

tribologija u industriji

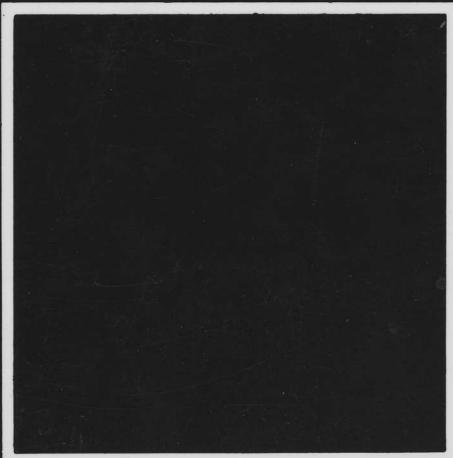
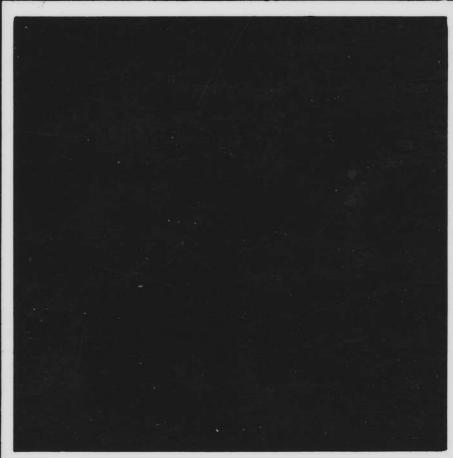
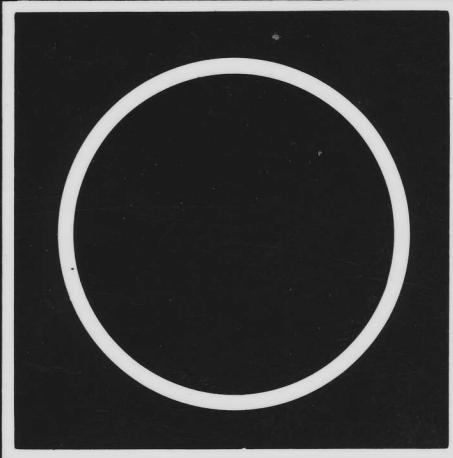
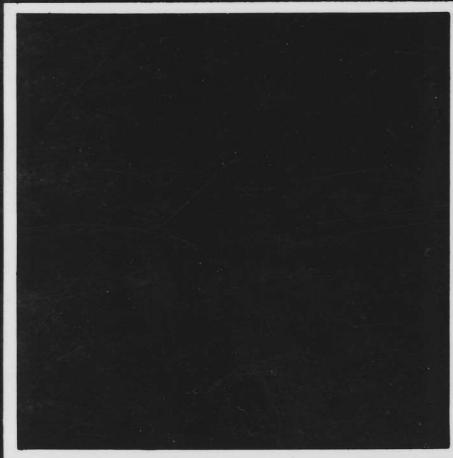
YU ISSN 0351 - 1642

4

GODINA XIII

BROJ 4

DECEMBAR 1991.



Nauka i tehnologija o prenosu i rasipanju masa i energije u mehaničkim sistemima

tribologija u industriji

sadržaj contents содержание

UVODNIK INTRODUCTION ПЕРЕДОВИЦА

ISTRAŽIVANJA RESEARCH ИССЛЕДОВАНИЯ

NOVOSTI NEWS ИЗВЕСТИЯ

TRIBOLOŠKI REČNIK GLOSSARY OF TRIBOLOGY TERMS СЛОВАРЬ ПО ТРИБОЛОГИИ

KNJIGE I ČASOPISI BOOKS AND JOURNALS КНИГИ И ЖУРНАЛЫ

NAUČNI SKUPOVI SCIENTIFIC MEETINGS НАУЧНЫЕ СОБРАНИЯ

REZIMEA ABSTRACTS РЕЗЮМЕ

B. IVKOVIĆ: Druga jugoslovenska konferencija o tribologiji YUTRIB'91 □ 2nd Yugoslav Tribology Conference YUTRIB'91 □ Вторая югославская конференция по трибологии YUTRIB'91	99
P. POPOVIĆ, M. ĐURANOVIĆ: Prilog razmatranju primene toplove generisane trenjem u tehnologijama plastičnosti □ Contribution to Consideration of Application of Heat Generated by Friction in Technology of Plastic □ К рассмотрению возможности использования тепла развивающегося при трении в процессах пластической обработки	102
B. NEDIĆ, B. TADIĆ, Z. ĐORĐEVIC: Neki rezultati ispitivanja uticaja pohabanosti alata na otpore rezanja i kvalitet obradene površine □ Some Results of Investigation of the Influence of the Tool Wear on Cutting Resistance and Quality of the Machined surface □ Некоторые результаты исследования воздействия изношенности инструмента на основные параметры процесса обработки резанием	107
S. RADONJIĆ: Kvalitet obradene površine u funkciji habanja alata □ Quality of the Machined Surface as a Function of the Tool Wear □ Качество обработанной поверхности в функции изнашивания инструмента	115
Zlatna medalja za tribologiju 1991. godine	120
Tribološka akcija	121
.	122
.	124
.	126
.	128

B. IVKOVIĆ

Druga jugoslovenska konferencija o tribologiji YUTRIB '91

Druga jugoslovenska konferencija o tribologiji YUTRIB '91 održana u Kragujevcu, u novim laboratorijskim prostorima Mašinskog fakulteta, od 26. do 28. septembra 1991. godine, okupila je oko 100 naučnistraživačkih i stručnih radnika uglavnom iz Srbije, koji su, i pored teške političke i privredne situacije u zemlji, našli mogućnosti i vremena da dva puna dana posvete problemima razvoja i primene triboloških znanja u industrijskim sistemima.

Zbornik radova, podeljen učesnicima na početku rada konferencije, sadrži preko 70 saopštenja o poslednjim rezultatima istraživanja iz oblasti tribologije dobijenim u većini jugoslovenskih naučnistraživačkih institucija i univerzitetskih laboratorija. Za razliku od učesnika na konferenciji u zborniku radova nalaze se saopštenja naučnih radnika iz svih jugoslovenskih republika odnosno iz skoro svih domaćih univerzitetskih centara. Pozivi za prijavu radova bili su upućeni još 1989. godine, a prijem radova završen je krajem juna 1991. godine kada smo još uve živeli u nadi da će mo konferenciju držati u Dubrovniku u hotelu Libertas u kome smo bili dobili izvanredno povoljne uslove. U zborniku se nalaze i 12 saopštenja inostranih naučnih radnika koji su se odazvali našem pozivu da učestvuju na

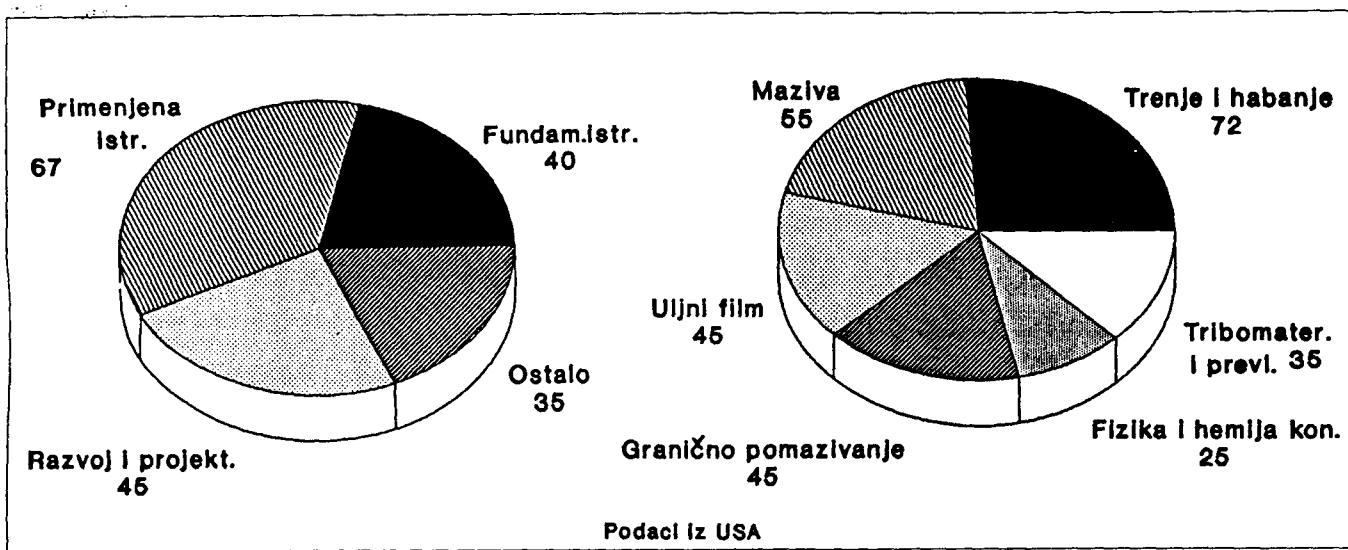
jugoslovenskoj konferenciji o tribologiji. Nažalost, nemili dogadjaji započeti u Sloveniji početkom leta proširili su se ubrzo i na Hrvatsku čime je onemogućeno održavanje i konferencije o tribologiji u Dubrovniku. Situacija u zemlji onemogućila je dolazak na konferenciju u Kragujevac većini učesnika iz inostranstva kao i našim kolegama iz Slovenije, Hrvatske i Bosne i Hercegovine. Sa osećanjem da bi potpuni prekid traganja za novim znanjima u svim oblastima nauke pa i u oblasti tribologije bio tragičan po budućnost svih nas održana je i ova druga po redu jugoslovenska konferencija o tribologiji na čijem kraju je sopštено da će treća konferencija o tribologiji na našem prostoru biti internacionalnog karaktera.

Analizom radova saopštenih na ovoj konferenciji, kao i radova objavljenih u zborniku sa prve jugoslovenske konferencije o tribologiji održane 1989. godine, mogu se izvesti zaključci o vrsti i obimu triboloških istraživanja na jugoslovenskim prostorima u poslednjih pet godina. Detaljnih podataka o programima ostvarenih triboloških istraživanja kao i o tribološkim istraživanjima koja su u toku u svim našim istraživačkim institucijama, nažalost nema sakupljenih na jednom mestu, jer i pored pokusača činjenih poslednjih godina nije

bilo moguće organizovati i oživeti niti jedan Tribološki informacioni sistem. Uvidom u objavljene radove u časopisima Goriva i maziva i Tribologija u industriji poslednjih nekoliko godina kao i radove saopštene na dve jugoslovenske konferencije o tribologiji održane 1989. i 1991. godine može se konstatovati da su tribološka istraživanja u ovim prostorima usmerena najvećim delom na:

- istraživanja triboloških karakteristika maziva,
- istraživanja u oblasti obradnih procesa, posebno u oblasti tribologije rezanja i
- istraživanja u oblasti tribologije mašinskih elemenata.

Istraživanja triboloških karakteristika prevlaka kao i modifikovanih površina u celini još uvek su u početnoj fazi i ako se pojavi triboloških prevlaka sve više širi i u našoj industriji. Osnovna problematika trenja, habanja i podmazivanja prisutna je u domaćim istraživačkim programima samo u onoj meri u kojoj je to neophodno za uporedna ispitivanja triboloških karakteristika materijala elemenata tribomehaničkih sistema. Takođe se može konstatovati da su i istraživanja u oblasti terotehnologije još uvek u početnoj fazi.



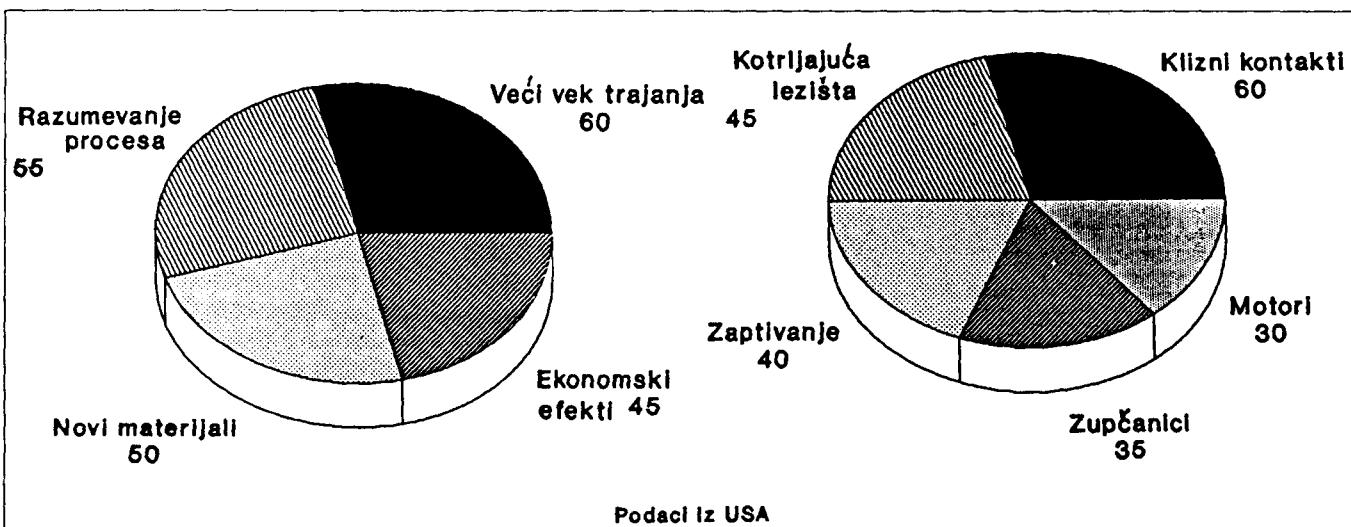
Slika 1. Vrste i oblasti triboloških istraživanja

Američki kompjuterski tribološki informacioni sistem (ACTIS), koji je počeo sa radom 1985. godine sadrži, pored ostalih, podatke o vrstama triboloških istraživanja, oblastima istraživanja i osnovnim ciljevima istraživanja u brojnim američkim naučnim institucijama i univerzitetswkim laboratorijama. U pogledu vrste triboloških istraživanja najveća pažnja posvećuje se primenjenim istraživanjima (u 67% institucija) i razvojnim i projektnim istraživanjima (u 45% institucija). Fundamentalna istraživanja prisutno je u 40% naučno-istraživačkih institucija koje se, pored ostalih istraživanja bave i tribologijom. Jedan deo programa triboloških istraživanja nije mogao da se svrsta u nijednu grupu pa se u ACTIS-u vode

kao ostala tribološka istraživanja (30%). Na slici 1 prikazano je prisustvo vrsta i oblasti triboloških istraživanja u američkim naučnim institucijama koje se bave i tribologijom i to u poslednjih pet godina protekle decenije.

