnologije valjanja. Vrijeme tvrde obrade / spoljno okruglo brušenje, obilježavanje i oštrenje / uzeto je kao i kod tehnologije brušenja. Vrijeme završne obrade žljeba i zaledja odredjeno je iskustveno i isto se nalazi izmedju vremena potrebnih za formiranje žljeba i zaledja kod tehnologije brušenja. Ovako odredjeno vrijeme za završnu obradu žljeba i zaledja ima puno logike, jer se kod ove tehnologije ne brusi žljeb iz puna / skidanja su manja od onih na tehnologiji brušenja/, ali su iapk nešto veća od brušenja zaledja na istoj tehnologiji.

Iz priložene tablike je vidljivo da je obrada žljeba i zaledja obuhvaćena jednom operacijom. Ovo sam napravio iz prostog razloga što su količine skinutog materijala pri brušenju žljeba i zaledja na ovoj tehnologiji približno iste, a samim tim i vremena trajanja tih operacija takodje su približno ista pa nije potrebno koristiti dvije mašine za formiranje gore navedenih elemenata zavojnih burgija radjenih ovom tehnologijom.

/burgije za kamen kod kojih je žljeb nešto plići od onih na burgijama za metal/.

Koristeći se gornjim došao sam do opšteg obrasca za normat. materijala ovih burgija, a isti je sličan onome na valjanim burgijama sa drugom vrijednošću koeficijenta.

To jest: $l = l_2 + \sqrt{V} \cdot l_1$

Kod ovih burgija koeficijent \sqrt{V} se kreće u granicama 0,60-0,62.

2. UPOREDJIVANJE ZAVOJNIH BURGIIJA DOBIJENIH OVOM TEHNOLOGIJOM I ISTIH BURGIIJA DOBIJENIH TEHNOLOGIJOM BRUŠENJA

Uporedjivao sam zavojne burgije dobijene gore navedenim tehnologijama iz prostog razloga što imaju istu geometriju, pa se sa te strane trebaju očekivati i isti rezultati.

2.2.1. Tehnološko poredjenje

Tehnološke razlike navedenih tehnologija daju se uočiti poredjenjem tablica II i I. Iz tablica se vide sve promjene vezane za tehnologiju. Uglavnom tehnološke promjene se odnose na dodatne operacije u jednoj ili u drugoj tehnologiji. Važno je napomenuti da je valjano brušena burgija u izvjesnoj tehnološkoj prednosti pri termičkoj obradi.

Ta prednost se ogleda u činjenici da na ovoj tehnologiji već postoje formirani žljebovi, što za sobom povlači mogućnost lakše automatizacije termičke obrade / slaganje, odnosno orjentisanje burgije je time lakše/. Ista konstatacija važi i za spoljno okruglo brušenje.

Pravilna orijentacija burgija pri termičkoj obradi je potrebna radi promjenljive tvrdoće na dršci i tijelu, a kod okruglog spoljnog brušenja zbog potrebe otanjenja burgije od vrha prema dršci.

TEHNOLOGIJA IZRADE SA NORMATIVOM VREMENA I MATERIJALA ZA BV VALJANE + BRUŠINE Tabela I

		Normativ materijala / dimenz./mm/ i težine/g/ i vremena u /min/											
		Dim	Ø	Dim	Ø	Dim	Ø	Dim	Ø	Dim	Ø	Dim	Ø
OPERACIJA		Dim	Ø	Dim	Ø	Dim	Ø	Dim	Ø	Dim	Ø	Dim	Ø
		Tež	Tež	Tež	Tež	Tež	Tež	Tež	Tež	Tež	Tež	Tež	Tež
		t _{pz}	t _o	t _{pz}	t _o	t _{pz}	t _o	t _{pz}	t _o	t _{pz}	t _o	t _{pz}	t _o
lijecanje sa pripremom kr.		48	0,06	48	0,07	48	0,08	48	0,10	48	0,15	48	0,20
jane 2 žljeba sa dod.za br.		30	0,22	30	0,28	30	0,32	30	0,40	30	0,73	30	0,73
odno okruglo bruš./meko/		48	0,06	48	0,07	48	0,12	48	0,17	48	0,28	48	0,28
lijecanje defektnog vrha		21	0,05	21	0,07	21	0,08	21	0,10	21	0,14	21	0,14
uglo brušenje /tvrd/		48	0,08	48	0,10	48	0,12	48	0,32	48	0,37	48	0,37
šenje 2 žljeba + 2 ruba		72	0,26	72	0,32	72	0,35	72	0,40	72	0,60	72	0,60
lježavanje		6	0,02	6	0,02	6	0,02	6	0,02	6	0,02	6	0,02
renje		6	0,14	6	0,15	6	0,17	6	0,44	6	0,60	6	0,60
PNC:		279	0,89	279	1,08	279	1,26	291	1,85	297	2,89	297	2,89

TEHNOLOGIJA IZRADE SA NORMATIVCUM VREMENA I MATERIJALA ZA BV BRUŠENU Tabela II

Dim		6,2x94		7,2x110		8,2x118		10,3x134		12,3x152	
		tpz	to	tpz	to	tpz	to	tpz	to	tpz	to
Tež		24,8		38,9		53,5		102,6		157,6	
Normativ materijala /dimenz./mm/ i težine /g/ i vremena u /min/											
P E R A C I J A											
33		0,13		33		0,14		33		0,17	
54		0,2		54		0,26		54		0,27	
72		0,3		72		0,37		72		0,4	
72		0,23		72		0,28		72		0,3	
3		0,08		3		0,08		3		0,08	
6		0,02		6		0,02		6		0,02	
18		0,3		18		0,35		18		0,37	
258		1,26		258		1,5		258		1,61	
33		0,73		18		0,67		18		0,73	
54		0,72		72		0,47		72		0,68	
72		0,51		72		0,34		72		0,51	
3		0,08		3		0,08		3		0,08	
6		0,02		6		0,02		6		0,02	
18		0,57		18		0,41		18		0,57	
243		3,31		243		2,44		243		3,31	

2.2.2. Kvalitetno poredjenje

Po pitanju kvaliteta ova burgija bi trebala da u sebi sjedinjuje dobre strane kako brušene, tako i valjane burgije.

Zbog manjeg dodatka /odnosno skidanja pri formiranju žljebova/ kod tehnologije valjanja + brušenja od klasičnog brušenja iz puna to će i pojava napona u površini pri ovoj obradi kod pomenute tehnologije takodje biti znatno manji.

Dalje zbog meko formiranih žljebova i to tehnologijom valjanja nema ni sječenja vlakana, iz čega zaključujemo da će koncentracija napona na što je posebno osjetljiv brzorezni čelik biti daleko manja.

Što se tiče geometrije tu bi trebala da bude ista slika. Sve ovo izneseno daje za pravo da se zaključi da će sa stanovišta kvalitetnog poredjenja / podrazumijevajući pod ovom postojanošću burgije/ ova burgija biti u osjetnoj prednosti u odnosu na klasičnu brušenu burgiju / brušenje iz puna/.

Eksperimentalno poredjenje za sada nije moguće zbog činjenice što se sa uspjehom ne može rasploživom tehnikom napraviti ova burgija. Zbog toga se moramo zadovoljiti sa gore pomenutom analizom.

2.2.3. Ekonomsko poredjenje

Radi lakšeg ekonomskog poredjenja u tablici III je dat normativ materijala sa cijenama koštanja u din/kg i u din/kom.

U tablici IV su date razlike u vremenima izrade posmatranih burgija, kao i materijala razlike date u din/kom.

Iz navedenih tablica je vidljivo da su vremena izrade za sve dimenzije koje su posmatrane u ovom radu povoljnije kod ove varijante izrade zavojnih burgija.

Razloge takvog stanja treba tražiti u :

... za valjanu burgiju, a to zbog toga

/ožljebljeni dio burgije/, dok se sa strane drške burgije obično šilje pod 8° pa su i dužine tih šiljenja različite, a samim tim i vremena istih.

Gore navedeno se odnosi na slučaj odsijecanja smicanjem sa naknadnim šiljenjem.

Ako se pak odsijecanje izvodi na automatima, onda kod valjanih burgija sa odsijecanjem ne idemo do kraja / do ose/, već se ova operacija izvodi tehnikom zasijecanje sa lomljenjem, čija su vremena daleko manja od onih kod odsijecanja do kraja.

- kod operacije formiranja žljeba i zaledja na brušenim brugijama su te operacije razdvojene / obavljaju se na dvije mašine/. Ovo zbog različitih vremena posebno kod većih dimenzija.

Ovakav način izrade ima svoj pun ekonomski smisao, jer su u tom slučaju mašine dosta jednostavnije, a samim tim i jeftinije. Za slučaj valjano - brušene burgije ovo razdvajanje ne bi imalo ekonomskog smisla, jer su vremena približno jednaka za brušenje žljeba i zaledja.

- kod brušenih burgija postoji jedna operacija koja treba da kaže da li je štapić pravilno okaljen ili ne / u tehnološkom pregledu data pod nazivom ispitivanje/.

Ova operacija za slučaj valjano - brušene burgije nije potrebna, zbog činjenice meko formiranog žljeba. Ako se analizi datoj u tablici još dodaju razlike u vremenima termičke obrade, kao i vrlo jednostavna automatizacija tehnološkog procesa na ovoj burgiji, onda sa ekonomskog stanovišta ova burgija ima svoj puni smisao.

U radu sam analizirao burgije iznad \emptyset 6 mm iz razloga što su kod manjih dimenzija vremenske razlike na strani brušenih burgija pa ta analiza ne bi dala odgovarajuće rezultate.

NORMATIV I CIJENA MATERIJALA ZA
VALJANU + BRUŠENU BURGIJU

Tabela III

Dimenz. burgije	Normativ /g/	C i j e n a	
		/Din/kg/	/Din/kom/
∅ 6	18,7	130,00	2,43
∅ 7	29,0	130,00	3,77
∅ 8	40,0	125,00	5,00
∅ 10	75,8	125,00	9,48
∅ 12	116	120,00	13,92

VREMENSKE I MATERIJALNE RAZLIKE
TEHNOLOGIJE BRUŠENJA I VALJANJA+BRUŠENJA

Tabela IV

Dimenz. burgije	Vremenske /min/	Materijalne	
		g/kom.	Din/kom
∅ 6	0,37	6,10	0,794
∅ 7	0,48	9,90	1.287
∅ 8	0,35	13,5	1.688
∅ 10	0,59	26,8	3.345

Dodajući ovome da su materijalne uštede kod burgija prečnika manjih od \varnothing 6 mm daleko manje, kao i to da su manje burgije nezgodnije za pravilnu orijentaciju koja je neminovna za ovu tehnologiju, onda se dobije dovoljno razloga zbog čega sam razmatrao područje iznad \varnothing 6 mm.

3. ZAKLJUČCI

Na osnovu iznesenog u vezi proizvodnje zavojnih burgija, a posebno u vezi predložene nove tehnologije može se zaključiti:

- Ova tehnologija, gledajući na razvoj tehnologije formiranja žljebova i zaledja na zavojnim burgijama, je i logički nastavak u kontinuitetu razvoja ovog vida tehnologije.
- U razvoju tehnologije proizvodnje zavojnih burgija, kao i svega ostalog težilo se ka tehnologiji koja će obezbjediti nešto novo u pogledu kvaliteta i cijene koštanja.
U proizvodnji zavojnih burgija, vezano za kvalitet, a posebno za cijenu koštanja stiglo se do jednog nivoa koji govori da za duže vrijeme neće biti nekih značajnijih promjena. Ovo zbog toga što tehnika obrade koja je danas poznata u svijetu, a i ona koja još uvijek nije dovoljno razvijena ne obećava značajnije smanjenje vremena izrade zavojnih burgija. No, kako u cijeni koštanja jednog od proizvoda uz vrijeme izrade učestvuju i troškovi materijala / ovo se posebno odnosi na zavojne burgije koje se proizvode od skupih brzoreznih čelika / onda se da zaključiti da postoje izvjesne rezerve koje mogu uticati na smanjenje ukupne cijene koštanja.

Predlažući ovu tehnologiju upravo sam se rukovodio time. Htio sam da smanjim troškove proizvodnje zavojnih burgija manjim učešćem materijala. K...

- Osim smanjenja troškova proizvodnje koji su evidentni i navedeni, ova tehnologija krije još uvijek izvjesnu rezervu u smanjenju troškova proizvodnje, a ista se krije u mogućnosti automatizacije proizvodnje, čime bi se smanjili troškovi radne snage koji su takodje značajni činioci u proizvodnji zavojnih burgija.
- Sa stanovišta kvaliteta burgija koje bi se proizvodile ovom tehnologijom treba da donesu niz pozitivnih promjena o kojima je bilo govora ranije.
- Normalan zaključak je zbog većeg broja operacija, a posebno zbog postojanja žljebova koje tehnikom brušenja treba konačno obraditi da je i veća bojznost u pogledu kvara kod ove tehnologije.

Cilj ovog rada je riješi sve proizvodne probleme vezane za ovu tehnologiju. Njegov osnovni cilj je da ukaže na dalje mogućnosti u razvoju tehnologije proizvodnje zavojnih burgija.

LITERATURA:

Milić Radivoje
Magistarski rad Zagreb 1979.

INDUSTRIJA ALATA " TREBINJE"

Tehnička dokumentacija

SUMMARY

The intention of this work is to point to some possibilities of reducing the cost price of the twist drills produced by grinding technique. As the participation of the material is of great importance in total cost price, in this work. I proceed from the viewpoint of the reducing of cost of the direct participation of material. It is attained by the use of double technology: the previous rolling of flutes and with final grinding of flutes and back. The saving of material is to 20 percent if this technique of production is used. In this work this technology is described and compared with the technology of classical grinding.

XIV SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE, ČAČAK, 1980.

D.Milikić*

TEMPERATURE PRI OBRADI REZANJEM I MOGUĆNOSTI NJIHOVOG TAČNOG
ODREĐIVANJA**

1. Uvod

Toplotni problem, tj. nastajanje toplote u zoni rezanja, uočeno je još od strane prvih istraživača na području nauke o rezanju. Kako se ispočetka radilo sa malim brzinama rezanja pri kojima se nije generisala naročito velika toplotna energija, to nije ni bilo potrebno za njeno detaljnije proučavanje.

Pripreme za prvi svetski rat ubrzale su razvoj ratne tehnike, a s tim u vezi i metaloprerađivačke industrije. Pronadjeni su novi alatni materijali koji su omogućavali povećanje brzine rezanja za 5 do 10 puta, što je dovelo i do povećanja temperatura pri rezanju. Tada se po prvi put javila potreba za ispitivanjem ovih temperatura pa su razvijene i prve merne metode. Prva istraživanja u kojima je učinjen pokušaj merenja temperatura rezanja vršena su od strane Savina (1909), Brokenberga i Majera (1911), koji su kalorimetrijski merili srednju temperaturu rezanja. Usačev je 1915. godine prvi primenio ugradjeni termopar u rezni klin strugarskog noža i pomoću njega merio temperaturu neposredno u procesu rezanja [29]. Gotovo istovremeno, ali potpuno nezavisno jedan od drugog, Shore (1924) u SAD, Gottwein (1925) [6] u Nemačkoj i Herbert (1926) u Engleskoj, razvili su metodu merenja temperature pomoću tzv. prirodnog termopara koga obrazuju alat i obradak. Schwerd [26] je 1932. godine razvio optičku metodu merenja temperatura na bazi toplotnog zračenja, koju je 1936. godine Krämer [8] nešto usavršio. Schallbroch i Lang [10] su 1943. godine, za određivanje temperaturskog polja na strugarskom nožu, koristili premaze od tzv. termo-color boja (neke vrste matalnih soli), koje pri dejstvu tačno određenih temperatura i vremena njihovog delovanja menjaju svoju boju.

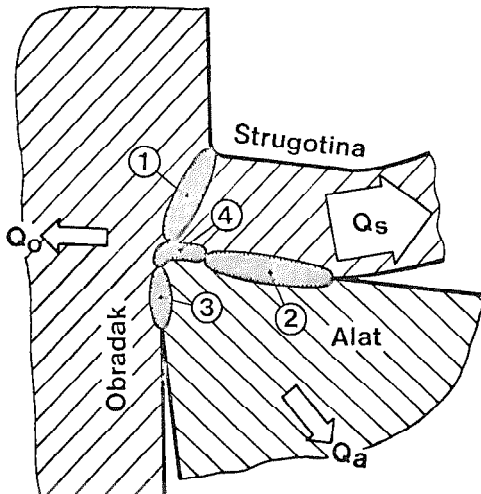
*Dr Dragoje Milikić, dipl.ing., asistent Fakulteta tehničkih nauka u Novom Sadu,

Od 1950. godine razvoj metoda za merenje temperatura pri obradi rezanjem znatno je inteziviran. Neke stare metode su usavršene, a i dalje se usavršavaju zbog veoma intezivnog razvoja merne tehnike, koja u današnjim uslovima omogućuje takva merenja i tačnosti koje su pre dvadesetak godina bile nezamislive.

• 2. Nastanak i distribucija toplotne energije pri obradi rezanjem

Skoro celokupna dovedena mehanička energija transformiše se u zoni rezanja, putem elastične i plastične deformacije, trenja na kontaktnim površinama i unutrašnjeg trenja u materijalu u toplotnu energiju. Pri tome se pretpostavlja da se rezanje odvija bez vibracija, a da je kinetička energija strugotine i potencijalna energija elastičnog deformisanja kristalne rešetke u obradku, alatu i strugotini zanemarivo mala [14,15].

Pretvaranje mehaničke energije u toplotnu odvija se u četiri karakteristične zone, kako je to na slici 1. prikazano, pri čemu se pojedine zone delimično preklapaju. U zoni smicanja (1) i kočionom sloju (4) vrši se deformacija obradka. Toplota trenja nastaje u zonama kontakta grudne površine alata i strugotine (2) i ledjne površine alata i obradka (3) kao i kočionom sloju (4) zbog unutrašnjeg trenja slojeva materijala strugotine. Ove zone deformacije i trenja predstavljaju toplotne izvore pri rezanju.



Slika 1. Šema nastajanja i distribucije toplotne energije pri rezanju.

1. Toplota deformacije u ravni smicanja
2. Toplota trenja na grudnoj površini
3. Toplota trenja na ledjnoj površini
4. Toplota deformacije i unutrašnjeg trenja u kočionom sloju

konvekcijom. Kao rezultat takvog toplotnog bilansa obrazuje se u obradku, alatu i strugotini odgovarajuće temperatursko polje, koje se menja sve dok se ne uspostavi ravnoteža između razvijene i odvedene količine toplote. Prema merenjima Mayer-a [15] ovo vreme iznosi oko 15 sek. Kalorimetrijskim merenjima [24] je utvrđeno da se najveći deo toplotne energije, pri današnjim uobičajenim uslovima obrade rezanjem, odvodi preko strugotine, znatno manji deo preuzima obradak, dok se preko alata odvodi manje od 10% ukupne toplotne energije koja nastaje pri rezanju.

3. Karakteristične temperature zone rezanja - temperatursko polje

Temperature koje nastaju u pojedinim tačkama zone rezanja zavise od:

1. položaja toplotnih izvora,
2. intenziteta toplotnih izvora,
3. toplotne provodljivosti materijala obradka i alata i
4. preseka preko koga se odvodi razvijena toplota.

Za ispravnu procenu visine temperatura pojedinih karakterističnih zona rezanja moraju se svi ovi elementi uzeti u obzir.

Kao što je već poznato, u ravni smicanja se u toplotu transformiše najveći deo dovedene mehaničke energije, ali zbog dobrog odvodjenja te toplote, preko obradka i strugotine, temperature nisu visoke. Merenje i proračun ovih temperatura [18,24,26,30] to upravo i potvrđuju.

Visina i tok temperature u ravni smicanja razlikuje se kod pojedinih istraživača. Tako se izmerene temperature u ravni smicanja po metodi Schwerd-a [26] pri ortogonalnom rezanju, kreću do 300°C do 450°C. Proračun Vierregge-a [28] i Weiner-a [30] daju približno iste rezultate, tj. od 300°C do 400°C, dok je merenjima Boothroyd-a, pomoću infra-crvene termografije (prema navodima u literaturi [14]), dobijeno oko 600°C, što predstavlja znatno odstupanje.

Deo toplote koji iz zone smicanja odlazi u obradak je relativno mali, a pošto se obradak kreće suprotno od toplotnog toka, onda se jedan deo i te toplote vraća natrag u strugotinu [5]. Tako zagrejana strugotina klizi preko grudne površine na kojoj prima još i toplotu trenja. Treba naglasiti da se ovde ne radi samo o trenju unutrašnje strane strugotine po grudnoj površini alata već i o unutrašnjem trenju slojeva materijala strugotine u kočionom sloju, neposredno uz sečivo.

U zoni kontakta između pokretne strugotine i grudne površine alata

li različite merne metode, tako da pri obradi čelika alatom od tvrdog metala može dostići vrednost od 1300°C [4,12,14,17,18,22,27]. Podaci o položaju maksimalne temperature takodje se znatno razlikuju kod pojedinih istraživača. Sadak [23] je mereći oblik habanja na grudnoj površini alata i temperatursko polje konstatovao veoma dobro slaganje površine kratera i izoterma. Do istog zaključka došli su i drugi istraživači [29], a to znači da se položaj maksimalne temperature poklapa sa najvećom dubinom kratera.

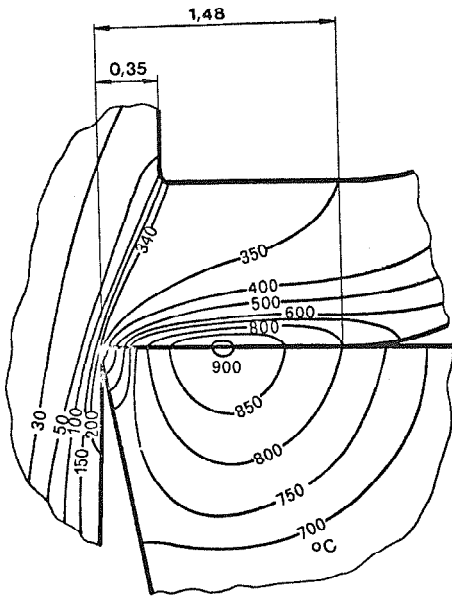
Na ledjnoj površini alata najstaje toplota trenja zbog klizanja obradjene površine na stvorenoj širini pojasa habanja alata. Zbog male površine klizanja razvija se relativno mala količina toplote u poredjenju sa drugim toplotnim izvorima. Tako stvorena toplota odvodi se skoro celokupna preko "hladnog" obradka. Pošto je toplota trenja razvijena na ledjnoj površini alata manja od one koja se na isti način razvija na grudnoj površini, a uslovi odvodjenja toplote znatno povoljniji, može se govoriti o "hladjenju" alata preko obradjene površine [5].

Zbog povoljnih uslova odvodjenja toplote, maksimalna temperatura koja nastaje na ledjnoj površini je manjanje $200-300^{\circ}\text{C}$ niža od maksimalne temperature na grudnoj površini i ide do 850°C [5,22,28].

O temperaturama obradjene površine u literaturi je teško naći bilo kakve podatke. Ovo zbog toga što su do sada razvijene metode za to nepogodne. Ipak se može uzeti da su one za nekoliko stotina stepeni niže od temperatura na kontaktu alat-obradak.

Pregled temperature koje nastaju na pojedinim mestima u alatu, obradku i strugotini tj. temperatursko polje zone rezanja, prikazuje slika 2. Ovo temperatursko polje proračunao je Reznikov [20] na osnovu podataka o intenzitetu toplotnih izvora za date uslove.

Odredjivanje temperaturskog polja u alatu, obradku i strugotini, slično ovom Reznikova, bio je predmet velikog broja istraživača [1,2,3,7,8,9,13,15,25,26,18,29]. To je i razumljivo obzirom da temperatursko polje daje najcelovitiju sliku razvoja i distribucije toplotne energije u zoni rezanja. Osim toga mogao bi se utvrditi temperaturski gradijent ($^{\circ}\text{C}/\text{mm}$) u alatu, a na osnovu toga izračunati toplotni naponi u blizini vrha alata. Njihov uticaj na razaranje ili pucanje pločica od tvrdog metala i oksidne keramike još uvek je nedovoljno istraženo. Jedno je, medjutim, sasvim sigurno da se toplotni naponi mogu uzeti kao bitan uzrok iznenadnog otkaza, posebno kod krtih vrsta alatnog materijala sa



Slika 2. Temperatursko polje zone rezanja pri obradi čelika [20]

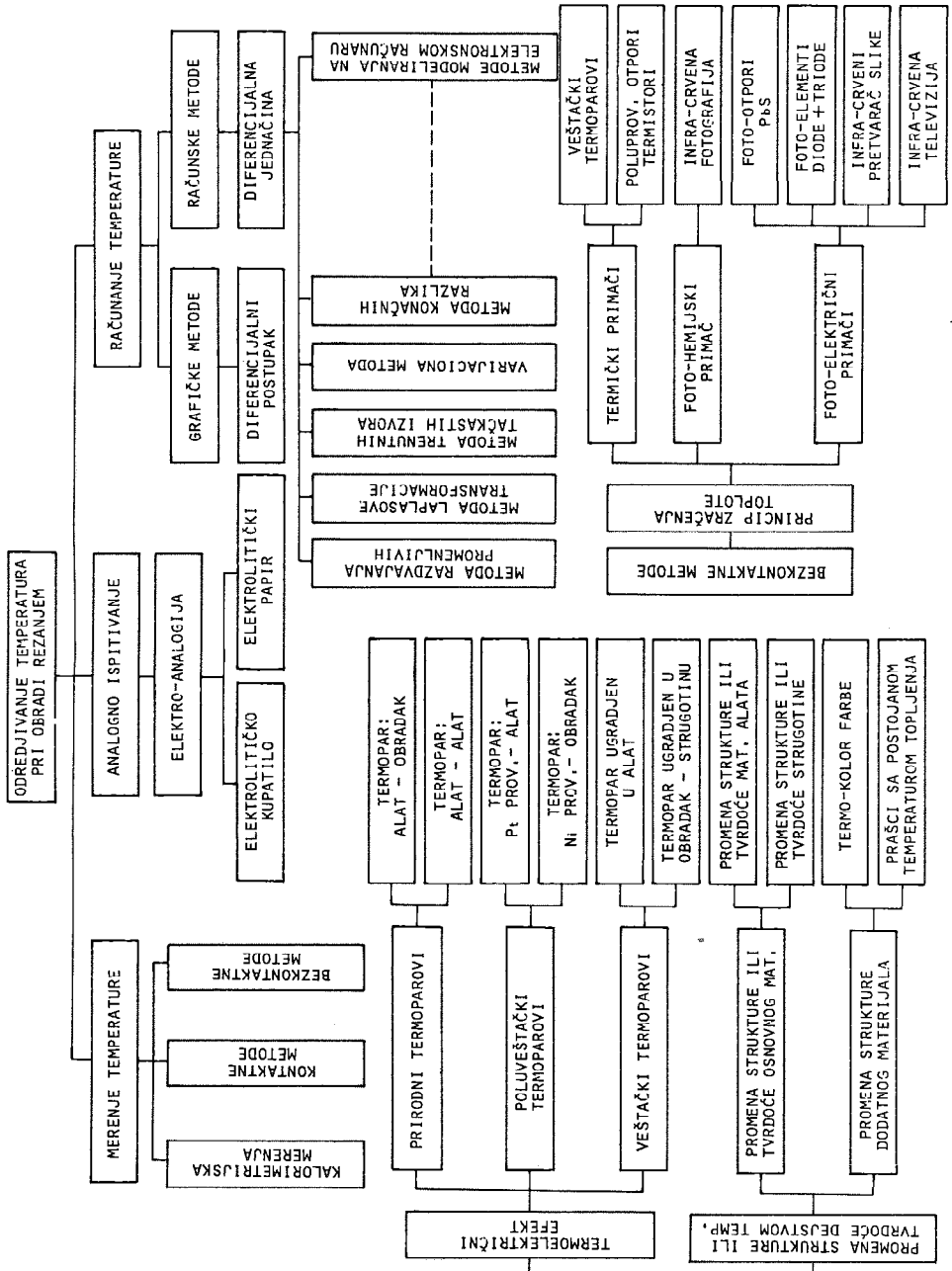
Mat.obradka: Cr čelik
Mat.alata: TM P30
Brzina rez.: $v=80$ m/min
Pomak: $s=0,5$ mm/ob
Dubina rez.: $a=4,1$ mm
Rezna geomet.: $\alpha=120^\circ$; $\gamma=0^\circ$
 $\epsilon=90^\circ$; $\kappa=45^\circ$

4. Metode određivanja temperatura pri obradi rezanjem

Istraživanje toplotnih procesa pri obradi rezanjem je, sa stanovišta merenja, veoma teško. Uobičajeni postupci merenja temperatura, koji se najčešće primenjuju u tehnici i fizikalnim istraživanjima, ovde su neprimenljivi zbog male zone zagrevanja, velikih specifičnih pritisaka i ekstremno visokog i neujednačenog temperaturskog pada u alatu, strugotini i obradku. Analitičko tretiranje problema mora početi od neophodnih uprošćenja, kako bi matematičko rešenje bilo moguće uz prihvatljive materijalne troškove. Ove poteškoće merenja ili računanja temperatura dovele su do toga da se rezultati dobijeni različitim metodama znatno razlikuju.

Od početka sistematskog istraživanja na području obrade rezanjem pa do danas razvijene su brojne metode za određivanje temperatura pri rezanju kako eksperimentalne tako i računске. Sve one su šematski predstavljene na slici 3.

4.1. Merenje temperatura rezanja



ika 3. Postupci za određivanje temperatura pri obradi rezanjem

Prva istraživanja toplotnih pojava pri rezanju imala su za cilj merenje količine razvijene toplote i njene distribucije na obradak, alat i strugotinu. U tu svrhu korišćena su kalorimetrijska merenja o čijim rezultatima je već bilo govora.

Cilj mnogih istraživača bio je odredjivanje (procena) stacionarnog temperaturskog polja na osnovu trajnih promena stanja i strukture osnovnog ili dodatnog materijala, koje su posledica temperatura i vremena njihovog delovanja. Tako se nanošenjem premaza od materijala osetljivih na toplotu mogu odrediti izoterme na karakterističnim površinama alata. To su odredjene vrste farbi ili fino dispergujućih praškova sa postojanom temperaturom topljenja, koji pri tačno odredjenim temperaturama i vremenu njihovog delovanja menjaju boju ili se tope. Opiti sa premazanim alatom pokazuju posle odredjenog vremena izoterme koje odgovaraju temperaturi transformisanja boje, odnosno topljenja praha.

Zbog jednostavnosti primene, metode koje koriste termoelektrični efekat, našle su veoma široku primenu u obradi metala rezanjem. One baziraju na poznatom Seebck-ovom efektu, koji je ovaj uočio 1821. godine. Za merenje temperature pri obradi rezanjem koriste se tri varijante ove metode i to: prirodni, poluveštački i veštački termoparovi.

Temperatura zagrejanog tela može se odrediti i bez direktnog kontakta, putem njegovog toplotnog zračenja. Talasna dužina toplotnog zračenja, kod temperatura koje se javljaju pri rezanju, kreće se od 0,5 do 5 μm . To znači u infra-crvenom području talasnog spektra zbog čega se i merne metode koje baziraju na ovom principu nazivaju zajedničkim imenom "infra-crvena termometrija".

4.2. Analogno odredjivanje temperatura rezanja

Modelska ispitivanja sa analognim veličinama uspešno su sprovedena u mnogim granama tehnike u slučaju kad se posmatrani problem ne može matematički obuhvatiti ili su uticajne veličine i granični uslovi samo delimično poznati.

Koristeći analogiju izmedju toplotne i električne provodljivosti moguće je na modelu alata u vidu elektrolitičkog kupatila ili sa elektroprovodljivim papirom, simulirati temperatursko polje u reznom klinu alata. Simulacija toplotnog izvora vrši se dovodjenjem napona preko anodnih priključaka rasporedjenih na kontaktu grudne površine.

4.3. Računsko određivanje temperatura rezanja

Teškoće oko tačnog merenja temperatura i određivanja temperaturskog polja pri rezanju dovela su razumljivo do pokušaja da se problem reši analitičkim putem. U tom cilju se postavlja što adekvatniji model obradka, alata i strugotine, uzimajući pri tom u obzir i njihove medjusobne veze. Osnovne pretpostavke, na osnovu kojih se ceni valjanost postavljenog modela, odnose se na sledeće elemente:

- oblik, veličina i položaj toplotnih izvora i ponora,
- stanje toplotnih izvora (stacionarni ili pokretni toplotni izvori)
- granični (rubni) uslovi.

Na osnovu tako postavljenog modela vrši se proračun karakterističnih temperatura zone rezanja ili pak temperatursko polje, koristeći pri tom zakone termodinamike, teorije plastičnosti i elemente matematičke fizike.

5. Kritički osvrt na do sada razvijene metode za određivanje temperatura pri rezanju

Za određivanje temperatura pri rezanju, kao što se vidi iz prethodnog odeljka, do sada je razvijen veliki broj različitih postupaka. Medjutim, malo njih omogućuje neposredno određivanje maksimalne temperature, a uz to je većina nepodesna za praktičnu primenu i rukovanje. Temperatura merena prirodnim termoparom alat-obradak (srednja temperatura rezanja) može služiti samo kao karakteristična veličina pri upoređivanju različitih parametara rezanja ili pak za označavanje određenog stanja procesa rezanja.

Do sada primenjene metode sa ugrađenim termoelementom u rezni klin alata ne omogućuje direktno određivanje temperatura na kontaktnim površinama već iste računaju približnim postupkom ekstrapolacije [9].

Postupci infra-crvene termometrije su delimično ograničeni u svojoj primeni zbog nepristupačnosti svim delovima koji sudeluju u procesu rezanja, pa su radi toga uglavnom orijentisani na ortogonalno rezanje. Veliko rasipanje rezultata kod ovih metoda objašnjava se, izmedju ostalog, i znatnim uticajem stanja emisije površine koja se menja tokom rezanja, a pri baždarenju se ne može tačno uzeti u obzir.

Kod mernih metoda kod kojih se koriste premazi osetljivi na temperatur

dju pojedinih područja [7]. Odredjivanje maksimalne temperature ovom metodom takodje je neizvodljivo zbog velikog temperaturskog gradijenta u blizini grudne površine.

Na osnovu promene strukture ili tvrdoće materijala obradka i alata može se u opštem slučaju zaključiti samo kolike su prosečne temperature nastale u procesu rezanja, a vrlo malo o temperaturskom polju i maksimalnoj temperaturi.

Promeljivost koeficijenta toplotne provodljivosti sa temperaturom [11, 21] izaziva ozbiljne poteškoće kod primene računskih i analognih metoda. Isto tako neophodna uprošćenja stvarnih procesa unose odredjene netačnosti u dobijene rezultate, pogotovo u neposrednoj blizini kontaktnih površina [25].

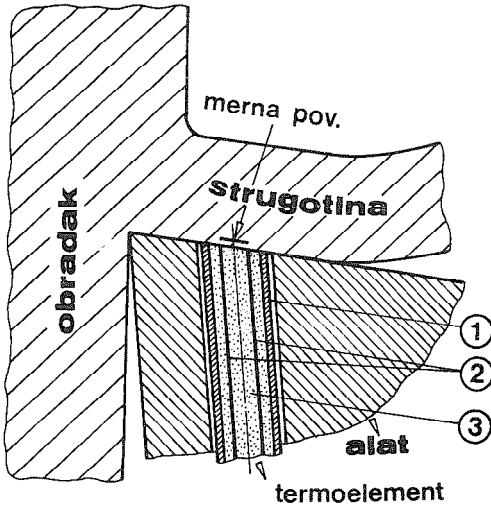
Uz navedene nedostatke pojedinih metoda dolaze i velike razlike u troškovima ispitivanja, kao i njihova delimična ograničenost u primeni pri uobičajenim režimima i reznoj geometriji, koja se primenjuje u praksi.

6. Razvoj nove metode za merenje temperatura na kontaktnoj površini alat-strugotina

Na osnovu rezultata dosadašnjih istraživanja toplotnih procesa pri obradi rezanjem može se zaključiti da su temperature na kontaktnim površinama alata, posebno na površini kontakta između alata i strugotine, najveće i da kao takve vrše neposredan uticaj na habanje alata.

Zbog velikog značaja koje ima poznavanje temperatura na kontaktnoj površini alat-strugotina, kao i očiglednih nedostataka do sada razvijenih metoda za njihovo odredjivanje, nametnula se potreba razvoja jedne nove jednostavnije, pouzdanije i tačnije merene metode, koja bi radila na direktnom principu. Po našem mišljenju ovo je moguće ostvariti primenom tzv. minijaturnih termoelemenata koji se danas mogu naći na tržištu, a čiji spoljašni prečnik zaštitnog omotača iznosi manje od 0,5 mm. Takav jedan termoelement može se, kroz otvor u reznoj pločici, dovesti do kontaktne površine alat-strugotina, slika 4, a da se pri tome bitno ne poremeti proces provodjenja toplotne energije u reznom klinu alata [1].

Termoelement nebi imao klasični (zavareni) spoj žica termopara, tzv. "vrući" spoj, jer se ovaj nebi mogao održati zbog velikog trenja strugotine, već bi žice bile slobodne a kontakt između njih bi se ostvarivao preko strugotine. Obzirom da je rastojanje između žica termopara cca 0,04 mm to se može uzeti da

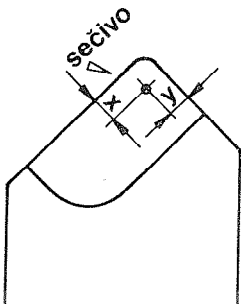


Slika 4. Principijelna šema merenja temperature na kontaktnoj površini alat-strugotina sa ugradjenim termoelementom.

1. zaštitni omotač od nardjajućeg čelika,
2. žice termopara,
3. MgO-a izolacija

Prema tome, nema potrebe za posebnim baždarenjem ugradjenog termoelementa već se mogu koristiti vrednosti koje daje njihov proizvođač. Ovo je veoma važno obzirom da najveće greške nastaju upravo pri baždarenju termoparova.

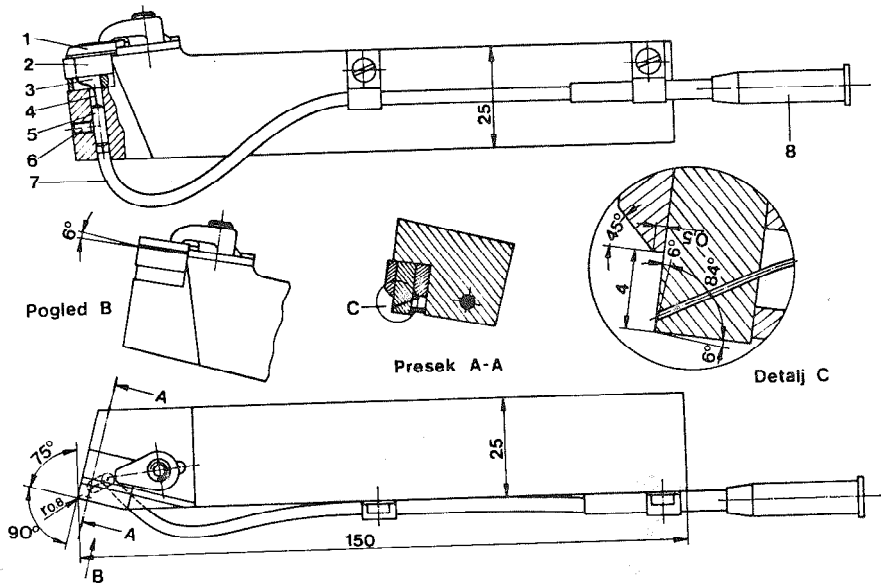
Kako se na ovaj način meri temperatura kontakta strugotine i termoelementa, postavlja se pitanje da li je to ujedno i temperatura odgovarajuće tačke (površinice) na grudnoj površini alata? Rezultati mnogih ispitivanja su pokazali da se na kontaktnoj površini između strugotine i alata kratko nakon početka rezanja ostvaruje ravnotežno stanje između proizvedene i odvedene količine toplotne energije. Ovakvo ravnotežno stanje moguće je, prema saznanju nauke o toploti, samo pri zajedničkom temperaturskom polju na kontaktnoj površini.



Ovom mernom metodom mogu se meriti temperature kako kod oštrog tako i kod istrošenog alata obzirom da se termoelement haba zajedno sa alatom. Sistematskim variranjem položaja termoelementa na grudnoj površini alata, slika 5. može se odrediti temperatursko polje na celoj površini kontakta alat-strugotina a to znači i veličinu kao i položaj maksimalne temperature rezanja.

7. Uslovi pri eksperimentalnim ispitivanjima

Eksperimenti su vršeni na čiliku za poboljšanje č.1730 u normalizovanom stanju. Kao alat korišćen je pravi strugarski nož za grubu uzdužnu obradu "PRO-MAX-A", sa drškom poprečnog preseka 25x25 mm i pločicama od tvrdog metala SNUN kvaliteta SV25 proizvodnje "Sintal" Zagreb, slika 6.



Slika 6. Strugarski nož sa ugradjenim minijaturnim termoelementom
1. Lomač strugotine; 2. rezna pločica sa otvorom za termoelement;
3. podloška sa prorezom za termoelement; 4. termoelement NiCr-Ni tip 2 AB Ac 034; 5. čaura zalemljena za termoelement; 6. vijak za fiksiranje termoelementa; 7. zaštita termoelementa; 8 utičnica.

Rezna geometrija alata, kao i elementi režima obrade nisu varirani, a opisani su na priloženom dijagramu.

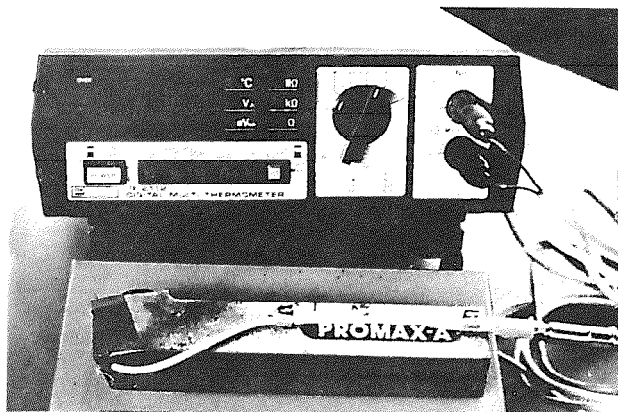
Sva ispitivanja su obavljena bez primene sredstava za hlađenje i podmazivanje.

Ispitivanja su sprovedena na univerzalnom strugu "Potisje-Morando" - PA22.

Razvojem nove merne metode, o kojoj je bilo reči u prethodnom odeljku,

i da se položaj maksimalne temperature rezanja poklapa sa najvećom dubinom kratera. Pošto se položaj maksimalne dubine kratera pomera tokom rezanja, to se on da ne može govoriti ni o stalnom položaju maksimalne temperature tokom rezanja, kako to uzimaju neki istraživači.

Na osnovu rezultata prethodnih merenja promene veličina habanja na grudnoj površini alata sa vremenom rezanja [16], određena je promena položaja maksimalne dubine kratera u odnosu na sečivo za date uslove obrade. Ta promena se mogla približno aproksimirati pravom pod uglom od cca 30° u odnosu na grudnu površinu. U tom pravcu bio je ugradjen termoelement u strugarski nož (slika 6.), pa je tako merena promena maksimalne temperature tokom rezanja, jer se habanjem alata pomera i položaj termoelementa. Osim toga merena je i promena temperature nešto bliže sečivu, pomoću istog termoelementa ugradjenog paralelno prethodnom položaju. Oba termoelementa su bila ugradjena u ravni upravnoj na sečivo, a na odstojanju od cca 2,5 mm od pomoćnog sečiva. Na slici 7. dat je izgled korišćenog strugarskog noža sa ugradjenim termoelementom.



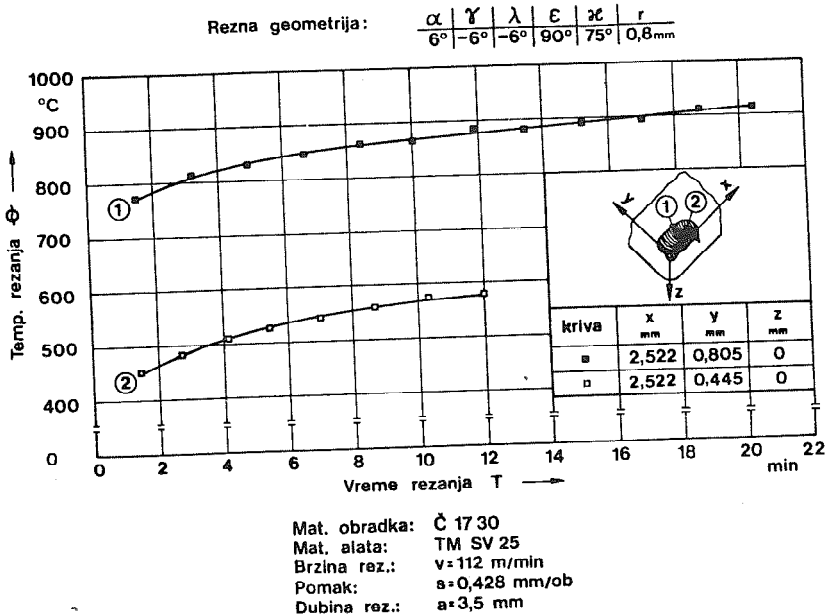
Slika 7. Strugarski nož sa ugradjenim termoelementom za merenje temperature na grudnoj površini alata i merni instrument.

Korišćen je minijaturni termoelement NiCr-Ni sa zaštitnim omotačem serije "Thermocoax" tip 2 AB Ac 034, koji proizvodi firma PHILIPS. Spoljašnji prečnik omotača ovog termoelementa iznosio je 0,35 mm. Poseban proizvodno tehnički zadatak bio je u ovom slučaju bušenje otvora $\varnothing 0,45$ mm u pločicama od tvrdog me-

GITAL" THERMOMETER" - TR 2112(slika 7.) a registrovanje toka na svetlosnom oscilografu "HOTTINGER" - AF 8 UV.

8. Eksperimentalni rezultati i njihova analiza

Zahvaljujući razvoju i primeni nove merne metode sa ugradjenim minijaturnim termoelementom, ostvareno je direktno merenje temperatura rezanja na površini kontakta izmedju alata i strugotine. U ovom slučaju, kao što je već istaknuto, vršeno je merenje promene maksimalne temperature rezanja u sredini kratera (položaj 1), kao i temperature nešto bliže sečivju (položaj 2). Na slici 8. dat je dijagram toka ovih temperatura sa vremenom rezanja.



Slika 8. Tok temperatura sa vremenom rezanja na dva karakteristična mesta grudne površine.

Kako se vidi sa ovog dijagrama temperature na oba merna mesta rastu sa vremenom rezanja, pri čemu je taj porast približno isti, obzirom da su krive približno medjusobno paralelne.

