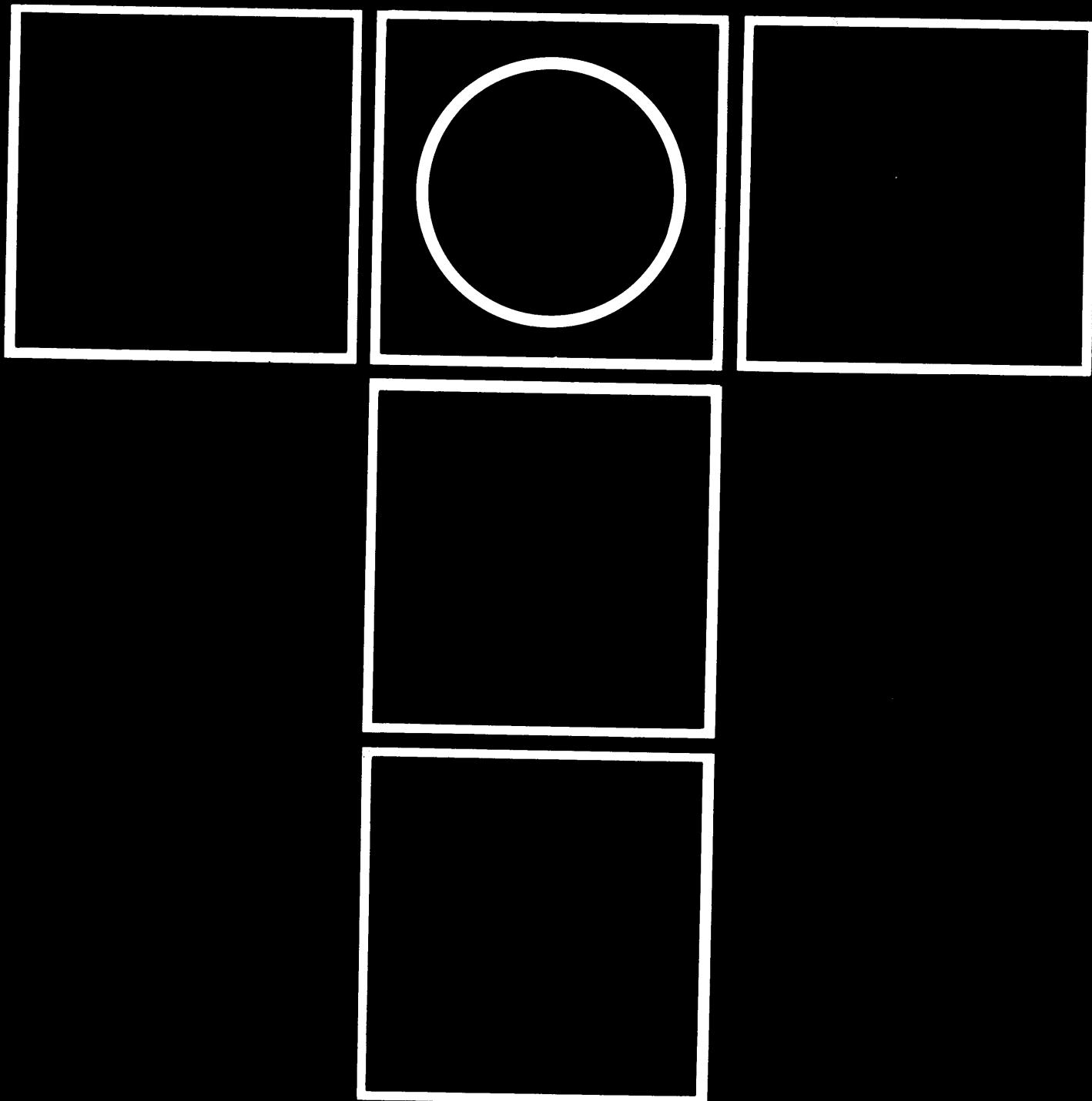


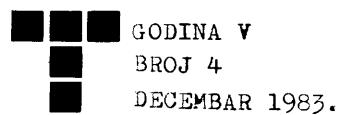
tribologija u industriji

YU ISSN 0351-1642
GODINA V
DECEMBAR '83.

4



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



tribologija u industriji

sadržaj contents содержание

UVODNIK INTRODUCTION ПЕРЕДОВИЦА	B. IVKOVIĆ: Problemi održavanja SHP i njihov vek trajanja - The problems of life and maintenance of cutting fluids - Манипуляция смазочно - охладительными средствами и их долговечность - - - - -	99
ISTRAŽIVANJA RESEARCH ИССЛЕДОВАНИЯ	S. SOVILJ: Uticaj brzine rezanja na postojanost odvalnog glodala - The influence of the cutting speed on the tool life in hob milling - Влияние скорости резания на износостойкость обкаточной фрезы - - -	101
	T. MANG: Ekonomска procena primene sredstava za hladjenje i podmazivanje - Economical evaluation of the application of watermiscible metalworking fluids - Экономическая оценка применения охладительно - смазочных средств - - - - -	107
	E. SILAJEV: Primena staklenih premaza pri kovanju u alatu - The application of glass coatings to the process of forging in tools - Применение на основании стекла при объемной штамповке в инструменте	113
ZA NEPOSREDNU PRAKSU FOR DIRECT PRACTICE ДЛЯ НЕПОСРЕДСТВЕННОГО ПРАКТИКУ	- - - - -	117
NOVOSTI NEWS ИЗВЕСТИЯ	- - - - -	121
KNJIGE I ČASOPISI BOOKS AND JOURNALS КНИГИ И ЖУРНАЛЫ	- - - - -	126
NAUČNI SKUPOV SCIENTIFIC MEETINGS НАУЧНЫЕ СОБРАНИЯ	- - - - -	129
REZIMEA ABSTRACTS РЕЗЮМЕ	- - - - -	131

Problemi održavanja SHP i njihov vek trajanja

Poslovanje sa sredstvima za hladjenje i podmaziva - nje u industriji prerade metala postaje iz godine u go- dinu sve složenije u industrijski razvijenim zemljama a u domaćoj industriji prerade metala sve problematičnije. Posle drastičnog skola cena sirove nafte pre više godina i sve većin saznanja o značaju primene sredstava za hla-đenje i podmazivanje u procesu rezanja metala razvijena je u industrijski razvijenim zemljama posebna industrija koja proizvodi uređaje i opremu čijim se korišćenjem poboljšava poslovanje sa sredstvima za hladjenje i pod- mazivanje i smanjuju troškovi obrade i proizvodnje u ce- lini.

Uređaj i oprema koji se koriste pri primeni sredstava za hladjenje i podmazivanje u industriji prerade metala u industrijski razvijenim zemljama mogu se podeliti na četiri osnovne grupe:

U prvu grupu svrstavaju se uređaji i oprema koji - ma se vrši priprema sredstava za hladjenje i podmaziva - nje, njihov transport do proizvodnih mašina i punjenje mašina na kvalitetan i brz način, sa minimum rasipanja odgovarajućim koncentrata čija je i cena sve veća. Ovim uređajima vrši se ne samo priprema emulzije i rastvora sa optimalnim koncentracijama koje omogućavaju najmanju potrošnju reznih alata u proizvodnom procesu već i trans- port i punjenje mašina na način koji sprečava zagadjivanje sredstava za hladjenje i podmazivanje i njihovo ra- sipanje po pogonima. Primenom uređaja ove vrste smanjuje se utrošeno vreme na pripremu sredstava za hladjenje i podmazivanje, smanjuje se potreba za korišćenjem već- eg prostora za pripremu emulzija i rastvora, smanjuje se ukupan utrošeni rad na ovim poslovima što sve zajedno dovodi do smanjenja troškova ovog dela primene sredsta - va za hladjenje i podmazivanje.

Druga grupa uređaja je najraznovrsnija i koristi se u procesu primene sredstava za hladjenje i podmaziva- nje na proizvodnim radnim mestima (direktan rad) a njima

se na različite načine produžava vek trajanja emulzija i rastvora i zadržavaju tribološke karakteristike konstan-tnim u dužem vremenskom periodu. Postupci produžavanja veka trajanja sredstava za hladjenje i podmazivanje u periodu njihovog korišćenja na proizvodnim mašinama kre-ću se od jednostavnog mehaničkog uklanjanja hidrauličkih i drugih ulja sa površine sredstava za hladjenje i podmazivanje u rezervoarima mašina do vrlo složenih hemijskih postupaka koji se sastoje od nekoliko faza u kojima se vrši regeneracija sredstava za hladjenje i podmazivanje dodavanjem aditiva i drugih elemenata. Među uređa- jima ove vrste najčešće se koriste separatori različitih tipova i to kako gravitacioni tako i centrifugalni. Vrlo veliku primenu imaju, za izdvajanje hidrauličnih i drugih ulja sa površina sredstava za hladjenje i podmaziva- nje u rezervoaru mašina, trakasti separatori koji mogu da opsluže 10 - 20 mašina. Primenom uređaja za produža- vanje veka trajanja sredstava za hladjenje i podmaziva - nje koji se koriste u procesu prerade metala može da se produži vek trajanja emulzija i rastvora 6 - 10 puta i da se smanje ukupni troškovi primene za 40 - 60%. U aps- olutnom iznosu to u američkoj industriji prerade metala iznosi od 150 - 250 \$ po mašini godišnje. Ovaj iznos se odnosi na mašine čiji su rezervoari zapremine od 30-200 litara. Međutim, ako su u pitanju veće mašine (transfe- ri i sl.) sa rezervoarima od 1000-2000 lit. uštete po jednoj takvoj mašini do kojih se dolazi primenom uređaja ove vrste iznose i po nekoliko hiljada dollara godišnje.

Treća grupa uređaja koristi se za pražnjenje rez- eervoara i odvodjenje iskorišćenih sredstava za hladjenje i podmazivanje do mesta sakupljanja ili prosipanja. Posle određenog vremena korišćenja sredstava za hladjenje i podmazivanje, bez obzira na sva nastojanja oko produ- žavanja njihovog veka trajanja, dolazi trenutak kad sre- dstvo za hladjenje i podmazivanje mora da se izbaci iz

mašine i zameni novim. Troškovi pražnjenja rezervoara mašine zajedno sa operacijama čišćenja pre ponovnog punjenja iznose često puta više od troškova pripreme emulzija i rastvora. U okviru ove grupe uredjaja koriste se i specijalna transportna sredstva za odvoženje iskorisćenih sredstava za hladjenje i podmazivanje iz pogona do mesta sakupljanja ili rasipanja.

Četvrta grupa uredjaja namenjena je isključivo regeneraciji već upotrebljenih SHP. Sve manje se iskorisćena sredstva za hladjenje i podmazivanje prosipaju u kanalizaciju a sve više se podvrgavaju različitim postupcima regeneracije. Ovi uredjaji se postavljaju u posebne radne jedinice ili čak u posebne radne organizacije koje prikupljaju sredstva za hladjenje i podmazivanje iz različitih pogona lociranih u odgovarajućem industrijskom bazenu, regenerišu ih i vraćaju u proizvodne procese sa kvalitetom koji je isti kao što ga imaju nova sredstva za hlađenje i podmazivanje ali su skoro dva puta jeftinija.

Primenom svih ovih uredjaja ili samo nekih od njih poboljšava se poslovanje sa sredstvima za hladjenje i podmazivanje u radnim organizacijama, smanjuju se troškovi proizvodnje i to na direktn način kroz smanjenje troškova rataj oko sredstava za hlađenje i podmazivanje i troškova njihove nabavke i na indirektn način kroz smanjenje troškova alata i troškova obrade u celini do koga dolazi primenom kvalitetnijih sredstava za hlađenje i podmazivanje.

U domaćoj industriji prerade metala uredjaja ove vrste praktično nema osim u izuzetnim slučajevima. Radne organizacije ili veći pogoni koji imaju centralne sisteme za pripremu emulzija i rastvora i razvodjenje sredstava za hlađenje i podmazivanje i to mašine koriste uredjaje prve grupe. Broj centralnih sistema sa kružnim tokom u industriji ima veoma malo i oni sadrže u sebi i neke vrste uređaja druge grupe koji uklanjuju nečistoće iz sredstava za hlađenje i podmazivanje a posebno hidraulična i druga ulja koja se talože na površinu emulzija i rastvora. Najveći broj pogona u industriji prerade metala sadrži mašine alatke koje nisu povezane centralnim sistemom već se opslužuju individualno. Priprema emulzija i rastvora se vrši ručno od strane polukvalifikovanih i nekvalifikovanih radnika na jednom ili više mesta obično van radionice, pod nekim tremom a transport se takođe vrši ručno običnim kofama. Pri tome se vrši prolivanje mineralnih emulgirajućih ulja ili drugih sredstava od kojih se prave sredstva za hlađenje i podmazivanje a isto tako dolazi do njihovog prosipanja prilikom transporta do mašine i prilikom punjenja mašina.