Sabiranjem procentualnog učešća naučnih institucija u pojedinim vrstama ili oblastima istraživanja dolazi se do iznosa većeg od 100. To je zbog toga što je čest slučaj da se u jednoj instituciji obavljaju tribološka istraživanja više vrsta i iz više oblasti. Iako je problematika trenja i habanja veoma stara, ovim procesima se i danas posvećuje velika pažnja u istraživanjima ove vrste, jer se neprekidno u industrijsku praksu uvođe novi materijali sva tri elementa tribomehaničkih sistema. Ova istraživanja su

prisutna u 72% od svih naučnih institucija koje se bave tribološkom problematikom. Veliki broj institucija bavi se sa raznih aspekata problematikom koja se odnosi na direktni ili indirektni način na treći element tribomehaničkog sistema-mazivo. Mazivima kao elementima tribomehaničkih sistema bavi se 55% naučnih institucija. Proučavanje uljnog filma vrši se u 45% institucija, a problematika graničnog podmazivanja prisutna je u programima istraživanja u 45% naučnih institucija. Novi tribomaterijali i prevlake, kao poseban vid modifikovanja kontaktnih površina, istražuju se u 35% institucija, dok je na izučavanju fizike i hemije kontakta angažovano 25% institucija.



Slika 2. Ciljevi istraživanja i vrste tribomehaničkih sistema.

Posebno je interesantna analiza programa sa gledišta osnovnih ciljeva istraživanja i vrsta tribomehaničkih sistema koji su predmet istraživanja ili u modelskim ili u realnim uslovima (slika 2). Sa gledišta osnovnih ciljeva istraživanja svi istraživački programi se mogu podeleti u četiri grupe. U prvu grupu svrstavaju se istraživački programi u kojima se kao osnovni cilj postavlja povećanje veka trajanja tribomehaničkih sistema u celini ili pojedinih njihovih elemenata (60%). Drugoj grupi pripadaju istraživanja koja treba da dovedu do boljeg razumevanja triboloških procesa u zonama kontakta elemenata tribomehaničkih sistema (55%).

Razvoj novih tribomaterijala osnovni je cilj u 50% istraživačkih programa. Postizanje ekonomskih efekata najvažniji je cilj u 45% programa istraživanja. Ovakvo grupisanje programa prema osnovnim ciljevima istraživanja ne znači da pri realizaciji programa istraživan-

ja, koji treba da doprinese povećanju veka trajanja elemenata tribomehaničkih sistema, neće biti ostvaren i rezultati istraživanja koji doprinose i stvaranju novih tribomaterijala i postizanju većih ekonomskih efekata.

Programi istraživanja odnose se najčešće na tribomehaničke sisteme u kojima se ostvaruje klizanje (60% od svih programa) i kotrljanje (45% od svih analiziranih programa). Najveći deo ovih programa odnosi se na klizna i kotrljavajuća ležišta. Tribološki aspekt zaptivanja prisutan je u 40% analiziranih programa istraživanja i ako je problematika zaptivanja počela da se razmatra sa tribološkog aspekta tek od nedavno. Istraživanja triboloških procesa u motorima sa unutrašnjim sagorevanjem i zupčastim prenosnicima prisutna su u 30% odnosno 35% programa.

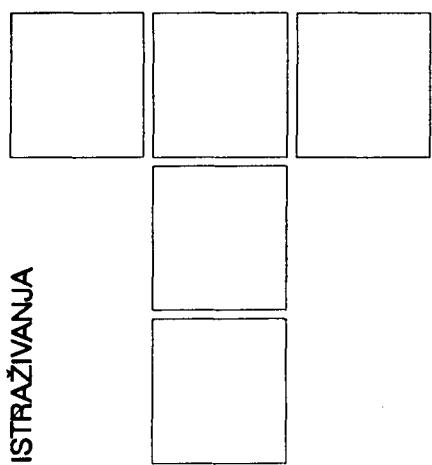
Programi istraživanja iz oblasti tribologije obradnih procesa i terotehnologije nisu prisutni u informacijama ove vrste

koje daje Američki kompjuterski informacioni sistem. Kako se i ovaj sistem nalazi u razvoju to se očekuje da u budućnosti i ove oblasti budu obuhvaćene odgovarajućim bazama podataka.

Tribološki informacioni sistem (TIS) na čijem se razvoju radi već duže vremena, u okviru programa istraživanja tribološkog karaktera, na Mašinskom fakultetu u Kragujevcu imaće, pored ostalih i bazu podataka o aktuelnim istraživačkim programima iz oblasti tribologije koji se ostvaruju u naučnoistraživačkim institucijama i univerzitetским laboratorijama na našim prostorima. Informacije koje mogu biti formirane na osnovu podataka iz ovog sektora Tribološkog informacionog sistema treba da omoguće bolju i bržu razmenu rezultata istraživanja između već brojnih naučnih i stručnih radnika iz ove oblasti.

*Svim svojim čitaocima želimo
mnogo uspeha i sreće
u 1992. godini*

Redakcija časopisa
TRIBOLOGIJA U INDUSTRIJI



P. POPOVIĆ, M. ĐURANOVIĆ

Prilog razmatranju primene topote generisane trenjem u tehnologijama plastičnosti

1. UVOD

Poznato je da se pri trenju generiše topotna energija kao i to da se ovaj fenomen danas na različite načine i praktično koristi u proizvodnim procesima, odnosno u tehnologijama obrade materijala.

Kako se u ovom slučaju radi o tzv. lokalizovanom i samoregulišućem generisanju topote, zagrevanje materijala tako dobijenom energijom ima niz prednosti u odnosu na zagrevanje drugim topotnim izvorima [1]. Imajući u vidu ovu činjenicu, polje primene topote koja nastaje pri trenju, u tehnologijama obrade materijala, može da bude šire, pa se ovom problemu posvećuje posebna pažnja i u radu koji sledi.

2. O PRIMENI TOPOTE GENERISANE TRENJEM

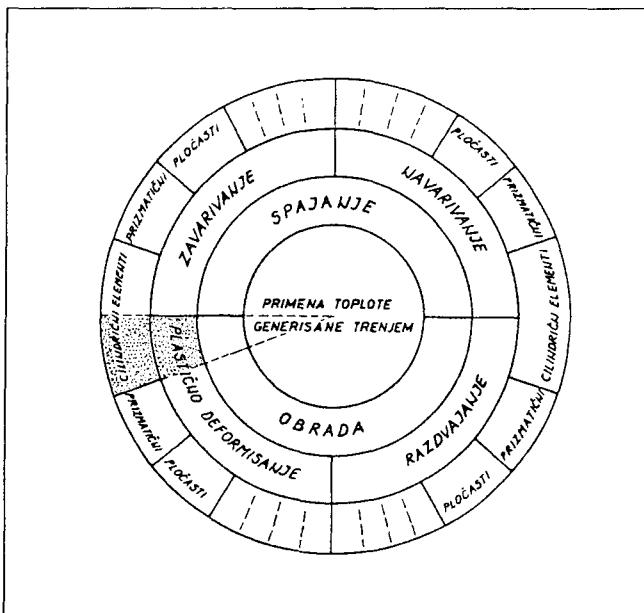
Analizom metoda i tehnologija obrade materijala dolazi se do toga da se, generalno posmatrajući, završni oblici elemenata mogu dobiti na dva načina, i to:

- preoblikovanjem pripremka - tehnologijama: deformisanjem, rezanjem i dr., - u izradak i
- spajanjem dva ili više predhodno nezavisno oblikovanih elemenata u jedinstveni konfiguracijski novi element.

Sagledavanjem i selektiranjem tehnologija u kojima se može iskoristiti topota koja se oslobada pri trenju i uzimajući u obzir pri tome još i generalno moguće oblike elemenata, došlo se do blok sheme, prikazane na slici 1., koja ilustruje primenu topote generisane trenjem u proizvodnim procesima.

Dosadašnje iskustvo je pokazalo da se korišćenje topote koja nastaje pri trenju u praksi najlakše realizuje kod cilindričnih elemenata. S druge strane, obrada cilindričnih elemenata teh-

nologijama plastičnosti korišćenjem ove topote može da bude veoma atraktivna. To je razlog što je na blok shemi na sl. 1. posebno naznačena upravo ova oblast njene primene.



Slika 1

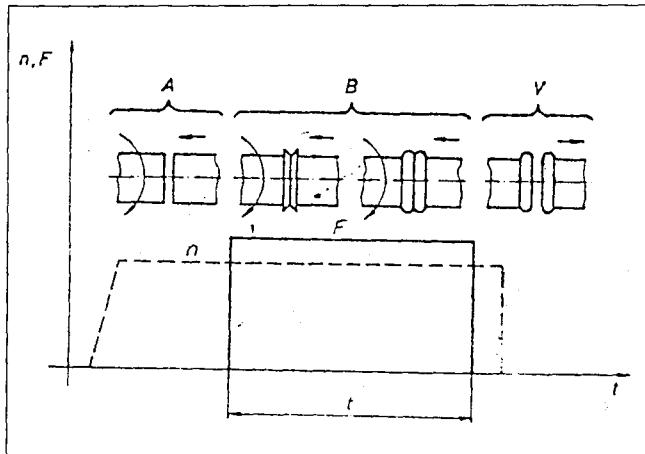
3. PRIKAZ REZULTATA OSTVARENIH U TEHNOLOGIJI PLASTIČNOSTI KORIŠĆENJEM TOPOTE GENERISANE TRENJEM

Mogućnost korišćenja topote koja se stvara u toku frizacije u cilju obrade materijala plastičnim deformacijama bila je uočena još u najranijem periodu ostvarivanja zavarenih spojeva trenjem [1]. Naime, pojava nagomilavanja zagrejanog materijala na mestu spajanja elemenata dovela je do ideje o mogućnosti posebnog oblikovanja predmeta obrade tehnologijama plastičnog deformisanja upravo korišćenjem topote generisane trenjem. Na toj osnovi je nastala metoda formi-

Prof. dr Predrag V. Popović, dipl. ing.,
Mašinski fakultet, Niš

Dr. Miroslav B. Durdanović, dipl. ing., predavač,

ranja prirubnica na cilindričnim elementima tehnologijama plastičnog deformisanja materijala. Ova metoda, koja je shematski prikazana na slici 2., zasniva se na istom fizičkom principu kao i friкционo zavarivanje, s tim što se u ovom slučaju poslednji stadijum ne završava fazom prokivanja, kao kod friкционog zavarivanja, već fazom razdvajanja tarnih elemenata. Osnovni parametri procesa i ovde su aksijalna sila i broj obrtaja rotirajućeg elementa, a princip rada je jasan sa slike 2.



Slika 2

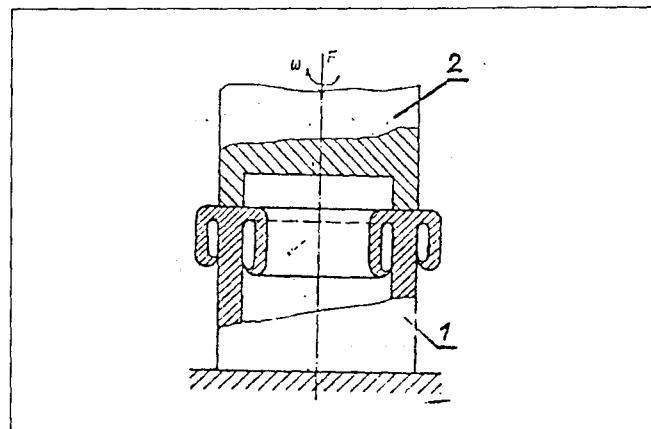
U zavisnosti od namene delova, a u cilju dobijanja prirubnica željenog oblika i dimenzija, primenjuju se različita tehnička rešenja sa graničnicima i usmerivačima tečenja matrijala. Ovaj postupak obrade, koji je tek od skora dobio industrijsku primenu [2], je starijeg datuma i poznat je u literaturi [1] kao "prinudno formiranje šava".

