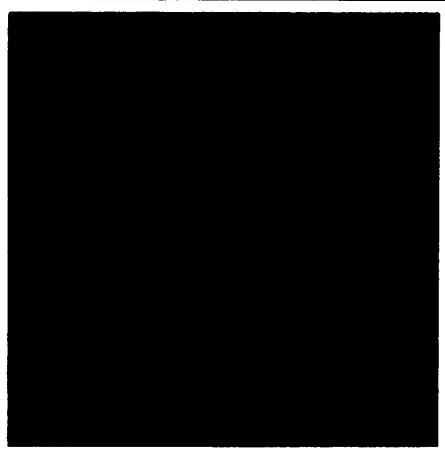
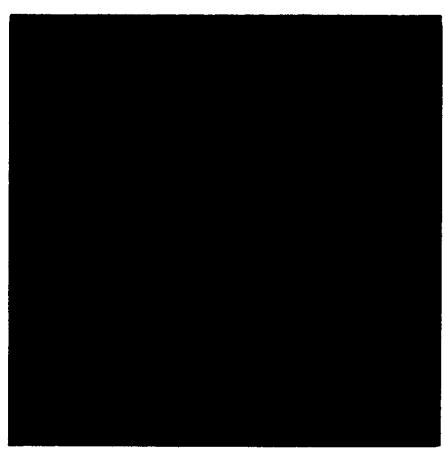
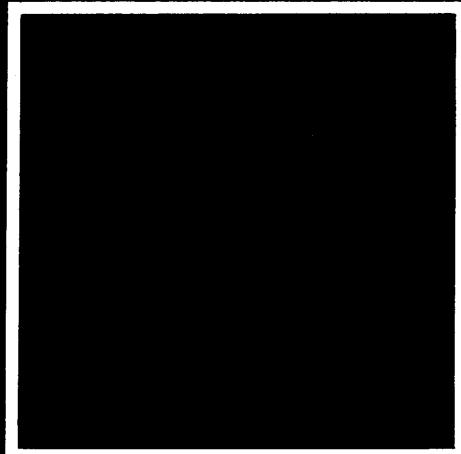
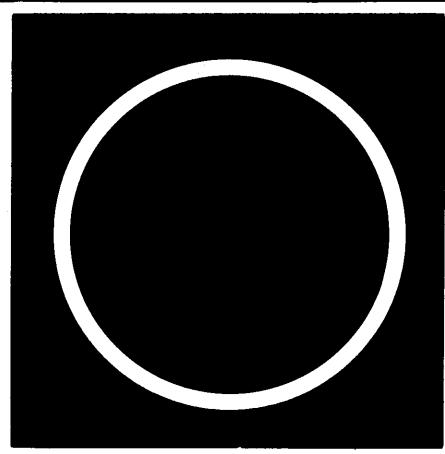
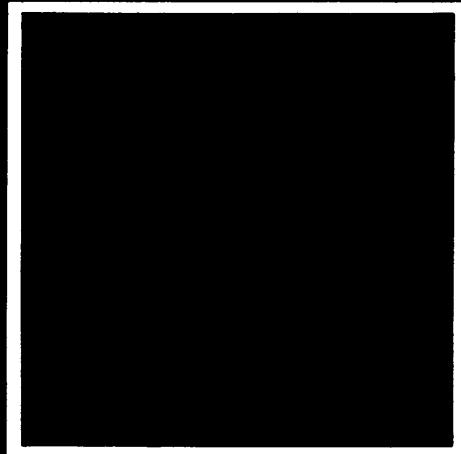


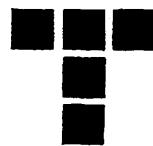
tribologija u industriji

YU ISSN 0351-1642
GODINA IV
DECEMBAR 1982.

4



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



GODINA IV
BROJ 4.
DECEMBAR 1982.

tribologija u industriji

sadržaj contents содержание

Poslovanje sa sredstvima za hlađenje i podmazivanje u industriji prerade metala - problemi i moguća rešenja

Proizvodni procesi u industriji prerade metala odvijaju se, po pravilu, uz prisustvo sredstava za hlađenje i podmazivanje. Njihovim uvođenjem u proces prerade metala ostvaruju se: povećanje veka trajanja alata, smanjenje utrošnja energije i zaštita obrađenih površina od korozije (međuoperacijska zaštita). Sve ovo doprinosi smanjenju troškova proizvodnje i povećanju dohotka osnovnih organizacija udruženog rada u kojima se prerada metala vrši.

Poslednjih godina problemi koji nastaju sa primenom sredstava za hlađenje i podmazivanje u industriji prerade metala su sve veći jer njihova cena koštanja neprekidno raste a mogućnost njihove nabavke se iz godine u godinu smanjuje. Ovo je sve posledica porasta cene nafte, smanjenja realne vrednosti dinara i sve izraženijeg nedostatka dolara za nabavku osnovnih komponenti od kojih se sredstva za hlađenje i podmazivanje proizvode (bazna ulja, aditivi i sl.).

Teškoće sa kojima su suočeni domaći proizvodači sredstava za hlađenje i podmazivanje (ima ih nekoliko) u procesu njihove proizvodnje prouzrokuju sve veće teškoće i u primeni sredstava za hlađenje i podmazivanje u industriji prerade metala. Danas je sve teže nabaviti odgovarajuću vrstu sredstava za hlađenje i podmazivanje za određene proizvodne procese i proizvodne operacije tako da je sve više prisutna poja-

va primene neadekvatnih sredstava za podmazivanje i hlađenje u proizvodnim operacijama što dovodi do povećane potrošnje alata, smanjenja produktivnosti rada i povećanja troškova proizvodnje. U pojedinim vrstama proizvodnih operacija troškova primene sredstava za hlađenje i podmazivanje postaju jednaki a ponekad i prevazilaze vrednost bruto dohodaka radnika koji obavljaju direktne poslove u proizvodnom procesu. Nastala situacija zahteva pažljivu analizu načina poslovanja sa sredstvima za hlađenje i podmazivanje u svim proizvodnim organizacijskim jedinicama (OOUR-i i radne organizacije) i traženju mogućih optimalnih rešenja u pravcu smanjenja potrošnje sredstava za hlađenje i podmazivanje kroz povećanje veka njihovog trajanja i poboljšanja postupka njihove primene.

Velika količina sredstava za hlađenje i podmazivanje koristi se u industriji prerade metala u obliku emulzija i rastvora. Proizvođači isporučuju potrošačima mineralna emulgirajuća ulja, polusintetička ili sintetička sredstva. Sve ove vrste koncentrata mešaju se sa vodom u pogonima potrošača da bi se dobile odgovarajuće emulzije i rastvori sa potrebnim tribološkim i drugim karakteristikama. Koncentracija osnovnih materijala u emulzijama i rastvorima zavisi od vrste proizvodne operacije u kojoj se sredstva za hlađenje i podmazivanje koriste i kreće se obično od 2—8%.

a ponekad i više. Nije bez značaja napomenuti da su istraživanja vršena poslednjih godina kod nas i u svetu pokazala da veličina koncentracije ima izraziti uticaj na tribološka svojstva sredstava za hlađenje i podmazivanje odnosno da od veličine koncentracije osnovnih materijala (mineralna emulgirajuća ulja, polusintetička i sintetička sredstva) u emulzijama ili rastvorima u velikoj meri zavisi veličina postojanosti alata i njihova potrošnja u celini. O uticaju koncentracija osnovnih materijala u emulzijama i rastvorima na njihova tribološka svojstva bilo je dosta radova objavljenih i u ranijim brojevima časopisa »Tribologija u industriji«.

Da bi se u pogonima potrešača pripremila kvalitetna emulzija ili rastvor potrebno je pored poznavanja optimalne koncentracije za svaku vrstu proizvodnih operacija i svaku vrstu osnovnih materijala raspolažati i sa kvalitetnim postupkom pripreme odnosno mešanja osnovnih materijala sa vodom.

U pogonima koji imaju centralne sisteme za pripremu emulzija i rastvora ovaj drugi problem je otklonjen odgovarajućim postrojenjima za pripremu. Međutim, u ogromnoj većini proizvodnih organizacionih jedinica u industriji prerade metala centralnih sistema za pripremu sredstava za hlađenje i podmazivanje nema pa se priprema vrši ručno od strane, obično, polukvalifikovanih radnika koji u odgovarajuću posudu sipaju određene količine vode i osnovnih materijala kofama pa onda vrše mešanjem sa nekom drvenom ili metalnom šipkom. Ovako pripremljena emulzija ili rastvor retko ima optimalnu koncentraciju a pri pripremi na ovaj način dolazii do rasipanja osnovnih materijala i trošenja velike količine ljudskog rada što sredstva za hlađenje i podmazivanje čini još skupljim.

