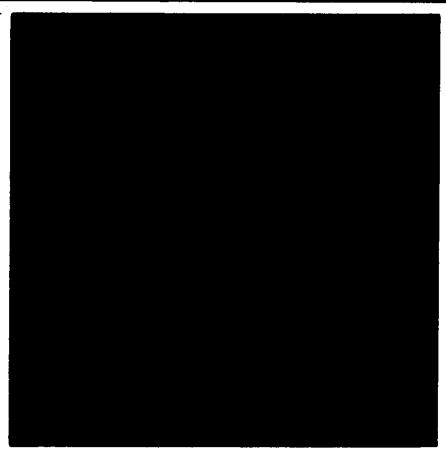
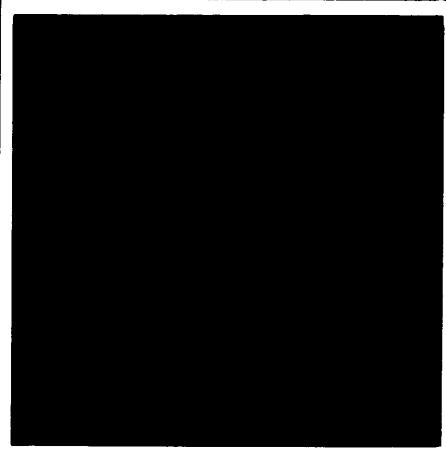
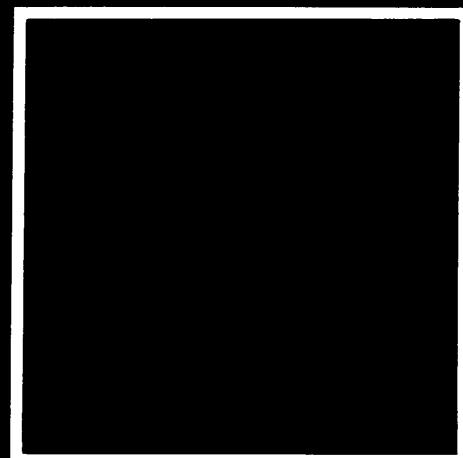
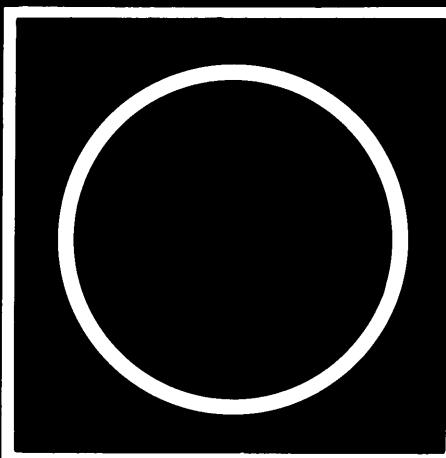
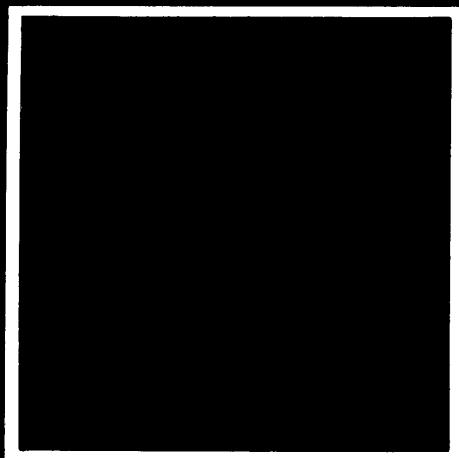


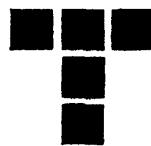
tribologija u industriji

YU ISSN 0351-1642
GODINA V
OKTOBAR '83.

3



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



GODINA V
BROJ 3
OKTOBAR 1983.

tribologija u industriji

sadržaj contents содержание

UVODNIK
INTRODUCTION
ПЕРЕДОВИЦА

ISTRAŽIVANJA
RESEARCH
ИССЛЕДОВАНИЯ

ZA NEPOSREDNU PRAKSU
FOR DIRECT PRACTICE
ДЛЯ НЕПОСРЕДСТВЕННУЮ
ПРАКТИКУ

NOVOSTI
NEWS
ИЗВЕСТИЯ

KNJIGE I ČASOPISI
BOOKS AND JOURNALS
КНИГИ И ЖУРНАЛЫ

NAUČNI SKUPOVI
SCIENTIFIC MEETINGS
НАУЧНЫЕ СОБРАНИЯ

REZIMEA
ABSTRAKS
РЕЗЮМЕ

R. ZGAGA: Tribološki nivo proizvoda — Tribological level og product
— Трибологический уровень изделия — — — — —

67

M. KOKIĆ, D. ĐORĐEVIĆ: Razvoj procesa habanja viljuške menjajuća putničkih vozila u eksploataciji — The development of the wear process on the gear — change forks of passenger cars in service — Развитие процесса износа вилок коробки передач легковых автомобилей в эксплуатации — — — — —

69

I. B. KONOVALOV, N. T. MINČENIA, YU. V. SKORININ: Konstrukcijske metode povećanja tačnosti i veka njenog očuvanja kod vreteništa velike tačnosti — The desing methods for improving the accuracy and accuracy-life of high accuracy spindle systems — Конструктивные методы повышения точности и точностной долговечности прецизионных шпиндельных узлов — — — — —

75

P. IVANOVIĆ, R. PANTIĆ: Matematičko modeliranje hiper prostora obradnog procesa pri obradi metala bušenjem i mogućnost povećanja tehnno-ekonomskih efekata — Mathematical model multi factorial space of machining proces for operation drilling an posibility encrese teh-economical results — Математическое моделирование гипер-пространства првцеса обработки при обработке металла сверлением и возможность пьвышения техно-экономических эффектов — — — — —

79

— — — — —

82

— — — — —

94

— — — — —

88

— — — — —

91

— — — — —

93

Tribološki nivo proizvoda

Cijena koštanja nekog proizvoda sadrži u sebi vrijednost utrošenog materijala i troškove izrade. No, ako bi se pri kreiranju proizvoda vodilo računa samo o ta dva faktora, nekada bi se išlo za tim da te dvije stavke budu minimalne, malo bi bilo izgleda da taj proizvod trajnije uspijeva na tržištu. Bez sumnje, svaki potencijalni korisnik proizvoda, manje ili više, prije donošenja odluke o nabavi uzima u obzir, osim cijene koštanja proizvoda, i niz ostalih utjecajnih faktora. Tu je svakako prisutna još i dobavljaljost proizvoda, njegova izglednost te saznanje o ponašanju proizvoda u eksploataciji, koji faktor je vrlo često neadekvatno valoriziran. Pri tome troškovi odnosno gubici koji nastaju u eksploataciji, neminovni za normalno funkcionisanje proizvoda, često su i višestruko veći od nabavne cijene. Donošenje odluke o izboru proizvoda u štini bi se, dakle, trebalo temeljiti na postupku optimalizacije pri čemu treba obuhvatiti sve utjecajne faktore ili barem one najznačajnije. U primjeni ovako prihvaćenog pristupa za izbor i nabavu proizvoda nailazimo na poteškoće budući da nam je redovito poznata samo nabavna vrijednost, a za ostale utjecajne veličine ili ne postoji mogućnost »dinarskog« iskazivanja, ili pak nismo skloni, barem približno, odrediti veličinu utjecajnih faktora. U ovo posljednje, u prvom redu, treba ubrojati one troškove odnosno gubitke koji neminovno nastaju u eksploataciji.

Apstrahirajući u ovom času tribološke gubitke koji nastaju u fazi izrade proizvoda, ovdje se želi ukazati na mogućnost djelovanja tribologije na razvoj proizvoda u fazi eksploatacije, kreiranjem proizvoda višeg tribološkog nivoa budući da je tribološki nivo je-

dan od kriterija na kojem se temelji optimalni izbor proizvoda. Dakako, njega je potrebno u dinarskom mjerilu i iskazati.

Promatrajući sve pokretne dijelove strojeva, uređaja, aparata i opreme, svjesni smo da pri gibanju uslijed trenja dolazi do gubitka energije. Jedan dio ulazne energije uslijed radnje trenja prelazi nepovratno u toplinu. Izračunato je da sve elektrane u našoj zemlji rade godišnje 53 dana da bi pokrile ove gubitke. Ovom iznosu treba još dodati one gubitke energije, mimo električne energije, dakle za one slučajevi gdje, na primjer, direktno tekuge energente pretvaramo u mehanički rad. Svi ti gubici energije ovako zatrtani predstavljaju sumu gubitaka svih, pa i najmanjih proizvoda u eksploataciji, u kojima se bilo koji oblik energije pretvara u mehanički rad. Koliki će gubitak energije stvarati pojedini proizvod u eksploataciji ovisi o tribološkom nivou tog proizvoda, pa će prema tome djelovati i na konkurentnost proizvoda na tržištu.

Želimo li ovaj dio tribološkog nivoa proizvoda i kvantitativno iskazati, nužno je krenuti od mehaničkog stupnja djelovanja kao omjera iskorištene energije i ukupno dovedene energije u nekom dinamičkom sistemu. Poznato je da, ovisno o sistemu, ovaj se iznos može kretati u vrlo širokim granicama. Pri tome treba odmah naglasiti, da ovako utvrđeni gubici nisu samo tribološkog porijekla. Osim radnje trenja, neminovno su uvijek prisutni i gubici nepovratno utrošene radnje za elastične deformacije dinamičkih sistema. Struktura gubitaka određenih mehaničkim stupnjem djelovanja, s obzirom na porijeklo, nije dovoljno istražena te nam za sada preostaje samo da od slučaja do slučaja procijenimo

koliki je udio gubitaka tribološkog porijekla. U svakom slučaju, ovi gubici su sastavni dio tribološkog nivoa proizvoda. Na njih se može utjecati dakle smanjiti, te na taj način potencijalnom korisniku proizvoda ukazati na tu prednost manjih gubitaka energije u eksploataciji.

Drugi dio tribološkog nivoa proizvoda definiran je vijekom trajanja koji je određen mehanizmom tribološkog dotrajanja. Podatak o tom faktoru, značajnom za donošenje odluke o nabavi proizvoda, ako je i prisutan, najčešće je sazdan na subjektivnim pa i pristranim procjenama.

Objektiviziranje ovih troškova nameće se kao nužnost i za proizvođača i za korisnika, želimo li opstati u sve težim uvjetima na relaciji proizvodnja — plasman. Ostvarivanje dobiti kroz velike troškove proizvoda u eksploataciji na teret korisnika proizvoda, taktika je koja se danas i u svijetu pokazala kao štetna.

Analiza troškova odnosno gubitaka tribološkog porijekla u fazi eksploatacije proizvoda treba dati povratnu informaciju za kreiranje odnosno reviziju proizvoda. Samim tim, neophodno je da analiza obuhvati sve direktne ali i indirektne troškove tribološkog porijekla analiziranog tribosistema u eksploataciji. Podloge za analizu direktnih troškova nalazimo u službi održavanja, raščlanjene na materijalne troškove koji obuhvaćaju potrošne materijale, materijale vlastite prerade te gotove rezervne dijelove (domaće i uvozne) i na troškove rada u okviru svih aktivnosti unutar održavanja. Pri tome poželjno bi bilo analizirati i nabavljaljost materijala i dijelova kao i troškove nabave, koji pojam i iznos imaju danas posebno značenje.