Jedan od prvih uredjaja ove vrste konstruisan i izrađen u OOVR-u "Mašine" Zavoda "Crvena zastava" (proizvo-

di se serijski) namenjen pripremi emulzija nalazi se u primeni već skoro godinu dana i to u jednom broju radnih organizacija. Njegova primena još ni izdaleka nije tako masovna kako bi moralo da bude s obzirom na broj mašina i količinu sredstava koja se koristi u industriji prerade metala.

Iz druge grupe uredjaja takođe je projektovan i izrađen prototip jedne familije trakastih separata koji treba da se koriste u proizvodnim procesima za uklanjanje hidrauličkih i drugih ulja iz sredstava za hlađenje i podmazivanje. Ovi uredjaji se nalaze na početku primene i korišćenja u industriji i očekuje se da će u značajnoj meri doprineti poboljšanju kvaliteta poslovanja sa sredstvima za hlađenje i podmazivanje u industriji prerade metala kao i smanjenju troškova proizvodnje u celini.

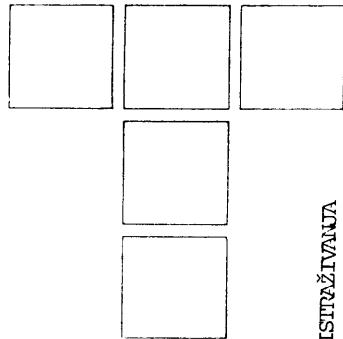
Može se konstatovati da u ovoj oblasti, za razliku od industrijski razvijenih zemalja, domaća industrija prerade metala ne koristi čitav niz uredjaja i postupaka koji mogu da dovedu do smanjenja troškova primene sredstava za hlađenje i podmazivanje i poboljšanja poslova - nja sa njima i da je to osnovni razlog zbog čega troškovi primene sredstava za hlađenje i podmazivanje po jednoj mašini u domaćoj industriji prerade metala su znatno veći nego u industrijski razvijenim zemljama. Kako su sredstva za hlađenje i podmazivanje po svom poretku dolarske prirode (uvodi se oko 80% njihove vrednosti), to je očigledno da ovoj vrsti poslova mora biti u narednom periodu posvećena znatno veća pažnja nego do sada. Jedan od načina da se stanje promeni jeste razvoj proizvodnje i primena uredjaja kojima se poboljšava ukupno poslovanje sa sredstvima za hlađenje i podmazivanje.

C P R

CENTAR ZA PRODUKTIVNOST

RADA

MASINSKI FAKULTET
34000 KRAGUJEVAC
Ul. Sestre Janjić br. 6
Tel. (034) 67-500



Uticaj brzine rezanja na postojanost odvalnog glodala

UVOD

Savremeni tehnički razvitak proizvodnje cilindričnih zupčanika usmeren je u dva osnovna pravca: povećanje proizvodnosti odgovarajućeg postupka ozubljenja i istovremeno poboljšanje kvaliteta izradjenog zupčanika. Postizanje tih, uglavnom suprotnih zahteva, predstavlja vrlo složen zadatak.

Optimizacija proizvodnih uslova obrade odvalnim glodanjem u najvećoj meri zavisi od pravilnosti izbora i održavanja reznog alata, kao i od izbora odgovarajućih režima rezanja.

Brzina rezanja je jedan od najvažnijih faktora uticajnih na proces rezanja i zauzima posebno mesto sa aspekta ekonomске efektivnosti odvalnog glodanja. Pored povećanja ekonomičnosti ista obezbeđuje i povećanje proizvodnosti procesa obrade metala skidanjem strugotine uz istovremeno poboljšanje i kvaliteta obradjenih površina [10].

Stalna težnja ka povećanju proizvodnosti procesa obrade metala skidanjem strugotine se ogleda u neprekidnom usavršavanju postojećih i razvoju novih konstrukcija mašina alatki i alata. Ipak, do danas, praktično povećanje brzine rezanja kod struganja i glodanja je 2-3 puta, dok laboratorijska ispitivanja idu za tim da se brzina rezanja poveća i nekoliko stepeni broja 10.

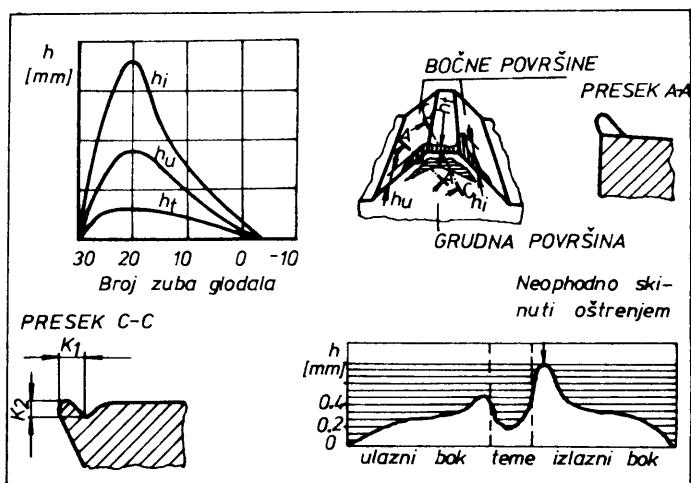
PROCES HABANJA SEČIVA ODVALNOG GLODALA

Specifična osobenost geometrijske forme odvalnog glodala i posebna složenost procesa rezanja i uslova obrade čine proces habanja odvalnog glodala znatno složenijom pojmom u odnosu na većinu ostalih reznih alata. Skup faktora i parametara obradnog sistema od kojih zavisi habanje odvalnih glodala brojan je. Ovaj skup obuhvata geometrijske, mehaničke, metalurške i dinamičke karakteristike elemenata obradnog sistema, a zatim spektar

režima rezanja i uslova obrade [1].

Rezultati ispitivanja habanja alata treba da se iskoriste kao kvantitativne osnove za optimizaciju procesa odvalnog glodanja u cilju dostizanja maksimalne proizvodnosti, obezbeđivanje kvalitativnih osobina obradjenih zupčanika i svedjenje na minimum troškova po operaciji.

U procesu odvalnog glodanja cilindričnih zupčanika zubi alata su nejednako opterećeni te je njihov razvoj i oblik habanja različit [1]. Habaju se i grudne i ledjne površine zuba glodala. Zbog promenljivog preseka strugotine javlja se i promenljiv intenzitet širine pojasa habanja po ledjnoj površini zuba, pri čemu se ta promena odvija linearno sa promenljivošću poprečnog preseka strugotine duž sečiva zuba. Na prelaznim radijusima od temenog ka bočnim sečivima dolazi do pojava koncentrisanog habanja (slika 1). Habanje je naročito izraženo na



Sl. 1. - Raspodela habanja i neophodna veličina oštrenja

prelazu od temenog ka izlaznom bočnom sečivu i to na ledjnoj površini bočnog sečiva gde se prelazni radius spaja sa bočnim sečivom. Jedan od uzroka bržeg razvoja pro-

cesa habanja u ovom području nalazi se i u veličini ledjnjog ugla α koji se od temenog ka bočnim sečivima smanjuje i u tački spajanja prelaznog radiusa i bočnog izlaznog sečiva dostiže minimalnu vrednost. Ta tačka je ugrožena još i prisustvom malih debljina poprečnih preseka strugotine. Naime, u slučaju rezanja malih debljina, u zavisnosti od prelaznog radiusa r_1 od grudne prema ledjnoj površini, proces rezanja se izvodi sa negativnim grudnim uglom, pri kojima ne postoje uslovi za formiranje strugotine. Rezultat gornjeg su plastične deformacije materijala obradka i pojačano trenje, koje uzrokuje oslobođanje većih količina toplote čime se pojačava i intenzitet habanja.

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_n - širina koncentrisanog habanja na prelazu ulaznog boka i temena zuba (sl. 1).

Habanje po grudnoj površini nije tako izraženo kao na ledjnoj. Ono je u obliku kratera (slika 1 prema A-A). Dubina kratera K_1 je reda veličina par stotih. Pri istoj postojanosti to je znatno manja veličina nego na ledjnoj površini gde su h_i i h_u reda veličine nekoliko desetih. Razlog za to je prekidan karakter rezanja, kratko vreme kontakta i manja topotna opterećenja.

Naslage se najčešće javljaju na izlaznim bokovima sečiva (slika 1 presek B-B). One predstavljaju nataložene čestice obradjivanog materijala koje usled visoke deformacije u zoni obrazovanja strugotine očvršćavaju, tako da su u stanju da na sebe prime funkciju sečiva. Proses formiranja naslaga stalno se ponavlja. Posle dosta rezanja neke maksimalne veličine koja zavisi od čvrstoće temperature sa naslaga se periodično odvajaju komadići ljuškastog oblika koji delimično odlaze na strugotine, a delimično ostaju na obradjenoj površini. Na taj način naslage menjaju svoj oblik što povlači sa sobom odgovarajuće povećanje hrapavosti obradjenih površina zupčanika.

Kod obrade sa odvalnim glodalom od brzoreznog čelika utvrđeno je kao merodavno habanje alata na ledjnoj površini, tj. parametar kriterijuma njegovog zatupljenja [1, 2].

Isto tako smatra se da je odvalno glodalo zastupljeno kada obradjivani zupčanik više ne zadovoljava tačnost dimenzija, oblika ili kvaliteta obradjenih površina.

Na bazi brojnih eksperimentalnih merenja utvrđeno je da se kao kriterijum za ocenu postupne zatupljenosti odvalnog glodala mogu usvojiti parametri h_i ili h_t na najopterećenijem zubu. Kako je parametar h_i znatno izraženiji od h_t , to je za ocenu potpune zatupljenosti glodala isti parametar zatupljenje. Međutim, kada se radi

o primeni radioaktivnih izotopa na utvrđivanje intenziteta habanja ili otpornosti na habanje odvalnih glodala, pokazalo se da je daleko jednostavnije pratiti razvoj procesa habanja preko parametra h_t [1].

Na osnovu izvedenih mnogobrojnih eksperimenata autor rada je došao do zaključka da kriterijum zatupljenja odredi na osnovu analize krivih razvoja procesa habanja alata. Završetak druge faze habanja, a početak naglog habanja u trećoj fazi na izlaznom boku usvojen je kao kriterijum habanja.

BRZINA REZANJA PRI ODVALNOM GLODANJU

Izbor brzine rezanja za izvodjenje eksperimenta zavisi od velikog broja faktora.

Pri određivanju brzine rezanja treba voditi računa da se obezbedi maksimalna proizvodnost, tj. što kraće vreme obrade. Za konkretne slučajeve može se zahtevati da se odredi ona brzina rezanja koja će obezbiti minimalne troškove za operaciju ozubljenja venca cilindričnog ozubljenja.

Materijal odvalnog glodala utiče takodje na izbor brzine rezanja. Danas se odvalno glodalo izrađuje od najkvalitetnijih brzoreznih čelika, a vrše se ispitivanja za primenu tvrdog metala kao sirovine za izradu odvalnih glodala.

Za izbor brzine rezanja je dalje merodavno kojoj postojanosti alata se teži - postojanost koja obezbeđuje najveće iskorišćenje kapaciteta mašine, ili postojanost, koja obezbeđuje najbolje korišćenje alata.

Izbor brzine zavisi i od izabranih pomaka. Pri izboru pomaka treba voditi računa da se povećanim pomakom smanjuje vreme izrade, ali se isti može koristiti samo kada posle ove obrade sledi završna obrada. Premali pomak može voditi povećanjem habanju, jer na početku rezanja, odnosno zadiranja zuba u materijal, nastaje prethodno klizanje zuba po površini materijala, posle čega nastaje gnjećenje - sabijanje materijala ispred samog vrha zuba, a sam proces rezanja je vremenski duži nego pri većim pomacima.

Značajan uticaj na izbor brzine rezanja ima primenjeni postupak odvalnog glodanja. Ako je glodanje istosmerno može se, zbog povoljnijeg obrazovanja strugotine, raditi sa većim brzinama rezanja, a da habanje odvalnog glodala ne bude veće nego kod suprotnosmernog odvalnog glodanja.