Pri preradi materijala na proizvodnim mašinama bilo kojom vrstom obrade zone rezanja se oblikom količinom sredstava za hlađenje i podmazivanje koje pada po kliznim vodicama i drugim elementima mašina koji se nalaze u blizini zone rezanja,

Posle izvesnog vremena na površini sredstava za hlađenje i podmazivanje u rezervoarima mašina pojavljuje se sloj hidrauličnih i drugih industrijskih ulja koja se nalaze u pojedinim agregatima mašina a služe za podmazivanje tribomehaničkih sistema sadržanih u njima. Osim ulja u upotrebljenim sredstvima za hlađenje i podmazivanje nalaze se i metalne čestice, delovi strugotine i druge nečistoće tako da se tribološka svojstva i druge osobine upotrebljenih sredstava za hlađenje i podmazivanje znatno pogoršavaju. Kada promena triboloških i drugih svojstava sredstava za hlađenje i podmazivanje dostigne kritičnu granicu dolazi do izmene cele količine sredstava za hlađenje i podmazivanje (to je obično 200—300 litara). Upotrebljena sredstva za hlađenje i podmazivanje obično se prosipaju u kanalizaciju. Poslednjih godina, međutim, u industrijski razvijenim zemljama razvijen je veliki broj uređaja (pokretnih i nepokretnih) za prečišćavanje upotrebljenih sredstava za hlađenje i

podmazivanje, za odvajanje hidrauličnih ulja iz emulzija i rastvora i regeneraciju istih (obnavljanje u cilju dobijanja prvo bitnih tribooških i drugih svojstava). Primenom ovih uređaja povećava se vek trajanja sredstava za hlađenje i podmazivanje nekoliko puta čime se smanjuje njihova potrošnja i troškovi njihove primene. Poboljšanje triboloških i drugih svojstava upotrebljenih sredstava za hlađenje i podmazivanje omogućava ne samo smanjenje njihovih troškova već i smanjenje troškova alata, troškova proizvodnje u celini i povećanje dohotka.

Na polju pripreme sredstava za hlađenje i podmazivanje pojavili su se, poslednjih godina, jednostavniji uređaji sa i bez pokretnih elemenata koji omogućavaju mešanje osnovnih materijala sa vodom i pravljenje emulzija i rastvora sa vrlo tačnim koncentracijama u svim mogućim rasponima bez mogućnosti rasipanja osnovnih materijala i uz utrošak

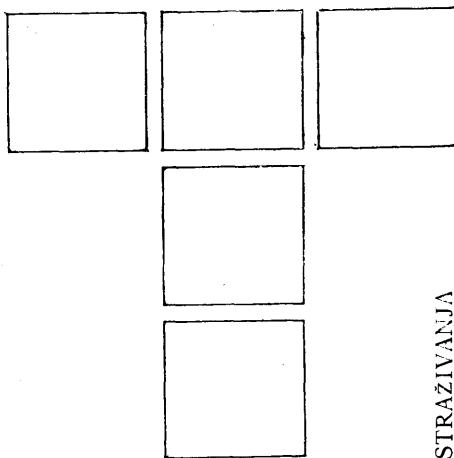
minimalne količine ljudskog rada. Jedan ovakav uređaj razvijen je i u Laboratoriji za obradu metala i tribologiju Mašinskog fakulteta u Kragujevcu a njegova proizvodnja poverena je OOUR — »Mašine« RO »EMAP« — Zavodi »Crvena zastava«. Osnovne informacije o ovom uređaju objavljene su i u poslednjim brojevima časopisa »Tribologija u industriji« a demonstracija rada uređaja vršena je u Laboratoriji za obradu metala i tribologiju oktobra i novembra 1982. godine.

Primenom uređaja za pripremu emulzija i rastvora kao i uređaja za prečišćavanje svih vrsta sredstava za hlađenje i podmazivanje u domaćoj industriji prerade metala je na samom početku što znači da postoje ogromne mogućnosti smanjenja troškova primene sredstava za hlađenje i podmazivanje i povećanje produktivnosti rada u ovoj oblasti.

Svim svojim čitaocima
želimo
srećnu i uspešnu
1983.
godinu

**REDAKCIJA ČASOPISA
»TRIBOLOGIJA U INDUSTRIJI«**

M. LAZIĆ* *



Prilog optimalnom izboru sredstava za podmazivanje zupčastih parova sa tribološkog aspekta*

U V O D

Intenzitet razvoja triboloških procesa u kontaktним slojevima, vek trajanja i pouzdanost rada, u uslovima ne-prekidnog povećanja brzina i opterećenja i smanjenja gabaleta zupčastih prenosnika, uslovljeni su nizom manje ili više relevantnih faktora. To znači da projektovanje, konstruisanje i izrada ekonomičnih i optimalnih konstruktivnih rešenja prenosnika zahteva svestranu i kompleksnu analizu, pre svega, uticaja materijala elemenata, tehnologije izrade i vrste i kvaliteta sredstava za podmazivanje.

Jasno je, dakle, da sredstvo za podmazivanje predstavlja element konstrukcije i da, kod prenosnika, ima veoma značajnu, posebnu, ulogu. Isto dovodi do razdvajanja kontaktних slojeva (bilo formiranjem odgovarajućeg nosećeg filma bilo aktivnim hemijskim međudejstvima i formiranjem »trećeg tela«, a time i povećanja veka trajanja i pouzdanosti rada prenosnika. Pored toga optimalnim izborom vrste sredstva za podmazivanje i projektovanjem optimalnih uslova i režima podmazivanja moguće je smanjiti gubitke na trenje i do 50% [1].

Prema tome, evidentno je da problematika ocene kvaliteta ili optimalnog izbora sredstava za podmazivanje predstavlja istovremeno i problematiku definisanja optimalnih konstrukcija i uslova eksploracije zupčastih prenosnika. Razvoj metoda za tribološka ispitivanja sredstava za podmazivanje, pak, usmeren je na izgradnju odgovarajućih uređaja sa modelskim ispitivanjima (simulacijom rada zupčastih prenosnika) i uređaja sa zupčanicima kao elementima kontakta. Međutim, efikasnost i efektivnost metoda se povećava ako se koriste metode kontinualne registracije razvoja triboloških procesa. Na taj način se skraćuje vreme ispitivanja i omogućuje dinamičko praćenje razvoja procesa habanja kako u periodu uhodavanja tako i u periodu ustaljenog režima rada.

U cilju skraćenja vremena ispitivanja i razvoja metoda kontinualnog praćenja triboloških procesa u kontaktu zuba zupčanika, u Laboratoriji za obradu metala i tribologiju Mašinskog fakulteta u Kragujevcu, razvijen je odgo-

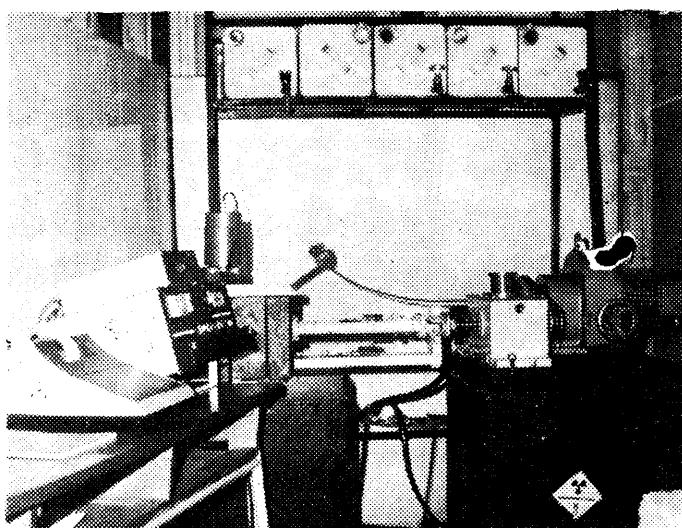
varajući istraživački punkt baziran na primeni radioaktivnih izotopa. Isti obezbeđuje neprekidnu indirektnu [2, 3] ili direktnu registraciju procesa habanja zuba zupčanika bez demontaže i ponovne montaže podsklopova i sklopova.

Metodologija definisanja triboloških karakteristika sredstava za podmazivanje primenom direktnih radioaktivnih metoda i rezultati preliminarnih ispitivanja su, očigledno, i osnovna tematika ovog rada.

METODOLOGIJA EKSPERIMENTALNIH ISPITIVANJA

Razvoj radioaktivnih metoda za proučavanje triboloških procesa u kontaktu zuba zupčanika bazira na cinjenici da u procesu habanja dolazi do odlaska čestica iz kontaktnih slojeva. Ukoliko su isti ozračeni doći će i do pada radioaktivnosti ozračenog elementa, tako da je moguće, registracijom radioaktivnosti ozračenog elementa, doći, odgovarajućim postupcima i do parametara habanja odnosno moguće je pratiti razvoj procesa habanja elemenata prenosnika.