Indirektni troškovi tribološkog porijekla kao takovi redovito nisu evidentirani. Radi se o gubicima prouzrokovanim zastojima tribološkog porijekla. Obradivanjem i ovih gubitaka dobijamo tek podatak o veličini ukupnih troškova triboloških gubitaka u eksploataciji proizvoda. Opravданost analize i ovih gubitaka proizlazi iz konstatacije da je u nekoliko do sada analiziranih slučajeva pokazano da su indirektni gubici istog reda veličine kao i direktni troškovi registrirani u održavanju.

Dio tribološkog nivoa proizvoda, koji proizlazi iz vijeka trajanja, definiran je nizom utjecajnih faktora. U suštini, i ovo je problem optimizacije u kojem je cilj odrediti optimalni vijek

trajanja proizvoda na temelju troškova održavanja, kako direktnih tako i indirektnih, uz postavljene zahtjeve i u pogledu pouzdanosti.

Konačno, ako bi ovo što je rečeno u pogledu triboloških zbivanja u fazi eksploatacije proizvoda trebalo i konkretnije definisati, mogli bismo to simbolizirati slijedećim izrazom:

Tribološki nivo proizvoda treba biti, u prvom redu, prihvaćen kao pojam. Treba se za njega opredijeliti i, kao prvo, ugraditi ga u cjeloviti sistem kreiranja proizvodnje i korištenja materijalnih dobara. U tom cilju nužna je kvalitativna i kvantitativna razrada pojma u svim elementima kao i povezivanje u cjeloviti algoritam. Ko-

liki je tribološki nivo proizvoda, određeno je konstrukcijom, često bez dovoljno raspoloživih podataka o tribološkom ponašanju proizvoda u eksploataciji. Nužno je, dakle, osigurati dotok ovih povratnih informacija kako bi se u začetku proizvoda osigurao i odgovarajući tribološki nivo.

Povjerenje korisnika kao i sveukupni ekonomski efekti koji proizlaze iz ovakvog pristupa ne mogu izostati. Staviše, uzdizanje proizvodnje dobara na ovakav, viši način djelovanja, nužnost je našeg razvoja, bez čega bi bilo teško zamisliti opstanak u sve konfliktnijim odnosima proizvodnje i razmijene dobara.

$$\text{Tribološki nivo proizvoda} = \frac{1}{\text{gubitak energije uslijed trenja}} + \frac{1}{\text{direktni i indirektni troškovi dotrajanja}}$$

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?

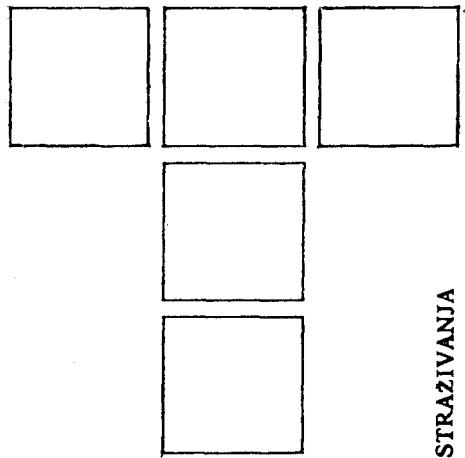
U razvijenim industrijskim zemljama već godinama se ulažu znatna sredstva u tribološka istraživanja i ostvaruju programi primene naučnih saznanja iz ove oblasti za uvećanje produktivno-

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?

M. KOKIĆ*, D. ĐORĐEVIĆ



Razvoj procesa habanja viljuški menjača putničkih vozila u eksploataciji

ISTRAGIVANJA

UVOD

Već duže vremena svet je suočen sa činjenicom da rezerve sirovina i energije nisu beskonačne. Iz tih razloga sa manje ili više uspeha pristupa se racionizaciji eksploatacije istih. Za automobil kao masovni proizvod koristi se velika količina različitih materijala uz utrošak znatne količine raznih vrsta energija. Obaveza proizvođača je da deluje u više pravaca pri gradnji automobila. Sa jedne strane, treba ići na supstituciju materijala čije su rezerve najmanje sa drugim materijalima koji će uz određena oplemenjivanja zadovoljiti stroge zahteve eksploatacije, a sa druge strane raditi na produženju životnog veka automobila i njegovih elemenata, što je značajno kako za proizvođače i prateću industriju tako i za korisnike.

Prema nekim istraživanjima stranih autora proizlazi da bi za povećanje veka eksploatacije automobila sa sadašnjih 10 godina na 20 godina, bilo potrebno povećanje ulaganja od oko 30% pri proizvodnji vozila.

Poznato je da dužina veka eksploatacije automooila umnogome zavisi od relacije koje vladaju u sistemu koji čine vozilo — vozač — okolina. Otkaz na vozilu najčešće nastaje kao posledica istrošenja (habanja) vitalnih elemenata, zatim korozije i na kraju usled loma (havarije).

Habanje elemenata kod kojih se javlja relativno kretanje nastaje usled prisustva u razvoju triboloških procesa u zoni kontakta. Intenzitet razvoja triboloških procesa zavisi od više grupa faktora koje treba proučavati i upoznati njihovo pojedinačno i zajedničko dejstvo na razvoj procesa habanja. Ovo omogućava nalaženje načina kako ove procese treba usporiti (jer ih je teško eliminisati), što produžava vek elemenata tribomehaničkog sistema i njegovu ukupnu pouzdanost, odnosno duži rad bez otkaza.

Logično je da je veoma teško obezbediti isti vek svih elemenata jednog vozila, što i nije cilj, jer su pored ostalog različiti i uslovi pod kojima funkcionišu. Uobičajeno je da se jedan broj elemenata koji se intenzivno habaju zamenuju više puta u toku veka vozila, kao na primer neki elementi sistema za kočenje. Izgradnja ovih elemenata i ugradnja novih (rezervnih delova) je pojednostavljena konstruktivnim rešenjima. Međutim, za korisnika (vlasnika) vozila posebne teškoće nastaju u slučaju otkaza elemenata unu-

tar zatvorenog sklopa kakav je na primer motor ili menjač jer troškovi demontaže i montaže sklopa često višestruko prevazilaze vrednost zamenjenog dela o čemu proizvođač vozila mora da vodi računa.

Problematika razvoja procesa habanja elemenata menjača kao »zatvorenog« sistema daće se na primeru izabranih elemenata tribomehaničkog sistema, gde pokretni element predstavlja klizni naglavak (»kandža«) za uključivanje stepena prenosa (element 1) a nepokretni element predstavlja viljuška komande za promenu stepena prenosa (element 2) menjača vozila Z. 101, dok treći element tribomehaničkog sistema čini ulje, odnosno uljna magla.

Ilustracije radi, otkaz (po pravilu usled pohabanosti) bilo kod od ova dva elementa u menjaču prouzrokuje (prema normativima ovlašćenih servisa) intervenciju u trajanju od 8,7 h efektivnog rada vezanu za skidanje, demontažu, zamenu elemenata, montažu i nameštanje menjača u vozilo. Pri tome vlasnik ostaje bez vozila najmanje jedan dan uz ukupne troškove oko 2775,00 din., što dovoljno govori o potrebi i značaju usporedba razvoja triboloških procesa na kontaktним površinama elemenata.

KARAKTERISTIKE ELEMENATA TRIBO-MEHANIČKOG SISTEMA I USLOVI RADA U EKSPLOATACIJI

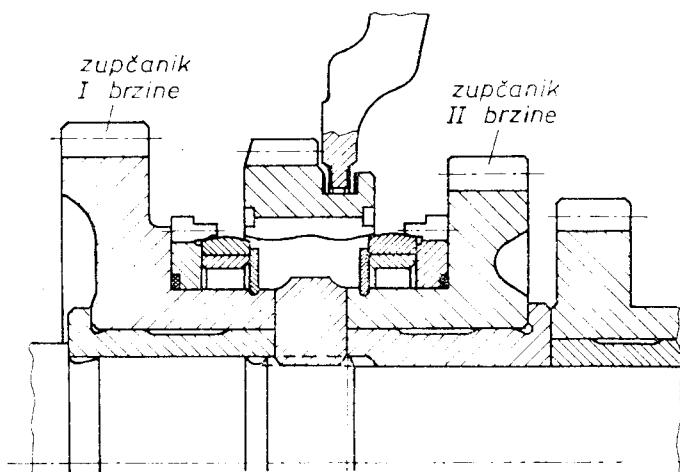
Okretne elemente tribomehaničkog sistema elemenata za promenu stepena prenosa u menjaču vozila Z. 101 (važi i za JUGO 45 i Z. 128) čine dva klizna zupčasta naglavka za I i II, odnosno za III i IV stepen prenosa i zupčanik hoda unazad. Ovi elementi su izrađeni od legiranog molibden-hrom čelika za cementaciju Č. 7422 sa dubinom otvrdnutog sloja posle brušenja iznad 0,3 mm i tvrdoćom većom od 58 HRc. Površine naglavaka koje su u kontaktu sa viljuškama su brušene u kvalitetu N6 ($R_a \leq 0,8$), a kod zupčanika hoda unazad su fino strugane u kvalitetu N8 ($R_a \leq 3$). Klizne spojke su fosfatisirane u cilju obezbeđenja kliznih svojstava na površinama kontakta, pa su ovi elementi visokog kvaliteta sa tribološkog aspekta.

Viljuške komande za promenu stepena prenosa u menjaču su izrađene od crnog temper liva CTel 45. Oplemenjivanje kontaktnih površina viljuške za izbor hoda unazad koje su prethodno fino strugane izvršeno je induksionim otvrdnjavanjem na dubini do 2 mm sa tvrdoćom iznad 52 HRc. Imajući u vidu broj uključivanja hoda unazad u to-

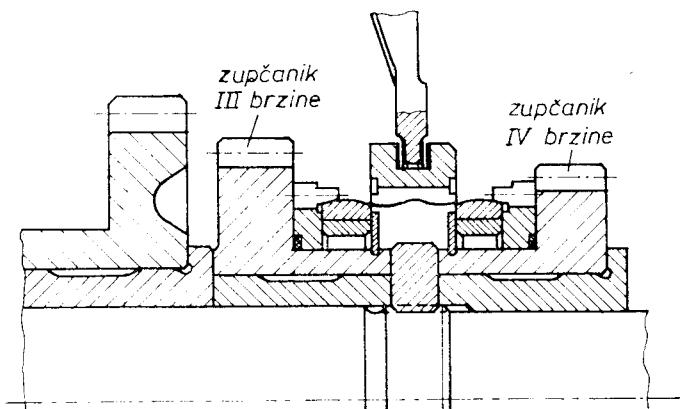
* Mr Miljko Kokić, dipl. inž. Podaci o autoru su dati u časopisu »Tribologija u industriji« br. 3, 1980. god.

ku veka eksploracije vozila, pri čemu vozilo polazi iz stanja mirovanja, ovaj postupak je dovoljan za obezbeđenje dugog veka para elemenata za hod unazad. Znatno je složenija situacija kod viljuški za promenu u I i II, odnosno u III i IV stepen prenosa (brzinu), jer je znatno veći broj uključivanja a brzine su sinhronizovane, pa je iz tog razloga izabrano da se na njima izvrši praćenje razvoja procesa habanja na kontaktnim površinama.

Na slici br. 1 i br. 2 delimično su prikazani elementi za uključivanje i sinhronizaciju I i II, odnosno III i IV stepena prenosa, a na slici br. 3 su prikazani izabrani parovi elemenata tribomehaničkog sistema. Uzdužni hod viljuški, a time i kliznih spojki, iznosi 11 mm levo i desno od neutralnog položaja.

