

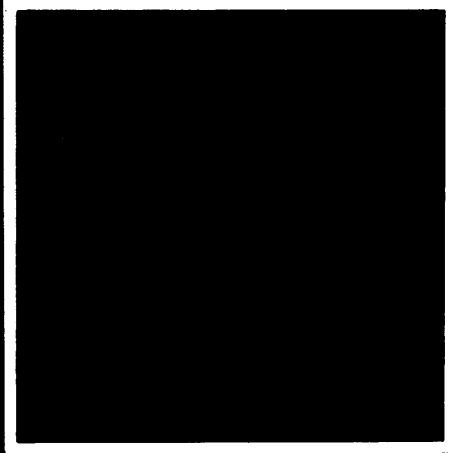
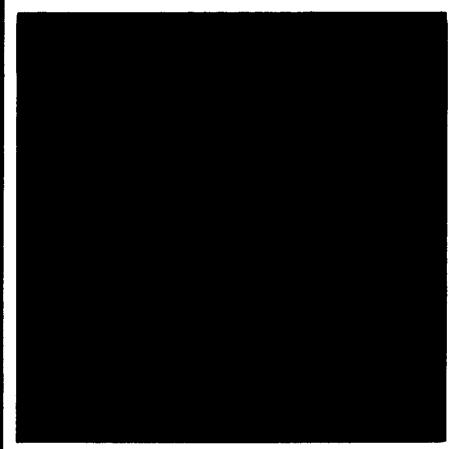
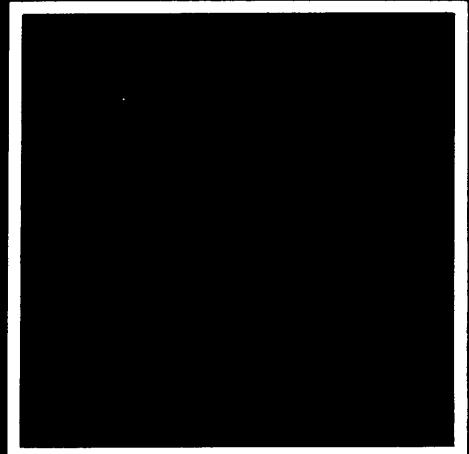
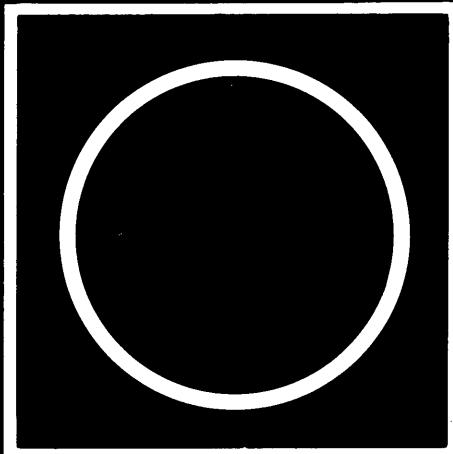
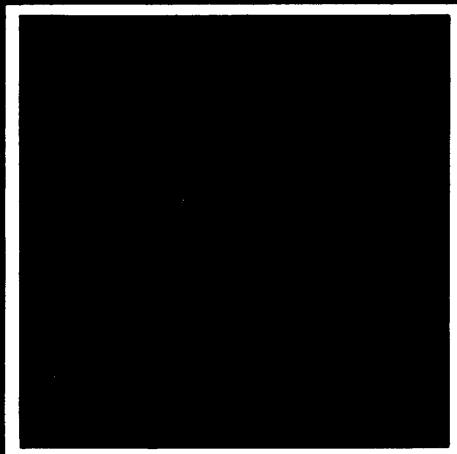
# tribologija u industriji

YU ISSN 0351-1642

GODINA VII

JUN '85

2



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

# tribologija u industriji

## sadržaj contents содержание

UVODNIK INTRODUCTION ПЕРЕДОВИЦА	B. IVKOVIĆ: Proizvodni procesi u industriji prerađe metala - Manufacturing processes in the metal industry - Производственные процессы в металлообрабатывающей промышленности - - - - -	35
ISTRAŽIVANJA RESEARCH ИССЛЕДОВАНИЯ	S. TANASIJEVIĆ, S. PAVIĆ: Materijal i termička obrada kao faktori habanja pogonskih valjkastih lanaca - The material and thermal treatment as the wear factors in cylindrical driving chains - Материал и термическая обработка как факторы изнашивания приводных роликовых цепей - - - - -	37
	V. IVUŠIĆ, F. KOVACIČEK, P. DUKIĆ: Ocjena relativne otpornosti materijala abrazijskom mehanizmu trošenja na temelju analize mikrostrukture - Estimation of the relative resistance of materials to the mechanism of abrasive wear on the basis of microstructure analysis - Оценка относительной абразивной износостойкости материалов на основе анализа микроструктуры - - - - -	43
	S. DJEKIĆ: Neke karakteristike habanja gumenih zaptivki hidrauličnih uređaja - Some characteristics of the wear of the sealing rings used in hydraulic devices - Некоторые характеристики износа резиновых уплотнений в гидравлических установках - - - - -	49
ZA NEPOSREDINU PRAKSU FOR DIRECT PRACTICE ДЛЯ НЕПОСРЕДСТВЕННОЙ ПРАКТИКУ	- - - - -	55
KNJIGE I ČASOPISI BOOKS AND JOURNALS КНИГИ И ЖУРНАЛЫ	- - - - -	60
NAUČNI SKUPOVNI SCIENTIFIC MEETINGS НАУЧНЫЕ СОБРАНИЯ	- - - - -	62
REZIMEA ABSTRACTS РЕЗЮМЕ	- - - - -	63

B. IVKOVIĆ

Devetnaesto savetovanje proizvodnog mašinstva Jugoslavije

# Proizvodni procesi u industriji prerade metala

Proizvodni procesi u industriji prerade metala osnovna su tema predstojećeg XIX Savetovanja proizvodnog mašinstva Jugoslavije koje se, kao što je poznato, održava 25. i 26. septembra 1985. godine u Hotelu "Šumarice" u Kragujevcu.