Bazirajući se na navedenoj činjenici razvijen je i izgrađen odgovarajući istraživački punkt (slika 1), koji obezbeđuje definisanje uticaja niza parametara na intenzitet



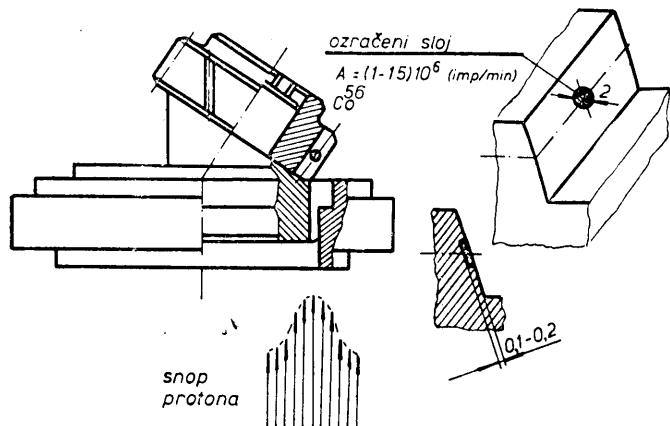
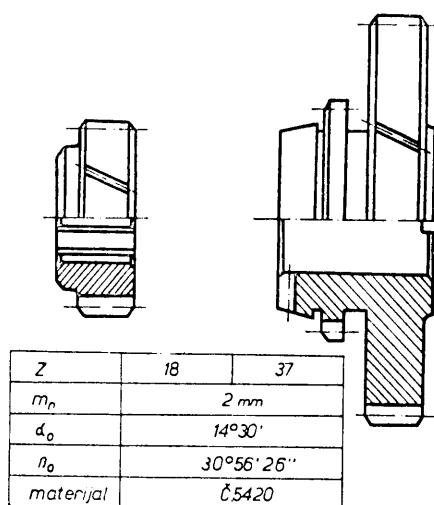
Sl. 1. — Istraživački punkt za tribološka ispitivanja zupčastih parova

* Rad saopšten na Simpozijumu JUGOMA 82.

** Podaci o autoru dati u časopisu »Tribologija u industriji«, br. 3. iz 79. god.

razvoja triboloških procesa kod zupčastih parova. Punkt je koncepcijski tako formiran da obezbeđuje izmenu cpte-rečenja, brzina (primenom varijatora kao pogonskog aggregata), smera obrtanja zupčanika i sistema podmazivanja (kupanjem ili cirkulacijom). Kao elementi kontakta koriste

izvora. Naime, radioaktivnost je pojava statističke prirode i pojava koja se vremenom gubi (osnovna karakteristika izvora je poluživost). To znači da je, najpre, neophodno formirati krivu prirodnog pada radioaktivnosti (slika 3) i definisati eksponent krive prirodnog pada radioaktivnosti λ .

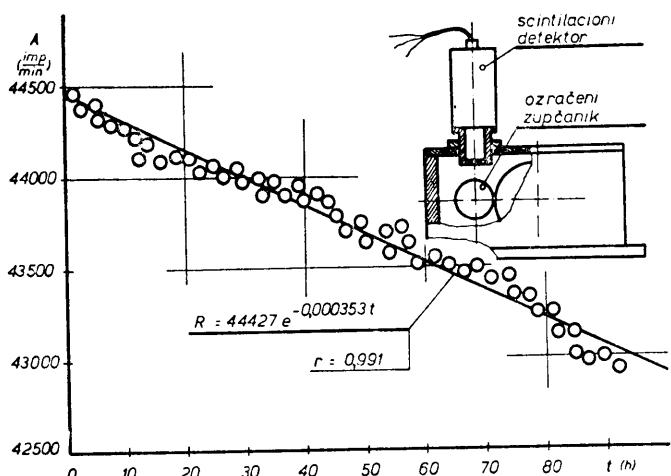


Sl. 2. — Šematski prikaz ugrađenih zupčanika i postupka ozračivanja manjeg zupčanika

se zupčanici II brzine menjачa vozila Zastava — 750, bez bilo kakvog prilagođavanja. Pri tome je koncepcijsko rešenje istraživačkog punkta tako izvedeno da obezbeđuje istovremeno praćenje razvoja triboloških procesa i na manjem i na većem zupčaniku.

Manji zupčanik je ozračen na ciklotronu u HARWELL-u Engleska prema šemi dатoj na slici 2. Ozračivanje je tako izvedeno da se formira veoma tanak površinski sloj (debljine oko 0,1 — 0,2 mm, što odgovara linearnom habanju bočnih površina zuba zupčanika) pri relativno visokoj specifičnoj i niskoj ukupnoj radioaktivnosti. Time se stvaraju uslovi za adekvatno praćenje procesa habanja, pri relativno visokoj osetljivosti, sa jedne i bezbedan rad sa druge strane. Ugradnjom tako ozračenog zupčanika stvaraju se uslovi za kontinualno praćenje razvoja triboloških procesa na kontaktima površinama zuba zupčanika.

Međutim, pre izvođenja eksperimentalnih ispitivanja neophodno je odrediti osnovne karakteristike radioaktivnog



Sl. 3. — Kriva prirodnog pada radioaktivnosti ozračenog zupčanika

Suština direktnе radioaktivne metode se ogleda u kontinualnoj registraciji radioaktivnosti ozračenog zupčanika A_{im} i definisanju ekvivalentne radioaktivnosti:

$$A_i = A_{im} e^{-\lambda t} \quad (1)$$

gde su:

λ — parametar koji karakterišu krivu prirodnog pada radioaktivnosti i
t — vreme trajanja odgovarajućeg eksperimenta.

Primenom ovog postupka eliminise se uticaj prirodnog pada radioaktivnosti zupčanika, tako da je moguće pratiti promenu radioaktivnosti samo usled habanja kontaktnih površina zuba zupčanika:

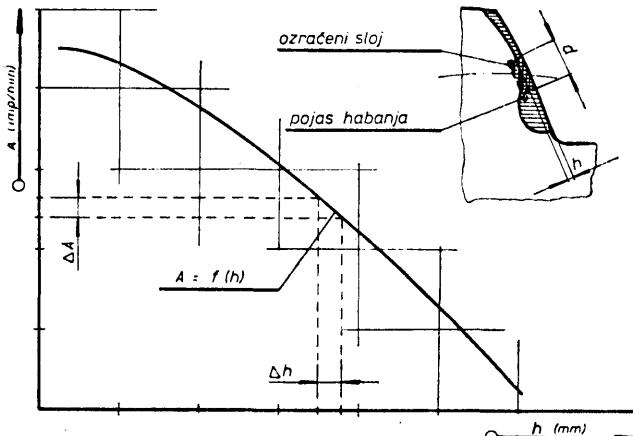
$$R_i = A_i - A_o, \quad (2)$$

gde je A_o (imp/min) — radioaktivnost zupčanika na početku eksperimenta.

Poznavanjem promene radioaktivnosti usled habanja sa jedne i funkcionalne zavisnosti radioaktivnosti zupčanika i linearног habanja sa druge strane (slika 4) moguće je odrediti promenu linearног habanja i, pri poznatom vremenskom intervalu Δt , definisati otpornost na habanje:

$$\Omega = \frac{\Delta h}{\Delta t}, \quad (3)$$

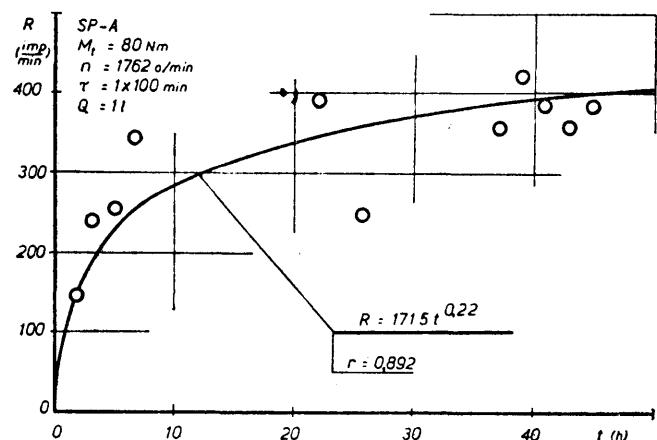
a time i odgovarajući parametar (linearno habanje, intenzitet razvoja linearног habanja i slično) za praćenje razvoja procesa habanja. Kako je, pak, definisanje krive baž-



Sl. 4. — Principijelna funkcionalna zavisnost radioaktivnosti i linearog habanja

darenja veoma složeno i kako se, veoma često, teži uporednoj oceni uticaja odgovarajućih parametara, to je moguće formirati odgovarajuće zaključke i na bazi promene radioaktivnosti zupčanika. To tim pre što je radioaktivnost zupčanika proporcionalna linearnom habanju odnosno masi čestica koje se udaljuju iz kontakta [2].

Primenom prikazane metodologije izvedena su i prva ispitivanja pri opterećenju zupčastog para 80 Nm i ulaznom broju obrta (broju obrta manjeg zupčanika) 1762 o/min. Rezultati merenja prikazani su na slici 5, a promena radioaktivnosti, usled habanja zuba zupčanika, data je na slici 6. I kratka analiza prikazanih rezultata ukazuje na značajne mogućnosti praćenja promene radioaktivnosti zuba zupčanika i registraciju odgovarajućih promena u relativno kratkom vremenskom intervalu. Jasno je da prime-



Sl. 6. — Promena (pad) radioaktivnosti zupčanika sa vremenom

PROGRAM I REZULTATI EKSPERIMENTALNIH ISPITIVANJA

Optimalan izbor sredstava za podmazivanje zupčastih prenosnika podrazumeva pre svega, definisanje njihovih triboloških karakteristika (indeksa kvaliteta). U tom cilju programom ispitivanja obuhvaćeno je 5 različitih tipova sredstava proizvedenih u 4 domaće fabrike. Ista su, uglavnom namenjena za podmazivanje menjачa i diferencijala putničkih automobila i odgovaraju standardima JUS.B.H3.302 i JUS.B.H3.303.