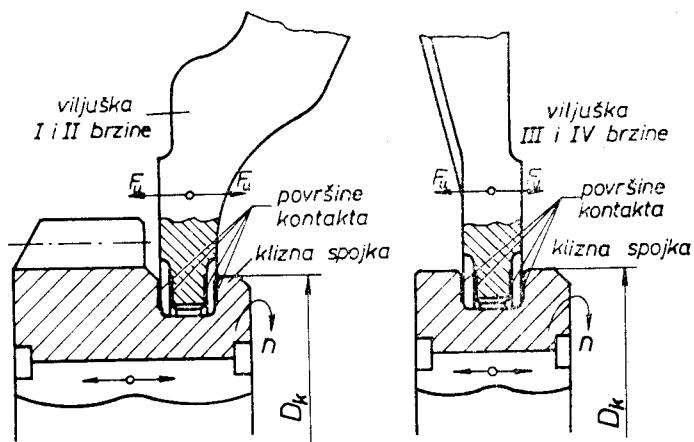


Sl. 1. — Elementi za sinhronizaciju i uključivanje I i II stepena prenosa (sistem »PORSCHE«)



Sl. 2. — Elementi za sinhronizaciju i uključivanje III i IV stepena prenosa (sistem »PORSCHE«)

Kontaktne površine viljuški su u cilju smanjenja trenja klizanja i povećanja otpornosti na habanje prevučene slojem aluminijumske bronze CuAl 9 koja je naneta posredstvom metalizacije. Ovaj sloj pored navedenih osobina ima i zadatku da smanji nivo buke u menjaju. Kao vezivni sloj između ovog kliznog sloja koji je u direktnom kontaktu sa



Sl. 3. — Tribomehanički par elemenata za I-II i III-IV stepen prenosa

spojskom i osnovnog materijala viljuški, koristi se legura sa 80% Ni i 20% Alg, ili u drugoj varijanti molibden (99% Mo). Nanošenje navedenih slojeva vrši se na prethodno pripremljenu površinu (odmaščenu i opeskarenu) putem specijalnih pištolja prskanjem. Materijali za nanošenje u obliku žice na izlazu iz pištolja se tope u plamenu smeše acetilena i kiseonika i strujom vazduha pod pritiskom nabacuju na kontaktne površine viljuški (dvoslojno na oba kraka sa jedne i druge strane). Ukupna debljina nanetih slojeva iznosi 0,1 do 0,2 mm.

Postupak metalizacije kontaktnih površina viljuški menjača je vrlo skup, a razlog su visoki troškovi materijala za vezivni sloj koji se pored toga dosta i rasipa, jer je površina krakova za metalizaciju znatno manja od širine mlaza. Ovaj materijal u obliku žice prečnika 3,175 mm nabavlja se iz uvoza, dok se žica za klizni sloj (CuAl 9) nabavlja u zemlji. Troškovi materijala vezivnog sloja od legure sa 80% Ni i 20% Al iznose 63 din. po jednoj viljušci, odnosno 126 din. po menjaju (vozilu) za cene sredinom 1983. god. i oko 50 puta su viši od troškova materijala kliznog sloja (CuAl 9), a gotovo dva puta viši od cene odlivka viljuške.

Kada se za vezivni sloj koristi žica od molibdena (Mo) troškovi su dosta niži i iznose 28,5 din. po jednoj viljušci (57 din. po menjaju), ali su opet 23 puta viši od troškova materijala kliznog sloja od CuAl 9. Ovo jasno upućuje na pravac daljeg delovanja, a to je obezbeđenje i osvajanje domaće jeftinije žice za vezivni sloj uz zadržavanje kvaliteta ukupne prevlake kako bi se očuvale visoke tribološke osobine viljuški. Naime, prema podacima iz eksploracije u garantnom i vangarantnom roku vozila Z. 101 proizlazi da je vek metaliziranih viljuški ravan veku klizne spojke, što ovom postupku daje prednost u odnosu na viljuške otvrdnutih površina, kakve su na primer viljuške vozila Z. 750 izrađene od otkovka (Č. 1531).

Uslovi u kojima rade izabrani elementi tribomehaničkog sistema sa Sl. 3 su dosta oštiri. Prema tehničkim podacima, prosečan broj uključivanja u I i II stepen prenosa iznosi po 30.000 puta, a u III i IV stepen prenosa po 100.000 puta za eksploracioni vek vozila od 100.000 km predenog puta (oko 10 godina), mada su pojedinačna odstupanja od ovoga broja znatna i u zavisnosti su od uslova vožnje (okoline) i individualnih osobina samog vozača.

Sila uključivanja (F_u) kojom viljuška deluje na kliznu spojku (normalna sila) u proseku iznosi 40 do 70 daN, a specifični pritisak 12 do 21 daN/cm². Brzina relativnog kretanja na kontaktnim površinama (V_k) kliznih spojki pri kraju ciklusa uključivanja koji ukupno traje iz stepena u stepen prosečno 0,3 sec., a sam kontakt pod opterećenjem oko 1,0 sec., može se izračunati po obrascu:

$$V_k = \frac{D_k \pi n_m}{1000 i} \left[\frac{\text{m}}{\text{min}} \right] \text{ gde je:} \quad (1)$$

D_k [mm] — spoljni prečnik dodirne površine spojke,
 n_m [ob/min] — broj obrtaja motora,
 i [/] — prenosni odnos zavisno od stepena prenosa (i_1 do i_{IV})

Zavisno od stepena prenosa i broja obrtaja motora menja se i brzina relativnog kretanja klizne spojke. Za broj obrtaja motora $n_m = 4000$ ob/min, brzine relativnog kretanja spojki iznose u I stepenu prenosa 340 m/min, a u IV stepenu prenosa oko 1000 m/min.

Ako se za normalni slučaj uključivanja uzme da kontakt kliznih površina pod opterećenjem traje 0,1 sec. a imajući u vidu prosečan broj uključivanja u toku eksploatacije, proizilazi da bi odgovarajuće vreme neprekidnog kontakta iznosilo u proseku od 1 h do 3 h zavisno od broja uključivanja (stepena prenosa).

Ulje za menjac kao treći element tribomehaničkog sistema je izabранo prema zahtevima koji se postavljaju pred zupčanike i ležajeve, gde je pretežno trenje kotrljanja a u slučaju posmatranog para spojka — viljuška prisutno je klizanje na kontaktnim površinama.

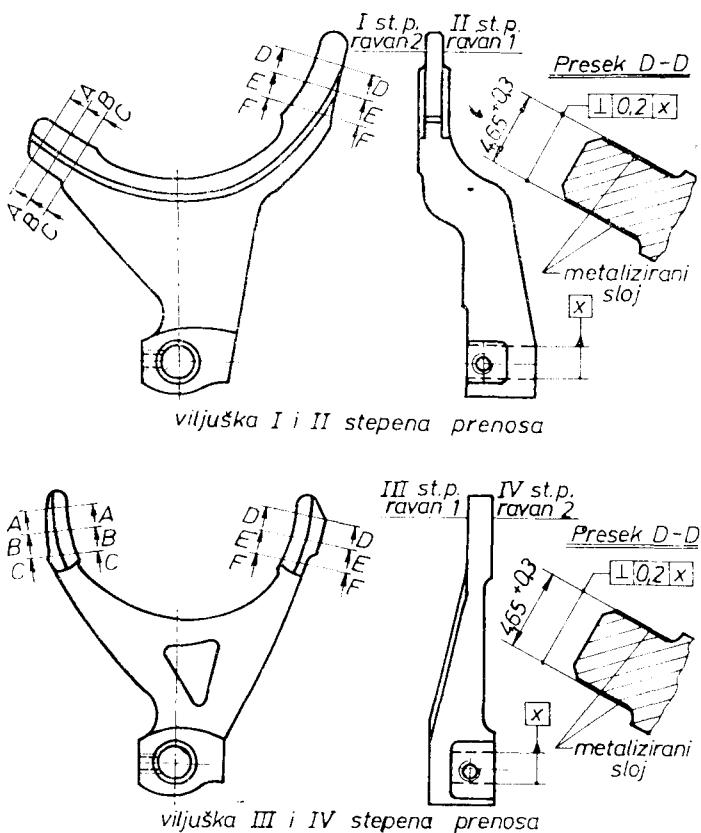
Temperatura ulja u menjacu kreće se od 40 do 90°C (nominalno 70°C). Jedno od preporučenih ulja za menjac je ulje MENOL CZ-80W/90 čiji je proizvođač »Rafinerija nafte« Beograd. Izmirena kinematička viskoznost pri 100°C iznosi 17,04 mm²/s (cSt), a dinamička pri — 26°C iznosi 60.000 cP, uz indeks viskoziteta od 120. Temperatura paljenja ispitivanog ulja iznosi je 239°C a temperatura stinjavanja bila je ispod — 20°C. Pri ispitivanju »kapaciteta« podnešenja opterećenja izmereno je da opterećenje svarivanja iznosi 200 daN.

Pokretni i nepokretni element tribomehaničkog sistema (spojska — viljuška) su neprekidno i obilato zauljeni što povoljno utiče na smanjenje trenja i usporavanje razvoja triboloških procesa na kontaktnim površinama.

REZULTATI ISPITIVANJA PROCESA HABANJA VILJUŠKI MENJAČA

Praćenje razvoja procesa habanja na kontaktnim površinama izabranih tribomehaničkih sistema vršeno je u uslovima koji su vrlo bliski realnim uslovima eksploracije. Naime, u OOOUR-a »Mehanička obrada« RO FAZ u ZCZ postoji više uređaja za probu montiranih menjaca. Pored ostalog na uređajima se vrši 100% proba funkcionalnosti sistema za promenu stepena prenosa, pa je jedan od uređaja izdvojen i na njemu je vršeno neprekidno uključivanje svih stepena prenosa naizmenično po 5000 puta. Uredaj ima mogućnost za kontinualnu promenu broja obrta pogonskih vratila do 4500 ob/min, a ispitivanje je vršeno

sa 3800 ob/min koji je blizak prosečno korišćenom broju obrta motora. Pri probi u menjacu je bila propisana količina odgovarajućeg ulja. Pre montaže u menjac viljuške komandi su prigodno označene i izvršeno je snimanje oblika — makrogeometrije metaliziranih površina u naznačenim pravcima kako je to prikazano na sl. 4. Za svaki krok viljuške izabrana su po 3 pravca sa obe strane, pa je habanje kontaktnе površine sa jedne strane viljuške praćeno na 6 mernih mesta (za 1 stepen prenosa) i isto toliko za suprotnu stranu. Površine u naznačenim pravcima (12 mernih mesta po jednoj viljušci) su snimljene na uređaju (konturografu) tipa »Mahr Perthen« pre početka ispitivanja (habanja) i kasnije posle svakih 5.000 uključivanja. Razlika nivoa ravni koja nije u kontaktu i pohabane ravni predstavlja dubinu pohabanog sloja.



Sl. 4. — Izgled kontaktnih površina viljuški i mernih mesta

Izgled zapisa jedne ravni pre početka ispitivanja i posle 25.000 uključivanja primera radi prikazan je na sl. 5, pri čemu je uređaj podešen da zapis uveliča 50 puta po dubini i 20 puta duž mernog pravca.