Veliki uticaj na izbor brzine rezanja ima obradljivost obradka. Na obradljivost utiče i termička obrada izvršena pre obrade odvalnim glodanjem. Takodje pri izboru brzine rezanja mora se voditi računa o modulu ozubljenja.

enja. Odvalna glodala sa manjim modulom imaju veći broj žlijebova za strugotinu, a time i veći broj zuba, što dozvoljava nešto povećanu brzinu rezanja. Masa tela odvalnog glodala, pri manjim modulima, relativno je veća nego pri većim modulima, pa se toplota koja nastaje na mestima rezanja lakše odvodi, a to opet omogućava u izvesnim granicama povećanje brzine rezanja.

POJAVA "NEMONOTONE" PROMENE POSTOJANOSTI I ŠIRINE POJASA HABANJA ALATA OD BRZOREZNOG ČELIKA PRI PROMENI BRZINE REZANJA

Postojanost alata zavisi od mnogobrojnih parametara. Opšti oblik zavisnosti postojanosti alata od uslova obrade rezanjem može se dati funkcijom

$$T = f(v, S_a, a_p, m, D_g, \dots) \quad (1)$$

Ako variramo samo jedan parametar, a ostali za konkretni slučaj predju u konstante može se dobiti zavisnost postojanosti od promenljivog parametra. Na taj način možemo dobiti jednofaktornu zavisnost $T = f(v)$, koji izražava zavisnost postojanosti alata od brzine rezanja.

Istraživanjima većeg broja autora pokazano je da pri radu sa alatima od ugljeničnog čelika, brzoreznog čelika i tvrdog metala postoje ekstremi funkcije $T = f(v)$. I posred toga što je to činjenica konstantovana još 1910. godine, do današnjih dana nije dato zadovoljavajuće objašnjenje složene pojave "nemonotonosti".

Izučavanju pojave "nemonotonosti" funkcije $T = f(v)$ posvećuju se izuzetan značaj do četrdesetih godina ovog veka. Posle toga, do radova [3], taj problem je bio van interesovanja nauke. U proteklih nekoliko godina par autora se ponovo vratio ovom problemu.

Najkvalitetniji brzorezni čelici i novi materijali obradka, u pooštrenim uslovima obrade rezanjem, u uslovima automatizovane proizvodnje, daju nove mogućnosti istraživanja primenljivih brzina rezanja. Opseg primenjivanih brzina rezanja se povećava. Ranija istraživanja eksperimentalnosti funkcije postojanosti, posebno iz razloga što pojava nije objašnjena, poprimaju više istorijski značaj. Posebno je važno koristeći nove mogućnosti i nova dostignuća pratećih naučnih disciplina, priči proučavanju i tumačenju predmetne pojave [4].

"Nemonotonu" i inverzni karakter promene funkcije $T = f(v)$ je prvi primetio G. Herbert (1910).

Posle njegove konstatacije do sličnih rezultata, a za različite materijale i vrste obrade došlo je više autora.

Avakov je problemu "nemonotonosti" funkcije $T = f(v)$ posvetio izuzetno mnogo pažnje. Ispitujući preko dve de-

cenije promenu postojanosti, u različitim uslovima rezanja, u zavisnosti od brzine rezanja došao je do zaključka:

1. Postojanje ekstrema, pikova kod funkcije $T = f(v)$ se javlja pri obradi različitih metala noževima od ugljeničnog čelika, brzoreznog čelika, tvrdog metala i mineralokeramike.

2. Ekstremi kod krivih $T = f(v)$ se javljaju pri obradi noževima od brzoreznog i ugljeničnog čelika sledećih metala: ugljeničnih čelika, sivog i belog livenog gvožđa, bronze, mesinga i aluminijskog aluminijuma.

U novije vreme problemom uticaja brzine rezanja na razvoj širine pojasa habanja bavilo se nekoliko autora.

Promena intenziteta habanja, koja se manifestuje "nemonotonosću" krivih postojanosti - brzina rezanja i habanje - brzina rezanja, za određene vrste obrade, pri radu alatima od brzoreznog čelika, se javlja pri raznolikim uslovima obrade. Analizom radova i postavki koje tumače predmetnu pojavu ne može se dati jedinstveno objašnjenje o prirodi uzroka koji dovode do pojave "nemonotonosti".

Eksperimentima mnogih istraživača je pokazano da pikovi postojanosti, na krivoj $T = f(v)$, postoje pri struganju, glodanju, bušenju i brzinskom rezanju navoja alata od tvrdog metala i mineralokeramike.

Objašnjenje pojave "nemonotonosti" jedinstveno i opšte prihvaćeno ne postoji. Prisutna je velika grupa hipoteza koja se bave predmetnim problemom. Zajedničko za sve oblike i vrste trenja i habanja je karakteristična i slična "nemonotona" promena nekog parametra habanja sa promenom brzine rezanja (ili klizanja pri trenju metalnih parova). Predmetna pojava je povezana, verovatno, jedinstvenom fizičkom prirodom [4].

Pored postojanja geometrijske sličnosti valovitih krivih, prirodno je što postoje i neke razlike geometrijskog oblika (visina maksimuma i minimuma, njihov položaj duž ose brzine). Navedene razlike su posledica fizičke prirode i uslova pri kojima nastaju.

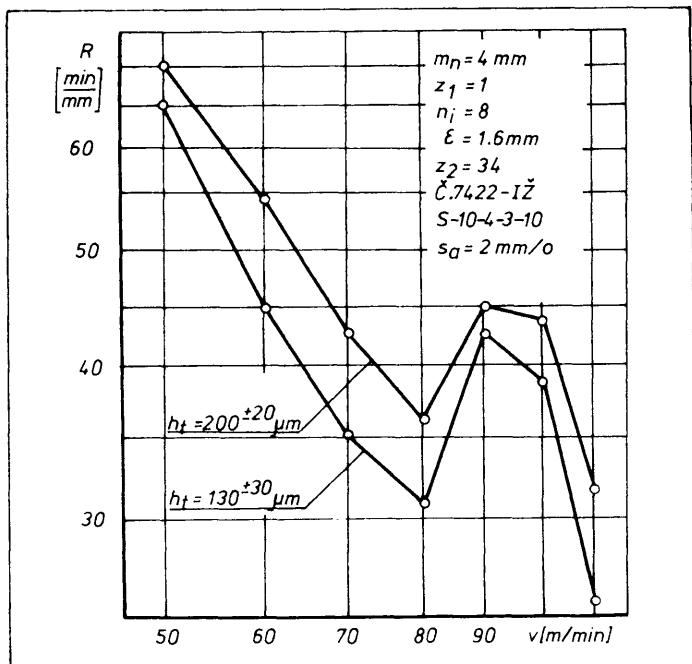
Danas su prisutna podeljena mišljenja o uzrocima nastanka naslage i njenom uticaju na proces rezanja i habanja.

Prva grupa autora smatra da je uzrok nastojanju naslage ateziona veza na relaciji strugotina - grudna površina reznog alata. Druga grupa autora smatra da naslaga nastaje kao posledica posebnog rasporeda naprezanja u strugotini, pri čemu je granica razvlačenja strugotine u kontaktnoj zoni veća od granice razvlačenja u unutrašnjosti strugotine.

Za oba pristupa zajednička karakteristika je da je kretanje strugotine preko zakočenih slojeva moguće samo u slučaju kada je naprezanje u strugotini, u blizini gru-

dne površine, veće od granice razvlačenja pri smicanju ostalog dela.

Problemat uticaja brzine rezanja na intenzitet habanja i postojanost kod ovalnog glodanja bavili su se autori [5, 1].