Rezultati uporednih ispitivanja sredstava za podmazivanje, prikazani na slici 7, omogućuju definisanje relativnog indeksa kvaliteta sredstva za podmazivanje (slika 8):

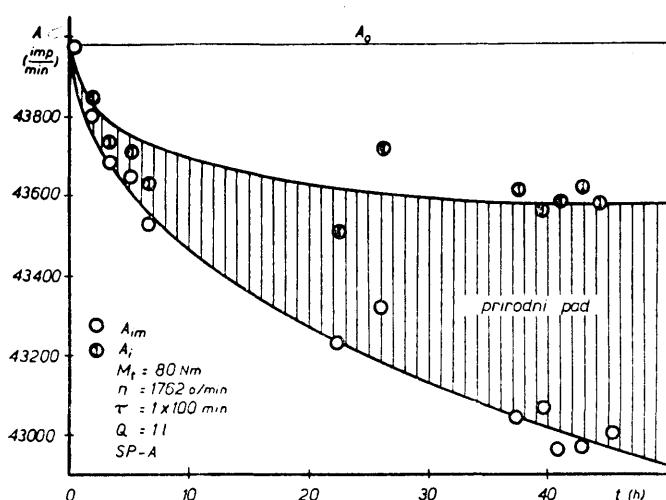
$$I_i = \frac{R_e}{R_i} \cdot 100. \quad (4)$$

U izrazu su:

R_e — pad radioaktivnosti zupčanika pri korišćenju sredstva za podmazivanje usvojenog kao etalon i

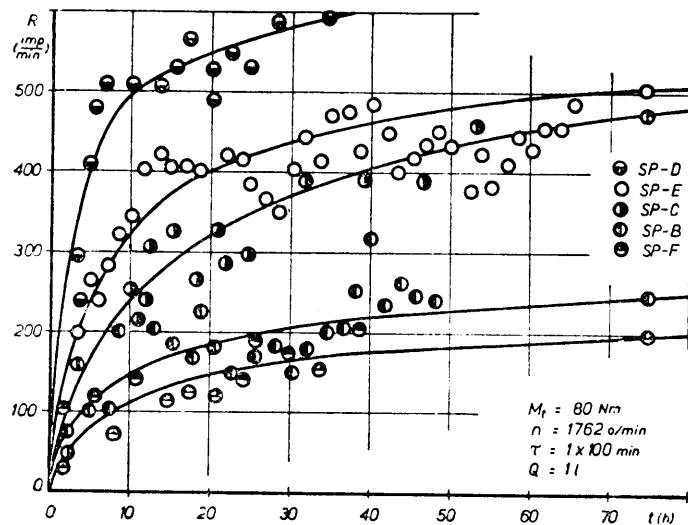
R_i — pad radioaktivnosti zupčanika pri korišćenju ostalih sredstava za podmazivanje zupčastih parova.

Kratka analiza rezultata prikazanih na slikama 7 i 8 ukazuje na značajne razlike u pogledu kvaliteta ispitivanih sredstava sa jedne i mogućnost adekvatne ocene kvaliteta ili izbora odgovarajućeg sredstva za podmazivanje sa druge strane. Pored toga, treba naglasiti i činjenicu da su rezultati analogni rezultatima dobijenim primenom indirektne radioaktivne metode [2], odnosno rezultatima prikazanim i u radovima niza drugih autora (na primer 1, 4 i 5).



Sl. 5. — Zavisnost radioaktivnosti zupčanika i vremena rada prenosnika

na prikazane metodologije obezbeđuje sagledavanje indeksa uticaja niza parametara na intenzitet razvoja triboloških procesa kod zupčastih parova i izbor adekvatnog materijala elemenata, sredstava za podmazivanje, uslova eksploracije i slično.



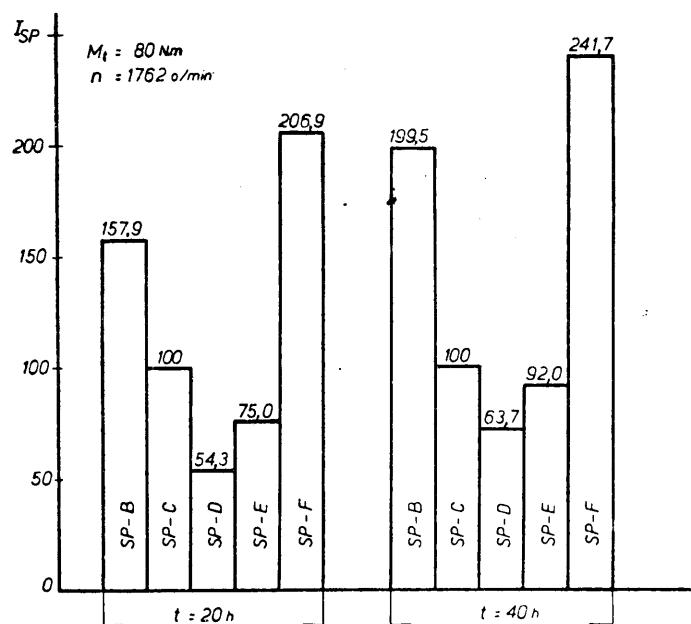
Sl. 7. — Promena radioaktivnosti zupčanika sa vremenom pri primeni različitih tipova sredstava za podmazivanje

ZAKLJUČCI

Rezultati izvedenih eksperimentalnih ispitivanja, prikazani u radu, svedoče o suštinskom uticaju sredstava za podmazivanje na karakter i intenzitet razvoja triboloških procesa na kontaktnim površinama zuba zupčanika. Iste su, pre svega, preliminarnog karaktera i ne pretenduju na formiranje konačnog zaključka o kvalitetu pojedinih tipova sredstava.

Metod kontinualnog praćenja intenziteta razvoja triboloških procesa na kontaktnim površinama zuba zupčanika može se, sa uspehom, primeniti i za definisanje triboloških karakteristika sredstava za podmazivanje. Drugim rečima, prikazani metod je moguće koristiti kako za ocenu kvaliteta sredstava od strane proizvođača, tako i za optimalni izbor sredstva od strane korisnika (potrošača).

Evidentno je, takođe, da usavršavanje postupka ozračivanja i mernog instrumentarijuma (povećanje osetljivosti metode i bezbednosti rada) može dovesti do izgradnje i standardnih uredaja za ocenu kvaliteta i optimalni izbor sredstava za podmazivanje zupčastih prenosnika.



Sl. 8. — Relativni indeks kvaliteta sredstava za podmazivanje zupčastih prenosnika

LITERATURA

- B. WÜRBURGER, »Synthetische Schmierstoffe als Konstruktionselement im Getriebbau«, KONSTRUKTION, № 33, 1981.
- M. LAZIĆ, »Razvoj triboloških procesa na bokovima zuba zupčanika u fukciji opterećenja, brzine i vrste sredstva za podmazivanje definisan radioaktivnom metodom«, GORIVA I MAZIVA, № 3, 1977.
- M. LAZIĆ, Yu. K. NASLEDISHEV, N. T. MINCHENYA, »Wear of the contact surfaces of gear teeth in presence of various lubricants«, 2. nd CONFERENCE ON TRIBOLOGY, Budapest, 1979.
- St. FRONIUS, H. D. BÖHME, »Erwärmung, Schmierung und Verschleiss«, ASUGMITTELARBAITUNG, № 5, 1967.
- W. J. BARTZ, »Verhütung von Schäden an Wälz- und Schraubgetrieben durch zweckmässige Schmierstoffwahl«, MASCHINENSCHADEN, № 5, 1974.

SHP — MIXER

UREĐAJ ZA HLAĐENJE 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 PRIPREMOM SHP POSTIŽE SE:

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

UREĐAJ JE RAZVILA

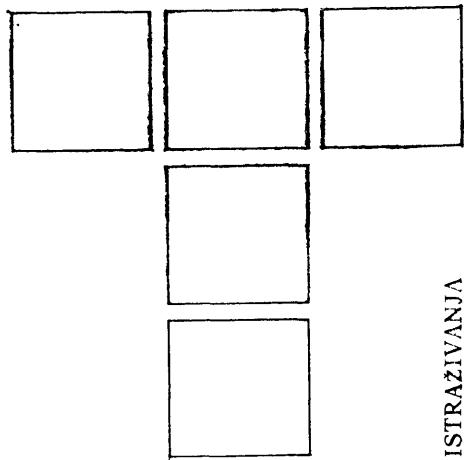
Laboratorijska grupa za obradu metalova i tribologiju Mašinskog fakulteta u Kragujevcu

PROIZVOĐAČ

Zavodi »Crvena zastava« EMAP OOUR »MASINE«

VINKO VOLČANŠEK*

Uticaj termičko hemijske obrade površina alata na trošenje alata za istiskivanje aluminijuma



ISTRAGIVANJA

UVOD

Alati za istiskivanje složenih oblika profila od aluminijskih legura rade na povišenoj temperaturi i bez podmazivanja.