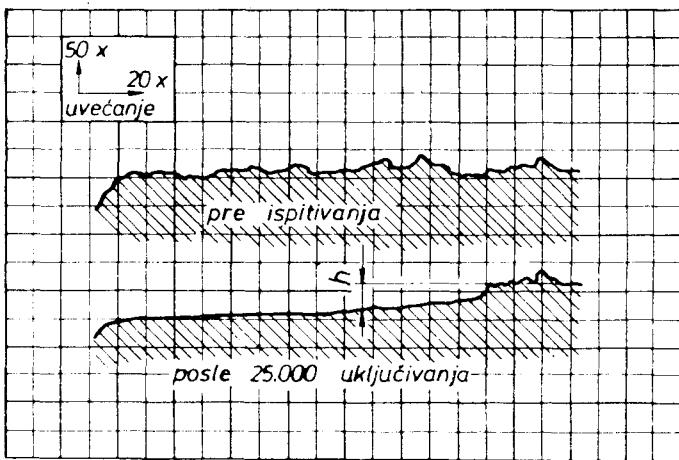
Ako niste nabavili

SHP — MIXER

obratite se

Zavo ima „Crvena zastava“
 OOOUR „MAŠINE“

Kragujevac, Ul. Španskih boraca br. 2

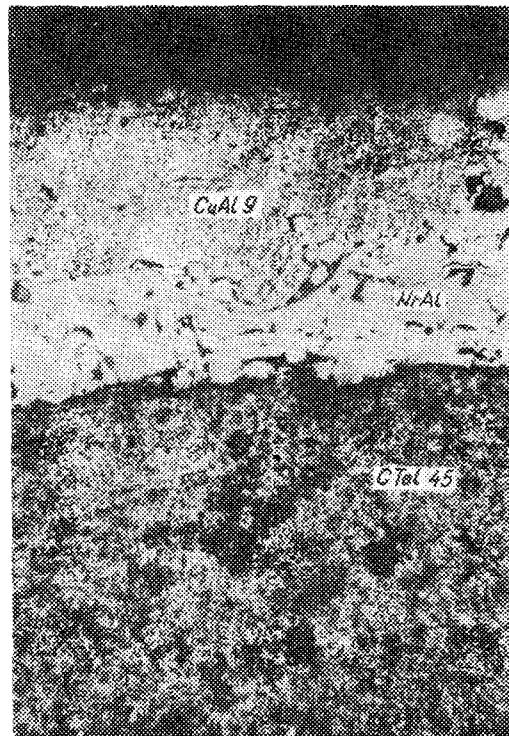


Sl. 5. — Izgled kontaktne površine viljuške za izbor III i IV stepena prenosa u preseku E-E ravni 1

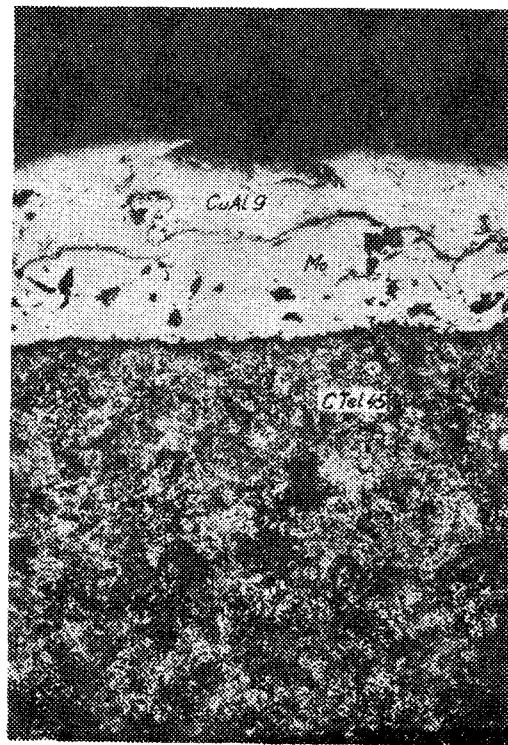
Uzorci viljuški za ispitivanje su pripremljeni u normalnim radioničkim uslovima, s tim što je pri metalizaciji vršena varijacija materijala vezivnog sloja korišćenjem legure 80% Ni i 20% Al i u drugom slučaju molibdена (Mo). Debljina vezivnog sloja od legure Ni—Al iznosila je od $0,073 \pm 0,207$ mm, a tvrdoča 35 — 44 HRc. Debljina izvedenog vezivnog sloja od molibdена je iznosila od $0,037 \pm 0,073$ mm, a tvrdoča 59 HRc. U obe varijante nanet je klizni sloj od aluminijumske bronze CuAl 9 debljine od $0,061 \pm 0,122$ mm i tvrdoče 146 do 174 HB. Debljine nanetih slojeva su izmerene metalografskim postupkom, a tvrdoča slojeva s obzirom na male dubine izmerena je na uređaju »Knoop«. Struktura osnovnog materijala viljuške (CTel 45) sa vezivnim slojem od Ni—Al i kliznog sloja od CuAl 9 prikazana je na slici br. 6, a sa vezivnim slojem od molibdена na slici br. 7. Za ocenu kvaliteta nanetih slojeva postupkom metalizacije bilo je poželjno utvrditi još i otpornost na smicanje, kako između osnovnog materijala i vezivnog sloja tako i između vezivnog i kliznog sloja, s obzirom na prisutna naprezanja ove vrste u eksploraciji viljuški. Ova karakteristika vezivnog sloja nije merena zbog nedostatka pogodne metode. Međutim, u toku ispitivanja viljuški kako na probnom stolu, tako i na putnim ispitivanjima u vozilu nije primećeno značajnije smicanje (lijuspanje) nanetih slojeva, na osnovu čega se može zaključiti da su oba korišćena materijala za vezivni sloj zadovoljavajuća sa ovog aspekta.

Na osnovu dobijenih rezultata praćenja habanja kliznog sloja viljuški h (mm) u zavisnosti od broja uključivanja, moguće je formirati krive habanja za svako merno mesto, kao i prosečne vrednosti habanja za površine pojedinih krakova i konačno za kompletну viljušku. Dobijeni rezultati pokazuju da ima izvesnog rasipanja izmerene dubine pohabanog sloja (h) zavisno od položaja mernog mesta na samoj viljušći menjачa (A_1 do F_2). Na neujednačeno habanje pojedinih zona viljuški najveći uticaj imaju geometrijska odstupanja same viljuške i drugih elemenata za uključivanje stepena prenosa. Ilustracije radi, na slici br. 8 prikazan je izgled krivih habanja kontaktnih površina viljuške menjacha za izbor u I i II stepen prenosa, gde je

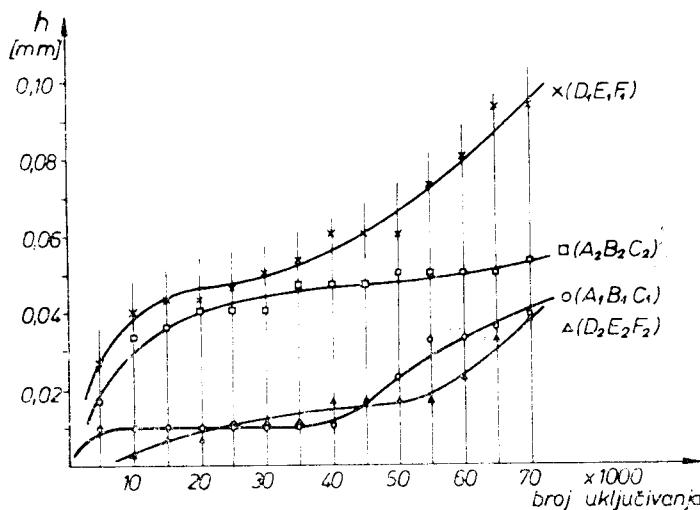
izvršeno 14 merenja (zapisa) za svako od 12 mernih mesta, a svako merenje je izvršeno posle novih 5.000 uključivanja što znači da je praćenje završeno posle 70.000 uključivanja u I i isto toliko u II stepen prenosa.



Sl. 6. — Izgled strukture materijala viljuške sa vezivnim slojem od Ni-Al (uvećanje 150 x)

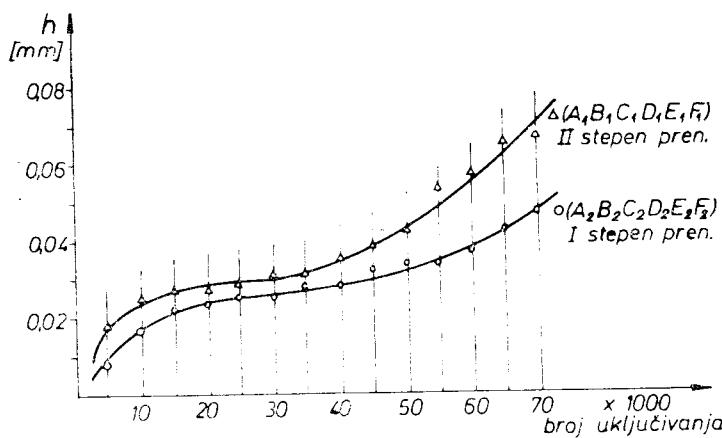


Sl. 7. — Izgled strukture materijala viljuške sa vezivnim slojem od Mo (uvećanje 150 x)



Sl. 8. — Krive habanja pojedinačnih kontaktnih površina viljuške za izbor u I i II stepenu prenosa

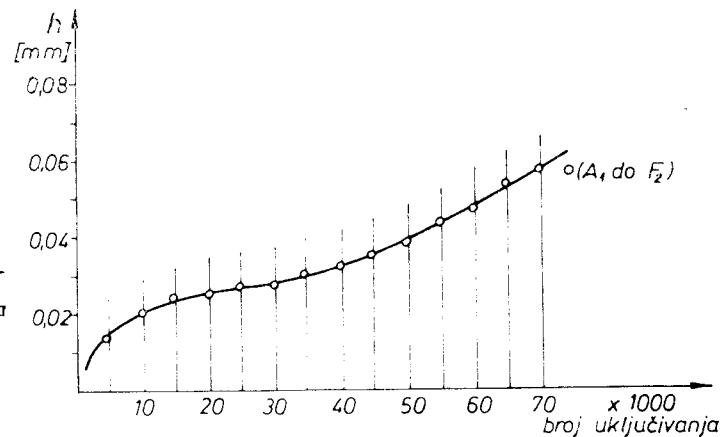
Kao što se na slici br. 8 vidi, položaj krivih habanja svake od 4 pojedinačne površine viljuške se ne poklapaju, a ne poklapaju se ni krive habanja za jednu stranu viljuške sa krivom habanja za drugu stranu viljuške što se vidi na slici br. 9, gde je veće habanje na strani 1 označenoj na slici br. 4 u odnosu na stranu br. 2. Ovo je logično jer strana 1 predstavlja površinu za uključivanje u II stepen prenosa gde je veća relativna brzina kretanja u odnosu na stranu 2 za uključivanje u I stepen prenosa.



Sl. 9. — Krive habanja kontaktних površina viljuške za izbor u I i II stepen prenosa (strane 1 i 2)

Otkaz funkcionisanja menjača sa aspekta promene stepena prenosa nastaje posle prekomernog habanja jedne od strana viljuške (strana 1 ili 2) i to je kriterijum habanja. Iz tog razloga, kriva prosečnog habanja kompletne viljuške prikazana je na slici br. 10 nema značaja za određivanje kriterijuma optimalnog habanja, već su to krive habanja na slici br. 9. Veličina habanja od $h = 0,066$ mm posle 70.000 uključivanja na slici br. 9 pokazuje da je klizni sloj od CuAl 9 sa visokom otpornošću na habanje i da ga-

rantuje dug vek viljuški i obezbeđuje rad menjača bez otkaza po ovom osnovu za predviđeni vek eksploracije. Habanje viljuški za izbor u III i IV stepen prenosa je intenzivnije nego kod viljuške za I i II stepen prenosa, jer su veće relativne brzine kretanja, ali je i kod njih obezbeđen potreban vek eksploracije.