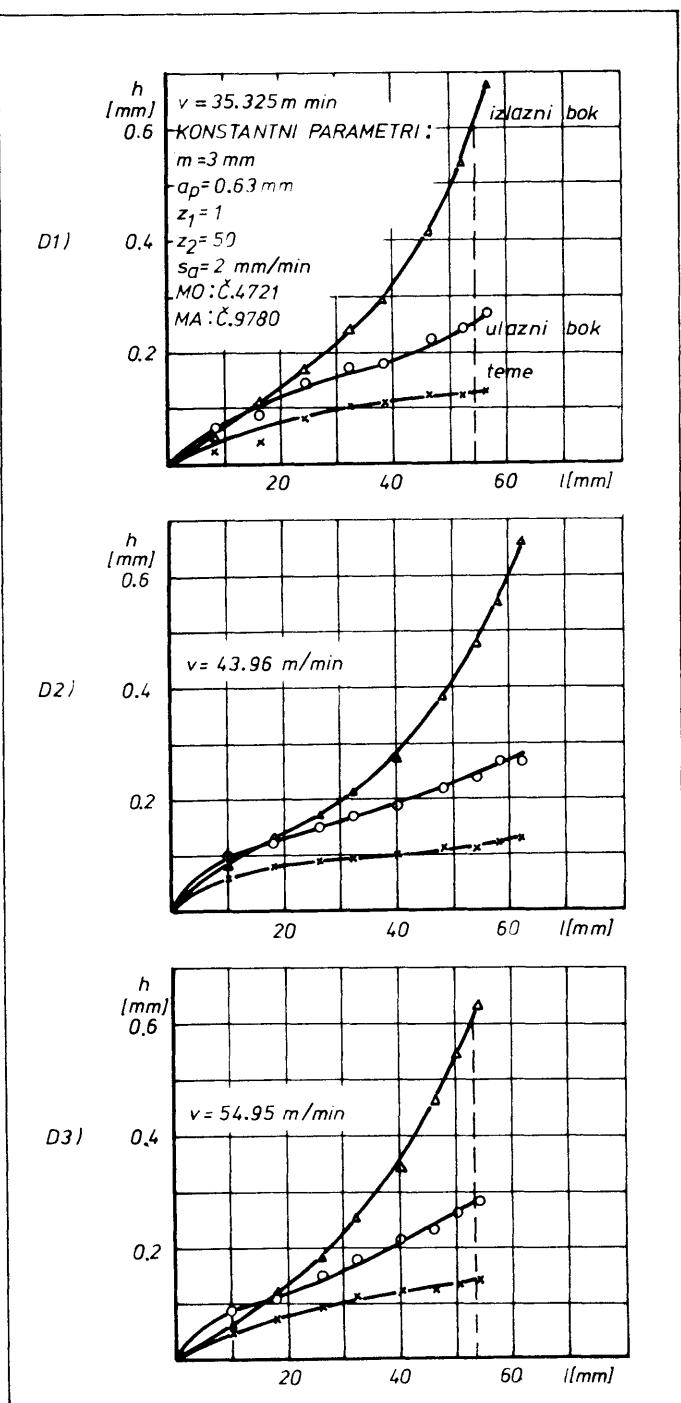


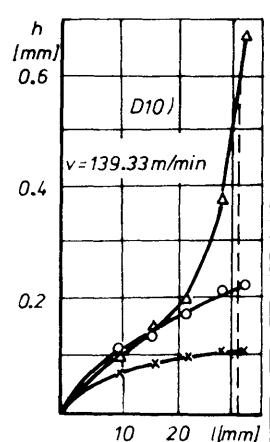
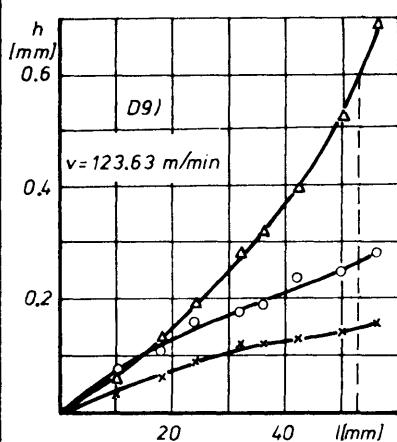
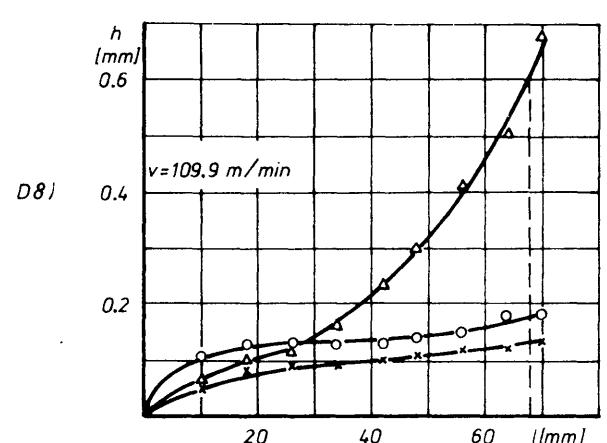
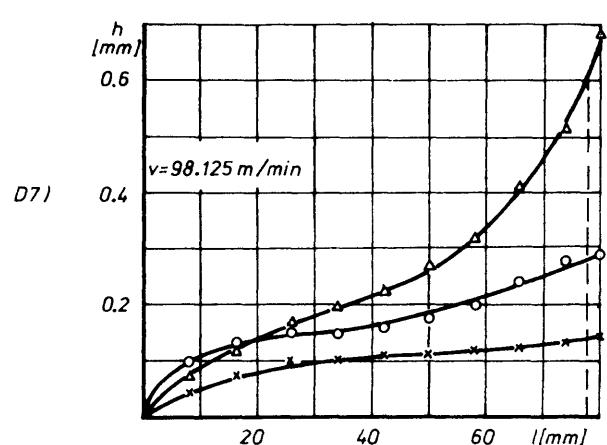
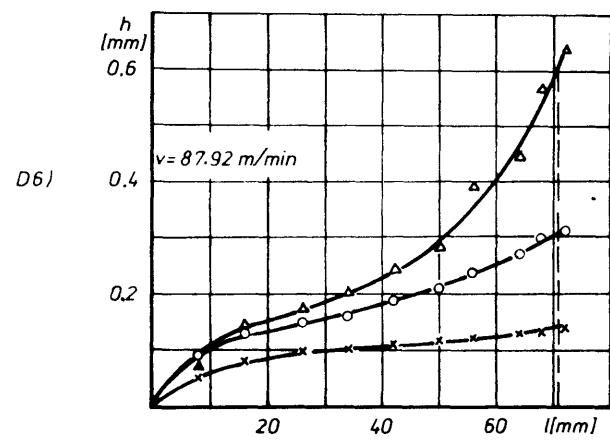
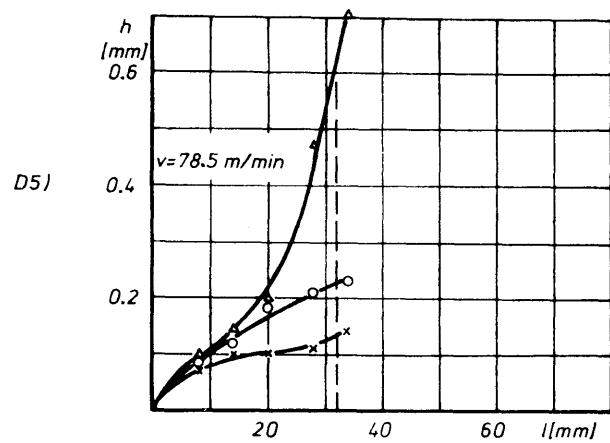
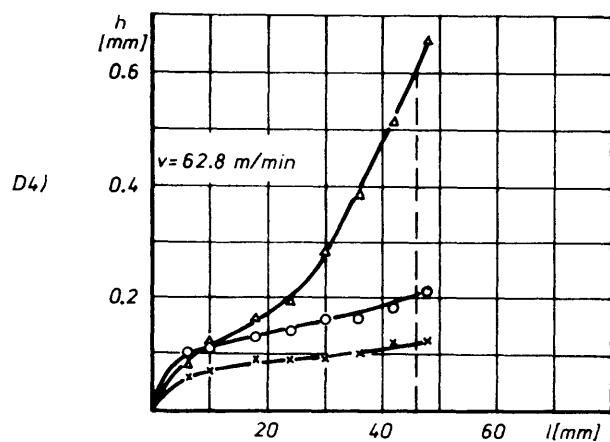
Sl. 2. - Promena otpornosti na habanje sa promenom brzine rezanja

U radu [5] autori su zaključili da postoje pikovi krivih habanja i dali su dijagram zavisnosti postojanosti i brzine rezanja. Kao kriterijum postojanosti uzimana je sumarna širina glodanja $|B \text{ mm}|$ koju nareže jedan Zub glodala dok se ne pohaba na ledjnoj površini od $h_i = 0,6 \text{ mm}$. Oni takođe navode da nema principijelne razlike u prirodi habanja u zavisnosti od brzine rezanja (oblasti malih i srednjih brzina) za alate od tvrdog metala i brzoreznog čelika.

Koristeći kao kriterijum zatupljenja širinu pojasa habanja na temenom sečivu u radu [1] autor je dobio promenu otpornosti na habanje u zavisnosti od brzine rezanja (sl. 2). Na slici su prikazane dve promene intenziteta habanja za $h_t = 200^{+20} \mu\text{m}$ i $h_t = 130^{+30} \mu\text{m}$. Za posmatrani dijapazon brzina dobijen je jedan pik pri brzini od 90 m/min . Primećuje se da je otpornost na habanje veća kada se radi o većim širinama pojasa habanja. Objasnjenje leži u obliku krive habanja $h = f(T)$, koja celim svojim tokom zadržava istu konkavnost [1]. Sopstvenim modelskim istraživanjima [2] autor rada dobio je zavisnost postojanosti odvalnog glodala od brzine rezanja (sl. 3), ista je dobijena na osnovu očitanih vrednosti dužina obradjenog ozubljenja sa dijagraoma D.1 - D.10.

Sa slike se vidi da ta zavisnost ima valovit i "nemonoton" oblik. Zapaža se da se povećanjem brzine $35,325 \text{ m/min}$ na $43,9 \text{ m/min}$ povećava postojanost i pojavljuje prvi pik. Daljim povećanjem brzine do $78,5 \text{ m/min}$ opada postojanost i stiže se oblast minimalnih postojanosti. Povećanje brzine rezanja od $78,5$ do $98,125$ imamo novo povećanje postojanosti i pojavu drugog maksimuma, odnosno pika. Novim povećanjem brzina od $139,33 \text{ m/min}$ počinje naglo da pada postojanost alata. Objasnjenje za ovaj valoviti i "nemonoton" oblik zavisnosti sastoji se u tome da

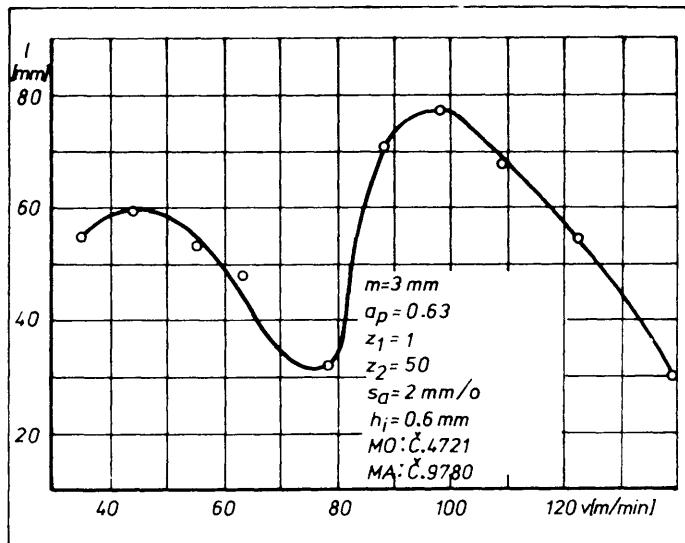




Dijagrami: D.1 - D.10 - Razvoj procesa habanja odvalnog glodala

je pri nižim brzinama stvarna površina kontakta između obradjene površine obradka i pohabane površine alata veća nego pri povišenim brzinama. Prema tome, sa porastom brzine rezanja u određenim granicama dolazi do smanjenja stvarnog kontakta između alata i obradka, pa postojanost i otpornost na habanje se povećavaju. Granice ovih brzina, prema slici 3, bile bi od 78,5 do 98,125 m/min. U ovoj oblasti brzina rezanja karakterističan je difuzi-

oni oblik habanja, a pri manjim brzinama karakteristično je atheziono habanje. Međutim, daljim porastom brzine rezanja temperatura rezanja ima tendenciju porasta, pa usled veće zagrejanosti kontakta dolazi do naglog intenziviranja athezionog habanja, a time do ponovnog povećanja stvarne površine kontakta. Ovo ima za posledicu briže odnošenje čestica materijala alata, odnosno smanjenje otpornosti na habanje, a time i postojanosti odvalnog



Sl. 3. - Zavisnost postojanosti od brzine rezanja

glodala. Bilo bi veoma interesantno praćenje migracije elemenata: hroma, molibdena, folfroma i kobalta u sloju ispod ledjne površine habanja na izlaznom boku. Promene koncentracije elemenata po dubini sloja bile bi poželjna informacija za identifikaciju procesa habanja odvalnog glodala.

ZAKLJUČAK

Na osnovu predhodnih istraživanja može se zaključiti da brzina rezanja ima veliki uticaj na razvoj procesa habanja.

Identifikovan je oblik habanja i uspostavljena veza između brzine rezanja i postojanosti odvalnog glodala. U konkretnim istraživanjima tribološki procesi su uglavnom vezani za ledjnu površinu zuba alata. Kriva (L_v) ima valoviti "nemonoton" oblik, a za istu pojavu nema još uvek pouzdanih objašnjenja.

LITERATURA

- [1] MITROVIĆ, R.: Modelska ispitivanja procesa odvalnog glodanja, Disertacija, FSB, Zagreb, 1977.
- [2] SOVILJ, B.: Optimizacija geometrijskih parametara odvalnog glodala, Magistarski rad, FIN, Novi Sad, 1980.
- [3] AVAKOV, A.: Fizičeskie osnovi teorij stojkosti režuščih instrumentov, Mašgiz, Moskva, 1960.
- [4] NIKIĆ, Z.: Identifikacija triboloških procesa pri urezivanju navoja, Doktorski rad, Kragujevac, 1979. 1979.

- [5] KÖNIG, W., JOPPA, K.: Verschleiss am Walzfräser - Einfluss der Fräserauslegung und der Schrittbedingungen, VDI-z 117, Nr 23, Dezember, 1975.
- [6] KÖNIG, W., LOWIN, R., STEFFENS, K., HAAN, V.: Aspekte zur technologie der hochage Schwendig Keits - zerspannung, Industrie - Anzeiger, No 1-2, 1980.
- [7] OPITZ, H.; Novine u izradi zupčanika rezanjem - povećanje brzine rezanja i poboljšanje kvaliteta zupčanika, Aktuelni problemi proizvodnje zupčanika, Beograd, 1973.
- [8] HOFMEISTER, B.: Über den Verschleiss am Walzfräser Diss, TH Aachen, 1970.
- [9] SUHZER, G.: Leistungssteigerung bei der Zylinderadlerstellung durch genaue Erfassung der Zerspankinematik, Diss., TH, Aachen, 1973.
- [10] ZAHAR, S.: Analiza procesa odvalnog glodanja. Disertacija, Kragujevac, 1977.

Mr BOGDAN SOVILJ, asistent iz Alata za obradu metala skidanjem strugotine na Naučno-obrazovnom Institutu za proizvodno mašinstvo pri Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu.



Rodjen 1947. godine u Bačkom Gračacu. Diplomirao na Mašinskom fakultetu u Novom Sadu 1972. god. Magistrirao 1980. god. na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu, na temu: Optimizacija geometrijskih parametara odvalnog glodala.

SHP – MIXER

UREĐAJ ZA HLADENJE I PODMAZIVANJE U SVIM KONCENTRACIJAMA

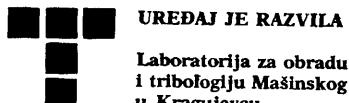
PRIMENOM UREĐAJA OBEZBEDUJE SE:

- priprema SHP sa optimalnom koncentracijom
- smanjenje potrošnje mineralnih emulgirajućih ulja, polusintetičkih i sintetičkih sredstava

- smanjenje utroška rada za pripremanje SHP

KVALITETNOM PRIPREMEM SHP POSTIŽE SE:

- smanjenje potrošnje alata
- povećanje kvaliteta obrađenih površina
- poboljšanje zaštite površina od korozije



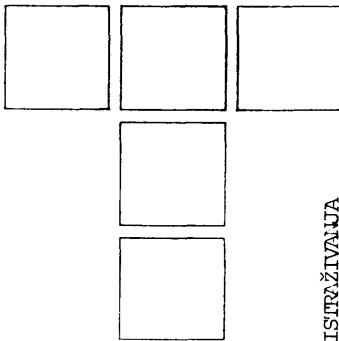
UREĐAJ JE RAZVILA

Laboratorijska obrada metalova i tribologija Mašinskog fakulteta u Kragujevcu

PROIZVODAČ

Zavodi »Crvena zastava« EMAP OOURE »MASINE«

THEO MANG, ALFRED TWEEBEEKE



ISTRAŽIVANJA

Ekonomска procena primene sredstava za hlađenje i podmazivanje

Ovaj rad, kao veoma interesantan za domaću industriju, redakcija je odlučila da prevede iz časopisa LUBRICATION ENGINEERING, jun, 1983. i štampa u ovom broju.

Prevodilac: Mr Dobrivoje Ninković, dipl.ing.

UVOD

U svakom metalopreradjičkom pogonu troškovi vodorastvorivih SHP imaju značajnu poziciju. Ekonomična primena ovih proizvoda zahteva poznavanje svih faktora koji utiču na troškove primene SHP i analizu njihovih međuzavisnosti.