U novije vreme, umesto pomenutih tehničkih rešenja sa graničnicima i usmerivačima tečenja materijala, u cilju dobijanja prirubnica određenog oblika i dimenzija, koriste se specijalni alati [3-8]. Pored toga, upotrebom specijalnih alata proširen je i dijapazon moguće primene toploplotnih efekata trenja u tehnologijama plastičnosti jer oni sada imaju dvostruku ulogu, i to da:

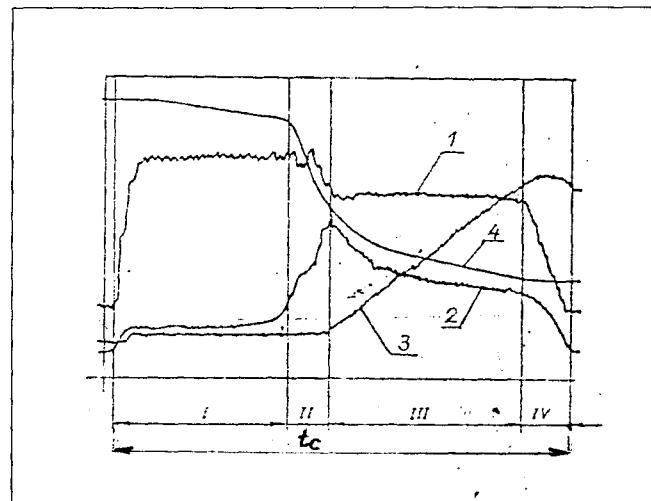
- ostvaruju lokalizovano zagrevanje obradka topotom koja se generiše u toku procesa frikcije i
- obezbeđuje usmereno tečenje plastičnog materijala, a time i oblikovanje željene forme predmeta rada.

Ovaj vid obrade materijala je, kasnije, u literaturi [3] dobio naziv "termofrikciona obrada".

Na bazi predhodnih razmatranja [3, 4], zasnovanih na analogiji sa friкционim zavarivanjem, u toku razvoja ove metode, najpre je eksperimentalno istražen režim termofrikcione obrade [5] sa ciljem da se definišu najvažnije zakonitosti uticaja i zakoni promene meritornih parametara na tok procesa termofrikcione obrade. Eksperiment je raden sa uzorci mački od mesinga i alatom od ugljeničnog čelika (Č. 1330), sa pritiscima u dijapazonu $2\text{-}60 \text{ N/mm}^2$ i periferijskim brzinama $0.88; 1.4; 1.55; 1.8; 2.23 \text{ m/s}$, prema shemi prikazanoj na slici 3. gde su: 1-uzorak i 2-alat.



Slika 3



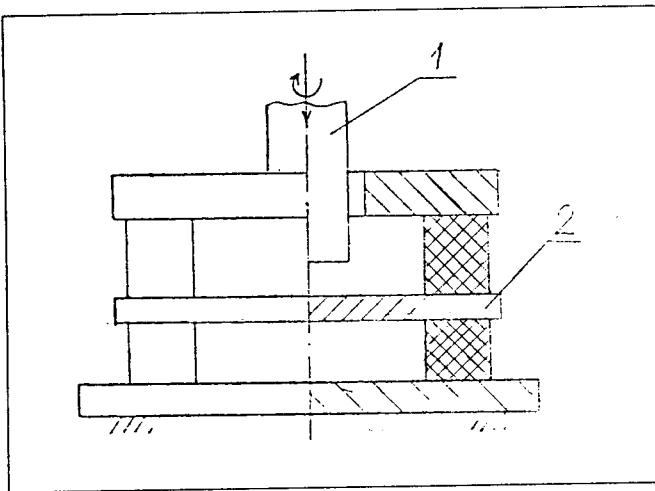
Slika 4

Prema karakteru promene meritornih faktora: aksijalne sile 1, obrtnog momenta 2, puta alata 3 i temperature 4, prikazane na slici 4, proces je podeljen na četiri faze, i to:

- I - početna faza - koju karakteriše mali moment, visoka temperatura, odsustvo deformisanja materijala i nepromenljivost sile pritiska;
- II - ekstremna faza - koju karakteriše pad sile pritiska, intezivan porast momenta, početak deformisanja materijala i pad vrednosti temperature;
- III - kvazistacionarna faza - u kojoj se materijal plastično deformeša, a ostali parametri pokazuju tendenciju stabilizacije;
- IV - završna faza - u kojoj se proces završava te moment opada kao i aksijalna sila i temperatura.

Na osnovu dobijenih rezultata formiran je zaključak da je u početnoj fazi procesa poželjno povećanje relativne brzine i pritiska jer se na taj način u drugoj fazi može smanjiti vreme zagrevanja materijala, sniziti vrednost momenta i sile deformisanja i time uticati na skraćenje ciklusa vremena t_c .

To su bili, pored opštih zaključaka principijelnog karaktera koji su izneti u radovima [3, 4], najvažniji pokazatelji koji su omogućili da se u sledećem koraku istraže "neke tehnološke



Slika 5

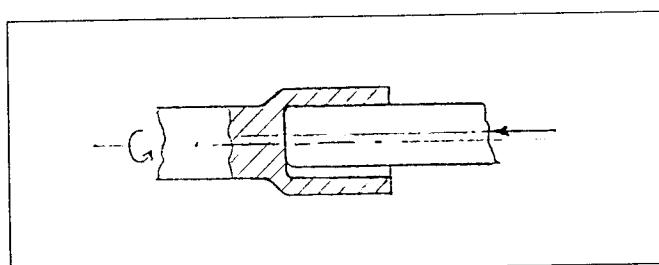
mogućnosti termofrikcionog probijanja" otvora na pločastim uzorcima od mesinga i čelika debljine 3-5 mm [6], a kasnije i od legure bakra [7].

Princip sprovodenja eksperimenta je shematski prikazan na slici 5, gde je 1-alat i 2-osnovni materijal. Na slici 6. su date konfiguracije otvora dobijenih u zavisnosti od primenjivanih usmerivača tečenja materijala.

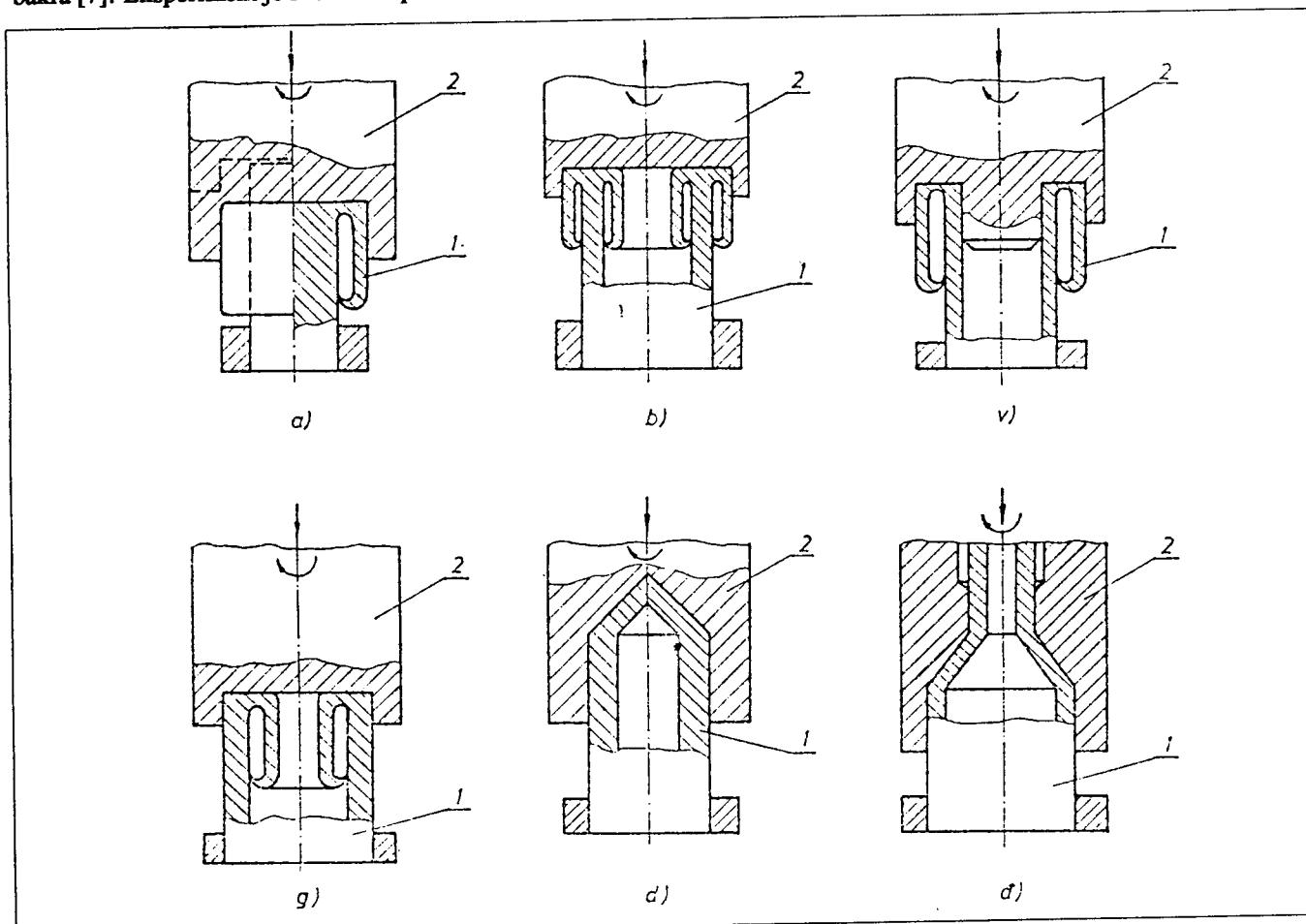
Na sličan način je eksperimentalno utvrđena mogućnost formiranja slepih čeonih otvora na šipkastim uzorcima od legure bakra [7]. Eksperiment je shematski prikazan na slici 7, dok

	SLEPI OTVOR	OTVOR SKROZ	
OKRUGLI	FAZONIRAN	OKRUGLI	FAZONIRAN
SA JEDNOSTRAN	SA JEDNOSTRAN	SA JEDNOSTRAN	SA JEDNOSTRAN

Slika 6



Slika 7



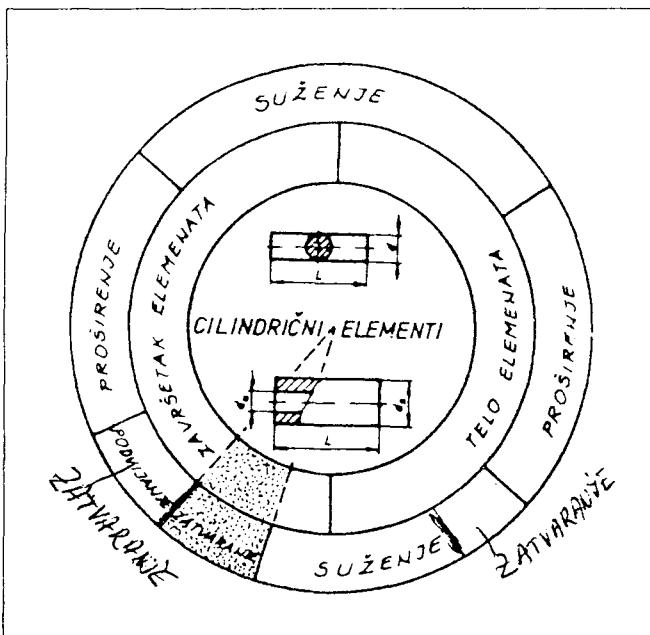
Slika 8

su u tabeli 1. date dimenzije alata i otvora koji su pomoću njih realizovani.

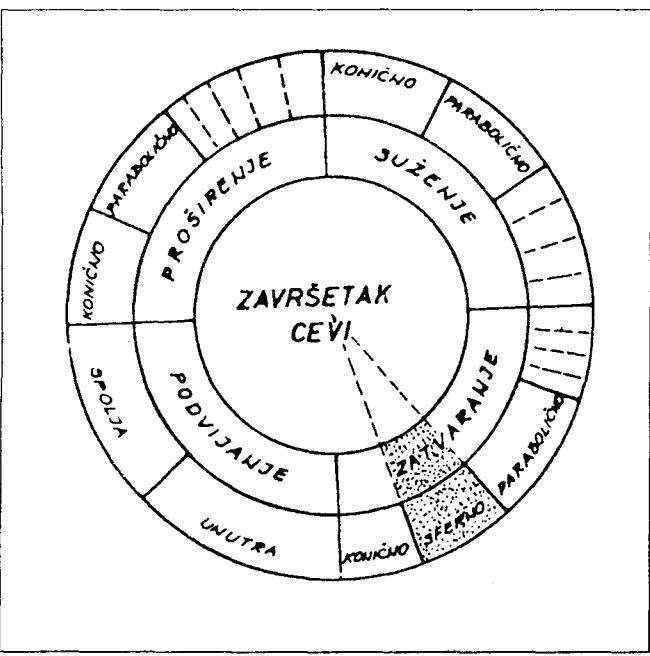
TABELA 1

Prečnik alata [mm]	Prečnik dobijenog otvora [mm]
9	9 - 31.5
12	12 - 42
15	15 - 52.5

Mogućnost korišćenja termofrikcione obrade je zatim bila ispitivana na cilindričnim uzorcima od mesinga, bronce i ugljeničnog čelika, punog i cevastog poprečnog preseka,



Slika 9



Slika 10

kako je shematski prikazano na slici 8. od a) do d), gde je 1-alat i 2-osnovni materijal [8].