Dalje se uočava da izmedju temperatura mernih tačaka, koje leže na re-

9. Zaključci

Na osnovu napred izloženog mogu se doneti sledeći zaključci:

1. Razvijena metoda za merenje temperatura na kontaktnoj površini između alata i strugotine, pomoću ugradjenih minijaturnih termoelemenata sa zaštitnim omotačem, ima sledeće osnovne karakteristike:
 - Jednostavna je, jer je potrebno samo izbušiti otvor za provlačenje termoelementa u reznoj pločici i izvršiti neznatne adaptacije na standardnom strugarskom nožu.
 - Tačna je, jer primena standardnih termoelemenata, koji se baždare u strogim tvorničkim uslovima, ne unosi neizbežne greške baždarenja kojima su opterećene mnoge do sada razvijene metode.
 - Pouzdana je, jer se merenje vrši direktno, a nepoželjni uticaji su svedeni na najmanju moguću meru.
 - Ekonomična je, jer se jednim termoelementom, pa čak i jednom reznom pločicom, može izvršiti veliki broj eksperimenata.
2. Odredjivanjem maksimalne temperature rezanja, primenom razvijene merne metode, omogućeno je neposredno ostvarivanje sledećih tehnoloških zahteva:
 - Pravilno formulisanje osnovne teorije postojanosti alata, kao i predviđanje karaktera habanja i stepena njegovog intenziteta pri različitim uslovima obrade.
 - Pravilan izbor materijala alata za date uslove obrade.
 - Ispravno formulisanje zahteva za nove materijale alata, koji bi omogućili primenu optimalnih parametara režima obrade.
 - Odredjivanje toplotnih napona u reznom klinu alata i njihove promene sa vremenom, kako bi se mogao oceniti njihov uticaj na iznenadno pucaanje alata od krtih materijala.
 - Pобољšanje postojećih konstrukcija alata za obradu rezanjem sa stanovišta boljeg odvođenja razvijene toplotne energije, odnosno smanjenja habanja.

Reference

- [1] Axer, H.: Temperaturfeld und elektro-chemischer Verschleiss am Drehmeissel. Industrie-Anzeiger, 76(1954), Nr.11, str. 142-144.
- [2] Beyer, H.: Fernseh - Thermographic. Ein Beitrag zur Erfassung der Temperaturverteilung am Drehmeissel. Dissertation, TU Berlin, 1972.
- [3] Bickel, E.; Widmer, M.: Die Temperaturen an der Werkzeugschneide. Industrielle Organisation, 20(1951), Nr.8, str.238-244.
- [4] Chao, B.T.; Trigger, K.J.: Temperature Distribution at Tool-Chip and Tool - Work Interface in Metal Cutting. Transactions of the ASME, Vol.80 (1958), str. 311-320.

- [6] Gottwein, K.: Die Messung der Schneidtemperatur beim Abdrehen von Flusseisen. Maschinenbau - Gestaltung/Betrieb, 4(1925), Heft 23, str. 1129-1135.
- [7] Kato, S., i dr.: Measurement of Temperature Distribution Withid Tool Using Powders of Constant Melting Point. Transactions of the ASME, Series B, Nr. 2(1976), str. 239-245.
- [8] Kraemer, G.: Beitrag zur Erkenntnis der beim Drehen auftretenden Temperaturen und deren Messung mit einem Gesamtstrahlungsempfänger. Dissertation, TH Hannover, 1936.
- [9] Küsters, K.J.: Temperaturen im Schneidkeil spanender Werkzeuge. Dissertation, TH Aachen, 1956.
- [10] Lang, M.K.: Prüfung und Kritik der Messverfahren für die Schnitttemperatur in der Zerspanungstechnik. Dissertation, TH München, 1944.
- [11] Lange, H.; Kohlhaas, R.: Über die Wärmeleitfähigkeit von Stählen bei hohen Temperaturen I Teil. Forschungsberichte des Wirtschafts- und Verkehrsministeriums Nordrhein- Westfalen, Nr.263, str. 17-37.
- [12] Lenz, E.: Die Temperaturmessung in der Kontaktzone Span-Werkzeug beim Drehvorgang. Annals of the CIRP, Vol. 13(1966), str. 201-210.
- [13] Loladse, T.N.: Spanbildung beim Schneiden von Metallen. VEB Verlag Technik, Berlin, 1954.
- [14] Lowack, H.: Temperaturen an Hartmetalldrehwerkzeugen bei der Stahlzerspanung. Dissertation, TH Aachen, 1967.
- [15] Mayer, E.: Die Infrarot-Foto-Thermometrie ein neues Arbeitsverfahren der Zerspanungsforschung. Dissertation, TU Berlin, 1966.
- [16] Milikić, D.: Nova metoda za merenje temperatura pri obradi rezanjem i mogućnosti njene tehnološke i senzorske primene. Doktorska disertacije, FTN, Novi Sad, 1980.
- [17] Prins, O.D.: The Influence of Wear an the Temperature Distribution at the Rake Face. Annals of the CIRP, Vol. 19(1971), str. 579-584.
- [18] Reichenbach, G.S.: Experimental Measurement of Metal-Cutting Temperature Distributions. Transactions of the ASME, Vol. 80(1958), str. 525-540.
- [19] Reichel, W.: Die Kühlschmierung in der Metallbearbeitung unter spezieller Berücksichtigung der aufeterenden Temperaturen und Thermokräfte, Teil I,II Technischen Arbeitstagung des MZV am 10.03.1971. in Stuttgart - Hohenheim.
- [20] Reznikov, A.N.: Teplofizicheskie rasčeti i eksperimenti pri rezanii metallov i plastmass. Vestnik mašinstroenia, 1963, Nr. 11, str. 29-34.
- [21] Reznikov, A.N.: Teplofizika rezanija. Mašinstroenie, Moskva, 1969.
- [22] Resnikoff, A.N.: Temperaturverteilung auf den Kontaktflächen von Schneidwerkzeugen. Microtecnic, Vol. XXII, Nr. 2, Kapitel 1, str. 134-136, Microtecnic, vol. XXII, Nr. 3, Kapitel 2, str. 216-219.
- [23] Sadek, A.M.: Kolkbildung und Temperaturverteilung auf der Spanfläche von Drehmeisseln. Maschinenmarkt, Nr. 81, Okt.1960., str. 279-287.
- [24] Schmidt, A.O.: Temperaturmessungen am Werkstück, Werkzeug und Span. Werkstattstechnik und Maschinenbau, 43(1953), Heft 8, str. 345-350.
- [25] Schniewind, J.: Ein Beitrag zur Ermittlung des stationären Temperaturfeldes im Drehmeissel. Industrie-anzeiger. 78(1956). Nr. 2. str. 25-32.

- |28| Viergge, G.: Die Energieverteilung und die Temperatur bei der Zerspanung. Werkstatt und Betrieb, 86(1953), Heft 11, str. 691-703.
- |29| Vukelja, D.: Termodinamika rezanja. Monografija IAMA, 2(1970), Beograd, 1970.
- |30| Weiner, J.H.: Shear-Plane Temperature Distribution in Orthogonal Cutting. Transactions of the ASME, Vol. 77(1955), str. 1331-1341.

D.Milikić

TEMPERATUREN BEI DER ZERSPANUNG UND MÖGLICHKEITEN ZU IHRER GENAUER BESTIMMUNG

In dem Artikel wird bisher entwickelte Meßmethoden zur Temperaturbestimmung bei der Zerspanung betrachtet. Auf Grund einer kritischen Analyse wird festgestellt, daß wenige von ihnen die unmittelbare Bestimmung der Maximaltemperatur ermöglichen. Außerdem sind viele für die praktische Anwendung und Handhabung ungeeignet. Deswegen wird eine neue Verfahren zu direkter Temperaturmessung auf der Kontaktfläche zwischen Werkzeug und Span mit Hilfe eingebauter Miniatur- Mantel- Thermoelement von PHILIPS vorgeschlagen. Das Verfahren wird für die Messung der Maximaltemperatur (Stalle 1) und der Temperatur in der Nähe von Schneide (Stalle 2) angewandt.

XIV SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE, ČAČAK, 1980.

B.Nikolić, P.Dakić, J.Stankov^{*})

IZBOR EKONOMIČNOG BROJA OŠTRENJA UREZNIKA

Rezime

U ovom radu prikazan je izbor ekonomičnog broja oštrenja ureznika, izvršenog na osnovu minimalnih troškova obrade operacije urezivanja navoja. Srednja vrednost postojanosti, kao procenjena vrednost, određena je iz pripadajuće teorijske raspodele, na osnovu niza eksploatacionih vrednosti rada ureznika do otkaza a prema usvojenom kriterijumu definisanosti otkaza.

1. Uvod

Vreme rada alata do njegovog otkaza može se posmatrati kao slučajna stohastička veličina. Takav skup slučajnih veličina može se opisati sa nekom iz mnoštva teorijskih raspodela skupa slučajnih veličina.

Na osnovu istraživanja [5], došlo se do zaključka da skup vremena rada alata do otkaza može da se opiše sa Weibull-ovom raspodelom uz veoma dobro slaganje, tj. sa visokim stepenom korelacije.

Procenjena vrednost postojanosti za postojeće eksploatacione uslove aproksimirana je srednjim vremenom bezotkaznog rada dobijenog iz odnosa:

$$T_{SR_i} = \hat{\gamma}_i + \hat{\eta}_i \Gamma \left(\frac{1}{\hat{\beta}_i} + 1 \right) \quad (1)$$

za $\gamma = 0$, $\beta > 0$ i $\eta > 0$;

gde je:

T_{SR_i} - srednje vreme bezotkaznog rada pojedinih podskupova

$\hat{\gamma}_i, \hat{\beta}_i$ i $\hat{\eta}_i$ -procenjene vrednosti parametara Weibull-ove raspodele.

^{*}) Božo Nikolić, dipl.ing. asistent Fakulteta tehničkih nauka u Novom Sadu, ulica Velika Vlahovića broj 3

Srednje vreme bezotkaznog rada celokupnog skupa, za sve periode otkaza, ranih, slučajnih i- istrošenja

$$T_{SR} = \frac{N_1}{N} T_{SR_1} + \frac{N_2}{N} T_{SR_2} + \dots + \frac{N_i}{N} T_{SR_i} \quad (2)$$

N_i - broj otkaza u pojedinim podskupovima

$i = 1, 2, \dots, n$ - broj podskupova.

Vrednosti koeficijenata Weibull-ove raspodele $\hat{\gamma}, \hat{\beta}$ i $\hat{\eta}$ su određene korišćenjem metoda teorije pouzdanosti, za eksperimentalne vrednosti dobijene pri ispitivanju uzrenika |1||5||6| i prikazane su u tabeli 1.

Za rezni alat, gde i posle oštrenja pretpostavljamo da je alat u početnom stanju (nov alat), vrednosti parametra vremena $\gamma_i = 0$.

TABELA 1.

Ureznik	Područje	I-rani			II-slučajni			III-istrošenje			N	T_{SR}
		β	η	N_1	β	η	N_2	β	η	N_3		
M10	nov							6,388	36,28	144	144	80,3
	prvo preoštravanje				1,853	30,1	3	8,531	79,80	141	144	74,3
	drugo preoštravanje				1,630	6,5	3	6,010	59,20	129	132	53,8
	treće preoštravanje	0,651	2,2	8	3,562	37,9	106				114	31,9
M30	nov	0,309	38,2	3				7,676	92,0	101	104	89,9
	prvo preoštravanje				1,40	30,6	6	10,578	77,7	94	100	75,3
	drugo preoštravanje	0,808	21,3	12				7,183	60,2	84	96	53,9
	treće preoštravanje	1,151	10,4	43				5,831	35,1	30	73	19,7

2. Matematički model određivanja troškova

Poznato je, da u proizvodnom sistemu; mašina-pribor-alat-merni pribor alat pretstavlja najosetljiviji deo sistema koji ima najveći broj otkaza. Ovde se želi potvrditi ta konstatacija, što je u daljem tekstu i učinjeno, gde se

Za operaciju je neophodno definisati funkciju troškova tačnim identifikovanjem signifikantnih činilaca funkcije

$$C = R + A + M \quad (3)$$

Polazeći od osnovne jednačine (3) u kojoj je osnovna struktura troškova sačinjena iz troškova radne snage, alata i mašine, može se doći do razvijenog oblika jednačine.

Troškovi radne snage obuhvataju samo radnika koji radi na mašini isključujući troškove radnika za zamenu i podešavanje alata, koji su pridodati troškovima alata, a izraženi su preko komadnog vremena. Ovim troškovima su pridodati i svi ostali dodatni troškovi i izraženi su kroz određene troškove režije i komadnog vremena.

Posle ovakve identifikacije troškova radne snage, troškovi alata, osim nabavne cene, sadrže troškove radnika za zamenu i podešavanje alata. Troškovi mašine za oštrenje su svrstani u grupu troškova mašine. Učešće mašine u funkciji troškova je značajno u tolikoj meri da je moralo doći do diferencijacije na dva osnovna stanja: mašina u radu i mašina čeka.

Osnovni oblik jednačine troškova operacije je:

$$C = \frac{t_k s_r}{60} (1+R) + \frac{C_a t_g}{T_u} + \frac{t_g}{T_i} \left(\frac{t_c s_r + t_o s_o}{60} \right) (1+R) + \frac{C_m p_m}{100 \sum t_{im}} (t_k + t_c) + \frac{C_o p_o}{100 \sum t_{io}} \frac{t_g}{T_i} \dots \dots \dots (4)$$

U jednačini (4), pojedine oznake predstavljaju:

- C - cena operacije
- t_k - komadno vreme
- R - režijski troškovi
- C_a - nabavna cena alata
- s_r, s_o, s_z - satnine radnika na mašini, oštrača i radnika na zamenu alata
- t_g - vreme oštrenja
- t_r - vreme zamene
- T_u - postojanost alata
- T_i - postojanost alata između dva oštrenja
- C_m - nabavna cena radne mašine
- p_m - stopa amortizacije mašine
- t_{im} - vreme rada mašine za posmatranu operaciju za vreme trajanja od

Σt_{io} - vreme rada oštrilice, svedeno na vreme oštrenja alata za posmatranu operaciju, za vreme trajanja od godinu dana

t_{ζ} - vreme čekanja mašine.

Pošto su postojanosti alata izmedju pojedinih oštrenja različite, u jednačini (4) umesto ukupne pouzdanosti izražene preko broja oštrenja "i", ona je izražena vremenom rada ureznika do otkaza.

Obzirom da funkcija troškova ima različite oblike za preoštren, odnosno novi alat, svi oblici moraju biti određeni.

Za nov alat

$$C_N = \frac{t_k s_r}{60} (1+R) + \frac{C_a t_s}{T_N} + \frac{C_m p_m}{100 \Sigma t_{im}} t_k \quad (5)$$

T_N - vreme rezanja sa novim alatom.

Analogno, došli bismo i do krajnjih jednačina za funkciju troškova za dva, tri ili više preoštravanja ("i"-to preoštravanje).

Opšti izraz funkcije troškova za "i" preoštravanja i vrednosti za T_u i t_{ζ} , imaju sledeći oblik:

$$T_u = T_N + \sum_{i=1}^n T_i \quad (6)$$

i - broj oštrenja

$$t_{\zeta} = t_z t_g \sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{T_i} \right) \quad (7)$$

t_{ζ} - vreme čekanja.

$$C_i = \frac{s_r t_k}{60} (1+R) + \frac{C_a t_g}{T_u} + t_g \left(\frac{s_o t_o + s_z t_z}{60} \right) (1+R) \sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{T_i} \right) + \frac{C_m p_m}{100 \Sigma t_{im}} |t_k + t_z t_g \sum_{i=1}^n \frac{1}{T_i}| + \frac{C_o p_o}{100 \Sigma t_{io}} t_o t_g \sum_{i=1}^n \frac{1}{T_i} \quad (8)$$

Iz svih ovih funkcija proizilazi da je komadno vreme konstantno. To je rezultat izdvajanja svih elemenata vremena iz komandi vremena, koji su zavisni od broja oštrenja. Komadno vreme sadrži samo vreme rezanja - koje je uvek isto i vreme izgubljeno izmedju glavnih vremena rezanja dva susedna radna predmeta. To drugo vreme je vreme za koje je mašina sposobna da dovede novi radni predmet u proces rezanja i takodje je konstantno. Ono je tačno određeno, konstruktivnim mogućnostima mašine, pošto je ceo proces automatizo-

daljem radu ono je ipak zadržano kako bi se sagledao uticaj svih elemenata u obradnom sistemu na funkciju troškova.

3. Rezultati eksperimenta

Eksperimentalni deo obuhvata proces izrade navoja u navrtkama M10-M30. Kriterijum za definisanje momenta otkaza je izlaženje mere navrtke iz tolerancijskog polja H6. Ispitivanjem je obuhvaćen veći broj novih ureznika i potom su svi preoštravani uz ostvarivanje iste geometrije kao kod novog alata

$$(\gamma = 12^{\circ}, \alpha = 6^{\circ}, \kappa = 6^{\circ}, \lambda = 0)$$

Na osnovu procenjenih parametara raspodele mogu se odrediti vrednosti funkcije gustine, pouzdanosti i intenziteta otkaza. Dobijene krive pouzdanosti (slika 1 i 2) ukazuju na postojanje različitih vrednosti postojanosti ureznika u zavisnosti od broja oštrenja.

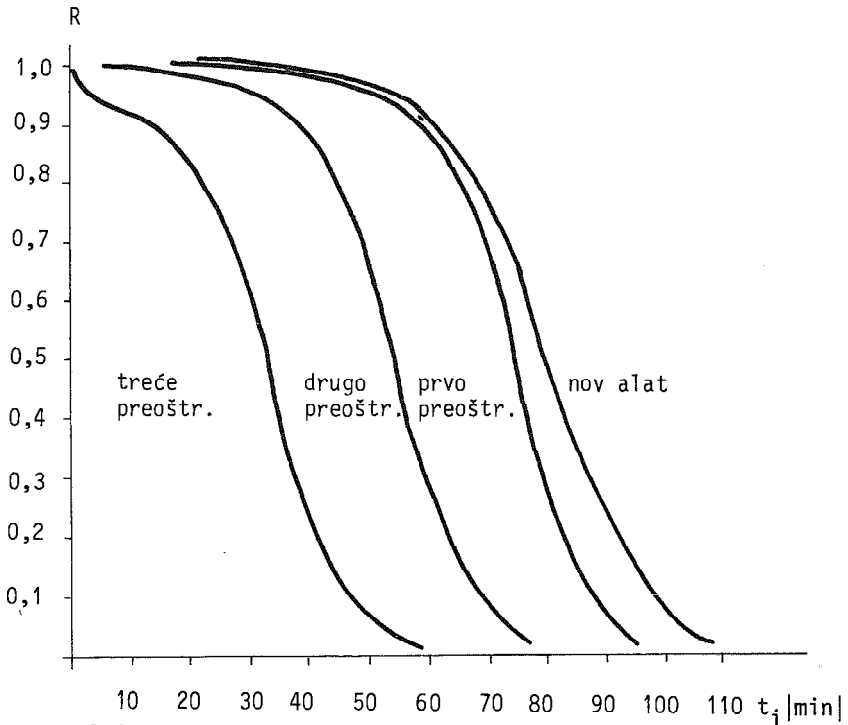
Na osnovu vrednosti iz tabela 2 i 3 i odredjivanja T_{SR_i} (1), dobijene su vrednosti funkcije troškova (tabela 4). Grafički prikaz zavisnosti troškova od broja oštrenja dat je na slikama 3 i 4.

TABELA 2.

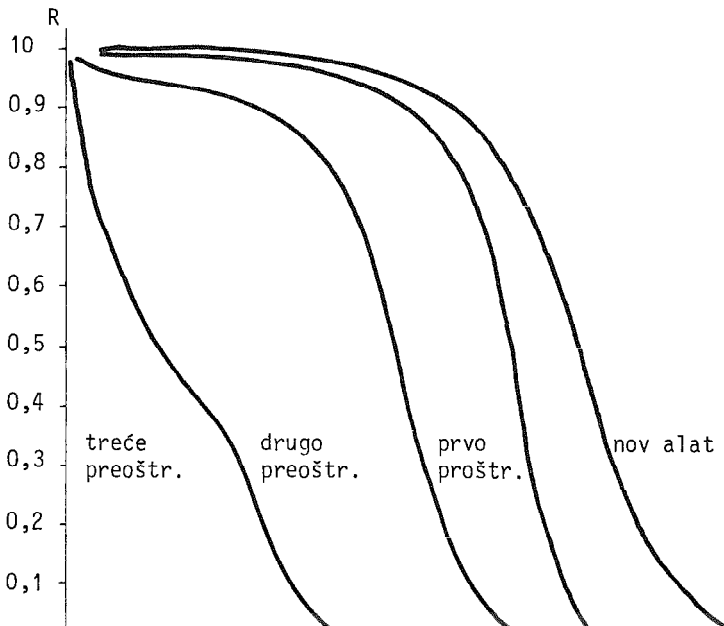
	t_i [min]				s_i $\left \frac{\text{din}}{\text{čas}} \right $		Ca	Mašina	Oštrilica					
	t_k	t_g	t_o	t_r	s_r	s_o	s_r	din C_m	% p_m	čas Σt_{im}	din C_o	% p_o	ča:	
M10	0,051	0,0176	10	2,5	30	36	30	140	200000	7	3024	350000	7	3024
M30	0,155	0,0393	14	3	36	30	30	650	200000	7	3024	350000	7	3024

TABELA 3.

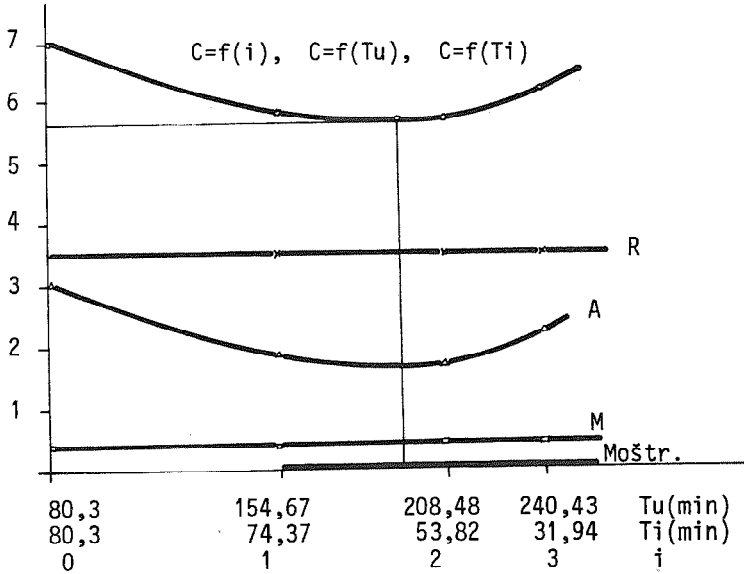
	R	T_i min				T_{u_i} min				$\frac{\Sigma t_{im}}{\Sigma t_{i0}} =$
	%	T_N	T_I	T_{II}	T_{III}	T_{u_1}	T_{u_2}	T_{u_3}	T_{u_4}	
M10	36	80,3	74,37	53,81	31,94	80,3	154,67	208,48	240,43	



Sl.1. Uporedne krive $R(t)$ za ureznik M10 (NOV, I, II i III oštrenje).



C (din/kom)



Sl.3. Zavisnost funkcije troškova (za ureznik M10) od broja oštrenja.

C(din/kom)

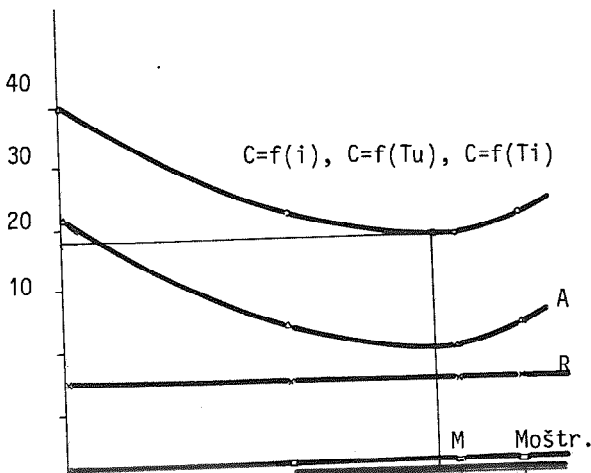


TABELA 4.

Troškovi (din/kom) t a n j e	RADNIK	T _{SR}	A t a t			M a š i n a			Oštrilica	Ukupno
			Radi	čeka	Ukupno	Radi	čeka	Ukupno		
OV	3.468	80,3	3.068	3.068	3.068	0.393	0.393	0.393	6.929	
VO reostravanje	3.468	74,373	1.593	0.241	1.834	0.393	0.005	0.398	5.769	
VO reostravanje	3.468	53,82	1.181	0.572	1.753	0.393	0.011	0.404	5.689	
VO reostravanje	3.468	31,94	1.025	1.134	2.159	0.393	0.021	0.414	6.149	
OV	10.540	89,99	28.387	28.387	28.387	1.196	-	1.196	40.123	
VO reostravanje	10.540	75,336	15.834	0.742	16.576	1.196	0.012	1.208	28.413	
VO reostravanje	10.540	53,98	11.864	1.719	13.583	1.196	0.029	1.225	25.554	
VO reostravanje	10.540	29,728	10.856	4.390	15.246	1.196	0.075	1.271	27.585	

4. Zaključak

Iz dijagrama (3 i 4) može se zaključiti da korišćenjem ureznika i posle drugog preoštravanja povećavamo cenu koštanja operacije za 7,5% (za urezник M10) i 7,4% (za urezник M30). Ekonomičan broj oštrenja za oba slučaja je $i = 2$.

Za reznike maksimalni broj oštrenja nije i najekonomičniji.

Troškovi alata, za ovako definisanu funkciju troškova operacije, imaju najveći uticaj.

5. Preporuka

Kao cilj daljih istraživanja veoma je interesantno proučiti razloge zbog kojih dolazi do smanjenja postojanosti ureznika povećavanjem broja oštrenja. Smanjenje postojanosti već se naslućivalo po dobijanju različitih pouzdanosti nakon preoštravanja i bez obzira na uzrok (različita geometrija nakon preoštravanja, strukturne promene alata kao posledica rada ili oštrenja, itd.), ima uticaja na parametar vremena raspodele. Dakle, data je mogućnost da i za rezne alate kao što je urezник, vrednost parametra može imati i vrednosti različite od nule ($-\infty < \gamma < t_1$).

Reference

- /1/ Dakić, P., Analiza problema urezivanja navoja na automatima u navrtke dimenzija M8-M30, Magistarski rad, 1977.
- /2/ Field, M., Zlatin N., Ackenhausen, A., Analysis and Optimization of Cost and Production in Metal Removal, Glasgow, 1969.
- /3/ Ivković, B., Struktura troškova proizvodnje u obradi metala, Kragujevac, 1974.
- /4/ Jardine AKS., Maintenance Replacement and Reliability, London, 1973.
- /5/ Stankov, J., Sekulić, S., Nikolić, B., Iskrin, B., Kasaš, I., Dakić, P., i Malbaški, D., Ispitivanje pouzdanosti alata za obradu rezanjem, tema istraživačkog projekta SIZ za naučni rad Vojvodine, Novi Sad, 1979.
- /6/ Stankov, J., Nikolić, B., Jedan prilaz kriterijumu odredjivanja višeparatarske distribucije otkaza alata, MMA '79, Novi Sad.

B.Nikolić, P.Dakić, J.Stankov

THE CHOICE OF ECONOMICAL NUMBER OF TAP SHARPENING

The choice of economical number of tap sharpening carried out on the basis of screwing minimum processing costs is shown in this work. The mean value of tool life as an estimated value has been determined from the corresponding theoretical distribution on the basis of a number of tap conditions--in-use work value till failure, and according to the established failure definition criterium.

XIV SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE, ČAČAK, 1980.

V. D. Ognjanović*)

SAVREMENI PRISTUP ORGANIZACIJI ODRŽAVANJA SREDSTAVA
ZA RAD U SLOŽENIM SISTEMIMA METALOPRERADJIVAČKE
DELATNOSTI I MAŠINOGRAĐNJE

1. Uvod

Svaka radna organizacija u metaloprerađivačkoj delatnosti i mašinograđnji je složeni proizvodni sistem, koji se sastoji od podsistema - funkcija i procesa.

Osnovni cilj zajedničkog delovanja svih funkcija i procesa u radnoj organizaciji je stvaranje proizvoda koji će kao vrednost biti društveno priznati na tržištu.

Za ostvarenje ovog cilja potrebno je angažovanje elemenata proizvodnje: čovekovog rada, sredstava za rad i predmeta rada. Pored ovih, neophodne su informacije i energija.

Sistem radne organizacije nije izolovan sistem. Na proizvodni sistem radne organizacije deluje niz unutrašnjih činilaca i uslova a takodje i okruženje. Ova delovanja često dovode i do gubitaka u poslovanju. Zbog toga je potrebno organizaciju proizvodnje tako projektovati i sprovesti da sprečava gubitke i obezbeđuje predviđene proizvodne rezultate.

Procesi se u proizvodnom sistemu radne organizacije mogu podeliti u tri osnovne grupe:

1. Tehnički procesi;

Tehnički procesi su:

1. tehnološki procesi, i
2. proizvodni procesi

Tehnološki procesi se odnose na neposrednu promenu predmeta rada. Po pravilu se dešavaju na proizvodnim radnim mestima.

Proizvodni procesi su širi pojam. Odnose se i na tehnološke procese, tako, da, pored rada na proizvodnim radnim mestima obuhvataju i unutrašnji transport, kontrolu kvaliteta, skladištenje, preventivnu zaštitu radnika na radu, preventivno održavanje sredstava za rad, i snabdevanje energijom i vodom.

Iz prikazane strukture proizvodnog procesa, proizilaze dva osnovna principa, koji će predstavljati osnovu savremenog pristupa organizaciji održavanja sredstava za rad.

Prvi princip je sadržan u činjenici da je održavanje sredstava za rad, kao elementarni proces, sastavni deo proizvodnog procesa.

Drugi princip je orijentacija na koncepciju preventivnog održavanja sredstava za rad.

Sredstva za rad koja se održavaju u radnoj organizaciji su:

- mašine, uređaji i instalacije,
- pribori i alati,
- energetska postrojenja i instalacije,
- transportni uređaji,
- saobraćajnice,
- zgrade, i
- ostali izgrađeni objekti u krugu fabrike.

Jedan od uslova za ostvarenje optimalnog programa proizvodnje je optimalno korišćenje kapaciteta sredstava za rad.

"Pod kapacitetom nekog sredstva za rad podrazumeva se njegova tehnička i ekonomska sposobnost da učestvuje u izradi proizvoda na tehnički racionalan i ekonomski celishodan način"(2).

Ugrađeni kapacitet sredstava za rad je takav kapacitet koji može ostvariti maksimalnu proizvodnju, predviđenu konstrukcijom mašina, uređaja i instalacija. Veličina ovog kapaciteta umanjuje se

rad zavisi od više faktora a pre svega od vrste i starosti sredstava za rad i njihov iznos treba standardizovati.

Kontinuirano i intenzivnije korišćenje sredstava za rad postiže se sve većim produženjem pogonskog vremena mašina i nizom organizacionih mera, što dovodi do bržeg amortizovanja sredstava za rad, a to je u skladu sa zahtevima naučno-tehničkog progressa, koji donosi nova i savršenija rešenja.

Intenzivno i ekstenzivno produženje pogonskog vremena mašina, odnosno skraćenje vremena prekida rada mašina, postiže se pored ostalog, i primenom preventivnog održavanja sredstava za rad.

"Preventivno održavanje sredstava za rad je održavanje tehničke sposobnosti određenog sredstava za rad u granicama tehnološke tačnosti s ciljem da se omogući ostvarenje projektovanog tehničkog veka sredstava bez inženjerskih kvarova" (1).

Prednost preventivnog održavanja sredstava za rad je u tome što se obavlja u vreme kada su mašine izvan rada; da ne bi bio poremećen normalan tok proizvodnog procesa.

- Preventivnim održavanjem sredstava za rad doprinosi se:
- smanjenju i uklanjanju vremena zastoja i čekanja zbog isključenja iz proizvodnje sredstava za rad,
 - smanjenju vremena i sniženju troškova opravki,
 - sniženju troškova proizvodnje,
 - skraćenju ciklusa proizvodnje,
 - povećanju stepena korišćenja kapaciteta pogona,
 - povećanju obrta proizvodnje,
 - povećanju obima proizvodnje, i
 - povećanju rezultata poslovanja.

Preventivno održavanje se sa gledišta predmetne podele može javiti kao:

- mašinsko,
- elektroodržavanje,
- održavanje građevinskih objekata, i
- održavanje zelenila i kruga fabrike.

Sa gledišta funkcionalne podele, preventivno održavanje se deli na:

2. Metodi i sistem planiranja preventivnog održavanja

Sistemom planiranja se pored održavanja obuhvata i zamena sredstava za rad.

Planiranje održavanja se odnosi na preventivno operativno i preventivno investiciono održavanje sredstava za rad kod kojih do kvarova nije došlo. U okviru planiranja operativnog preventivnog održavanja planiraju se i tekuće opravke .

Planovi svih vidova preventivnog održavanja mogu biti:

- operativni, i
- osnovni planovi,

stim što se za investiciono preventivno održavanje i za zamenu sredstava za rad sastavljaju i perspektivni planovi.

Planovi operativnog preventivnog održavanja sredstava za rad odvojeni su za četiri vida ovog održavanja:

- podmazivanje svih mesta na mašinama , uredjajima i instalacijama koja su predviđena za podmazivanje,
- kontrola i podešavanje kritičnih mesta na mašinama, uredjajima i instalacijama koja su izložena habanju i kvarovima,
- zamena kritičnih delova na mašinama, uredjajima i instalacijama koji su izloženi habanju ili udarima u toku rada, i
- čišćenje i zaštita površina, uredjaja i instalacija od korozije, hemijskih delovanja i slično.

Zatim se odvojeno planira mašinsko i elektro održavanje.

Podloge za sastavljanje operativnih planova operativnog preventivnog održavanja su karte: podmazivanje, kontrole i podešavanja kritičnih mesta, kritičnih delova, i izloženih površina. Ove se formiraju za svaku mašinu, uredjaj ili instalaciju odvojeno.

Planovi se sastavljaju po organizacionim jedinicama u proizvodnji i to po danima i sedmicama.

Ovi planovi treba da sadrže:

- vremenski redosled održavanja,

- vrste i količine reprodukcionog materijala, rezervnih delova, maziva, premaza i sl.

Na osnovu operativnih planova operativnog preventivnog održavanja sastavlja se, za period od jedne godine, osnovni plan ovog održavanja, koji treba da sadrži sledeće:

- vrste i količine rezervnih delova,
- vrste i količine maziva, premaza i slično,
- vrste i količine reprodukcionog materijala,
- zanimanje, stručnost i broj radnika,
- vrste i količine alata i pribora,
- troškove operativnog preventivnog održavanja, i
- prodajne cene i poslovni rezultat.

Operativni plan za tekuće, prouzrokovane opravke, koje mogu biti male i srednje, sastavlja se svakog dana na osnovu zahteva operativnih održavača koji su dužni da putem operativne pripreme održavanja izdaju naloge za tekuće opravke. Ova operativna priprema sastavlja i operativne i osnovne planove preventivnog operativnog održavanja.

Pored navedenih planova sastavlja se i osnovni plan tekućih opravki koji se odnosi na period od jedne godine, a na osnovu iskustva približnog sagledavanja i stanja opreme. Ovaj plan treba da sadrži:

- vrste i broj opravki i potrebnih kapaciteta za opravke,
- rezervne delove i reprodukcioni materijal,
- alate i pribor,
- kadrove,
- troškove,
- prodajnu cenu, i
- poslovni rezultat.

Investiciono preventivno održavanje sastoji se, takodje od četiri faze održavanja:

- pregleda i kontrole ispravnosti,
- malih preventivnih opravki,
- srednjih preventivnih opravki, i

nost i vek trajanja sagledavaju i planiraju do kraja njihovog tehničkog i ekonomskog veka, počinje sastavljanjem perspektivnih planova.

Perspektivni plan investicionog održavanja završava se godinom u kojoj ističe vek trajanja opreme ili objekta, treba da sadrži za svako osnovno sredstvo:

- njegov tehnički i ekonomski vek,
- potreban broj norma-časova za predvidjene investicione srednje i velike opravke,
- rokove, i
- troškove i cene opravki.

Na osnovu perspektivnog plana a u skladu sa planom korišćenja kapaciteta u proizvodnji, sastavlja se osnovni plan investicionog preventivnog održavanja sredstava za rad, koji se odnosi period od jedne godine.

ovaj plan sadrži sve vrste planova koje ima proizvodnja, odnosno:

- plan prodaje,
- plan kapaciteta i proizvodnje,
- plan kadrova,
- plan snabdevanja materijalom,
- plan snabdevanja energijom i vodom,
- plan održavanja i zamene sredstava za rad,
- plan istraživanja, razvoja i investicija, i
- plan finansiranja, predviđanja i raspodele rezultata poslovanja.

Korišćenjem metoda mrežnog planiranja (CPM i PERT) sastavlja se posebno za svaku mašinu, uređjaj, instalaciju i za svaki građevinski objekat, operativni plan investicionog preventivnog održavanja. Ovim planom utvrđuju se rokovi i troškovi a predviđaju i prodajne cene i poslovni rezultat.

Planiranje zamene sredstava za rad, takodje obuhvata perspektivno, osnovno i operativno planiranje.

Dok se perspektivni plan zamene sredstava za rad ni u čemu ne razlikuje od perspektivnog plana investicionog preventivnog c

- rok zamene, i
- preostalu vrednost sredstava za rad koja se može otpisati, prodati ili preneti.

Operativni plan zamene sredstava za rad treba da se odnosi na svako sredstvo koje treba zameniti, i da sadrži sve rokove vezane za zamenu, kao i troškove i cene.

Perspektivni, osnovni i operativni planovi održavanja i zamene sredstava za rad predstavljaju i osnovu za praćenje i analizu njihovog izvršenja. U ovom smislu vodi se operativna, statistička i knjigovodstvena evidencija, od kojih se prve dve vode u operativnim pripremama održavanja a knjigovodstvena evidencija obuhvata praćenje troškova reprodukcionog materijala i rezervnih delova za održavanje (materijalno knjigovodstvo), i troškove održavanja i zamene (knjigovodstvo proizvodnje i knjigovodstvo osnovnih sredstava).

Tehnička priprema održavanja u celini planira i investiciono preventivno održavanje i zamenu sredstava za rad koja se nalazi u sastavu pogona za održavanje.

Elementi za ovo planiranje dobijaju se od: službe za analizu i planiranje proizvodnje, operativnih priprema održavanja, službe za analizu i planiranje tržišta, i službe za finansijski plan i analize.

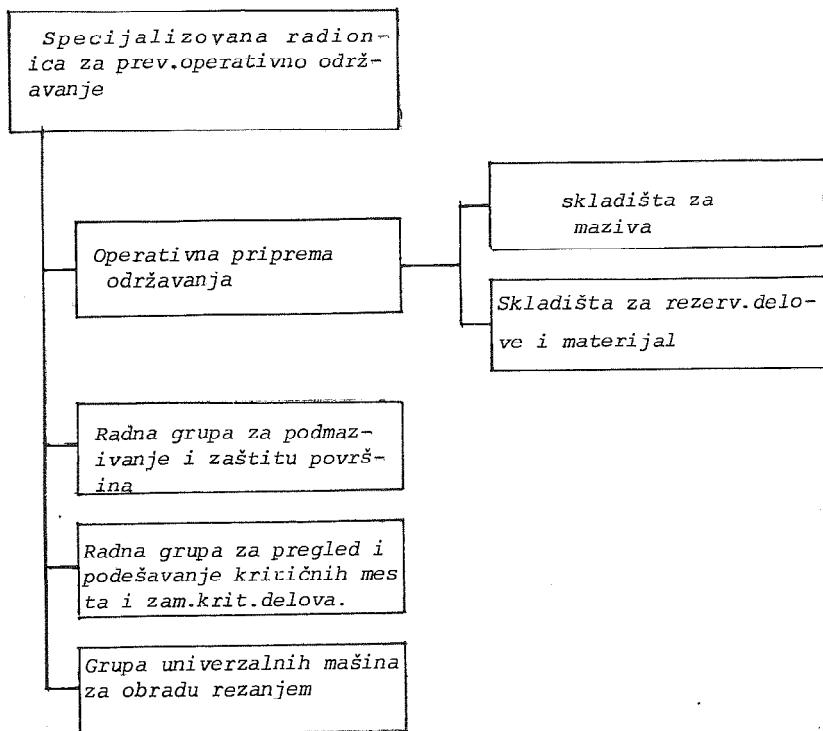
Posle usaglašavanja izradjenih planova održavanja i zamene sredstava za rad ovi se usvajaju od strane nadležnih organa upravljanja zajedno sa ostalim planovima radne organizacije.

3. Funkcionalna i prostorna organizacija preventivnog održavanja

Savremena koncepcija organizacije preventivnog operativnog održavanja sredstava za rad predviđa postojanje posebne radionice, specijalizovane za ovo održavanje, koja se nalazi u sastavu proizvodnog pogona čija se sredstva za rad održavaju.

Struktura ove organizacione jedinice prikazana je na sl.1.

Podmazivanje sredstava za rad vrši se na bazi propisa proizvođača sredstava. Zatim, potrebni su standardi tehnološke tačnosti sredstava, a konstruktivna tačnost određena je crtežima koji se



Sl.1. Radionica za preventivno operativno održavanje

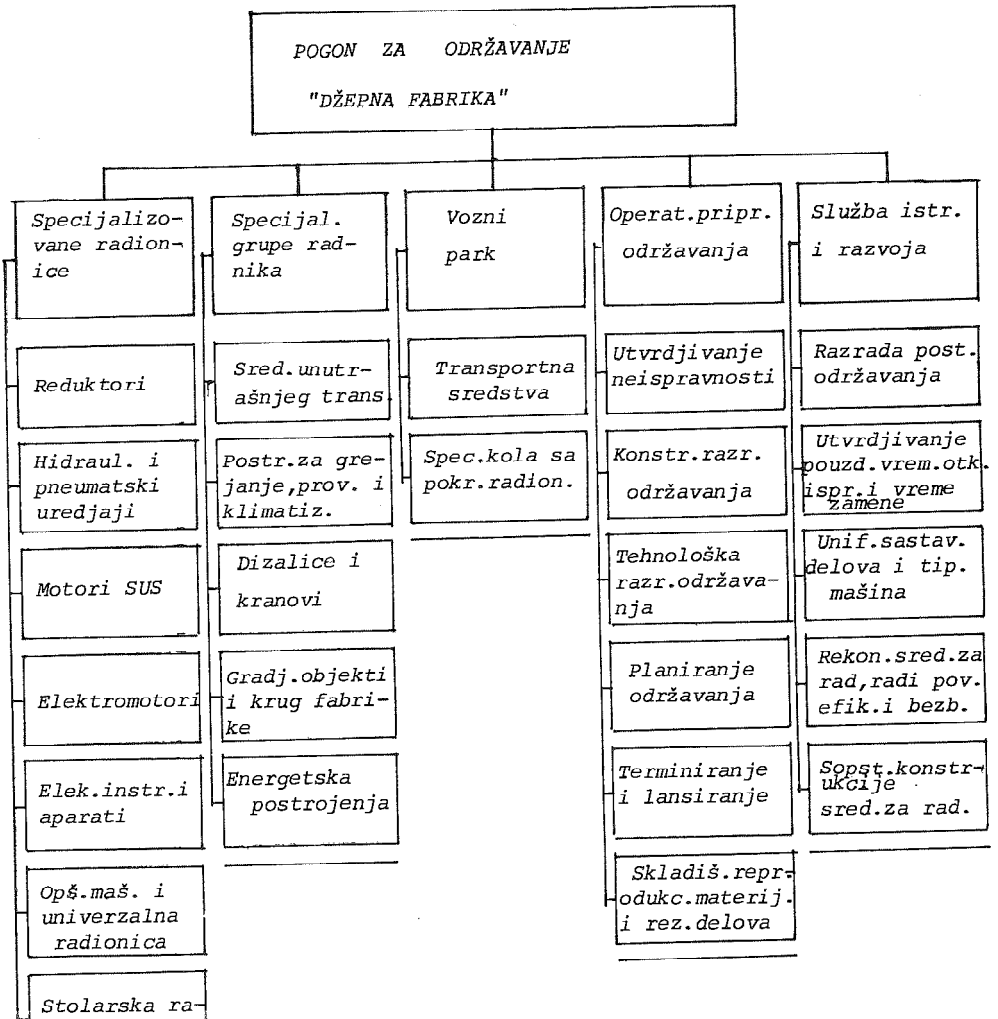
Karte:podmazivanja,kritičnih mesta za pregled i podešavanje i mesta sa kritičnim delovima,koje se sastavljaju za svako sredstvo za rad,treba da sadrže:

- naziv i oznaku sredstava,
- crtež podsklopa ili sklopa sredstava,
- oznake i mesta kritičnih delova i podešavanja,
- vrste i količine rezervnih delova po kritičnom mestu,
- vremenske razmake pregleda,podešavanja i zamene.

Na osnovu ovakvih karata sastavljaju se operativni i osnovni planovi preventivnog operativnog održavanja,odnosno planovi pregleda i podešavanja kritičnih mesta i zamena kritičnih delova sredstava.

Najsavremeniji vid organizacije preventivnog investicionog održavanja sredstava za rad predviđa poseban pogon za održavanje, organizovan kao "džepna fabrika", koja opslužuje više proizvodnih pogona, odnosno celu radnu organizaciju, a radi po sistemu agregatne zamene, koji umnogome skraćuje vreme srednjih i velikih preventivnih opravki.

Organizaciona struktura "džepne fabrike" prikazana je na slici 2.



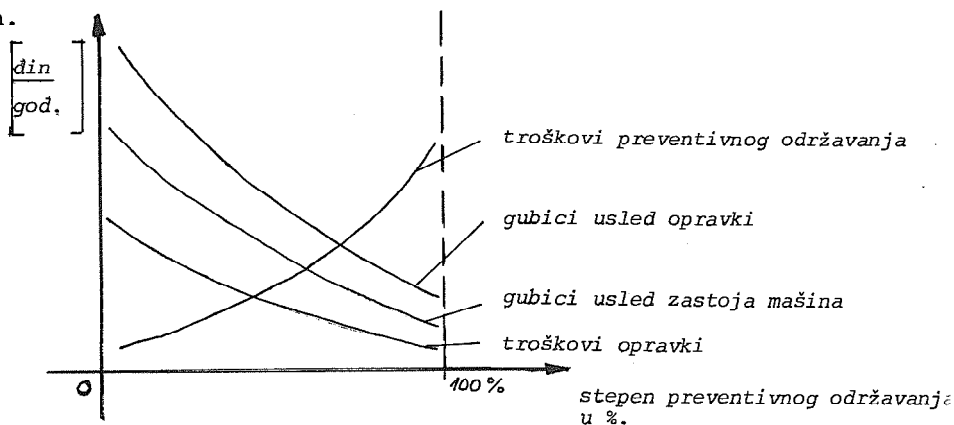
Efikasna organizacija preventivnog održavanja sredstava za rad doprinosi zatvaranju i stabilizovanju proizvodnih radnih mesta. Preventivno održavanje je lakše organizovati i serijskoj i masovnoj proizvodnji pod uslovom da je podređeno pouzdanosti, sigurnosti pri radu i tehničkom veku opreme.

Proizvodna zgrada pogona za održavanje obično je spratna (prizemlje i sprat) a njen oblik može biti pravougaoni i višeugaoni.

Prizemne radionice treba da imaju prilaz za vozila spoljnjeg transporta i vozila sa pokretnom radionicom, a položaj zgrade treba da bude takav da se do nje može brzo i lako doći. Ukoliko kroz krug fabrike prolazi jednosmerni put, poželjeno je da ovaj pogon bude u blizini izlaza iz kruga fabrike.

4. Ekonomija preventivnog održavanja

Aktivnosti obuhvaćene izloženom koncepcijom organizuje preventivnog operativnog i investicionog održavanja sredstava za rad uglavnom pripadaju delatnostima koje obuhvata relativno novi pojam "terotehnologija", čiji je cilj optimizacija održavanja, a to znači podrazumeva održavanje kod kojeg je zbir troškova održavanja i troškova zastoja zbog kvarova i radova na održavanju minimalan.



Sl. 3. Troškovi održavanja

L I T E R A T U R A

- /1/ Dr. Nenad Mileusnić - *Organizacija procesa proizvodnje, Privredni pregled, Beograd, 1977*
- /2/ dr Nenad Mileusnić, *Planiranje i priprema proizvodnje - Privredni pregled, Beograd, 1974.*
- /3/ Emil Rejec - *Terotehnologija-Savremena organizacija održavanja sredstava) Informator, Zagreb, 1974*
- /4/ Ettore Maraschi - *Od održavanja do terotehnologije, ORG-reporter, Planiranje i upravljanje proizvodnjom, br. 3/78, Zagreb*

mr Vladimir Ognjanović, dipl.maš.inž.