Proizvodne procese moguće je razmatrati sa više aspekata. Na predstojećem Savetovanju, međutim, biće izloženi referati koji probleme savremene industrije prerade metala razmatraju sa aspekta:

- novih obrada i tehnologija,
- pouzdanosti, održavanja i tribologije proizvodnih procesa,
- upravljanja, produktivnosti, robotizacije proizvodnih procesa.

Pored ove tri grupe referata koji će se razmatrati na plenarnim sednicama, u posebnim sekcijama biće izloženi i diskutovani referati koji se odnose na fundamentalne probleme obrade metala rezanjem i obrade metala deformisanjem i na probleme opštег karaktera.

Po prvi put u našoj zemlji na jednom skupu naučnog karaktera razmatraju se problemi proizvodnih procesa sa aspekta pouzdanosti, održavanja i tribologije odnosno po prvi put se sve tri naučne discipline (pouzdanost, održavanje, tribologija) razmatraju istovremeno iako se već dugo vremena zna u naučnim i stručnim krugovima da je održavanje funkcija tribologije a pouzdanost proizvodnih procesa funkcija održavanja sredstava rada.

Poznato je da informacije tribološkog karaktera, odnosno tribološka banka podataka do koje se dolazi istraživanjima tribološke prirode, predstavljaju osnovu za projektovanje tehnologije održavanja i proračun veka trajanja pojedinih tribomehaničkih sistema kojima se u proizvodnoj i drugoj opremi vrši prenos snage, kretanja i informacija, ili vrši prerada materijala na polufabrikate i gotove proizvode nekom od postojećih grupa obrade.

Ako bi se pravio neki redosled poslova koje treba obavljati da bi proizvodni procesi tekli neometano onda bi bilo neophodno vršiti:

- tribološka istraživanja radi formiranja triboloških banki podataka u kojima se nalaze tribološke karakteristike svih elemenata tribomehaničkog sistema,
- projektovanje tehnologije održavanja na osnovu tribološke banke podataka (od vrste podmazivanja, režim podmazivanja, zamene elemenata, i sl.),
- projektovanje veka trajanja kritičnih elemenata tribomehaničkih sistema sadržanih u sredstvima rada na osnovu uslova pod kojima se proizvodni proces odvija,
- obezbeđenje rezervnih delova i tribomehaničkih sistema u celini kojima se u određenim vremenskim intervalima vrši zamena pohabanih elemenata i organizovanje službe održavanja tako da proizvodni procesi teku neometano, odnosno bez neplaniranih zastoja.

Referata koji sa ovih aspekata razmatraju problematiku proizvodnih procesa u industriji prerade metala imaju mnogo ali se najčešćim delom odnose na tribomehaničke sisteme u kojima se vrši prerada materijala i polufabrikata u gotove proizvode nekom vrstom obrade metala rezanjem.

Tribološkom aspektu obrade metala rezanjem posvećena je značajna pažnja od autora iz više naučno obrazovnih i istraživačkih organizacija što predstavlja u izvesnoj meri i odraz tradicije u nauci o proizvodnom mašinstvu koja je i ranijih godina obilovala brojnim radovima iz oblasti obrade metala rezanjem.

Referata koji na sistematski način razmatraju problematiku pouzdanosti održavanja i tribologiju proizvodnih procesa sa osvrtom na tribološke sisteme sadržane u sredstvima rada (prenos snage, kretanje, informacije i

sl.) biće na predstojećem Savetovanju nekoliko sa sadržajima koji će privući, nadamo se, posebnu pažnju učesnika Savetovanja.

Ukupan broj prijavljenih referata na XIX Savetovanju proizvodnog mašinstva Jugoslavije iznosi oko 140, računajući i desetak referata koje će podneti autori sa nekoliko stranih univerziteta koji su pozvani da na Savetovanju učestvuju kao gosti. Ovako veliki broj referata ne daje mogućnost organizovanja Savetovanja na uobičajeni način po kome se svakom autoru omogućava da u trajanju od obično 10 min. izloži svoj rad. Izvršni odbor Savetovanja predviđao je da do 30 referata budu izloženi na plenarnim sednicama (ukupno tri) sa vremenom trajanja jednog referata od 20-30 min., čime se koristi ukupno 2/3 vremena koje stoji na raspolažanju na plenarnim sednicama. Preostalo vreme (oko 1/3) treba da bude iskorишćeno na plenarnim sednicama za diskusiju po izloženim referatima odnosno po problemima proizvodnih procesa u domaćoj industriji prerade metala.

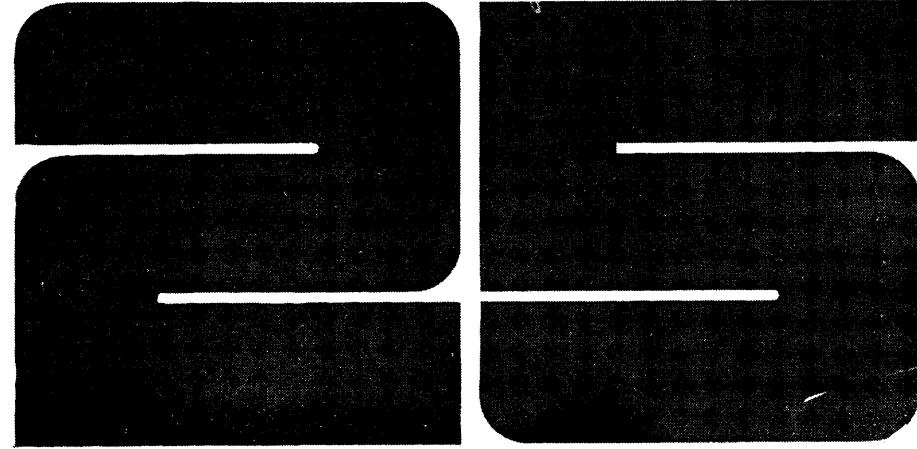
U tri posebne sekcije organizovane se diskusija po svim referatima koji budu na programu Savetovanja a koji se odnose na opštu problematiku procesa proizvodnje (prva sekcija), obradu metala rezanjem (druga sekcija) i obradu metala deformisanjem (treća sekcija). Kako će Zbornik radova biti odštampan pre Savetovanja to će svi učesnici moći u toku Savetovanja da prouče rade i da pripreme i pitanja i sopstvene komentare na referate koje su odabrali.