Ovaj rad predstavlja pokušaj iznalaženja najekonomičnijih uslova za centralizovani sistem SHP, kao i za pojedinačne mašine alatke. Neke od ranijih studija opisane su u referencama [1], [2] i [3]. Pokazano je da u svakom sistemu mora biti izvršena analiza faktora troškova da bi se ostvarili minimalni troškovi. Mi ćemo se koncentrisati na SHP, podrazumevajući da sva izabrana SHP tehnički zadovoljavaju zahtevane uslove, što se naročito odnosi na njihov uticaj na habanje alata (troškovi alata, kvalitet obradjene površine), kao i da sva SHP imaju iste performanse.

U cilju razvoja matematičkog modela za ovu procenu moramo prvo definisati izvesne termine.

DEFINICIJE

Faktor potrošnje (a):

1. gubitaka, odnošenja SHP, strugotinom i predmetom obrade,
2. prijanjanja za strugotinu i površinu radnog predmeta,
3. rasprskavanja i razmagljivanja,
4. isparavanja.

Najveći deo istraživanja dokazuje da gubici zahvatanja predstavljaju najveći deo gubitka (naročito u rafšladnim sistemima sa faktorom gubitka - koji će biti definisan kasnije - većim od 0,5). Ovi gubici odnošenja su nezavisni od tipa SHP.

Gubitak usled prijanjanja za strugotinu, a naročito za najsitniju prašinu pri brušenju, može da bude razli-

čit i da zavisi od vrste SHP.

Ako je zapremina sistema $V[m^3]$, tokom meseca može doći do zamene izvesne količine SHP koja zavisi od zapremine V . Faktor potrošnje (a) treba razumeti kao broj koji pokazuje koliko se puta mesečno ta zapremina V izgubi. Naprimjer, faktor potrošnje od 1 znači da se sistemu zapremine $V = 20 m^3$ mora dodati $20 m^3$ SHP mesečno da bi sistem ostao na istom nivou.

U konačan obračun ulazi samo gubitak koncentrata. Troškovi isparene vode neće se uzimati u obzir pri analizi, tj. oni se mogu zanemariti.

U evropskoj automobilskoj industriji prosečna vrednost iznosi između 1 i 1,5, mada ima sistema sa faktorom gubitka od 0,25 (zapremina se izgubi za 4 meseca), a u zavisnosti od gubitaka zahvatanja neke instalacije radi sa faktorom gubitka do 4.

Faktor cirkulacije (f):

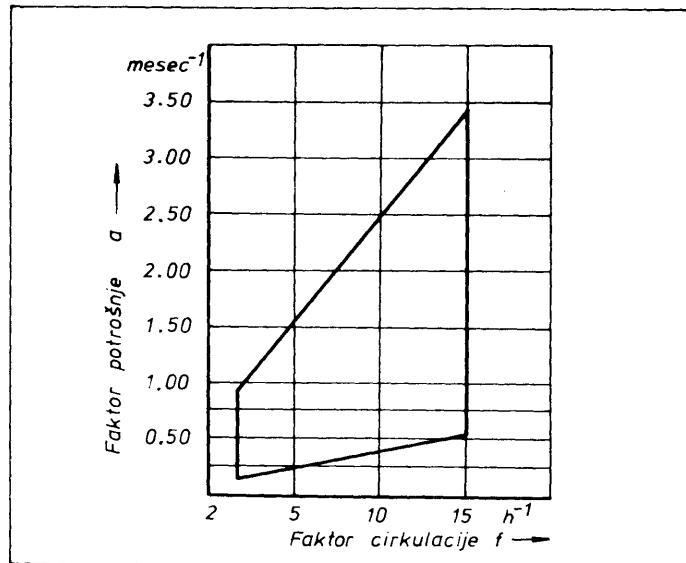
Faktor cirkulacije f je broj koji pokazuje koliko puta zapremina V cirkuliše za jedan čas. Faktor f utiče na faktor potrošnje a . Ako dvostruka količina SHP cirkuliše svakog sata, na sistem se može priključiti dvostruko veća. Pretpostavlja se da fleksibilnost sistema pumpa i SHP dozvoljavaju ovakve varijacije (osobine penjanja, temperatura, čišćenje).

Faktor cirkulacije f	Faktor potrošnje a
$f = \text{broj cirkulacija SHP}$ zapremine V za 1 čas	$a = \text{broj izgubljenih}$ zapremina V za 1 mesec
$f = 0,06 \frac{B}{V} (h^{-1})$	$a = \frac{\text{potrošnja } (m^3/\text{mesec})}{\text{zapremina } V (m^3)}$
$V = \text{zapremina SHP } (m^3)$	$(1/\text{mesec})$
$B = \text{protok SHP } (\text{lit/min})$	

Sl. 1. - Faktor cirkulacije SHP i faktor gubitka

Slika 1 prikazuje definicije cirkulacionog faktora f i faktora potrošnje a . U uslovima homogene proizvodnje, postoji direktna proporcionalnost između veće proizvod-

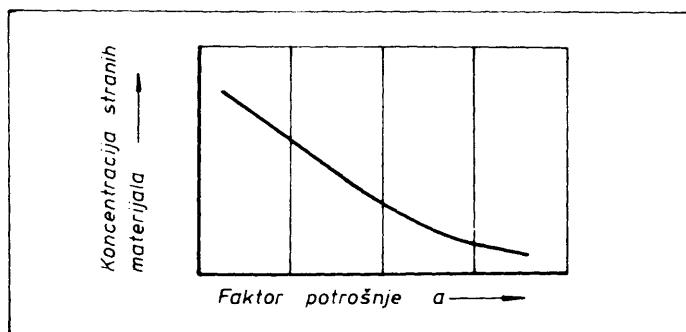
nje, koja prouzrokuje veći faktor cirkulacije i većeg faktora potrošnje. Slika 2 pokazuje stvarne vrednosti za serijsku proizvodnju.



Sli. 2. - Gubitak SHP u centralnim sistemima

Koncentracija stranih materijala

Centralni sistemi sa visokim faktorom potrošnje od, npr. 4, (zajedno s se izgubi za jednu nedelju), prouzrokuju visoke troškove zbog potrošnje SHP i razvodjenja SHP. U sistemima sa faktorom potrošnje $a = 0,25$ ovi faktori troškova su veoma niski. Međutim, troškovi održavanja imaju veliki uticaj zbog povećane koncentracije stranih materijala (sl. 3).

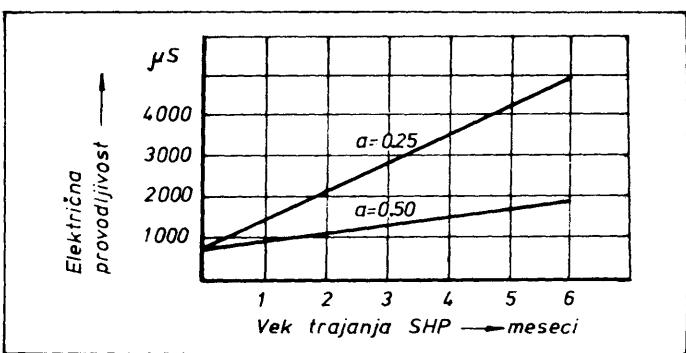


Sli. 3. - Koncentracija stranih materijala

Strani materijali su, npr.: upotrebljeno ulje, antikoroziona sredstva, deterdžentna sredstva, prljavštine koje se ne mogu filtrirati, koncentracije soli, produkti raspara, kolonije bakterija.

Slika 4 prikazuje primer zavisnosti veka trajanja SHP od njegove električne provodljivosti. Sistemi sa faktorom gubitka $a = 2$ biće osveženi vodom i SHP niske el-

ektrične provodljivosti ($800 \mu\text{s}$) što će istovremeno prouzrokovati smanjenje koncentracije stranih materijala.



Sli. 4. - Koncentracija stranih materijala, električna provodljivost u funkciji veka SHP sa faktorom gubitka kao parametrom

Medutim, sistemi u kojima se količina SHP sprije zamenjuje imaju brži porast provodljivosti. Vek trajanja SHP mora u tom slučaju da se produžava većim radom na održavanju.

Egzaktna matematička analiza koncentracije stranih materijala je veoma kompleksna. Koncentracija uglavnom zavisi od faktora cirkulacije, faktora gubitka, isparavanja, količine stranih materijala u jedinici vremena i načina osveženja SHP.

FAKTOVI TROŠKOVA

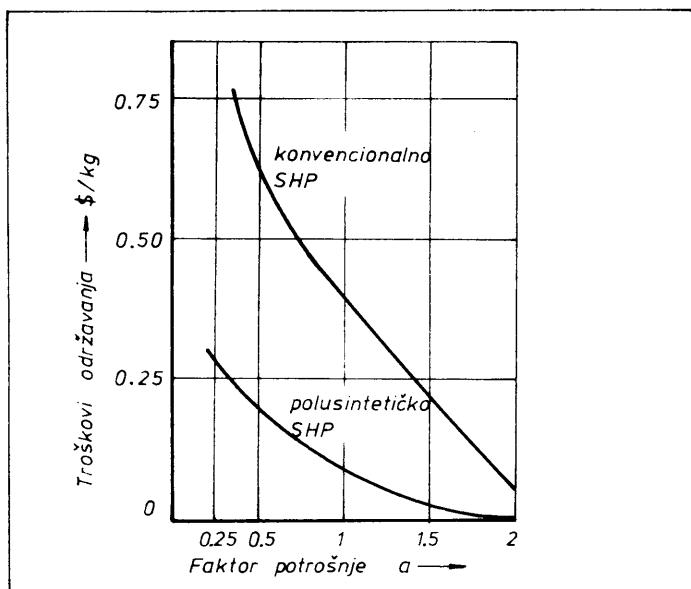
Napred navedeni činioci predstavljaju direktne faktore od kojih zavise ukupni troškovi rashladnog sistema.

$\text{Dimenzija: zapremina SHP (m}^3\text{)}$ $K = \text{specifični ukupni troškovi (\$}/\text{m}^3 \cdot \text{god.})$ $k_1 = \text{troškovi promene SHP}$ $\quad \text{cena pripremljenog SHP (voda+koncentrat)}$ $\quad \text{troškovi uklanjanja istrošenog sredstva}$ $\quad \text{radna snaga za pražnjenje, čišćenje i punjenje (zastoji mašina)}$ $k_2 = \text{troškovi potrošnje (od strane radnih komada, strugotine i isparavanjem)}$ $\quad (\text{troškovi SHP, troškovi uklanjanja})$ $k_3 = \text{troškovi održavanja SHP}$
$K = k_1 + k_2 + k_3 (\$/\text{m}^3 \cdot \text{god.})$

Sli. 5. - Specifični troškovi SHP, $K (\$/\text{m}^3 \cdot \text{god.})$

Zbog širokih varijacija pojedinačnih aspekata, mora se analizirati svaki sistem pojedinačno da bi se utvrdilo smanjenje ukupnih troškova K . Pošto su za poređenje ra-

zličitih sistema potrebne uporedive vrednosti, lakše je raditi sa specifičnim troškovima kao referentnom vrednošću. Ti troškovi se izražavaju po 1 m^3 zapremine SHP tako da tada važi: spec. troškovi $\frac{\text{ukupni troškovi SHP}}{\text{godišnja količina}} \frac{\$}{\text{m}^3}$



Sl. 6. - Empirijske vrednosti troškova održavanja

Troškovi promene SHP, (k_1)

Pod k_1 podrazumevamo sve pojedinačne faktore troškova koji se odnose na koncentrat i vodu za dopunjavanje sistema kao i za uklanjanje iskorišćene emulzije. U njih takođe ulaze i troškovi radne snage za pražnjenje, čišćenje i ponovo punjenje sistema, a ako je potrebljano, i troškovi prouzrokovani stajanjem mašina. U sadašnje vreme troškovi uklanjanja iskorišćenoj SHP su čak i veći od cene pripreme svežeg sredstva.

Troškovi gubitka, (k_2)

k_2 izražava vrednost SHP koja se kontinualno oduzima od sistema od strane strugotine, radnih komada i isparavanjem (samo voda). Ova količina SHP mora da se nadoknadiju, tako da gubitak učestvuje u ukupnim troškovima.