MODERNER ZUGANG ZUR ORGANISATION DER WARTUNG VON
ARBEITSMITTELN IN ZUSAMMENGESetzten FERTIGUNGSSYSTEMEN
DER METALLVERARBEITENDEN- UND MASCHINENBAUTÄTIGKEIT

Ausgehend von dem grundlegenden Ziel einer Organisation für die
Wartung der Arbeitsmittel im Sinne der Optimierung der Wartung sind zwei
Grundprinzipie der modernen Organisation der Wartung von Arbeitsmitteln
hervorgehoben. Das erste Prinzip besteht aus der Tatsache, dass die Wartung
der Arbeitsmittel ein elementares Verfahren in dem Fertigungsvorgang
darstellt und das andere Prinzip ist die Konzeption der präventiven
Wartung, die auf präventive operative und präventive Wartung, die auf
präventive operative und präventive Investitionswartung der
Arbeitsmittel aufgeteilt ist.

Die Organisation der präventiven operativen Wartung erfordert
spezialisierte Werkstätten mit eigener operativen Vorbereitung im Rahmen
des Fertigungsbetriebes, dessen Arbeitsmittel gewartet werden, und die
Organisation der präventiven Investitionswartung sieht Wartungsbetriebe
vor, die als "Mintwerke" mehrere Fertigungsbetriebe decken bzw. eine ganze
... .. Solche ein Wartungsbetrieb enthält haben spe-

XIV SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE, ČAČAK 1980

R. Pantić, P. Ivanović

NOVI REZNI ALATI OD TVRDOG METALA ZA OBRADU BUŠENJEM

1. Uvod

Osnovne tendencije u metaloprerađivačkoj industriji u uslovima serijske i masovne proizvodnje na proizvodnim operacijama obrade rezanjem zasnivaju se na primeni visokoproduktivne proizvodne opreme (NC mašine, automati, agregatne mašine), i reznim alatima velike postojanosti. Za razliku od proizvodnih operacija struganja, glodanja i razvrtnja u kojima su rezni alati od tvrdog metala u velikoj meri već decenijama sa uspehom zamenili alate od brzoreznog čelika, sa tendencijom porasta primene, u proizvodnim operacijama bušenja, kao dominantni još uvek su u upotrebi klasični rezni alati - spiralne burgije od brzoreznog čelika. Primenom reznih alata izradjenih od savremenih tvrdih metala u navedenim operacijama znatno su pomerene granice primenljivih brzina rezanja koje dostižu vrednost od 150 - 400 m/min. Bez obzira na razvoj brzoreznih čelika, primenom spiralnih burgija mogućnosti adekvatnog povećanja tehnoeekonomskih efekata ograničene su. Obzirom na specifičnost geometrije obrade bušenjem (geometrija alata, odvodjenje strugotine, stabilnost obradnog sistema, tribološke karakteristike alatnog materijala), primenljive brzine rezanja u ovim operacijama višestruko su manje u odnosu na operacije struganja i glodanja. Bušenje relativno malih i kratkih otvora ($d \leq 60$ mm; $l/d \leq 2,5$), čini najveći deo proizvodnih operacija ove vrste.

* Mr. Pantić M. Radoš, dipl. ing. Ivanović R. Petar, dipl. ing,

Poslednjih godina poznati proizvođači reznih alata poreklo razvijenih sistema za obradu bušenjem dugačkih otvora (BTA, EJEK) razvili su sisteme za obradu bušenjem otvora manjih dužina primenom alata u obliku reznih pločica od tvrdog metala sa mehaničkim pričvršćivanjem (MPP).

2. Osnovne karakteristike novog sistema za bušenje kratkih otvora

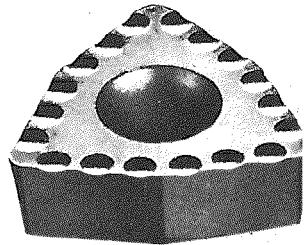
Radi adekvatnijeg izbora proizvodnih radnih mesta za primenu novih reznih alata u operacijama bušenja, u ovom delu navode se osnovne karakteristike, informacije koje daje proizvođač (S. Comant). U narednom periodu treba očekivati znatnu primenu alata ove vrste, obzirom na najavljenju poslovno-tehničku saradnju domaćeg proizvođača reznih alata "Prvi Partizan" T. Užice sa ovim poznatim proizvođačem.

Sistem TMAX-U (F.1), primenjuje se za bušenje otvora u rasponu prečnika $18 \leq d \leq 60$ mm, pri odnosu dužina bušenja $l/d \leq 2,5$.



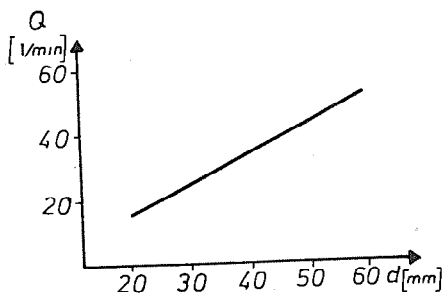
F.1 Rezni alat TMAX-U

Rezne pločice (MPP) jednostrane su sa tri rezna elementa i sa pozitivnom geometrijom (F.2). Za smanjenje radijalnih komponenti otpora rezanja, povećanje stabilnosti, kao i radi pravilnog usmeravanja i lomljenja strugotine, po grudnoj površini reznog elementa izradjeni su sverni konkavni lemači strugotine, postupkom sintero-

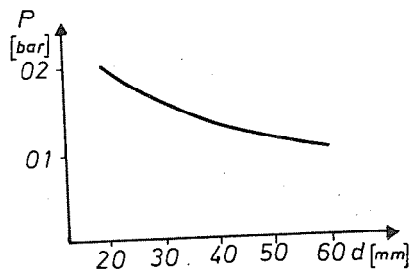


F.2 Rezna pločica GC

vanja. U procesu obrade učestvuju dve rezne pločice, kojima je prekrivena celokupna površina prodiranja, bez postojanja poprečnog sečiva na reznom elementu. Usled različitih intenziteta habanja, periferna pločica ima povećanu otpornost na habanje (prevlaka $T_1C+AL_2O_3$), u odnosu na centralnu (S6). Glavno kretanje može vršiti ili radni predmet ili alat. Hladjenje i podmazivanje, sa posebnom funkcijom odvođenja strugotine ostvaruje se dovodjenjem sredstva za hladjenje i podmazivanje (MPP).

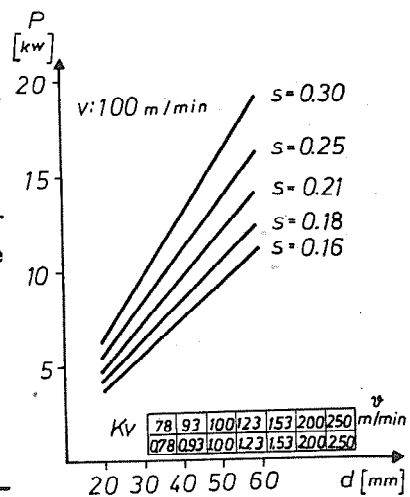


Sl. 1 Zavisnost protoka SHP od prečnika bušenja ϕd



Sl. 2 Zavisnost pritiska SHP od prečnika bušenja ϕd

Usled povećane stabilnosti sistema obrada bušenjem vrši se bez predhodnog zabušivanja pri brzinama rezanja $60 \leq v \leq 250$ m/min., pri obradi konstrukcijskih čelika, sa vrednostima koraka koje odgovaraju pri bušenju spiralnim burgijama. Obzirom na primenljive brzine rezanja, količina skinute strugotine izražena težinski u jedinici vremena, veća je 4-10 puta u odnosu na količinu skinute strugotine pri bušenju spiralnim burgijama ($G_s = 0,62-4$ kp/min). Ovo, prirodno, obzirom na povećane brzine rezanja zahteva znatno veću snagu obradnog sistema (Sl.3). Uticaj brzine rezanja v na potrebnu snagu obradnog sistema dat je preko korekcionog faktora K_v čije su vrednosti date tabelarno na Sl.3.



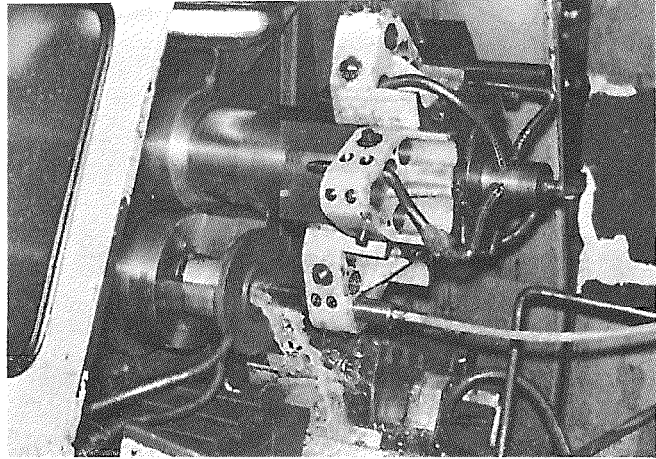
Sl. 3 Potrebna snaga mašine u funkciji režima obrade (v, s) i prečnika bušenja ϕd

3. Program i uslovi ispitivanja

Ispitivanja obradivosti sa navedenim alatom vršena su pri obradi bušenjem prečnika $d = 55$ mm., na dužini $L = 60$ mm., na delovima (otkivci) iz redovnog programa proizvodnje, na materijalu \dots bez termičke obrade posle

Mašina: Polu-automatski revolver strug ATR 250, (F.3), proizvođač Tvornica alatnih strojeva "Prvomajska" Zagreb. Instalirana snaga $P=12KW$, broj obrtaja $n=(63 - 1400)$ o/min. sa nezavisnom promenom brzina pomoćnog kretanja, $V_p=(10-850)$ mm/min. U postupku ispitivanja korišćenje postojeći otvoreni sistem za hlađenje i podmazivanje.

C	Si	Mn	Cr	Mo	P _{max.}	S	σ_m [dN/mm ²]	HB [dN/mm ²]
0,38 0,44	0,17 0,36	0,56 0,74	0,93 1,2	0,15 0,23	0,033	0,033	84 ÷ 88	212 ÷ 218



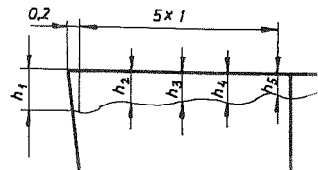
P.3

Kao SHP korišćena je 6% koncentracija SOL 40 E, polusintetičkog vodotopljivog ulja, proizvedenog iz rafiniranog mineralnog ulja sa specijalno odabranim emulgatom, EP aditivima i baktericidima, viskozitet 4,2 - 4,5 E pri temperaturi 323 K, postojanost 5 - 10 dana, protok $Q = 25$ l/min, proizvođač "FAM"- Kruševac.

Merna instrumentacija: Alatni mikroskop Carlzeiss Jena sa podelom 0,01 i uvećanjem 10 puta.

2.1 Postupak merenja

Ispitivanja postojanosti (T) alata vršena su primenom mikroskopske metode merenjem promene parametra habanja h (Sl.4), po ledjnoj površini reznog elementa periferne pločice kvaliteta GC015 (P15). U postupku preliminarnih ispitivanja obzirom na instaliranu snagu mašine i preporuke proizvođača (Sl.3), određene su granice primenljivih režima obrade (v.s). sa kojima je moguće vršiti obra-



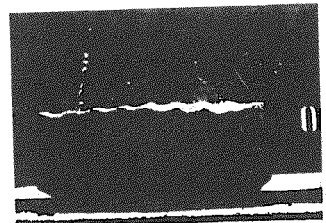
Za kriterijum zatupljenja usvojena je srednja vrednost širine pojasa habanja $h_k = 0,6$ mm. Režimi obrade pri kojima su vršena ispitivanja postojanosti alata tabelarno su prikazani (T-2) sa dobijenim (izmerenim) vrednostima postojanosti T_i . Dominantna svojstva u povećanoj otpornosti na habanje periferne rezne pločice kvaliteta GCo15 tvrdog metala sa aspekta povećane postojanosti, leže u oblasti povišenih brzina rezanja ($v > 100$ m/min). U oblasti manjih vrednosti brzina rezanja zbog povećane žilavosti treba koristiti rezne pločice u kvalitetu GC 135 (P35), ili S6 tvrdog metala. Pri svim ispitivanim uslovima formirala se kidana strugotina (F.4) sa pravilnim odvodom, bez obzira na nedovoljan pritisak i protok u sistemu za hladjenje i podmazivanje. Dominantno habanje reznih elemenata nastajalo je po ledjnoj površini obe pločice (centralna i periferna) F.5.

T-2

red. br.	režimi obrade		Izmerena postojanost T_i [min.]
	v [m/min.]	S [mm / o.]	
1	66	0,076	54,1
2	94	0,053	49,2
3		0,102	25,6
4		0,147	18,9
5		0,17	15,5
6	122,7	0,053	35,7
7		0,08	23,5
8		0,145	13,5
9		0,17	12,7
10	130	0,08	23,1
11		0,102	19,1
12		0,145	13,1



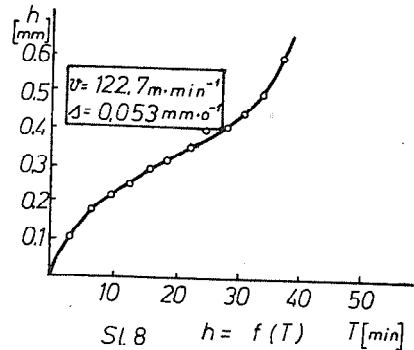
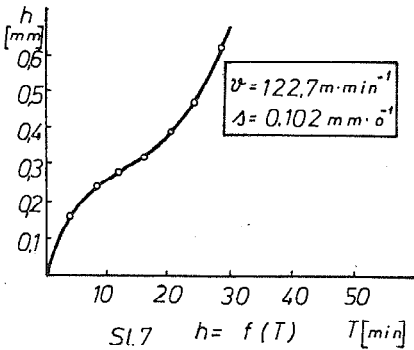
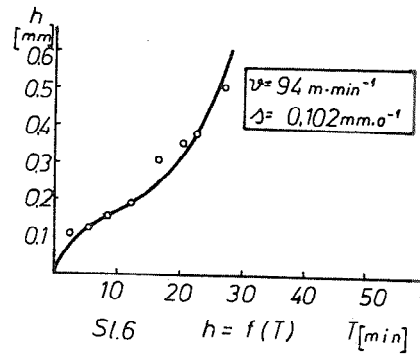
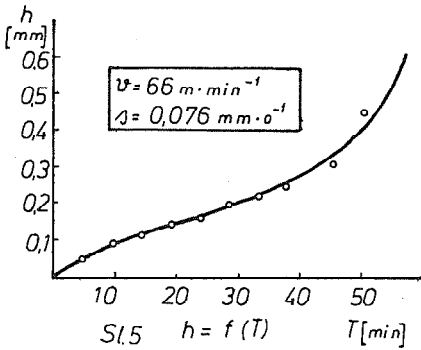
F.4 Strugotina pri obradi



F.5 Ispitivana rezna pločica

4. Rezultati ispitivanja

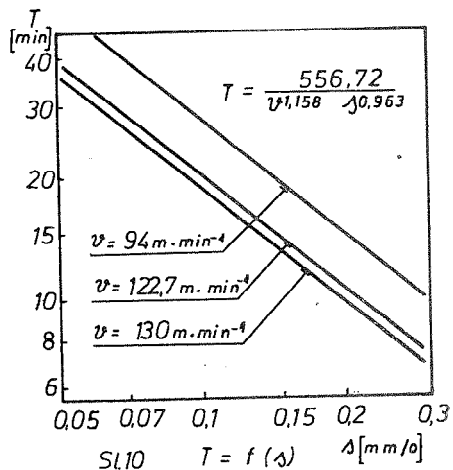
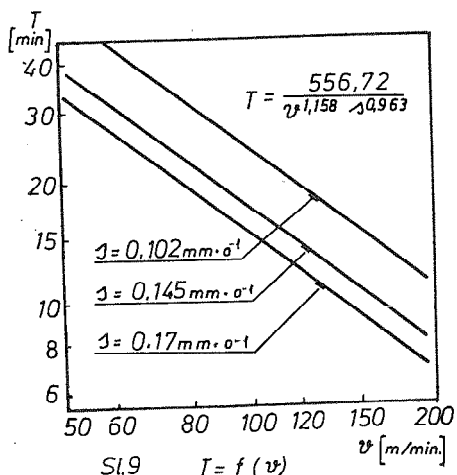
Na osnovu rezultata merenja promena parametara habanja i dobijenih vrednosti postojanosti alata (T_i), za usvojenu vrednost kriterijuma zatupljenja alata h_k dobijene su krive habanja koje su dij.



i uslova ispitivanja (T-2), primenom numeričke metode najmanjih kvadrata (Gaus-legendre), određena je vrednost konstante C i eksponenata m, y, tj. dobijen je prošireni izraz:

$$T = \frac{556,72}{v^{1,158} s^{0,963}} \dots \dots \dots (2)$$

Krive postojanosti (Taylor) dijagramski su prikazane u koordinatnim sistemima $T - v$, $T - s$, (SL.9,10), korišćenjem proširenog izraza (2). U postupku određivanja proširenog izraza (2) izmerene vrednosti za postojanost alata (T-2), dobijene su kao srednje vrednosti više puta uzastopno ponovljenih eksperimenata. Računski dobijene na osnovu (2) vrednosti za T_1 i izmerene, nalaze se u okviru apsolutne greške $\pm 10\%$, pa se obzirom na primenjenu metod (metod habanjanja) rezultati mogu smatrati zadovoljavajućim.



4.1. Tehno-ekonomski aspekti i odredjivanje optimalnih režima obrade

U savremenoj literaturi iz oblasti obrade metala rezanjem opšte prihvaćen kriterijum za definisanje optimalnih režima obrade zasniva se na odredjivanju onih vrednosti režima (v, s, δ, T), za koje f-cija cilja, tj. vrednost obrade (V_o) proizvodne operacije ima minimum.

Polazeći od izraza V_o oblika:

$$V_o = nk_1 t_k + (nk_1 t_1 + \frac{C}{i^a}) \cdot T^m = \frac{C_m \cdot p}{F \cdot \eta \cdot 100 \cdot 60} \cdot t_k + \frac{C \cdot k \cdot Q}{100 \eta \cdot 60} t_k \dots (3)$$

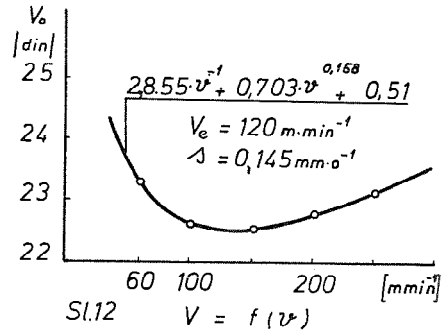
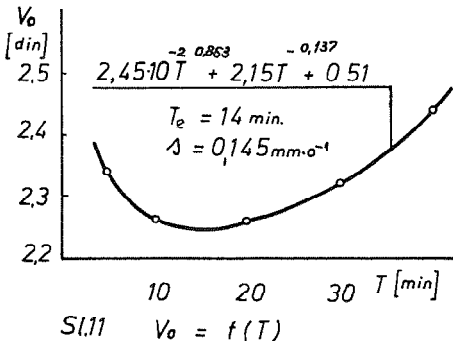
pa se za $s = \text{const}$, V_o može izraziti kao f-cija $V_o(v)$, $V_o(T)$,

$$V_o(T) = A_0 + A_1 T^{m-1} + A_2 \cdot T^m \dots (4)$$

$$V_o(v) = B_0 + B_1 v^{-1} + B_2 v^{\frac{1-m}{m}} \dots (5)$$

Za odgovarajuće proizvodne uslove na radnom mestu, za $s = 0,145$ mm/ot, dobijene su f-cije (4') i (5'),

na osnovu kojih je iz uslova minimuma odredjena ekonomična brzi rezanja $v_e = 120,166 \text{ m/min.}$, i ekonomična postojanost alata $T_e = 14 \text{ min.}$ Odgovarajuće zavisnosti $V_0 t$ i $V_0(v)$ dijagramski su prikazane na slikama SL.II, I21.



5. Z a k l j u ĉ a k

Alati TMAX-U omogućuju primenu znatno većih brzina pri obradi bušenja u odnosu na klasične rezne alate - spiralne bur-gije.

Ispitivanja obradivosti za ovim alatima treba nastaviti u cilju definisanja proširenog izraza uzimajući u obzir i uticaj prečnika alata;

Ekonomična postojanost ovih alata je niska zbog male cene, tako da je neophodno primeniti visoke brzine rezanja, svud gde je to moguće sa aspekta minimalnih vrednosti obrade i povećanja proizvodnosti;

Dobijeni rezultati ispitivanja u saglasnosti su sa literaturnim podacima obradivosti sa ovom vrstom alata;

Dalji razvoj reznih alata u ovoj oblasti omogućiće uspešnu primenu savremenih reznih alata u operacijama bušenja manjih prečnika i srednjih dužina.

Reference

1. Klaus Linkner, Wt2/1980, Empfehlungen für den Einsatz von

3. M. Jovičić, Osnovne tendencije razvoja alatnih materijala I, XII POSVETOVANJE proizvodnega strojništva, Maribor 29.09.1980
4. B. Ivković, Obrada metala rezanjem, Mašinski fakultet, Kragujevac 1975

R. Pantić, P. Ivanović

NEW CUTTING TOOLS FROM HARD METAL FOR DRILLING

IN THIS part are gave experimental results of machinability, as one of the most important characteristics of the workpiece, for short drilling its, with new cutting tools are made hard metal - sistem T-MAX U (firma Sandvik - Coromant).

Application this tools in drilling product operations gives upon productivity, accuracy and economy of metal cutting.

Economical speed cutting and economical tool life are accordance with the foreseeings in modern bibliography. Therefore, values parametar machinability in mathematical terms are sufficeint exactly.

In this branche of Engineering is necessary to continue work for generally mathematical terms form $T = F(v, s, d, HB...)$.

XIV SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE, ČAČAK, 1980.

B. Popović, S. Vlahović, B. Kamberović*)

KARAKTERISTIKE KVALITETA REZNOG ALATA

1. Uvod

Domaća proizvodnja reznog alata skoncentrisana uglavnom u Čačku, Novom Sadu i Trebinju, ima već danas veliku proizvodnju a gotovo 50% proizvedenog alata se izvozi na strano tržište. Ulažu se i novi naponi da se izvoz poveća ali se javljaju teškoće u obezbeđenju potrebnog nivoa kvaliteta.

U proteklom periodu autori su radili na istraživanju kvaliteta reznog alata u Institutu za alatne mašine i alate u Beogradu i u Razvoju kvaliteta Industrije alata u Trebinju. Obuhvaćeni su ureznici [1], provlakači [2], glodala i testere [3], razvrtači [6], burgije [8], [10] i utiskivači [9]. Istraživan je uglavnom alat iz Čačka a nešto manje i alat iz Trebinja [7]. Sada se upravo ispituje alat iz Novog Sada tako da se može smatrati da autori dobro poznaju domaći alat, od brzoreznog čelika.

U ovom saopštenju analiziraju se karakteristike kvaliteta reznog alata pri čemu se dopunjavaju ranije započeta istraživanja [4] sa novim rezultatima.

2. Kvalitet reznog alata

Kvalitet reznog alata postignut posle izvesnog proizvodnog procesa obuhvata uopšteno kvalitete: 1. konstruisanja, 2. izrade i 3. eksploatacije.

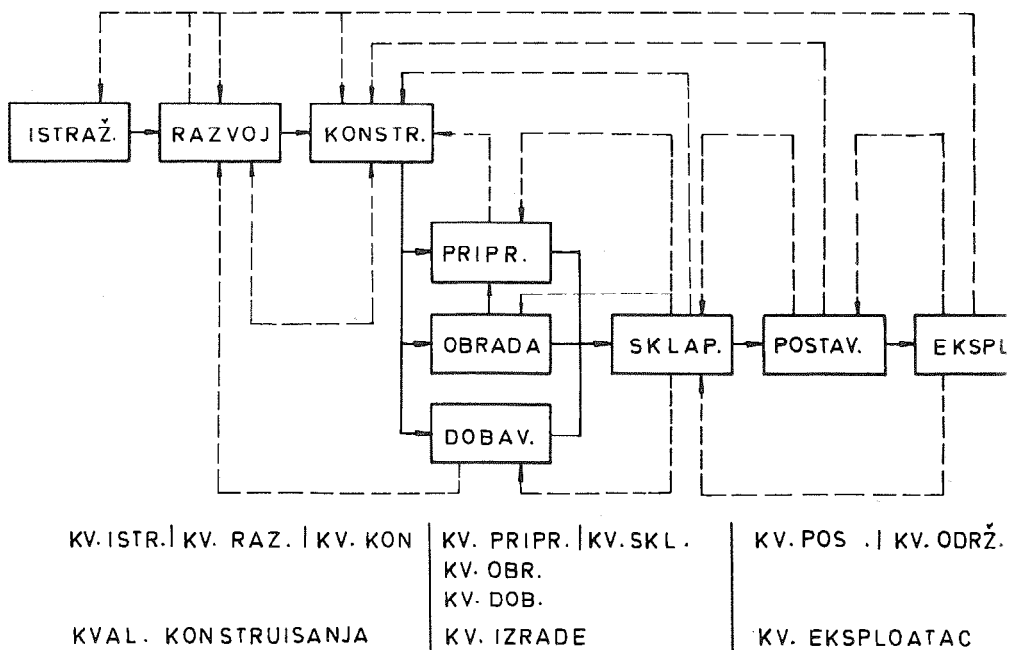
* Dr Branko Popović, dipl.ing., vanredni profesor Fakultet tehničkih nauka 21000 Novi Sad, Veljka Vlahovića broj 3

Stjepan Vlahović, upravnik kontrole, Industrija alata - Trebinje

Bato Kamberović, dipl.ing., asistent Fakultet tehničkih nauka Novi Sad, Veljka Vlahovića broj 3

** Saopštenje iz Instituta za industrijske sisteme, Fakulteta tehničkih

Ako se prema shemi toka informacija analiziraju mesta nastajanja kvaliteta, prema slici 1, tada se još uočava da se svaki od ovih kvaliteta sastoji od nekoliko drugih. Kvalitet konstruisanja čine kvaliteti: istraživanja tržišta, razvoj



Slika 1.

voja kvaliteta i konstrukcije alata. Kvalitet izrade čine kvaliteti: tehnološk pripreme proizvodnje, dobavljanja materijala i poluproizvoda, obrade materijal i konačno sklapanja gotovog alata. Kvalitet eksploatacije čine kvaliteti: postavljanja alata na mašini kao i kvalitet održavanja alata u toku eksploatacije

Kvalitet alata, može se reći, predstavlja stepen zadovoljenja očekivanja kupca u pogledu svojstava ili karakteristika reznog alata. Sada je kvalitet alata:

$$K = \sum_{i=1}^n z_i \cdot K_i \quad (1)$$

gde su:

z - zadovoljenje očekivanja kupca

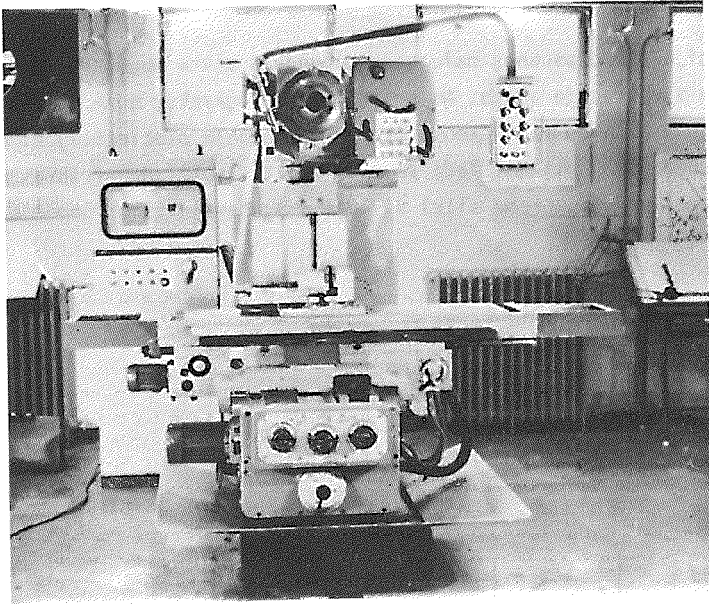
davne za kvalitet alata obuhvataju skupove: proizvodnih i upotrebnih karakteristika.

3. Proizvodne karakteristike alata

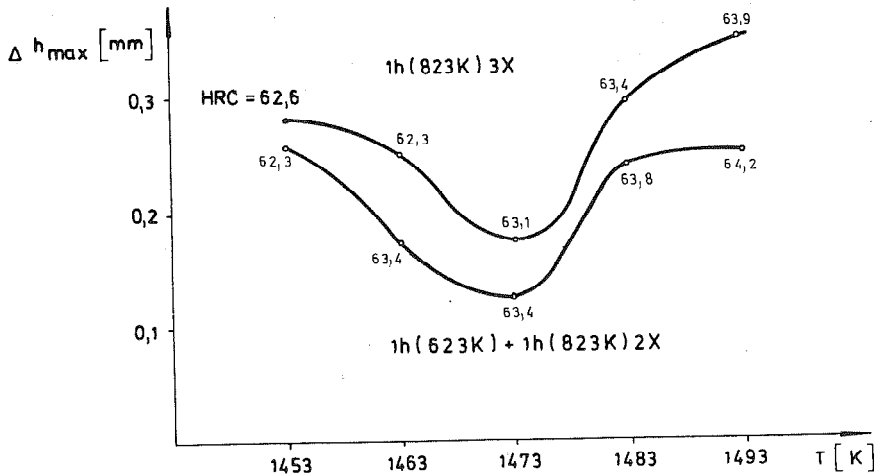
Proizvodne karakteristike alata definišu kvalitet konstruisanja i kvalitet izrade alata a predstavljaju skupove karakteristika: 1) istraživanja tržišta, 2) razvoja proizvoda, 3) konstrukcije, 4) tehnološke pripreme proizvodnje, 5) dobavljanja materijala, 6) obrada materijala i 7) sklapanja gotovog alata. Posebnu pažnju privlače karakteristike: tehnološke pripreme proizvodnje, obrada materijala i sklapanja gotovog alata.

Tehnološka priprema proizvodnje ima za glavni zadatak da moguće efekte rada proizvodnog sistema drži u granicama dozvoljenih odstupanja. Osnovni materijali tehnološke pripreme su: tehnološka karta (proizvodnje) i tehnološka karta kontrole, prikazane na slici 2. Tehnološka karta (proizvodnje) sadrži potrebne podatke o: operaciji obrade, radnom mestu, alatima, režimu obrade i normi vremena. Tehnološka karta kontrole sadrži potrebne podatke o: operaciji kontrole, kontrolnom mestu, mernim instrumentima i normi vremena.

Obrada materijala se izvodi prema tehnološkoj karti (proizvodnje) a pomoću tehnološke karte kontrole na različitim obradnim sistemima. Kako obradni sistemi rezanja materijala ostvaruju izvesnu netačnost obrade to se kvalitet obrade može da odredi preko odstupanja karakteristika: mera, oblika, međusobnog položaja površina i osa kao i površinske hrapavosti. U procesu obrade mogući su i različiti poremećaji u vidu pojava: otpora rezanja, toplote, vibracija i deformisanja alata, koji veoma utiču na netačnost obrade. Proučavanja ovih pojava je poseban stalni zadatak istraživanja pri čemu se izuzetna pažnja posvećuje mašinama, opremi i instrumentaciji koja se koristi, na primer na slici 3. Obradni sistemi toplotne obrade imaju opet izvesnu tehnološku netačnost pa se kvalitet obrade može da odredi preko odstupanja karakteristika: veličine zrna i količine zaostalog austenita, veličine i rasporeda karbida, mikrotvrdoće, debljine ostvarenog sloja itd. I tu postoje mogućnosti povišenja kvaliteta promenom režima obrade kao što je na primer primena niskotemperaturnog umesto klasičnog otpuštanja kod ureznika [10]. U dijagramu habanja ureznika, prema slici 4 klasičnim otpuštanjem (3 puta po 1 sat na 823 K) dobijeni su ureznici sa pojasom habanja $\Delta h_{mav} = 0,17$ mm dok je primena niskotemperaturnog otpuštanja (prvi put



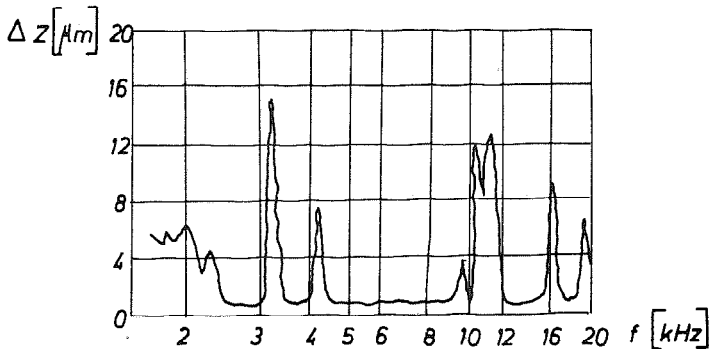
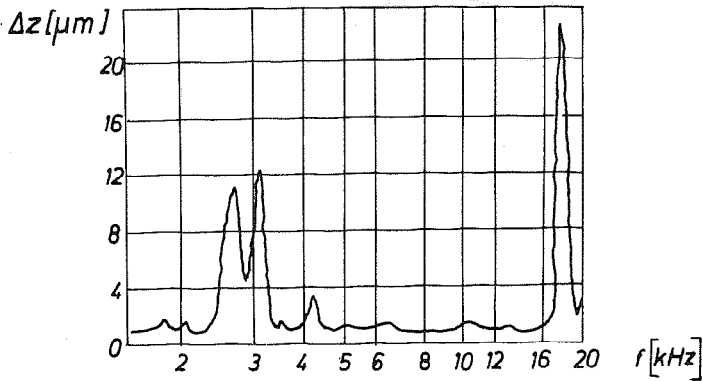
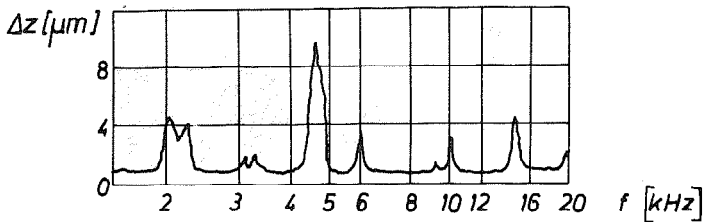
Slika 3.



Slika 4.

sklapanja može da odredi preko odstupanja karakteristika: mera, oblika i međusobnog položaja površina i osa gotovog alata. Kako u procesu rezanja nastaju

nih tolerancija i medjusobnog naleganja elemenata alata mogu se u znatnoj mjeri da smanje i vibracije alata. Na primer kod strugarskog noža sa pločicom od tvrdog metala moguće su razne konstrukcije pritezanja pločice: 1) klinom, 2) pomičnom polugom i 3) vijkom. Tada se mogu dobiti amplitudno-frekventne karakteristike reznih alata, prema slici 5, koje omogućavaju izbor pogodnog alata.



4. Upotrebne karakteristike alata

Upotrebne karakteristike alata definišu kvalitet eksploatacije alata a predstavljaju skupove karakteristika: 1) postavljanja i 2) održavanja alata. Postavljanje alata na mašinu vrši se po izvesnim uputstvima proizvođača. Tu je moguća netačnost postavljanja pa se kvalitet postavljanja može da odredi preko odstupanja karakteristika: medjusobnog položaja površina i osa alata i mašine.

Održavanje alata takodje se vrši po izvesnim uputstvima proizvođača. Tu su moguća odstupanja koja neposredno utiču na kvalitet održavanja.

Kvalitet eksploatacije i održavanja alata nadovezuje se ustvari i za pojam efektivnosti alata pri čemu se sada alat posmatra kao skup elemenata sa njihovim karakteristikama, koji su povezani u celinu i izmedju kojih postoje izvesne relacije. Ovakav sistem takodje naizmenično ostvaruje stanja "u radu" i "u otkazu" čije je postojanje slučajnog karaktera. Efektivnost alata je sada verovatnoća uspešnog rada alata, prema izvesnoj funkciji kriterijuma, tj. funkcija:

$$E_s(t) = R(t) \cdot P(t) \cdot FP \quad (2)$$

gde su:

$R(t)$ - raspoloživost alata

$P(t)$ - pouzdanost alata i

FP - funkcionalna podobnost alata.

Raspoloživost alata predstavlja meru stanja alata u smislu efikasnosti stupanja u dejstvo i ostvarenja zadatka obrade unutar dozvoljenih odstupanja (prema datoj funkciji kriterijuma) a u odredjenom vremenu i datim uslovima. Raspoloživost alata zavisi od operative gotovosti i planiranih zastoja. Operativna gotovost alata predstavlja verovatnoću:

$$n_{og} = \frac{\theta}{\theta + N} \quad (3)$$

gde su:

θ - ukupno vreme alata "u radu" i

N - ukupno vreme alata "u otkazu".

Vreme alata "u radu" predstavlja tzv. ugradjenu gotovost dok vreme alata "u otkazu" obuhvata vremena: pripreme, intervencije i čekanja na opravku. Planirani zastoji ne zahtevaju operativan rad alata usled zahteva funkcija uslova rada i nivoa organizacije održavanja.

obliku: -

$$P(t) = f |F_k(t), F_{rm}(t)| \quad (4)$$

gde su:

$F_k(t)$ - funkcija kriterijuma alata i
 $F_{rm}(t)$ - funkcija radne mogućnosti alata.

Konačno funkcionalna podobnost alata predstavlja mogućnost alata za uspešno prilagodjavanje alata uslovima okoline u datom vremenu zavisno od statičnosti strukture alata i od dinamičnosti uslova okoline.

5. Kompleksna kontrola kvaliteta alata

Kompleksna kontrola kvaliteta reznog alata zasniva se na određivanju funkcija između proizvodnih i upotrebničkih karakteristika alata pa se ovom kontrolom utvrđuje mera kvaliteta konstruisanja i izrade u odnosu na kvalitet eksploatacije [7]. Tu se može postaviti jednostruka funkcija regresije:

$$y = a \pm bx \quad (5)$$

i višestruka funkcija regresije

$$y = a \pm b_1 \cdot x_1 \pm b_2 \cdot x_2 \pm \dots \pm b_i \cdot x_i \quad (6)$$

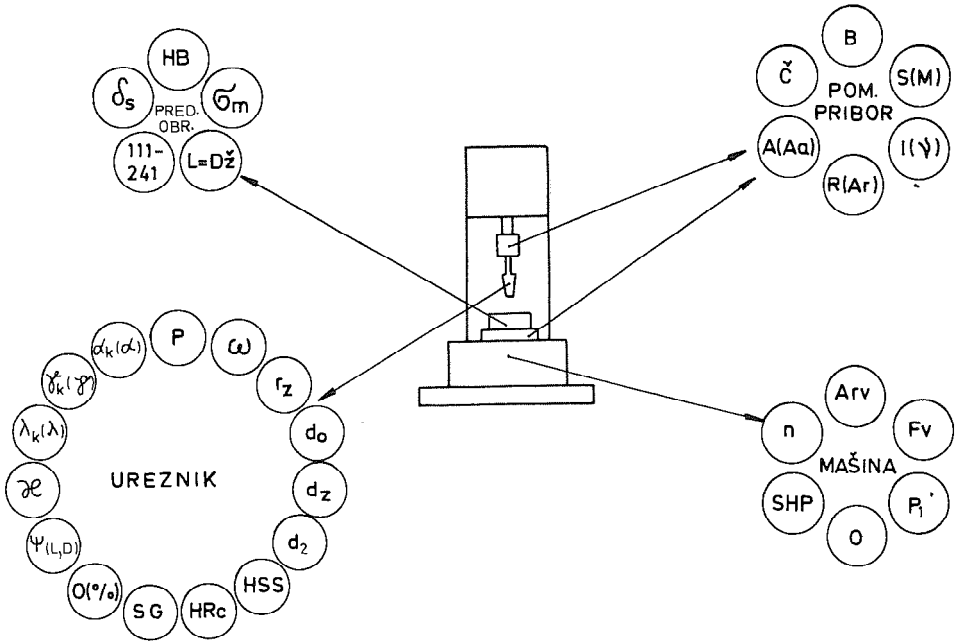
gde su:

y - upotrebna karakteristika i
 x_i - proizvodne karakteristike kvaliteta alata.

Funkcija se utvrđuje na osnovu ispitivanja reprezentativnog uzorka alata pa je neophodno testiranje članova a i b_i kao i koeficijenta korelacije uzorka r odnosno koeficijenta korelacije osnovnog skupa R .

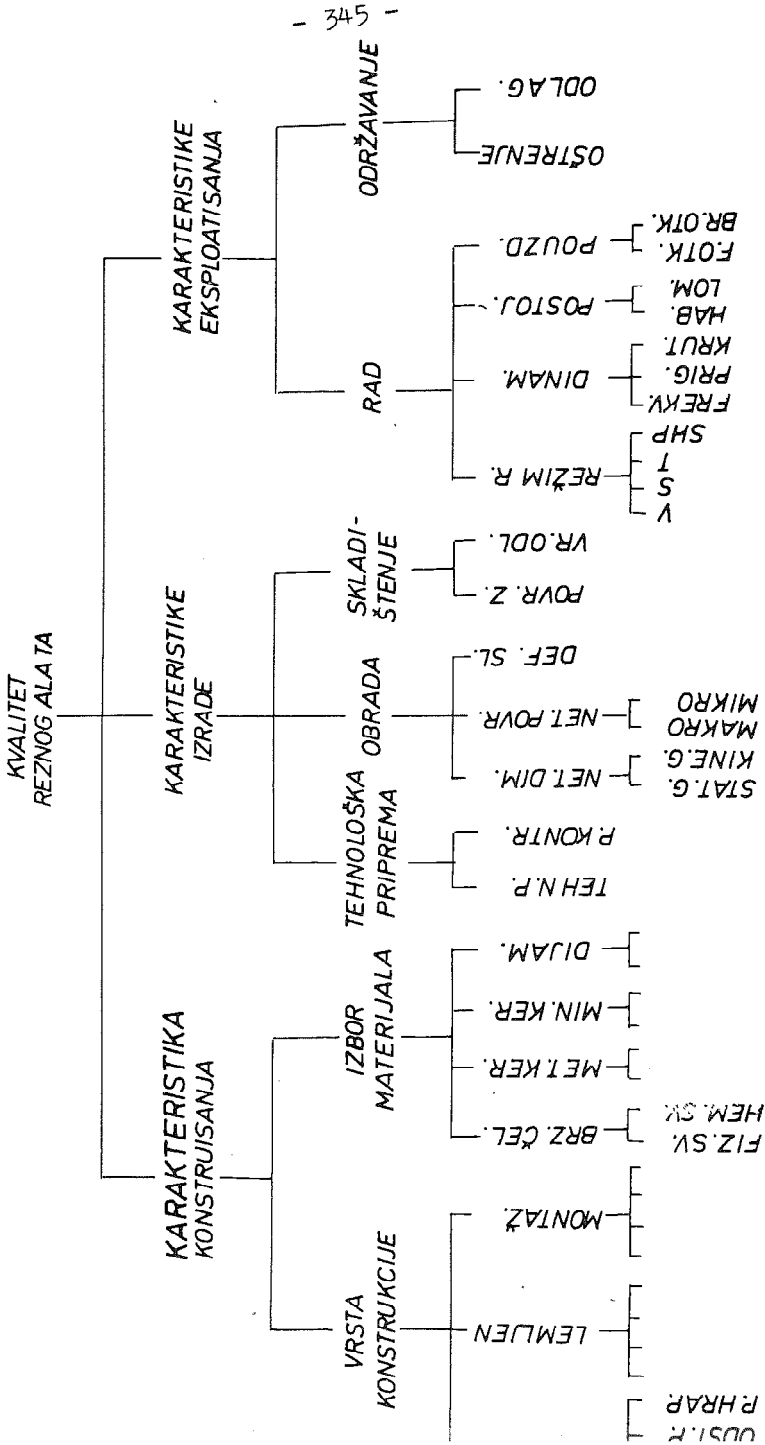
Izbor karakteristika za funkcije regresije vrši se na osnovu prethodne analize obradnog sistema i detaljnijeg proučavanja ponašanja alata. Najčešće se uzima postojanost alata kao upotrebna karakteristika kvaliteta dok se za proizvodne karakteristike uzimaju ostale važnije veličine. Kod ureznika su već ranije definisane 32 proizvodne karakteristike prema slici 6, vezane za pojedine elemente obradnog sistema. Za ostale alate treba izabrati takve karakteristike koje će što šire da obuhvate sva svojstva kvaliteta alata.

Razmatrajući ovaj problem u slučajevima ostalih alata došlo se do pregleda karakteristika kvaliteta alata, prikazanog na slici 7. Karakteristike konstruisanja odnose se na vrstu konstrukcije i izbor materijala alata. Karakteristike izrade obuhvataju tehnološku pripremu, obradu i skladištenje izradjenog



Slika 6.

U proteklom periodu ovaj postupak je primenjen prvi put 1972. godine u Fabrici reznog alata u čačku na ureznicima [5]. Dobijeni su interesantni rezultati uz $n = 60$ alata i posmatranje $i = 21$ proizvodne karakteristike kvaliteta te je dobijen koeficijent $r = 0,719$. Najveći uticaj na kvalitet pokazala je tvrdoća materijala HRC sa $r = 0,519$. Sledeće ispitivanje izvršeno je 1974. godine u Industriji alata u Trebinju na ureznicima gde je posmatrano $n = 63$ alata i $i = 11$ proizvodnih karakteristika pa je dobijen koeficijent $r = 0,666$ [7]. Najveći uticaj na kvalitet alata pokazala je veličina grudnog ugla γ sa $r = -0,582$. Treće ispitivanje izvršeno je 1976. godine na burgijama Fabrike reznog alata u čačku [8]. Posmatrano je $n = 35$ alata i $i = 11$ proizvodnih karakteristika kvaliteta pa je dobijen koeficijent $r = 0,977$. Najveći uticaj na kvalitet alata pokazala je veličina pojasa habanja Δh_m sa $r = -0,945$. Sada su upravo završena ispitivanja sa glodalima Jugoalata iz Novog Sada a očekuju se isto tako dobri



Slika 7.

6. Zaključak

Kvalitet reznog alata zasniva se na različitim karakteristikama kvaliteta. Razdvajajući karakteristike na upotrebne i proizvodne mogu se formulirati funkcije jednostruke i višestruke regresije. To su istovremeno korelacione zavisnosti sa koeficijentima korelacija tako da se lako može uočiti uticaj svake posmatrane veličine na kvalitet alata. Izvedena ispitivanja koristila su za sticanje iskustava na osnovu kojih su date i preporuke za korišćenje u praksi.