Predviđa se mogućnost da jedan broj referata bude izložen na posebnim panoima (tzv. "poster konferencija") uz prisustvo autora kojima zainteresovani učesnici Savetovanja mogu da se obrate sa pitanjima i da zajednički razmotre sadržaj izloženog rada.

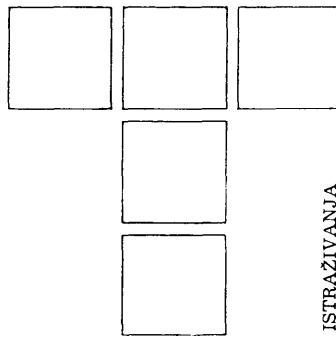
Treći deo Savetovanja odnosi se na okrugli sto sa temom "Fleksibilnost proizvodnih procesa u industriji prerade metala - šta je to?" i biće organizovan u petak, 27. septembra 1985. godine. Problemi fleksibilnosti biće razmatrani i na plenarnim sednicama ali se smatra da će biti korisno da se o tome razgovara i za okruglim stolom na kome će biti pozvani ne samo poznati stručnjaci iz ove oblasti sa naučno-obrazovnih i istraživačkih institucija već i iz većih proizvodnih organizacija koje supočele ili da nabavljaju sredstva rada koja obezbeđuju fleksibilnu proizvodnju ili su prišli proizvodni elementi ili opreme u celini koja ovu vrstu proizvodnje omogućava.

Problemi pouzdanosti i održavanja sredstava rada na kojima se fleksibilna proizvodnja ostvaruje su znatno više izraženi nego u slučaju korišćenja klasične proizvodne opreme. Kako su i pouzdanost i održavanje funkcija triboloških procesa na elementima sredstava rada odnosno odgovarajućih tribomehaničkih sistema, to će i na ovom okruglom stolu problemima tribologije u industriji, a posebno tribologije u fleksibilnim sistemima, biti posvećena odgovarajuća pažnja odnosno biće učinjen pokušaj da se ukaže na sve veću potrebu za razvojem triboloških istraživanja koja dovode do formiranja triboloških banki podataka.

Organizatori XIX Savetovanja proizvodnog mašinstva Jugoslavije u Kragujevcu očekuju da krajem septembra u prijatnom ambijentu Hotela "Šumarice" susretu i već brojne čitaoce časopisa TRIBOLOGIJA U INDUSTRIJI.



**godina  
studija  
mašinstva  
u kragujevcu**



S. TANASIJEVIĆ, S. PAVIĆ

# Materijal i termička obrada kao faktori habanja pogonskih valjkastih lanaca

ISTRAŽIVANJA

## UVOD

Lančani prenosnici spadaju u grupu mehaničkih prenosnika kod kojih se prenos snage i kretanja ostvaruje gibkim elementima, lancima.

Odlikuju se: sposobnošću prenosa velikih snaga (preko 100 |kW|), prostom konstrukcijom, visokim stepenom korisnog dejstva (0,97-0,99), sposobnošću rada pri velikim brzinama (preko 30 |m/s|), velikim prenosnim odnosom (do 8), mogućnošću istovremenog prenosa snage od jednog izvora na nekoliko vratila jednom lančanom konturom, visokom pouzdanošću, prostom montažom, jednostavnim nadgledanjem. Zbog svojih osobina našli su široku primenu u industriji.

Zbog specifičnog načina sprezanja i međusobnog položaja elemenata vitalnog sklopa (zgloba), spadaju u grupu manje ispitivanih prenosnika. Na habanje lančanih prenosnika utiče veliki broj faktora složenog uzajamnog uticaja. Ovo u mnogome otežava ispitivanja i analizu triboloških procesa koji se javljaju u eksploataciji.

U ovom radu dati su neki od rezultata ispitivanja uticaja materijala i termičke obrade na habanje pogonskih valjkastih lanaca, vršenih u Industriji "Filip Klajić", Kragujevac.

## KARAKTERISTIKE HABANJA LANČANIH PRENOSNIKA

Sprovedena ispitivanja habanja lančanih prenosnika, a naročito ispitivanja zglobova lanca kao vitalnog tribomehaničkog sistema, pokazuju da lanac izlazi iz upotrebe najčešće usled prekomernog povećanja srednjeg koraka (oko 3%). Povećanje koraka nastaje uglavnom usled habanja elemenata zglobova (osovine, čaure i valjka), ali može nastati i kao rezultat slabljenja ili narušavanja čvrstocene sklopa osovine i čaure sa spoljnjom i unutrašnjom la-

melom. Kao krajnji oblik triboloških procesa u lancu, nastaje razaranje čaure i valjka, nenormalno habanje lančanika i lamela i konačno kidanje lanca.