Termofrikciona obrada, kako krajeva cevi tako i elemenata drugaćijeg oblika, može da bude od izuzetnog značaja sa stanovišta širine primene, jer - kako se ističe u radu [5] - nju odlikuju dve važne karakteristike, i to:

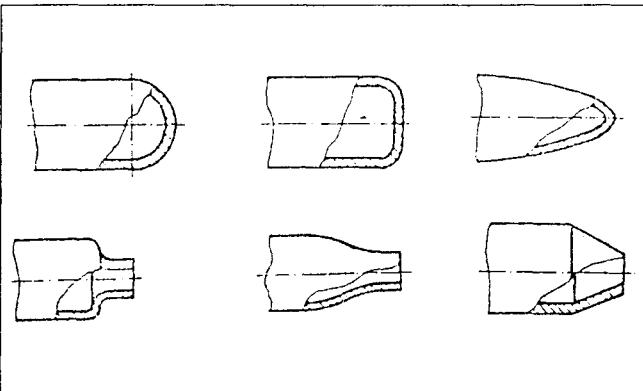
- da se proces deformisanja obavlja na povišenoj, ali približno konstantnoj temperaturi i
- da je deformaciona sila relativno mala usled lokalne zagrejanosti materijala.

Polazeći od metode formiranja prirubnice na cilindričnim elementima tehnologijom plastičnog deformisanja materijala korišćenjem toploputnih efekata i imajući u vidu blok shemu prikazanu na slici 1. kao i razloge za posebno isticanje oblasti cilindričnih elemenata, formirana je blok shema mogućeg korišćenja toplove generisane trenjem pri obradi cilindričnih elemenata prikazana na slici 9. Pored toga, s obzirom na karakteristike termofrikcione obrade, njena primena na obradu krajeva cevi može da bude veoma atraktivna pa je iz tog razloga na blok shemi na slici 9. posebno naglašeno upravo to područje. S druge strane, sistematizacijom mogućih varijanti završetaka okruglih cevi došlo se do blok sheme prikazane na slici 10.

4. OBLIKOVANJE KRAJEVA CEVI

Kako je poznato, okrugle cevi sa najrazličitijim oblicima svojih krajeva otvorenog i zatvorenog tipa, od koji su neki prikazani na slici 11, imaju široku lepezu primene u mašinogradnji. Zbog toga je na Katedri za proizvodno mašinstvo na Mašinskom fakultetu u Nišu ovom problemu posvećena posebna pažnja sa ciljem sagledavanja mogućnosti primene principa termofrikcione obrade u oblikovanju krajeva cevi.

Prvi uspešni rezultati su ostvareni formiranjem zatvorenog sfernog dna na krajevima cevi, alatom specijalnog oblika kojim je istovremeno obezbeđeno adekvatno generisanje toplove trenjem, što je i bio najveći problem [9], ali i tečenje zagrejanog materijala [10]. Taj alat je nazvan višekontaktni termofrikcioni oblik, a osnovni relevantni parametri procesa su bili relativna brzina klizanja na mestu alata i zida cevi i aksijalna sila alata.



Slika 11

5. ZAKLJUČAK

Na osnovu rasmatranja iznetih u ovom radu mogu se izvući sledeći zaključci i to:

- Izvršena je klasifikacija primene toplove generisane trenjem data shematski na slikama 1., 9. i 10. omogućuje sistematski zasnovan pristup u teorijsko - eksperimentalnim istraživanjima u ovoj oblasti.
- Princip termofrikcione obrade materijala primenljiv je i u tehničkim područjima gde pokazuje mnoge pozitivne efekte, kako u pogledu jednostavnosti potrebnih sredstava rada tako i u kratkoći ciklusnog vremena.

LITERATURA

- [1] VILL I. V., *Svarka metallova trenjem*, Leningrad, Mašinostroenie, 1970.
- [2] Svarka trenjem, Spravočnik, Leningrad, Mašinostroenie, 1987.
- [3] NORCIJAN A. I. i dr., *Krutjaščiji moment pri osdake sterzna vrasčajuščimskim instrumentom s lokalnim nagrevom za sčet trenja*, Kuznečno-štampovočne proizvodstvo, N° 8, 1976.

[4] NORCIJAN A. I. i dr., *Napreženo sastojanje na plastičeskom kontakte vrasčajuščegosja koljca*, Vestnik mašinostrojenja, N° 4., 1973.

[5] NORCIJAN A. I. i dr., *Issledovanie režimov termofrikcionog formovski*, Kuznečno-štampovočoe proizvodstvo, N° 9., 1976.

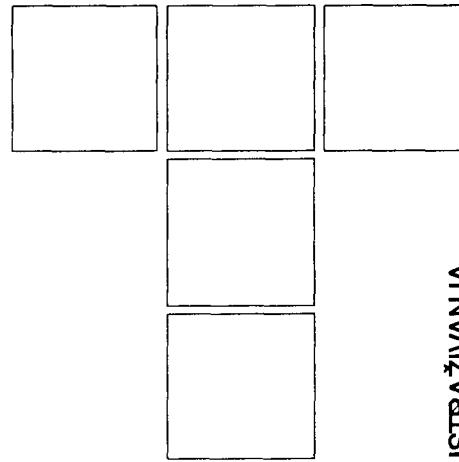
[6] GAZIZOV J. B. i dr., *Otvortovska ovrstil v listovljih zagotovkah termofrikcionnjem metodom*, Kuznečno-štampovočne proizvodstvo, N° 1., 1980.

[7] GAZIZOV J. B. i dr., *Issledovaie termofrikcionnoi prošivki zagotovak*, Kuznečno-štampovočne proizvodstvo, N° 3., 1981.

[8] GAZIZOV J. B. i dr., *Tehnologičeskie vozmožnosti termofrikcionnoi formovki strežnjevjin zagotovak*, Kuznečno - štampovočne proizvodstvo, N° 7., 1981.

[9] POPOVIĆ P., ĐURĐANOVIĆ M., *O problemu oblikovanja krajeva cilindričnih cevi trenjem*, Zbornik radova Mašinskog fakulteta u Nišu, Niš 1990.

[10] ĐURĐANOVIĆ M., *Istraživanje procesa oblikovanja krajeva cevnih profila trenjem*, doktorska disertacija, Niš 1990.



Neki rezultati ispitivanja uticaja pohabanosti alata na otpore rezanja i kvalitet obradjene površine

1. UVOD

Poslednjih godina se u Laboratoriji za obradu metala rezanjem na Mašinskom fakultetu u Kragujevcu kroz više doktorskih i magistarskih radova radi na stvaranju osnova za upravljanje procesima rezanja koji se izvode na obradnim sistemima u metalopreradjivačkoj industriji. Eksperimentalni podaci koji se dobijaju mogu da posluže za razvoj odgovarajućih eksperptnih sistema uz korišćenje i podataka dobijenih istraživanjima u proizvodnim uslovima.

Radi dobijanja podataka neophodnih za popunjavanje baza podataka u Tribološkom informacionom sistemu (TIS-u) vršena su ispitivanja u oblasti obrade struganjem, bušenjem i glodanjem. Cilj ovih ispitivanja je bio pored ostalog i da se uspostave veze između osnovnih parametara procesa obrade rezanjem (otpora rezanja, tačnosti obrade, kvaliteta obradjene površine i sl.) i pohabanosti reznih elemenata alata. Na ovaj način se stvaraju podloge za upravljanje procesom obrade.

Deo rezultata ispitivanja koja se odnose na pomenuta ispitivanja obrada metala rezanjem prikazani su u ovom saopštenju.

2. PROGRAM I USLOVI ISPITIVANJA

Program ispitivanja je formiran tako da se dobijaju korelativne veze između parametara obrade $h(t)$, $F(h)$, $R_a(h)$ i $\Delta(h)$. Obrada je izvedena sa savremenim reznim alatima sa i bez prevlake i to:

- obrada struganjem:
strugarski nož PSBNR 2525-M12,
pločica SNMG120404, u kvalitetu PGP015 sa prevlakom
 $TiN + Al_2O_3$,

- obrada bušenjem:
zavojne burgije sa MK drškom JUS K.D3.022, prečnika 6 i 8 mm,
materijal alata Č7680 (HSS),
- obrada glodanjem:
valjkasto glodalno 63x50x27, JUS K.D2.020, tip N,
vretenasto glodalno $d=17$ mm, JUS K.D2.090, tip N,
materijal alata Č7680 (HSS).

Predmet obrade je prethodno pripremljen u obliku odgovarajućih oblika i dimenzija iz šipkastih materijala koji su se nalazili u stanju isporuke (izotermalno žaren). U tabeli 1 su data osnovna svojstva ispitivanih materijala (hemski sastav i mehaničke osobine). Mikrostuktura ovih materijala odgovara perlito-feritnoj strukturi.

U tabeli 2. su prikazani parametri i uslovi obrade koji su korišćeni pri eksperimentalnim ispitivanjima za sve tri vrste obrade. Sva ispitivanja su vršena na univerzalnim alatnim mašinama i to:

- obrada struganjem:
univerzalni strug Prvomajska D-480, snage 10 KW,
- obrada bušenjem
radikalna bušilica 2N55 (SSSR), snage 10 KW,
- obrada glodanjem
univerzalna glodalica 675P (SSSR), snage 2,5 KW.

Za sva ispitivanja je korišćena merna instrumentacija koja je sadržavala:

- dinamometar KISTLER sa piezo davačima,
- most - pojačivač KISTLER,
- A/D konvertor tipa BURR-BROWN,
- računar tipa IBM XT ili AT,
- trokanalni ploter HP 7090A sa ugradjenim A/D pretvaračem.

Za merenje habanja alata korišćen je univerzalni merni mikroskop UIM-21 (SSSR).

TABELA 1.

Oznaka materijala	Hemijski sastav [%]				Mehaničke karakteristike		
	C	Cr	Ni	Cr	R _m [MPa]	HB	Stanje isporuke
Č1221	0.18	0.17	0.9	0.0	72	202	hladno vučen i meko žaren
Č5420	0.13	1.68	1.5	0.0	61	180	meko žaren
Č5430	0.37	1.0	1.15	0.24	65	190	meko žaren

TABELA 2.

Parametri i uslovi obrade	struganje		bušenje		glodanje		
	Č1221	Č5430	d=6 [mm]	d=8 [mm]	vretenasto	valjkasto	
brzina rezanja v [m/min]	250	290	23.6	25.1	16.82	33.65	27.71
korak s [mm/o] s _z [mm/z]	0.315		0.112		0.016		0.092
dubina rezanja δ [mm]	1		-		17		1
dubina bušenja L [mm] 3xd	-		18	24	-		-
širina rezanja b [mm]	-		-		1	20	
vrsta SHP	bez SHP		UBA-5		UBA-5		UBA-5
koncentracija [%]	-		4		5		4
protok Q [l/min]	-		1		1		2

3. REZULTATI ISPITIVANJA

Analizirajući dobijene eksperimentalne podatke kao i na osnovu njihove otrade može se uočiti da postoji velika ponovljivost rezultata. Razlog za to leži u korišćenju savremene merne instrumentacije i velikoj stabilnosti sistema mašina-alat-predmet obrade.

Krive habanja alata

Krine habanja se mogu predstaviti korelativnim zavisnostima oblika:

$$h - h_p = A_1(T - T_p) + A_2(T - T_p)^3$$

gde su: h_p - pohabanost alata u prevojnoj tački,
 T_p - vreme obrade do prevojne tačke i
 A_1 - intenzitet habanja u prevojnoj tački.

Obrada struganjem

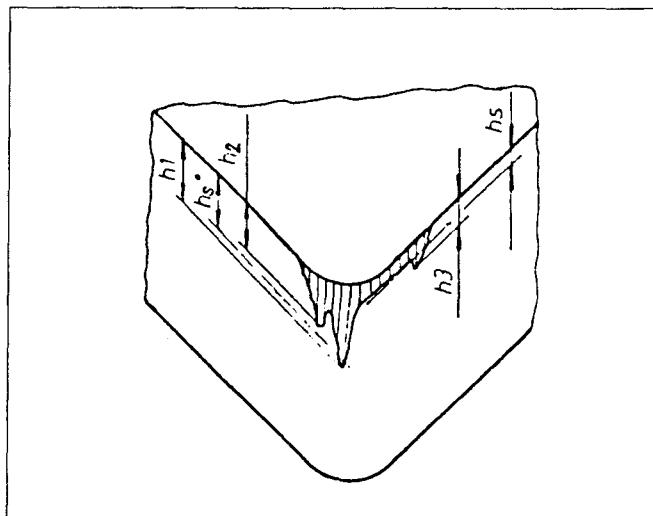
Habanje alata je praćeno preko više parametara, od kojih je za analizu uticaja habanja na otpore rezanja usvojen parametar h_1 . Na slici 1. prikazan je oblik habanja rezne pločice. Na slici 2. prikazane su krive habanja prema sledećim izrazima:

- obrada Č1221:

$$h - 0.416 = 4.169 \cdot 10^{-3} (T - 25.3) + 1.916 \cdot 10^{-5} (T - 25.3)^3$$