Troškovi održavanja, (k_3)

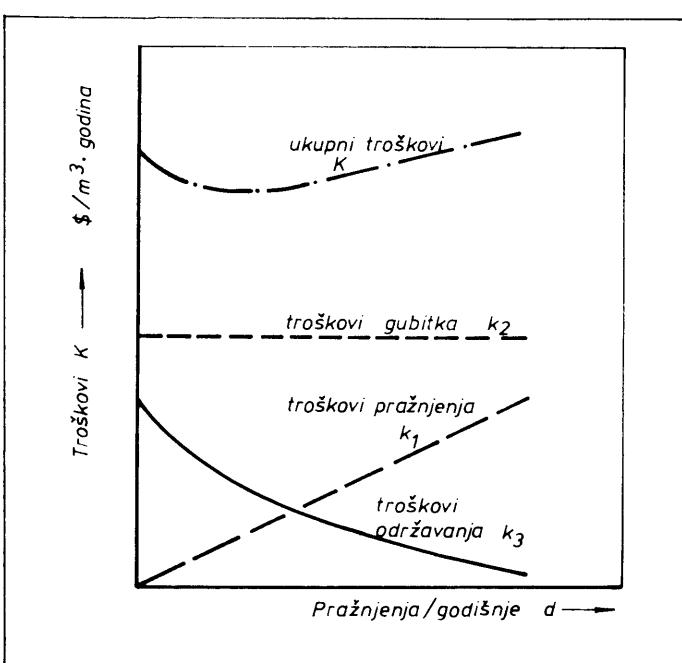
Sa povećanjem faktora gubitka troškovi održavanja i regulacije se smanjuju zbog stalnog osvežavanja svežim sredstvom. Slika 6 prikazuje empirijske vrednosti troškova održavanja centralnih sistema SHP u Zapadnoj Nemačkoj. Širok opseg od 10 do 75 centi/kg odnosi se na koncentrate koji sadrže biocide.

SISTEMSKA ANALIZA TROŠKOVA PRI KONSTANTINIM PROIZVODNIM USLOVIMA

Slika 7 prikazuje sabiranje faktora troškova k_1, k_2 i k_3 u skladu sa jednačinom

$$K = k_1 + k_2 + k_3 \quad \$/\text{m}^3 \cdot \text{god.}$$

k_1 - Troškovi pražnjenja sistema, direktno su proporcionalni godišnjem broju pražnjenja; k_2 - troškovi vezani za faktor gubitka, nezavisni su od frekvencije promene SHP; k_3 - troškovi održavanja, smanjuju se sa brojem promena SHP u jedinici vremena. Međutim, za k_3 ne postoji matematički izraz.



Sl. 7. - Faktor troškova u funkciji frekvencije pražnjenja

Ovaj grafički metod omogućava analizu svih sistema, mada ima i ograničenja ukoliko želimo da variramo različite faktore troškova. Zato je razvijen praktičniji način pomoću matematičke jednačine potpuno pripremljene za računar i bazirane na prethodno objašnjenim članovima.

Praktična primena analize troškova

Ovde moramo da uvedemo neke nove članove (sl. 8) i da modifikujemo nekoliko postojećih, kao što su faktor gubitka a , koji treba izračunati na bazi poznatih nedeljnih izgubljenih količina C , i cirkulišuću količinu B , (prepostavljujući da 1 mesec ima 4 nedelje):

$$a = \frac{4 \cdot C}{B} .$$

Frekvencija pražnjenja d , predstavlja svakako neuobičajenu veličinu-praktičnije je upotrebiti vek trajanja SHP. Da bismo dobili tačne dimenzijske, moramo da radimo sa

$$d = \frac{48}{D},$$

gde je D vek trajanja SHP u nedeljama.

Slika 9 prikazuje pojedinačne faktore troškova k_1 , k_2 i k_3 kao i izvodjenje konačne jednačine za specifične troškove SHP (slika 8).

B = zapremina SHP u cirkulaciji	m^3
C = gubitak SHP	$m^3/nedeljno$
D = vek trajanja SHP	nedelja
F = koncentracija	%
G = održavanje i kontrola	BIOCIDI, \$/mes.
H = održavanje i regulacija	aditivi za održavanje, \$/mes.
J = održavanje i regulacija	rad snaga, \$/mes.
L = zamena SHP	rad snaga, \$/zam.
M = zamena SHP	troš čišć., \$/zam.
N = zamena SHP	troškovi stajanja mašina, \$/zameni
Q = troškovi uklanjanja istrošenog SHP	\$/m ³
R = cena vode	\$/m ³
S = cena SHP	\$/m ³
U, V, X, Y, Z = promenljive u programu	
U = faktor održavanja	
V = faktor koncentracije	
X = faktor cene	
Y = faktor veka trajanja SHP	
Z = faktor $(48.C - \frac{48}{B} \cdot \frac{48}{X \cdot D}) \cdot (10.V.F.2.5 + Q + R) \cdot \frac{48 \cdot (L+M+J)}{J}$	(S/CBM.YEAR)

Sl. 8. - Specifični troškovi SHP, K (\$/m³.god), definicija i format

$$\begin{aligned} k_1 &= \text{troškovi pražnjenja } (\$/m^3 \cdot \text{god.}) \\ k_1 &= \frac{48}{D} \cdot 10 \cdot F \cdot S + Q + \frac{L+M+O}{B} \cdot R \\ k_2 &= \text{troškovi gubitka } (\$/m^3 \cdot \text{god.}) \\ k_2 &= 12 \cdot \frac{4C}{B} (10 \cdot F \cdot S + Q + R) \\ k_3 &= \text{troškovi održavanja } (\$/m^3 \cdot \text{god.}) \\ k_3 &= \frac{12(G+H+J)}{B} \\ K &= k_1 + k_2 + k_3 \quad (\$/m^3 \cdot \text{god.}) \end{aligned}$$

Sl. 9. - Elementi specifičnih troškova SHP, K , (\$/m³.god.)

Dodatno smo uzeli 4 nove promenljive:

U - faktor održavanja,

V - faktor koncentracije,

X - faktor cene,

Z - faktor veka SHP,

u cilju brze promene vrednosti drugih uticajnih faktora.

Na primer, produženje veka trajanja SHP od 50% predstavlja se sa $Z = 1,5$, dok smanjenje troškova održavanja od 50% rezultira vrednošću $U = 0,5$.

Popunio: _____	Datum: _____
Firma: _____	
Vrsta instalacije: _____	
B Zapremina cirkulacionog sistema (npr. zapremina centralnog sistema, grupa mašina, transfer linija, itd.)	m^3
C Količina SHP koja mora da se dodaje nedeljno	kg/ned.
Količina koncentrata	$m^3/ned.$
Količina emulzije	$m^3/ned.$
D Vek trajanja SHP, koliko često se menja? (vreme izmedju dve promene)	nedelja
F koja koncentracija SHP se primenjuje?	%
Uneti mesečne troškove za održavanje i opravke	
G Biocidi	\$/mes.
H Korekcionni koncentrati i ostale do- datne materije	\$/mes.
J Radna snaga za održavanje, regulaci- ju i opravke	\$/mes.
Uneti troškove zamene SHP (bez troško- va nove emulzije i uklanjanja istroše- ne emulzije)	
L Pražnjenje i punjenje, ev. čišćenje zaostale emulzije, dezinfekcija, radna snaga	\$/promeni
M Troškovi hemijskih proizvoda za či- šćenje i dezinfekciju sistema, kao i vode za ispiranje	\$/promeni
O Vreme stajanja mašina	\$/promeni
Q Uneti troškove uklanjanja iskoris- ćene emulzije (u sopstvenom pogonu ili spoljnim uslugama)	\$/m ³
R Uneti cenu vode	\$/kg
S Cena novog punjenja SHP (cena kon- centrata)	\$/kg
Količina vode koja se dodaje sistemu	$m^3/ned.$

Sl. 10. - Upitnik za ekonomijsnu upotrebu vodorastvorivih SHP

U svrhu realizacije opisane matematičke procene ekonomične primene vodorastvorivih SHP, neophodno je sistematično prikazati sve pojedinačne faktore od B do S . Zato je pripremljen poseban upitnik, koji se može uneti u računarski program. Važno je da se radi u dimenzijama iz upitnika. Međutim, moraju se dati i izvesna objašnjenja.

Količina vode koja se nedeljno dodaje sistemu predstavlja deo našeg proračuna. Pod tim se podrazumeva samo količina vode kojom se nadoknadi deo vode izgubljen zajedno sa SHP, tj. deo vode koji se dodaje radi održavanja određene koncentracije.

Pri brušenju se, međutim, ponekad oslobadaju značajne količine toplove usled čega voda intenzivnije ispar-

ava. Ovo je od značaja za tehničku ocenu rashladne instalacije. Za našu procenu specifičnih totalnih troškova zapremina isparene vode je zanemarljiva, jer je ona zavisna od instalacije i načina rada, a ne od samog SHP.

Upitnik treba primeniti na 1 sistem, ili na grupu mašina alatki (srednje vrednosti).

U obzir se moraju uzeti sledeće tačke:

1. C. U upitnik treba uneti samo izguljenu količinu koncentrata, a ne količinu potrebnu za zamenu SHP. Ako je poznata samo potrošnja koncentrata biće

$$\text{Zapremina (m}^3\text{)} = \frac{\text{Količina koncentrata (kg)}}{\text{Koncentracija (\%)}} \cdot 10$$
2. D. Ako se sredstvo mora zamjeniti zbog drugih razloga, a ne zbog njegovog kvaliteta, (npr. brusna površina, strugotina), uneti napomenu u upitnik.
3. J. Moru se analizirati koliko ljudi je uključeno u održavanje i koliko vremena se na to troši.
4. L + M. Empirijski troškovi zamene SHP u funkciji veličine sistema za Zapadnu Nemačku prikazani su na sl. 11.
5. O. Troškovi stajanja mašina zbog promene SHP veoma retko se pojavljuju. Ako je potrebno, u Evropi se računa sa empirijskom vrednošću od 125 \$/h.

1. Pojedinačno punjenje mašina alatki ($V = 0,5 \text{ m}^3$) troškovi pražnjenja - 250 \$/m³ ili 125 \$/pražnjenju.
2. Srednji sistemi za hlađenje i podmazivanje ($5-10 \text{ m}^3$) troškovi pražnjenja = 30 \$/m³ ili 150-300 \$/pražnjenju.
3. Veliki sistemi za hlađenje i podmazivanje ($V > 50 \text{ m}^3$) troškovi pražnjenja 10 \$/m³ ili 500 \$/pražnjenja.

Sl. 11. Iskustvene veličine troškova pražnjenja sredstava za hlađenje i podmazivanje

Primer primene

Na sl. 12 prikazan je primer ekonomske ocene sistema za brušenje zapremljene 100 m³. Faktor gubitka ovoga sistema je relativno nizak ($15.4/100 = 0,6$).

Stvarni troškovi K_0 od 861,79 \$/god. istovremeno znače i ukupne troškove od 86,179 \$/god. za sistem od 100 m³. Smanjenjem koncentracije sa 3 na 2 procenta (faktor F), mogu se ostvariti uštade od 13.024 \$/god., ako svi ostali faktori ostanu nepromenjeni.

U ovom primeru ima još mnogo mogućnosti za variranje pojedinačnih faktora troškova. Slika 13 pokazuje jedan broj varijacija, K_0 do K_{17} , koje predstavljaju ulaz drugog računarskog programa. Ove varijacije se još mogu proširiti, ali smo mi izabrali najčešće i najpraktičnije.

je želje korisnika. Na primer, specifični troškovi bi izneli $K_1 = 770,16 \text{ $}/\text{m}^3$ god. ako bi se moglo raditi bez održavanja.