Reference

- [1] B.Popović, Metoda ispitivanja reznih mogućnosti ureznika, Zbornik radova IV savjetovanja proizvodnog mašinstva, Sarajevo (1968) 7,1-16.
- [2] B.Popović i dr., Uvodna analiza i ispitivanje procesa obrade provlačenjem, Elaborat IAMA br. 80/68, Beograd (1968) 66 str. 64 pril.
- [3] J.Stanić, B.Popović, S.Zahar, R.Mitrović, Uporedno ispitivanje tri različita sredstva za hlađenje i podmazivanje alata na glodalici, Elaborat IAMA br. 100/I/68 i br.100/II/69, Beograd (1968,1969)
- [4] B.Popović, M.Janković, The Function of Multiple Corelation in Quality Control, Proceedings of the 6th Yugoslav International Symposium on Information Processing, FCIP, Bled (1970) F.4.4.1-8
- [5] B.Popović, i dr., Odredjivanje višestruke korelacije u kontroli kvaliteta, Elaborat IAMA br. 179/72, Beograd (1972) 44 str. 105 pril.
- [6] B.Popović, Obrada razvrtanjem, Projekat SIO, Elaborat br. 208/73, Beograd (1973) 97-106
- [7] B.Popović i dr., Kompleksna kontrola kvaliteta ureznika, Elaborat IAMA br. 263/74, Beograd (1974), 31 str. 55 pril.
- [8] B.Popović, R.Milošević, Statistička ispitivanja burgija, Zbornik radova MMA'76, Fakultet tehničkih nauka Novi Sad (1976) 127-138
- [9] B.Popović, S.Grujin, Problemi utiskivanja navoja, Zbornik na trudovi, knjiga I, XI jugoslovensko savetovanje na proizvodstveno mašinstvo, Ohrid (1977) 342-353
- [10] R.Vujović, S.Vlahović, Uticaj izbora parametara termičke obrade na reznju sposobnost ureznika M12 (S 6-5-2-5), Industrija alata, Trebinje, 22 (1978) 1-2, 16-18
- [11] B.Popović, B.Kamberović, Kompleksna kontrola kvaliteta reznog alata, Zbornik radova XIV jugoslovensko savetovanje o kvalitetu, Priština (1980), 1-11.

B.Popović, S.Vlahović, B.Kamberović

THE CHARACTERISTICS OF THE CUTTING TOOL QUALITY

The quality of the cutting tool depends on a number of different characteristics that can be divided into two groups: production and exploitation. By analysing the possible characteristics of the cutting tools made from high speed steel the authors have specified the minimal set of quality characteristics relevant for the complex quality control. By the use of the method described were obtained some interesting multiple correlation functions of the quality for taps, drills and mills made in Yugoslavia.

XIV SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE, ČAČAK, 1980.

Z. Seljak, M. Soković^{*)}

GLADILNA OBDELAVA POBOLJŠANIH IN KALJENIH JEKEL S FREZANJEM^{**)}

1. Uvod

Z novimi postopki fine obdelave, t.i. enorezilni postopki gladilnega odrezavanja, skušamo odpraviti negativne vplive, ki jih ima brušenje na kvaliteto obdelane površine. Enorezilna (enzoba) orodja, ki jih pri tem uporabljamo, so v bistvu izmenljive ploščice iz mešane keramike, ki dovoljuje velike rezalne hitrosti in podajanja, s tem pa omogočajo bistveno skrajšanje časa potrebnega za obdelavo. Poleg tega, kvaliteta obdelane površine je takšna, da v nekaterih primerih nadaljna obdelava ni potrebna.

Samo gladilno odrezavanje je v bistvu postopek obdelave, pri katerem imamo orodje s teoretično neskončnim polmerom konice. Pri uporabi to predstavlja orodje z ravnim, prečno postavljenim rezalnim robom, ki je vzporeden s podajanjem. Zaradi tega je teoretična hrabavost, ki je odvisna od geometrije orodja ter podajanja, enaka nič pri pogoju, da je dolžina ravnega dela rezalnega robu večja od podajanja.

Gladilno odrezavanje lahko nastopi kot gladilno struženje, skobljanje ali freziranje. Vendar se bomo v nadaljevanju lotili le raziskav gladilnega freziranja.

^{*)} dr. Zoran Seljak, dipl.ing., izr.prof. na Fakulteti za strojništvo v Ljubljani, Murnikova 2

Mirko Soković, dipl.ing., asistent na Fakulteti za strojništvo
Murnikova 2

2. Osnove gladilnega frezanja

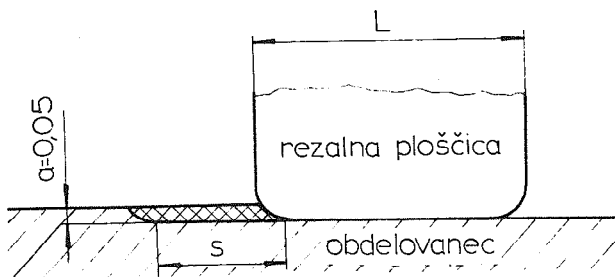
Po podatkih iz literature /1, 2, 3, 4/, s trenutno znanim frezali, s ploščicami iz karbidne trdine, lahko ekonomično obdelamo v območju finega frezanja optimalno le do kvalitete površine z $R_{\max} = 8 \mu\text{m}$. Na splošno pri uporabi večrežilnih frezal z vstavljanimi rezili, ki so lahko samostojna ali v kombinaciji z rezili za gladilno frezanje, ne dosežemo boljše kvalitete obdelane površine. Hitrosti podajanja mize se pri tem gibljejo običajno med 200 in 800 mm/min. Kvaliteto površine pri kateri je maksimalna hrapavost manjša od $8 \mu\text{m}$, danes v normalnih primerih dosežemo z brušenjem ali sorodnimi postopki fine obdelave.

Fino frezanje s keramičnimi rezalnimi ploščicami, ki so v bistvu specialno za frezanje razvita vrsta rezalne keramike, predstavljajo novo tehnologijo in odpirajo nove možnosti uporabe. Ta tehnologija omogoča, pri podajanjih mize do 5000 mm/min, doseči s frezanjem kvaliteto površine pod $R_{\max} = 4 \mu\text{m}$. Področja uporabe zajema fino frezanje sive litine, cementiranih in poboljšanih jekel, trde litine kakor tudi kaljenih jekel. V poštev pride obdelava ohišij vretenjakov, vodil obdelovalnih strojev, delovnih miz, jeklenih plošč, standardiziranih plošč tipiziranih preoblikovalnih orodij itd.

Pri finem frezanju s keramiko naj bi prednosti rezalne keramike, visoko temperaturno in obrabno obstojnost, polno izkoriščali. Visoka temperaturna obstojnost dovoljuje povišanje rezalne hitrosti na 3 do 10-kratno vrednost (do 1000 m/min) v primerjavi s karbidno trdino. Poleg hitrejše obdelave dosežemo z enozobim frezalom tudi veliko obstojnost rezalnega robu /3/ in s tem ekonomičnost.

2.1 P r i n c i p f r e z a n j a z r e z a l n o k e r a m i k o

Pri finem frezanju z rezalno keramiko obdelujemo z enozobi



Slika 1: Princip enozobega frezanja

Zaradi geometrije frezalne ploščice ter njene velike natančnosti izdelave, odpade sleherno naknadno naravnavanje pri zamenjavi rezalne ploščice ali pri obračanju rezalnega robu.

Pri gladilnem frezanju z rezalno keramiko, na osnovi priporočil iz literature /1, 3, 4/, upoštevamo naslednje delovne pogoje: globina rezanja $a = 0,05$ mm
podajanje na en zob $s_z = 0,5 \dots 5$ mm.

Pri podajanju $s_z = 1,5$ mm lahko povečamo globino rezanja na 0,2 mm. Optimalne vrednosti so odvisne od togosti obdelovanca, vpenjalne naprave in frezalnega stroja.

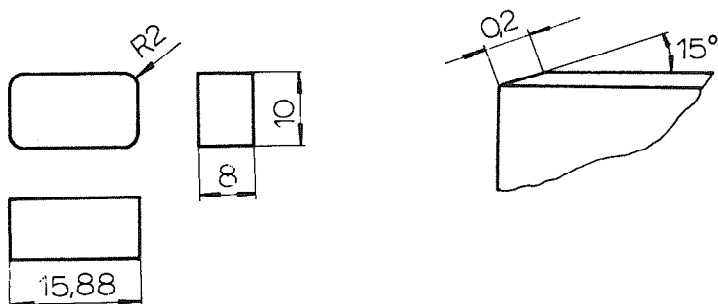
Za rezalno hitrost pri gladilnem frezanju veljajo naslednje priporočene vrednosti, tabela I:

Tabela I: Izbira rezalne hitrosti pri gladilnem frezanju glede na material preizkušanca /1/

Obdelovalni material	Trdota	Priporočena rezalna hitrost m/min	Območje hitrosti m/min
siva litina	/250 HB/	600	100 - 1000

2.2 Orodje

Pri gladilnem frezanju z orodji iz rezalne keramike, uporabljamo obračalne ploščice, katerih oblika in geometrija sta podani na sliki 2 /3/. Iz slike je razvidno, da ima rezalni rob posneto fazo v dolžini 0,2 mm pod kotom 15° . Na ta način dosežemo povečanje negativnega cepilnega kota pri odrezavanju.



Slika 2: Oblika obračalne ploščice iz mešane keramike FH 3

V bistvu je uporabljena posebna vrsta mešane keramike, ki je bila razvita za obdelavo s frezanjem. Poleg toplotne in kemične obstojnosti, karakterizira na splošno obstojnost proti obrabi. Nekaj osnovnih karakteristik te vrste rezalnega materiala je podanih v tabeli II.

Tabela II: Osnovne karakteristike mešane keramike FH3

Rezalni material	Oznaka; FH3
Pripadnost materiala	mešana keramika
Osnovna sestava	Al_2O_3 + kovinski karbidi
Način oblikovanja	prešano pri visokih temperaturah in pritiskih
Barva rezalne ploščice	črna
Trdota po Vickers-u	$28.000 N/mm^2$

3. Raziskave gladilnega frezanja kaljenih in poboljšanih jekel

V želji, da bi ugotovili kako vplivajo posamezni obdelovalni parametri na gladilno frezanje, pri obdelavi nekaterih domačih legiranih jekel, smo se odločili za raziskave na tem področju. Zaradi vse večje in večje uporabe znanih kvalitetnih legiranih jekel ter z razvojem novih vrst jekel, ki se danes uspešno uporabljajo v strojogradnji, so postali podatki o obdelovalnosti zelo pomembni.

Prikaz obdelovalnosti podamo zato z obstojnostjo orodja, uporabljenega pri obdelavi določene kvalitete materiala, s hrapavostjo površine, ki jo pri tem dobimo, z velikostjo specifičnih in rezalnih sil, ki se pojavijo pri obdelavi in z oblikami odrezkov, ki se spreminjajo s pogoji dela.

V okviru raziskav smo gladilno frezali več različnih legiranih orodnih jekel, za katere je bila podana kemična analiza, metalografska struktura, fizikalne lastnosti itn. Vsa jekla so bila ustrezno toplotno obdelana: kaljena in popuščana na trdote 50...60 HRc oziroma na 310...380 HB (34...40 HRc).

Z ozirom na specifičnosti samega postopka gladilnega frezanja imamo tudi specifične pogoje pri odrezavanju. Predvsem tu mislimo na globino rezanja, velikost podajanja ter rezalno hitrost.

Pri poizkusih smo zasledovali več parametrov ter njihove medsebojne vplive. Merili smo hrapavost obdelane površine, zasledovali spremembo mikrotrdote na površini ter obrabo na prosti ploskvi. Zaradi omejenega prostora se bomo v tem prispevku omejili le na raziskave vplivov rezalne hitrosti in podajanja na kvaliteto (hrapavost) obdelane površine. Za prikaz smo izbrali dve tipični vrsti legiranih orodnih jekel: Č.6444 ter Č.4742. Prvo spada v skupino volfram-krom-silicijevih orodnih jekel in se uporablja za rezalna oro-

Oba raziskovana jekla sta bila ustrezno toplotno obdelana in dobavljena v takšnih stanjih, kot jih v proizvodnih obratih doma in tujinsko uporabljajo:

- jeklo Č.6444 kaljeno in popuščeno na trdoto 57,5 HRC
- jeklo Č.4742 kaljeno in popuščeno na trdoto 40 HRC

Oblika preizkušancev za gladilno frezanje je enostavna. So v bistvu plošče dimenzij 300 x 120 x 20 ... 30 mm, katerim je bila s predhodno obdelavo odstranjena zunanja oksidna plast.

Z ozirom na podatke iz literature /1, 2/ ter nekatere iz prejšnje iz predhodnih raziskav /5/ smo izbrali naslednje delovne pogoje, ki so zbrani v tabeli III.

Tabela III: Pogoji obdelave za jekli Č.6444 in Č.4742

Preizkušani material	Pogoji obdelave ^{*)}		
	v /mm/min/	s_z /mm/zob/	a /mm/
Č.6444	70;110;191 (140;220) ^{**)}	0,14; <u>0,45</u> ;0,56;0,71	0,05
Č.4742	280;440;557 (191;353) ^{**)}	0,18; <u>0,45</u> ;0,71;1,12	0,05

*) pri vseh preizkušancih je bila širina frezanja enaka,

***) kontrolne točke v diagramu $R_a = R_a(v)$.

Tabela III predstavlja v bistvu plan eksperimentov, ki so bili izvedeni po dvanajst poskusov za vsak izmed preizkušanih materialov. Poleg tega imamo pri obeh materialih še po dve dodatni rezalni hitrosti: pri izbranem podajanju $s_z = 0,45$ mm/zob. Na ta način dobimo

velika togost in celotna pogonska moč elektromotorja 18,5 kW. Obdelovali smo brez uporabe hladilnega sredstva.

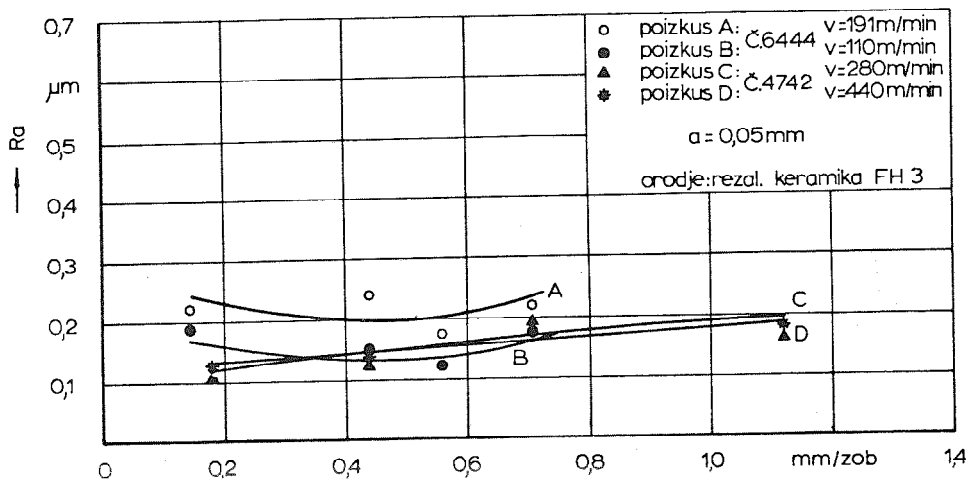
V okviru raziskav smo poleg kvalitete obdelane površine zasledovali potek obrabe na prosti ploskvi ter merili geometrično natančnost obdelane ploskve.

Hrapavost obdelane površine smo merili na merilniku TALYSURF 4, firme Taylor Hobson, pri čemer smo ugotavljali vrednosti za R_a - srednje odstopanje profila ter R_{max} - največjo višino neravnin.

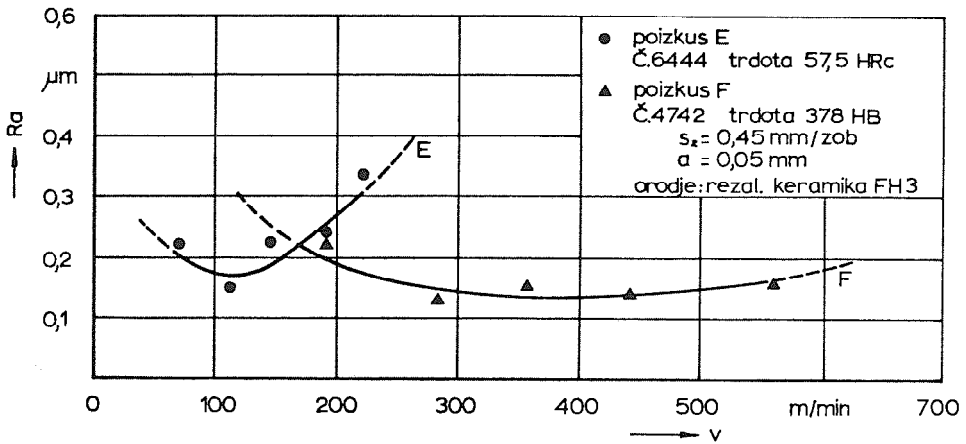
Za merjenje velikosti obrabe na prosti ploskvi smo uporabljali univerzalni orodjarski mikroskop.

3.1 Rezultati poizkusov za jekli č.6444 in č.4742

Med izvajanjem poizkusov smo z zaporednimi meritvami hrapavosti, po vsakem končnem poizkusu, prišli do eksperimentalnih odvisnosti $R_a = R_a / s_z /$ in $R_a = R_a / v /$. Grafične ponazoritve teh odvisnosti so podane v diagramih na slikah 3 in 4.

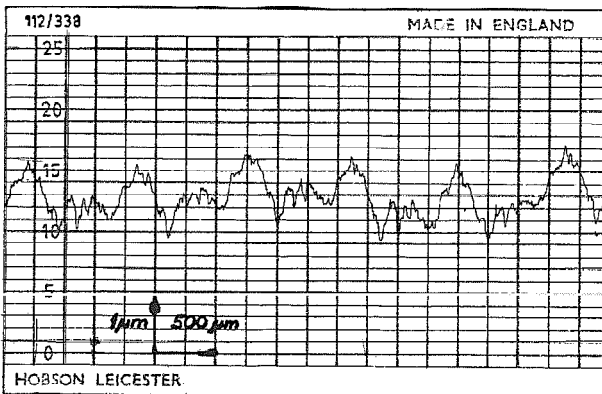


V prvem primeru je hrapavost funkcija podajanja ob konstantni rezalni hitrosti in globini rezanja /sl. 3/. Za boljše predstavitve so v diagramu podani rezultati pri dveh različnih rezalnih hitrostih za vsak preizkušani material.

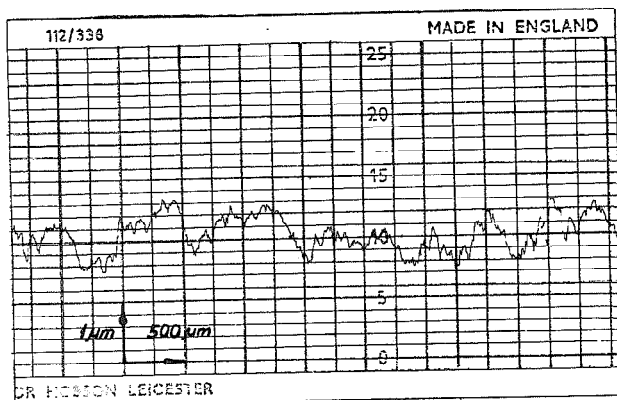


Slika 4: Eksperimentalna odvisnost hrapavosti obdelane površine od rezalne hitrosti za jekli Č.6444 in Č.4742

V drugem primeru je hrapavost funkcija rezalne hitrosti ob konstantnem podajanju in globini rezanja /sl. 4/.



$R_a = 0,24 \mu\text{m}$
 $R_{\text{max}} = 1,56 \mu\text{m}$
 $v = 110$ m/min
 $s_z = 0,45$ mm/zob
 $a = 0,05$ mm



$$R_a = 0,22 \mu\text{m}$$

$$R_{\text{max}} = 1,42 \mu\text{m}$$

$$v = 191 \text{ m/min}$$

$$s_z = 0,45 \text{ mm/zob}$$

$$a = 0,05 \text{ mm}$$

Slika 6: Profil obdelane površine za jeklo Č.4742

Vzporedno z merjenjem hrapavosti smo po vsakem poizkusu posneli tudi profil obdelane površine. Po en primer posnetka profila površine, za vsak preizkušani material, sta prikazana na sl.5 in 6.

Kot je iz podanih diagramov razvidno, po pričakovanju, podajanje nima bistvenega vpliva na hrapavost obdelane površine. Veliko pomembnejši je vpliv rezalne hitrosti. Predvsem je ta opazen pri tršem jeklu Č.6444. Ugotovili smo, da je hrapavost površine zadovoljiva, če za rezalno hitrost jemljemo vrednosti, ki so v priporočenem območju (tabela I). Izven tega območja hrapavosti hitreje narašča, kar se odraža na kvaliteto obdelane površine ter na intenzivnejšo obrabo orodja.

4. Sklep

Prikazani rezultati so z ozirom na razpoložljivi prostor samo ilustrativni. Predstavljajo le en del obsežnih raziskav gladilnega frezanja kaljenih in poboljšanih jekel, ki smo jih opravili na Katedri za obdelovalno tehniko v okviru raziskovalne naloge "Obdelovalnost domačih materialov". Rezultati raziskav na osmih kvalitetnih legiranih jeklih, predvsem orodnih, katera so bila različno toplotno obdelana (kaljena, poboljšana, žarjena) kažejo na to, da je mogoče

največji višini neravnin - R_{max} , ki so v vseh primerih bili manjši v primerjavi z vrednostmi, ki jih standard predpisuje za postopke brušenja. Poleg tega, postopek enozobega gladilnega freziranja je zaradi visokih hitrosti, ki jih rezalna keramika dovoljuje, tudi precej hitrejši.

Reference

- /1/ Plochinger Schneidkeramik Tage 1976, S. 29...33
- /2/ Neumann, W.D.; Feinfräsen von Grauguss und Stahl mit Breitschlichtschneiden in Messerköpfen, IA 90(1968)Nr.93,S.1061...64
- /3/ Feldmühle SPK-Werkzeuge für das Feinstfräsen mit dem SPK-Einzahlfräser, Feldmühle AG Plochingen/Neckar
- /4/ Nedess, Ch.; Breitschlichtdrehen, Dissertation, TU Hannover, 1975
- /5/ Obdelovalnost legiranih jekel, Fakulteta za strojništvo, interno poročilo za Železarno Ravne, 1980

Z. Seljak, M. Soković

BREITSCHLICHTFRÄSEN VON VERGÜTUNGSSTAHLN UND GEHÄRTETEN WERKZEUGSTÄHLEN

Beim Breitschlichtfräsen werden Fräsköpfe verwendet, die meist ein oder maximal zwei Schneiden am Umfang haben. Wegen des beim Feinfräsen vorliegenden unterbrochenen Schnittes ist, auf Grund der Stossbelastung der Schneiden, eine genügende Zähigkeit des Schneidstoffs notwendig. Zum Bearbeiten kommen als Werkzeugschneiden die keramischen Wendeplatten mit Breitschlichtschneide zum Einsatz. Die Schnitttiefen sollten unter 0,1 mm angewendet werden, da sonst bereits nach geringen Fräslängen Schneidenausbrüche auftreten. Auch die Schnittkräfte sollen klein gehalten, da sonst zum Verformen des ganzen Systems "Maschine - Werkstück - Spanvorrichtung - Werkzeug" kommen kann.

In der vorliegenden Arbeit ist über die Verschleisserscheinungen am Schneide und den Zusammenhang von Zerspanungsbedingungen und erzeugter Oberflächengüte des Werkstücks berichtet.

XIV SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE, ČAČAK, 1980.

S.Sekulić, P.Kovač*

KOMPONENTE OTPORA REZANJA PRI OBRADI NA STRUGU U ZAVISNOSTI OD
ELEMENTA PRESEKA REZUĆEG SLOJA, POLUPREČNIKA ZAobljenJA VRHA
ALATA I NAPADNOG UGLA**

1.0. Uvod

Odredjivanje otpora rezanja pri pojedinim vrstama obrade rezanjem predstavlja jedan od osnovnih parametara koji je od interesa, kako sa teorijske, tako i sa praktične tačke gledišta.

Sile pri rezanju napadaju radni predmet, a otpori alat, pri čemu se sile odn. otpori posredstvom radnog predmeta i alata prenose na mašinu alatku. Poznavanje veličine sila rezanja, odn. otpora, omogućuje odredjivanje deformacija radnog predmeta, koje uslovljavaju tačnost obrade, pravilno dimenzionisanje alata, pribora za stezanje radnog predmeta i alata i pojedinih elemenata mašina alatki.

Pri obradi rezanjem, krajem prošlog veka pa do današnjih dana, vršeni su pokušaji da se sile pri rezanju odrede teorijskim putem polazeći od osnovnih pretpostavki klasične Mehanike. Ovakvi modeli dali su obrasce za odredjivanje otpora pri rezanju u funkciji napona i osobina materijala radnog predmeta. Mogao bi se navesti čitav niz obrazaca nastalih opisivanjem mehaničkih modela, međutim, može se dati opšti zaključak da su vrednosti dobivenih veličina za sile rezanja, primenom izvedenih obrazaca vrlo različite.

*Dr Sava Sekulić, dipl.inž., redovni profesor Fakulteta tehničkih nauka u Novom Sadu, Pavel kovač, dipl.inž., asistent Fakulteta tehničkih nauka u Novom Sadu, Novi Sad, V.Vlahovića 3.

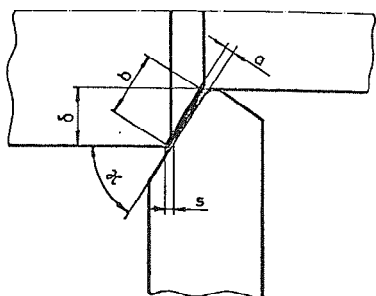
**Radjeno u Institutu za proizvodno mašinstvo Fakulteta tehničkih nauka u Novom Sadu kao deo projekta "Istraživanje tehnologije i sredstava rada u industriji obrade metala" koji finansira SIZ za naučni rad Vojvodine,

Treba napomenuti da je vrlo korisno analizirati zavisnost dobivene iz modela klasične Mehanike, jer se preko njih mogu pratiti pojedini glavni uticaji na sile pri rezanju, dok sama veličina u ovom slučaju ne mora biti primarna. Navedimo najznačajnije istraživače: I.A. Time (1870), Treska (1873), Afanasjev (1883), Gausner (1892), Zvorikin (1893), Briks (1896), i noviji Marchant (1942), Huks (1951), Kronenberg (1957).

Sredinom prve polovine ovog veka pa do današnjih dana razvijen je vrlo veliki broj dinamometara za merenje otpora rezanja zasnovanih na raznim principima (mehanički, hidraulični, pneumatski, induktivni, sa mernim trakama, piezoelektrični). Rezultati merenja pomoću dinamometra pokazala su da je opisivanje mehaničkih modela vrlo uprošćeno u odnosu na složeni proces rezanja i iz tog razloga i nastaju velika odstupanja između proračunatih i izmerenih vrednosti.

Iz tih razloga u naše vreme sile pri rezanju se najčešće određuju iz obrazaca dobivenih grafoanalitičkom obradom podataka dobivenih merenjem pomoću dinamometara, a brojčane vrednosti dobivene pomoću njih, u većini slučajeva mogu da posluže za dovoljno tačnu procenu veličine otpora rezanja.

Obično se koristi Kronenberg-ov izraz za glavni otpor rezanja pri obradi na strugu u zavisnosti od preseka režućeg sloja u obliku (sl.1.) [1]



$$F_1 = k_s \cdot A = \frac{C_K}{\epsilon_K} \cdot A = C_K \cdot A^{1 - \frac{1}{\epsilon_K}}$$

U Novije vreme komponente otpora rezanja se određuju primenom proširenog obrasc [1,2]

$$F_i = C_{K_i} \cdot \delta^{x_i} \cdot s^{x_i}; \quad i=1,2,3.$$

Glavni otpor rezanja može se tačnije odrediti ako se uzme u obzir i otpor rezanja...

$$F_1 = C_{Ks} A \left(1 - \frac{1}{\epsilon_K}\right) \left(\frac{g}{5}\right)^k$$

i obrasca po Kienzle-u [4]

$$F_1 = k_{s1,1} b a^{(1-z)}$$

gde vrednosti C_K , C_{K1} , C_{Ks} i $k_{s1,1}$ zavise od materijala radnog predmeta i grudnog ugla noža γ , a ϵ_K , x_1 , y_1 , k i z od materijala radnog predmeta.

U prvoj polovini ovog veka činjeni su pokušaji da se glavni otpor rezanja odredi na osnovu plastičnih osobina materijala radnog predmeta pri sabijanju, pa je nastalo više radova iz ove oblasti. Medjutim, i ovde se mora zaključiti, slično kao pri oce- ni mehaničkih modela, da je opisivanje pojave rezanja nedovoljno pa su vrednosti dobivene po ovim obrascima redovno niže od izme- renih vrednosti, što navodi na zaključak da pri ovakvim razmatra- njima nije uzeto u obzir više faktora, koji imaju uticaj na veli- činu otpora pri rezanju. Iz ove oblasti poznati su radovi: Rejtö- (1918), Kuznjecova (1941), Krivouhova (1944). Primenom savremenih statističkih metoda višefaktornim planiranjem eksperimenata, pos- redno je određena zavisnost glavnog otpora rezanja u funkciji preseka, vitkosti i faktora sabijanja strugotine (1976), preseka, vitkosti i termonapona (1976).

Učinjen je pokušaj da se na određivanje glavnog otpora re- zanja primeni dimeniona analiza (1975).

Jednačina za komponente otpora rezanja predstavljaju više ili manje složene izraze koji zahtevaju poznavanje jedne ili vi- še veličina koje karakterišu materijal radnog predmeta, a do ko- jih se obično ne dolazi standardnim mehaničkim ispitivanjem ma- terijala, već se ili uvode novi metodi ispitivanja, koji su re- dovno vrlo složeni, ili pristupa pojednostavljenju preko prib- ližnih vrednosti. Pored toga većina obrazaca je nastala iz ne-

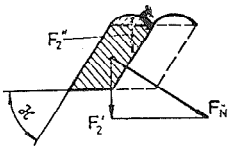
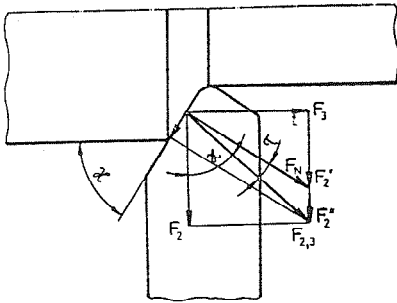
2.0. Uvod

2.1. Uticaj napadnog ugla

Uticaj napadnog ugla na komponente otpora rezanja najčešće se daje dijagramski, za određene elemente režima obrade i druge uslove, pa služi isključivo u ilustrativne svrhe [5].

2.2. Uticaj poluprečnika zaobljenja vrha noža

Prisustvo zaobljenja vrha noža ima za posledicu da projekcija $F_{2,3}$ rezultujućeg otpora rezanja F_R na ravan koja je normalna na pravac brzine rezanja v ne pada u pravcu normale na projekciju sečiva na osnovnu ravan (sl. 2.) [4,6].



Sl. 2.

Uticaj poluprečnika zaobljenja vrha noža r na komponente otpora rezanja, pri ostalim istim uslovima, može se predstaviti iz razima oblika [7]

$$F_i = C_i r_i^{x_i} \quad ; \quad i=1,2,3$$

gde su C_i i x_i konstante (pri čemu je $x_1 > 0$, $x_2 > 0$, $x_2 > x_1$, i $x_3 < 0$)

2.3. Kompleksni izraz za komponente otpora rezanja

U literaturi se nalaze obrasci za određivanje komponenti otpora rezanja oblika [2]

$$F_i = C_{ki} \delta^{x_i} y_i^{y_i} z_i^{z_i} \Pi K_i$$

gde se koeficijenti C_{ki} i eksponenti x_i , y_i i z_i odnose na određenu vrstu materijala obradka, određenu geometriju alata, kao

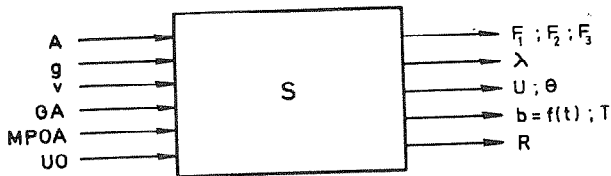
zaobljenja vrha noža, ...) i koji bi trebalo da omoguće određivanje pojedinih komponenata za bilo koje zadane uslove pri rezanju. Medjutim, mora se istaći da se po gornjim obrascima to može postići samo u prvom približavanju. Za tačnije proračune kompleksni uslovi pri obradi ne mogu biti obuhvaćeni, dovoljno tačno, proizvodom ΠK_i .

3.1. Definisane matematičkog modela na osnovu ulaznih i izlaznih parametara pri obradi na strugu

Eksperimentalna ispitivanja pokazuju da komponente otpora rezanja F_i , pri obradi određene vrste materijala radnog predmeta određenim alatnim materijalom, zavise od vrlo velikog broja faktora od kojih su najvažniji: presek režućeg sloja A i njegovi elementi - debljina a i širina strubotine b , odn. dubina rezanja δ , pomak s i koeficijent vitkosti $g = \delta/s$, brzina rezanja v i geometrija alata (grudni ugao γ , napadni ugao κ i poluprečnik zaobljenja vrha r), tj. [8]

$$F_i = f(A, g, v, \gamma, \kappa, r, \dots); \quad i=1, 2, 3. \quad (1)$$

Obradu na strugu možemo posmatrati kao sistem koji karakterišu ulazni i izlazni parametri (sl. 3.) [9, 10, 11]

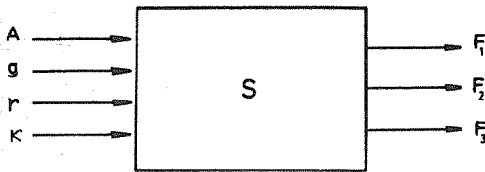


Sl. 3.

Za određenu vrstu materijala obratka i alata, pri obradi

ugao κ , poluprečnik zaobljenja vrha noža r , ...), uslovi pri obradi UO (dinamičko stanje sistema MPOA (mašina M - pribor P - obradak O - alat A), sredstvo za hladjenje i podmazivanje, ...). Izlazne veličine koje prate obradu na strugu su: sila odn. otpor rezanja (rezultujući otpor F_R , glavni otpor F_1 , otpor prodiranja F_2 i otpor pomoćnog kretanja F_3), faktor sabijanja strugotine λ , termo-napon U odn. srednja temperature rezanja θ koja mu odgovara, habanje alata b (uslovno usvojena veličina zavisna od vremena $b=f(t)$, hrapavost obradjene površine R (uslovno usvojena veličina, npr. R_{max} , R_a , R_z , ...),...

U cilju istraživanja uticaja, napadnog ugla κ i poluprečnika zaobljenja vrha noža r na komponente otpora rezanja F_i , ograničimo se na posmatranje sistema bez uticaja ostalih karakteristika geometrije alata, brzine rezanja v , tj. usvojimo $v=const.$ pri obradi na jednom te istom radnom mestu, odn. bez uzimanja u razmatranje dinamičkih karakteristika MPOA i bez posmatranja uticaja sredstva za podmazivanje i hladjenje SPH. Tada se iz opšteg modela dobija radni model prema slici 4., na osnovu kojeg potražimo zavisnosti za komponente otpora rezanja:



Sl. 4.

$$F_i = f_i(A, g, r, \kappa); \quad i = 1, 2, 3 \quad (2)$$

posredno:

$$F_{ij} = \phi_{ij}(A, g, r); \quad \kappa_j = const. \quad (3)$$

u obliku:

$$F_{ij} = c_{ij} x_{ij}^{\alpha_{ij}} y_{ij}^{\beta_{ij}} z_{ij}^{\gamma_{ij}} \quad (4)$$

gde su C_{ij} konstante i x_{ij} , y_{ij} , z_{ij} eksponenti zavisni od napadnog ugla, tj.

$$C_{ij} = \psi_{ik}(\kappa)$$

$$x_{ij} = \psi_{ik}(\kappa); i=1,2,3. \quad (5)$$

$$y_{ij} = \psi_{ik}(\kappa); j=1,2,3.$$

$$z_{ij} = \psi_{ik}(\kappa); k=k,1,2,3.$$

Pri čemu će se pojedine funkcije (5) potražiti u obliku:

$$\psi_{ik} = a_{ik}\kappa^2 + b_{ik}\kappa + c_{ik} \quad (6)$$

pa će se za pojedine komponente otpora rezanja konačno dobiti:

$$F_{ij} = (a_{ik}\kappa^2 + b_{ik}\kappa + c_{ik}).$$

$$\begin{array}{l} \text{.A} \\ \text{.g} \\ \text{.r} \end{array} \begin{array}{l} (a_{i1}\kappa^2 + b_{i1}\kappa + c_{i1}) \\ (a_{i2}\kappa^2 + b_{i2}\kappa + c_{i2}) \\ (a_{i3}\kappa^2 + b_{i3}\kappa + c_{i3}) \end{array} \quad \begin{array}{l} i=1,2,3. \\ k=1,2,3. \end{array} \quad (7)$$

3.2. Plan eksperimenta

Plan eksperimenta, uključujući i potreban broj opita, za utvrđivanje zavisnosti (4) izvršen je primenom savremenih statističkih metoda uz korišćenje matrične algebre. Kako je broj nezavisno promenljivih tri, korišćen je trofaktorni plan eksperimenta. Broj eksperimenata uključujući i srednji nivo iznosi

|12,13,14,15|.

3.3. Uslovi pri eksperimentalnom ispitivanju

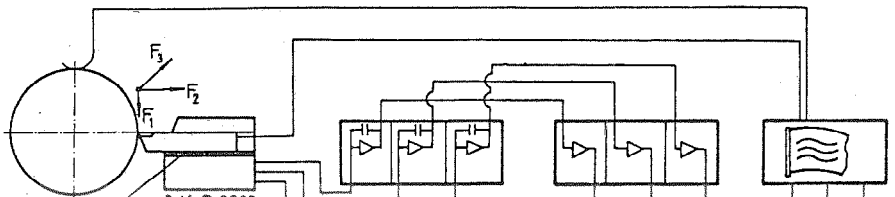
Eksperimentalna ispitivanja izvršena su na konstrukcionom čeliku č.0545 (oznaka po DIN St.50), hemijskog sastava: 0,29%C, 0,20%Si, 0,82%Mn, 0,030%S i 0,018%P, jačine materijala na kidanje $\sigma_M=53,2 \text{ kN/cm}^2$, sa granicom razvlačenja $\sigma_V=28,3 \text{ kN/cm}^2$ i izduženjem $\delta_5=26\%$.

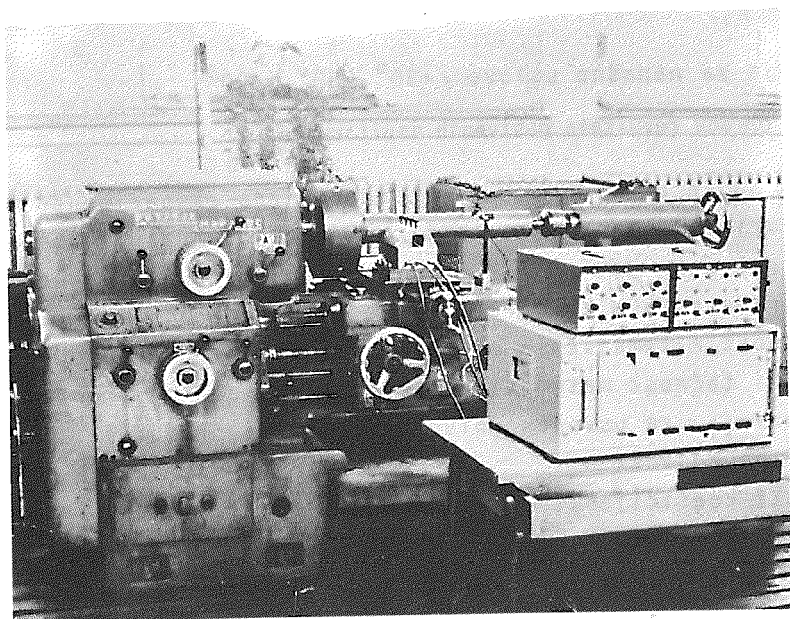
Alati kojima su vršena ispitivanja bili su strugarski noževi za grubu obradu, pravi, od brzoreznog čelika sa 10%Co, kvadratnog poprečnog preseka 20x20 mm. Geometrijski elementi reznog klina bili su: grudni ugao $\gamma=6^\circ$, ledjni ugao $\alpha=6^\circ$, napadni ugao $\kappa=30^\circ$, (45°) , 60° , (75°) i 90° , a poluprečnici zaobljenja vrha noža $r=0,5$; $0,9$; $1,6 \text{ mm}$.

Izbor režima obrade izvršen je tako da zadovolji uslove koje predvidja plan eksperimenta. Preseci režućeg sloja su iznosili $A=0,5$; $0,86$; $1,5 \text{ mm}^2$, a koeficijenti vitkosti $g=5$; 7 ; 10 , pri brzini rezanja $v=45,53 \text{ m/min}$.

Pri ispitivanju nije korišćeno sredstvo za podmazivanje i hladjenje.

Merenje komponentata otpora rezanja vršeno je pomoću trokomponentnog dinamometra "Kistler" type 3-KD 9263, čiji su se signali preko kapacitivnih pojačivača "Kistler" type CA 5001 i galvanometarskih pojačivača "Kistler" GA 5211A, dovodili na tri kanala osmokanalnog svetlosnog oscillografa "August-Fischer" KG type AF-8 UV-G. Šema kompletne instalacije predstavljena je na slici 4. i fotografiji (sl. 6.).





S1. 6.

3.4. Eksperimentalni rezultati

Na osnovu ortogonalne plan-matrice eksperimenta formirana je tabela T.1., koja sadrži eksperimentalne vrednosti komponenata

T.1.

Komponente otpora rezanja					F_1			F_2			F_3		
i	Elementi plan-matrice				κ_j			κ_j			κ_j		
	x_0	x_1	x_2	x_3	30	60	90	30	60	90	30	60	90
1	1	-1	-1	-1	1050	1200	1000	950	950	440	480	1000	940
2	1	+1	-1	-1	2950	2675	2450	2700	1900	840	1300	2100	2050
3	1	-1	+1	-1	950	1125	1250	875	875	475	475	1100	1200
4	1	+1	+1	-1	2875	2950	3300	2600	1900	925	1350	2425	2825
5	1	+1	-1	+1	2600	2900	3050	2000	2200	1200	975	2125	2375
6	1	-1	-1	+1	860	1230	1240	690	1070	670	340	980	1060
7	1	-1	+1	+1	825	1180	1360	650	950	690	350	1000	1340
8	1	0	0	0	1600	1800	1975	1400	1350	800	725	1450	1750
9	1	+1	+1	+1	2525	2975	3425	1950	2075	1350	1000	2350	3025
10	1	0	0	0	1650	1825	1900	1400	1375	775	690	1475	1725
11	1	0	0	0	1600	1850	1900	1350	1375	775	680	1500	1700

otpora rezanja za napadne uglove $\kappa=30^{\circ}$, 60° i 90° .

3.5. Numerička obrada rezultata dobivenih ispitivanjem

Obzirom da se procedura trofaktornog plana eksperimenta morala ponavljati višestruko, to se izradjen program za digitalni elektronski računar "Varian 73", kojim je obuhvaćena celokupna numerička obrada vezana za odredjivanje koeficijenata i eksponenata adekvatnost matematičkih modela, signifikantnost pojedinih promenljivih i tačnost matematičkog modela, izraženog preko intervala poverenja, za usvojeni nivo značajnosti $\alpha=0,05=1-p$, odnosno za 95% pouzdanost.

Vrednosti koeficijenata i eksponenata u matematičkim modelima svrstane su u tabelu T.2.

T.2.

i	C_{ij}	x_{ij}	y_{ij}	z_{ij}
$\kappa_j=30^{\circ}$				
1	2086	0,993	-0,071	-0,128
2	1744	0,978	-0,074	-0,259
3	723	0,943	-0,029	-0,266
$\kappa_j=60^{\circ}$				
1	2050	0,809	0,007	0,034
2	1874	0,676	-0,094	0,094
3	1288	0,719	0,130	-0,029
$\kappa_j=90^{\circ}$				
1	1311	0,840	0,263	0,119
2	698	0,584	0,116	0,323
3	917	0,741	0,376	0,096

Funkcije ψ_{ik} ; $i=1,2,3$; $k=k,1,2,3.$, prema izrazu (6) imaju oblik:

$$x_1 = -0,00014\kappa^2 - 0,018069\kappa + 1,42885 \quad (8.2.)$$

$$y_1 = 0,00010\kappa^2 - 0,00633\kappa + 0,02984 \quad (8.3.)$$

$$z_1 = -0,0004\kappa^2 - 0,00919\kappa - 0,36597 \quad (8.4.)$$

$$C_2 = -0,69599\kappa^2 + 66,07186\kappa + 338,0454 \quad (8.5.)$$

$$x_2 = 0,00011\kappa^2 - 0,02055\kappa + 1,48926 \quad (8.6.)$$

$$y_2 = 0,00013\kappa^2 - 0,0121\kappa + 0,1746 \quad (8.7.)$$

$$z_2 = -0,00007\kappa^2 + 0,01793\kappa - 0,73519 \quad (8.8.)$$

$$C_3 = -0,52015\kappa^2 + 65,65385\kappa - 778,67209 \quad (8.9.)$$

$$x_3 = 0,00013\kappa^2 - 0,01974\kappa + 1,41247 \quad (8.10.)$$

$$y_3 = 0,00008\kappa^2 - 0,00391\kappa + 0,06418 \quad (8.11.)$$

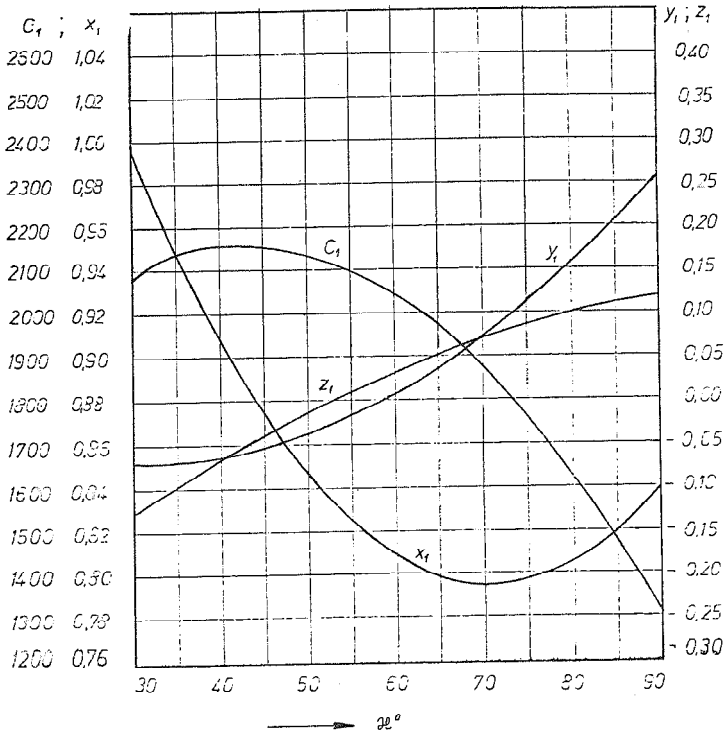
$$z_3 = -0,00006\kappa^2 + 0,01351\kappa - 0,61532 \quad (8.12.)$$

Da bi se vrednosti konstanti C_i , x_i , y_i i z_i , što lakše odredili, za bilo koji napadni ugao κ , na osnovu predhodnih obrazaca, jednačine (8.1.) do (8.12.) su predstavljene grafički dijagramima Sl. 7., sl.8. i sl. 9. sa kojih se dovoljno tačno mogu očitati potrebne vrednosti.