Sl. 10. — Kriva habanja kompletne viljuške za izbor u I i II stepen prenosa (prosečna vrednost)

Uslovi ispitivanja na probnom stolu menjača se mogu smatrati bliskim realnim uslovima u eksploraciji izabranog tribomehaničkog para uz napomenu da je frekvencija promene stepena prenosa na probnom stolu znatno viša, jer je vršena neprekidna promena iz stepena u stepen brzinom koju može da ostvari izvršilac na probnom stolu. Neprekidna promena iz stepena u stepen ima uticaja na povećanje temperature na površinama kontakta izabranog tribomehaničkog para u odnosu na realne uslove, pa se ispitivanje na probnom stolu može smatrati učinkovitom metodom, odnosno prikazanom broju uključivanja na probnom stolu odgovara veći broj uključivanja stepena prenosa u eksploraciji za istu vrednost habanja (h) pri istom pretpostavljenom broju obrta. Ovu prepostavku donekle potvrđuju i podaci o habanju dobijeni pri putnim ispitivanjima na vozilu posle 50.000 km pređenog puta, pri čemu je habanje (h) iznosilo $0,01 \div 0,07$ mm zavisno od kraka viljuške i stepena prenosa gde se broj uključivanja zavisno od stepena prenosa kretao od 2.856 do 31.178 puta. Ovi podaci o habanju viljuški se ne mogu smatrati potpuno pouzdanim jer su putna ispitivanja vršena na otvorenom putu, gde broj uključivanja ne odgovara prosečnim vrednostima a i mali je broj uzoraka zbog visokih troškova putnih ispitivanja.

Delimično prikazani rezultati ispitivanja habanja viljuški menjača na probnom stolu takođe nisu konačni, jer se na osnovu do sada izvršenih ispitivanja suženog obima tek otvara lepeza mogućih i potrebnih daljih istraživanja na ovome planu. Naime, ispitivanje na probnom stolu ima prednost sa aspekta približavanja realnim uslovima uz skraćenje vremena ispitivanja u odnosu na putna ispitivanja, ali je ovaj postupak ipak skup i spor u odnosu na mogući način koji bi obezbedio specijalno urađeni tribometar. Pri ispitivanju na probnom stolu u funkciji su neprekidno svi elementi menjača za sinhronizaciju i promenu stepena prenosa, a za svako merenje habanja viljuški neophodno je iz-

vršiti delimičnu demontažu menjača i ponovnu montažu posle merenja habanja u cilju nastavka ispitivanja.

Na osnovu do sada izvršenih ispitivanja habanja kliznog sloja viljuški menjača, uočava se da bi u narednom periodu bilo vrlo interesantno obezbediti pogodan tribometar, gde bi elementi tribomehaničkog sistema bili realni elementi ili pak pogodne epruvete na kojima bi se realno odrazili stvarni tribološki procesi i njihov razvoj u funkciji broja uključivanja stepena prenosa. Obezbedenjem tribometra stvorili bi se uslovi za brže i jevtinije ispitivanje habanja ne samo metaliziranog kliznog sloja već i vezivnog sloja kao i osnovnog materijala, do čega realno može doći u eksploataciji. U literaturi iz ove oblasti se nalazi da na primer vezivni sloj kod molibdена (Mo) ima i samostalno dobra antihabajuća svojstva, što se može zaključiti i na osnovu velike tvrdoće ovoga sloja.

Visoki troškovi vezani za postupak metalizacije kliznih površina viljuški menjača, nameću potrebu daljih istraživanja uz upotrebu drugih materijala za vezivni sloj (eventualno domaće proizvodnje) ili pak promenu tehnologije oplemenjivanja kontaktnih površina zamenom postupka metalizacije sa drugim postupcima koji takođe obezbeđuju tražene zahteve sa tribološkog aspekta (teflonska prevlaka itd.) a što nije moguće utvrditi bez opsežnih istraživanja i stvaranja uslova za takva istraživanja.

ZAKLJUČAK

U savremenoj proizvodnji putničkih automobila veliki značaj se pridaje veku pojedinih elemenata i njihovom radu bez otkaza u toku predviđenog perioda eksploatacije. Veliki broj elemenata vrši relativno kretanje, pa je neophodno proučiti prisutne tribološke procese i preduzeti mere u cilju usporavanja razvoja ovih procesa. Na primeru izabranog elementa tribomehaničkog sistema (viljuške menjača) vidi se da je u cilju obezbeđenja potrebnih triboloških svojstava kontaktnih površina bilo neophodno primeniti veoma skup postupak metalizacije površina.

Kako je u sadašnjim uslovima privredovanja veoma aktuelna problematika smanjenja troškova poslovanja i sma-

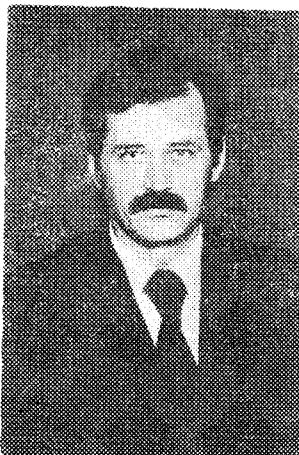
njenja uvoza, nameće se logičan zaključak da je neophodno prići opsežnim tribološkim istraživanjima kako bi se troškovi postupka metalizacije sveli u prihvatljive okvire, a istovremeno задржала visoka tribološka svojstva kontaktnih površina. Izvršena ispitivanja habanja viljuški na probnom stolu menjača i putna ispitivanja su spora i skupa, pa je neophodno obezbediti tribometar radi efikasnosti potrebnih ispitivanja.

Variranjem materijala vezivnog sloja koji postupak metalizacije površina sada čini skupim, ili pak izborom druge tehnologije oplemenjivanja kliznih površina došlo bi se do krivih habanja kontaktnih površina, što bi omogućilo izbor optimalnog rešenja sa tehničkog i ekonomskog aspekta.

LITERATURA

1. IVKOVIĆ B., Tribologija rezanja — sredstva za hlađenje i podmazivanje, Građevinska knjiga, Beograd 1979,
2. ČASOPISI, »Tribologija u industriji« od 1979. do 1983. god. Izdavač: Mašinski fakultet Univerziteta »Svetozar Marković« u Kragujevcu.

DRAGOLJUB ĐORĐEVIĆ, dipl. inž. maš., Zavodi »Crvena Zastava« Kragujevac



Roden 27. XI 1945. god. Na Mašinskom fakultetu u Kragujevcu diplomirao je 1979. god. Zaposlen u RZ »Tehnički poslovi« RO FAZ na poslovima načelnika službe za razvoj kapaciteta. Bavi se problemima razvoja kapaciteta za proizvodnju putničkih automobila.

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

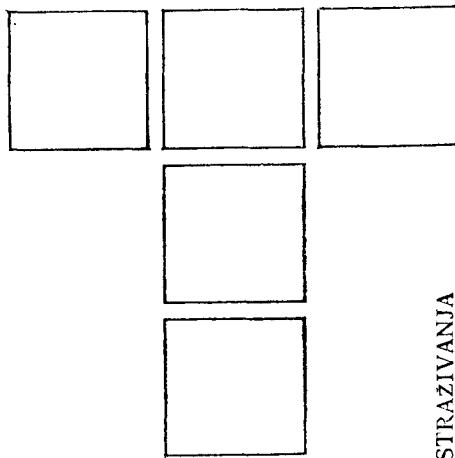
- KVALITETNOM PRIPREMOM SHP POSTIŽE SE:
 - smanjenje potrošnje alata
 - povećanje kvaliteta obrađenih površina
 - poboljšanje zaštite površina od korozije

UREĐAJ JE RAZVILA

Laboratorija za obradu metala i tribologiju Mašinskog fakulteta u Kragujevcu

PROIZVOĐAČ

Zavodi »Crvena zastava« EMAP OOUP »MAŠINE«



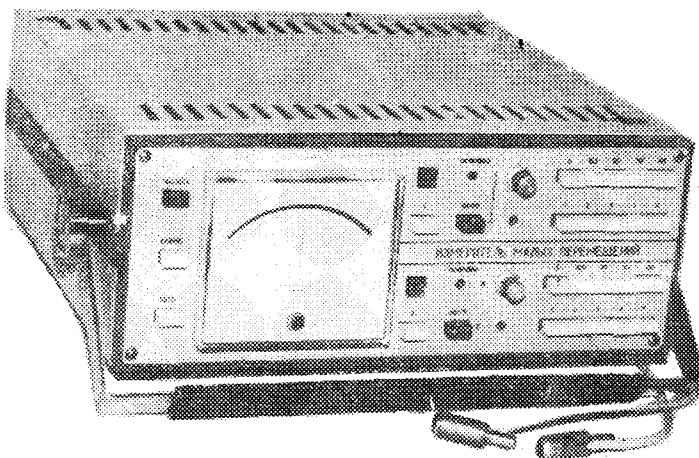
Konstrukcijske metode povećanja tačnosti i veka njenog očuvanja kod vreteništa velike tačnosti

S ruskog preveo: Miroslav Babić, dipl. ing.

ISTRRAŽIVANJA

Kvalitet i pouzdanost tehnoloških sistema, koji se koriste za preciznu mehaničku obradu, veoma zavise od tačnosti vreteništa i njihovog veka trajanja sa aspekta tačnosti. Najrasprostranjeniji pristup radova u oblasti poboljšanja tih karakteristika vreteništa sastoje se u daljem podoštavanju tehnoloških zahteva pri njihovoj izradi i montaži. Međutim, kako pokazuje praksa, to povlači dopunske materijalne troškove koji nisu uvek i opravdani. Osim toga, visoki zahtevi, koji se postavljaju ovim sklopovima, pretpostavljaju bitnu modernizaciju postojeće opreme. Zato, pitanje vezano za iznalaženje drugih puteva povećanja tačnosti i veka njenog očuvanja kod vreteništa ostaje i dalje aktuelnim.

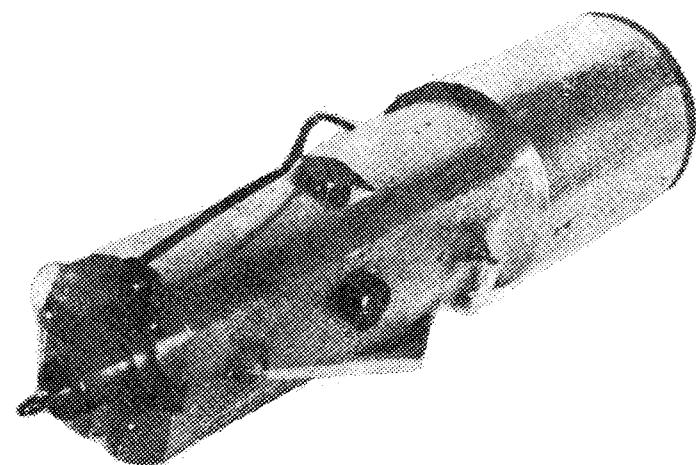
Jedan od novih pristupa ovom problemu ogleda se u izboru režima rada tehnološke opreme uzimajući u obzir njene dinamičke karakteristike i, često, dinamičke karakteristike vreteništa. Realizacija takvog prilaza je moguća na osnovu primene ugrađenog dijagnostičkog sistema, koji obezbeđuje neprekidnu kontrolu jednog, ili nekoliko osnovnih pokazatelja radne sposobnosti sklopa. U većini slučajeva za vreteništa takav pokazatelj predstavlja tačnost okretanja vratila sa ili bez alata i predmeta obrade. Kontrola tog parametra tačnosti vrši se pomoću davača malih dimenzija koji odgovaraju visokim zahtevima u pogledu osetljivosti i stabilnosti na delovanje smetnji.