- obrada Č5430:

$$h - 0.314 = 25.3 \cdot 10^{-3} (T - 3.89) + 3.666 \cdot 10^{-3} (T - 3.89)^3$$



Slika 1. Oblik habanja rezne pločice

Obrada bušenjem

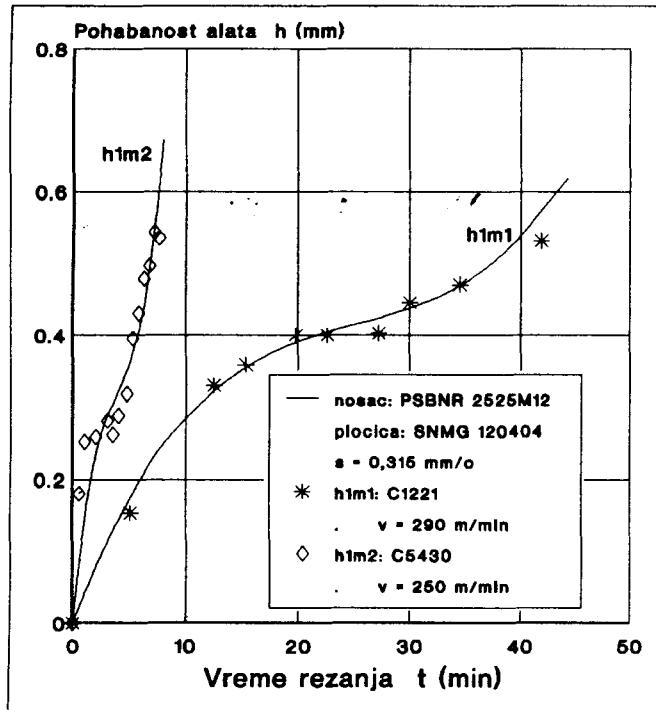
Oblik habanja zavojnih burgija je prikazan na slici 3. Za parametar habanja je usvojena pohabanost h_1 . Dobijene krive habanja, prikazane na slici 4, se mogu izraziti jednačinama:

za prečnik burgije $d = 6 \text{ mm}$:

$$h - 0.248 = 0.0002 (T - 87.798) + 3.341 \cdot 10^{-7} (T - 87.798)^3$$

za prečnik burgije $d = 8 \text{ mm}$:

$$h - 0.261 = 0.004 (T - 40.305) + 1.53 \cdot 10^{-6} (T - 40.305)^3$$



Slika 2. Krive habanja u obradi struganjem

Obrada glodanjem

Oblik habanja reznih elemenata valjkastog i vretenastih glodala prikazan je na sl. 5. Analizirani parametar habanja je habanje h_1 . Na sl. 6. i 7. su prikazane dobijene krive habanja:

- za valjkasto glodalo:

$$h - 0.3926 = 0.0027 (T - 53.89) + 1.58 \cdot 10^{-6} (T - 53.89)^3$$

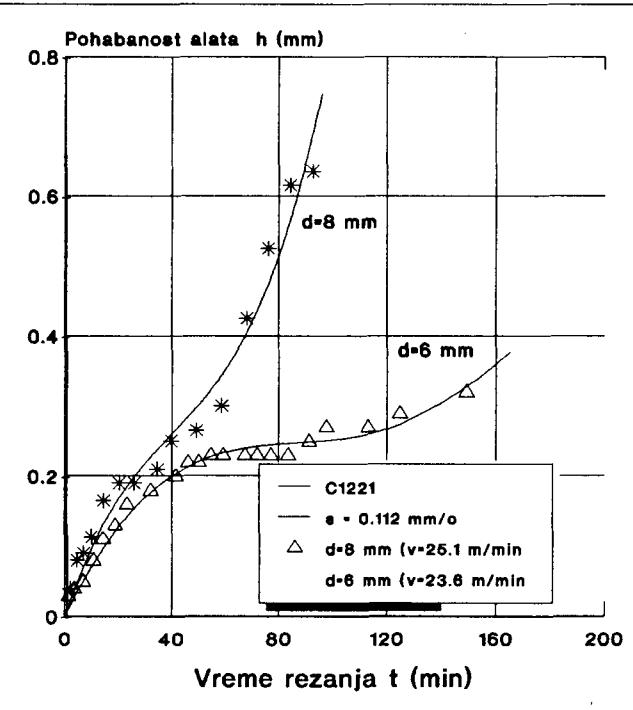
- za vretenasto glodalo:

$$v = 16.82 \text{ m/min:}$$

$$h - 0.2069 = 0.0053 (T - 17.13) + 2.3 \cdot 10^{-5} (T - 17.13)^3$$

$$v = 33.65 \text{ m/min:}$$

$$h - 0.2117 = 0.0039 (T - 5.929) + 9.04 \cdot 10^{-4} (T - 5.929)^3$$



Slika 4. Krive habanja pri bušenju

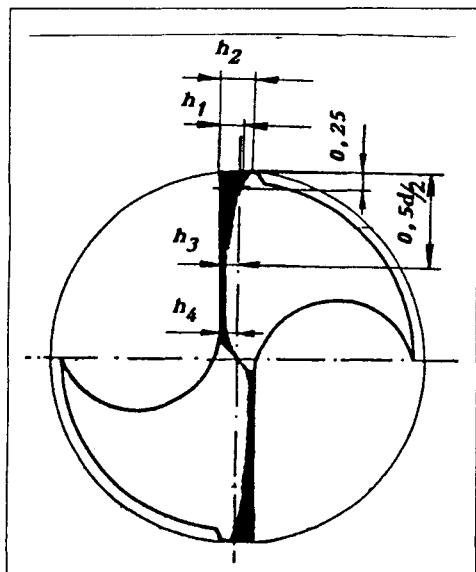
3.1. Zavisnost otpora rezanja od pohabanosti alata

Zavisnost otpora rezanja je potvrđena mnogim eksperimentalnim ispitivanjima. U najvećem broju slučajeva dovode se u vezu otpori rezanja i srednja širina pohabanog pojasa po ledjnoj površini alata. Najveći problem uspostavljanja korelativnih zavisnosti otpora rezanja i habanja alata predstavlja izbor bazne funkcije. Najčešće korišćeni oblici ovih funkcija su:

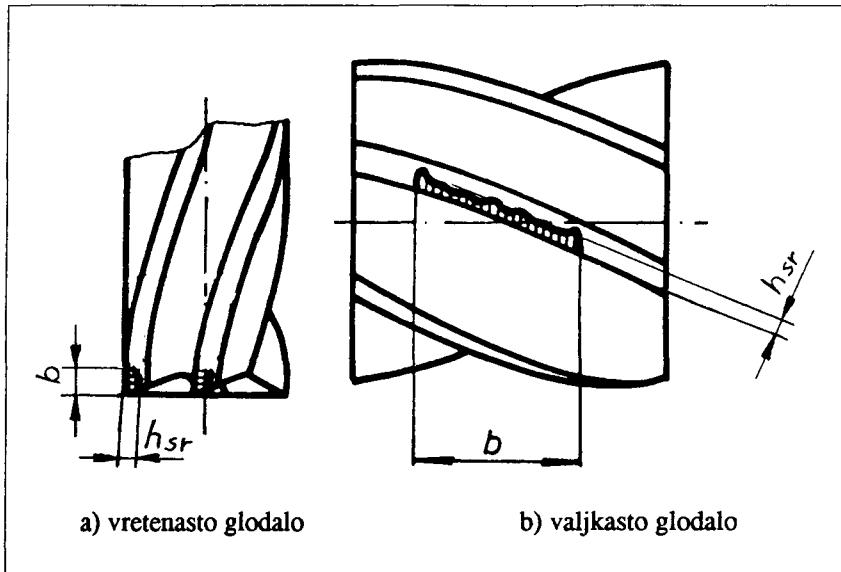
$$F_i = C s^y v^z h^u,$$

$$F_i = C s^y v^z (1 + h^u)$$

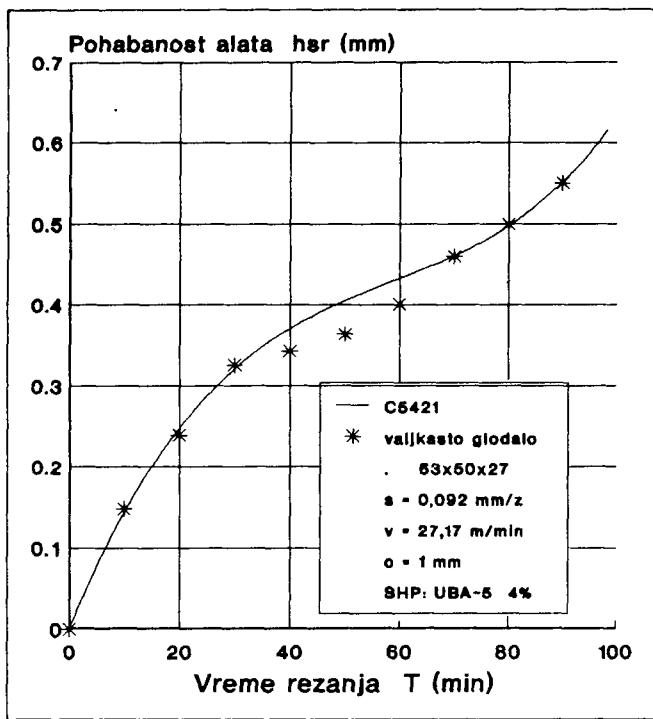
$$F_i = C_1 s^y v^z + C_2 h^u$$



Slika 3. Oblik habanja burgija



Slika 5. Oblik habanja ispitivanih glodala.



Slika 6. Krive habanja za valjkasto glodalo

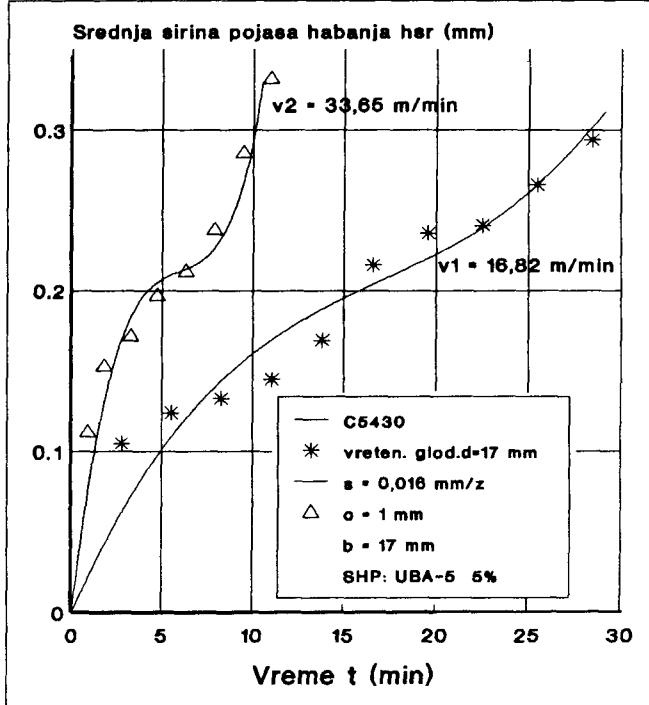
Velikim brojem ispitivanja i obradom dobijenih rezultata dolazi se do zaključka da navedene korelativne zavisnosti karakteriše:

- ▶ **funkciju oblika a)** - nedovoljna korelacija između otpora rezanja, parametara obrade i stepena pohabanosti alata, posebno u širem opsegu pohabanosti alata, takođe daje nerealnu vrednost otpora rezanja za nov, nepohaban alat.
- ▶ **funkciju oblika b)** - veoma složen postupak za nalaženje eksponenta "u" i nedovoljna korelacija između otpora rezanja i parametara obrade kao i relativno složeno predstavljanje uticaja režima obrade i pohabanosti alata na priraštaj otpora rezanja i
- ▶ **funkciju oblika c)** - složen postupak za nalaženje eksponenta "u", a zbog neuzimanja u razmatranje združenog dejstva koraka i stepena pohabanosti primena ove funkcije je ograničena na uske oblasti režima obrade i pohabanosti alata.

Treba istaći da se *funkcija oblika c)* može uspešno primeniti u slučaju analize uticaja habanja alata na otpore rezanja pri konstantnim režimima obrade. Pri obradi rezultata menjanja za širu oblast variranja režima obrade (koraka i brzine rezanja) njihov uticaj se mora uzeti u obzire. U tom slučaju bazna funkcija mora imati član koji združuje dejstvo režima obrade i stepena pohabanosti.

Pri izboru bazne funkcije treba voditi računa o nekim osnovnim uslovima, koje se s obzirom na prirodu procesa obrade, funkcija mora da zadovolji. Ovi uslovi se mogu matematički izraziti jednačinama:

$$F_i = F_i(s, v, h=0) > 0, \text{ otpor rezanja za nov, nepohaban alat, } (dF_i/dh)_h \geq 0, \text{ priraštaj otpora rezanja za nov alat teži nuli}$$



Slika 7. Krive habanja za vretanasta glodala

$F_i(h=0) = F_i(s, v, h=0) = F_{i\min}$, otpor rezanja za nov alat je minimalan, odnosno, sa habanjem otpor rezanja raste.