Pri uslovima suvog trenja metala o površine alata vrlo intenzivno se troše površine alata a time se skraćuje eksploracioni vek alata. Takođe se na temperaturi i pritisku istiskivanja aluminijum lepi — svaruje na površinama alata čime se povećava trenje klizanja i oštećuje površina proizvoda.

U cilju smanjenja trošenja površina alata iste pored termičke obrade i otvrđujemo. Otvrđivanjem radnih površina slojnim nanošenjem tvrdih karbida nije našlo širu primenu kod alata za istiskivanje. Danas se najčešće koriste postupci: nitriranja, sulfonitriranja, karbonitritanja i boriranja površina alata.

Najširu primenu imaju postupci karbonitiranja i sulfonitriranja i to u gasu ili sonim kupatilima. Nitrirani alati, radi visoke tvrdoće spoja FeNC, imaju duži eksploracioni vek i poboljšan je stepen klizanja metala duž zidova alata.

POSTUPCI NITRIRANJA ALATA

Za nitriranje alata danas koristimo više postupaka, koji su poznati pod sledećim nazivima: Tenifer, Sulfinuz, Nikotriranje, Jonitrid i drugi.

Svi ovi postupci koriste rastvore cijanidno cijanatne soli sa ili bez dodatka sumpornih komponenti ili kod gasnog nitriranja mešavine gase amonijaka i ugljovodonika sa ili bez dodatka para sumpora. Postupak nitriraju se vrši na temperaturi od 570°C u vremenu od 2 do 6 časova.

Kod legiranih alatnih čelika za rad u toplogom nitriranju sloj se sastoji od vezujućeg spoja FeNC ili FeNCS koja debljina se kreće od 5 do $15 \mu\text{m}$ i difuzioni sloj od FeN koja debljine je do 0,3 mm. Kod gasnog nitriranja vezujući sloj, za iste uslove, je manji nego kod nitriranja u solnim kupkama.

* Podaci o autori dati u časopisu »Tribologija u industriji« br. 2, 1982.

Tvrdoča vezujućeg sloja se kreće od 1200 do 1500 HMV_{20} a difuzionog sloja do 900 HMV_{20} .

Postupak termičke obrade alata za istiskivanje se sastoji od kaljenja sa dva do tri popuštanja. Tvrdoča jezgra alata se kreće u granicama 46 — 50 HRc. Posle poliranja radnih površina alata na kvalitet klase 4 do 5 po JUS-u M.A1.021, alat se proba i po potrebi doradi, ponovo ispolira i odmasti pre nitriranja. Posle nitriranja vrši se skidanje poroznog sloja od 1 — $2 \mu\text{m}$ i merenje tvrdoće površine. Postupak kod ponovnog nitriranja istog alata je isti kao opisan.

Pri ispitivanju korišćeni su alati izrađeni od čelika za topli rad Č 4751 i nitrirani postupkom »Tenifer« u solima TF 1 na temperaturi od 570°C u vremenu od 2 časa.

METODA I USLOVI ISPITIVANJA

Metode ispitivanja trošenja površina alata u proizvodnim uslovima jesu: merenje debljine sloja koji se troši u zavisnosti od količine istisnutog profila, merenje istisnute količine profila do graničnog odstupanja mera profila i merenje porasta debljine proizvoda u zavisnosti od istisnute količine.

Ni jedna od nabrojanih metoda ne daju apsolutne vrednosti koje imaju univerzalnu primenu.

Trošenje nitriranog sloja je različito i zavisi od neista merenja, visine kalibrirajuće površine i veličine lokalne deformacije. Metoda merenja istrošene debljine sloja se koristi pri ispitivanju zavisnosti trošenja po dubini sjeća u zavisnosti od istisnute količine proizvoda.

Metoda merenja istisnute količine proizvoda do granične dozvoljenog odstupanja debljine proizvoda, se najčešće koristi u proizvodnim uslovima i kod alata gde nisu nitrirane površine. Ovaj metod uzima u obzir najnepovoljnije mesto merenja na alatu i za određivanje eksploracionog veka alata je prihvatljiva metoda.

Metoda merenja odstupanja debljine proizvoda nije pouzdana metoda i ako je najjednostavnija. Pošto se tehnološki uslovi u toku rada menjaju a od istih zavisi i dimenzijsko odstupanje proizvoda to nemamo verodostojne podatke proba.

Da li ste obnovili pretplatu za 1983. godinu?

Redakcija časopisa
Tribologija u industriji

Kod ispitivanja iznetog u ovom radu koristili su se metodi merenja istisnute količine profila do granice odstupanja profila i metoda merenja istrošene debljine alata u zavisnosti od istisnute količine.

Za ispitivanje odabran je veći broj različitih oblika alata ali merenja i rezultati su prikazani za jedan oblik profila.

Izbor oblika profila za ispitivanje je imao više razloga. Osnovni razlog je da je ovo profil koji se radi u većim količinama, tako da se vreme proba može završiti u kraćem vremenu. Profil je srednje složene konfiguracije tako da su rezultati ispitivanja bliži prosečnom asortimanu proizvodnog programa. I na kraju za ovaj oblik profila vođeni su podaci o eksploatacionom veku alata bez nitiranja, tako da su uporedni podaci bliži proizvodnim uslovima bez neke posebne pažnje pri eksploataciji alata.

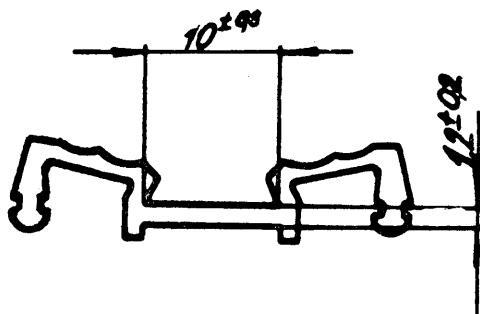
Na slici 1. dat je poprečni presek profila sa merama i dozvoljenim odstupanjima ovih mera a koje su kontrolisane kod proba alata.

Na slici 2. dat je crtež alata sa kojima su vršene probe i naznačene su mere koje su kontrolisane kod proba.

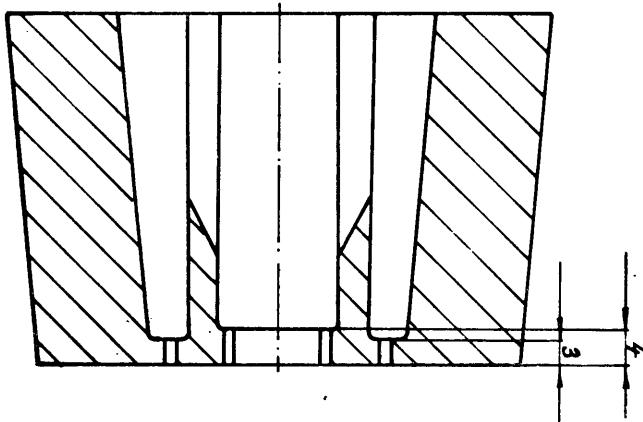
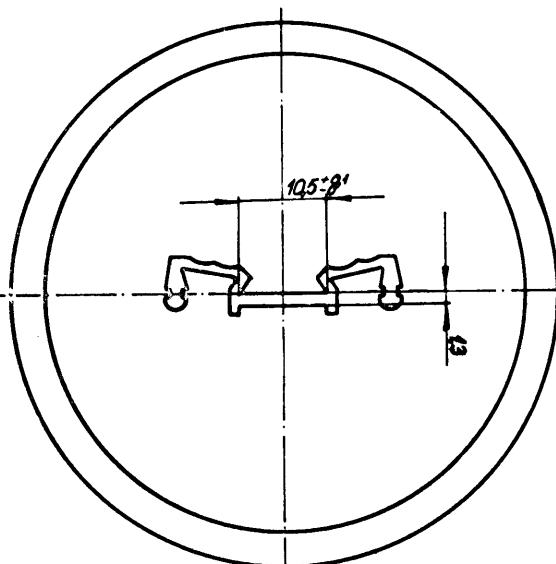
Kod probnih alata najveće troženje je na koti $10,5 \pm 8,1$ mm, slika 2. To je i logično pošto je oštra ivica najopterećeniji deo alata i to kako mehanički tako i toplotno.

Svi probni nenitirani alati, osim onih koji su se slomili ili su u toku proba oštećeni ogrebotinom od nemetalnog uključka, su korišćeni do granične mere na profilu od 10 mm, slika 1.

Svi nitrirani alati su korišćeni do istrošenja na koti $10,5$ m za $0,1$ mm, posle ovog istrošenja su uvršćeni u alate bez nitiranog sloja i eksplorativi su pod uslovima za nenitirane alate.



Slika — 1.



Slika — 2.

Tehnološki uslovi proba alata jesu:

- Alati su eksplorativi na uljno hidrauličnoj preesi sile 8000 kN,
- otvor recipijenta je $\varnothing 130$ mm,
- legura sa kojom su vršene probe je AlMgSi — 0,5 po JUS C. C2. 100,
- dimenzija pripremka je $\varnothing 125 \times 460$ mm,
- temperatura zagrevanja pripremka je 480 °C,
- pres ostatak je 25 mm,

- brzina isticanja profila je 9,45 m/min i
- istiskivano je sa dve žile.