Sl. 1. — Pribor za bezkontaktno merenje malih pomeranja BIMP-2

U Institutu za probleme pozudanosti i veka trajanja mašina Akademije BSSR razrađeni su bezkontaktni davači induktivnog tipa, malih gabarita, za mala pomeranja (1). Koristeći ih kao osnovu učinjen je niz modifikacija univerzalnih mernih pribora tipa BIMP za kontrolu parametara tačnosti rotacionih sistema. Na sl. 1. predstavljen je jedan od modela pribora BIMP-2. Male dimenzije davača (prečnik najmanjeg davača iznosi 4 mm), njihova neosetljivost na prisustvo maziva i drugih nemetalnih materija u zoni merenja dozvoljavaju njihovu ugradnju u vretenište.

Informacija o nivou osnovnog pokazatelia radne sposobnosti vreteništa daje mogućnost da se izvrši izbor racionalnog režima rada uzimajući u obzir njihove dinamičke karakteristike. Proces iznalaženja takvog režima može biti i automatizovan. Na sl. 2. prikazan je eksperimentalni model visokobrzinskog ($n = (0,3 - 1,0) \times 10^3 \text{ s}^{-1}$) elektrovretena sa ležištimi podmazivanjem uljnom maglom i ugrađenim bezkontaktnim davačima



Sl. 2. — Elektrovreteno sa ležištimi podmazivanjem uljnom maglom i ugrađenim bezkontaktnim davačima

maglom sa ugrađenim bezkontaktnim davačima. Pri relativno prostom elektronskom bloku, koji obezbeđuje rad davača, takav ugrađeni dijagnostički sistem otvara niz dopunskih mogućnosti: balansiranje rotora u sopstvenim ležištimima na radnim frekvencijama; obezbeđenje operativne kontrole radne sposobnosti vreteništa; izbor optimalnog režima njegove eksploatacije; zaštita od iomova nezavisno od

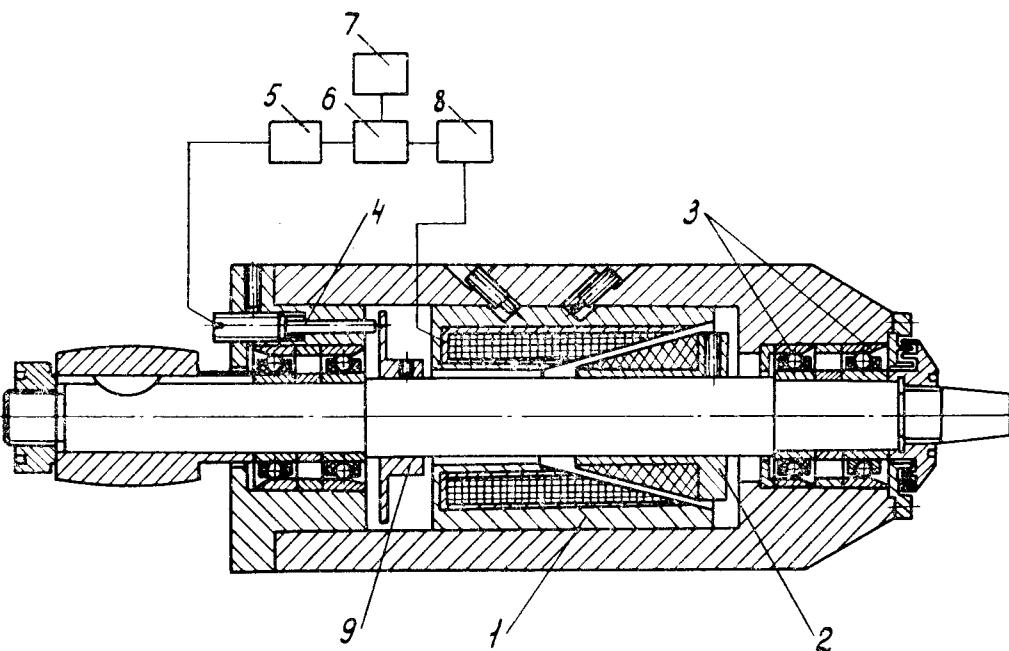
uzroka koji izazivaju opasni nivo vibracije (razbalansirani rotor zbog neizbalansiranog alata, ili njegovog nepravilnog postavljanja; prevazilaženje dopuštenih eksploracijskih opterećenja; pad pritiska gasa ispod dozvoljenog; nestabilnost okretanja rotora usled samopobudnih vibracija i sl.). To dozvoljava da se poveća pouzdanost i efektivnost korišćenja opreme i stepen njene automatizacije.

Drugi prilaz rešavanju razmatranc problema vezan je za stvaranje konstrukcija koje uključuju specijalne uređaje za održavanje određenih pokazatelja vreteništa u dozvoljenim granicama, što omogućuje da se bez narušavanja pokazatelja tačnosti pojedinih elemenata poveća njegova tačnost i vreme njenog očuvanja. Primer takvog sklopa, kod kojeg je iskorišćen ranije navedeni bezkontaktni davač pomeranja, predstavlja vretenište (2) sa obezbedenim stabilnim položajem vratila u pravcu ose na račun automatske regulacije osnog opterećenja. Između prednjeg i zadnjeg uležištenja u telu vretena pričvršćen je elektromagnet 1 (sl. 3), čija je kotva 2 čvrsto postavljena na vratilo. Pošto elektronski signal ostvaruje se preopterećenje kuglič-

nih ležajeva 3, o čijoj se veličini zaključuje na osnovu osnog pomeranja vartila. To pomeranje se meri bezkontaktnim induktivnim davačem 4, postavljenim u telo vretena. Signal od davača 4 po prolasku kroz pretvarač-pojačavač 5 dolazi u komparator 6, u kojem se vrši upoređivanje sa signalom iz davača vodeće veličine 7. Pri željenom osnom položaju vratila na izlazu iz komparatora signal ne postoji i upravljački uredaj elektromagneta 8 obezbeđuje prvobitno uspostavljeni tok u namotajima elektromagneta 1. Pri pomeranju vratila u osnom pravcu, do kojeg dolazi usled dejstva radnog opterećenja, pohabanosti ležajeva 3, ili drugih uzroka nastaje promena zazora između davača 4 i diska 9 pričvršćenog na vratilo. Na izlazu iz komparatora 6 javlja se signal (pozitivan ili negativan, zavisno od smera pomeranja vratila), koji uslovjava promenu režima napajanja namotaja elektromagneta 1 preko upravljačkog uredaja 8. Usled toga vratilo zauzima prvočitni položaj. Stabilizacija osnog položaja vratila vretena u procesu eksploracije povećava tačnost obradnih komada, na primer, pri obradi žljebova prstenova kugličnih ležajeva na brusilicama za bru-

Sl. 3. Vretenište

- 1 — elektromagnet;
- 2 — kotva elektromagneta;
- 3 — radijalno oslonjeni kuglični ležajevi;
- 4 — bezkontaktni induktivni davač;
- 5 — pretvarač-pojačavač;
- 6 — komparator;
- 7 — davač vodeće veličine;
- 8 — upravljački uredaj elektromagneta;
- 9 — disk



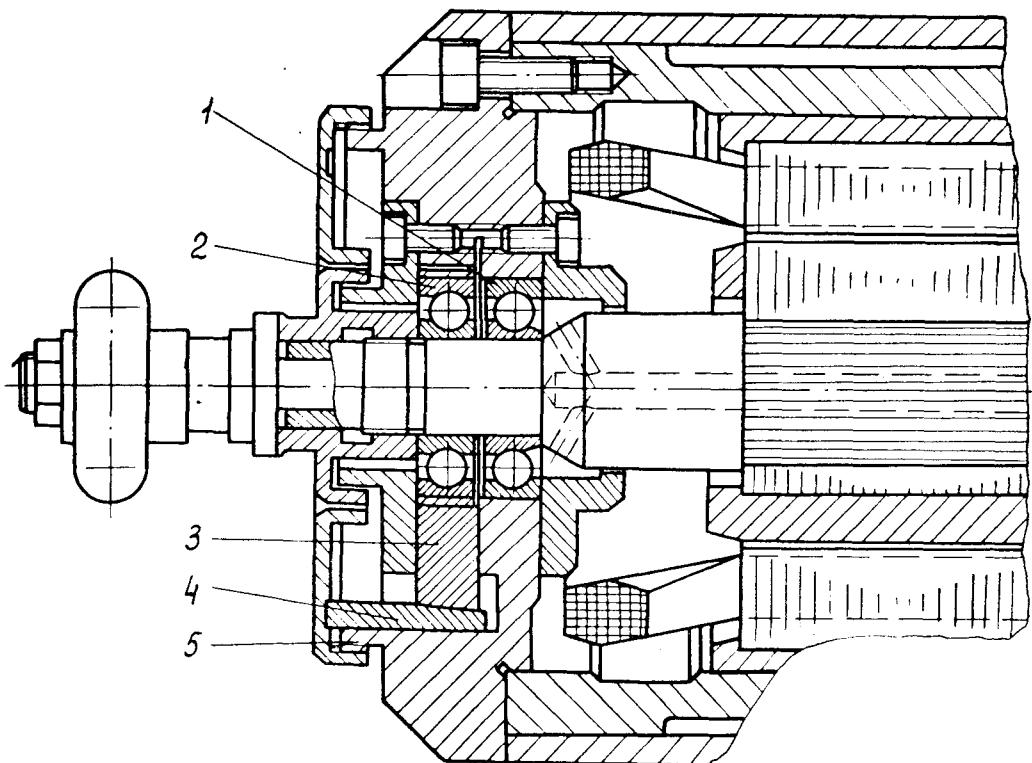
SHP – MIXER

štodi vreme

i obezbeđuje visok kvalitet obrade

Sl. 4. — Vreteno brusilice za unutrašnje brušenje

1 — radijalno oslonjeni kuglični ležaj; 2 — radijalni kuglični ležaj; 3 — oslonci; 4 — navrtka; 5 — klinovi



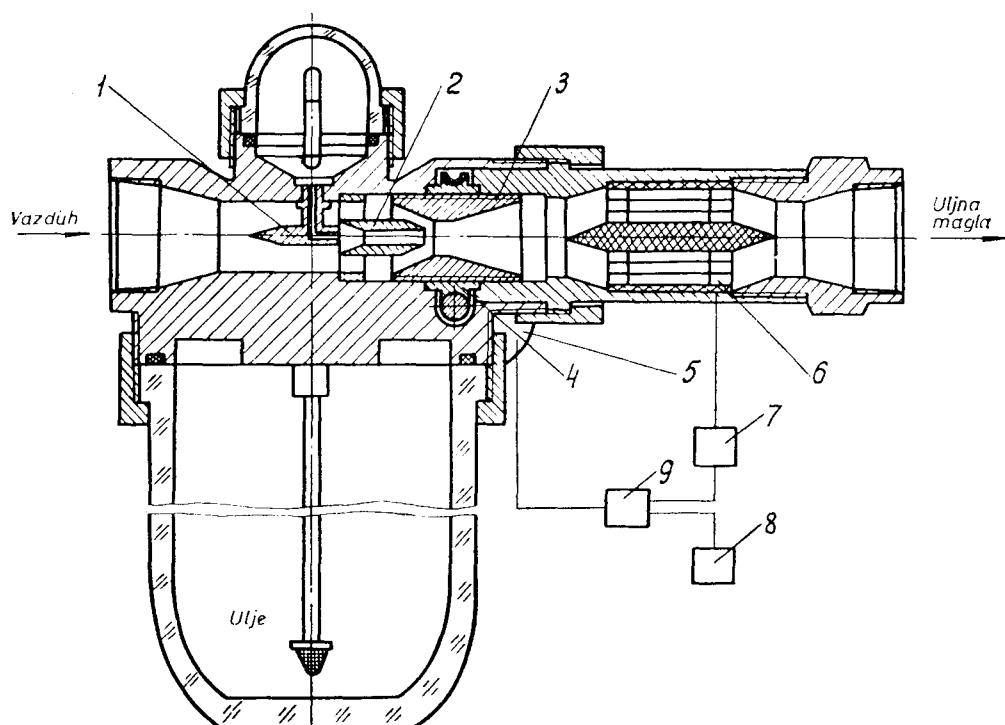
šenje žljebova. Razradeni uredaj omogućuje, takođe, kontrolu veličine preopterećenja čime se isključuje preopterećenje ležajeva.