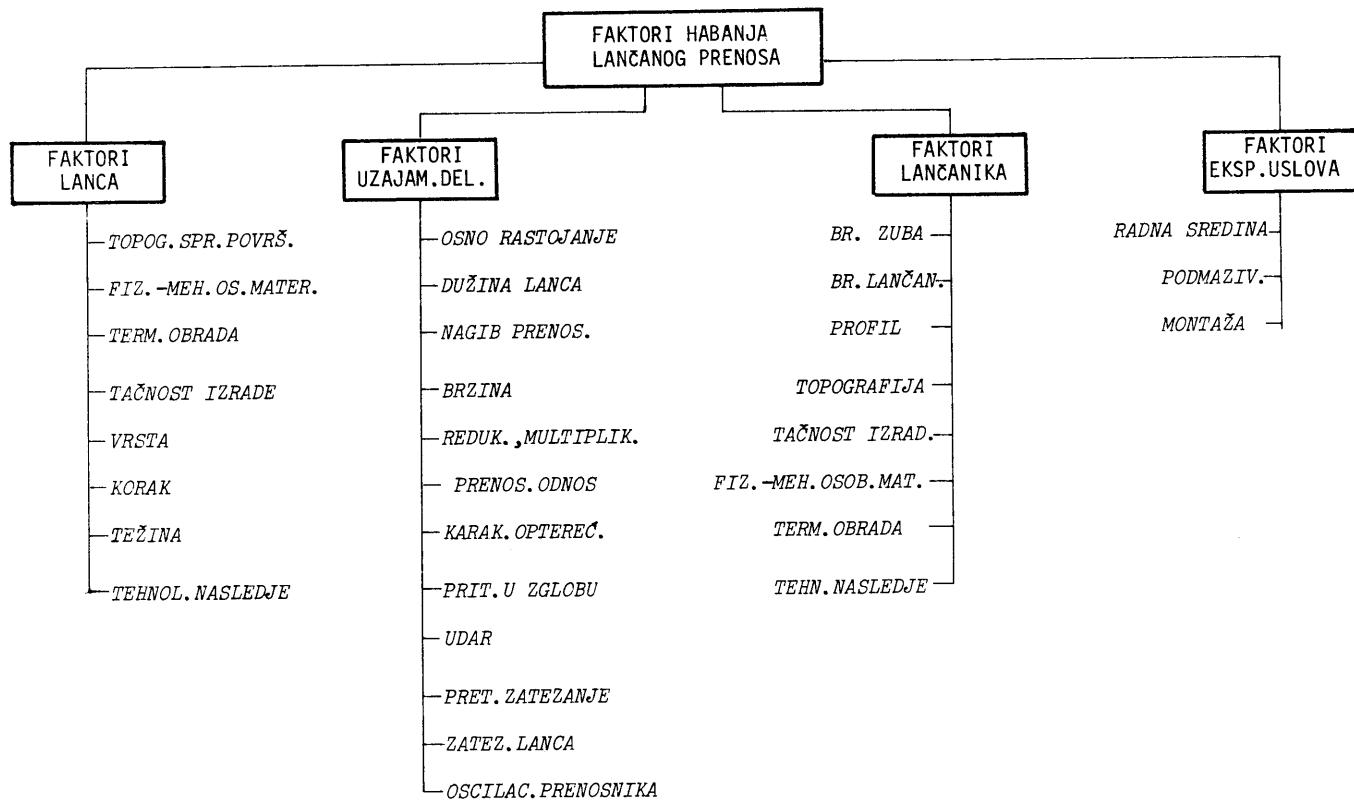
Specifičnost mehanizma sprezanja lančanog prenosa, kao i konfiguracija tribomehaničkog sistema, uslovjavaju da na habanje lančanog prenosnika utiče veliki broj faktora. Njihov uticaj je veoma složen, pa je to jedan od glavnih razloga što je danas u tehničkoj literaturi nedovoljno informacija iz ove oblasti.

Na sl. 1 dat je dijagram podele faktora koji utiču na habanje lančanog prenosa. Faktori su podeljeni na: faktore lanca, faktore lančanika, faktore uzajamnog delovanja i faktore eksploatacionih uslova. Kvantificiranje i rangiranje faktora delovanja otežava i činjenica da izmena samo jednog faktora može povući za sobom i izmenu uticaja drugog ili čak nekoliko drugih faktora.

Materijal i termička obrada lanca su faktori koji znatno utiču na habanje i vek trajanja lančanog prenosa. Analiza kinematskih odnosa pokazuje da je pravilan izbor materijala i termičke obrade naročito važan za elemente zglobova, jer je zglob tribomehanički sistem višekratno-povratnog naprezanja u kom je prisutan relativno veći specifičan pritisak pri relativno maloj brzini klizanja. Zatvorena konstrukcija zglobova čak i pri obilnom podmazivanju uslovjava polusuvu trenje, tj. trenje sa nepotpunim podmazivanjem i neposrednim kontaktom spregnutih površina.

Svojstva metala su u suštini određena njihovom elektronskom gradnjom i strukturom koja u sebi uključuje: fazni sastav, tip i karakter kristalne rešetke, kao i broj i karakter raspodele defekata kristalne rešetke.

Otpornost na habanje metala u velikoj meri zavisi od njihove strukture, tipa sastava, količine, morfologije i njihovog uzajamnog položaja. Sa povećanjem sastava ugljenika raste tvrdoća i otpornost na habanje.



Sl. 1. - Podela faktora habanja

Svaka od struktumih komponenata poseduje različita i samo svoja svojstva, koja svakako treba užeti u obzir pri izboru tehnologije obrade metala za razne režime rada trenja.

Veliki uticaj na otpornost na habanje pokazuje tip kristalne rešetke i orientacija pravca klizanja pri trenju.

Poboljšanje antifrikcionih svojstava metala i povećanje otpornosti na habanje metodama hemijsko-termičke obrade, ostvaruje se putem difuzionog zasićenja površine ili modificiranjem njihovih jedinjenja hemijski aktivnim elementima, korišćenjem hemijskih reakcija.

Po karakteru procesa i po dobijenim rezultatima, hemijsko-termička obrada metala se deli na dve osnovne grupe:

1) Grupa hemijsko-termičke obrade kojom se na račun povećanja površinske tvrdoće elemenata u spremi povećava i otpornost na habanje. U ovu grupu spadaju široko prim-

enjeni procesi: cementacija, azotiranje, cijaniranje, boriranje.

2) U drugu grupu spadaju hemijsko-termičke obrade koje stvaraju tanak površinski sloj metala, obogaćuju hemijska jedinjenja sa aktivnim elementima, poboljšavaju protivzadima svojstva i sprečavaju mesno vezivanje i zadiranje pri trenju. U ovu grupu spadaju: sulfidiranje, sulfocijaniranje, seleniranje, teluriranje, obrada u jodid-kadmijovom sonom kupatilu. Pri ovom vidu obrade, tvrdoča površine se ne povećava ili skoro ne povećava. Njihovo delovanje se ogleda u smanjenom koeficijentu trenja i lokalizaciji početnog zadiranja.