		SITUACIJA	
		SADAŠNJA	ALTERNATIVNA
B = ZAPREMINA SHP	m ³	100,00	100,00
C = GUBITAK SHP	m ³ /ned.	15,00	15,00
D = VEK TRAJANJA SHP	nedelja	39,00	39,00
F = KONCENTRACIJA	%	3,00	2,00
G = ODRŽ.+REGULACIJA	Bioc., \$/mes.	661,20	661,20
H = ODRŽ.+REGULACIJA	Adit., \$/mes.	101,46	101,46
J = ODRŽ.+REGULACIJA	Rad.sn,\$/mes.	0,00	0,00
L = ZAMENA SHP	Rad.sn,\$/punj.	3420,00	3420,00
M = ZAMENA SHP	Troš.čiš,\$/punj.	0,00	0,00
O = ZAMENA SHP	Vr.staj.m,\$/punj.	0,00	0,00
Q = TROŠK.UKLJUČENJA	\$/m ³	38,76	38,76
R = CENA VODE	\$/m ³	1,27	1,27
S = CENA NOVOC SHP	\$/kg	1,55	1,55
KO	= 861,70	KO=731,46	
UŠTEDE (KO - K13) IZNOSU 130,24 \$/m ³ godišnje			
UKUPNE GODIŠNJE UŠTEDE: 13.024,00 \$			

Sl. 12. - Ekonomična primena vodorastvorivih SHP

KO = 361,70	SADAŠNJA SITUACIJA
K1 = 770,16	BEZ ODRŽAVANJA
K2 = 774,49	30% NIŽA KONCENTRACIJA
K3 = 666,35	50% NIŽA KONCENTRACIJA
K4 = 744,49	30% NIŽA CENA
K5 = 787,95	DVOSTRUKI VEK TRAJANJA
K6 = 762,80	TROSTRUKI VEK TRAJANJA
K7 = 750,66	ČETVOROSTRUKI VEK TRAJANJA
K8 = 969,14	50% VIŠA CENA, DVOSTRUKI VEK
K9 = 939,13	50% VIŠA CENA, TROSTRUKI VEK
K10 = 924,67	50% VIŠA CENA, ČETVOROSTRUKI VEK
K11 = 1150,13	DVOSTRUKI VEK, DVOSTRUKA CENA
K12 = 1093,68	DVOSTRUKA CENA, ČETVOROSTRUKI VEK
K13 = 760,33	50% MANJE ODRŽAVANJA, 30% NIŽA KONCENTRAC.
	50% VIŠA CENA, DVOSTRUKI VEK
K14 = 744,49	30% NIŽA CENA
K15 = 786,17	1/2 CENE, 1/2 VEGA
K16 = 965,49	BEZ ODRŽAVANJA, 50% VIŠA CENA
K17 = 713,44	VEZ ZAMENE (VEK NEOGRAĐEN)
	K14 je upravljački korak za K4

Sl. 13. - Primer primene na instalaciji za brušenje

K_8 iskazuje specifične troškove SHP višeg kvaliteta, sa 50% višom cennom i dvostrukim vekom trajanja. K_{14} predstavlja upravljački korak računara i ponavlja procenu K_4 . Sve vrednosti se porede sa stvarnom cennom K_0 .

1. Pojedinačno punjenje mašine alatke i sistemi SHP do $V = 3 \text{ m}^3$:	$2.000,00 - 15.000,00 \text{ } \text{S}/\text{m}^3 \cdot \text{god.}$
2. Sistemi SHP zapremine $V = 6 - 20 \text{ m}^3$	$1.500,00 - 10.000,00 \text{ } \text{S}/\text{m}^3 \cdot \text{god.}$
3. Sistemi SHP zapremine $V = 30 - 100 \text{ m}^3$	$500,00 - 1.000,00 \text{ } \text{S}/\text{m}^3 \cdot \text{god.}$

Sl. 14. - Empirijski ukupni specifični troškovi sistema SHP

ZAKLJUČAK

Ispitali smo veći broj SHP instalacija i rezultati za male, srednje i velike sisteme SHP bili su iznenadjujući. Mnoga metaloprerađivačka preduzeća u Nemačkoj, stavlja su nam na raspolaganje svoje individualne faktore troškova tako da smo bili u stanju da analiziramo stvarne podatke i da diskutujemo neke od povoljnijih varijanti izbora SHP. Pored toga, dobijene informacije o troško-

vima predstavljaju važan instrument za dopijanje strukturnih troškova sistema SHP.

Empirijski ukupni specifični troškovi instalacija koje smo proverili prikazani su na sl. 14, gde je izvršena podela na sisteme ukupne zapremine od 3 m^3 , gde troškovi variraju između 2000 i $15000 \text{ } \text{S}/\text{m}^3 \cdot \text{god.}$ i sisteme veličine između 30 i 100 m^3 , gde najniži specifični troškovi idu od 500 do $1000 \text{ } \text{S}/\text{m}^3 \cdot \text{god.}$

LITERATURA

- [1] MANG, T.: "Kühlschmierstoffanalyse bei konstanten Produktionsbedingungen", Maschinenmarkt, 85, 33, pp 644-647 (1979).
- [2] MANG, T.: "Kühlschmierstoffe für die Zerspanung : Wirtschaftlichkeitsbetrachtung", Maschinenmarkt, 85, 42 (1979).
- [3] HENNINGSMEYER, G. and GEPAULR. G.: "Einsatz, Überwachung und Entsorgung von wassermischbaren Kühlschmierstoffen", 2. Europäischer Tribologie-Kongress, Düsseldorf, October, 1977.

PUT DO VISOKE PRODUKTIVNOSTI VODI I KROZ TRIBOLOGIJU

Podsetimo se: u ukupno utrošenom minulom radu, koji se odnosi na energiju, sredstva rada i sredstva za podmazivanje, otpada, po pravilu, oko 60 odsto.

U kojoj meri se koriste tribološka znanja u neposrednoj praksi za postizanje ukupne produktivnosti rada u metaloprerađivačkoj industriji?

U razvijenim industrijskim zemljama već godinama se ulazu znatna sredstva u tribološka istraživanja i ostvaruju programi primene naučnih saznanja iz ove oblasti za uvećanje produktivno-

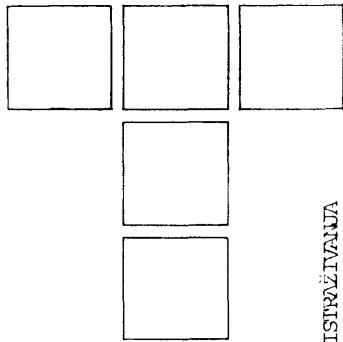
sti rada, odnosno uvećanje koeficijenta ekonomičnosti proizvodnje.

Ovi programi nisu stvar samo naučno istraživačkih instituta i industrije, oni uživaju punu podršku i materijalnu pomoć vlasti ovih zemalja.

Međutim, mogućnosti korišćenja triboloških znanja kod nas još uvek se ne koriste u potreboj meri. Da li se dovoljno zna da put do produktivnosti rada vodi i kroz stvaranje i prikupljanje triboloških znanja i kroz njihovu intenzivnu primenu?

EVGENIJE SILAJEV

Primena staklenih premaza pri kovanju u alatu



ISTRAGIVANJA

UVOD

Alati za kovanje na čekićima i kovačkim presama rade na povišenim temperaturama i prilikom njihovog rada najčešće dolazi do toplotnog i abrazivnog habanja.

Toplotno habanje vezano je sa zagrevanjem alata i gubitkom njegove čvrstoće pod dejstvom radnih opterećenja, a abrazivno habanje izazivaju tvrde čestice koje padaju na površinu alata. Te čestice pripadaju obgorelom sloju radnog predmeta, a mogu da budu i produkti toplotnog habanja alata. Nepokretni (donji) deo kovačkog alata trpi u većem stepenu toplotno i abrazivno habanje. U zavisnosti od tehnološkog ciklusa kovanja može da bude intenzivnije toplotno habanje, ili abrazivno habanje.

Efikasno sredstvo za neutralizaciju negativnog uticaja trenja pri kovanju su tehnološka maziva koja se nanose na kontaktну površinu materijala koji se kuje i alata. Treba da se primeti da se u novije vreme uloga sredstva za podmazivanje ne svodi na to da se mazivo samo nanese na kontaktну površinu, već se koriste sredstva koja stupaju u fizičko hemijske reakcije sa materijalom koji se kuje i obrazuju površinski plastificiran sloj koji omogućava da se proces kovanja obavi sa manjim habanjem alata i manjom udarnom energijom. Sredstvo za podmazivanje treba da bude i zaštitno, odnosno da smanjuje površinsko obgorevanje čelika.

Zadatak izbora maziva koja mogu da budu primenjena za proces obrade čelika kovanjem je relativno složen, pošto se temperaturna oblast obrade čelika kovanjem nalazi u granicama 700°C - 1200°C , a većina maziva na tim temperaturama sagoreva i gubi svoja svojstva.

Prilikom tople obrade čelika kovanjem najviše u nas se koriste tvrda maziva mineralnog porekla: grafit, talk, disulfid molibdena, bentonit i druga. Ozbiljan nedostatak tvrdih maziva su niska toplotna izolaciona svojstva koja mogu da izazovu habanje alata.

Veoma efikasno sredstvo za podmazivanje pri toplom plastičnom deformisanju čelika u alatima za kovanje su

premazi na bazi stakla koji nažalost nisu našli za sad praktičnu primenu u Jugoslovenskoj kovačkoj industriji.

NEKE FIZIČKO HEMIJSKE OSOBINE I DOBLJANJE STAKLENIH MAZIVA

Maziva na bazi stakla koja nalaze primenu u plastičnoj preradi čelika su silikatna jedinjenja koja sadrže grupu Si_mO_n , odnosno prirodne silikate i različite materijale koji se dodaju u cilju postizanja željenog cilja.

Osnovu svih silikata predstavlja kvarc SiO_2 . Čisto kvarcno staklo u pogledu podmazivanja nije našlo praktičnu primenu, pošto mu se rastopina obrazuje na 1730°C , što predstavlja visoku temperaturu gledano s aspekta plastične prerade čelika.

Da bi se dobila stakla za rad na temperaturama 700 - 1200°C kvarcnom staklu se dodaju različite komponente. U pogledu podmazivanja nalaze primenu dvokomponentni i trokomponentni sistemi, tako da se od dvokomponentnih upotrebljavaju sistemi: $\text{Na}_2\text{O} - \text{SiO}_2$, $\text{K}_2\text{O} - \text{SiO}_2$, PbO_2 , odnosno od trokomponentnih stakala sistemi: $\text{Na}_2\text{O}-\text{CaO}-\text{SiO}_2$ i prirodni sistemi $\text{Mg}_2\text{O} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$. Dvokomponentni i trokomponentni sistemi nezadovoljavaju sve zahteve koje mora da ispunji jedno visokotemperaturno mazivo, pa se u praksi koriste uglavnom višekomponentni sistemi (do 10 i više komponenti). Najčešće se u stakleno mazivo unose kationi: Na , K , Mg , Ca , Ba , Al , Si , a redje: Li , Zn , Pb , Ti , Zr , P .

U početnom periodu razvoja korišćenja stakla kao sredstva za podmazivanje pri kovanju i presovanju, primenjivala su se industrijska stakla za prozorska okna, boce i pirex stakla.

U tabeli 1 navedene su vrednosti viskoziteta industrijskih stakala za različite temperature.

Pošto industrijska stakla navedena u tabeli 1 nemaju zahtevane osobine koje treba da ima savremeno mazivo, to

se u stakleno mazivo nose različite komponente odnosno hemijska jedinjenja kao što su: $NaNO_3$, Na_2SiF_6 , $MgCO_3$, Al_2O_3 , $2SiO_2$, $2H_2O$, KNO_3 , K_2CO_3 , $MgCO_3$, $Ba(NO_3)_2$, $BaCO_3$, ZnO , Pb_3O_4 i druga.

TABELA 1. - Viskozitet industrijskih stakala na različitoj temperaturi

Temperatura	Logaritam viskoziteta stakla		
	Staklo za prozorska okna	Staklo za boce	Pirex staklo
1 400	1,02-2,26	2,20	3,23
1 300	2,33-2,63	2,57	3,61
1 200	3,87-3,07	2,98	4,07
1 100	3,38-3,67	3,52	4,63
1 000	4,02-4,56	4,16	5,34
900	5,22	4,98	6,27
800	6,46	5,97	7,53
700	7,75	-	9,53
600	10,98	-	12,18
500	15,88	-	-

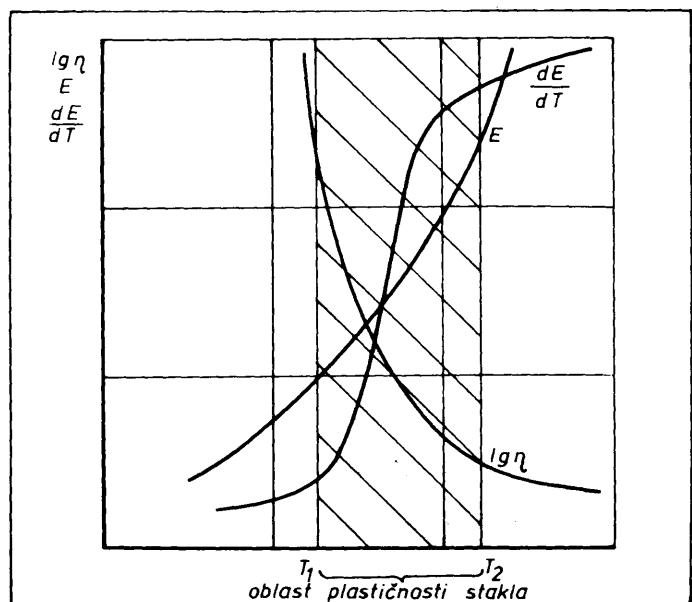
Staklena maziva, posle operacije zagrevanja itopljenja u peći, se hlađe, pa potom se melju u mlinovima sa čekićima i valjcima, a veličina zrna samlevenog praha kreće se u granicama 0,1-1 mm. Da bi se dobila zrna veličine 0,1 mm koriste se mlinovi sa valjcima i vibracioni

Da bi jedno stakleno mazivo moglo da ima zahtevane tehnološke osobine njemu dodaju različite komponente koje imaju uticaj na sledeća fizička svojstva stakla: topljivost, viskozitet, površinski napon, kvašenje metala staklenom rastopinom, kristalizacionu sposobnost, toplotno širenje i toplotnu provodnost. Na primer: SiO_2 povećava viskozitet stakla i kristalizacionu sposobnost, ima visoku sposobnost kvašenja metala i snižava koeficijent toplotnog širenja.