Mnogobrojnim eksperimentalnim ispitivanjima u uslovima variranja režima obrade, pokazalo je se da pri obradi struganjem i bušenjem treba uzeti združeno dejstvo koraka i habanja na otpore rezanja. Brzina rezanja, u širem opsegu variranih vrednosti, u tom slučaju ima zanemarljiv uticaj na otpore rezanja. Međutim, kod obrade glodanjem, horizontalnim i vertikalnim, mora se uzeti združeno dejstvo brzine rezanja i habanja alata, dok se uticaj koraka može zanemariti. Bazna funkcija koja združuje uticaj režima obrade i stepena pohabanosti alata i ispunjava prethodno definisane uslove odredjena je jednačinom:

- za struganje i bušenje:

$$F_i = C \cdot s^y \cdot v^z \cdot e^{(C_1 + C_2 \cdot s) \cdot h^2}$$

za glodanje:

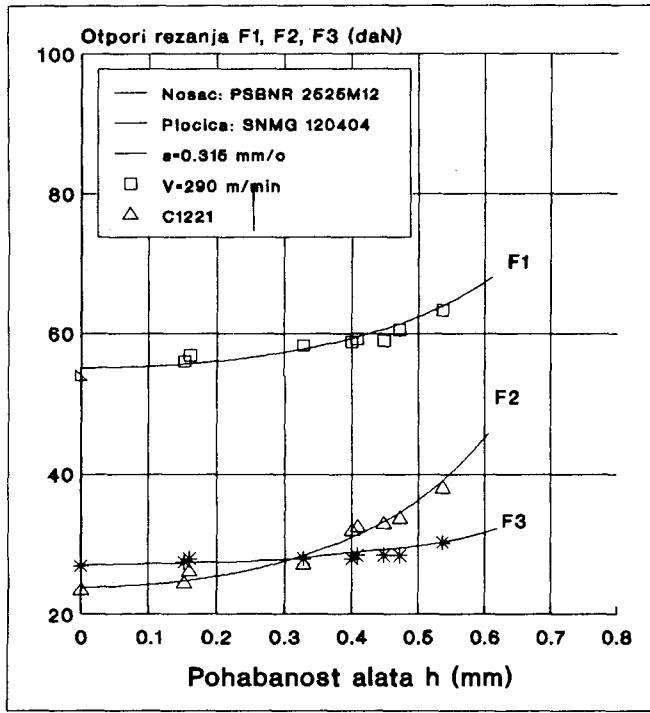
$$F_i = C \cdot s^y \cdot v^z \cdot e^{(C_1 + C_2 \cdot v) \cdot h^2}$$

Uticaj habanja na veličinu otpora rezanja predstavljen je članom $e^{C_1 \cdot h^2}$ dok njegovu korekciju u funkciji režima obrade definiše član $e^{C_2 \cdot s \cdot h^2}$, odnosno $e^{C_2 \cdot v \cdot h^2}$.

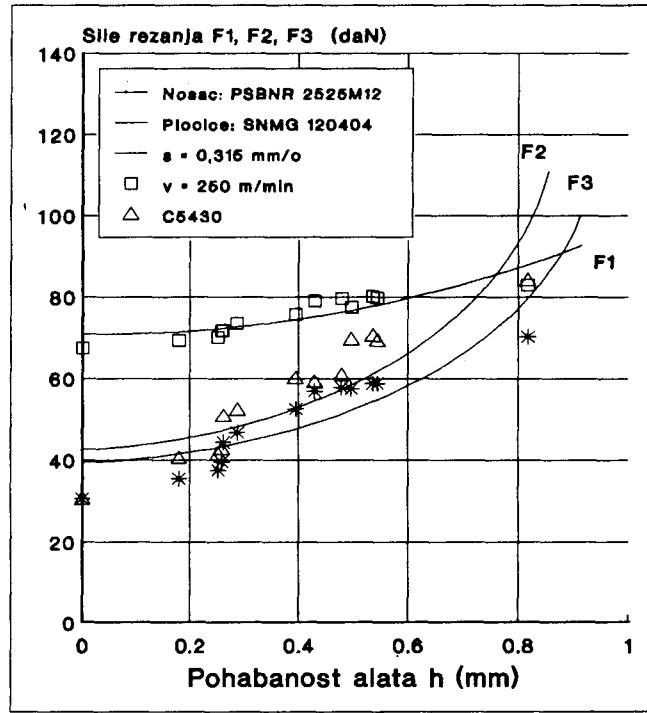
U slučaju analize otpora rezanja pri konstantnim režimima obrade izraz ima jednostavniji oblik:

$$F_i = F_o \cdot e^{C \cdot h^2}$$

Obrada rezultata eksperimentalnih ispitivanja, prema definisanom programu ispitivanja, su potvrđila prethodno definisani matematički model zavisnosti otpora rezanja i habanja alata.



Slika 8. Zavisnost otpora rezanja i habanja alata u obradi struganjem Č1221



Slika 9. Zavisnost otpora rezanja i habanja alata u obradi struganjem Č5430

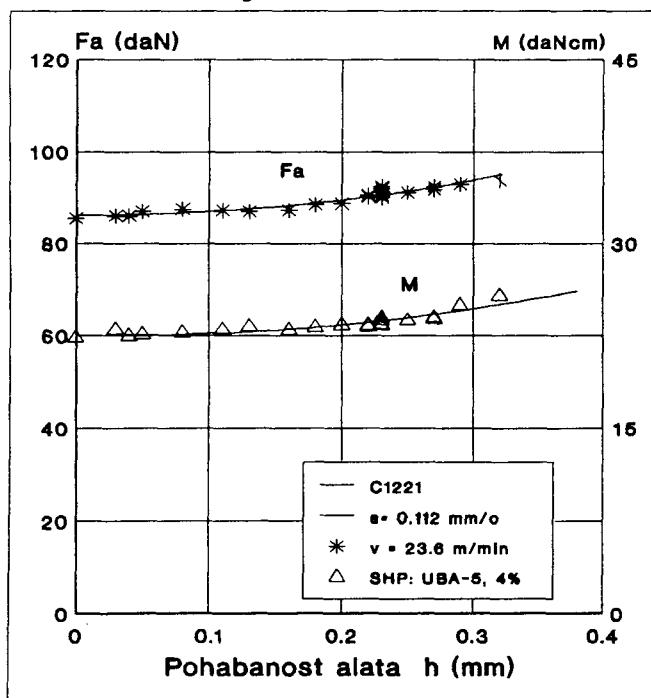
obrada Č5430:

$$F_1 = 55.1 \cdot e^{0.44 \cdot h^2}$$

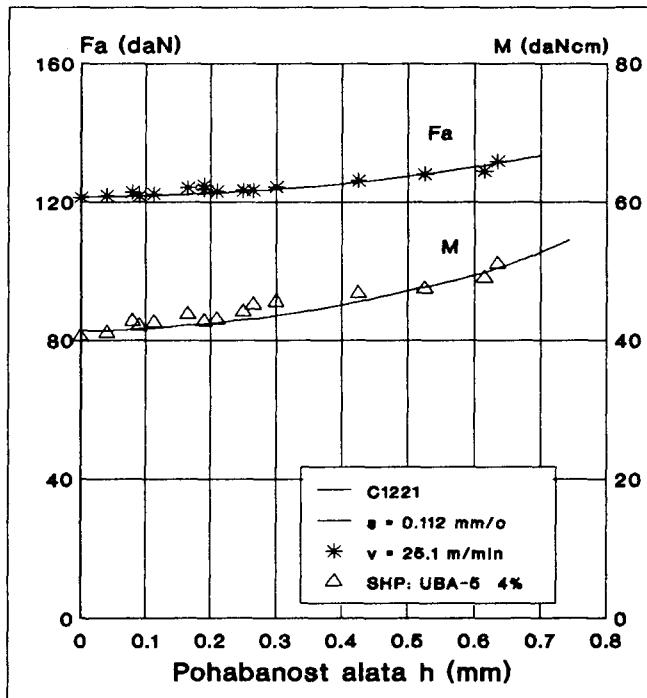
$$F_1 = 55.1 \cdot e^{0.44 \cdot h^2}$$

$$F_1 = 55.1 \cdot e^{0.44 \cdot h^2}$$

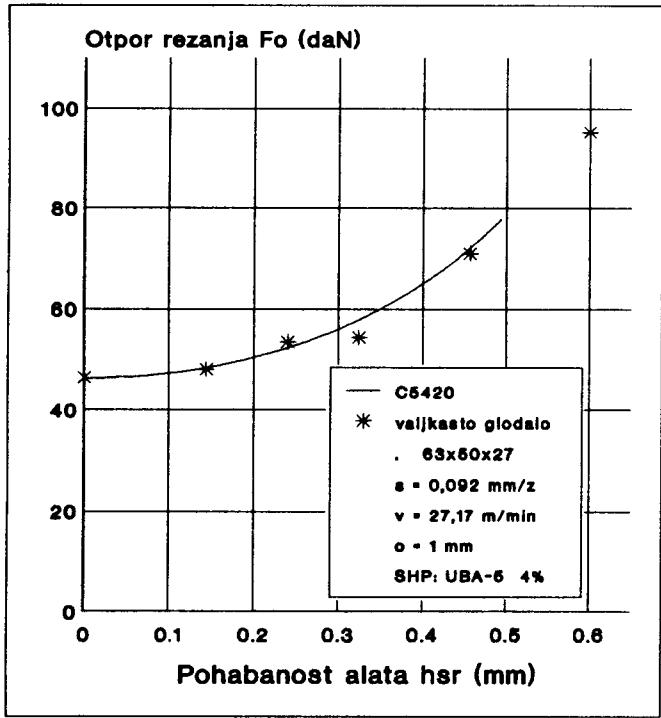
Na slikama 8. i 9. prema su prikazane ovako dobijene korelativne zavisnosti otpora rezanja i habanja alata.



Slika 10. Zavisnost otpora rezanja i habanja alata u obradi bušenjem (d=6 mm)



Slika 11. Zavisnost otpora rezanja i habanja alata u obradi bušenjem (d=8 mm)



Slika 12. Zavisnost otpora rezanja i habanja alata u obradi valjkastim glodalom

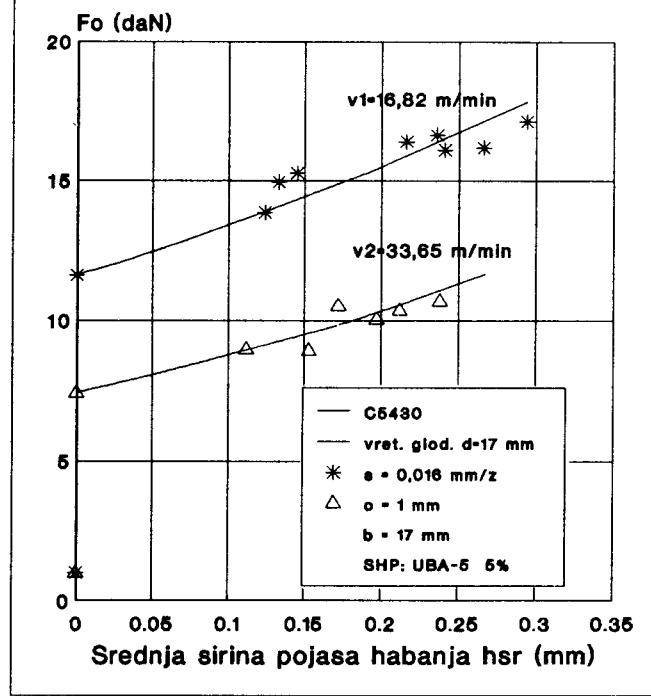
Obrada bušenjem

Otpori rezanja i habanje alata u obradi bušenjem se mogu predstaviti korelativnim zavisnostima:

za prečnik alata $d=6 \text{ mm}$

$$F_1 = 55.1 \cdot e^{0.44 \cdot h^2}$$

$$F_1 = 55.1 \cdot e^{0.44 \cdot h^2}$$



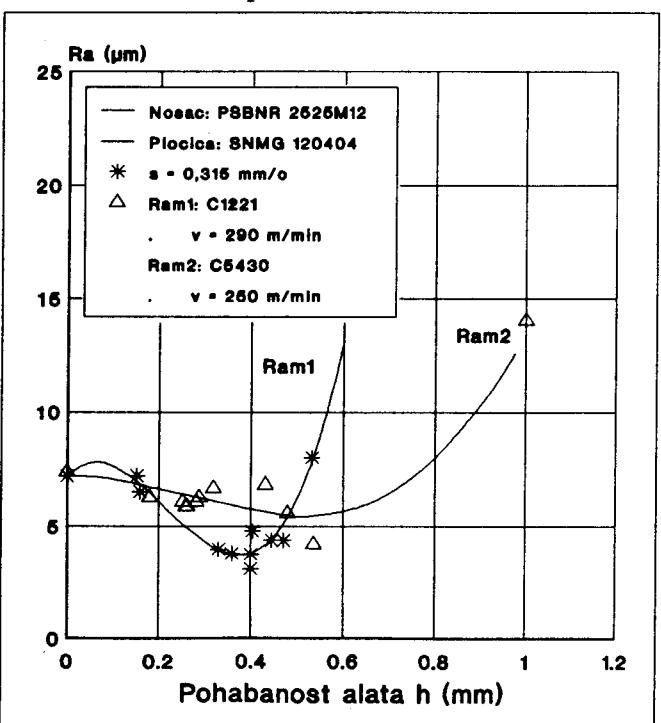
Slika 13. Zavisnost otpora rezanja i habanja alata u obradi vretenastim glodalom