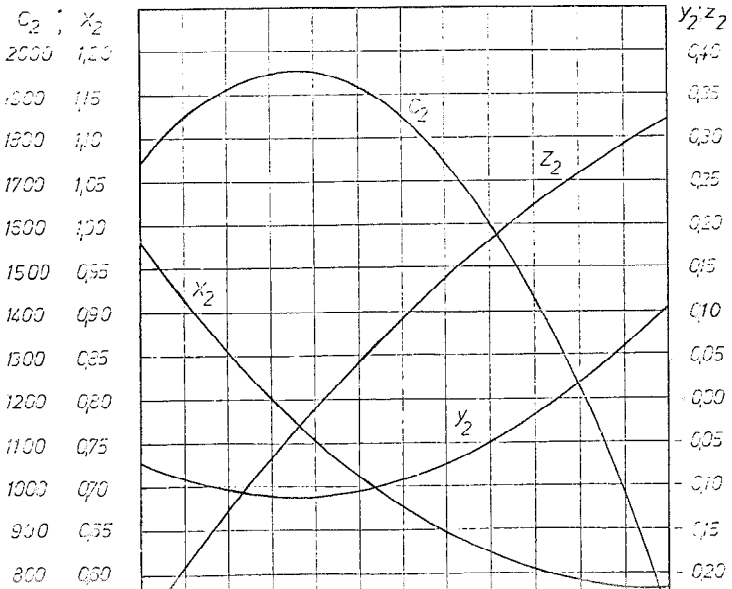
Izvedene zavisnosti proverene su za vrednosti napadnih uglova $\kappa=45$ i 75° i proizvoljno izabranim režimima obrade, pri čemu su se javljale greške manje od 15%.

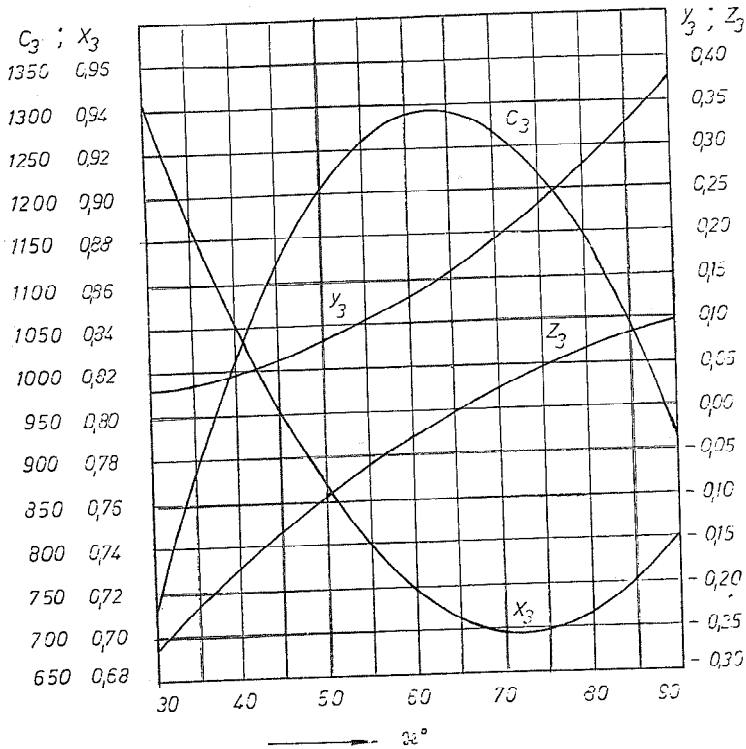
4.0. Zaključci

Na osnovu analize dobivenih rezultata mogu se doneti sle-



SI.7.





Sl.9.

- svi modeli predstavljeni trofaktornim planom eksperimenta zadovoljavaju uslove adekvatnosti i tačnosti,
- uticaj pojedinih parametara u matematičkim modelima mogao bi se zanemariti, ali pošto se ovo ne može generalno zaključiti korisno je zadržati integralno predložene zavisnosti,
- grafičko prikazivanje konstanti u predloženim matematičkim modelima pokazalo se vrlo korisnim i
- provera konačnih izraza za pojedine komponente otpora rezanja zadovoljavaju u pogledu tačnosti (greška je manja od 15%).

Reference

/1/ Stanković, P.: Mašinska obrada, I knjiga, sedmo izdanje, Gradjevinska knjiga, Beograd, 1979.

- /4/ Kienzle, D.: Die Bestimmung von Kräften und Leistungen an Spanenden Werkzeugen und Werkzeugmaschinen, Z.VDI, 1952, Bd. 94, Nr.11/12
- /5/ Bruins, D.H.: Werkzeuge und Werkzeugmaschinen, Teil 1, Carl Hauser Verlag, München, 1968.
- /6/ Opitz, H.: Moderne produktionstechnik, stand und tendenzen, 3 Auflage, Verlag W.Girardet, Essen, 1970.
- /7/ Krivouhov, V.A.i dr.: Rezanie metallov, Mašgiz, Moskva, 195
- /8/ Sekulić, S.: Identifikacija primarnih parametara obrade na strugu na osnovu plastične deformacije i termonapona rezanj Doktorska disertacija na FTN, Novi Sad, 1977.
- /9/ Sekulić, S.: Glavni otpor rezanja u funkciji preseka, vitkosti i faktora sabijanja strugotine, Zbornik radova stručnog seminara BIAM'76, Zagreb, 1976.
- /10/ Sekulić, S.: Glavni otpor u funkciji preseka, vitkosti i termonapona pri obradi na strugu, Zbornik radova MMA'76, Novi Sad, 1976.
- /11/ Sekulić, S.: Identifikacija primarnih parametara obrade rezanjem na osnovu ulaznih i izlaznih veličina procesa, Zbornik radova XIII savjetovanja proizvodnog mašinstva Jugoslavije III, Banja Luka, 1979.
- /12/ Stanić, J.: Metod inženjerskih merenja, drugo izdanje, Mašinski fakultet u Beogradu, 1975.
- /13/ Šor, J.B.: Statističke metode analize i kontrole kvaliteta i pouzdanosti, SMEITS, Beograd, 1975.
- /14/ Adler, Ju, P.i dr.: Planirovanie eksperimenta pri poiske optimaljnih uslovii, Nauka, Moskva, 1971.
- /15/ Kacev, P.G.: Statičeskie metodi issledovanija režušcego instrumenta, Mašinostroenie, Moskva, 1968.

S.Sekulić, P.Kovač

THE CUTTING FORCE COMPONENTS RELATED TO THE ELEMENTS OF THE CHIP CROSS-SECTIONAL AREA, THE CORNER RADIUS AND THE TOOL CUTTING EDGE ANGLE IN TURNING OPERATIONS

In the paper is established the equality, that gives the relationship between the cutting force components F_i , and the chip cross-sectional area A , Slenderness ratio of the chip g , corner radius r and the tool cutting edge angle α , in turning operations in the form

XIV. SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE, ČAČAK, 1980.

Z. Seljak, I. Aleš, M. Pahor^{*)}

KRATKOTRAJNE METODE PREIZKUŠANJA OBDELOVALNOSTI DINAMOPLOČEVINE^{**)}

1. Uvod

Pri štancanju se nam po določenem številu rezov orodje obrabi in ne opravlja več svoje funkcije v taki meri kot od njega zahtevamo. Glede na to, da pri štancanju jeder lahko uporabljamo različne vrste dinamopločevine, poskušamo ugotoviti katera pločevina je najbolj obdelovalna. Na obrabo orodij lahko vpliva trdota pločevine, struktura in razni vključki, ki abrazivno vplivajo na pestiče oz. matrice.

Zasledovanje obrabe orodja je zelo zamuden postopek, zato ga bomo skušali simulirati s kratkotrajnimi preskusnimi metodami. Pri štancanju opravi orodje določeno pot rezanja, ki je produkt števila rezov in debeline pločevine. Upoštevati moramo, da lahko opravimo toliko rezov pločevine, dokler je odrez še dovolj kvaliteten. S struženjem lahko do neke mere simuliramo štancanje (slika 1).

V preteklosti je bilo s številnimi poskusi ugotovljeno, da je možno razmere pri štancanju z mazanjem izboljšati. Zmanjšajo se rezalne sile, sila pri vračanju orodja in obraba pestiča $1, 2 /$. Izmerjene temperature na prebijalnem pestiču se pri uporabi različnih hladilnih in mazalnih sredstev niso razlikovale od temperature, ki so bile izmerjene pri suhem prebijanju. Tako je bilo ugotovljeno, da ne nastanejo problemi pri prebijanju pločevine zaradi hlajenja, temveč zaradi mazanja.

^{*)} Zoran Seljak, prof.dr., dipl.ing., Fakulteta za strojništvo, Ljubljana, Murnikova 2

Proces prebijanja lahko razdelimo na tri faze, ki jih simuliramo pri kratkotrajnem poskusu zato, da bi našli optimalne kombinacije. Te tri faze so:

1. Udarcu podobna obremenitev ob dotiku pločevine in pestiča.
2. Trenje pri vtiskavanju pestiča in njegovem vračanju.
3. Prekinitev dotika med dvema udarcema.

Najpomembnejši faktor pri iskanju optimalne kombinacije pločevina/mazalno sredstvo je obraba orodja oz. pestiča. Torej moramo s kratkotrajnim preskusom določiti najugodnejšo kombinacijo, kjer bo obraba orodja najmanjša. Merjenje obrabe in določanje najprimernejšega mazalnega sredstva je posebej pomembno, ko večkrat prebijamo razen navadne in dinamopločevine, tudi nerjavno avstenitno pločevino. S pravilno izbranim mazalnim sredstvom zmanjšamo obrabo orodja in tako dosežemo znaten prihranek.

2. Ugotavljanje obdelovalnosti dinamopločevine z vzdolžnim struženjem

S stručnim poskusom simuliramo razmere abrazivnega trenja med površino plašča pestiča in steno izsekane luknje, ko pestič prebija luknjo in se vrača. Trenje povzroča obrabo pestiča, ki odgovarja obrabi na prosti ploskvi stručnega noža. Analogne razmere pri odrezovalnem procesu in pri prebijanju lahko pričakujemo takrat, ko imamo podobne mejne pogoje (spec. pritisk, temperature, mazanje ipd.). /3, 4/

Predno bomo prešli na obravnavanje poskusne metode, si bomo ogledali kako v osnovi poteka razdvajanje materiala. Primerjali bomo analogijo obrabe orodja pri majhnih rezalnih hitrostih, npr. pri prebijanju je obraba robov, obraba čelne ploskve in obraba stranskih ploskev pestiča. Pri obrabi rezalnega roba vpliva materialni delec s tlačnimi in nateznimi napetostmi. Takí rezalni procesi in s tem tudi obraba so enaki pri odrezovalnem, kakor tudi rezalnem procesu. Trenje na kontaktni površini čelne ploskve pestiča ni direktno primerljivo z odrezovanjem stručnega noža. Obrabo površine

stružnega noža (slika 1). Tako preudarjanje nas dovede do izhodišča za kratkotrajno metodo preizkušanja obdelovalnosti površine.

Metoda kratkotrajnega preizkusa z vzdolžnim struženjem nam omogoča hitro, enostavno in dovolj kvalitetno vrednotenje obdelovalnosti dinamopločevine izven procesa štančanja. Na stružni trn vpne-mo paket lamel, ki jih stisnemo s primerno pritezno matico (slika 2). Stružni nož je izdelan iz materiala pestičev in vpet v posebno vpenjalo tako, da ga na preprost način lahko zamenjamo (slika 3). Na koncih paketa lamel iz dinamopločevine, npr. debeline 0,5 mm, postavimo debelejšje lamele. Tako preprečimo, da se ne bi relativno tanke lamele deformirale in odmikale pred iztekom stružnega noža.

Poskusni paket lamel ima približno dolžino 100 do 120 mm in premera 80 do 120 mm. Med poskusom lahko spreminjamo tri parametre - globino rezanja, podajanje in hitrost rezanja. Izbrali smo globi-no rezanja $a = 1$ mm in podajanje $s = 0,09$ mm/vrt. Dolžino prestru-žene poti ugotovimo tako, da upoštevamo dolžino prestruženega pake-ta, premer obdelovanca in podajanje v naslednji enačbi:

$$L = \frac{l \cdot D \cdot tr}{s} \quad /mm/$$

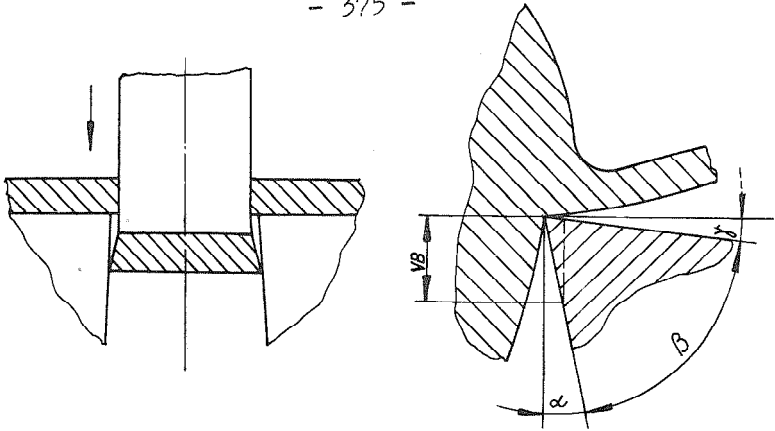
L - dolžina prestružene poti /mm/

l - dolžina prestruženega paketa /mm/

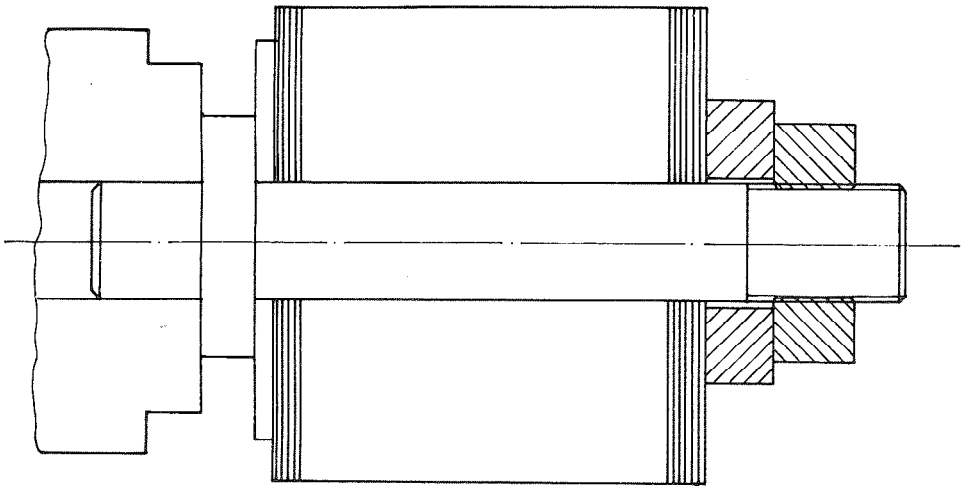
D - premer lamel /mm/

s - podajanje /mm/vrt/

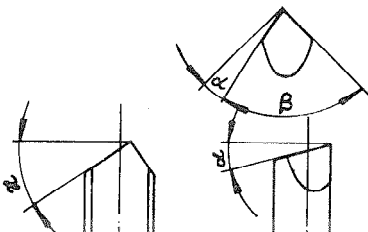
Pri izbrani globini rezanja in podajanju moramo izbrati gle-de na premer lamel D in možno število vrtljajev stroja n , ustrezno rezalno hitrost. Hitrost rezanja mora biti tako izbrana, da vzdrži nož primerno dolžino struženja. Kriterij za obstojnost noža je po-ruštev rezalnega robu. S skrhanjem konice noža se spremeni premer paketa in zvok pri struženju. Delno postružen paket poravnamo z nožem iz karbidne trdine in nato lahko ponovimo poskus.



Slika 1: Prikaz izseka pločevine in struženja



Slika 2: Vpenjalni trn s paketom lamel



α	β	γ	\varkappa	ε	\varkappa_1	λ
8°	82°	0°	45°	90°	45°	0°

ploskvi in ugotovili, da se obrablja podobno kakor pri drugih poskusih obstojnosti rezalnih orodij. Ugotovimo lahko, da velja tudi tu Taylorjeva enačba obstojnosti orodja. Zato lahko delamo posamezne poskuse na različnih premerih oz. z različnimi hitrostmi in rezultate medsebojno primerjamo.

3. Kratkotrajni preskus za mazalna sredstva pri štancanju

V prejšnjem poglavju smo obravnavali obdelovalnost dinamo-pločevine. Pri tem ostane odprto vprašanje mazanja pločevine pri prebijanju in mazalne sposobnosti različnih maziv. Proces prebijanja pločevine delimo na tri faze - udarec pestiča na pločevino, drsenje pločevine po oboju luknje in prekinitvev stika med pločevino in pestičem. Ta proces bomo skušali simulirati na posebni poskusni napravi. /1, 2/

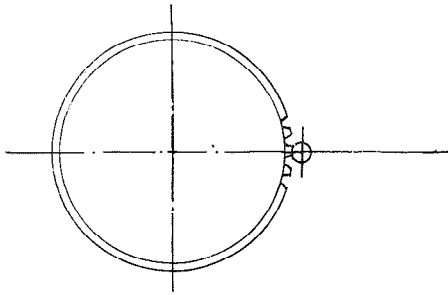
Iz dinamopločevine smo izdelali več ozobljenih lamel. Širina vrzeli ozobljenih lamel je približno dve tretjini premera izbranega pestiča (slika 4).

$$v_1 = 2/3 \cdot d_p$$

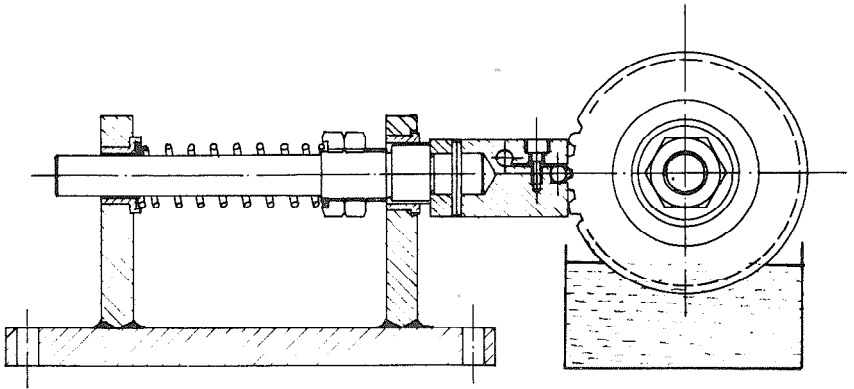
Ozobljene lamele vpnejo na poseben trn med prirobe tako, da imajo dovolj opore med poskusom. Trn z lamelami vpnejo med vpenjalno glavo in konjička stružnice. Pod ozobljeno lamelo postavimo posodo z mazalnim sredstvom tako, da se vrteča lamela stalno potaplja v oljno emulzijo. Tako je ozobljeni del lamele stalno prekrit z oljnim filmom (slika 5).

Pestič vpnejo v vpenjalno čeljust, ki jo pritiska k lamelam vzmetni sistem. Vzmetni sistem je sestavljen iz dveh tlačnih vzmeti in je voden z dvema sornikom, ki sta vležajena v drsnih ležajih. Vzmeti so tako nastavljene, da pritiska pestič na lamele s stalno silo. Pritisno silo pestiča lahko z umerjanjem vzmetnega si-

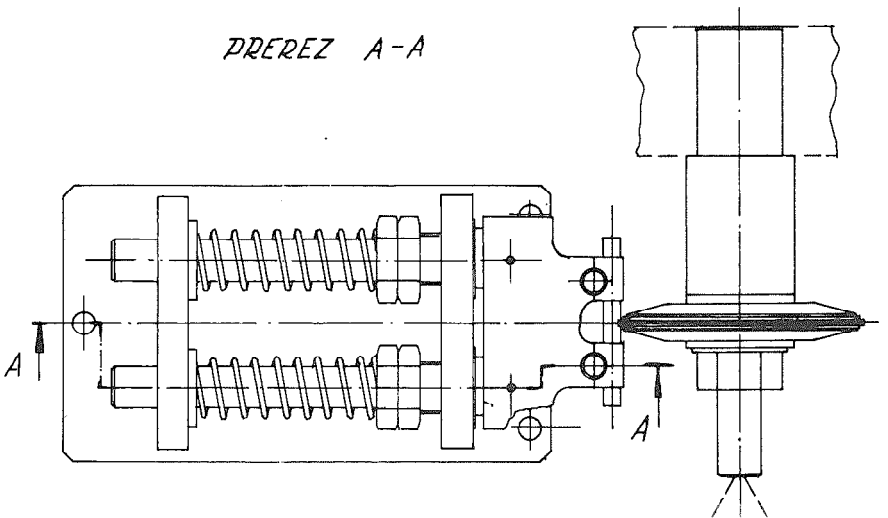
- 377 -



slika 4 : Ozobljena lamela s pestičem



PREREZ A-A



- Simuliranje prebijanja pri kratkotrajnem preizkusu z o z o b l j e n i m i l a m e l a m i razdelimo v tri faze:
- rob zoba ozobljene lamele simulira na pestiču udarcu podobno obremenitev pri pritisku pestiča na pločevino;
 - vrhovi zob na lameli simulirajo torno pot pestiča pri prebijanju in vračanju;
 - vrzeli ozobljene lamele simulirajo časovno prekinitev med štančanjem.

Iz tega sledi, da je pot trenja S_t preizkusne lamele s premerom d_1 enaka obsegu lamele, ki je zmanjšan za vsoto vrzeli. Vsoto vseh vrzeli dobimo:

$$\sum_{i=1}^n (v_1)_i = n \cdot (v_1)$$

Torna pot lamele je torej:

$$S_t = d \cdot \pi - \sum_{i=1}^n (v_1)_i$$

- n - število vrtljajev
 v_1 - vrzel lamele
 S_t - pot trenja

Pri simuliranju prebijanja lahko po želji določimo torno pot. Tako bo npr. za 100.000 luknjanj 1 mm debeline pločevine pri vtiskavanju in vlečenju pestiča opravljena 200 m dolga pot. Kratkotrajne poskuse izvajamo na stružnici, pri kateri lahko določimo tudi število vrtljajev in tako lahko ugotovimo čas trenja t_r .

$$t_r = \frac{S_t}{d_1 - \sum_{i=1}^n (v_1)_i / n}$$

P e s t i č i za preizkuse so iz enakega ali podobnega orodnega materiala kakor ga bomo uporabljali v proizvodnji. V našem primeru smo predvideli uporabo pestiča premera 8 mm. Preizkusni pestič je pobrušen tako, da ima v vpenjalju stalno mesto in se med preizkušanjem ne zavrti.

Pri štancanju uporabljamo r e z a l n a o l j a , ki so vodotopna in imenovana emulgirana. Z uporabo mazalnega sredstva zmanjšamo obrabo pestičev. Za uspešno delo je pomembna pravilna izbira mazalnega sredstva, ki mora odgovarjati določenemu paru dinamopločevine in materialu pestiča. Določena mazalna sredstva poprej ni bilo mogoče oceniti drugače kakor da smo jih vključili v proizvodnjo. Tak postopek je zelo dolgotrajen. S prikazanim kratkotrajnim postopkom pa je mogoče na relativno poceni način izbrati najboljšo vrsto olja izmed razpoložljivih.

Lastnosti, ki bi jih naj imela mazalna olja za prebijanje so naslednja:

- dobro naj omočijo površino orodja in obdelovanec;
- dobro naj mažejo torne ploskve in s tem zmanjšujejo vpliv trenja na povečanje temperature in obrabo rezalnega roba orodja;
- omogočijo naj manjšo obrabo orodja, kar je pogoj za natančne izmere, dobro obdelano površino in krajši pomožni časi.

Rezultati poskusov

Pri kratkotrajnih poskusih obdelovalnosti dinamopločevine z vzdolžnim struženjem smo izvedli vrsto poskusov na različnih kvalitetah pločevine. Obdelovalnost smo ugotavljali na naslednjih kvalitetah (interne oznake):

ELMAG P - H5

EN-230

EN-300

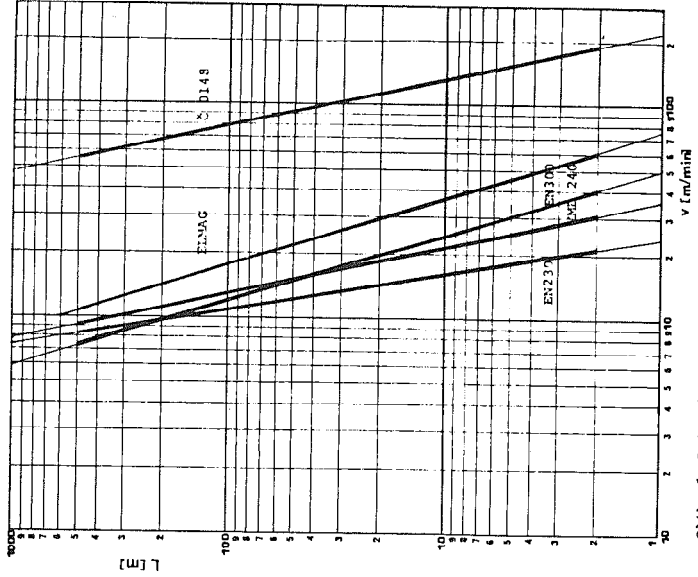
Č.0148

Kot je bilo že poprej ugotovljeno, smo delali pri konstantni podajalni hitrosti in globini struženja. Spreminjali smo rezalno hitrost, ker se je med poskusi spreminjal premer paketa lamel. Obrabo pestičev smo sproti ugotavljali tako, da smo lahko preverili, kako zanesljiva je metoda preizkušanja. Poskusi in meritve so pokazali, da je potek obrabe popolnoma identičen kakor pri drugih obrabnih poskusih. Kriterij obstojnosti je v tem primeru porušitev rezalnega robu. Ponovitve poskusov smo opravljali pri različnih rezalnih hitrostih in potem rezultate statistično iz vrednotili. Za vsako vrsto pločevine smo dobili svojo regresijsko premico, ki kaže odvisnost obstojnosti od rezalne hitrosti (slika 6).

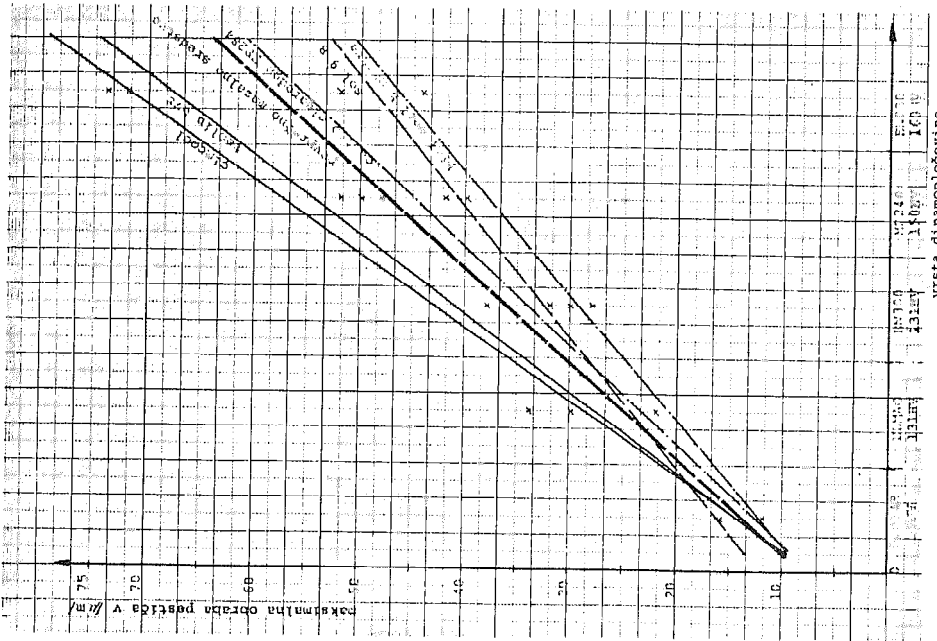
Rezultati kažejo, da je najmanj ugodna obdelovalnost pločevine EN 230 in najugodnejša za pločevino č.0148. Po opravljeni seriji poskusov in primerjanju z evidentiranimi vrednostmi obstojnosti pestičev pri štancanju pločevine iste kvalitete smo dobili popolnoma identične rezultate obstojnosti. Iz tega lahko sklepamo, da je potek obrabe pri struženju podoben kakor pri štancanju in, da metodo lahko uporabimo za primerjanje obdelovalnosti posameznih vrst dinamopločevine.

Za ugotavljanje mazalne sposobnosti oljnih emulzij smo izvedli poskuse v večih stopnjah. Uvodoma smo s poskusi ugotavljali najprimernejši profil ozobljene lamele in premer pestiča. Tudi število vrtljajev je bilo pomembno, sicer je lahko pri nekoliko višjih vrtljajih do preskakovanja pestiča od zoba do zoba, kar je imelo za posledico večje vibracije na stroju in večje deformacije zob na lamelah. Na osnovi izkušenj, ki smo jih dobili pri ugodnih poskusih, smo uporabljali pri vseh rednih poskusih po 2 lame

Globino obrabe pestiča po obodu smo merili na Talysurfu (merilnik hrapavosti). Z večimi meritvami po obodu lahko ugotovimo da udarec na rob ozobljene lamele povzroči največjo obrabo na pes



Slika 6: Primerjalni diagram obstojnosti str. noža pri struženju različnih kvalitet dinamopločevine



Slika 7: Obstojnost pločevine pri uporabi različnih mazalnih sredstev in pločevine vrsta dinamopločevine

- premer pestiča $d = 10$ mm

Pri poskusih so bila uporabljena naslednja mazalna sredstva:

TEOLIN HVR

SOL 9 B

CIMCOOL

CASTROL CLEAREEDGE EP 284

BIOL MEOL H EXTRA

Med poskusi so bili posamezni vzorci pločevine in mazalnega sredstva oštevilčeni tako, da ne bi prišlo do subjektivnega ocenjevanja posameznih kvalitiet med izvajanjem poskusov.

Analiza obstojnosti pestičev pri uporabi različnih kvalitiet pločevine im mazalnih sredstev jasno kaže, da določene vrste zelo ugodno vplivajo na obstojnost (slika 7). Tako lahko ugotovimo najugodnejša mazalna sredstva po naslednjem zaporedju:

1. BIOL MEOL H EXTRA
2. SOL 9 B
3. CASTROL CLEAREEDGE EP 284

Za manj ugodna maziva so se pokazala CIMCOOL in TEOLIN.

Poskusi so bili izvedeni na vseh vrstah pločevine, ki smo jih imeli v programu raziskav. Obrabna obstojnost orodja pri obdelavi različnih kvalitiet dinamopločevin si sledijo v istem zaporedju pri kratkotrajnih poskusih z vzdolžnim struženjem kot pri simulaciji s prebijanjem z uporabo mazalnega sredstva.

Prikazani metodi dajeta možnost, da v kratkem času dobimo oceno obdelovalnosti posameznih vrst pločevine z dokajšnjo zanesljivostjo pri razmeroma majhnih sredstvih. Ravno tako lahko ugotovimo kvaliteto mazalnih sredstev v relativno kratkem času.

Literatura

- /1/ Th. Stöferle, H. Becker: Schmier mittelkurzprüfverfahren für den Stempelverschless; Werkstatt u. Betr. 110 (1976)6, s. 377 - 379.
- /2/ H. Becker: Kurzprüfverfahren zur Schmierstoffbestimmung bei Lochen; Ind. Anzeiger, HGF 77/69, str. 2062, 2063.
- /3/ Th. Stöferle, Ch. H. Kim: Kurzprüfverfahren zur Ermitteln des Werkzeugverschleißes an Lochstempeln; Werkstatt u. Betr. 110 (1976)7, s. 397 - 379.
- /4/ H. Müller - Gerbes: Zerspanungsuntersuchungen an Elektroblechen; Ind. Anzeiger HGF 72/5, str. 96, 97.
- /5/ Ž. Seljak: Obdelovalnost dinamopločevine; Poročilo I-2/10, d. 1979, ISKRA Železniki.

Summary

Short Methods for Testing of Machinability of Dynamo Sheet Iron

Considerably large quantities of dynamo sheet iron are made by punching. The machinability of sheet iron is an important parameter since it is important for the technologists to know what the wear rate of tools will be. At the same time the objective of this investigation was to establish the lubricity of oil used at punch-

The determination of the machinability of dynamo sheet steel and lubricity of oils requires experimental work. In our case test methods of short time duration are of interest. Cutting is simulated by turning where instead of turning tool a punch with given geometry is simply used, in this way a possibility is offered to test also the tool material. Several types of dynamo sheet steel are tested

In the second part of the investigation the testing method for different lubricants is presented. The wear of the punch shows the lubricity of oil. At the same time these results show the machinability of the sheet steel.

XIV SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE, ČAČAK, 1980.

V. Stoiljković, B. Rančić, D. Lazarević*)

PRIKAZ ALATA ZA IZRADU CSV PROFILA NA LINIJI ZA PROFILISANJE**)

1. Uvod

Profili, dobijeni na linijama za profilisanje, najčešće se izrađuju od čeličnih i aluminijumskih limova. Pri tome, ti limovi mogu da budu i plastificirani, ili pak, kada su u pitanju čelični limovi, da budu pocinkovani. Primena tih profila je sve veća u svim oblastima tehnike.

U ovom radu se daje prikaz alata za izradu CSV profila, a samim tim i tehnologija izrade pomenutog profila. CSV profil je jedan od osnovnih elemenata koji se ugrađuje u elektrostatičke filtre, koji služe za prečišćavanje gasova sagorevanja, i ima ulogu taložne elektrode. Na te taložne elektrode, koje obrazuju polje visoko desetak metara (za termoelektranu Obrenovac 13 m) i dugačko više desetina metara, talože se krupne čestice iz gasova sagorevanja. Čestice se najpre podvrgavaju dejstvu struje visokog napona iz emisionih anoda, tako da se iste naelektrišu, pa ih taložne elektrode privuku. Odstranjivanje tih čestica sa taložnih elektroda vrši se udarom čekića, koji se nalaze na dnu elektroda i koji u određenim vremenskim intervalima otresaju elektrode.

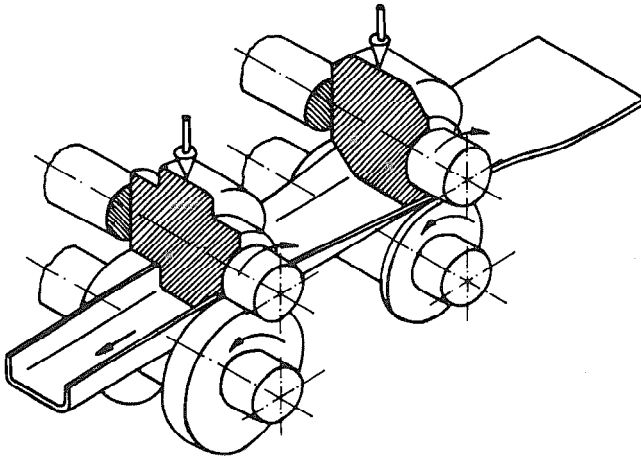
*) Dr Vojislav Stoiljković, dipl.ing., docent Mašinskog fakulteta u Nišu, Beogradska br. 14.

Bojan Rančić, dipl.ing., asistent Mašinskog fakulteta u Nišu, Beogradska 14.

Dragoljub Lazarević, dipl.ing., asistent Mašinskog fakulteta u Nišu, Beo-

2. Izbor tehnologije profilisanja

Na slici 1 predstavljen je pojednostavljeno princip izrade profila na liniji za profilisanje. Profil se izradjuje na hladno uzastopnim deformisanjem (kroz nekoliko operacija), početne trake do zahtevanog oblika u profilnim kalibracionim valjcima (sl. 1). Ovako dobijeni profili mogu biti, u poprečnom preseku, zatvoreni i poluzatvoreni [1].



Sl. 1

Prema obliku profila linija za profilisanje može da ima cca od 12 do 30 stanova, koji se sastoje iz donjih i gornjih kalibracionih valjaka, ili se pak koriste dve bočno postavljene linije za deformisanja.

Pri procesu profilisanja najveće opterećenje se javlja na površini savijene ivice, o čemu treba posebno da se vodi računa kod prerade limova sa nekom prevlakom [2], pošto postoji mogućnost da se javi pukotina u prevlaci. Da bi se to izbeglo potrebno je da radijus savijanja bude najmanje 2 do 4 puta veći od debljine lima koji se profiliše. Međutim, i to ne mora da bude garancija da neće doći do pojave pukotine, pa je potrebno da se vodi računa i o

- neprekidno profilisanje i
- prekidno (pojedinačno) profilisanje.

Pri neprekidnom profilisanju se traka, koja se nalazi u koturu na odmotavaču ispred linije za profilisanje, uvodi u kalibracione valjke gde se oblikuje. Sečenje profila na potrebnu dužinu vrši se na izlazu iz zadnjeg stana, i to letećom testerom, tako da se traka kreće bez prekida. Neprekidnost procesa zahteva i zavari- vanje kraja jednog kotura sa početkom drugog.

Pri prekidnom profilisanju potrebna dužina trake za profil se iseče pre ulaska u prvi stan, pa se zatim vrši profilisanje te trake. Nedostatak ovog načina profilisanja u odnosu na neprekidno profilisanje je lošije vodjenje trake kroz stanove. Iz tog razloga su dozvoljeni uglovi savijanja po operaciji manji pri prekidnom, u odnosu na neprekidno profilisanje.

Da bi se obezbedio isti oblik poprečnog preseka profila po celoj dužini pri prekidnom profilisanju, preporučuje se, pre završne operacije savijanja na nekom delu profila, ispravljanje profila za nekoliko stepeni, pa tek potom završno oblikovanje. Time se obezbedjuje bolje vodjenje trake i tačnost preseka profila po celoj dužini.

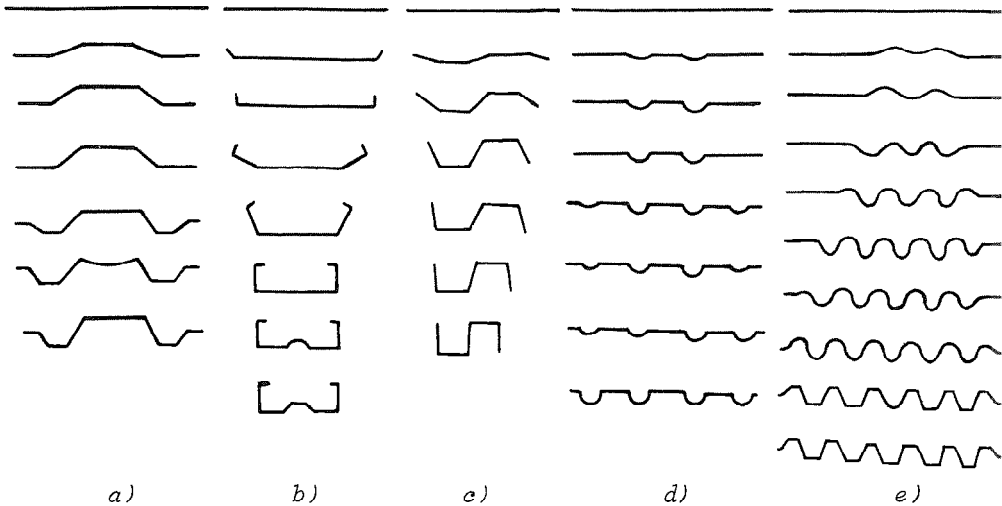
Neprekidno i prekidno profilisanje može da se podeli u pet različitih postupaka, i to |1|:

1. Uzastopno formiranje profila koje se izvodi savijanjem početne trake od sredine ka spoljašnjim ivicama trake po širini (sl.2a).
2. Uzastopno formiranje profila koje se izvodi savijanjem početne trake od spoljašnjih ivica trake po širini ka sredini (sl.2b).

3. Jednovremeno formiranje profila koje se izvodi istovremnim savijanjem svih delova profila po širini trake

5. Formiranje profila koje se izvodi savijanjem talasas tog priprema u početku, koji se u narednim operacijama dovodi na željeni oblik (sl.2e).

Napred navedeni postupci imaju prednosti i nedostatke što se iscrpno iznosi u literaturi [2].



Sl. 2

CSV profil, koji se ugrađuje kao taložna elektroda u elektrostatičke filtre, prikazan je na sl.3. Ovaj profil se do skoro uvozio iz Zapadne Nemačke, a u ovom radu se iznosi rešenje koje je osvojeno u zemlji.



Za izradu rasmatranog profila izabran je postupak uzastopnog formiranja profila pri kome se predvidja savijanje profila po delovima, i to najpre srednjeg dela trake po širini, a zatim perifernih delova. Ovakav postupak profilisanja omogućuje dobijanje više kvalitetnog profila jer je olakšan režim profilisanja, kao i podešavanje kalibracionih valjaka, a omogućuje se jednostavniji proračun početne širine trake. Pored toga, pri profilisanju od osnovne ose (sredina profila) profila ka spoljašnjim ivicama, ravnomernost procesa savijanja dozvoljava da spoljašnje ivice budu slobodne. Stabilnost profilisanih traka u valjcima zavisi od oblika i dimenzija profila i može biti ostvarena, u posebnim slučajevima, dodavanjem i bočnih valjaka, što je korišćeno i pri izradi CSV profila.

Nedostatak usvojenog postupka profilisanja odnosi se na to, da je za dobijanje rasmatranog profila potreban veći broj prolaza (operacija), što povlači i potrebu većeg broja kalibracionih valjaka.

Posle izbora postupka profilisanja potrebno je da se odrede stepeni deformacija po operacijama (po stanu), odnosno da se odrede uglovi previjanja koji mogu da se ostvare u svakom stanu (u svakoj operaciji).

Ugao previjanja zavisi od načina izrade profila, i u principu je manji pri prekidnom profilisanju nego pri neprekidnom profilisanju. Pored toga, za bilo koji način profilisanja, ugao previjanja treba da se usvoji manji u prvim stanovima, s postepenim uvećanjem u srednjim prolazima, i najzad sa umanjnjem u predkalibracionim i kalibracionim valjcima.

Manji ugao previjanja u prvim stanovima treba da omogućí pravilan ulaz trake u valjke i potreban zahvat valjcima. U narednim stanovima, kada je traka već delimično oformljena i ima dovoljnu čvrstoću umanjuje se mogućnost odstupanja od pravolinijskog pravca, pa ugao previjanja može da se poveća. Veličina ugla previ-

za profilisanje u "LEMIND"-u - Leskovac. Ova linija je predviđena za prekidno profilisanje, što je predstavljalo prvu poteškoću, ali se profili slični CSV profilu rade neprekidnim profilisanjem, napred iznetih razloga. Ostale tehničke karakteristike korišćene linije su zadovoljavale. Naime, dužina valjaka od 1570 mm i osi rastojanje valjaka od 165 mm do 305 mm, a pri brzinama trake od 30 m/min, omogućavale su da se uradi CSV profil prema slici 3.

Pošto je poznata linija za profilisanje, i usvojen postupak izrade profila, izvršen je izbor uglova previjanja, i to:

a) za srednji ugao profila

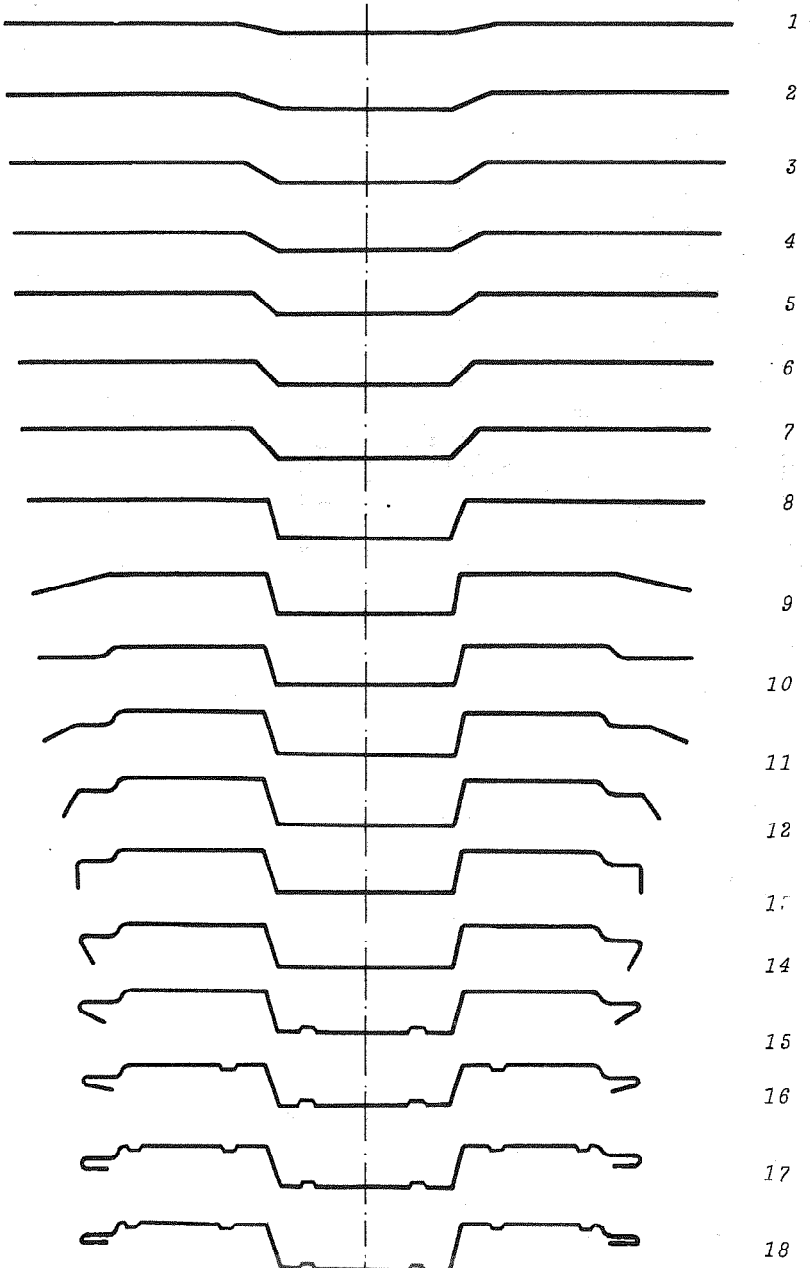
- prvi par valjaka $\alpha_1 = 8^\circ$
- srednji valjci $\alpha_m = 12^\circ$
- poslednji par valjaka $\alpha_k = 6^\circ$

b) za spoljašnju ivicu profila zbog male dužine savijanja

- prvi i srednji valjci $\alpha = 30^\circ$
- poslednji par valjaka $\alpha_k = 10^\circ$

Na osnovu usvojenih uglova previjanja po operacijama, određeno je potreban broj operacija, i iste su po redosledu prikazane na sl.4. Sa te slike se vidi da posle 6. operacije dolazi do ispravljavanja profila sa ugla $\alpha_6 = 74^\circ$ na $\alpha_7 = 68^\circ$. Ovo ispravljavanje predviđeno radi dobijanja istog poprečnog preseka profila po celoj dužini. Naime, pri prekidnom profilisanju profil ima nestabilne menzije poprečnog preseka po dužini. Na prednjem kraju traka se uvija unutar profila, a na krajnjem spolja.