Na slici 1 date su krive zavisnosti viskoziteta stakla η , specifične zapremine E i koeficijenta toplotnog širenja dE/dT od temperature.

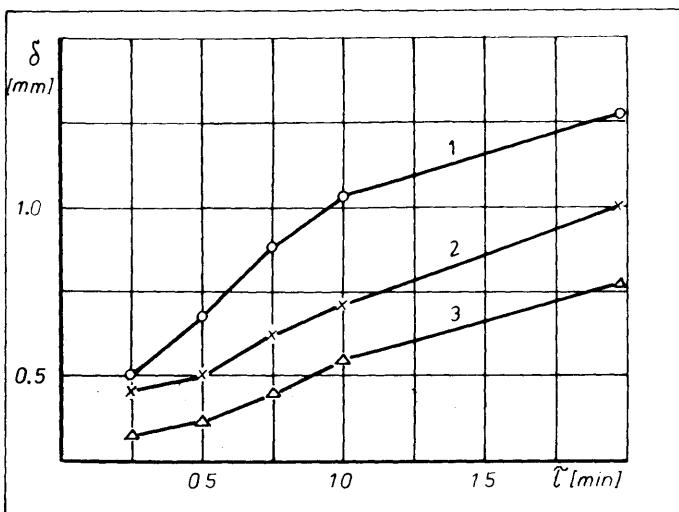
PRIMENA STAKLA KAO ZAŠTITNOG I PODMAZUJUĆEG SREDSTVA PRI KOVANJU ČELIKA

Pri zagrevanju materijala za kovanje dolazi do oksidisanja površine pripremka i do obrazovanja obgorelog sloja. Oksidisanje materijala pri zagrevanju izaziva čitav niz negativnih pojava: bezpovratni gubitak materijala, obgoreli sloj otežava prenošenje topline između zagrejane sredine peći i materijala, a prilikom obrade kovanjem obgoreli sloj povećava habanje alata za kovanje pošto ima veću tvrdoću i deluje kao abraziv. Prilikom kovanja otkovaka obgoreli sloj ima tendenciju utiskivanja u površinski sloj otkovka, odnosno znatno povećava hraptavost otkovka. Komorne peći u kovačnicama u nas rade uglavnom sa oksidišućom atmosferom tako da je prisustvo obgorelog sloja na otkovcima neminovno, a tehnološki gubitak materijala pri zagrevanju dostiže veličinu od 3,0% od mase otkovka (videti sliku 2).



Sli. 1. - Krive zavisnosti viskoziteta stakla, specifične zapremine E i koeficijenta toplotnog širenja od temperature

mlinovi, pa se potom staklo prosejava kroz sita različite gustoće radi dobijanja frakcije praha odredjene veličine.



Sli. 2. - Zavisnost deblijine oksidnog sloja otkovka i dubine utiskivanja obgoretine od vremena zagrevanja (1-Debljina oksidnog sloja pripremka, 2-Najveća deblica utisnuta obgoretine u probni otkovak, 3-Srednja dubina utisnuta obgoretine u probni otkovak)

Pošto se oksidisanje površina pripremka ne može da izbegne prilikom zagrevanja u komornim pećima, kakve se obično sreću u praksi, to treba da se preduzima čitav niz mera da bi se ono smanjilo i to: skraćenje vremena zagrevanja u zaštitnoj atmosferi, indukciono zagrevanje električnom strujom, primena raznih premaza i emajla, zagrevanje u solima i zagrevanje u rastopini stakla.

Jedan od najefikasnijih i u isto vreme ekonomičan način je bezoksidaciono zagrevanje pripremka u rastopini stakla, a takođe i nanošenje zaštitnih staklenih premaza na pripremak pre operacije grejanja.

Za tačno kovanje u alatima neophodno je da premaz na otkovku bude zaštitan, ali su veoma važna i podmazujuća svojstva staklenog premaza. Premaz treba da bude mehanička smešta stakla, sa različitim temperaturama početka razmekšavanja i različitim viskozitetima na različitim temperaturama, da bi imao tražena zaštitno-podmazujuća svojstva u celom temperaturnom intervalu tople plastične prerade metala.

PRAKTIČNA PRIMENA STAKLENIH PREMAZA ZA KOVANJE U ALATIMA

U Kovačnici MIN-a izvršena je industrijska proba nanošenja staklenih premaza na pripremcima za kovanje traktorskih zupčanika i to zagrevanjem za kovanje u rastopini stakla i nanošenjem suspenzione pokrivke pre operacije zagrevanja. Korišćeno je staklo sledećeg sastava:

SiO_2	Na_2O	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO
72,5%	16,5%	0,4%	0,1%	7,0%	3,5%

U oba slučaja ispitivanja korišćen je pripremak za kovanje zupčanika težine 1,5 kg od materijala 0,5420.

Zagrevanje pripremka u rastopini stakla je obavljeneno tako da je u komornu peć ubaćen sud od vatrostalnog materijala u kome je rastopina stakla zagrejana na temperaturu od $1100^{\circ}C$, a pripremcu su uranjani u rastopinu stakla i posle postizanja zadate temperature kovani u alatu na vazdušnom čekiću.

Metoda nanošenja suspenzione zaštitne pokrivke primenjena je tako da su pripremcu premazani suspenzijom staklenog praha granulata 0,1 mm i vodenog stakla posle operacije sečenja pripremka na zadatu meru.

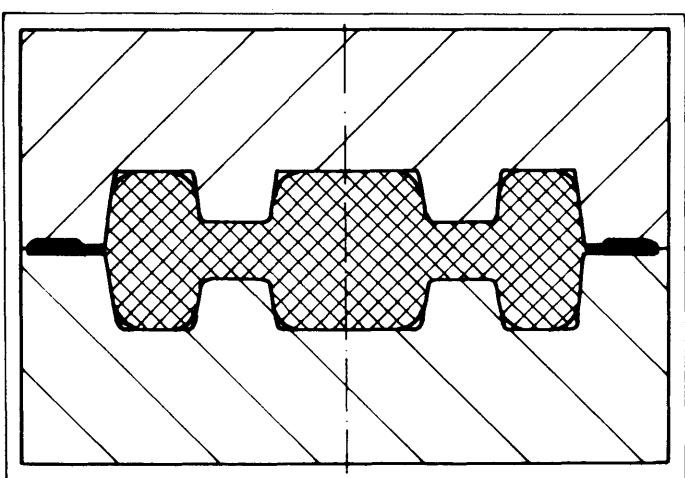
Nakon sušenja na mirnom vazdušu pripremcu su zagrevani u komornoj peći i kovani u alatu.

U obadva slučaja zupčanici su kovani na vazdušnom čekiću nominalne udarne energije 68 kJ. Nakon kovanja zupčanici su termički obradjeni i čišćeni peskarenjem.

ZAKLJUČCI I REZULTATI ISPITIVANJA

Zagrevanje pripremaka u rastopini stakla omogućuje da se pripremak za kovanje zagreje ravnomerno uz istovremeno svodjenje površinskog oksidisanja pripremka na minimum u celom toku tehnološkog procesa kovanja.

Suštinski nedostaci koji su se ispoljili prilikom ove probe su: prvo-na ovaj način mogu da se zagreju otkovci relativno male mase i drugo-zaštitno podmazujući sloj ima debljinu na pripremku od 0,5-0,8 mm tako da se višak staklenog maziva skuplja tokom kovanja u uglovima kovačkog kalupa, a otkovak ne dobija zahtevane geometrijske mere odnosno propisane radijuse (videti sliku 3).



Sl. 3. - Šema koncentracije maziva u alatu za ispitivanje otkovaka zupčanika

Metoda nanošenja suspenzione zaštitne pokrivke omogućuje da se na pripremku dobije optimalna debljina podmazujućeg sloja od 0,1 do 0,2 mm, a samim tim omogućuje dobijanje otkovka povišene tečnosti.

Uvodjenje metode nanošenja suspenzione pokrivke na pripremku u proizvodni proces kovačnice ima veću industrijsku prednost, pošto su potrebna manja investiciona ulaganja (mogu da se koriste postojeće peći za zagrevanje pripremaka).

U kovačnici je potrebno obezbediti radni prostor za nanošenje suspenzije stakla, četkom ili pištoljima za prskanje, kao i prostor za sušenje pripremaka.

U obadva slučaja ispitivanja podmazivanja stakлом deformacioni rad je osetno smanjen, tako da je čekić od 68 kJ otkovao otkovak zupčanika sa 2-3 udarca, dok se bez podmazivanja stakлом kuje sa 6-7 udaraca.

Toplotno izolaciona svojstva staklenih maziva smanjila su gubitke toplote pri prenosu radnih komada od peći do čekića, kao i u samom procesu kovanja, tako da je moguće kovanje pojedinih pozicija u više operacija bez do-

grevanja.

Obgorevanje materijala i stvaranje oksidnog sloja na otkovku smanjeno je od 3% na 1,2%, što predstavlja uštedu materijala za kovanje.

Može da se zaključi da se intenzivnim korišćenjem staklenih premaza sigurno produžuje vek trajanja i postojanost kovačkih alata.

Pošto je temperaturni interval kovanja za Č.5420 u intervalu od 850 do 1100°C potrebno je da se koristi smesa stakala različitog viskoziteta da bi se održao najpovoljniji viskozitet za svaku temperaturu kovanja u poslednjem intervalu u cilju efikasnog podmazivanja i smanjenja deformacionog rada pri kovanju na nižim temperaturama.

U razvijenim industrijskim zemljama postoji više patenata kojima su zaštićeni pojedini tipovi staklenih maziva, to je potrebno kod nas i u našim proizvodnim uslovima pronaći odgovarajuću recepturu maziva koja bi odgovarala našim čellicima u našim proizvodnim uslovima, odnosno našla šиру primenu u kovačnicama.

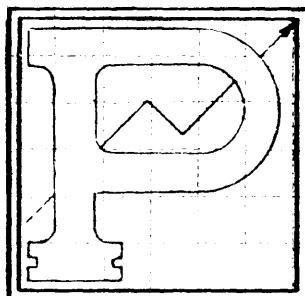
LITERATURA

- [1] I. A. SCHEY: "Metall deformation processes, Friction and lubrication", Marsel Dekker, New York, 1970.
- [2] M. V. СТОРОЖЕВЪ "Ковка и обемная штамповка сталей", "Машиностроение", Москва, 1969.
- [3] В. В. МАГАЗИНЕР: Предотвращение окисления сталей Нагреваемых для Деформирования", Кузнецко-штамповочное производство, Москва, 1973.
- [4] А.А. АИЛЕН: "Химия стекла", "Химия", Москва, 1974.

EVGENIJE SIIAJEV, dipl. maš. ing. saradnik za mašinstvo OOUR "Kovačnica", SOUR "Mašinska industrija Niš" - Niš.



Rodjen 1941. god. Diplomirao 1970. na Mašinskom fakultetu u Nišu. Bavi se tehnologijom kovanja i razvoja konstrukcije i eksploatacije kovačkih alata.



PRODUKTIVNOST U INDUSTRIJI

kod nas i u svetu

GODINA I

Bitka za uvećanje produktivnosti u svetu odavno je otpočela. Zato i nije čudo što se u privrednim krugovima, pogotovo razvijenih zemalja, kaže:

PRODUKTIVNOST JE KLJUČ BUDUĆNOSTI.

CENTAR ZA PRODUKTIVNOST RADA
pokrenuo je publikaciju

Produktivnost u industriji

Publikacija izlazi dvanaest puta godišnje.
Godišnja preplata — 1.200 dinara.
Preplatu slati na adresu:
CENTAR ZA PRODUKTIVNOST RADA
MAŠINSKI FAKULTET
34000 Kragujevac
Ul. Sestre Janjić br. 6

Ko raspolaže
informacijama
može da donosi
valjane odluke