U drugoj konstrukciji vretena brusilice za unutrašnje brušenje (sl. 4) prednje uležištenje snabdeveno je uredajem za ostvarivanje radijalnog opterećenja u ležištima. Prednje uležištenje takvog vretena (sl. 4) pored radijalno oslonjenog ležaja 1, ima i radijalni kuglični ležaj 2, čiji je spoljašnji prsten slobodan, a naležuća površina tela vretena za njegovo postavljanje ima ravnomerno raspoređene zone smanjene čvrstoće. U ravni radijalnog ležišta 2 dijametralno sup-

rotno su postavljeni oslonci 3, koji imaju mogućnost pomeranja radi prenošenja sile radijalnog opterećenja od navrtke 4 posredstvom klinova 5. Pri tome se bira radijalni zazor nastao kao rezultat deformacije spoljašnjeg prstena i ostvaruje se potrebno radijalno opterećenje. Ovo dovodi do velikog radijalnog ojačanja prednjeg uležištenja vretena. Vreteno se pri montaži postavlja tako da se pravac radijalnog opterećenja poklopi sa pravcem radijalne komponente sile rezanja. Radijalno oslonjeni kuglični ležajevi se rasterećuju od dinamičkih radijalnih opterećenja, zbog čega raste stabilnost prema vibracijama, tačnost okretanja vre-

Sl. 5. — Raspršivač ulja

1 — razdeljivač; 2 — mlaznič; 3 — difuzor; 4 — mehanizam za osno pomeranje; 5 — električni pogon; 6 — zavremenski davač; 7 — pojedavač-pretvarač; 8 — davač vodeće veličine; 9 — kompator



tena, i vek trajanja sklopa sa aspekta tačnosti. Analogni rezultati se postižu i sa nizom razrađenih konstrukcija vreteništa koja realizuju šemu osnog opterećenja (4).

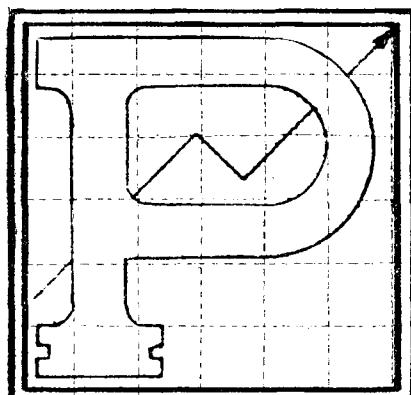
Važan faktor obezbeđivanja pouzdanosti i veka trajanja vretena velike tačnosti kod brusilica u procesu eksploracije predstavlja režim podmazivanja ležišta. Za podmazivanje visokobrzinskih elektrovretena za unutrašnje brušenje široku primenu dobilo je podmazivanje uljnom maglom. Jedan od bitnih zadataka, koji je neophodno rešiti pri korišćenju takvog maziva, sastoji se u ostvarivanju konstantne koncentracije ulja u smesi koja se dovodi u elektrovreteno. Raspršivač ulja (5), koji je prikazan na sl. 5, omogućava automatsko održavanje željene koncentracije ulja, nezavisno od temperature i potrošnje smese ulja i vazduha. Vazduh po prolasku razdeljivača 1 deli se na dva toka. Jedan od njih opstrujava mlaznicu 2 spolja, a drugi struji kroz nju. Količna ulja koja dospeva u mlaznicu 2 određena je padom statičkog pritiska na njegovom ulazu. Mlaznica 2 i difuzor 3 obrazuju ejektor, koji pri pomeranju difuzora 3 u pravcu ose u širokom dijapazonu reguliše raspodelu vazdušnih tokova, a samim tim i koncentraciju mešavine ulja i vazduha. Pomeranje difuzora 3 ostvaruje se pomoću mehanizma za osno pomeranje 4, koji se sastoji od pužnog i zavojnog para i električnog pogona 5. Željeni nivo koncentracije mešavine kontroliše se pomoću zapreminskog davača 6 izrađenog u vidu niza koncentričnih čepova od elektroprovodljivog materijala. Sistem upravljanja, koji sadrži pojačavač-pretvarač 7, davač vodeće većičine 8 i ke-

mparator 9, obezbeđuje automatski režim rada celog uređaja. Raspršivač, koji se odlikuje visokim svojstvima u pogledu održavanja koncentracije i stepena raspršivanja, celishtodno je primenjivati u centralizovanom sistemu podmazivanja elektrovretena brusilica.

Na taj način, po našem mišljenju, kao perspektivni postoje dva puta rešenja zadatka dajeg povećanja tačnosti vreteništa i veka njihovog trajanja sa aspekta tačnosti. Prvi se ostvaruje traženjem optimalnog režima eksploracije konkretnog sklopa na osnovu određenih pokazatelja radne sposobnosti pomoću ugrađenih dijagnostičkih uredaja. Drugi put je vezan za stvaranje metoda i uredaja aktivnog delovanja na vreteništa sa ciljem da se iskoriste dopunski postojeće mogućnosti poboljšanja pokazatelja kvaliteta.

LITERATURA

- КОНОВАЛОВ ИГОРЬ ВАСИЛЬЕВИЧ, 1954, Mladi naučni saradnik na Institutu za probleme pouzdanosti i veka trajanja mašina — Minsk.
МИНЧЕНЯ НИКОЛАЙ ТИМОФЕЕВИЧ, 1942, Stariji naučni saradnik na Institutu za probleme pouzdanosti i veka trajanja mašina — Minsk. Kandidat tehničkih nauka.
СКОРЫНИН ЮРИЙ ВАСИЛЬЕВИЧ, 1943., Stariji naučni saradnik na Institut za probleme pouzdanosti i veka trajanja mašina — Minsk, i rukovodilac laboratorijske. Doktor tehničkih nauka.



PRODUKTIVNOST U INDUSTRIJI 1

kod nas i u svetu

GODINA I
januar '83

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

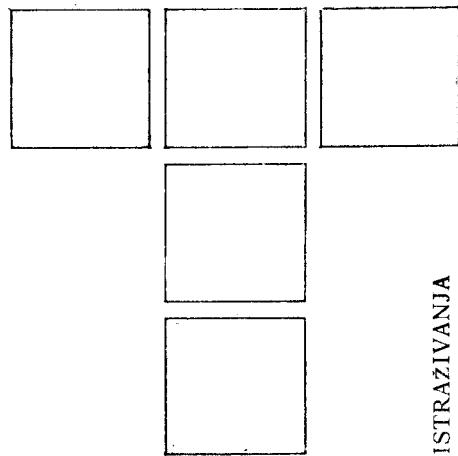
PRODUKTIVNOST JE KLJUČ BUDUĆNOSTI.

CENTAR ZA PRODUKTIVNOST RADA
pokrenuo je publikaciju

Produktivnost u industriji

Publikacija izlazi dvanaest puta godišnje.
Godišnja pretplata — 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



Matematičko modeliranje hiper prostora obradnog procesa pri obradi metala bušenjem i mogućnost povećanja tehnoskih efekata

UVOD

Obrada bušenjem predstavlja jedan od najčešće primjenjenih postupak obrade metala rezanjem.

Ova vrsta obrade nije zastupljena samo na bušilicama, već i na ostalim alatnim mašinama, a u novije vreme u znatnoj meri i na svim NC/CNC mašinama i obradnim centrima.

U okviru obrade bušenjem, spiralne burgije zauzimaju visoko mesto koje će po svemu sudeći, još dugo zadržati. Iz ovoga se jasno nameće značaj i ukazuje na potrebu da se ovoj vrsti obrade i ovim alatima posveti znatna pažnja, jer čak i mala poboljšanja u obradnom procesu mogu uticati na znatno povećanje tehnoskih efekata. U ovom saopštenju se iznose iskustva stečena u proizvodnim uslovima RO »HIDRAULIKA«, IHP »PRVA PETOLETKA« — Trstenik.

Ukazuje se na mogućnost analize unutrašnje strukture obradnog procesa kao i mogućnost matematičkog modeliranja hiper prostora procesa, a u cilju obezbeđenja uslova za upravljanje procesom.

Varijable procesa su: brzina rezanja (V), pomak (S) i geometrija spiralne burgije (uglovi α , φ , β) — »TRORAVANSKO« oštrenje (AVYAC), a funkcija cilja: postojanost (T) reznog alata.

OBRADNI SISTEM

Proces obrade bušenjem izведен je u realnim (proizvodnim) uslovima proizvodnje u obradnom sistemu:

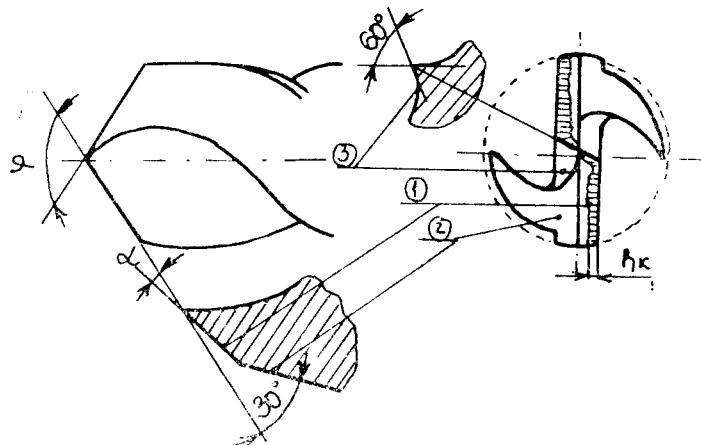
- **MAŠINA:** NC strug, typ SL-3 »MORY SEIKI« — proiz. JAPAN, snaga 15 KW, sa kontinualnom promenom glavnog i pomoćnog kretanja.
- **ALAT:** Spiralna burgija $\varnothing 28$ JUS.KD3. 022, proizvodnje FRA — ČAČAK, sa »TRORAVANSKIM« oštrenjem — AVYAC.
- **PREDMET OBRADE:** Klip hidrauličkog servoupravljača za teška vozila, materijal Č. 4320, poboljšan $\delta_m = 65 \text{ kN/mm}^2$, dužina bušenja $L = 3D \text{ mm}$.