Kako su elementi zgloba: osovinica, čaura i valjak u procesu eksploatacije podvrgnuti većem specifičnom pritisku pri relativno manjoj brzini klizanja, a istovremeno je ceo lanac podvrgnut i svojevremenom zatezanju, elementi lanca se po pravilu cementiraju. Cementacijom se povećava otpornost na habanje, a istovremeno omogućava

## PRODUKTIVNOST U INDUSTRIJI

Da li ste se pretplatili na novu publikaciju?

da lanac može preneti određeno opterećenje.

Sprovedena ispitivanja, čiji su rezultati dati u ovom radu, trebali su da pokažu da li se zamenom materijala čaura i valjka, kao i neznatnom promenom termičke obrade, može i koliko uticati na poboljšanje kvaliteta pogonskih valjkastih lanaca. Drugim rečima, trebalo je utvrditi kako i koliko materijal vitalnih elemenata zgloba utiče na habanje i vek trajanja lanca.

#### PROGRAM ISPITIVANJA

Eksperimentalna ispitivanja su vršena na jednom od veoma često korišćenih valjkastih lanaca za povećana opterećenja, lancu 1x12, 7x7, 75x63 JUS M.C1.821. Za ocenu i kvantificiranje uticaja materijala i termičke obrade na habanje i vek trajanja lanca ispitivane su dve grupe lanaca (A i B). Lanci su se razlikovali u materijalu i neznatnoj razlici termičke obrade čaura i valjka uslovljavajući je slabiji kvalitet lanaca grupe A, pa se opravdano pretpostavljalo da se kvalitet ove grupe lanaca neće mnogo poboljšati promenom samo termičke obrade.

Za potvrdu dobijenih rezultata ispitivanja su vršena na po dva lanca iz svake grupe.

Materijali elemenata ispitivanih lanaca, kao i njihova termička obrada, dati su u tabeli 1 i 2.

TABELA 1.

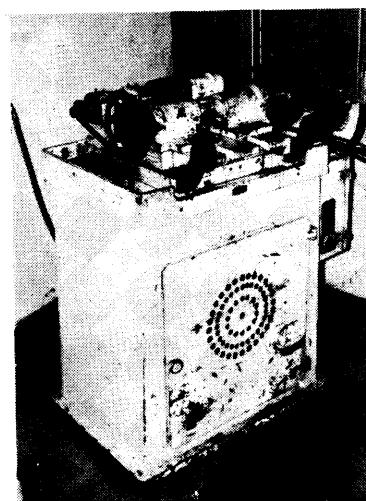
Element lanca	Lanac	
	A	B
Osovina	Č.4320	Č.4320
Čaura	Č.1220	Č.4320
Valjak	Č.1220	Č.4320
Lamela	Č.1730	Č.1730

Ispitivanja su vršena na uređaju za ispitivanje lanaca (sl. 2) u Sektoru razvoja Industrije "Filip Klajić" - Kragujevac. Uredjaj radi po principu "zatvorenog kruga snage", pri čemu snaga elektro-motora služi za savladjivanje gubitaka snage u zatvorenoj konturi. Osnovne karakteristike uređaja i uslovi ispitivanja dati su u tabeli 3.

Lanci su ispitivani pod potpuno identičnim uslovima. Praćenje izduženja lanaca vršeno je merenjem osnog rastojanja, odnosno srednjeg koraka.

TABELA 2.

	Termička obrada	Temperatura	
		A	B
OSOVINA	Cementacija	880°	880°
	Hladjenje u peći	855°	855°
	Kaljenje u ulju	60°	60°
	Otpuštanje	180-200	180-200
ČAURA I VALJAK	Cementacija	920°	880°
	Hladjenje u peći	-	820°
	Kaljenje u ulju	60°	80°
	Otpuštanje	170°	180°
LAMELA	Cementacija	820°	820°
	Hladjenje u sonom kupatilu	250°	250°
	Kaljenje u vodi	-	-
	Otpuštanje	450°	450°



Sl. 2.-Uredjaj za ispitivanje lanaca

TABELA 3.

1.	Broj obrta pogon. vratila	1500  min <sup>-1</sup>
2.	Snaga elektro motora	4  kW
3.	Obrtni moment	90  N.μ
4.	Broj članaka lanca	63
5.	Broj zuba lančanika	13/45
6.	Merno opterećenje	28  daN
7.	Podmazivanje	konzervans

**C P R**

CENTAR  
ZA  
PRODUKTIVNOST  
RADA

MAŠINSKI FAKULTET — KRAGUJEVAC  
Ul. Sestre Janjić br. 6  
34 000 KRAGUJEVAC

ANALIZA FIZIČKO-MEHANIČKIH KARAKTERISTIKA ISPITIVANIH LANACA

Po završenom eksperimentalnom ispitivanju, lanci su podvrgnuti metalurškim ispitivanjima, sve s ciljem da se očeni uticaj materijala i termičke obrade na habanje i vek trajanja lanca. Program metalurških ispitivanja je obuhvatio:

- ispitivanje tvrdoće po dubini cementiranog sloja
- analizu strukture cementiranog sloja.

Dubina cementiranog sloja određivana je prema standardu JUS C.A1.052, merenjem tvrdoće po dubini cementiranog sloja. Granična tvrdoća cementiranog sloja je HV 550. Izmerene vrednosti date su u tabeli 4.

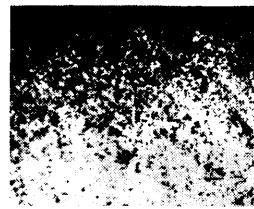
TABELA 4.