• za prečnik alata $d=8 \text{ mm}$

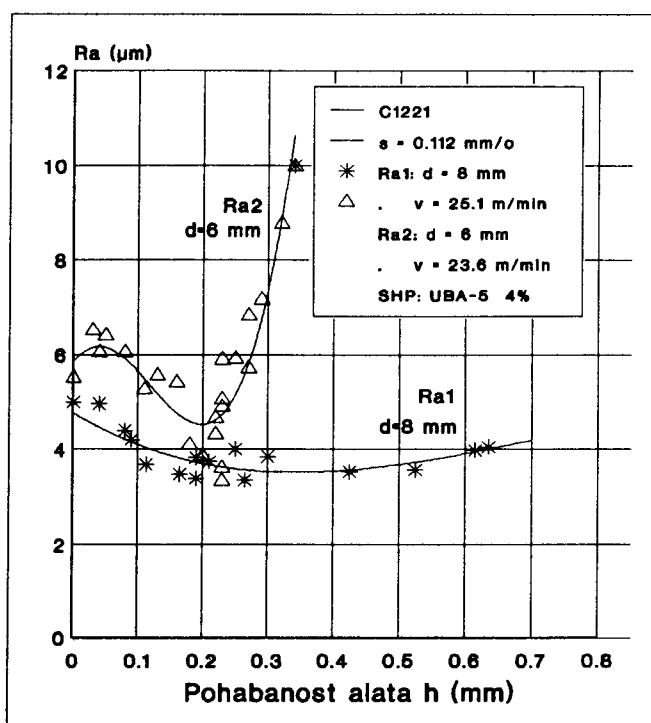
$$F_1 = 55.1 \cdot e^{0.44 \cdot h^2}$$

$$F_1 = 55.1 \cdot e^{0.44 \cdot h^2}$$

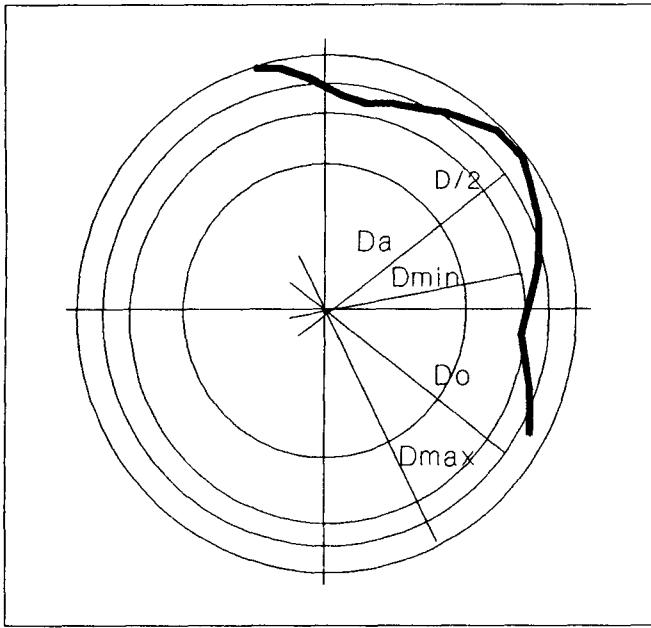
Na slikama 10. i 11. prema su prikazane ovako dobijene korelativne zavisnosti otpora rezanja i habanja alata.



Slika 14. Promena kvaliteta obradjene površine sa habanjem alata u obradi struganjem



Slika 15. Promena R_a sa habanjem alata u obradi bušenjem



Slika 16. Odstupanje prečnika otvora od prečnika alata

Obrada glodanjem

Otpori rezanja i habanje alata u obradi glodanjem se mogu predstaviti korelativnim zavisnostima:

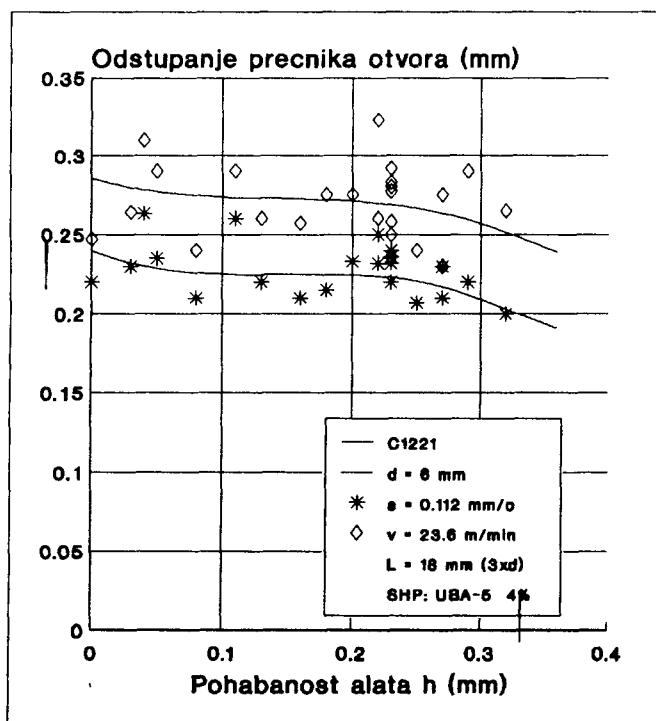
- za valjkasto glodalo

$$F_o = 46.36 \cdot e^{2.135 \cdot h_{sr}}$$

- za vretenasto glodalo

$$v=16,82 \text{ m/min: } F_o = 11.62 \cdot e^{5.662 \cdot h_{sr}}$$

$$v=33,65 \text{ m/min: } F_o = 7.424 \cdot e^{12.149 \cdot h_{sr}}$$



Slika 17. Odstupanje prečnika otvora od prečnika burgije ($d=6 \text{ mm}$)

Na slikama 12. i 13. su prikazane ovako dobijene korelativne zavisnosti otpora rezanja i habanja alata.

3.2. Kvalitet obradjene površine

Kao parametri za definisanje kvaliteta obradjene površine najčešće se koriste srednje aritmetičko odstupanje profila (R_a) i maksimalna visina neravnih (R_{max}). Korelativna zavisnost za definisanje kvaliteta obradjene površine se prvenstveno odnosi na vezu između R_a i režima obrade u obliku:

$$R_a = C \cdot s^y \cdot v^z$$

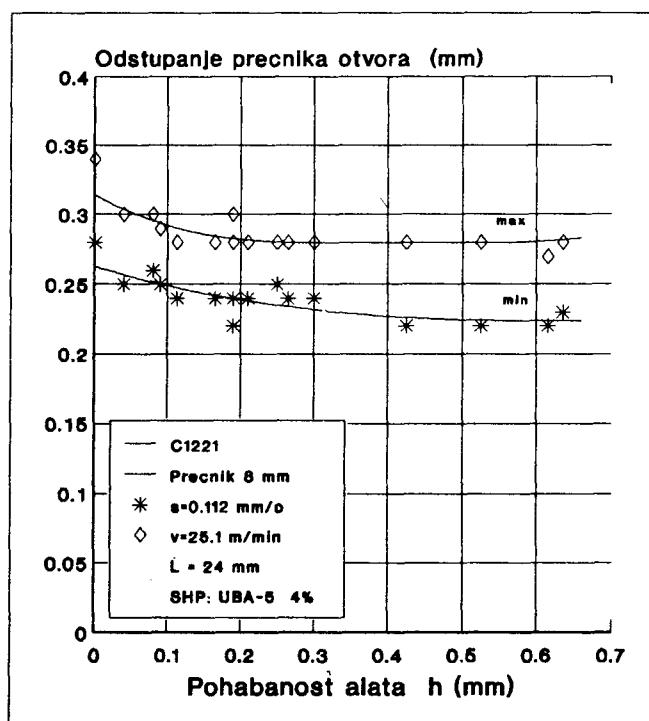
Analizom velikog broja rezultata eksperimentalnih ispitivanja utvrđeno je da se između kvaliteta obradjene površine i habanja alata ne može lako uspostaviti pouzdana korelativna zavisnost. U literaturi se može najčešće naći linearna zavisnost između R_a i habanja alata u obliku:

$$R_a = C_0 + C_1 \cdot h$$

Medjutim, brojnim eksperimentalnim ispitivanjima utvrđeno je da je oblik ove zavisnosti znatno složeniji. Dobijeni rezultati ukazuju na pad hraptavosti obradjene površine do određenog stepena pohabanosti alata. Tek kada habanje predje u fazu katastrofalnog habanja dolazi do povećanja hraptavosti obradjene površine.

Kao bazne funkcije za predstavljanje korelativnih zavisnosti parametara hraptavosti površine (R_a , R_{max} , itd.) i habanja alata, veoma uspešno se može koristiti polinom trećeg stepena u obliku:

$$R_a = C_0 + C_1 \cdot h + C_2 \cdot h^2 + C_3 \cdot h^3$$



Slika 18. Odstupanje prečnika otvora od prečnika burgije ($d=8 \text{ mm}$)

Realizovanim eksperimentalnim ispitivanjima u obradi struganjem i bušenjem dobijene su zavisnosti kvaliteta obradjene površine (parametar Ra) i habanja alata.

Obrada struganjem

Korelativne zavisnosti imaju oblik:

- obrada Č1221:

$$R_a + 7.2 + 19 \cdot h - 175 \cdot h^2 + 266 \cdot h^3$$

- obrada 5430:

$$R_a + 7.2 + 0.45 \cdot h - 22.3 \cdot h^2 + 28.7 \cdot h^3$$

Na slici 14. prikazane su ovako dobijene krive.

Obrada bušenjem

Dobijene korelativne zavisnosti u obradi bušenjem imaju oblik:

- prečnik alata $d = 6 \text{ mm}$

$$R_a + 5.874 + 18.58 \cdot h - 290.3 \cdot h^2 + 814.27 \cdot h^3$$

- prečnik alata $d = 8 \text{ mm}$

$$R_a + 4.76 + 8.17 \cdot h - 15.75 \cdot h^2 + 7.50 \cdot h^3$$

Na slici 15. prikazane su krive Ra - h.

3.3. Tačnost obrade

Eksperimentalna ispitivanja u obradi bušenjem su pokazala da pri habanju alata dolazi do promene dimenzija obradjenog otvora. Promena prečnika otvora je, na prvom mestu, posledica habanja ruba burgija. U najvećem broju slučajeva dolazi do smanjenja prečnika otvora sa habanjem alata. Do znatnijih promena prečnika otvora dolazi tek kod katastrofalne pohabanosti alata. Najčešće korišćeni parametri za definisanje tačnosti obrade otvora su minimalno i maksimalno odstupanje prečnika obradjenog otvora od prečnika alata (min i max, slika 16). Međutim, između ovih parametara i habanja alata nije moguće uspostaviti pouzdane korelativne zavisnosti. Kao bazna funkcija za korelativne zavisnosti parametara tačnosti obrade i habanja alata, može se iskoristiti polinom trećeg stepena u obliku:

$$i + C_0 + C_1 + C_2 \cdot h^2 + C_3 \cdot h^3.$$

Medutim ova korelativna zavisnost zbog velikog rastupanja podataka merenja ne može imati veću praktičnu primenu.

Na slikama 17. i 18. prikazani su rezultati eksperimentalnih ispitivanja u obradi bušenjem.

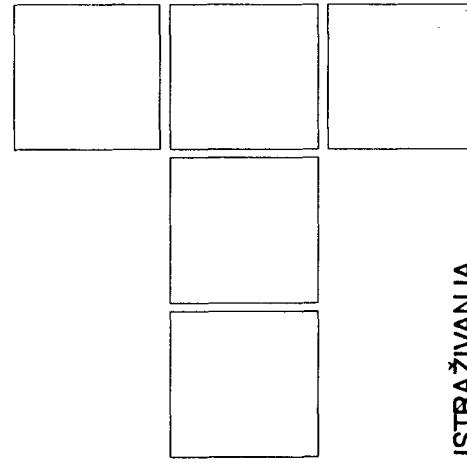
4. ZAKLJUČAK

Na osnovu izvedenih ispitivanja u najzastupljenijim vrstama obrade (struganje, bušenje i glodanje) može se zaključiti da habanje alata ima veliki uticaj na parametre procesa obrade (otpore rezanja, hrapavost obradjene površine idr.). Habanje alata uvek je praćeno porastom otpora rezanja, koje na određeni način reprezentuje pad reznih svojstava alata. Eksperimentalna ispitivanja vezana za uticaj pohabanosti alata na kvalitet obradjene površine, kod obrade struganjem, delom odstupaju od dosadašnjih saznanja o ovoj problematici. Pоказало se da pri habanju alata, do odredjene vrednosti pohabanosti, hrapavost obradjene površine opada. To se može objasniti oblikom habanja reznog klin alata (trodimenzionalno habanje) i pojmom "mikro" reznih klinova, koji sumarno gledano, utiču na pad hrapavosti obradjene površine.

Postojanje visoko korelativnih veza između otpora rezanja, parametara hrapavosti obradjene površine i pohabanosti alata može poslužiti kako za upravljanje procesima obrade, tako i za optimizaciju procesa rezanja u širem smislu.

LITERATURA

- [1] B. IVKOVIĆ, Obrada metala rezanjem - izbor ekonomičnih režima rezanja, Mašinski fakultet, Kragujevac, 1985.
- [2] LANGHAMER, K., Die Zerspankraftkomponenten als Kenngrößbestimmung an Hartmetall- Drehwerkzeugen, Fakultat fur Maschinewesen dre Rheinisch Westfälischen Hochschule Achen, Dortmund, 1972.
- [3] TADIĆ, B., Prilog analitičkom definisanju krivih habanja, Tribologija u industriji, 4/90, Kragujevac, 1990.
- [4] B. NEDIĆ, Razmatranje uticaja pohabanosti spiralne burgije na osnovne parametre procesa bušenja, Tribologija u industriji 3/90, Kragujevac, 1990.
- [5] Z. ĐORDEVIĆ, Otpori rezanja pri obimnom glodanju u funkciji stepena pohabanosti reznih elemenata alata, seminarски rad, Kragujevac, 1990.



S. RADONJIĆ

Kvalitet obradene površine u funkciji habanja alata

ISTRAŽIVANJA

1. UVOD

Cilj svake obrade rezanjem je postizanje određenog kvaliteta obradene površine propisanih dimenzija.

Za pravilnu ocenu kvaliteta obradene površine nije dovoljno posmatrati samo hrapavost obradene površine (preko parametara hrapavosti R_a , R_z , R_{max} , ...) već je neophodno posmatrati i promene koje su nastale u površinskom sloju. Naime, poznato je da se u procesu rezanja tj. u procesu stvaranja strugotine vrši deformacija obradivog materijala kao posledica visokih pritisaka i temperature. Osim odvajanja materijala u vidu strugotine deformiše se i obradena površina. Na deformaciju obradene površine utiču mnogi faktori, može se reći svi koji definišu sam proces rezanja.