REZULTATI ISPITIVANJA

Uporedno ispitivanje nitriranih i nenitriranih alata je vršeno u redovnoj proizvodnji za period od jedne godine. Rezultati kod nitriranih alata su evidentirani za svaki alat posebno a za nenitrirane alate za celu seriju alata eksploatisanih u periodu ispitivanja.

Probe su vršene sa 10 komada nitriranih alata, od ovih alata tri su odkazala u toku probe i to jedan alat se slomo i na dva su ogrebane radne površine nemetalnim uključcima. U tabeli I dati podaci za svaki alat. Prosečno istisnuta količina profila je 14 585 m. Ovaj prosek je i veći ako bi izuzeli tri oštećena alata.

Svi probni alati su korišćeni dok kota 10,5 mm nije istrošena za 0,1 mm, to jest dok nije skinut sloj od 0,05 mm. Ovi alati se mogu i dalje eksploatisati i to ponovnim nitriranjem kao nitrirani alati ili kao nenitrirani alati, tako da je eksploatacioni vek ovih alata i veći.

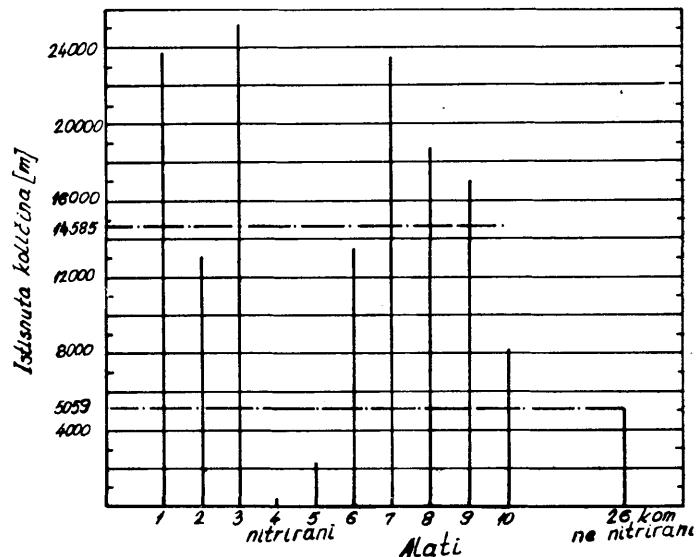
TABELA 1.

Eksploracioni vek nitriranih alata

Broj alata	Istisnuta dužina /m/	Stanje alata pri prekidu korišćenja
1	23850	Istrošen nitrirani sloj
2	12900	Istrošeni nitrirani sloj
3	25350	Istrošeni nitrirani sloj
4	50	Oštećen ogrebotinom
5	2300	Slomljen
6	13850	Istrošen nitrirani sloj
7	23500	Istrošen nitrirani sloj
8	18700	Istrošen nitrirani sloj
9	17100	Istrošen nitrirani sloj
10	8250	Oštećen ogrebotinom
UKUPNO	145850	

Za period ispitivanja korišćeno je 26 komada nenitriranih alata. Sa ovim alatima je istisnuto ukupno 131 540 m profila ili prosečno po alatu 5 059 m. Od ispitivanih alata tri alata su slomljena a kod 14 alata je kota 10,5 mm istrošena na 10,1 mm to jest do granice kada se mogu koristiti. Preostalih 9 alata su posle završene probe bili i daљe ispravni za rad.

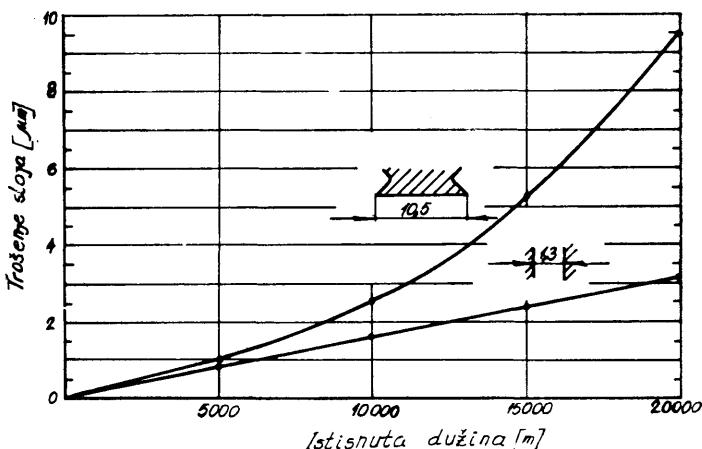
Na slici 3. dat je dijagram eksploracionog veka alata i to nitrianih i nenitrianih.



Slika — 3.

Na nitriranim alatima vršena su merenja trošenja sloja i to na svakih 100 istisnutih pripremaka ili na oko 5 000 m istisnutog profila. Merenja su vršena na dva mesta i to na kotama 1,3 i 10,5 mm.

Prosečno trošenje sloja na kotama 1,3 mm je od 0,6 do 0,8 μm na svakih 5 000 m istisnutog profila. Na koti 10,5 mm je trošenje za prvih 5 000 m istisnutog profila od 1 do 1,5 μm a kasnije je trošenje brže i do 4 μm na 5 000 m istisnutog profila. Ovo nam potvrđuje da je na mestima najveće deformacije to jest najvećeg temperaturnog opterećenja i trošenje alata najveće. Rezultati merenja trošenja nitriranog sloja prikazani su na dijagramu slika 4.



Slika — 4.

Kod proba sa nitriranim alatima nije bio ni jedan slučaj svarivanja aluminijuma na radne površine alata. Kod nenitriranih alata svarivanje aluminijuma se javlja u proseku na svakih 50 komada pripremaka.

ZAKLJUČAK

Na osnovu izvršenih ispitivanja potvrđeni su rezultati ispitivanja drugih autora o znatnom produženju eksp-

loatacionom veku alata za istiskivanje aluminijskih legura sa nitriranim alatima.

Rezultati ispitivanja su pokazala sledeće prednosti korišćenja nitriranih alata u odnosu na nenitrirane alate.

- Vek alata sa jednim nitriranjem produžuje korišćenje alata od 2 do 3 puta.
- Sa većim brojem nitriranja jednog alata vek se može produžiti i do 5 puta.
- Nema veće pojave lomljenja alata.
- Na površinama alata ne dolazi do svarivanja aluminijuma.
- Površine istisnutih proizvoda su sa manjom hrapavošću.
- Troškovi alata po kg proizvoda smanjuju se za 50%.
- Povećan je učinak radi smanjenja zastoja pri zameni alata.
- Smanjeni su otpori isticanja metala a time i mogućnost povećanja brzine isticanja.

Na kraju možemo zaključiti da nitrirani alati za istiskivanje aluminijuma daju višestruke prednosti u odnosu na nenitrirane alate.

LITERATURA

1. S. RAFT, F. KASZES: Erfahrungen mit nitrierten Strangpresmatrizen
Al — Strangpressstagung, 1973, Meisdorf, DDR
2. F. W. EYSELL: Anwendung des Tenifer Verfahrens bei Druckguss, Strangpress und Schmiedewerkzeugen Metallarbeit, 1967/3, Frankfurt
3. 32. HERTEREI — KOLLOQVIUM, 1976, Wiesbaden BR
4. V. VOLČANŠEK: Nitriranje oruđa za prešanje aluminijskih zlitina
Strojniški vestnik, 1975/9—10, Ljubljana

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?

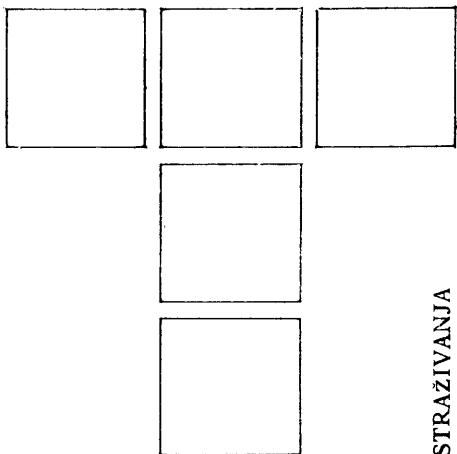
U razvijenim industrijskim zemljama već godinama se ulažu znatna sredstva u tribološka istraživanja i ostvaruju programi primene naučnih saznanja iz ove oblasti za uvećanje produktivno-

sti rada, odnosno uvećanje koeficijenta ekonomičnosti proizvodnje.

Ovi programi nisu stvar samo naučno istraživačkih instituta i industrije, oni uživaju punu podršku i materijalnu pomoć vlada 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?