Rastoj. od povr. mm	Osovinica AB		Lanac A čaura		Lanac B čaura	
	AB1	AB2	A1	A2	B1	B2
0,05	772	742	591	636	805	772
0,10	742	686	591	591	839	772
0,15	686	636	533	551	839	772
0,20	591	551	498	533	805	742
0,25	533	533	467	482	772	686
0,30	467	482	467	482	713	591
0,35	467	482	-	-	713	591
0,40	-	-	-	-	636	591

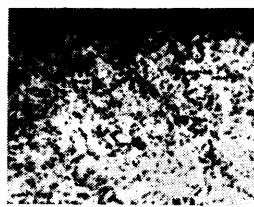
Napomenimo na ovom mestu da je materijal i termička obrada osovinice isti kod obe grupe lanaca. Čaura i valjci su od istog materijala i iste termičke obrade, za svaku grupu lanaca posebno. Zato se u tabeli ne navodi posebno tvrdoća valjaka po dubini cementiranog sloja.

Analiza tvrdoće osovinice (tabela 4) pokazuje da je tvrdoća osovinice zadovoljavajuća. Na površini ona iznosi oko 750 HV, a u jezgru iznad 450 HV. Dubina cementiranog sloja je oko 0,2 mm. Cementacija je vršena na temperaturi od 880°, nešto ispod temperature cementacije predviđene našim standardom, čime je sprečeno ukrupnjavanje austenitnog zrna. Osovinice su kaljene bez prethodnog hladjenja po završenoj cementaciji, čime je skraćeno vreme trajanja procesa i troškovi proizvodnje, a ipak zadržan odgovarajući kvalitet.

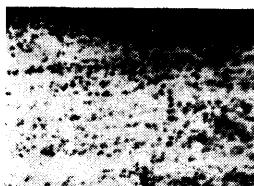
Analiza strukture cementiranog sloja (sl. 3) pokazuje da je mikrostruktura površinskog sloja martenzit bez prisustva drugih primesa. Sadržaj ugljenika direktno utiče na oblik martenzita i tvrdoću. Na površini cementiranog sloja, sadržaj ugljenika je približno 0,8% C (eutektični) idući ka jezgru opada, da bi se na određenom rastojanju od površine izjednačio sa osnovnim metalom.



Sl. 3



Sl. 4



Sl. 5

Termička obrada čaura i valjaka lanca A je vršena sa izvesnim odstupanjem od standarda JUS C.B9.020, sa pokušajem da se skратi proces termičke obrade i troškovi proizvodnje. Kaljenje je vršeno direktno sa temperaturom cementacije bez prethodnog hladjenja u peći. Kao rezultat sprovedene termičke obrade dobijene su čaura i valjci veoma niske tvrdoće površinskog sloja (oko 57 HRC). Dubina cementiranog sloja se kreće od 0,10-0,15 mm, što je dosta mala dubina za veoma odgovome elemente lanca.

Analiza strukture cementiranog sloja (sl. 4) pokazuje da je mikrostruktura površinskog sloja čaura i valjaka takođe martenzit bez prisustva drugih primesa.

Pošto je tvrdoća čaura i valjaka lanca A, kao i dubina cementiranog sloja bila nedovoljna, ocenjeno

je da se nikakvom korekcijom termičke obrade ne može bitno popraviti njihov kvalitet. Izlaz je potražen u zamenu materijala. Umesto čelika 1220, korišćen je čelik 4320.

Kaljenje čaura i valjaka je vršeno po završenoj cementaciji i određenog hladjenja u peći. Ovim je postigнутa sitnozrnja struktura, čak i u površinskom sloju, kao i smanjenje unutrašnjih napona. Zamenom materijala i malim korekcijama u termičkoj obradi, dobijena je velika tvrdoća površinskog sloja čaura i valjaka (oko 60 HRC). Ako se kao granična tvrdoća cementiranog sloja prihvati 550 HV, može se zaključiti da su zidovi ovih elemenata lanca procementirani.

Analiza mikrostrukture (sl. 5) pokazuje da je mikrostruktura površinskog sloja martenzit, finije strukture iglica od strukture iglica od strukture čaura i valjaka lanaca A.

Povećana tvrdoća podpovršinskog sloja lanaca grupe B navodi na zaključak da na pojedinim uzorcima u martenzitnoj strukturi ima i primesa zaostalog austenita.

#### ANALIZA DOBIJENIH REZULTATA

Rezultati ispitivanja uticaja materijala i termičke obrade elemenata zglobova (čaura i valjaka) na habanje pogonskih lanaca dati su na sl. 6.

Dobijene krive habanja pokazuju da lanac kao i svi drugi mašinski elementi prolazi kroz: period uhodavanja, period normalnog habanja i period razomog habanja.

U periodu uhodavanja dolazi do izravnjivanja kontaktnih površina i formiranja karakterističnog reljefa, optimalnog za date uslove trenja. Na dijagramima, period uhodavanja se karakteriše intenzivnim porastom srednjeg koraka, odnosno porastom osnog rastojanja. Konstruktivne specifičnosti zglobova, a i relativno slabo podmazivanje uslovljavaju kratak period uhodavanja koji je nešto kraći kod lanaca grupe A. Završetak perioda uhodavanja je praćen stabilizacijom koeficijenta trenja i temperature.

U periodu normalnog habanja, krive habanja dobijaju skoro linearan karakter. Opterećenje i rad trenja dobijaju osobine postojanosti, pa bi se mogla izreći pretpostavka da je uvećanje srednjeg koraka lanca proporcionalno

vremenu eksploracije. Pravilno izabrani i kvalitetno izradjeni lanci, mogu veoma dugo raditi sa periodom normalnog habanja.

U periodu razomog habanja dolazi do povreda, razaranja i izmene oblika čaura i osovinica. Kako je cilj ispitivanja bio iznalaženje uticaja materijala i termičke obrade na habanje pogonskih valjkastih lanaca, nije bilo potrebno toliko produžavanje eksperimenta da bi se došlo do perioda razomog habanja.