Za odstranjivanje napred pomenutih nepravilnosti i dobijanja profila sa istim dimenzijama preseka po celoj dužini, u kationim valjcima se primenjuje dvostruki pregeb. Suština ovoga je da se pri profilisanju, posle previjanja trake profila do ugla koji je manji za 2° do 3° od konačnog ugla na profilu, traka se ispravljaja za 8° - 10° u suprotnu stranu [1]. Posle toga se traka savija na konačni ugao. Na ovaj način se znatno smanjuje odstupanje dimenzija poprečnog preseka profila kako na krajevima, tako i u sredini.



b_3 - širina pravolinijskog dela bočnog zida profila (sl.5)

$$h = C \cdot \sin \alpha$$

$$B_1 = b_4 + 2 \cdot n_1$$

$$B_2 = b_4 + 2 \cdot n_2$$

b_4 - širina pravolinijskog dela profila (sl.5);

$$B_3 = C \cdot \cos \alpha$$

$$D_1 = D_{dv} + 2 \cdot h$$

$$D_3 = D_{gv} - 2 \cdot h$$

Poznate veličine (vidi sl.3) su:

$$b_2 = 17,1 \text{ mm}; s = 1,15 \text{ mm}; b_3 = 14,26 \text{ mm}; b_4 = 131,2 \text{ mm}.$$

Usvojene veličine, koje zavise od linije za profilisanje,

$$D_{dv} = 184 \text{ mm} \quad \text{i} \quad D_{gv} = 250 \text{ mm}$$

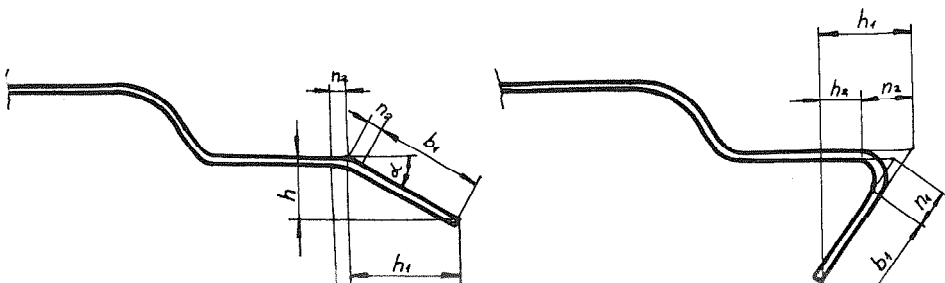
Napred dati izrazi važe za operacije od 1 do 9. Za operacije od 11 do 17 važe sledeći izrazi (sl.6) i vrednosti:

$$b_1 = b_7 + b_8 + b_9 + b_{10} = 3,524 + 23,1 + 10,24 + 18,6 = 56,49 \text{ mm}$$

$$h = (b_1 + n_2) \cdot \sin \alpha$$

$$h_1 = (b_1 + n_2) \cdot \cos \alpha$$

$$h_2 = h_1 + n_2$$



R	r_1	R_1	n_1	n_2	c	h	$B_1/2$	$B_2/2$	B_3	D_1	D_3	b_1
2,53	121,95	123,10	8,52	8,60	31,38	4,36	74,09	74,20	31,07	192,72	241,28	189,94
3,01	48,43	49,58	8,54	8,74	31,54	10,78	74,14	74,34	29,63	205,56	228,44	189,94
3,83	28,25	29,40	8,63	8,98	31,87	17,82	74,23	74,58	26,42	219,64	214,36	189,94
4,42	19,84	20,99	8,83	9,34	32,43	24,10	74,43	74,94	21,70	232,20	201,80	
5,81	15,23	16,385	9,15	9,84	33,25	29,35	74,75	75,43	15,61	242,70	191,30	
7,24	12,66	13,81	9,54	10,40	34,20	32,87	75,14	76,00	9,42	249,74	184,26	
8,41	13,83	14,98	9,32	10,10	33,68	31,22	74,92	75,70	12,61	246,44	187,56	
9,89	12,31	13,46	9,61	10,51	34,38	33,35	75,21	76,11	8,31	250,70	183,30	
11,56	11,98	13,13	9,70	10,63	34,59	33,83	75,30	76,23	7,19	251,66	182,34	

R	r_1	R_1	n_1	n_2	$h = (b_1 + n_2) \sin \alpha$	$h_1 = (b_1 + n_2) \cos \alpha$	$h_2 = h_1 \cdot \text{th} \theta_2$	R/s	K
5,56	18,98	20,13	5,08	5,39	11,99	20,77	26,16		
7,78	9,20	10,35	5,31	5,97	21,27	12,28	18,25		
9,52	5,95	7,10	5,95	7,10	25,70	0	7,10	5,66	0,49
11,89	4,35	5,50	7,53	9,52	24,35	-14,06	-4,54	4,25	0,47
14,91	3,38	4,53	12,60	16,90	17,75	-30,74	-13,84	3,40	0,46
18,45	2,92	4,07	33,37	46,52	11,30	-64,13	-17,60	3,00	0,46
22,26	2,75	3,90							

Sa napred datim podacima i izrazima određene su najvažnije dimenzije valjaka i date su u TABELI 1. Na osnovu tih vrednosti i usvojenog redosleda operacija bilo je moguće da se nacrtaju šeme ugradnje za svaki stan, kao i da se nacrtaju radionički crteži na osnovu kojih su i napravljeni valjci.

Kalibracione valjke je uradio MIN, kao nosilac posla oko izrade elektrostatičkog filtra, a profilisanje je vršeno u "LEMIND"-u Leskovac.

I pored toga što je linija u Leskovcu predviđena za prekidno profilisanje, dobijen je dobar kvalitet profila, što omogućuje da se dosta velika stavka pri izradi elektrostatičkih filtara za prečišćavanje gasova sagorevanja više ne uvozi.

4. Zaključak

Primena profila od lima, koji se izrađuju na linijama za profilisanje, povećava se zadnjih godina u našoj zemlji. Međutim, ona još nije zadovoljavajuća. Stoga je potrebno u narednom periodu na mnogim mestima u konstrukcijama, primenjivati limene, a ne valjane ili presovane profile, s obzirom da isti imaju niz prednosti a te su:

- a) izrada profila na liniji za profilisanje je znatno jevtinija;
- b) limeni profili imaju istu debljinu po celom preseku, i njihova primena u konstrukcijama olakšava izvršenje tehnoloških operacija montiranja, čime se umanjuju troškovi montaže konstrukcija;
- c) koeficijent iskorišćenja materijala pri deformisanju nalazi se u granicama $99,5 \div 99,8\% |1|$, što je znatno više nego pri presovanju;
- d) limeni profili imaju veću čvrstoću pri statičkim opterećenjima za 10 - 15% od početnog materijala zbog procesa očvršćavanja koji nastaje u materijalu pri defor-

f) limeni profili imaju najracionalniji raspored metala u preseku, i stim u vezi i maksimalnu krutost i čvrstoću pri minimalnom utrošku materijala.

U ovom radu je izložen postupak izbora tehnologije izrade jednog složenog profila i dat je proračun kalibracionih valjaka. Posebno treba istaći da je, zbog postojeće linije za profilisanje izabran teži način profilisanja. Medjutim, dobijeni profili su potvrdili da i prekidnim profilisanjem mogu da se dobiju složeni profili sa uskim tolerancijama.

Reference

- 1 I.S. Triševski i drugi, Proizvodstvo i primenienie gnutnih profila i filei prokata, Moskva, Metallurgija, 1975.
- 2 E.V. Finckenstein, K.J. Lawrenz, G. Zicke, Umformen Kunststoffbeschichteter Stahlbleche durch hydromechanisches Tiefziehen und Walzprofilieren, Neue Entwicklungen in der Blechbearbeitung, Institut für Umformtechnik, Stuttgart, 1978.
- 3 Projekat "ISTRAŽIVANJE I RAZVOJ METODA OBLIKOVANJA LIMA DEFORMISANJEM I PRESOVANJE PROFILA UZ KORIŠĆENJE MAKSIMALNE OBRADIVOSTI", koji finansira Osnovna zajednica nauke regiona Niš, a participiraju veći broj radnih organizacija.

v

V. Stoiljković, B. Rančić, D. Lazarević

DARSTELLUNG DER WERKZEUGE ZUR HERSTELLUNG DER CSV PROFILE

In dieser Arbeit werden Werkzeuge zur Herstellung der CSV profile sowie Technologie der Herstellung der erwähnten Profile. Hier wird betont dass Profil durch unkontinuerliches Walzprofilieren hergestellt werden.

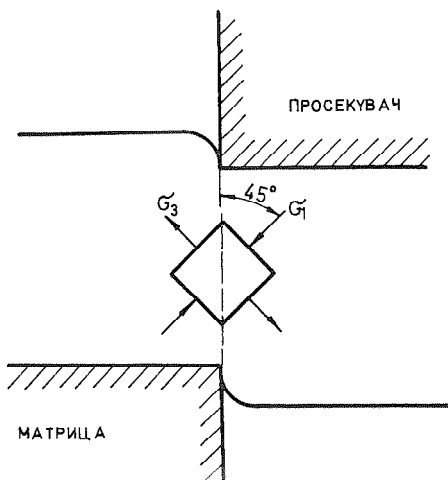
XIV SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE, ČAČAK 1980.

ВЛИЈАНИЕ НА МЕТОДАТА НА ИЗРАБОТКА НА АЛАТОТ ВРЗ
КВАЛИТЕТОТ НА ПРОСЕЧЕНАТА ПОВРШИНА ПРИ ФИНОТО
ПРОСЕЧУВАЊЕ

В.Стрезов, Ј.Лазарев^{*})

1. У В О Д

Идеализиран процес на обичното просечување може да се посматра како чисто смакнување изведувано при рамнинска деформирана состојба. Притоа главните оски на напоните се наоѓаат под агол од 45° во однос на линијата на сечењето (сл.1).



Процесот се одвива при $\sigma_3 = -\sigma_1$ и поради тоа што на површината на смолкнувањето

$$\tau_{31} = \frac{\sigma_3 - \sigma_1}{2} = k,$$

нормалните напрегања се $\sigma_3 = -\sigma_1 = k$ и средното напрегање (хидростатичкиот притисок) ќе биде:

$$\sigma_{sr} = \frac{\sigma_3 + \sigma_1}{2} = 0$$

При реалните процеси, меѓутоа, поради постоење на позитивен зазор ($z > 0$) доаѓа до свртување на материјалот околу резните рабови и до појава на момент на свивање. Таа состојба доведува до свртување на главните оски на напоните и до пораст на позитивното (максимално) напрегање. Поради тоа доаѓа и до зголемување на позитивните деформации, а со тоа и до појава на пукнатини и нерамнини по линијата на раздвојувањето. Брзината на ширењето на пукнатините може да биде значително голема, така што веднаш по нивната појава, може да се смета дека престанал процесот на смолкнувањето и започнал процесот на рушење, односно кршење.

Финото просечување претставува релативно понов процес при кој се добиваат калибрирани делови со една операција на просечување. Точноста на добиените делови може да достигне $5 \mu\text{m}$ при што висината на нерамнините може да достигне $5 - 8 \mu\text{m}$.

Со финото просечување можат да се обработуваат сите лимови способни за обработка со пластична деформација во ладна состојба како што се нискојагленородните челици, челиците за цементација, нер'ѓосувачки челици со аустенитна структура, бакар, бронза, алуминиумот и неговите легури и др.

За да се постигне висок квалитет на просечната површина на релативно дебели материјали, неопходно е да во зоната на раздвојувањето се создаде специфична напонска состојба при која ќе се спречи појавата на позитивни деформации, а со тоа и пукнатини во материјалот.

За разлика од идеализираниот процес на просечувањето ка-

Постигањето на такво напонско поле локализирано околу контурата на просечувањето, се остварува со втиснување во материјалот на клинесто ребро непосредно пред просечувањето. Таков процес може да се оствари само на специјални високо прецизни преси со работни органи кои можат да остварат повеќе независни движења (притисок, противпритисок, просечување и исфрлување).

Посматрани преку карактеристичните положби на поедините работни елементи на алатот, а со тоа и на работните органи на пресата, процесот на финото просечување може да се објасни со расчленување на работниот циклус на шест карактеристични фази (сл.2.1).

Првата фаза опфаќа период од допирот на контурното ребро и материјалот (положба I). На дијаграмите на силите (горен дијаграм) и тој на одовите (долен дијаграм) ова положба е земена како почетна.

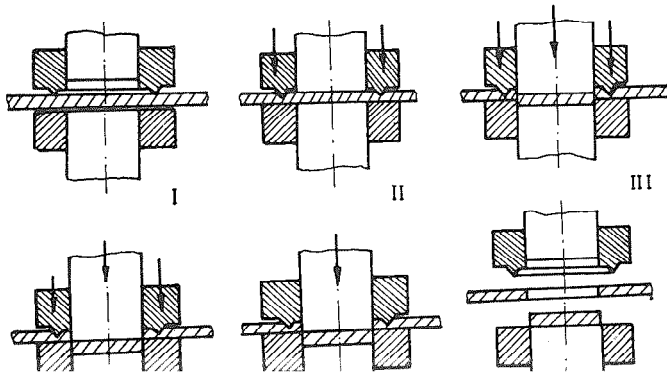
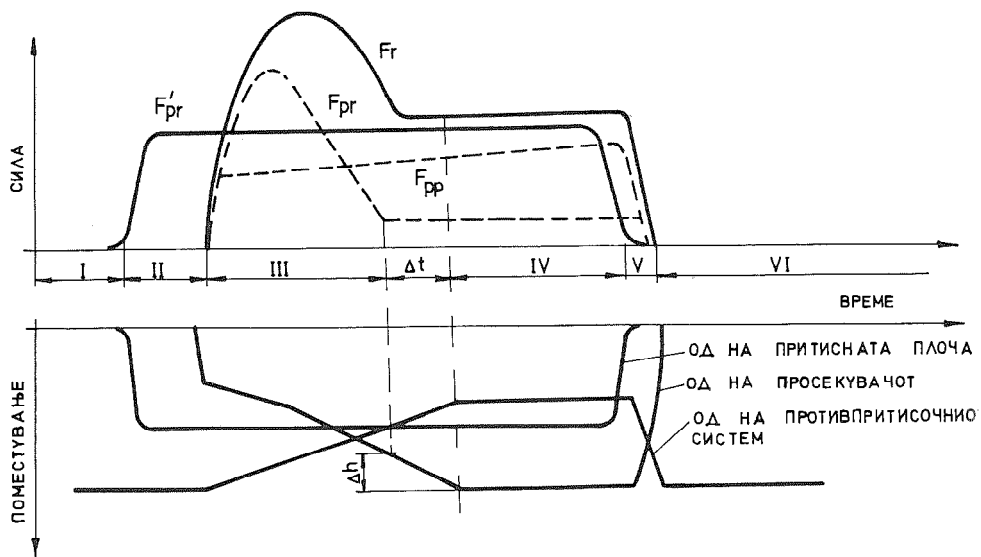
Веднаш по допирот, под дејство на силата F_{pt} , клинестото ребро навлегува во материјалот (положба II), создавајќи на тој начин услови за просечување. По достигнувањето на определена притисна сила почнува да се движи и просечувачот. Положбата III го карактеризира почетокот на просечувањето, после совладувањето на силата од противпритисокот F_{pp} . Во текот на целиот процес на просечувањето, главниот притиснувач мора да ги совладува отпорите на јастукот, односно противпритисната сила F_{pp} и отпорите на просечувањето F_{pr} , така што работната сила изнесува

$$F_r = F_{pr} + F_{pp}$$

Со движење на просечувачот и повлекување на исфрлувачот, противпритисната сила постојано расте. При крајот на просечувањето (положба IV) главниот притискувач ги совладува само отпорите од триење на силата од исфрлувачот. За целиот период на просечувањето притисната плоча со клинестото ребро останува во активна положба постојано одржувајќи напонска состојба на сестран притисок. Непосредно пред крајот на процесот, доаѓа до растоварување и враќање на притисната плоча (положба V), а веднаш потоа и на пресекувачот, а со него и на противпритисниот систем (положба VI).

Активниот процес на просечувањето може да се заврши тој

матрицата (крај на положбата III). Повеќе автори препорачуваат тука да се сопре движењето на просекувачот, зашто поради сосема малите зазори, може да настане забрзано абење. Меѓутоа, незнатно од (Δh) често пати е неопходен за правилно одвојување на просечените делови. Обично се дозволува $\Delta h = r_M$, каде што r_M претставува радиус на заоблувањето на матрицата.



2. ВЛИЈАНИЕ НА ОДДЕЛНИТЕ ФАКТОРИ ВРЗ КВАЛИТЕТОТ НА ПРОСЕЧНАТА ПОВРШИНА ПРИ ФИНОТО ПРОСЕЧУВАЊЕ

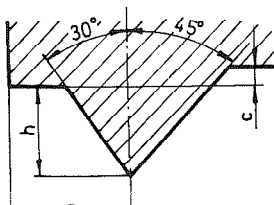
Поради отсуство на општоприфатливи теоретски модели за оптимирање на условите на финото просечување, многу проблеми сврзани со проектирањето на технолошките процеси од оваа област се решаваат со проби.

И покрај меѓусебната поврзаност на повеќе различни фактори тие можат да се поделат на геометрички, динамички и технолошки. Досегашните истражувања во таа област воглавно се однесуваат на влијание на поедините фактори врз квалитетот на просечната површина, а многу малу е истражено влијанието врз работниот век на работните елементи на алатот.

Досегашните сознанија укажуваат дека истрржувањето на условите за постигање максимален квалитет на просечната површина при минимални сили на придржување и противпритисок доведуваат и до подобрување на условите на работата на површината на резните елементи, а со тоа и до зголемување на работниот век. Секако, тоа е еден од аспектите на издржливоста на алатот, а другите аспекти треба да бидат проучувани.

Основните геометриски параметри на алатот кои играат доминантна улога во процесот на просечувањето (локализација на напонското поле од сестран притисок околу зоната на пресечувањето) се обликот и димензиите на контурното ребро и зазорот помеѓу резните елементи.

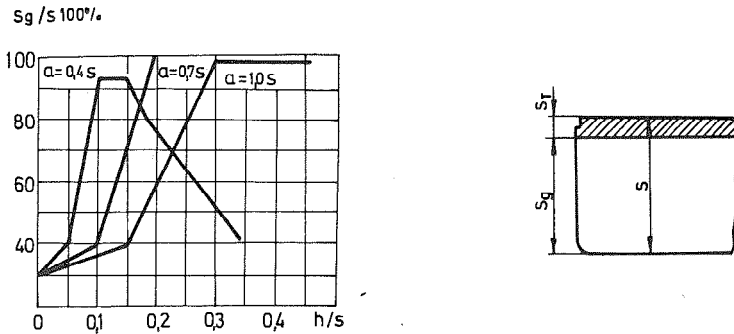
Најчесто применувано контурно ребро е во облик на асиметричен клин (сл.3) чии што димензии a и h зависат од дебелината на материјалот s .



Оптималните големини на a и h се движат во релативно тесни граници (сл.4)

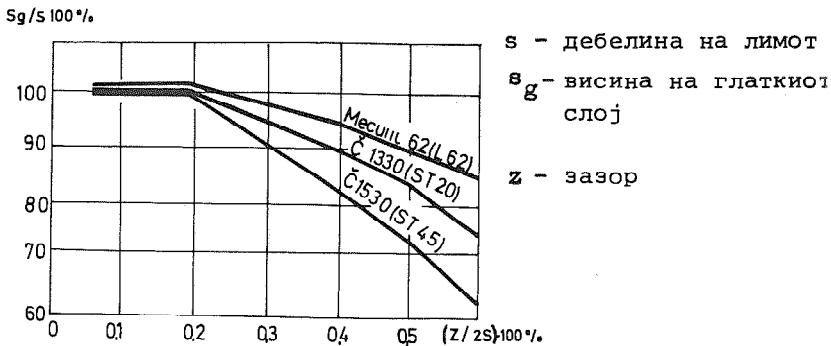
$$a = (0,6 - 0,7)s \text{ и } h = (0,2 - 0,3)s$$

Во однос на оптималниот зазор при финото пресечување, истражувањата покажуваат дека најдобри резултати



Сл.4. Влијание на висината и положбата на реброто врз квалитетот на просечувањето ($s = 3 \text{ mm}$, $z/2 = 0,05 \text{ mm}$)

за оптимален, независно од дебелината и видот на материјалот (сл.5).



Сл.5. Влијание на големината на зазорот врз квалитетот на површината

Од сликата се гледа дека зазори до $0,2\%s$ даваат задоволувачки резултати, независно од видот на просекуваниот материјал.

Покрај апсолутната големина на зазорот треба да се напомене дека, од аспект на издржливост на алатот, важна е и рамномерноста на зазорот долж резната ивица.

Експерименталните истражувања како и современата практика покажуваат дека мал радиус на резната ивица на матрицата може во значителна мерка да го подобри квалитетот на просечената површина.

Сеуште не е сосема разјаснет механизмот на дејството на

ред /4/ при радиус 0,06 мм.

Од динамичките параметри најважни се изборот на силата на притисок на контурното ребро и силата на противпритисокот.

Од технолошките параметри големо влијание врз квалитетот на просечната површина имаат, брзина на просечувањето, квалитетот на површината на работните елементи на алатот, квалитетот на материјалот на обработуваното парче, формата на обработуваното парче и сл.

3. МЕТОДИ НА ИЗРАБОТКА НА АЛАТОТ ЗА ФИНО ПРОСЕЧУВАЊЕ

Точноста на алатот се остварува преку точната изработка на димензиите на матрицата, просекувачот и притисната плоча и големината на зазорот помеѓу нив. Покрај големината на зазорот, особено е важна контурата, која зависи од еквиливантноста на профилите на матрицата и просекувачот како и од нивната положба при склопувањето. Точноста на поставувањето на матрицата и просекувачот во работната положба се определува со соосноста на водилките и зазорот помеѓу водилните столбови и водилните чаури, односно од елементите за водење и насочување на алатот.

Денес се применуваат два начина за изработка на просекувачи и матрици за просечување и пробивање:

- независна изработка на резните елементи на матрицата и просекувачот и
- заедничка изработка.

Независна (одделна) изработка се применува при изработка на просекувачи и матрици чии што работни површини се правилни и прости геометриски фигури, или во случај кога е можно да се применат оние постапки и машини за изработка кои што даваат висока прецизност. За овој начин на изработка е потребна висококвалификувана работна рака и високопрецизни машини и мерни инструменти.

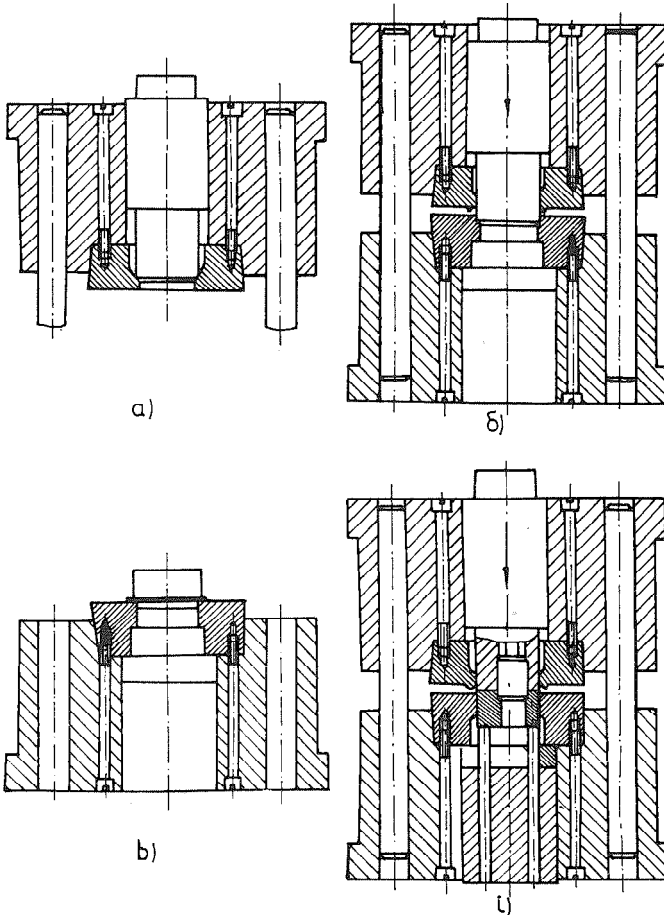
Заедничка изработка се применува при сложени геометриски форми и при многу мали зазори помеѓу матрицата и матрицата. Зависно од конструкцијата на алатот изработката може да се извршува на повеќе начини. Просекувачите и пробивачите можат да се изработуваат по отк-

секувачот и матрицата. Со тоа се обезбедува концентричност на отворите што е многу значајно за овие алати.

Според тоа постојат три начина на заедничка изработка:

1. Пренесување на резната контура од просекувачот на матрицата (сл.6)
2. Пренесување на контурата од матрицата на просекувачот
3. Пренесување на контурата со електроерозија

Првите два начина се такви при кои најпрво се изработува на точна мерка просекувачот (или матрицата), а потоа се кали.

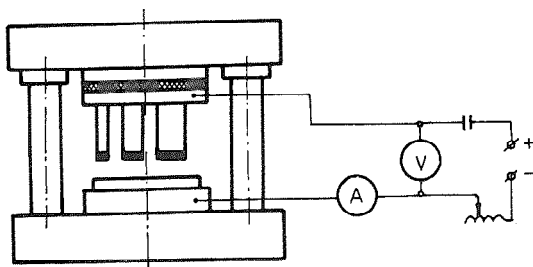


Сл.6. Изработка на алатот со пренесување на профилот од просекувачот

Закалениот просекувач во голем број на случаи се применува како резен алат за завршна обработка на отворот во притиснатата плоча. Обработката се изведува постепено со навлегување од 0,1 мм за еден удар. По глодањето на контурниот заб и калењето на притиснатата плоча, просекувачот воден преку неа, се користи за завршно пробивање на отворот во матрицата. Притоа просекувачот заедно со горниот блок на алатот се води во водилките со што се постигнува апсолутна соосност на горниот и долниот блок на алатот.

Електроерозивната обработка се применува при изработка на алати со сложена контура, и тоа како за одбележување така и за завршна обработка во склоп на матрицата, притиснатата плоча и просекувачот. Притоа се добиваат мали и рамномерни технолошки зазори (во граници околу 0,01 мм.). Електроерозивната обработка се врши по термичката обработка на работните елементи, што го исклучува влијанието на деформациите при термичката обработка на нивната точност.

Денес изработката на матриците се врши при целосно склопен горен блок на алатот (сл.7).



Сл.7. Шема на електроерозивна изработка на матрици со готов просекувач

Технолошкиот процес се состои во следното /12/: Горниот блок е составен целосно со готови просекувачи, а долниот со матрица, која се уште нема работни отвори. Просекувачите се изработуваат на еден од опишаните начини. По изработката и термички се обработуваат. Потоа на нивните чела, кои претходно се избрусени се прицвр-

на електродите, се врши завршно брусење на профилите на просекувачите, заедно со електродите. Склопениот на тој начин алат се поставува во електроерозивна машина и со пуштањето на машината во работа, на горната површина на матрицата се одбележуваат сите контури на отворите, во строга соосност со наместените пресекувачи. Потоа матрицата се демонира и според одбележените отвори се отстранува основната маса на металот со продупчување, сечење со ленточна пила и сл. Потоа матрицата термички се обработува и повторно се поставува во алатот на чивиите за центрирање. Машината се вклучува повторно, и завршно се обработуваат сите отвори едновременно.

Режимот на работата на електроерозивната машина се регулира зависно од бараниот технолошки зазор меѓу матриците и просекувачите. Изработениот алат се симнува од машината и горниот блок заедно со просекувачите се потопува во врела вода за одлепување на електродите.

Електродите можат да се изработуваат од месинг, бакар, графит или графитизирана маса. При мали димензии на отворите се применуваат челични електроди - просекувачи без продолжетоци. Месингани електроди, обично се применуваат при поголеми димензии на отворите во матрицата. Во тој случај прицврстувањето на електродата за просекувачот се врши со завртки. За прицврстување на графитни електроди за просекувачите се применуваат оксиден лепак на база на смола.

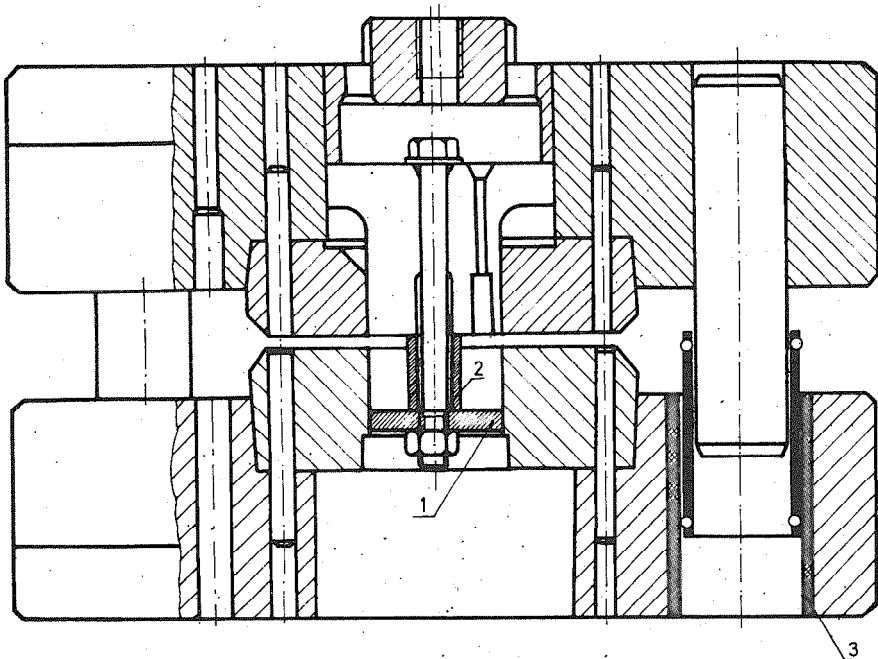
Во светот на производителите на алати за фино просечување најмногу се застапени методите на изработка на пресекување на резната контура преку претходно втиснување на еден од елементите.

Со примена на специјализирана опрема како за втиснување на едниот елемент во друг исто така и за натамошната обработка возможна е примената на индустриски методи на обработка, што одговара на условите на една специјализирана и високо развиена алатница.

За наши услови, односно за услови на алатници од поуниверзален карактер, со релативно скромна и вообичаена технолошка опрема пренесувањето на контурата со електроерозија е поприкладно зашто е доволно користењето на електроерозивна дупчалка и вообичаените машини алатки (координатни дупчалки и сл.).

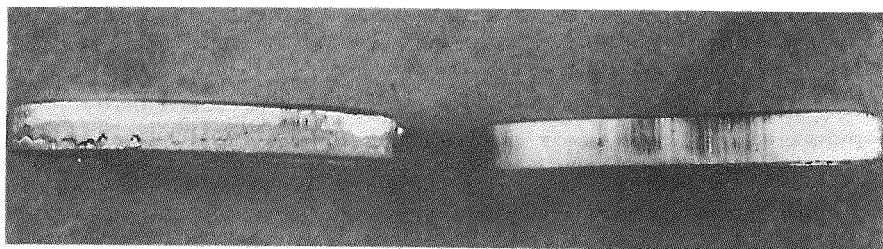
Оптичкиот алат изработен со пренесување на контурата од мат-

Изработката на алатот обично со обработката на основните плочи и формирањето на водилниот систем. Просекувачот заедно со бакарниот додаток (електродата) беше изработен во дефинитивна форма, а отворот на матрицата со груби контури. После монтирањето на тие елементи во алати, натамошната обработка се сведе во дефинитивно дупчење на матрицата, во склоп со матрицата (сл.8) на ерозивот.



Сл.8. Еродирање во склоп: 1-електрода, 2-дистантна чаура, 3-изолациона чаура

Добиениот квалитет на просечната површина беше сосема задоволувачки, а при исти услови на експлоатација овој алат по-



a)

б)

Сл.9

после сса 5000 просечени парчиња и во алат изработен со примена на заедничка метода со електроерозија (б).

4. ЗАКЛУЧОК

Современите сознанија во технологијата на финото просечување покажуваат дека најдобри резултати во однос на квалитетот на просечената површина покажуваат алати со најмали позитивни зазори и највисока општа прецизност. Поради тоа, методите на изработка во склоп се најприфатливи во технологијата на изработката на тие алати. Во врска со тоа, склопната изработка со електроерозијата не изискува специјализирана опрема, а во услови на мали алатници е лесно применлива.

ЛИТЕРАТУРА

1. Wicky Anare. Le découpage fin. Procéde d'usinage complet. Mash.mod.1968,62. N^o 708, ЕИ, ТИОКШП, 25/1968
2. Johnstan R., Fagg. B., Chisholm A. An investigation into the fine blanking process. Advances Mach.1968, ЕИ-17/70
3. Guidi A., Fine blanking, Tooling and Product., 1967, 33 N^o8, ЕИ N^o7,1968
4. Maeda Teizo, Nakagawa Takeo, Experimental investigation on fine blanking Scient, Papers Inst.Phys.and Chem.Res.1968,62 N^o2, ЕИ N^o46, 1968
5. Романовски В.П. Рашчет усилни, КШП, бр.5, 1978
6. Попов Е.А. Основы теории листовой штамповки. Машиностроение,

9. Feinschneiden

10. Вишневски Н.С., Э.Е. Хаенг., Конструкторно-технологические параметры и штамп для чистовой в рубки со сжатием КШП, 1970, бр.11
11. A. Guidi, Процесс чистовой вырубki и инструменты для него. Экспрес информация Технология и оборудование кузн.- ШТАМП производства, бр.18-1969
12. М.М.Палей, Технология производства приспособлений пресформ и штампов, "Машиностроение", Москва, 1971

В.Стрезов, Й.Лазарев

Р е з ю м е

Навейшие сведения о технологии чистовой вырубki показывают что лучшие результаты относительно качества вырубленной поверхности достигаются инструментами с меньшими положительными зазорами и высшей общей точностью. Согласно этому, методы сборной обработки предпочтительны в технологии изготовления данных инструментов. В связи с этим, сборная обработка электроэрозией не требует специального оборудования, а в условиях небольшого инструментального цеха ее нетрудно применять.

XIV SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE, ČAČAK, 1980.

V. Šimon^{*)}

OPTIMIZACIJA PROFILA ODVALNOG GLODALA
ZA IZRADU OŽLJEBLJENIH VRATILA^{**)}

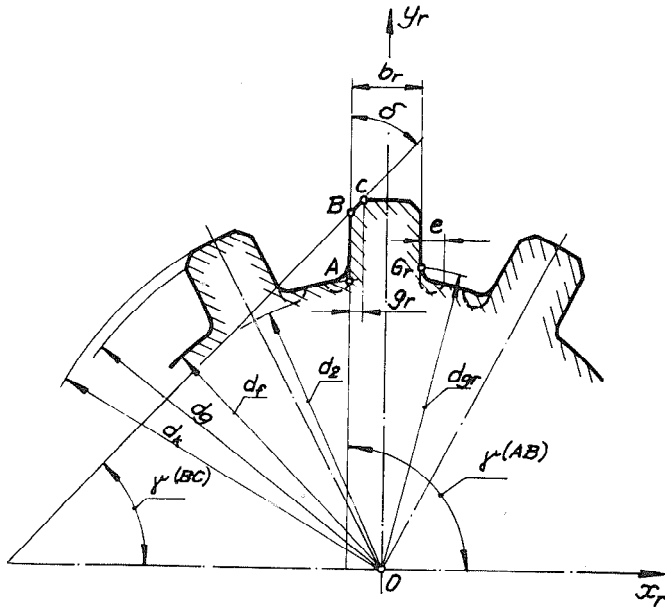
Obeležavanje

b_r	- širina zubaca vratila
d_f	- prečnik podnožnog kruga žljeba vratila
d_k	- spoljašnji prečnik vratila
g_r	- veličina obaranja ivica zubaca vratila
r	- poluprečnik kinematskog kruga
x_G, y_G	- koordinate tačaka normalnog profila generatorske površine glodala
x_r, y_r	- koordinate tačaka profila žljebova vratila
α_L	- ledjni ugao zubaca glodala po obimu
α_x	- radni ledjni ugao zubaca glodala
δ	- ugao obaranja ivica zubaca vratila

1. Uvod

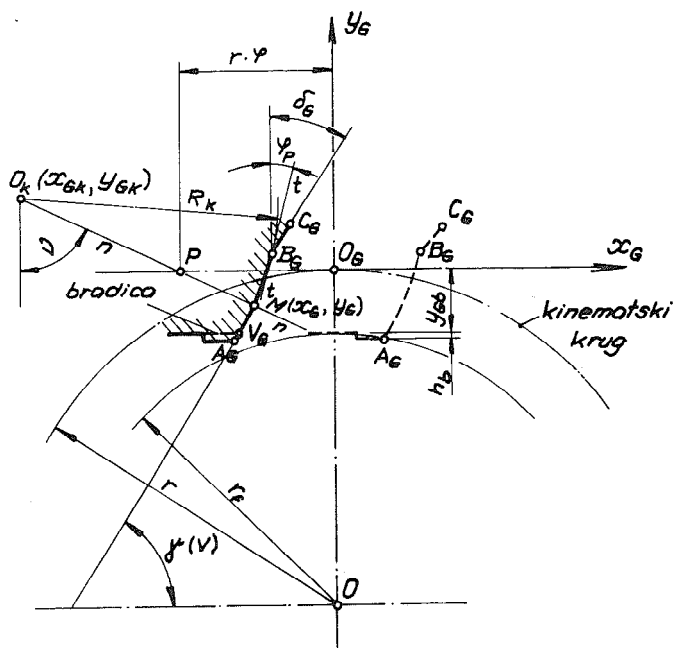
Karakterističan profil poprečnog preseka ožljebljenih vratila prikazan je na slici 1. Ivice temena zubaca su oborene, a podnožje zubaca je zaobljeno, odnosno podkopano u slučaju kada se traže pravi paralelni bokovi do podnožnog kruga prečnika d_f . Odgovarajući normalni profil generatorske površi-

^{*)} Dr Vilmoš Šimon, dipl.ing., docent Tehnološkog fakulteta u Novom Sadu,
Instituta za mehaniku u FO "Jugoslav" Novi Sad.



Slika 1. Profil žljebova ožljebljenog vratila

ne odvalnog glodala za izradu ožljebljenih vratila dat je na slici 2. Bradica zubaca glodala obezbedjuje pravolinijski bok zubaca vratila do podnožnog prečnika d_f , ali vrši podkopavanje korena tih zubaca. U slučaju zaobljenog korena teži se ka što dužem pravolinijskom segmentu radi povećanja dužine naleganja bokova zubaca vratila i čaure. Položaj prelazne tačke pravolinijskog u krivolinijski segment direktno zavisi od prečnika kinematskog kruga ožljebljenog vratila po kojem se kotrlja kinematska prava normalnog profila glodala pr generisanju boka zubaca vratila. Sa smanjivanjem tog prečnika povećava se dužina pravolinijskog segmenta profila zubaca vratila. Sa druge strane, najmanja vrednost prečnika kinematskog kruga ograničena je sa potrebom za eliminisanjem podsecanja na vrhu zubaca vratila (u okolini tačke B, slika 1), i po-



Slika 2. Normalni profil generatorske površine glodala.

2. Profil generatorske površine glodala

Odredjivanje profila odvalnih glodala za izradi ožljebljenih vratila je ravanski problem generisanja jer se vratilo može tretirati kao kružna zupčasta ploča, a glodalo kao zupčasta letva. Na taj način proračunat profil glodala je ustvari normalni profil generatorske površine glodala. Stvarni profil zubaca glodala se razlikuje od profila generatorske površine usled zavojnosti grudne površine i njihovog ledjnog ugla.

Normalni profil generatorske površine se odredjuje korišćenjem osnov-

$$\begin{bmatrix} x_G \\ y_G \\ 1 \end{bmatrix} = \vec{r}_G = M \cdot \vec{r}_r = \begin{bmatrix} \cos\phi_r & -\sin\phi_r & r \cdot \phi_r \\ \sin\phi_r & \cos\phi_r & -r \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_r \\ y_r \\ 1 \end{bmatrix}$$

(1)

$$\phi_r = \frac{\pi}{2} - (\gamma + \psi_r)$$

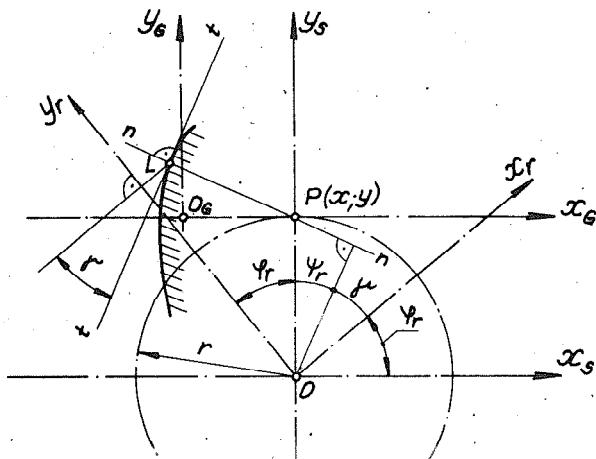
$$\cos\psi_r = \frac{1}{r} \cdot (x_r \cdot \cos\gamma + y_r \cdot \sin\gamma)$$

$$\gamma = \arctg \left(\frac{dy_r}{dx_r} \right)$$

pri čemu su za segment \overline{AB} :

$$\gamma = \frac{\pi}{2}; x_r = -\frac{b_r}{2}$$

Matrica M vrši transformaciju koordinata iz koordinatnog sistema $K_r(x_r, y_r)$ (vezanog za radni predmet) u sistem $K_G(x_G, y_G)$ (vezanog za glodalo).



Kao što je napomenuto, ako se želi eliminisati podkopavanje korena zubaca vratila, zupci glodala se izradjuju bez bradice, ali u tom slučaju se ne može obezbediti pravolinijski bok zubaca vratila na celoj dužini između tačaka A i B, koren zubaca vratila postaje zaobljen. Prečnik kruga kroz graničnu tačku pravolinijskog segmenta definisan je sledećim izrazom:

$$d_{gr} = 2 \cdot \sqrt{x_{gr}^2 + y_{gr}^2} \quad (2)$$

pri čemu se koordinate (x_{gr}, y_{gr}) računaju pomoću sledećih jednačina:

$$\begin{aligned} \vec{r}_{gr} &= M^{-1} \cdot \vec{r}_G^{(v)} \\ \phi_r &= \frac{1}{r} \cdot (x_G^{(v)} + y_G^{(v)} \cdot \operatorname{tg} \gamma_G^{(v)}) \\ \gamma_G^{(v)} &= \operatorname{arc} \operatorname{tg} \left(\frac{dy_G^{(v)}}{dx_G^{(v)}} \right) \end{aligned} \quad (3)$$

gde su:

- $x_G^{(v)}, y_G^{(v)}$ - koordinate tačke V_G profila glodala na temenu zubaca bez bradice
- $\gamma_G^{(v)}$ - ugao koje zaklapa tangenta profila glodala u tački V_G sa pravcem ose x_G . Na osnovu slike 2, $\gamma_G^{(v)} = \frac{\pi}{2} - \phi_p$, pri čemu će se način određivanja ugla ϕ_p prezentirati u sledećem odeljku

$$M^{-1} = \begin{bmatrix} \cos \phi_r & \sin \phi_r & r \cdot (\sin \phi_r - \phi_r \cdot \cos \phi_r) \\ -\sin \phi_r & \cos \phi_r & r \cdot (\cos \phi_r + \phi_r \cdot \sin \phi_r) \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Jednačine (3), slično jednačinama (1), baziraju na osnovnom zakonu sprezanja kinematskih parova. Jedina je razlika u tome, što je u ovom slučaju poznat profil glodala (tj. zupčaste letve) i određuje se generisani profil zubaca vratila (tj. zupčaste kružne ploče).

glodala. Za uslove rezanja merodavna je veličina ledjnog ugla zubaca u ravni koja je upravna na tangentu profila zubaca. Vrednost tog ledjnog ugla data je izrazom:

$$\alpha_x = \text{arc tg} (\sin \phi_p \cdot \text{tg } \alpha_L) \quad (4)$$

gde je ϕ_p ugao nagiba tangente profila zubaca glodala (slika 2).

Radi obezbedjenja efikasnog rada glodala ugao α_x mora biti veći od nule. Za potrebnu veličinu ugla ϕ_p na osnovu (4) sledi:

$$\phi_p = \text{arc sin} \left(\frac{\text{tg } \alpha_x}{\text{tg } \alpha_L} \right) \quad (5)$$

Ugao ϕ_p , pored geometrijskih parametara radnog predmeta, direktno zavisi od poluprečnika kinematskog kruga. Kako ledjni ugao α_x opada sa smanjenjem ugla ϕ_p , merodavna tačka za proračun je tačka B_G profila glodala, u kojoj ugao ϕ_p ima najmanju vrednost. Na osnovu slike 2 sledi:

$$\text{tg } \phi_p = \frac{dx_G}{dy_G} = \frac{\frac{dx_G}{dy_r}}{\frac{dy_G}{dy_r}} \quad (6)$$

Prema tome, za odredjivanje odgovarajuće granične vrednosti poluprečnika kinematskog kruga koristi se jednačina (6) u sledećem obliku:

$$F(r_{\min}) = \text{tg } \phi_p \cdot \frac{dy_G}{dy_r} - \frac{dx_G}{dy_r} = 0 \quad (7)$$

Jednačina (7) rešava se iteracijom:

$$r_{\min(n+1)} = r_{\min(n)} - \frac{F[r_{\min(n)}]}{\frac{dF[r_{\min(n)}]}{dr_{\min}}} \quad (8)$$

gde su na osnovu jednačina (1):

$$\frac{d}{dr} \left(\frac{dy_G}{dy_r} \right) = \frac{d\phi_r}{dr} \cdot \left(\frac{dx_G}{dy_r} - r \cdot \frac{d\phi_r}{dy_r} \right) + C \cdot \frac{d}{dr} \left(\frac{d\phi_r}{dy_r} \right)$$

$$\frac{d\phi_r}{dr} = - \frac{\cotg \psi_r}{r} \quad ; \quad \frac{d}{dr} \left(\frac{d\phi_r}{dy_r} \right) = \frac{d\phi_r}{dr} \cdot \left(\cotg \psi_r \cdot \frac{d\phi_r}{dr} - \frac{1}{r} \right)$$

$$\frac{dx_G}{dy_r} = \frac{dx_r}{dy_r} \cdot \cos \phi_r - \sin \phi_r + B \cdot \frac{d\phi_r}{dy_r}$$

(9)

$$\frac{dy_G}{dy_r} = \frac{dx_r}{dy_r} \cdot \sin \phi_r + \cos \phi_r + C \cdot \frac{d\phi_r}{dy_r}$$

$$\frac{d\phi_r}{dy_r} = \frac{A}{r \cdot \sin \psi_r}$$

$$\cos \psi_r = \frac{1}{r} \cdot (x_r^{(B)} \cdot \cos \gamma + y_r^{(B)} \cdot \sin \gamma)$$

$$\phi_r = \frac{\pi}{2} - (\gamma + \psi_r)$$

$$A = \frac{dx_r}{dy_r} \cdot \cos \gamma + \sin \gamma$$

$$B = r - x_r^{(B)} \cdot \sin \phi_r - y_r^{(B)} \cdot \cos \phi_r$$

$$C = x_r^{(B)} \cdot \cos \phi_r - y_r^{(B)} \cdot \sin \phi_r$$

pri čemu je $\frac{dx_r}{dy_r} = 0$ jer je segment profila \overline{AB} paralelan sa y osom.

4. Granična vrednost poluprečnika kinematskog kruga na osnovu eliminacije podsecanja zubaca vratila

Na osnovu literature [1] i [3], podsecanje profila radnog predmeta je eliminisano ako je brzina pomeranja trenutne dodirne tačke profila radnog predmeta i profila zubaca glodala, po profilu glodala, različita od nule. S obzirom da je iz aspekta podsecanja vrh boka zubaca vratila najugroženiji deo, granična vrednost poluprečnika kinematskog kruga određuje se iz uslova $\vec{v}^{(2)} = 0$ za tač-

$$\vec{v}_r^{(2)} = \vec{v}_r^{(1)} + \vec{v}^{(1,2)} = 0 \quad (10)$$

gde su:

- $\vec{v}_r^{(1)}$ - brzina pomeranja trenutne dodirne tačke profila boka zubaca vratila i profila zubaca glodala po profilu vratila
 $\vec{v}^{(1,2)}$ - relativna brzina tačaka profila zubaca vratila u odnosu na glodalo

Na osnovu jednačine (10) i slike 3 sledi:

$$\vec{v}_r^{(2)}(B) = \omega \cdot \begin{bmatrix} r \cdot \cos \phi_r^{(B)} - y_r^{(B)} \\ x_r^{(B)} - 2 \cdot r \cdot \sin \phi_r^{(B)} \end{bmatrix} \quad (11)$$

Korišćenjem uslova $\vec{v}_r^{(2)}(B) = 0$ i uvrščavanjem pojedinih veličina u jednačinu (11) dobija se sledeći izraz za određivanje granične vrednosti poluprečnika kinematskog kruga:

$$r_{\min} = \sqrt{[y_r^{(B)}]^2 + 0,0625 \cdot b_r^2} \quad (12)$$

pri čemu je $y_r^{(B)}$ definisan izrazom:

$$y_r^{(B)} = \sqrt{r_k^2 - \left(\frac{b_r}{2} - g_r\right)^2} - g_r \cdot \cot \delta \quad (13)$$

5. Optimalna vrednost poluprečnika kinematskog kruga

Od izračunatih vrednosti r_{\min} po jednačinama (7) i (12) uzima se veća. Tako određeni poluprečnik kinematskog kruga je optimalan jer daje najveću moguću dužinu pravolinijskog segmenta profila zubaca vratila, odnosno najmanju potrebnu visinu bradice, a s druge strane obezbeđuje eliminaciju podsecanja i odgovarajući radni ledjni ugao zubaca glodala.