U ovom radu daju se rezultati istraživanja promena u površinskom sloju obradivog materijala obradka u funkciji od habanja alata pri završnoj obradi struganjem.

*Doc. Dr Snežana Radonjić, dipl. ing.,
Tehnički fakultet Čačak*

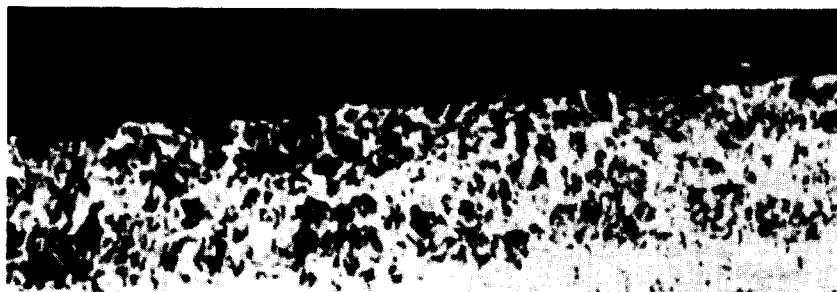
2. UTICAJ KONCENTRISANOG HABANJA ALATA NA KVALITET OBRAĐENE POVRŠINE

Poznato je da se pri završnoj obradi struganjem, pri korišćenju alatnih materijala, na pomoćnoj lednoj površini javlja koncentrisano habanje. Pošto je taj deo površine alata u kontaktu sa obradenom površinom to on direktno utiče na sam kvalitet obradene površine. U dosadašnjim radovima praćen je uticaj koncentrisanog habanja alata na hrapavost obradene površine (merenjem parametara hrapavosti) [3,4,6].

Imajući u vidu da koncentrisano habanje ima primaran uticaj na kvalitet obradene površine u ovom radu napravljen je pokušaj analiziranja uticaja koncentrisanog habanja na promene u površinskom sloju obradka, posmatrano normalno na pravac brzine rezanja



*Sl. 1 - Pohabani vrh alata sa koncentrisanim habanjem
(P10, r=0.4 mm, Č.1430, v=148 m/min,
s=0.107 mm/o, D=0.2 mm, l=6.26 km)-*



(a) - 200x



(b) - 200x

Sl. 2 (a, b) - Mikrofotografije obradene površine dobijene
(a)-sa oštrim alatom,
(b)-sa pohabanim alatom
prikazanom na sl. 1.
(Č.1430, P10, r=0.4 mm, s=0.107 mm/o,
v=148 m/min, D=0.2 mm)

2.1 Uslovi ispitivanja

Obrada je vršena na univerzalnom strugu pri korišćenju alata od tvrdog metala (izmenjive pločice kvaliteta P10 i P30), a obradivani je ugljenični čelik sa različitim procentom ugljnika. Mikrofotografije pohabanog alata dobijene su na skeining mikroskopu (SEM) japanske firme JEOL sa oznakom JSM-35CF.

Metalografski snimci obradene površine dobijeni su na metalografskom mikroskopu "Metalloplan" -Ernst Leitz. Uzorci su pripremani: ulivani u transparentnu masu, brušeni na papirima SiC i polirani na tkanini sa dijamantskim pastama. Nagrizani su u 4 % alkoholnom rastvoru azotne kiseline.

2.2 Dobijeni rezultati

Mikrofotografija na slici 1. prikazuje vrh pohabanog alata sa koncentrisanim habanjem na pomoćnoj lednoj površini, dobijen u uslovima rezanja: $v=148 \text{ m/min}$, $s=0.107 \text{ mm/o}$, $\Delta=0.2 \text{ mm}$, Č.1430, P10, r=0.4 mm i dužina puta rezanja $l=6.26 \text{ km}$.

Na slici 2 (a, b) date su mikrofotografije obrađene površine normalno na pravac brzine rezanja dobijene sa oštrim (a) i pohabanim alatom (b) koji je prikazan na slici 1, sa navedenim režimima rezanja. Razlika između ove dve površine je dosta izražena. Na površini obrađenoj oštim alatom tragovi koraka su veoma blago izraženi. Kod površine (b) osim što



Sl. 3 - Pohabani vrh alata sa koncentrisanim habanjem
(P10 v=171 m/min, s=0.107 mm/o,
D=0.2 mm, r=0.4 mm, Č.1730,
l=4.11 km) - SEI (100x)



(a) - 200x



(b) - 200x

Sl. 4 - Mikrofotografije obradene površine dobijene
(a)-sa oštrim alatom,
(b)-sa pohabanim alatom
(C.1730, P10, r=0.4 mm,
s=0.107 mm/o, v=171 m/min,
D=0.2 mm l=4.11 km)

su izraženi grebeni i na njima vidljivo bočno tečenje materijala, vidljiv je i deformisani sloj između grebena koji je skoro jednake debljine. Sa jednog grebena u vidu trougla, odnešen je deformisani sloj.

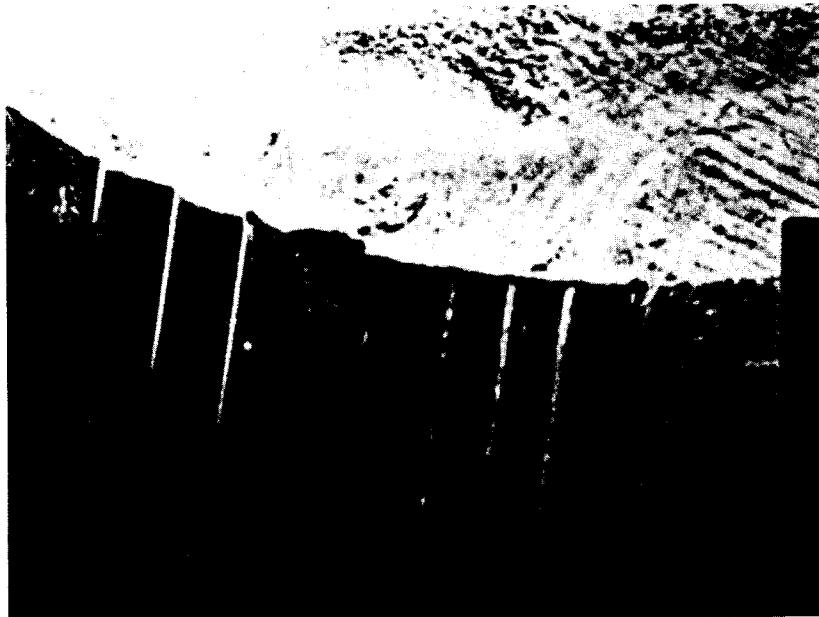
Na slici 3. prikazan je pohabani vrh alata sa koncentrisanim habanjem dobitjen pri sledećim uslovima rezanja:

$v=171 \text{ m/min}$, $s=0.107 \text{ mm/o}$, $\Delta=0.2 \text{ mm}$, $P10$, $r=0.4 \text{ mm}$,
 $\check{C}.1730$, $l=4.11 \text{ km}$.

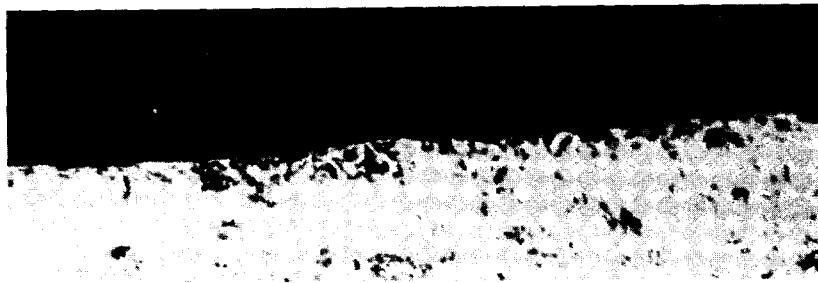
Pri rezanju sa ovim oštrim alatom i pohabanim prema slici 3, na slici 4(a,b) prikazane su mikrografije obradene površine.

Analizom ove dve obradene površine zapaža se razlika, kako u topografiji tako i u debljini defektnog sloja. Pri obradi $\check{C}.1730$ sa istom pločicom kao u predhodnom slučaju uočljiva je razlika u karakteru habanja alata. Za kraće vreme rezanja, pri obradi $\check{C}.1730$ alat se intezivnije haba, što može da se tumači povećanjem abrazivnim habanjem od nemetalnih uključaka koji su prisutni u ovom materijalu. Na slici 5. i slici 6 (a,b) dati su pohabani alat i površine dobijene pri obradi sa tim alatom (oštrim i pohabanim), pri sledećim režimima rezanja: $v=140 \text{ m/min}$, $s=0.178 \text{ mm/o}$, $\Delta=0.2 \text{ mm}$, $P30$, $r=1.2 \text{ mm}$, $\check{C}.1430$, $l=4.546 \text{ km}$.

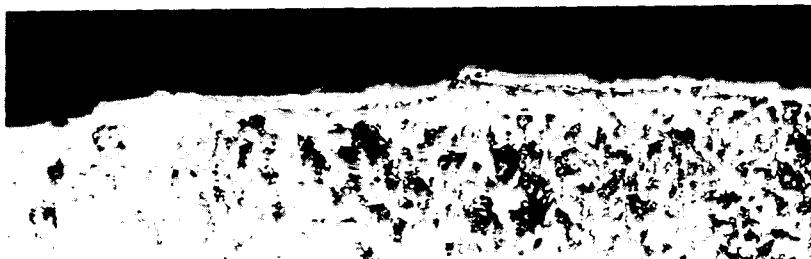
Izražena je razlika u pogledu dubine deformisanog sloja. Na obrađenoj površini sa pohabanim alatom vide se nepravilno-



Sl. 5 - Pohabani vrh alata sa koncentrisanim habanjem
($v=140 \text{ m/min}$, $s=0.178 \text{ mm/o}$,
 $D=0.2 \text{ mm}$, $P30$, $r=1.2 \text{ mm}$, $\check{C}.1430$,
 $l=4.546 \text{ km}$) - SEI (80x)



(a) - 200x



(b) - 200x

Sl. 6 - Mikrofotografije obradene površine dobijene
(a)-sa oštrim alatom,
(b)-sa pohabanim alatom
prikananom na sl.5.

sti koje mogu da budu posledica kidanja obradivosti materijala kao i prisustvo deponovanog materijala od delića naslage koja se javlja u procesu rezanja. Pošto se radi sa velikim radijusom zaobljenja, hrapavost obradene površine nije veća u poređenju sa prethodnim mikrofotografijama kod kojih je površina obrađivana sa tri puta manjim radijusom.

Metalografski snimci na slici 7 (a, b) takođe pokazuju razliku u veličini hrapavosti. Na slici (b) vidi se da je dubina defektog sloja obrađivanog materijala nekoliko puta veća nego na

slici (a), što govori o uticaju pohabanosti alata na kvalitet obrađene površine.

3. ZAKLJUČAK

Analizom metalografskih snimaka obradene površine konstatovano je da je najmanja debljina defektog sloja kod Č.1730 (u odnosu na Č.1220 i Č.1430). Kod sva tri ispitivana materijala pri rezanju sa pohabanim alatom debljina defektog sloja je izražena, dok je pri rezanju sa oštrim alatom neznatna.



(a) - 200x



(b) - 200x

Sl. 7 (a, b) - Mikrofotografije obradene površine dobijene:
(a) - sa oštrim alatom ,
(b) - sa pohabanim alatom
(Č1220, P10, r=0.4 mm,
s=0.107 mm/o, v=292 m/min,
D=0.2 mm)

Na hrapavost obradene površini veći uticaj ima oblik formiranih grebena (uključujući sve promene koje se na njima dešavaju: bočno tečenje materijala, zaostali delići naslage na grebenu i dr.) nego hrapavost površine unutar koraka (između grebena).

Na generisanu površinu bitan uticaj ima karakter habanja alata, a što je u uskoj vezi sa kvalitetom alatnog materijala i vrstom obradivanog materijala.

LITERATURA

[1] ŠOLAJA V., *Prilog teoriji završne obrade na strugu*, Disertacija, Mašinski fakultet, Beograd, 1972.

[2] RADONJIĆ S., *Dalji prilozi ispitivanju završne obrade na strugu*, Disertacija, Mašinski fakultet, Beograd, 1986.

[3] ŠOLAJA V., RADONIĆ S., *O fenomenu i posledicama koncentrisanog habanja reznih alata*, XXIV Stručno-naučni skup LOLA, "LOLA Saopštenja", 23/1988/35, Beograd.

[4] NIKIĆ Z., RADONJIĆ S., DOBROVSKI M., *Kartina koncentrirovanova iznosa tverdosplavnih mnogogranih plastin s pokritием TiN*, III Međunarodnij simpozium "Ispitanja instrumenta 88", Krakov, Poljska, 1988.

[5] RADONJIĆ S., NIKIĆ Z., *Priloženie k izučivanju svjazi među iznosom i topografiej obrativaemih poverhnostej*, VII Međunarodnaja konferencija i vistavka po instrumentu, Miskolc, Mađarska, 1989.

[6] RADONJIĆ S., *Uticaj žljebova višeg reda koncentrisanog habanja alata na kvalitet obradene površine*, YUTRIB91, Kragujevac, 1991.

*Podsećamo
naše dugogodišnje čitaoce
na potrebu da obnove pretplatu
za 1992. godinu*

Redakcija časopisa