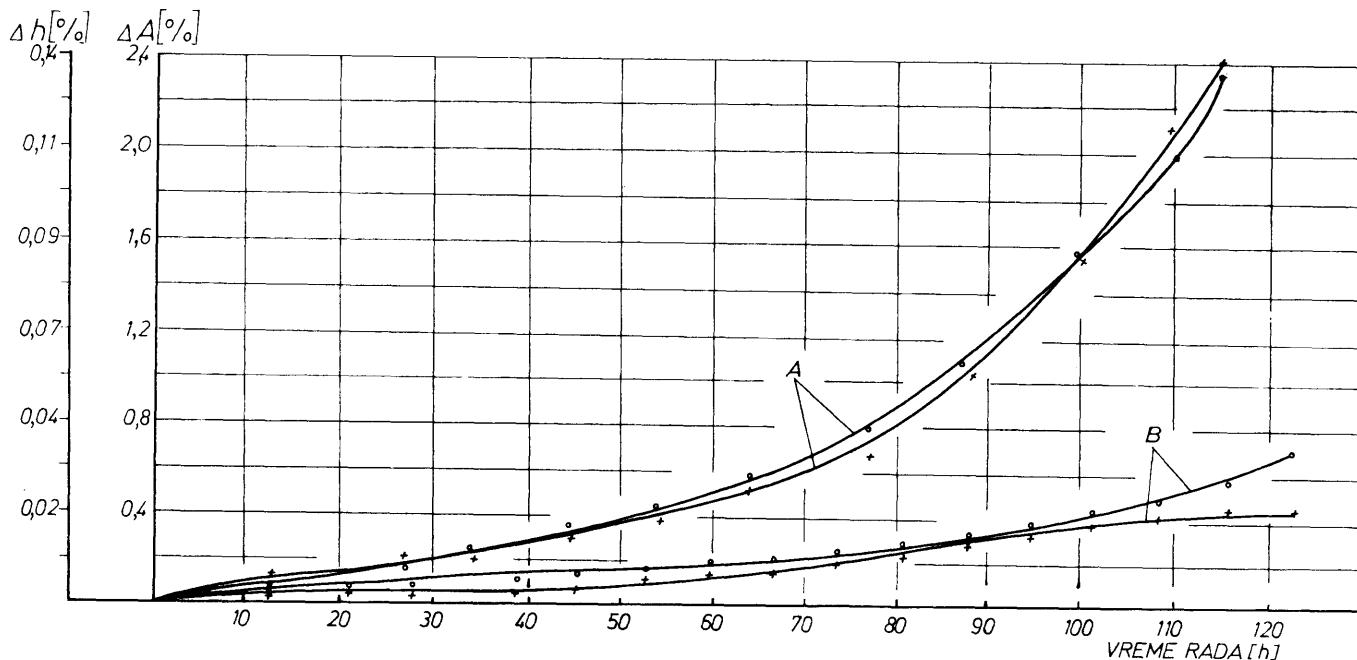
Analiza dijagrama habanja pokazuje da je intenzitet habanja lanca grupe A znatno veći od intenziteta habanja lanaca grupe B. Lanci grupe A se skoro tri puta brže habaju od lanaca grupe B, što jasno ukazuje na veliki uticaj materijala.

Materijal čaura i valjaka lanaca grupe A je Č.1220, nelegirani ugljenični čelik sa dobrom otpornošću na habanje, malom prokaljivošću i niskom udarom žilavošću jezgra.

Materijal čaura i valjaka lanaca grupe B je hrom-manganski čelik sa visokom otpornošću na habanje površinskog sloja i jezgra visoke udarne žilavosti, dobrih svajstava čvrstoće.

Osovinice i lamele su im od iste vrste materijala i iste termičke obrade.

Iako oba materijala (Č.1220, Č.4320) spadaju u grupu čelika za cementaciju, prisustvo hroma u Č.4320 stvara sa ugljenikom karbide i povećava otpornost na habanje.



Sl.6. Uticaj materijala i termičke obrade na habanje pogonskih valjkastih lanaca.

Po završenoj cementaciji, tvrdoča čaura i valjaka lanaca grupe A je oko 57 HRC, a grupe B 63 HRC. Mikrostruktura obadva materijala je martenzit, čija je glavna odlika visoka tvrdoča i čvrstoča.

Iako je razlika u tvrdoći ne tako velika, očigledno je da se lanci grupe A daleko intenzivnije habaju. Po završenom periodu habanja, lanci grupe B se nalaze u periodu normalnog habanja, sa veoma malim nagibom krive i očiglednom tendencijom da u ovom periodu ostanu veoma dugo.

Lanci grupe A imaju znatno veći nagib krive habanja, koja naglo skače po završenom vremenu eksploatacije od  $110 |h|$ .

Očigledno je da se velike razlike u intenzitetu habanja lanaca A i B ne mogu objasniti samo razlikom u tvrdoći površinskih slojeva. Tim više što uticaj tvrdoće na otpornost na habanje nije jednoznačan i danas u nauci ne postoje jedinstvena mišljenja.

Sasvim je blisko logičnom razmišljanju, da veliki uticaj na znatno veću otpornost na habanje lanaca grupe B ima prisustvo hroma u materijalu i znatno veća udama žilavost Č.4320.

Lanac pri sprezanju sa lančanikom ima formu mnogaugonika i kao posledica ovakve forme sprezanja u eksploataciji nastaju dinamička opterećenja koja se ispoljavaju udarom pri nailaženju lanca na lančanik. Udar prima valjak i predaje ga na čauru, osovinicu i lamelu. Kao posledica višekratnih delovanja nastaje intenzivno haba-

nje aktivnih površina lanca i lančanika, koje dovodi do razaranja elemenata lanca.

Očigledno da Č.4320, čelik velike udame žilavosti, daleko bolje podnosi uzdužne i poprečne udare u eksploataciji i da je njegova otpornost na habanje znatno veća od Č.1220.

Svakako da bolju otpornost na habanje Č.4320 podpošte i njegova bolja prokaljivost.

#### ZAKLJUČAK

Specifičnost mehanizma sprezanja lančanog prenosa, kao i vitalnog sklopa (zglobo), uslovjavaju da na habanje lanaca utiče veliki broj faktora.