FARUK PAVLOVIĆ*, EMIR KAZAZIĆ



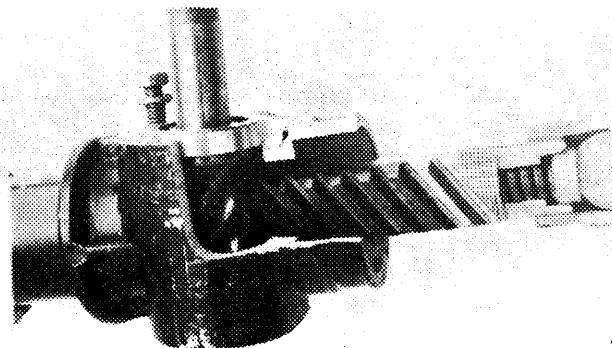
ISTRAŽIVANJA

Istraživanje razvoja zazora na upravljačkom mehanizmu

U V O D

U okviru nastavka istraživanja razvoja triboloških pojava na elementima upravljačkog mehanizma (sl. 1), na Mašinskom fakultetu u Mostaru i laboratoriji SOUR »Sokol« Mostar RO Transmisije OOUR FUSOL u Nevesinju, vršena su istraživanja u dva pravca:

- istraživanja koja su imala zadatku ustanovljenje stvarnih opterećenja koja se javljaju u eksploataciji upravljačkog mehanizma,
- istraživanja razvoja habanja elemenata upravljačkog mehanizma u uslovima promjenjivog opterećenja.



Sl. 1. — Upravljački mehanizam

ISTRAŽIVANJA STVARNIH OPTEREĆENJA KOJA SE JAVLJAJU U EKSPLOATACIJI UPRAVLJAČKOG MEHANIZMA

Istraživanja su vršena na putničkom automobilu Zastava 101. Cilj istraživanja je bio ustanovljenje veličine obrtnog momenta na upravljačkom točku u različitim uslovima upotrebe upravljačkog mehanizma (sl. 2). Rezultati mjerena su dati u tabeli 1.



Sl. 2. — Mjerene momente na upravljačkom točku

TABELA 1.

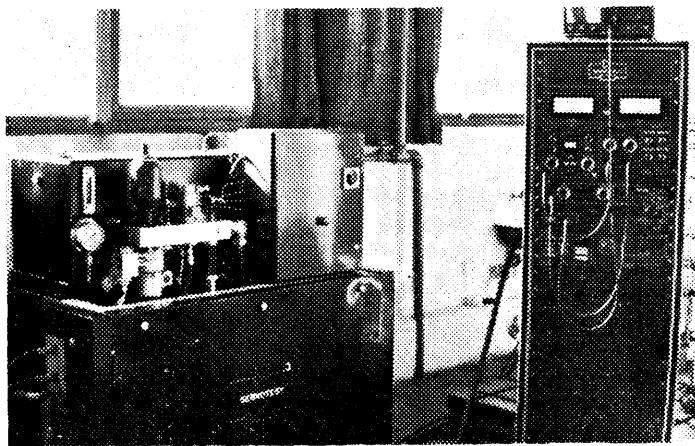
Vrsta putne podloge	Stanje kretanja	Brzina automobila m/s	(km/h)	Prosječna max. vrijednost obrtnog momenta u Nm
Asfaltna	Mirovanje	0		17,5
Makadam	Mirovanje	0		12,5
Asfaltna	Vožnja u pravoj liniji	8,33 11,11 13,88 19,44 22,22 25,0 27,78 33,33	(30) (40) (50) (70) (80) (100) (120)	0,853 2,46 2,84 3,40 2,82 1,7 2,82 2,27
Asfaltna	Vožnja u krivini	8,33 11,11 13,88 16,67 19,44 22,22	(30) (40) (50) (60) (70) (80)	2,43 2,78 2,83 3,48 3,32 3,20
Makadam	Vožnja u krivini	5,55	(20)	2,06
Asfaltna	Kočenje u pravoj liniji	16,67 19,44	(60) (70)	1,13 1,32

* Podaci o autoru dati u časopisu »Tribologija u industriji« br. 2/1979.

PROGRAM I USLOVI LABORATORIJSKIH ISTRAŽIVANJA

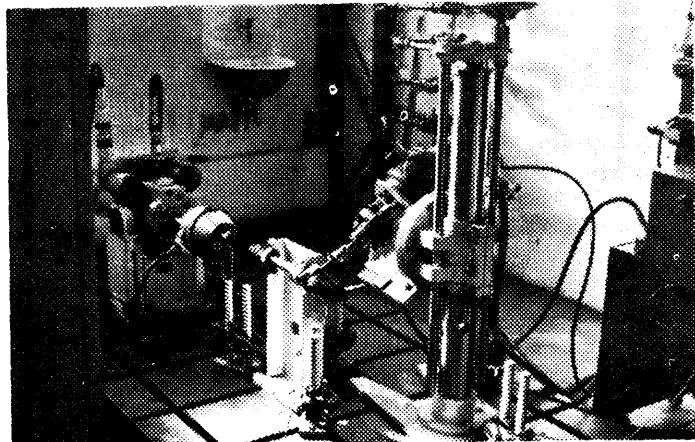
Za simuliranje eksploracionih uslova korišten je »SERVOTEST«, složen elektro-hidraulički uređaj.

Uređaj se sastoji od pokretača, pogona zupčanika i upravljačko-kontrolne jedinice. Uređaj funkcioniše na sljedeći način (sl. 3):



Sl. 3. — Uredaj za simuliranje eksploracionih uslova

Hidromotor daje obrtno kretanje zupčaniku upravljača. To kretanje se prenosi na ozubljenu letvu koja je preko povlakača povezana sa pokretačem (sl. 4). Zadatak pokretača je da simulira otpore koji se javljaju u eksploraciji



Sl. 4. — Uredaj za simuliranje eksploracionih uslova

upravljačkog mehanizma. Sila koju daje pokretač je podešiva, a frekvencija je nezavisna od frekvencije ciklusa kretanja upravljačkog mehanizma.

Maksimalna veličina sile iznosi 2220 N, pri frekvenciji 5,4 — 8 Hz. Oblik opterećenja je podešiv (sinusna, tro-ugiona, odskočna funkcija).

Iako ispitivanja opterećenja ukazuju da maksimalni srednji obrtni momenti na upravljačkom točku iznosi $M_{\text{omax}} = 3,48 \text{ Nm}$, ispitivanja u laboratoriji provedena su pri znatno oštrijim režimima rada.

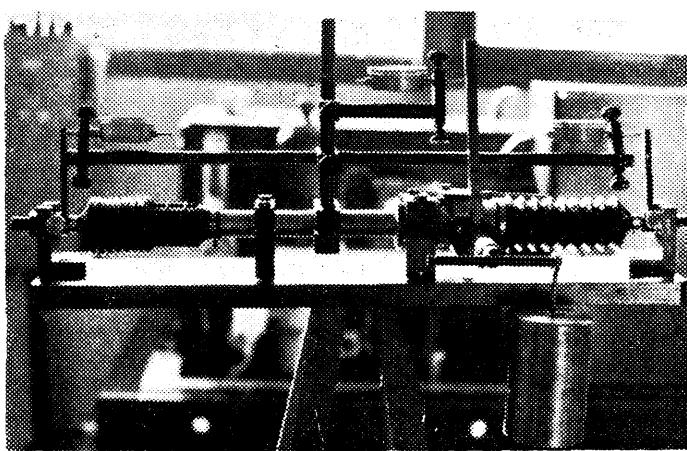
Ispitivanja habanja upravljača izvedena su pri sljedećim uslovima:

- Broj ciklusa* N = 90000.
- Vrijeme trajanja ciklusa t = 2 s.
- Veličina momenta $M_o = \pm 14,2 \text{ Nm}$.
- Vrsta opterećenja: sinusno.
- Frekvencija f = 6,7 Hz.
- Hod 1 = 40 mm.

U toku ispitivanja vršena su mjerena:

- zazor na povlakačima,
- zazora na poluzi zupčanika,
- statičkog momenta otpora kretanja i
- dinamičkog momenta otpora kretanja.

Mjerenja su vršena na 0 i svakih daljih 15 hiliada ciklusa. Zazor na poluzi zupčanika i zazor na povlakaču mjeri se u sklopu priborom prikazanim na slici 5.



Sl. 5. — Pribor za mjerjenje

Postupak pri mjerenu je sljedeći. Upravljač se stegne u pribor za mjerenu, na cijev upravljača postavi se nosač sa komparatorima, vodeći računa da pipak komparatora, koji služi za mjerenu zazora na poluzi zupčanika, zauzme tačan položaj. Nakon toga na dvokraku polugu vezanu za zupčanik upravljača djeluje se tegom od 50 N. Pod dejstvom saopštenog momenta zupčaniku upravljača, dolazi do pomjeranja elemenata upravljača. Kada je teret postavljen svi komparatori se dovode u nulti položaj. Nakon toga teret se prebacuje na drugu stranu dvokrake poiuge. Elementi upravljača zauzimaju novi položaj i vrši se očitavanje zazora. Mjerenja se višestruko ponavljaju, a petom se nalazi srednja vrijednost zazora na poluzi zupčanika, prvom povlakaču i drugom povlakaču.

$$X = C_{sr} + \frac{33,4 (a_{sr} + b_{sr})}{2}$$

* Jedan ciklus predstavlja kotrljanje zupčanika upravljača po zupčastoj letvi iz krajnjeg lijevog u krajnji desni položaj i obratno.

gdje je:

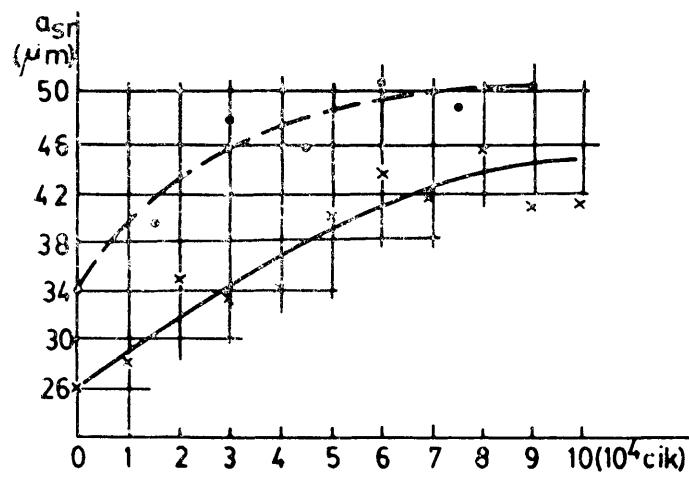
C_{sr} — zazor na poluzi zupčanika,
 a_{sr} — zazor na prvom povlakaču,
 b_{sr} — zazor na drugom povlakaču,
X — zazor na obimu upravljačkog točka.