GEOMETRIJA REZNOG ALATA

Pored režima rezanja, na postojanost (T) alata znatan uticaj ima i njegova rezna geometrija. Već je dobro poznato da postoje razne metode za oštrenje spiralnih burgija

koje se međusobno razlikuju po geometrijskom obliku ledene površine. Najpoznatiji su: klasično konusno oštrenje, klasično ravno oštrenje, dvoravansko oštrenje i troravansko oštrenje. Prema podacima iz stručne literature, a već sada ima i dovoljno podataka iz neposredne proizvodne prakse, troravansko »AVYAC« oštrenje daje najpovoljnije eksploatacijalne karakteristike. Nažalost, ovaj način oštrenja je neopravdano malo zastupljen u našoj metaloprerađivačkoj industriji o čemu se mora posvetiti znatna pažnja ako se žele veći tehnoski efekti u ovoj oblasti obrade metala.

Na Sl. 1. data je osnovna geometrija »TRORAVANSKOG« — AVYAC — Oštrenja.



Sl. 1. »Troravansko« — AVYAC oštrenje

EKSPERIMENTALNI REZULTATI I NJIHOVA MATEMATIČNA OBRADA

Koordinate vektora ulaznog hiper prostora procesa (X) su: brzina (V), pomak (S), geometrija burgije (α , φ) kao i odgovarajuća združena dejstva pomenutih varijabli.

Kao izlaz iz sistema — funkcija cilja — uzeta je postojanost alata ($y = \varnothing_c = T$). Analiza unutrašnje strukture procesa i njegovog matematičkog modeliranja izvedena je pomoću višefaktornih planova tipa polureprika uz korišćenje savremene teorije regresione i disperzionale analize [1], [2].

U tabeli T-1 data je plan matrica obradnog procesa formirana na osnovu polureprika tipa $(2 + n_o)$ sa ukupnim brojevima od N-10 eksperimentata, od čega su $n_o = 2$ u cent-

TABELA 1.

Red. broj eksperim.	ULAZNI HIPER PROSTOR						IZLAZNI HIPER PROSTOR			
	PRIRODNE NIVOI PR.	V PR. [m/min]	S [mm/p]	α [°]	φ [°]					
GORNJI (+)	31,12	0,45	12	131						
SREDNJI (0)	24,70	0,31	7	120						
DONJI (-)	19,65	0,22	4	110						
VIŠEFAKTOURNI PLAN										
TIPO DOLUREPRIKE										
$k^{-1} 2^{n_0}$										
KOORDIN. VEKTORA IZLAZA										
RED. KODIRAN EKSPER.	X ₀	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₁ X ₂	X ₁ X ₃	X ₁ X ₄	T [min]	$\hat{Y} = \ln T$
1 6	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	79	4,36945
2 3	+1	+1	-1	+1	-1	-1	+1	-1	52	3,95124
3 2	+1	+1	+1	-1	-1	+1	-1	-1	11	2,39789
4 1	+1	-1	-1	-1	-1	+1	+1	+1	266	5,58349
5 4	+1	+1	-1	-1	+1	-1	-1	+1	67	4,20469
6 7	+1	-1	-1	+1	+1	+1	-1	-1	216	5,37527
7 8	+1	-1	+1	+1	-1	-1	-1	+1	116	4,75359
8 5	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	43	2,56494
9 9	+1	0	0	0	0	0	0	0	56	4,02535
10 10	+1	0	0	0	0	0	0	0	64	4,15888

ralnoj tački plana. Sve varijable su kodirane sa tri nivoa od kojih je srednji dobijen na osnovu literaturnih podataka i sopstvenih ispitivanja a gornji i donji nivo varijacijom srednjeg nivoa.

Redosled eksperimenata je rondoniziran u vremenu prema tablici slučajnih brojeva.

U svakom od $N = 10$ eksperimenata meren je pojas habanja leđne površine alata do dopuštene veličine $n_k = 0,8$ mm i dobijena postojanost alata (T) koje je upisana u odgovarajućoj koloni tablice T-1.

Za efikasan postupak dobijanja matematičkog modela obradnog procesa $T = T(V, S, \alpha, \varphi)$ neophodno je:

— Izvršiti selekciju svih faktora ulaznog hiper prostora i odrediti njihovu signifikantnost na funkciju cilja $y = \emptyset_c$ i iste rangirati po veličini dejstva.

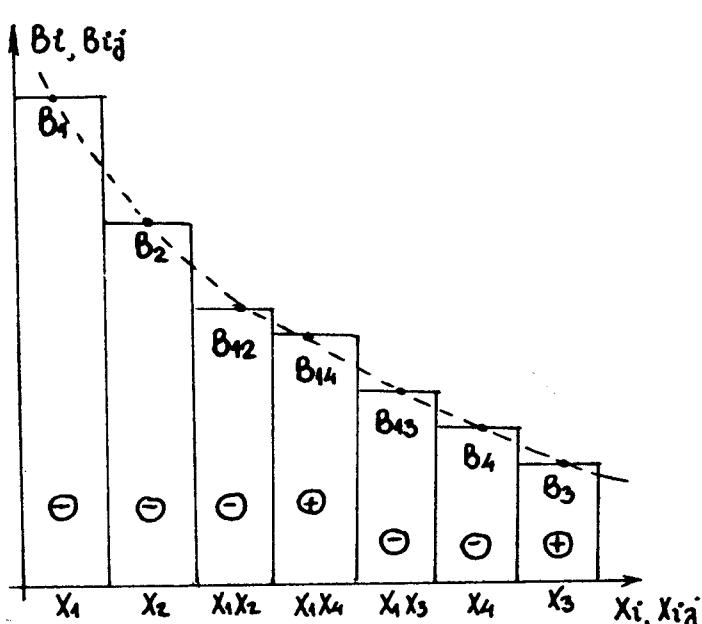
— Nesignifikantne faktore eliminisati iz daljeg razmatranja a u matematički model uključiti samo signifikantne, čime se znatno skraćuje postupak ispitivanja a time i prateći troškovi.

Primenjujući proceduru postupka selekcije [1] faktora ulaznog hiper prostora, koja je zasnovana na korišćenju medijane (M_\emptyset) kao parametra koji najbolje reprezentuje centar rasturanja rezultata merenja, dobija se rezultat dat na Sl. 2.

Sa dijagrama na Sl. 2 se jasno uočava rang dejstva faktora ulaznog hiper prostora na funkciju cilja, a iz sprovedene računske procedure potvrđuje se signifikantnost svih faktora x_i , x_{ij} . Matematički model procesa u kodiranom obliku ima izgled:

$$y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3 + b_4 x_4 + \dots + b_{12} x_1 x_2 + b_{13} x_1 x_3 + b_{14} x_1 x_4 \quad (1)$$

Određivanje koeficijenata regresije $b_0, b_i, b_{ij}, i, j = 1, 2, 3, 4$ vrši se po proceduri [1], a prema opdacima iz tabele T-1, pri čemu se dobija:



Sl. 2. — Rang jačine dejstva »ulaza« na »izlaz« sistema

$$y = 4,1384 - 0,8704x_1 - 0,6286x_2 + 0,6112x_3 - \\ - 0,0215x_4 - 0,1697x_1x_2 - 0,0328x_1x_3 + 0,1266x_1x_4 \quad (2)$$

Ocena adekvatnosti modela (2) izvedena je primenom statistike Fišera (F). Kako je računska vrednost statistike F_r za usvojeni nivo značajnosti $\alpha = 0,05$ i stepene slobode k_1, k_2 , znatno manja od teorijske F_t ($F_r = 40,2 \ll F_t = 224,57$) zaključuje se da je model (2) adekvatan.

Primenom matematičke statistike, postupkom disperzione analize mogu se odrediti granice tačnosti modela (2). Za usvojeni 95%-ni nivo značajnosti intervali pouzdanosti modela (2) su:

Za eksperimente: (1 ÷ 8)

$$\frac{y \pm t_{fp}}{\delta^2(y)} = y \pm 0,0125 \quad (3)$$

Za eksperimente: (9 ÷ 10)

$$\frac{y \pm t_{fp}}{\delta^2(y)} = y \pm 0,0095$$

Prevodenje modela (2) iz kodiranih u prirodne koordinate vrši se preko jednačina transformacije:

$$x_i = 2 \frac{\ln X_i - \ln X_{\text{imax}}}{\ln X_{\text{imax}} - \ln X_{\text{imin}}} + 1 \quad (4)$$

($i = 1, 2, 3, 4$)

Konačno se dobija funkcija cilja:

$$T = (3,455 \cdot 10^{51}) \cdot \frac{6,3043 (\ln \varphi - 0,3619 \ln S - 0,0412 \ln \alpha - 5,7148)}{V} \quad (5)$$

$$\begin{array}{ccccccc} & 6,3043 & (\ln \varphi - 0,3619 \ln S - 0,0412 \ln \alpha - 5,7148) \\ V & \hline & -5,3765 & -0,8536 & 20,4699 \\ S & \cdot \alpha & \cdot \varphi & \end{array}$$

ZAKLJUČCI

1. Matematički model (5) je adekvatan i dobro reprezentuje eksperimentalni hiper prostor, a saglasan je sa teorijskim postavkama.

2. Analiza signifikantnosti parametra ulaznog hiper prostora pokazuje rang njihovog dejstva. Poznavanje unutranje strukture procesa, inter dejstva i zakonitosti unutar istog ima veliki značaj za proces proizvodnje, jer se obezbeđuje mogućnost adaptacije procesa promenom koordinata vektora ulaza u cilju dobijanja željene postojanosti (T) ili odgovarajuće druge izlazne karakteristike sistema.

3. Prema rezultatima dobijenim u procesu proizvodnje IHP »PRVA PETOLETKA« ala tisa troravanskim — AVYAC oštrenjem daju rezultate koji obezbeđuju znatno veće tehnno-ekonomski efekti u odnosu na klasičnu reznu geometriju.

4. Bilo bi interesantno u narednim ispitivanjima analizirati uticaj i drugih relevantnih faktora na proces u ovim vrstama obrade sistema i doći do kompleksnijeg proširenja izraza za odgovarajuću funkciju cilja.

LITERATURA

1. J. STANIĆ: Metod inženjerskih merenja, MF. Beograd, 1981. god.
2. S. HADŽIVUKOVIĆ: Planiranje eksperimenata, Priv. pregled, Beograd, 1977. god.

PETAR IVANOVIC, dipl. inž. maš., Upravnik Alatne Pripreme RO »HIDRAULIKA«, IHP »PRVA PETOLETKA« — Trstenik.

Roden je 1943. godine. Diplomirao je 1969. godine na Mašinskom fakultetu u Beogradu. Bavi se poslovima pripreme proizvodnje sa alatima.

Mr PANTIĆ RADOŠ, dipl. inž. maš., šef Biroa za razvoj i ispitivanje alata RO »HIDRAULIKA«, IHP »PRVA PETOLETKA« — Trstenik.

Magistrirao je 1979. godine na Mašinskom fakultetu u Kragujevcu. Bavi se poslovima razvoja i ispitivanja alata u procesu proizvodnje.

PRODUKTIVNOST U INDUSTRIJI

Da li ste se pretplatili na novu publikaciju?