6. Rezultati

Na osnovu prezentirane teorije sastavljen je program za digitalni

$$d_k = 41,68 \text{ mm}$$

$$g_r = 0,50 \text{ mm}$$

$$\alpha_L = 9,296^\circ$$

$$d_f = 36,56 \text{ mm}$$

$$\delta = 45^\circ$$

$$\alpha_X = 1,143^\circ$$

$$b_r = 8,58 \text{ mm}$$

Za granične vrednosti poluprečnika kinematskog kruga dobijene su sledeće vrednosti:

- na osnovu eliminacije podsecanja zubaca vratila $r_{\min} = 20,1071 \text{ mm}$,

- na osnovu obezbedjenja propisanog, minimalno dozvoljenog radnog

ledjnog ugla vratila $r_{\min} = 20,1424 \text{ mm}$ (pri čemu je $\phi_p = 7^\circ$).

Prema tome, optimalna vrednost poluprečnika kinematskog kruga vratila iznosi 20,1424 mm.

7. Zaključak

Prezentirana je metoda za optimizaciju profila odvalnog glodala za izradu ožljebljenih vratila na bazi:

1. Obezbedjenja najveće moguće dužine pravolinijskog segmenta profila boka zubaca vratila izradjenog sa odvalnim glodalom bez bradice.

2. Eliminacije podsecanja na vrhu zubaca vratila.

3. Obezbedjenja propisanog radnog ledjnog ugla podbrušenih zubaca glodala u kritičnoj tački njihovog profila.

Uspešna primena metode za proizvode RO "Jugoalat" je dokazala njenu tačnost i prikladnost za praktičnu upotrebu.

Reference

- [1] F.L.Litvin, A fogaskerékkapcsolás elmélete, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1972.
- [2] G.A.Alekszejev, V.A. Arsinov; E.A.Szmolnjikov, Forgácsolószerszámok szerkesztése és számítása, Budapest, 1952.
- [3] V.Šimon, Upotpunjenje kriterijuma podsecanja kod kinematskih parova, Tehnika, 21 (1972) 4, str.705-711.

V.Šimon

OPTIMIZATION OF HOB TEETH PROFILE FOR SPLINED SHAFT MANUFACTURE

The presented optimization of the hob teeth profile for the manufacture of parallel-sided splines is based on the following conditions:

1. The insurance of the longest possible straight-lined segment of the spline-tooth.
2. The elimination of the undercut on the top of the spline-tooth.
3. The insurance of the required effective relief angle of the hob teeth in the critical point of their profile.

The diameter of the kinematic circle due to the generation of the spline-tooth is used as the basic parameter of the optimization because the sensitivity of the corresponding hob teeth profile to that diameter.

The obtained method has been applied to the products of the company "Jugoalat" in Novi Sad, and has been found accurate and useful.

XIV SAVJETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE, ČAČAK, 1980.

D. Vukelja, A. Mišković *)

UTICAJ MEHANIČKIH I TOPLOTNIH OPTEREĆENJA NA PROMJENU
OBLIKA REZNOG KLINA **)

1. Uvod

Pod uticajem složenih opterećenja dolazi u obradnom sistemu do otkaza alata, što u cjelini nepovoljno utiče na tehnoekonomske efekte obrade metala rezanjem.

Prisutno je više vidova otkaza. Na primjer usljed habanja postepeno se gube rezna svojstva dok usljed loma i krzanja dolazi do trenutnog gubljenja reznih sposobnosti. Otkazi vezani za tačnost i kvalitet obrade pri tome zavise od više faktora.

Poznavanjem vidova otkazivanja alata omogućava određene intervencije u pogledu izbora vrste materijala alata, te eksploatacijskih uslova i same optimalne geometrije sječiva, tako da istraživanja vidova otkaza ima veliki praktični značaj.

Na ovim problemima radilo je više autora [2], [3], [5] u kojima su dati rezultati istraživanja koji se odnose na otkaze usljed habanja, krzanja i loma. U ovom radu su predloženi ti rezultati i analizuje se promjena oblika reznog klina i u vezi s tim uticaji na otkaze.

2. Analiza uzroka otkaza alata

Na površinama alata u toku procesa rezanja prisutni su složeni uslovi: visoki specifični pritisci strugotine na grudnu površinu alata, visoke temperature rezanja i trenje na kontaktnim površinama strugotine i alata i alata sa predmetom obrade.

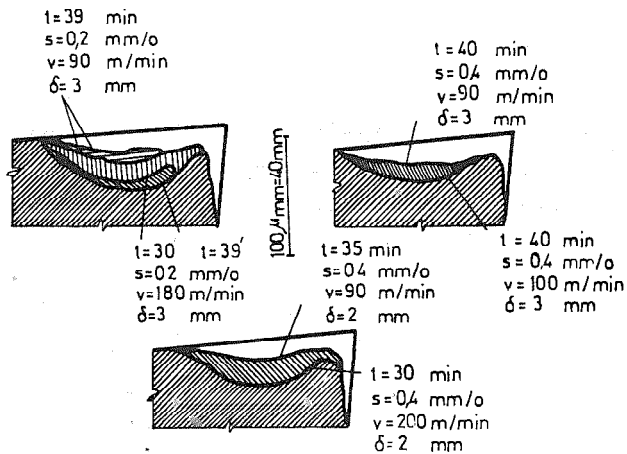
*) Dr Dušan Vukelja, dipl.ing.prof.Mašinskog fakulteta u Mostaru.

Također dolazi do postepenih oštećenja usljed habanja grubosti i ledne površine. Pri tome su prisutni sljedeći vidovi, odnosno tipovi habanja alata u opštem slučaju:

- mikro mehaničko rezanje površine alata
 - abrazivno djelovanje tarnih površina
 - adhezija
 - difuzija
 - oksidacija
 - plastično habanje - kombinovani tip habanja.
- } mehanički tip habanja
- } fizičko-mehanički tip habanja

Svi vidovi habanja nisu prisutni istovremeno. Koji će vid habanja biti prisutan u većoj ili manjoj mjeri zavisi od temperature u temperaturnom polju zone rezanja.

Usljed različitih vidova habanja oblik rezanog klina se mijenja. Izgled polaznog oblika vrha alata i kratera dobijenih pri različitim uslovima obrade prema [1] dat je na sl.1.



Sl.1.

Otkazivanje alata prouzrokovano habanjem moguće je da se iskaže preko vjerovatnoća raspodjele postojanosti u vidu jednači

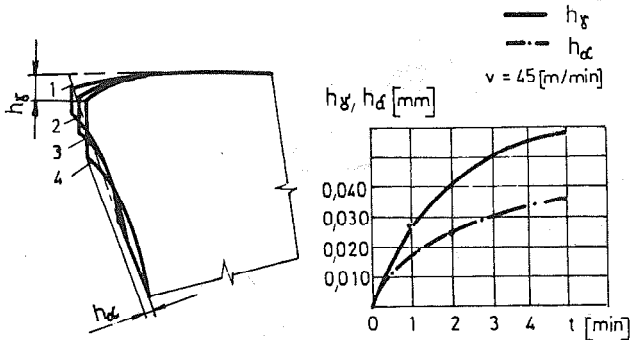
$$f(T) = \frac{1}{\sqrt{\pi}} e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{T - T_{sr}}{\delta} \right)^2} \quad (1)$$

trenutne neispravnosti alata onda se raspodjela vjerovatnoće postojanosti opisuje jednačinom:

$$f(T) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \sigma} e^{-\frac{\lambda T}{\sigma}} e^{-\left(\frac{T-T_{sr}}{\sigma}\right)^2} \quad (2)$$

3. Promjena oblika klina usljed puzanja

Praćenjem deformacija vrha preko profilograma ledne i grudne površine u normalnoj ravni (za tačno fiksiranje procesa deformacije potrebno je pratiti deformaciju u dva pravca kao što pokazuje sl.2), utvrđeno je da deformacija reznog klina predstavlja za sebe poseban proces koji može biti svrstan u kategoriju procesa puzanja.



Sl.2.

Pri određenim uslovima zagrijavanja i opterećenja reznog klina može da se dođe do procesa aktivnih promjena određenih zapremina tvrdog metala. U takvim uslovima proces habanja nalazi se u tjesnoj vezi sa procesom puzanja deformisanog tvrdog metala.

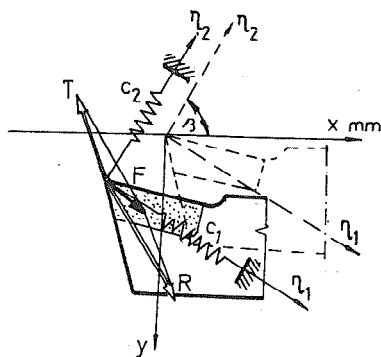
Neodgovarajuća razmjena aktivne površine habanja na lednoj površini i ravni određenom veličinom radijalnog habanja omogućava povećanje normalnih napona na dodirnim površinama. Odnos između veličine dodirne površine, sile i napona dat je jednačinom:

$$A = \frac{F}{\sigma} \quad (3)$$

4. Promjene usljed dinamičkih opterećenja

Polazeći od opštih principa mehanike, rezni dio alata u procesu rezanja nalazi se u ravnoteži pod dejstvom sila rezanja R_M , sila elastičnosti T_M . Sila elastičnosti može biti određena ako za obradni sistem eksperimentalno određeni paramettri krutosti elastičnog sistema β , C_1 , C_2 tj. pravci glavnih osa krutosti η_1 i η_2 i krutost po tim osama.

Prema [5] na slici 3 data je analiza opterećenja reznog klina u toku procesa obrade.



Sl. 3.

Za određivanje dinamičke sile F neophodno je izračunati proraštaj sile rezanja, položaj sile elastičnosti pri otklonu vrha noža od položaja ravnoteže. Taj proračun je izražen zakonitostima:

$$F_1 = R_1 + T_1; \quad F_2 = R_2 + T_2; \quad \text{odnosno} \quad F = \pm \sqrt{F_1^2 + F_2^2} \quad (4)$$

pri čemu su:

R_1 i R_2 - komponente sile rezanja

T_1 i T_2 - komponente sile elastičnosti.

Rezultujuća sila Q koja djeluje na rezni dio alata može se predstaviti kao vektorski zbir sile rezanja R_0 i dinamičke sile $\pm F$ u obliku:

$$\vec{Q} = \vec{R} \pm \vec{F} \quad (5)$$

U projekcijama na koordinate osa može se pisati da je:

- R_1 i R_2 - projekcije sila rezanja
 F_1 i F_2 - amplitudne veličine dinamičke sile
 k - osnovna frekvencija oscilatornog sistema
 τ - vrijeme rada alata
 γ_1 i γ_2 - pomjeranje.

Pri proračunu reznog dijela alata na čvrstoću neophodno je objektivno izračunati sile rezanja i dinamičke sile.

Jednačina kojom se opisuje dinamički proces u matičnom obliku glasi:

$$[K] \left\{ \ddot{q} \right\} + [M] \left\{ \dot{q} \right\} = [P(x,t)] \quad (7)$$

pri čemu je:

[K]- matrica krutosti

[M]- matrica masa

[P(x,t)]- matrica opterećenja

{q}- pomjeranje konačnih elemenata slobodnog dijela noža.

Postojanost reznog alata između ostalih faktora zavisi i od sposobnosti da očuva geometrijske parametre pod dejstvom toplotnih i mehaničkih opterećenja. Impulsi sile rezanja po svojoj prirodi su slučajni, neharmonični i ne podliježu bilo kojem drugom zakonu promjene.

Pojava impulsa sile, pri rezanju, odgovarajuće karakteristike zavisi od osobina obrađivanog materijala, makro i mikro geometrije reznog alata, režima obrade i uslova obrade.

Karakteristično je da povećanje krutosti reznog alata i predmeta obrade ne otklanja pojavu impulsa sile.

Sile rezanja u reznim elementima alata izazivaju elastične i plastične deformacije (promjene) geometrijskih parametara: ispušćenje grudne i leđne površine noža, povećanje radijalnog bacanja vlakna burgije prema osi podnožja i povećanje ugla penjanja spirale.

tvrdih metala i drugih metala istovremeno podvrgnutih dejstvu visokofrekventnih neharmoničnih impulsa.

Prema [6] taj efekat se opisuje sljedećom jednačinom kojom se izražava relativna plastična deformacija:

$$\epsilon_p = \pm \epsilon_E \sqrt{\frac{E \cdot t}{B \cdot k}} \quad (8)$$

gdje je:

- ϵ_E - relativna elastična deformacija
- E i B - normalni i trenutni moduli elastičnosti
- t - vrijeme trajanja procesa
- k - intenzitet impulsa sile.

Pozitivne i negativne vrijednosti za ϵ_p karakterišu odgovarajuću deformaciju istežanja i pritiska. Pri odgovarajućim vrijednostima ϵ_E i k i pri $t > 0$ u elementima alata javlja se plastična deformacija koja se nalazi u ovisnosti od t i mijenja se po zakonu parabole.

Pri određivanju režima obrade na operacijama sa kratkim vremenima obrade (prekidnog rezanja) neophodno je uzeti u obzir pojavu intenzivnog gubljenja stabilnosti geometrijskih parametara. Monotono povećanje plastične deformacije elastično napregnutih reznih elemenata pri dovoljno dugoj eksploataciji dovodi ka punom prelazu elastične deformacije u plastičnu pri uslovu da je $t=t_1$ odnosno kada je:

$$E t_1 = B k \quad \text{imamo} \quad \epsilon_p = \epsilon_E$$

Povišena naprezanja koja izazivaju plastičnu deformaciju reznog dijela alata mogu se predstaviti jednačinom:

$$\sigma_p = \sigma_R + \sigma_\theta \pm \sigma_k - \sigma_T \quad (9)$$

gdje je:

- σ_R - naprezanje usljed otpora rezanja
- σ_θ - toplotna naprezanja
- σ_k - naprezanja usljed impulsa sile rezanja (dinamičkih opterećenja)

U slučaju intenzivnog hlađenja vrijednost naprezanja izazvanih zagrijavanjem se smanjuju.

Vrijednost naprezanja izazvanih usljed dinamičkih opterećenja različita su od nule ($\sigma_k \geq 0$).

Pozitivna vrijednost σ_k karakterizira povećanje naprezanja deformaciji reznog dijela alata a negativna vrijednost σ_k smanjuje tok naprezanja.

Stabilnost geometrijskih parametara reznog dijela alata izražena je uslovom:

$$\sigma_p \leq \sigma_T \quad \text{ili} \quad \sigma_T \geq \sigma_R + \sigma_\theta \pm \sigma_k \quad (10)$$

Promjena lednog ugla usljed deformacije reznih elemenata može se predstaviti izrazom:

$$\Delta \alpha = - \operatorname{arc} \operatorname{tg} \frac{\sigma_p}{1 - \epsilon_p} \quad (11)$$

gdje je:

ϵ_p - relativna deformacija po dužini na lednoj površini.

5. Promjena oblika reznog klina usljed širenja pod dejstvom temperaturskog polja

Jednačina provođenja toplotne energije u zoni rezanja glasi

$$\frac{\partial}{\partial x} (\lambda_x \frac{\partial \theta}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y} (\lambda_y \frac{\partial \theta}{\partial y}) + \frac{\partial}{\partial z} (\lambda_z \frac{\partial \theta}{\partial z}) = c \rho \frac{\partial \theta}{\partial \tau} - \frac{\partial \theta}{\partial x} v \quad (12)$$

Pomoću navedene jednačine formira se funkcional u obliku:

$$\chi = \iiint_V \left\{ \frac{1}{2} [\lambda_x (\frac{\partial \theta}{\partial x})^2 + \lambda_y (\frac{\partial \theta}{\partial y})^2 + \lambda_z (\frac{\partial \theta}{\partial z})^2 + (\rho - c) \frac{\partial \theta}{\partial \tau}] \theta \right\} dV + \iint_A q \theta dA + \iint_A \frac{1}{2} \alpha (\theta - \theta_0)^2 dA \quad (13)$$

čijom se minimizacijom dolazi do rješenja za temperatursko polje.

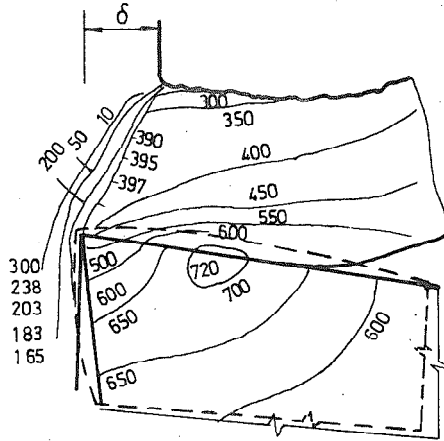
S obzirom da se analiza nestacionarno temperatursko polje, priraštaji temperatura proračunavaju se pomoću metode konačnih razlika za koje važi:

$$\theta(\bar{\tau} + \Delta \bar{\tau}) = 2\theta(\bar{\tau} + \frac{\Delta \bar{\tau}}{2}) - \theta(\bar{\tau}) \quad (14)$$

Veličina naprezanja data je izrazom:

$$\sigma = \dots \quad (15)$$

Raspored temperature u zoni rezanja je prikazan na sl.4 kao i deformacije reznog klina koje su u funkcionalnoj ovisnosti od količine generisane toplotne energije u zoni rezanja i stepena zagrijanosti. Deformacija reznog klina očituje se izduženjem slobodnog dijela alata i ispuččenjem grudne i leđne površine.



Sl.4.

Na osnovu svega toga može da se formira izraz za vjerovatnoću rada alata u obliku jednačine:

$$P(t) = 1 - \int_0^t [a_1 f_1(t) + a_2 f_2(t) + a_3 f_3(t) + a_4 f_4(t)] dt \quad (16)$$

a_1 , a_2 , a_3 i a_4 - koeficijenti koji uzimaju u obzir smanjenje, odnosno gubljenje reznih sposobnosti alata (habanje, tačnost, krzanje ili lom).

$f_1(t)$, $f_2(t)$, $f_3(t)$ i $f_4(t)$ - funkcija distribucije habanja, tačnosti krzanja ili loma respektivno.

Pouzdanost rada alata prema [3] se iskazuje jednačinom:

$$P(t) = \frac{N_0 - n_{sr} \frac{t}{\Delta t}}{N_0} \quad (17)$$

gdje je:

6. Z a k l j u č a k

Na osnovu iznijetog daju se sljedeći zaključci:

1. Promjena oblika reznog klina nastaje pod složenim uslovima koji vladaju na njegovim površinama u toku procesa rezanja.
2. Dimenzionisanje reznih elemenata alata treba da se sprovodi po kriterijumima maksimalne postojanosti alata što bi omogućilo ostvarivanje boljih tehnoeekonomskih efekata.
3. Povećanjem sposobnosti alata da očuva geometrijske parametre (oblik reznog klina), povećava se postojanost alata sa stanovišta kvaliteta obrade.
4. Definisane uzroka koji dovode do promjene oblika reznog klina alata ima za cilj optimizaciju alata s obzirom na pouzdanost rada.
5. Poznavajući raspored napona usljed otpora rezanja, toplotnih opterećenja, kao i opterećenja usljed impulsa sile omogućava provjeru stepena sigurnosti reznog dijela i upoređivanje sa preporučenim vrijednostima.

L i t e r a t u r a

- [1] D. Vukelja Prilog studiji habanja alata pri obradi rezanjem, Goriva i maziva br.6.Zagreb,1973. god.
- [2] D. Vukelja Prilog studiji praćenja veličine pohabanosti alata pri obradi metala rezanjem, XIII savjetovanje proizvodnog mašinstva, Banja Luka, 1979. godine.
- [3] D. Vukelja, S. Gajić Prilog optimizaciji reznih elemenata alata, Tehnika br. 2 Beograd, 1978. godine.
- [4] N.V. Talantov i drugi Isledovanie procesa polzučenti i razrušenja režušćej čosti instrumenta, Zbornik štatej, Nadležnost režušćevo instrumenta, Kiev, 1972.

- [6] V. I. Levin O vlijanii angarmoniĉeskih silovih impulsova na formustrojĉivost instrumenta, Zbornik šteta, Nadležnost režušćevo instrumenta, Kiev 1972. god.
- [7] V. Šolaja Korelacija habanja alata, dimenzijska taĉnost i kvalitet površine, Beograd, 1971. godine.
- [8] A. Mišković Pregled metoda za definisanje naponskog stanja u elementima sjeĉiva alata. XIII savjetovanje proizvodnog mašinstva, Banja Luka, 1979. godine.
- [9] A.P. Sinicin Metod koneĉnih elementov v dinamike saoruženij, Moskva, 1978. god.

D. Vukelja, A. Mišković

THE INFLUENCE OF MECHANICA AND THERMAL LOAD TO THE CHANGE OF SHAPE OF CUTTING KEY

The change of chape of cutting key appears under complexe condidions which are on his surface during the cutting process and have a essential infolucence to the stability of tool and working quality.

The definition of the sample which leads to the change of shape of cutting key has the aim to optimize the geometric parameters of tool regarding to safe work.

XIV SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE, ČAČAK 1980.

B. Vulićević, K.Premović*)

ANALIZA NAPONSKIH STANJA NA ULAZKOM DELU UREZNIKA**)

1. Uvod

Ureznik, kao složeni višeprofilni alat sa više ravni rezanja, izradjen iz jednog dela, koji služi za obradu unutrašnjeg navoja, u odnosu na ostale alate za obradu rezanjem, pretstavlja nezamenljiv alat čiji oblik treba još uvek usavršavati.

Analiza opterećenja ureznika može se proučavati u dva pravca - kao opterećenje čistom torzijom, gde se kao osnovni uzrok naponskih stanja u alatu uzima moment uvijanja, i složeno stanje naprezanja izazvano pored momenta uvijanja i opterećenjem po bočnoj površini alata, koga čine komponente sila na grudnoj površini alata.

Po pravilu zanemarivan uticaj bočnih opterećenja na naponska stanja ureznika, pokazao se kao neopravdan, jer današnja prisutnost intenzivnog uvodjenja automatizacije u proizvodnom procesu alata za rezanje, postavlja i nove zahteve pouzdanosti režima rada i pouzdanosti alata, pa u vezi sa tim, mora se imati jasna slika komponentnih naponskih stanja, da bi se česti lomovi i oštećenja alata mogli analizirati i sa ove tačke gledišta.

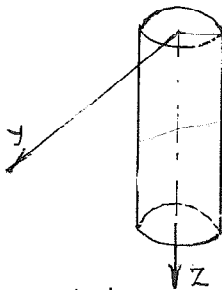
Analitičko numeričke metode za dobijanje prave slike naponskih stanja na alatima, danas su još uvek nedovoljno razvijene u ovoj oblasti. Najviše se u ovoj oblasti uradilo u SSSR, ali su modeli alata na kojima se provodio račun suviše aproksimirani, pa su samim tim i dobijeni rezultati samo aproksimativni.

*) Dr Batrić Vulićević, prof. Mašinskog fakulteta Titograd
Dr Vulićević K.Premović, dipl. inž. prof. ĐERŽAVIĆ ČAČAK

Matematički prilaz ovom problemu, u ovom radu, radjen je za konusni - ulazeći deo ureznika, koji je i najopterećeniji, imajući u vidu, da cilindrični deo ureznika trpi daleko manja opterećenja od konusnog dela, i da najčešća oštećenja ureznika se upravo javljaju u oblasti pri kraju konusnog dela.

2. Razlika između čiste torzije i opterećenja po bočnoj površini

Ispravno rešenje problema torzije prizmatičnog štapa izloženog čistoj torziji može se dobiti ako se pretpostavi da se deformacija uvijenog štapa sastoji od rotacije poprečnih preseka, i vitoperenja preseka, koje je jednako u svim poprečnim prescima.



x Pomeranja koja odgovaraju rotaciji će biti

$$u = -\Theta z y \quad v = \Theta z x$$

Vitoperenje preseka je određeno funkcijom

$$w = \Theta \Psi(x, y)$$

Imajući u vidu da su komponentne deformacije

$$\epsilon_x = \epsilon_y = \epsilon_z = \gamma_{xy} = 0$$

i da postoje samo deformacije: γ_{xx} , γ_{yz} izražene kao:

$$\gamma_{xx} = \frac{\partial w}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial z} = \Theta \left(\frac{\partial \Psi}{\partial x} - y \right); \quad \gamma_{yz} = \frac{\partial w}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial z} = \Theta \left(\frac{\partial \Psi}{\partial y} + x \right)$$

to će odgovarajući naponi imati vrednost:

$$\sigma_x = \sigma_y = \sigma_z = \tau_{xy} = 0 \quad \tau_{xz} = G\Theta \left(\frac{\partial \Psi}{\partial x} - y \right); \quad \tau_{yz} = G\Theta \left(\frac{\partial \Psi}{\partial y} + x \right)$$

Razlika između čiste torzije prethodno prikazane i opterećenja po bočnoj površini datoj u proučavanju problema Almansi-Mičela, sastoji se u pravilnom postavljanju i zadovoljavanju jednačina ravnoteže jednačina kompatibilnosti i graničnih uslova.

U specijalnom slučaju, koji odgovara modelu opterećenja kod ureznika, ovaj je problem sveden na dva zadatka: čista to-

da bi smo odredili napone $\hat{\sigma}_x, \hat{\sigma}_y, \hat{\sigma}_z, \hat{\tau}_{xy}, \hat{\tau}_{xz}, \hat{\tau}_{yz}$ potrebno je da budu zadovoljene jednačine ravnoteže

$$\frac{\partial \hat{\sigma}_x}{\partial x} + \frac{\partial \hat{\tau}_{xy}}{\partial y} + \hat{\tau}_{yz} = 0 \qquad \frac{\partial \hat{\tau}_{xy}}{\partial x} + \frac{\partial \hat{\sigma}_y}{\partial y} + \hat{\tau}_{yz} = 0$$

$$\frac{\partial \hat{\tau}_{xz}}{\partial x} + \frac{\partial \hat{\tau}_{yz}}{\partial y} = 0$$

jednačine kompatibilnosti koje transformisane imaju oblik:

$$\frac{\partial^2 \hat{\sigma}_x}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \hat{\sigma}_x}{\partial y^2} + \frac{1}{1+\nu} \left(\frac{\partial^2 \hat{\sigma}_x}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \hat{\sigma}_y}{\partial x^2} \right) = 0 \qquad 0 \equiv 0$$

$$\frac{\partial^2 \hat{\sigma}_y}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \hat{\sigma}_y}{\partial y^2} + \frac{1}{1+\nu} \left(\frac{\partial^2 \hat{\sigma}_x}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \hat{\sigma}_y}{\partial y^2} \right) = 0$$

kao i granični uslovi:

$$\bar{X} = \hat{\sigma}_x l + \hat{\tau}_{xy} m + \hat{\tau}_{xz} n$$

$$\bar{Y} = \hat{\sigma}_y m + \hat{\tau}_{yz} n + \hat{\tau}_{xy} l$$

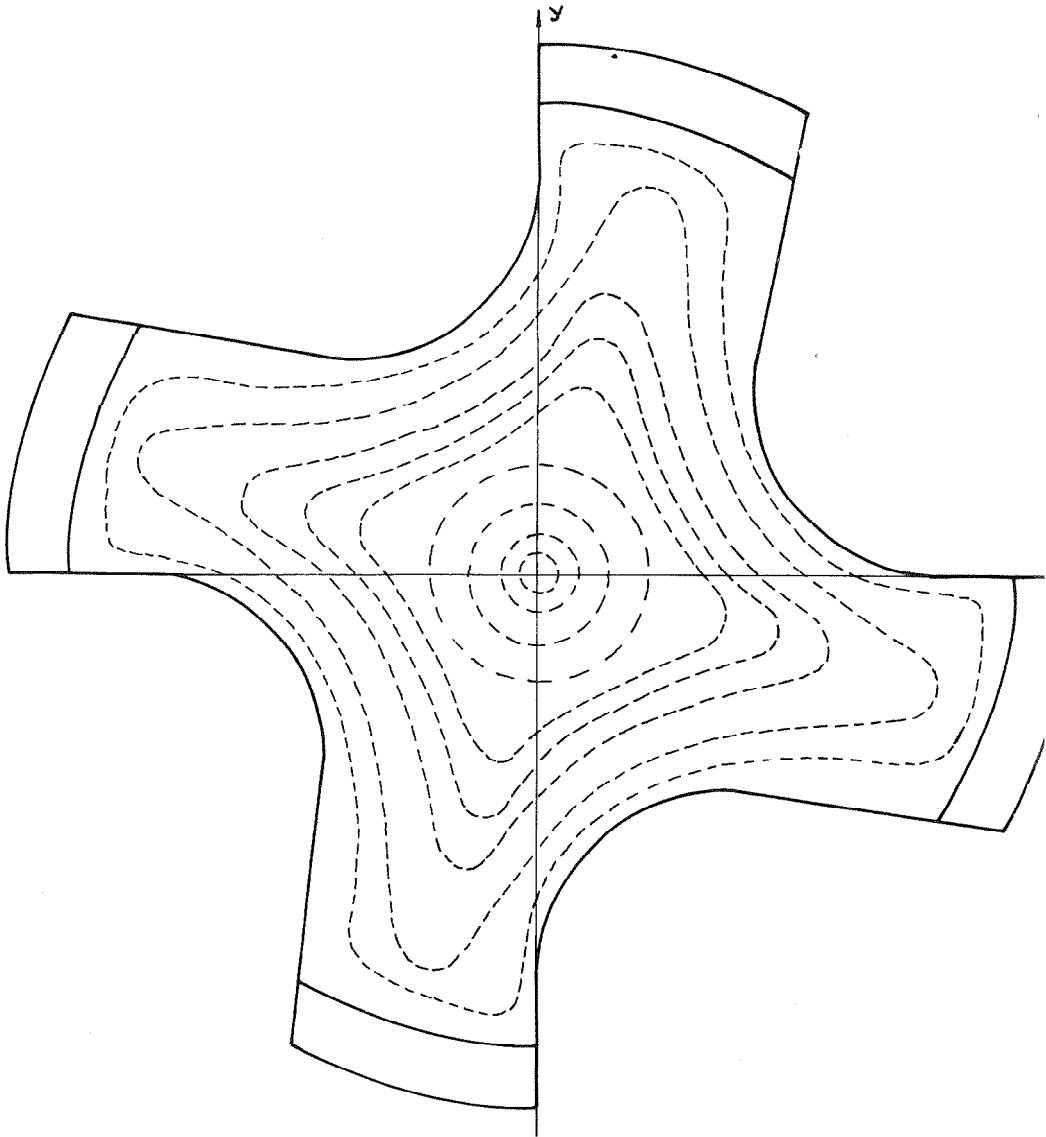
$$\bar{Z} = \hat{\sigma}_z n + \hat{\tau}_{xz} l + \hat{\tau}_{yz} m$$

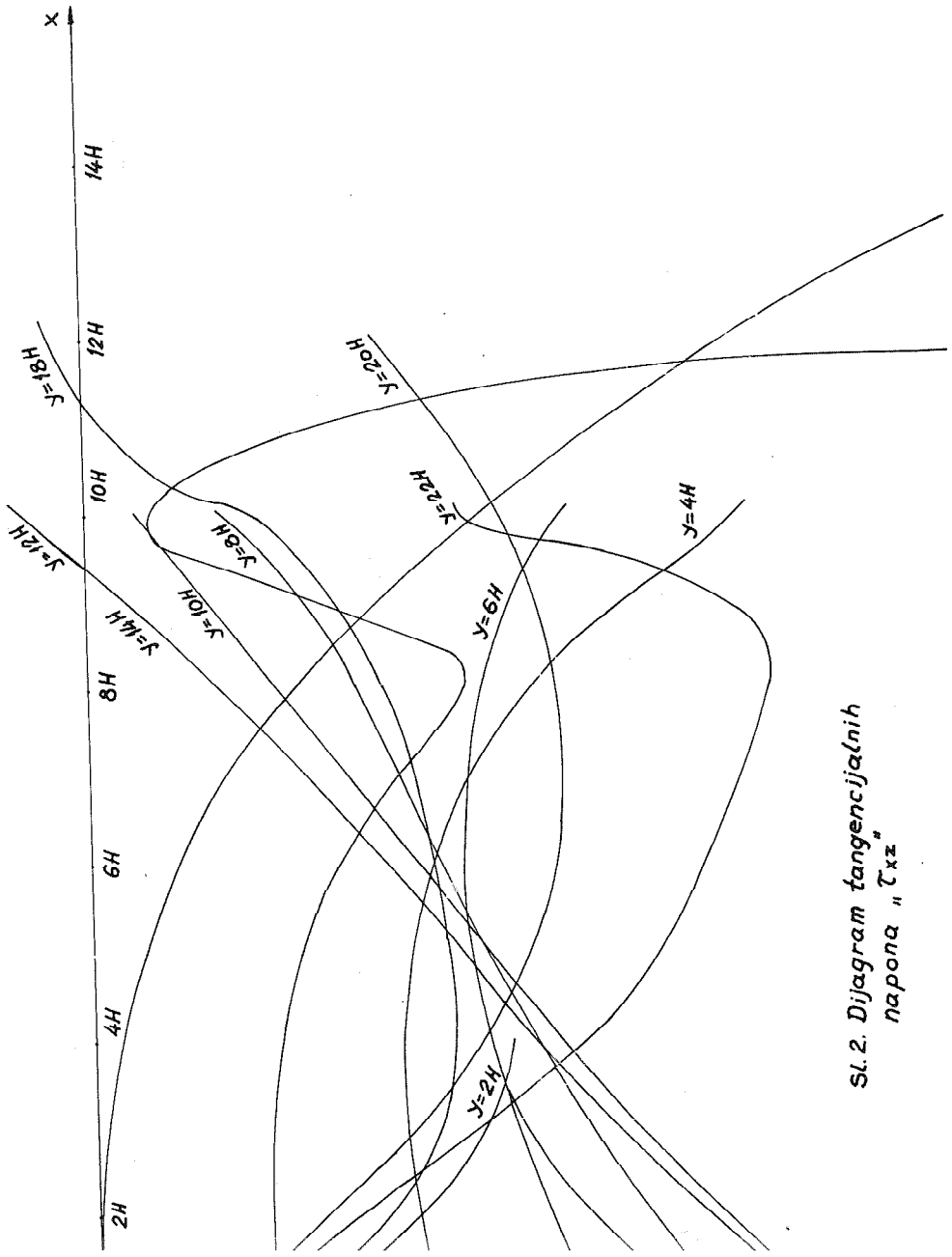
Rešavajući postavljene jednačine koristeći matematički aparat za rad na računaru dobijaju se tražene veličine iz kojih se ucrtavaju dijagrami.

Funkcija napona dobijena od momenta torzije imaće oblik prikazan na slici 1. Ekvipotencijalne linije se ravnomerno raspoređuju prateći profil alata.

Što se tiče tangencijalnih napona, slika 2, koji su dobijeni preko funkcije napona, može se videti da su naponi $\hat{\tau}_{xz}$ uglavnom negativni po čitavom preseku, što znači da je presek napregnut na pritisak, dok su naponi $\hat{\tau}_{yz}$ slika 3 u prvoj trećini preseka negativni, a zatim rastu u drugom delu preseka do maksimalnih pozitivnih veličina na zaledju zuba.

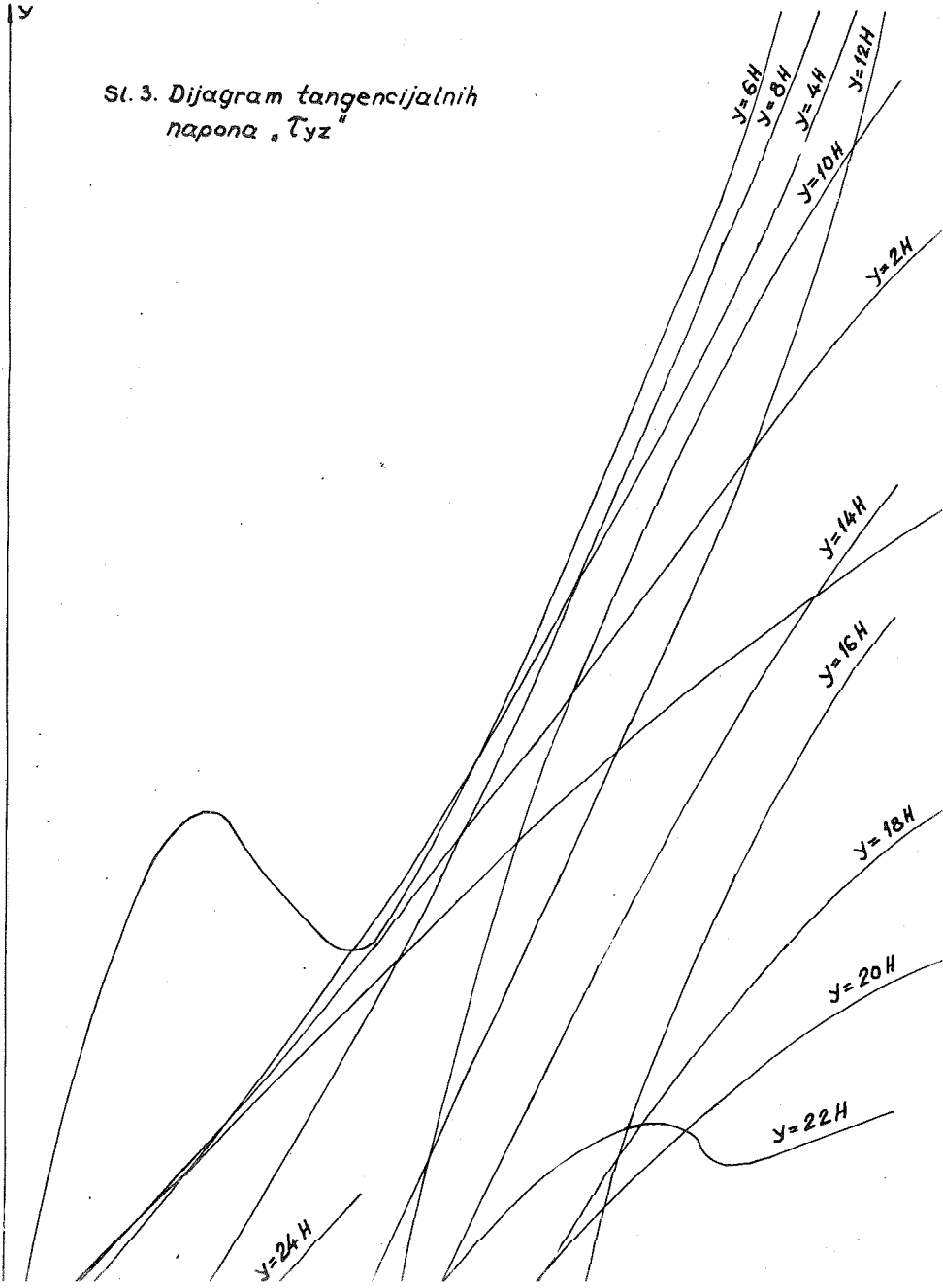
Maksimalne vrednosti ovih napona su u oblasti između 8 H i 16 H (kako se na slici vidi, a to znači neposredno u zaledju





Sl. 2. Dijagram tangencijalnih
napona " τ_{xz} "

Sl. 3. Dijagram tangencijalnih
napona „ τ_{yz} ”



$\sigma_x, \sigma_y, \tau_{xy}$ oni se takodje mogu grafički prikazati preko podataka dobijenih na računaru, i može se uočiti da njihove veličine ni u kom slučaju ne mogu biti zanemarivane.

3. Zaključak

Prema veličinama komponentnih napona dobijenih dosta složenom računskom metodom, a koji su delimično prikazani na dijagramima može se izvesti zaključak da naponi nisu ravnomerno raspoređeni po poprečnom preseku alata, i da je oblast preseka u podnožju svakoga zuba, uglavnom mesto koncentracije napona.

Konstruktivne izmene u vezi sa ovim problemom morale bi da uslede uz kompletnu analizu uticaja i ostalih faktora na funkciju samog alata.

4. Literatura

- /1/ B.Vulićević, Uvijanje prizmatičnog tijela - doktorska teza
- /2/ K.Premović, Primena računskih metoda za određivanje naponskih stanja alata - ureznika projekat; Razvoj proizvodnje reznih alata i savremenih tehnoloških postupaka u obradi metala rezanjem
- /3/ S.Timošenko, J.N.Gudier - Teorija elastičnosti
- /4/ N.N.Zorev, Voprosi mehaniki procesa rezania metalov

Summary

The analysis of voltage conditions on the cross-section of tools-cuts is made on the base of modern computing methods. Results are given on diagrams and they show the layout of voltage conditions a well.

Some constructive changes can be suggested on the base of these indicators.

XIV SAVJETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE, ČAČAK, 1980.

S. Zrnić *)

UTJECAJNI FAKTORI NA POSTOJANOST PROVLAKAČA I NA KVALITET
OBRADJENE POVRŠINE

1. Uvod

Izrada radnih predmeta metodom provlačenja predstavlja visokoproduktivan i relativno tačan način obrade materijala rezanjem, koja se obično primjenjuje za profiliranje otvora raznih oblika, kao i za obradu spoljnih profila složenih kontura. Primjena provlačenja nije rentabilna samo u masovnoj i velikoserijskoj proizvodnji već i kod maloserijske proizvodnje do 200 komada za okrugle odnosno 50 komada godišnje sa fazonskim otvorima. Po proizvodnosti provlačenje ima prednost nad drugim metodama obrade rezanja. U odnosu na obradu glodanjem provlačenje je 5-10 puta produktivnija metoda kod obrade spoljnih površina i 10-15 pa i više puta za izradu otvora bušenjem i razvrtanjem.

Za što racionalniju eksploataciju provlakača potrebno je da se proanaliziraju utjecajni faktori na proces provlačenja koji treba da obezbijede: uslove za veliku produktivnost, dobivanje tražene tačnosti i dimenzija, dobrog kvaliteta obradjene površine, kao i uslove za što veću postojanost provlakača.

Provlačenjem se vrši obrada složenog profila radnog predmeta u jednoj operaciji uz korištenje radne snage nižih kvalifikacija. Racionalnom konstrukcijom i eksploatacijom provlakača potrebno je da se utiče na dobivanje što kvalitetnije površine pri obradi uz što veću proizvodnost i postojanost provlakača.

Kao utjecajni faktori na kvalitet obradjene površine i na trajanje zuba provlakača između ostalih mogu da se navedu: svojstva

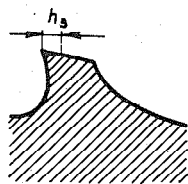
dju zuba, pravilno oštrenje zuba kao i racionalan izbor tečnosti za hladjenje i podmazivanje pri obradi.

2. Habanje zuba provlakača

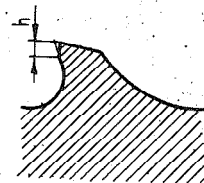
Pri obradi radnog predmeta provlačenjem u toku rada dolazi do habanja zuba provlakača. Habanje u najvećoj mjeri zavisi: od materijala alata i radnog predmeta, debljine strugotine koja se skida po zubu, brzine rezanja, uglova na grudnoj i ledjnoj površini, tečnosti za hladjenje i podmazivanje pri obradi i td.

Na slici broj 1. su prikazani slijedeći karakteristični slučajevi habanja zuba provlakača:

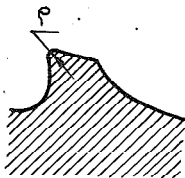
a) Habanje po ledjnoj površini koje se najčešće javlja pri obradi običnih konstrukcionih čelika i livenog gvoždja sa malim debljinama strugotine ($s_z < 0,1$ mm) kao što je prikazano na slici 1-a,



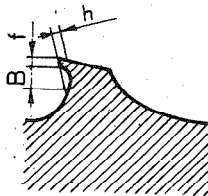
a)



b)



c)



d)

b) Habanje po grudnoj površini koje je karakteristično za veće debljine strugotine ($s_z > 0,1-0,3$ mm) kao što je i prikazano na slici 1-b, gdje postoji i mogućnost stvaranja kratera (udubljenja) posebno ako se radi sa većim debljinama strugotine ($s_z > 0,3$ mm) uz istovremenu pojavu habanja po ledjnoj površini kao što je i dato na slici 1-d,

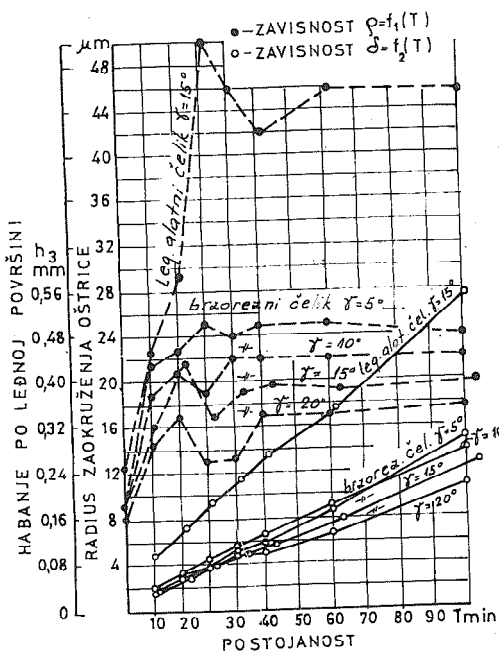
Sl.1. - Vidovi habanja zuba provlakača

provlakača sa radiusom g kao što je dato i na slici 1-c.

c) Habanje u vidu zaobljenja reznih oštrica zuba provlakača

Najčešće se pri radu javljaju istovremeno razne vrste habanja

Na slici broj 2. date su zavisnosti habanja zuba provlakača po ledjnoj površi kao i promjena radijusa zaobljenja oštrice u funkciji od vremena rada. Iz snimljenih dijagrama habanja provlakača, od legiranih alatnih čelika i brzoreznih čelika, može da se odredi postojanost provlakača. Iz slike se vidi da je habanje po ledjnoj površini proporcionalno sa vremenom obrade, da je zavisno od materijala alata kao i od njegovog grudnog ugla. Promjena radijusa zaobljenja je neravnomjerna i intenzivnija je u početnom periodu a poslije se stabilizuje. Znatno intenzivnije habanje, u smislu povećanja radijusa ρ , kod zuba provlakača od alatnog čelika pojavljuje se ne samo kao posljedica habanja zuba već i usled plastične deformacije vrha zuba. Intenzivnije habanje zuba nastaje



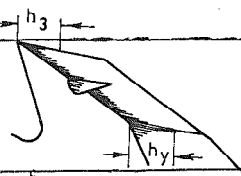
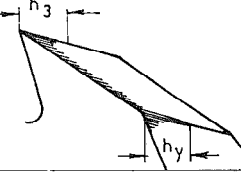
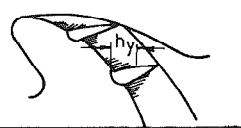
S1.2. - Krive habanja zuba provlakača u funkciji od vremena

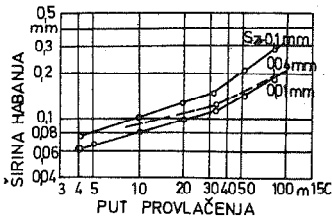
i na ugaonim prelazima.