Pored mjerena zazora mjereni su:

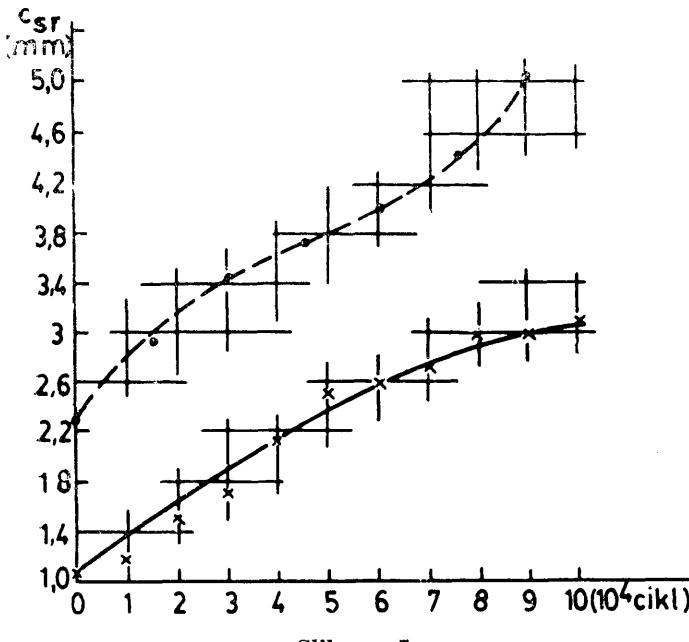
- statički moment otpora kretanja (minimalni moment koji je potrebno saopštiti zupčaniku upravljača da dođe do njegovog pokretanja iz stanja mirovanja),
- kinetičkog momenta otpora kretanja (minimalni moment koji je potrebno saopštiti zupčaniku upravljača pa da elementi upravljača ostanu u stanju jednolikog kretanja),

REZULTATI EKSPERIMENTA

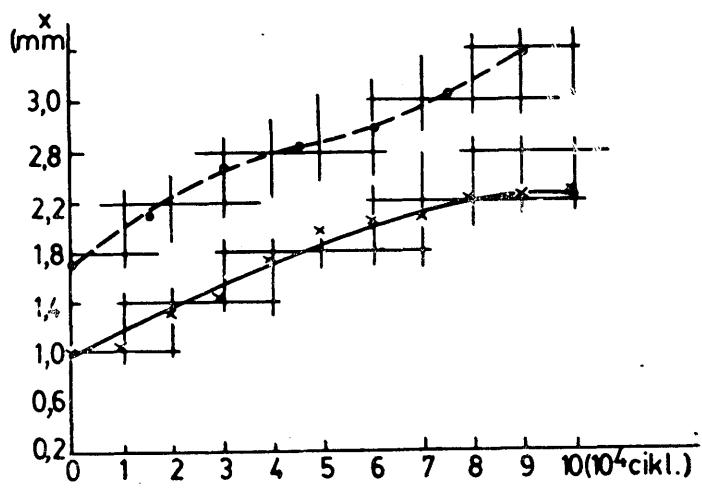
Rezultati mjerena pokazani su na dijagramima (slika 6, 7, 8, 9, 10).



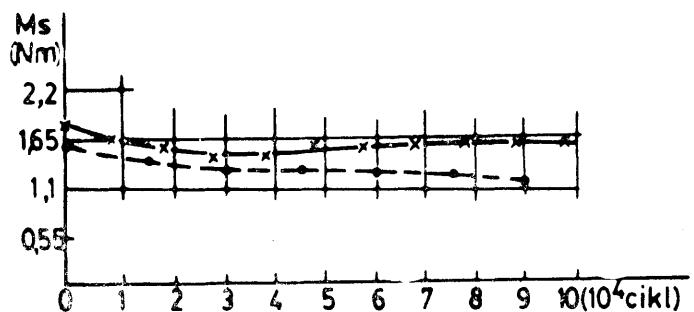
Slika — 6.



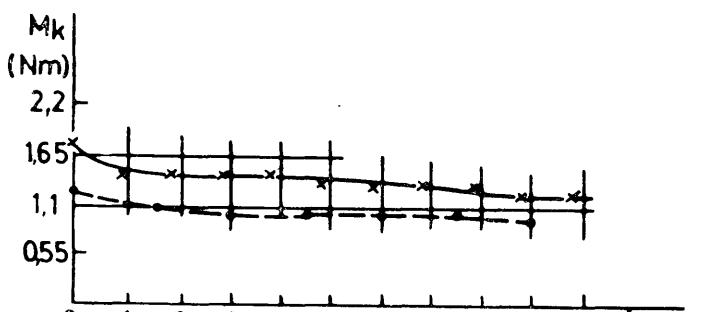
Slika — 7.



Slika — 8.



Slika — 9.



Slika — 10.

ZAKLJUČCI

Rezultati istraživanja dati su uporedno za ispitivanje na REXROTU (vidi Tribologija u industriji br. 2, avgust 1979. god.) i SERVOTESTU.

Upoređujući mjerene veličine može se zaključiti:



Sl. 11. — Izgled površine boka zupčanika

1. Krive porasta zazora na poluzi zupčanika (sl. 7) u početnoj fazi razvoja zazora imaju sličan trend porasta dok u drugoj fazi porast zazora je izraženiji kod ispitivanja na SERVOTESTU.
2. Kriva porasta zazora na povlakaču (sl. 6) u prvoj fazi razvoja zazora, pokazuje pri ispitivanju na SERVOTESTU brži porast, a u drugoj fazi ispitivanja veličine zazora se ujednačavaju.
3. Kao i kod ispitivanja pri konstantnom opterećenju porast zazora na poluzi zupčanika (sl. 7) je znatno brži od porasta zazora na povlakaču (sl. 6) i od većeg je uticaja na formiranje zazora na obimu upravljačkog točka.
4. Statički moment otpora kretanja (sl. 9) i kinetički moment otpora kretanja pri uslovima konstantnog opterećenja i uslovima premjerenjivog opterećenja pokazuju sličan trend.
5. Bokovi zubaca zupčanika (sl. 11) nakon završenog ispitivanja pokazuju vidljivo habanje, posebno u graničnoj zoni u kojoj postoji kontakt između boka zupčanika i zupčaste letve.
6. Obrtni moment na upravljačkom točku, a time i na zupčaniku upravljačkog mehanizma, ovisan je o stanju putne podlage, brzine kretanja automobila i zavoja na putu.
7. Opterećenje upravljačkog mehanizma je izrazito dinamičko, pa pri simuliranju eksploracionih uslova u laboratoriji i pri ispitivanju tri-

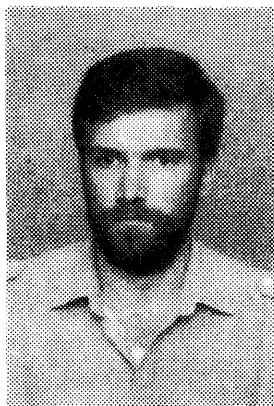
boloških procesa treba obezbjedit takvu vrstu opterećenja.

8. Ispitivanja ukazuju na potrebu prođenja trajanja eksperimenta, čime bi se omogućilo bolje upoznavanje tribomehaničkih procesa na posmatranim tarnim površinama.

LITERATURA

1. J. HALLING: — Principles of Tribology, London, 1976. god.
2. M. VOLJEVICA, F. PAVLOVIĆ: Tribološki procesi na upravljačkom mehanizmu, Tribologija u industriji, 1979.

**Mr EMIR KAZAZIĆ, dipl. ing.
asistent Mašinskog fakulteta u Mostaru**



Rođen 1950. godine. Diplomirao na Mašinskom fakultetu Univerziteta u Sarajevu. Magistarski rad sa temom iz oblasti koncentracije naprezanja odranbio 1979. godine na Fakultetu strojarstva i brodogradnje u Zagrebu. Radi kao asistent Mašinskog fakulteta Univerziteta »Džemal Bijedić« u Mostaru. Bavi se ispitivanjem zupčastih prenosnika i kardanskih vratila.