Kao kriterijumi za pojavu zatupljenja zuba provlakača obično se uzima habanje po ledjnoj površini kao i što je dato u tabeli I pod pretpostavkom da se kvalitet površine i tačnost otvora nalazi u dozvoljenim granicama. Ovaj kriterijum nije jedini mogući kriterij za određivanje vremena kada treba provlakač da se oštiri. U proizvodnim uslovima kao mjerodavni kriterijumi zatupljenja uzimaju se i tehnološki faktori: potreban kvalitet površine na radnom predmetu, sila provlačenja i pojava naslaga na grudnoj površini zuba provlakača. Na proces habanja veliku ulogu imaju i režimi obrade, debljina strugotine, brzina rezanja kao i razvijena toplota u zoni rezanja. Ovi faktori su sljedeće vrijednosti srednjeg perioda pos-

- b) za okrugle provlakače, srednjih prečnika, $T=180$ min. za rad predmete od čelika i $T=270$ min. za LG,
 c) za provlakače žljebastih profila: $T=420$ min. za obradu čeli $T=600$ min. za obradu LG.

TABELA I

TIP PROVLAKAČA	NAČIN HABANJA	HABANJE	
		OŠTRICA	PO LEDJN. POVRŠINI
KLINASTI		0,1-0,15	0,3-
ŽLJEBASTI		0,1-0,15	0,3-
OKRUGLI		0,1-0,15	0,2-



Sl.3.-Utjecaj debljine strugotine na habanje ledjne površine

Na slici broj 3. je prikazana funkcionalna zavisnost medju habanja po ledjnoj površini zuba, debljine strugotine s_z i ta provlakača kod srazmjerno većih brzina rezanja $v = 30$ m/min. provlakač od brzoreznog čelina ($\alpha = 2^\circ$, $\gamma = 15^\circ$, $t=12,5$ mm) hladnog i podmazivanog sa uljem za rezanje.

3. Utjecajni faktori na kvalitet površine kod obrade provlačenje

Zahtjev za visokim kvalitetom površine radnog predmet dobivenim metodom provlačenja, je jedan od osnovnih zahtjeva koj se postavlja pri obradi na osnovu čega se razlikuje:

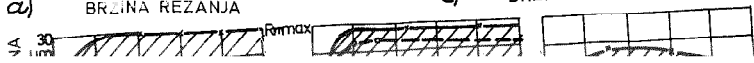
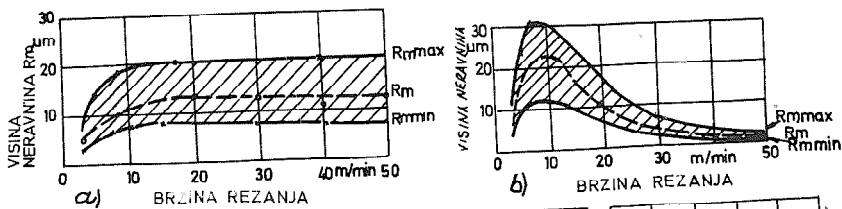
- a) gruba obrada sa $R_z=10,3 - 20 \mu\text{m}$,
 b) obrada sa većom čistoćom sa $R_z=3,1 - 5,8 \mu\text{m}$,
 c) veoma čista obrada sa $R_z = 1 - 2 \mu\text{m}$.

- 2) provlakač (materijal provlakača, geometrija sječiva, konstrukcija provlakača),
- 3) alatna mašina (područje brzine, snaga, statička krutost),
- 4) pomoćni pribor za stezanje radnog predmeta,
- 5) parametri obrade (potrebna brzine, debljina strugotine, podmazivanje i hladjenje pri obradi).

Za obezbjeđenje visoke proizvodnosti uz istovremeno održavanje kvaliteta obradjene površine potrebno je da se obezbijede dobra rezne svojstva oštrica zuba provlakača pravilnim izborom materijala alata, uglova rezanja, kvalitetnom izradom površina zuba, razmještajem strugotine u kanalima između zuba, blagovremenim oštrenjem zuba kao i racionalnim izborom tečnosti za hladjenje i podmazivanje. Na neke od utjecajnih parametara na kvalitet površine ćemo posebno da se osvrnemo:

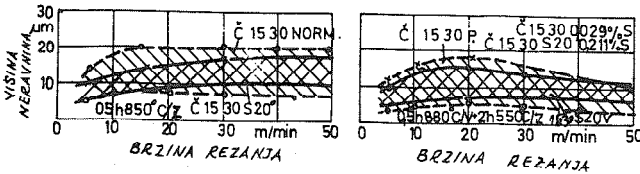
3.1. Utjecaj materijala radnog predmeta na kvalitet površine

Na slici broj 4. prikazani su uticaji strukture materijala na kvalitet površine pri obradi u funkciji od brzine rezanja kod provlačenja čelika Č.1530. Provlakač je od brzoreznog čelika ($\alpha = 2^\circ$, $\gamma = 15^\circ$, $s_z = 0,04$ mm, $t = 12,5$ mm) i hladjen je sa uljem za rezanje. U primjeru 4-a Č.1530 je u normaliziranom stanju zagrijavan na 1123°C u vremenu 30 minuta, i lagano hladjen na vazduhu sa $\sigma_m \approx 660$ N/mm². Čelik Č.1530 pod 4-b je meko žaren na 993°K u vremenu 72 sata i lagano hladjen u peći sa $\sigma_m \approx 510$ N/mm². Na slici 4-c i 4-d čelik Č.1530 je žaren na grubo zrno na 1323°K u vremenu 2,5 sati a zatim u primjeru 4-c hladjen na vazduhu sa $\sigma_m \approx 680$ N/mm² dok je kod 4-d hladjenje bilo u peći sa $\sigma_m \approx 550$ N/mm². U primjeru 4-e Č.1530 j



u poboljšanom stanju zagrijavan na 1153°K u vremenu 30 minuta, hladjen u vodi zatim ponovo zagrijavan na 823°K u vremenu od 2 sata zatim lagano hladjen na vazduhu.

Veliki utjecaj na kvalitet obradjene površine ima i sadržaj ugljika. Poboljšanje kvaliteta površine može da se postigne



i malim dodatkom sumpora u sastav. Mangan sulfid ako se dodaje pri podmazivanju alata pri obradi smanjuje trenje. Na slici broj 5. se vidi da sa povećanjem sadržaja

Sl.5. - Utjecaj sumpora na kvalitet površine kod provlačenja sa povećanim brzinama rezanja

sumpora u čeliku može smanjiti hrapavost i do 30%. Obradom radnih predmeta raznih materijala u širokom opsegu brzina (od 1-100 m/min) postoje različiti uticaji na habanje provlakača. Poseban je slučaj habanja provlakača pri obradi teško obradivih nehrdajućih (HB=220-230), vatrootpornih perlitnih (HB=269-337) i austentnih (HB=229-250) čelika, kao i legura na osnovi nikla (HB=375-400) i titana koji u svome sastavu imaju veće količine karbidnih elemenata. Veoma niska postojanost provlakača pri obradi nekih od ovih materijala vezana je za povećanje fizičko-mehaničkih svojstava kao i prisutnosti u sastavu tih legura elemenata koji se nalaze i u provlakaču što povećava i adheziono habanje zuba provlakača.

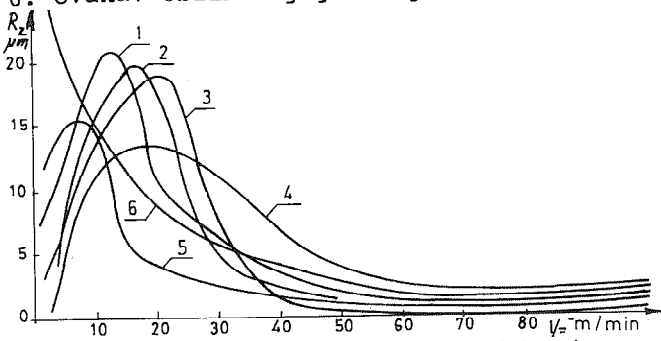
Velik utjecaj na kvalitet površine i na habanje alata pri provlačenju ima i toplota koja se razvija u zoni rezanja za razne vrste materijala. Kod obrade perlitnih i austentnih čelika otpornih na toplotu sa brzinama provlačenja do 30 - 50 m/min. i debljinama strugotine do 0,05 temperatura obično ne prelazi 673°K - 973°K dok se kod obrade legura koje u sebi imaju u osnovi nikl obrada vrši sa malim brzinama rezanja (do 2-4 m/min) a temperatura u zoni rezanja iznosi 1023°K - 1073°K . Od temperature u zoni rezanja zavisi habanje i postojanost provlakača, a time i kvalitet obradjene površine.

obradjuje: vatrootporni perlitni čelici sa brzinama $v=10-14$ i $28-32$ m/min., austenitni čelici sa $v=12-18$ m/min. dok se za obradu legura na niklovoj osnovi brzine rezanja ne smije prekoračiti $0,5-1$ m/min., a kod provlakača od tvrdog metala obrada perlitnih i austenitnih vatrootpornih čelika može se vršiti i sa brzinama $v=30-50$ m/min., a legura na niklovoj osnovi sa $v=2-10$ m/min.

3.2. Utjecaj brzine rezanja na kvalitet površine

Brzina provlačenja u opsegu od $v=1-100$ m/min. veoma mnogo utiče na kvalitet obradjene površine, kao i na ostale karakteristike procesa provlačenja.

Zavisnost izmedju kvaliteta površine i brzine rezanja za konstrukcione i vatrootporne čelike i legure prikazana je na slici 6. Ovakav oblik dijagrama je usled pojave naslaga na zubima prov-

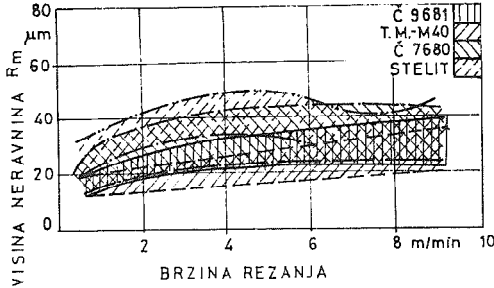


Sl.6. - Zavisnost hrapavosti od brzina provlačenja pri obradi konstrukcionih i vatrootpornih čelika

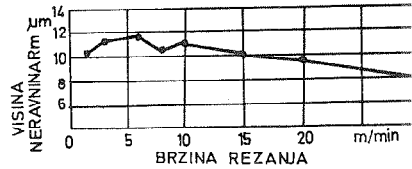
lakača. Pri brzinama provlačenja izmedju $v=10-30$ m/min. pojavljuju se najveće visine hrapavosti površine. Pri obradi vatrootpornih čelika koji imaju povišenu tvrdoću i viskoznost u odnosu na konstrukcione čelike (4) krive (1, 2, 3. i

5.) su više sabijene i maksimumi su pomjereni prema manjim brzinama rezanja. Drugačiji karakter ima kriva (6) koja odgovara provlačenju visoko-ugljeničnih čelika sa strukturom zrnastog perlita.

Povećanjem brzine rezanja ($15 - 40$ m/min.), dolazi do smanjenja hrapavosti površina radnih predmeta što je posljedica nestajanja naslaga usljed povećanih temperatura sa kojim dolazi i do promjene u površinskom sloju kao što je na pr. smanjenje mikro-tvrdoće i sl.



Sl. 7. - Utjecaj brzine rezanja na kvalitet površine kod obrade Č.1530 raznim vrstama materijala provlakača



Sl. 8. - Utjecaj brzine rezanja na kvalitet površine livenog gvoždja sa provlakačem od tvrdog metala

riste brzorezni čelici, a u znatno rjedjim slučajevima steliti i tvrdi metali. Na slici 7. su prikazani utjecaji vrsta materijala za izradu provlakača na kvalitet površine u zavisnosti od brzine rezanja. Provlakači su izradjeni sa: $\alpha = 2^\circ$, $\delta = 15^\circ$, $s_z = 0,05$ mm. Iz ove slike se vidi da se bolji kvaliteti površina postižu kod provlakača od brzoreznog čelika Č.9681 i tvrdog metala M-40. Kod manjih površina reznih ivica zuba provlakača od stelita dobivaju se lošiji kvaliteti površina. Za dobivanje kvalitetnijih površina provlačenjem mogu se upotrijebiti samo brzorezni čelici i tvrdi metali. Na slici 8. je prikazana zavisnost kvaliteta površine od brzine rezanja sa provlakačem od tvrdog metala za obradu livenog gvoždja.

3.4. Utjecaj debljine strugotine na kvalitet obradjene površine

Na slici 9. je prikazan utjecaj debljine strugotine na kvalitet površine dobivene provlačenjem radnog predmeta od Č.1530 u poboljšanom stanju. Provlakač je od brzoreznog čelika ($\alpha = 2^\circ$, $\delta = 15^\circ$, $t = 12,5$ mm) i u toku rada je hladjen sa uljem za rezanje. Iz slike se vidi da se za kvalitetnije površine koriste manje debljine strugotine.

$f_s =$

$f_s = 0,01$ mm

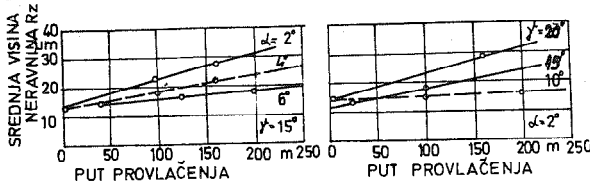
$s_z = 0,04$ mm

$s_x = 0,1$ mm

Debljina strugotine s_z ima veliki utjecaj na habanje zuba provlakača a time i na njegovu postojanost. Kod većih brzina rezanja pri obradi konstrukcionih čelika s_z se može povećati i do $s_z=0,2-0,3$ mm dok se pri obradi vatrootpornih čelika nesmije prijeći vrijednost $s_z=0,03-0,07$ mm.

3.5. Utjecaj geometrije alata na kvalitet površine dobiven provlačenjem

Na slici 10. je prokazana funkcionalna zavisnost izmedju kvaliteta površine grudnog i ledjnog uglu zuba provlakača i njegovog puta.

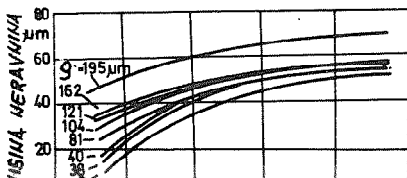


S1.10. - Zavisnost izmedju kvaliteta površine, reznih uglova zuba provlakača, puta

Rezni uglovi se biraju prema vrsti materijala koji se obrađuje. Mali grudni uglovi pri obradi, specijalno viskozni čelika dovodi do povećanja deformacije strugotine,

njenog nepravilnog savijanja te i do izbijanja čestica metala iz obradjene površine stvarajući takve riseve koji se ne mogu skinuti kalibrirajućim zubima. Kod obrade sa velikim grudnim uglom krtih i visokootpornih materijala negativno utiče na kvalitet površine jer zubi provlakača kao da trgaju metal. Mali ledjni uglovi omogućavaju stvaranje naslaga na ledjnoj površini što dovodi do smanjenja kvaliteta površine.

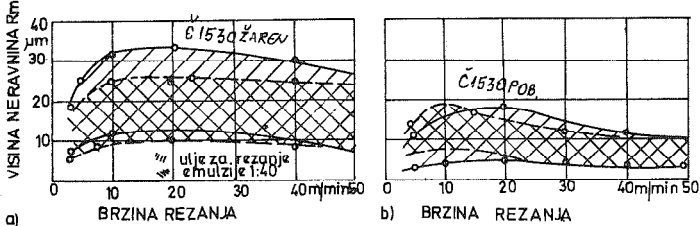
Na kvalitet obradjene površine velik utjecaj ima i radijus zaobljenja ρ oštrice provlakača kao što se vidi i na slici 11.



3.6. Utjecaj sredstava za hladjenje i podmazivanje na kvalitet površine

Na slici 12. je prikazao

brzoreznog čelika kod obrade Č.1530 za slučajeve: grubozrnaste



strukture pod 12
i pod 12-b isti
čelik u poboljša
nom stanju. Bolj
rezultati na kva
litet površine p
stiže se kod pri
jene emulzije 1:

Sl.12. - Utjecaj brzine rezanja na kvalitet površine kod provlačenja Č.1530 sa razl.sred.za hladj.i podmazivanje nego ulja za rezanje posebno za brzine rezanja do 25 m/min.

3.7. Zaključak

Iz prikazanog se može zaključiti da postoji veoma mnogo utjecajnih faktora na postojanost provlakača i na kvalitet obradjene površine. Pri konstrukciji provlakača i racionalnoj njegovoj eksploataciji treba težiti optimalnim rješenjima izbora režima obrade uz dobivanje što kvalitetnije obradjene površine uz smanjeno habanje provlakača i povećanje produktivnosti.

Reference

- /1/ M.N.Larin i dr., Visoko proizvodiljnije konstrukciji protje žek i ih racionaljnaja eksploatacija - Gosudarstvennoe naučno-tehničeskoe izdateljstvo mašinstroiteljnoi literaturi, Moskva 1960.
- /2/ P.I. Jaščericin, M.L. Eremenko, N.I. Žigalo, Osnovi rezania materialov i režuščij instrument izdateljstv "Višejšaja škola", Minsk 1975.
- /3). Degner / Böttger, Handbuch Feinbearbeitung, Carl Hanser Verlag Müncher, Wien 1979.

S. Zrnić

ВЛИЯТЕЛЬНЫЕ ФАКТОРЫ НА УСТОЙЧИВОСТЬ ПРОТЯЖКИ И НА КАЧЕСТВО ОБРАБОТАННОЙ ПОВЕРХНОСТИ

В работе анализированы факторы влияющие на процесс протягивания в целях получения чем более качественной обработанной поверхности с повышенной производительностью и устойчивостью протяжек для различных видов материалов для инструментов и заготовок.

Показаны виды износа зуба затыжки, а также влияния: материала заготовки и затыжки, скоростного резания, геометрических элементов зуба затыжки, толщины стружки и средств охлаждения и смазки на качество поверхности.

XIV SAVETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE, ČAČAK, 1980.

S. Živanović *)

USAVRŠAVANJE PROCESA PROSJEKANJA I PROBIJANJA
KROZ PRIMJENU TEORIJE DVOJNOG OPTIMUMA **)

1. Uvod

Problem postojanosti i vijeka reznih elemenata alata za prosjecanje i probijanje predmet je mnogobrojnih istraživačkih radova, prije svega u zemljama sa visoko razvijenim proizvodnim mašinstvom. Iako ovi radovi nisu dosada donijeli zadovoljavajuće rješenje tog problema u smislu optimalnog projektovanja alata u odnosu na trajnost, ipak veoma dobro odredjuju njegovu složenost i značaj.

Složenost problema trošenja se reznih elemenata alata za prosjecanje i probijanje proizilazi iz sadejstvovanja mnogih činioca koji utiču na intenzivnost trošenja.

Izrada metode projektovanja koja bi bila povezana sa trošenjem mora se zasnivati na teoretskim razmatranjima, koja treba da se odnose na osnovne postavke za proračun kao i na usmjeravanje laboratorijskih istraživanja. Ipak laboratorijska istraživanja moraju sačinjavati dominirajući proces u obradivanju ovog problema.

Na osnovu dosadašnjih uočavanja može se konstatovati da postojanost alata u procesu prosjecanja i probijanja zavisi od činioca povezanih sa materijalom, parametrima razdvajanja, kao i od činioca povezanih sa konstrukcijom, tehnologijom i uslovima

*) Dr Stevan Živanović, redovni profesor Mašinskog fakulteta

eksploatacije alata i prese.

U poslednje doba vršena su istraživanja, koja imaju za cilj prije svega određivanje zavisnosti izmedju rada plastičn deformacije pri jednoosnom razvlačenju i prosjecanja u određenim uslovima, kao i izbor odgovarajuće metode mjerenja koeficijenta trenja i prosti način određivanja zavisnosti izmedju rad trenja i trošenja reznih elemenata alata.

Znajući vrijednost ovih činioca predlaže se /8/ da se jedinično trošenje "z" čeone površine alata u njenoj proizvoljnoj tački za vrijeme jednog radnog ciklusa proračunava po obrascu

$$Z = A \int_0^{B\varphi_{rk}} \left[\frac{1 + \operatorname{tg}^2(2\alpha + 2S)}{1 + \operatorname{tg}^2 2\alpha} - 1 \right] a \varphi_r^n d\varphi_r$$

iz koga proizilazi da je trošenje alata u toliko manje ukoliko je manji koeficijent trenja i rad plastične deformacije za vrijeme prosjecanja, koji u određenim uslovima može biti predstavljen radom plastične deformacije u procesu jednoosnog zatezanja. Ova konstatacija potvrđuje zapažanja da je za isti materijal, debljinu i dužinu prosjecanja maksimalna sila prosjecanja skoro proporcionalna radu plastične deformacije. A iz toga slijedi da maksimalna sila prosjecanja direktno utiče na intenzivnost trošenja reznih elemenata alata za prosjecanje i probijanj

Razmatrajući problem trošenja alata za prosjecanje kao funkciju više promjenljivih može se pretpostaviti da je i ona, slično mnogim drugim koje opisuju prirodne fenomene, višekretna funkcija. Ovo vodi ka selekciji ekstrema u cilju izrazitijeg sagledavanja svojstava efekata postignutih rezultata proces

U ovom radu se polazi od ove postavke sa ciljem iznalaže-

problem može analizirati kroz primjenu teorije dvojnog optimuma. Znači da se u dotičnom fenomenu moraju, sa stanovišta posmatranih parametara (trošenja i kvaliteta izradka), pojaviti dve prihvatljive ekstreme. U tome se i sastoji suština originalnosti ovog rada, kojim se želi dati doprinos usavršavanju procesa prosjecanja i probijanja kroz optimalnije projektovanje alata za te procese.

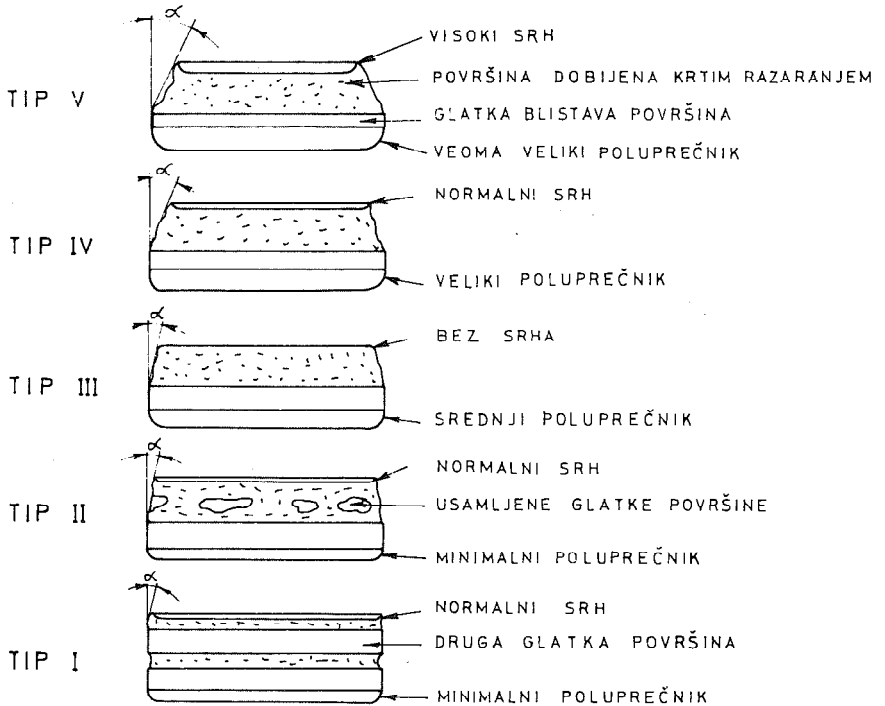
2. Istraživanja zasnovana na teoriji dvojnog optimuma

Suština teorije dvojnog optimuma sastoji se u razmatranju nekog problema uz davanje u jednom trenutku prioriteta jednom izlaznom parametru uz zadovoljavajući nivo drugog značajnog izlaznog parametra, a u drugom trenutku davanje prioriteta onom drugom, u prvom trenutku drugorazrednom izlaznom parametru, uz zadovoljavajući nivo onog u prvom trenutku prioritetnog parametra. Znači da u razmatranju dva izlazna parametra postoje dva optimuma, tj. optimalna rješenja, odatle i naziv "teorija dvojnog optimuma", koji autor po prvi put predlaže u ovom radu.

Istraživanje treba da olakša izbor konstrukcionog rješenja alata za prosjecanje i probijanje, a samim tim da pruži mogućnost konstruktoru svjesnijeg izbora svojstava svoje konstrukcije, tj. da je prilikom izbora svjesan posljedica svoje odluke. To znači da će već prilikom koncipiranja imati jasnu predstavu o uticaju njegovog izbora na vijek trajanja alata kao i na kvalitet izradka. Ova dva parametra i sačinjavaju suštinu stvaralačke aktivnosti procesa konstruisanja te vrste alata. Obzirom na znatno učešće troškova alata za prosjecanje i probijanje u opštim troškovima proizvodnje izradka, problem trajnosti alata posjeduje prvorazredni značaj. Stoga je on bio i jeste nadalje predmet mnogobrojnih istraživanja u svjetskim razmjerama.

Kao što je već bilo napomenuto, trajnost alata može biti posmatrana kroz veličinu maksimalne sile prosjecanja, što se i

prosječenih izradaka pri klasičnom prosjecanju (bez naknadnog pritiska u zoni prosjecanja) na pet tipova, koji su prikazani na sl.1.



Sl. 1. Pet tipova kvaliteta prosječenih izradaka

Tipovi su u funkciji zazora i materijala, kao što to pokazuje tabela 1.

T a b e l a 1.

Materijal

Zazor /u procentima od debljine lima/

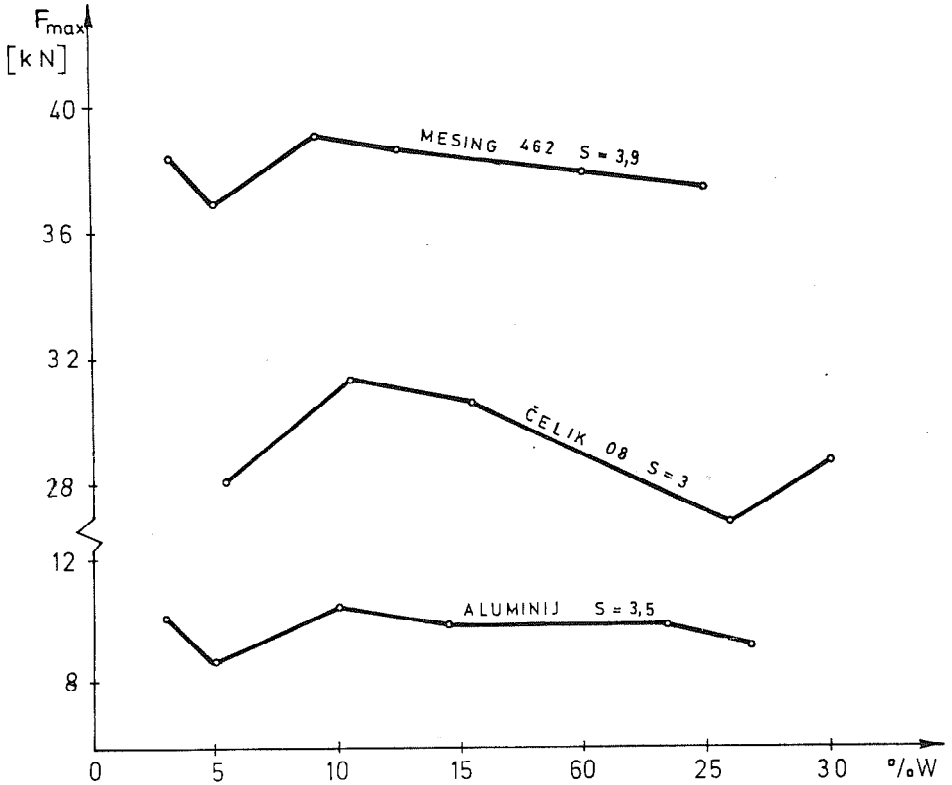
obratke

Neredjajući čelici	1,5	4	10	13	23
Meki čelici	2	6	8	12	21
Mesing tvrdi	0,8	4	7	10	24
Mesing meki	1	2,5	6	9	21
Aluminij tvrdi	1	6	10	15	20
Aluminij meki	1	3	7	9	17

Posmatrajući zapažanja izneta u tabeli 1. nameće se pitanje šta je sa silom u području tipa III kao veoma specifičnog, obzirom da je jedino taj tip izradka skoro bez srha (grata). Ovo pitanje navelo je autora ovog saopštenja da prilikom istraživanja obrati specijalnu pažnju ovom zazorskom području. To je podstaklo ideju o postojanju u tom području neke ekstreme, koju dosada nisu uočili istraživači procesa prosjecanja. Istraživanja koja je autor izvršio početkom 1980. godine pokazala su opravdanost takve pretpostavke, koja se uklapa u teoriju dvojnog optimuma. O rezultatima tih istraživanja biće rječi nešto kasnije, nakon razmatranja dosadašnjih istraživanja (svjetskih) u području zavisnosti maksimalne sile prosjecanja od zazora.

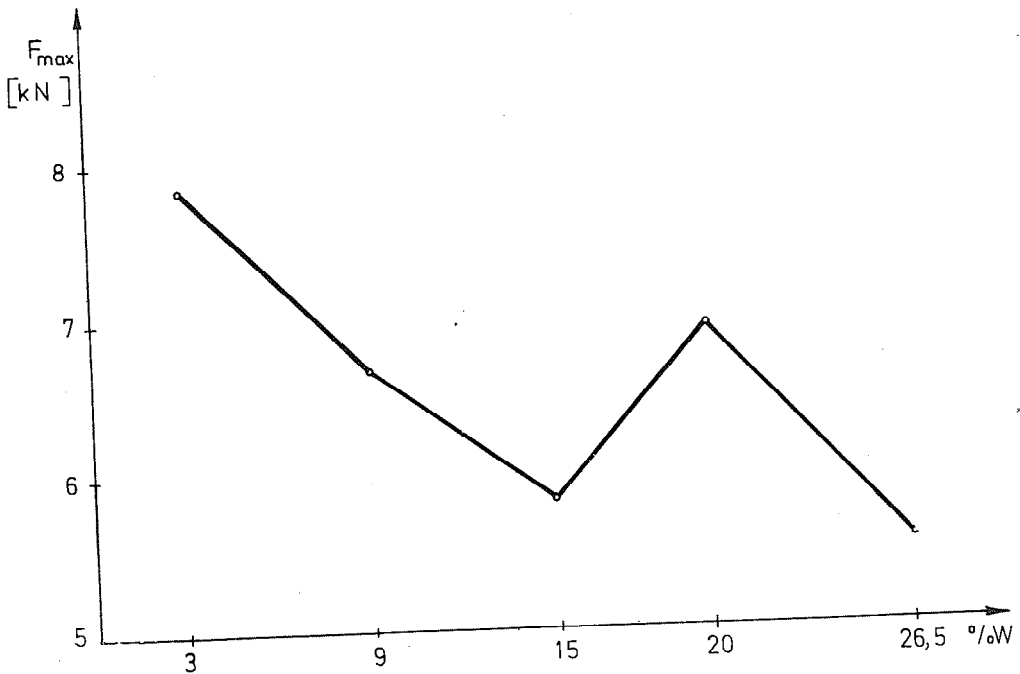
Čudakov /1/ u svom disertacionom radu, objavljenom 1958. godine prikazuje uticaj zazora na maksimalnu silu prosjecanja za tri vrste materijala, pri čemu konstatuje da je vršena promjena brzine deformisanja u intervalu od 0,05 do 0,25 m/s. Prečnik otvora u reznoj ploči iznosio je $d_m = 16,09$ mm. Istraživanja su vršena na mehaničkoj presi tipa KN -15 sa maksimalnim pritiskom 15 t, sa 108 hodova u minuti i maksimalnom brzinom pritiskača 0,13 m/s. Vrsta i debljina materijala, kao i rezultati navedeni su na sl.2.

ru od 5 % (za čelik to nije prikazano).



Sl. 2. Čudakov dijagram (1958) uticaja zazora na maksimalnu silu prosjecanja

Mihalenko /12/ u svojoj publikaciji iz 1976. godine takođe prikazuje rezultate istraživanja uticaja zazora na maksimalnu silu prosjecanja za čelični lim 08 - OM, koji bi približno odgovarao našem limu Č 0148. Rezultati ovih istraživanja su prikazani na sl.3. Eksperimenti su vršeni na mehaničkoj presi sa 275 hodova na minutu, međjutim ne iznosi se brzina deformisanja. Navedeni autor ističe u tekstu postojanje donje ekstreme za ovu vrstu čelika u području zazora od 13 do 17 %. Navodi da su pri



Sl. 3. Mihalenkov reducirani dijagram (1976) uticaja zazora na maksimalnu silu prosjecanja

mu u području zazora između 6 i 10 %, to jest da je tu ekstr
prosto zaobišao u svojim eksperimentima. Ovu ekstremu nisu uo
li ni drugi istraživači koji su se bavili problemom zazora.

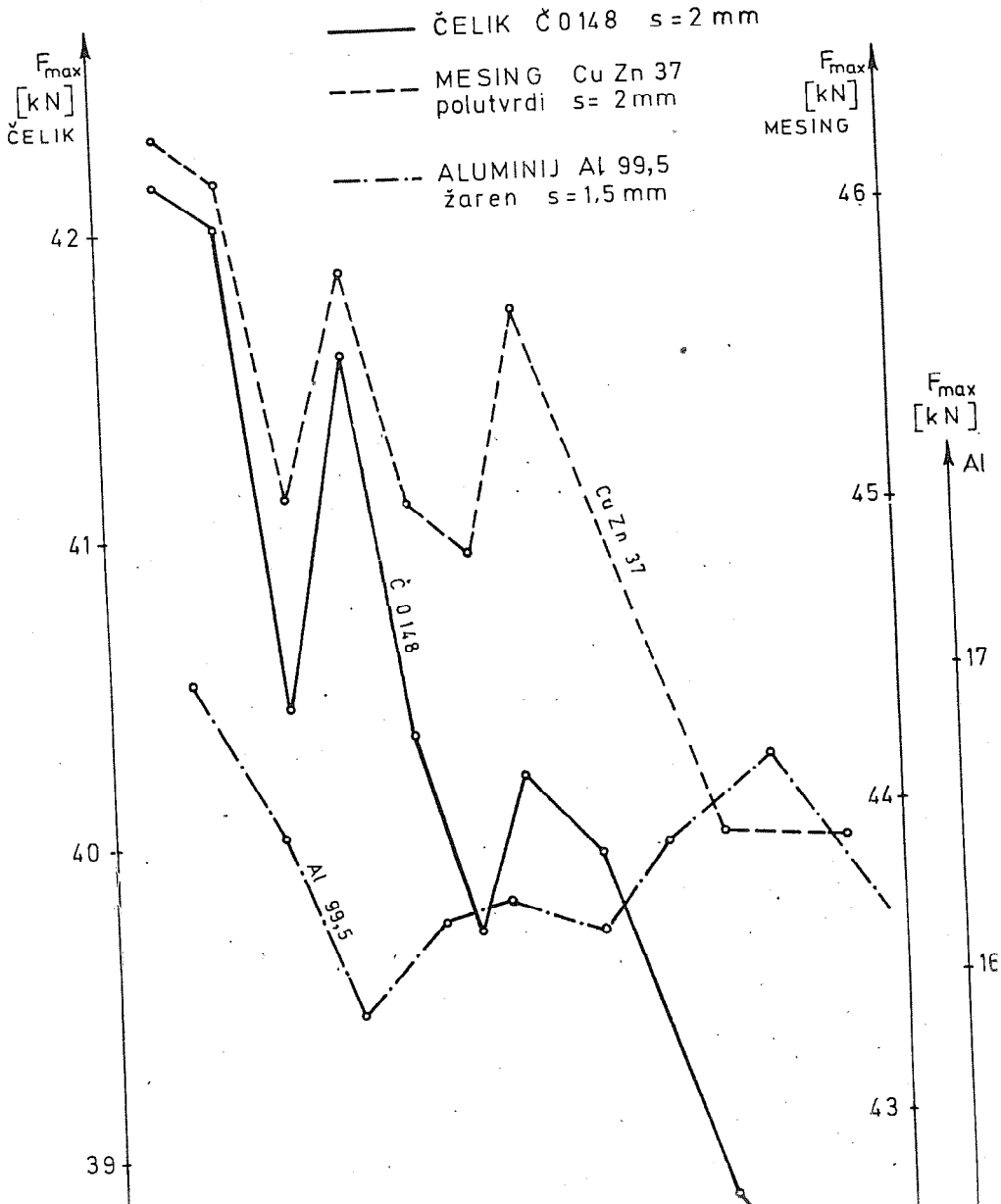
Istraživanja koja je autor ovog saopštenja vršio početk
1980. godine u području zavisnosti sile prosjecanja od zazora
tri vrste materijala pokazala su, i to u višestruko ponovljeni
eksperimentima i sa raznim brzinama deformisanja (prosjecanja)
da za sva tri materijala (čelik, mesing i aluminij) postoje dv
donje ekstreme. Rezultati ovih istraživanja su prikazani na sl

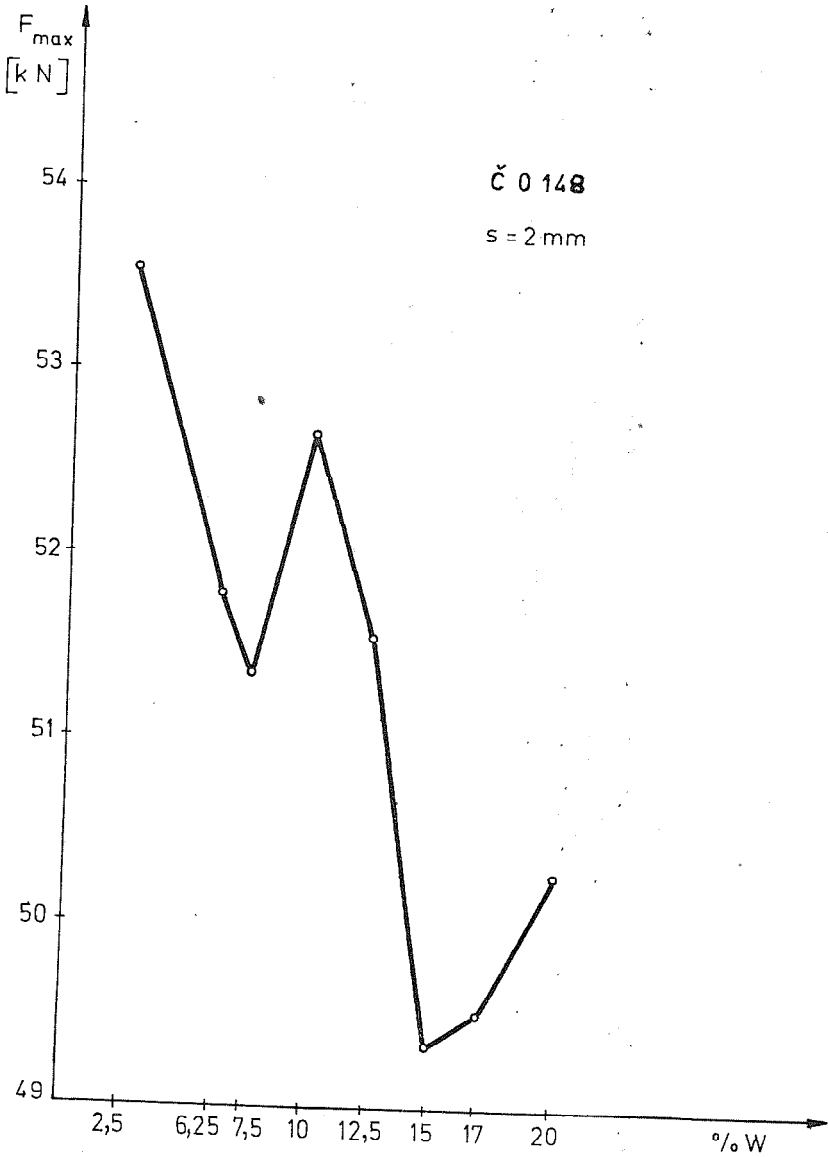
Istraživanje je vršeno na kidalici tipa WOLPERT od 20 t,
sa različitim brzinama. Na sl.4. brzina deformisanja je iznosi
0,16 mm/min. Materijali obratka su: čelik Č 0148 debljine 2 mm
mesing Cu Zn 37 polutvrđi debljine 2 mm i aluminij Al 99,5 tvr
debljine 1,5 mm. Eksperimenti su vršeni na suvo (bez podmaziva
nja) i uz korištenje više vrsta domaćih i stranih tehnoloških
ulja pri njihovoj višestepenoj diferencijaciji. U ovom radu su
prikazani jedino rezultati prosjecanja bez podmazivanja. Istra
živanje prosjecanja sa podmazivanjem pružilo je niz novih saz
nja koja će biti objavljena uskoro u zasebnom radu.

Na sl.5. su prikazani rezultati istraživanja za čelik
Č 0148 debljine 2 mm, takodje bez podmazivanja, na istoj mašini
sa brzinom deformisanja 110 mm/min. Upoređujući rezultate pri
kazane na sl.4. i sl.5. primjećuje se da je porast brzine uti
cao na porast maksimalne sile prosjecanja ali ne i na osnovni
karakter funkcije $F_{\max} = f(w)$. Sa % W je označen zazor u % od
debljine lima.

3. Zaključak

Na osnovu analize rezultata istraživanja, zasnovanih na
teoriji dvojnog optimuma, koja obuhvata novu misaonu sadržinu,
a koju autor ovdje primjenjuje po prvi put, može se zaključiti
da se pri prosjecanju navedene tri vrste materijala pojavljuju
kao realna kategorije: dva optimuma. Za ...





Sl. 5. Uticaj zazora na maksimalnu silu pri $u=110$ mm/min
apcisu koordinatu (zazor) optimu

III izradka (skoro bez srha). Prvi optimum karakteriše znatno manja maksimalna sila prosjecanja u odnosu na veće i manje zazore od W_1 , kao i veoma dobar kvalitet izradka, naročito ako se traži minimalni srh. Pri čemu je ekstremnost u odnosu na silu prosjecanja izrazitija kod čelika i mesinga nego kod aluminija.

Drugi optimum (W_2) za čelik i mesing karakteriše još manja maksimalna sila prosjecanja nego za prvi optimum uz, u mnogim slučajevima, zadovoljavajući kvalitet izradka (normalni srh). Za aluminij ovaj optimum je još manji nego prvi i tu je maksimalna sila prosjecanja veća nego kod prvog optimuma, što znači da drugi optimum za aluminij u energetskom pogledu kao i u odnosu na kvalitet izradka gubi svoj smisao.

Pri projektovanju geometrije radnih površina alata za prosjecanje i probijanje, oslanjajući se na primjenjenim elementima teorije dvojnog optimuma, treba voditi računa o što većoj trajnosti alata u odnosu na zazorsku komponentu, kao i o manjem utrošku energije u procesu proizvodnje dotičnim alatom. To je moguće postići projektujući zazore u području jednog od navedenih dva optimuma.

R e f e r e n c e

- /1/ Čudakov D.P., Isledovanie mehaniki procesa vyrubki-probivki: Isledovanija v oblasti oborudovanija i tehnologii štapovki: Moskva, 1959.
- /2/ Sehn F., Die Design Handbook, London, 1965.
- /3/ Rebec B., O istraživanju zakonitosti izmedju broja udaraca preše i trošenja žiga i matrice, Zbornik radova Fakulteta strojništva i brodogradnje, Zagreb, 1970.
- /4/ Hilbert L.H., Stanzereitechnik, band I, München, 1970.
- /5/ Marciniak Z., Konstrukcja wykrojniosków, Warszawa, 1970.
- /6/ Oehler G., Schnitt-, Stanz- und Ziehwerkzeuge, Berlin, 1970.
- /7/ Gornostajski J., Matuszak A., Badania trajektorii pekania

- /9/ Lange K., Lehrguch der Umformtechnik, Band 3., Berlin,
- /10/ Popović V.P., Janković Lj., Prilog razmatranju problema veća alata za prosecanje i probijanje, Obrada deformisanih materijala u mašinstvu, Novi Sad, 1976.
- /11/ Tool and Manufacturing Engineers Handbook, New York,
- /12/ Mihalenko P.F., Stojkost razdelitel'nyh šampov, Moskva, 1976.
- /13/ Smoljanikov N., Ševčenko M., Spirina S., Opređenje za plastičeskoj deformaciji pri vyrezke listovogo metallu, Kuznečno-šampovočnoe proizvodstvo, 2/1976, Moskva, 1976.
- /14/ Erbel S., Kuczyński K., Marciniak Z., Obróbka plastycznosci zimno, Warszawa, 1977.
- /15/ Findeisen W., Szymanowski J., Wierzbicki A., Teoria i metody obliczenioae optymalizacji, Warszawa, 1977.
- /16/ Romanovski V., Spravočnik po holodnoj šampovke, Leningrad, 1979.

S. Živanović

PERFECTING THE PROCESS OF BLANKING AND PUNCHING
BY USE THE THEORY OF DOUBLE OPTIMUM

Application the theory of double optimum on construction of tools for blanking and punching shows that in connected clearance existed two optimums. At the first optimum the quantity of product is high, consumption of power is some measure reduced and the durability of tool is considerable increased. At the second optimum consumption of power is considerable reduced and the durability of tool is greatly increased by satisfying quality of product. The research is referred to steel, brass and aluminum.





FABRIKA REZNOG ALATA

ČAČAK · JUGOSLAVIJA

Hajduk-Veljkova 37
32000 ČAČAK
Telefoni:
Centrala FRA 032/43-222
Komerčijalni sektor 41-478
Telex: 13711 YU FRACCK

Organizovana u 8 osnovnih organizacija sa sledećim proizvodnim programom:

1. OOUR „Alat za unutrašnji navoj“
 - ureznici svih vrsta i dimenzija,
 - utiskivači.
2. OOUR „Alat za spoljni navoj“
 - nareznice,
 - ploče za valjanje navoja,
 - navojni noževi,
 - valjci za valjanje navoja,
 - navojna glodala,
 - integralna i pužna modulna glodala,
 - pužna i navojna vretena i kola,
 - navojne i glatke čepove i prstenove,
 - kontrolne račve,
 - integralne kontrolnike.
3. OOUR „Spiralne burgije“
 - SB za valjčastom drškom,
 - SB sa MK drškom,
 - višestepene spiralne burgije.
4. OOUR „Alat za obradu rupe“
 - zabušivače,
 - upuštače,
 - razvrtače,
 - vretenasta glodala,
 - višestepene kombinovane i specijalne alate,
 - spiralne burgije sa pločicama od TM za metal,
 - upuštače i specijalne alate sa pločicama od TM,
 - vretenasta glodala sa pločicama od TM,
 - ostale višestepene i specijalne alate sa pločicama od TM.
5. OOUR „Alatnica“
 - alate za preradu lima plastičnom deformacijom,
 - alate za livenje presovanjem i brizganjem,
 - specijalne stezne alate,
 - pribore za alatne mašine (nosače alata za automate, uređaje, nosače alata sa NC-mašine, i ostale pribore).
6. OOUR „Alatne mašine“
 - specijalne mašine za obeležavanje i varenje,
 - specijalne naprave i podsklopove,
 - cilindrične zupčanike,
 - specijalne čaure za alatne mašine,
 - mašinske delove.
7. OOUR „Alat i pribor“ — Novi Pazar
 - spiralne burgije za beton i kamen sa pločicama od TM,
 - strugarske noževe sa pločicama od TM (standardne i specijalne).
8. OOUR „Proizvodne usluge“
 - Termičku obradu, obradu alata i delova,
 - Termo obradu specijalnih alata i pribora.