Materijal i termička obrada su faktori koji znatno utiču na habanje i vek trajanja lanca. Pravilnim izborom materijala vitalnih elemenata lanca (čaure i valjka), može se znatno produžiti njegov vek trajanja.

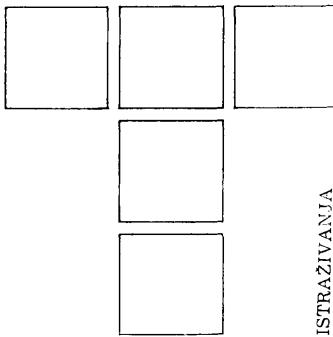
#### LITERATURA

- [1] VOROBIEV, V.I.: Cepnie peredači, "Mašinostroenie", Moskva, 1968.
- [2] RACHNER, G.H.: Stahlgelenkketten und Kettentriebe, Springer-Verlag, Berlin, 1962.
- [3] MULLER,J., KLIAMMERT, A.: Schadensanalyse von Rollenkettengetrieben, "Maschinenbautechnik", 1977,26, N<sup>o</sup> 12.
- [4] TANASIJEVIĆ, S.: Mehanički prenosnici: lančani prenos, "Naučna knjiga", Beograd, 1984.

## SHP – MIXER

štedi vreme  
i obezbeduje visok kvalitet obrade

V. IVUŠIĆ, F. KOVAČIĆEK, P. DUKIĆ

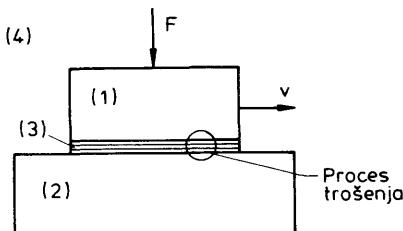


ISTRAŽIVANJA

# Ocjena relativne otpornosti materijala abrazijskom mehanizmu trošenja na temelju analize miktostrukture

## UVOD

Ocjena relativne otpornosti trošenju sastavni je dio izbora materijala za elemente tribosistema, tj. sistema u kojima se odvija proces trošenja, sl. 1.



Sl. 1. - Shema tribosistema  
(1), (2) - Funkcionalni dijelovi u kontaktu  
(3) - Medijum  
(4) - Okolni medij

Ako su začrani elementi tribosistema i uvjeti rada, povećanje trajnosti funkcionalnih dijelova (1) i (2) može je postići pravilnim izborom materijala.

Prema [1] dobri rezultati postižu se sistematskim postupkom izbora materijala u četiri faze, sl. 2.

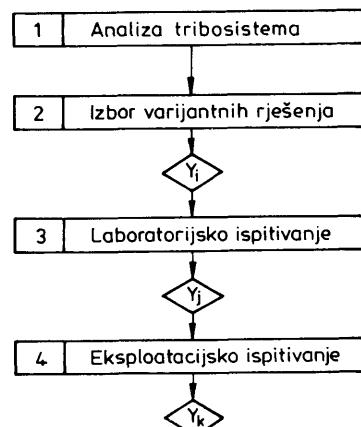
U fazi 1 analizom tribosistema treba utvrditi dominantni mehanizam trošenja za zadani slučaj.

U fazi 2 biraju se varijantna rješenja na temelju ocjene relativne otpornosti trošenju. Zbog nesigurnosti postojećih kriterija za ocjenu relativne otpornosti trošenju, u ovoj fazi se redovito bira grupa potencijalno dobrih materijala.

U fazi 3 reducira se broj varijantnih rješenja i predlažu se materijali za eksploracijsko ispitivanje.

U fazi 4 provjerom u eksploraciji dolazi se do ko-

načnog rješenja.



Sl. 2. - Dijagram toka izbora materijala otpornih trošenju, [1]  
Y<sub>i</sub> - varijantna rješenja  
Y<sub>j</sub> - rješenja nakon laboratorijskog ispitivanja  
Y<sub>k</sub> - konačno rješenje

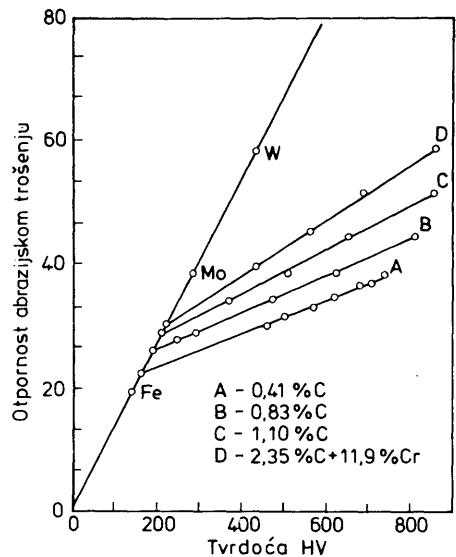
## KRITERIJI ZA OCJENU RELATIVNE OTPORNOSTI MATERIJALA ABRAZIJSKOM MEHANIZMU TROŠENJA

Postoje četiri osnovna mehanizma trošenja, prema [2]:

- a) adhezija
- b) abrazija
- c) umor površine
- d) tribokemijski mehanizam

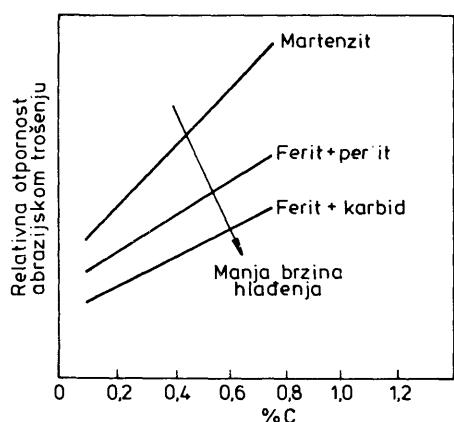
Prema [3] najčešće se pojavljuje i izaziva najveće troškove abrazijski mehanizam trošenja. Zato se u brojnim radovima pokušavaju postaviti zakonitosti abrazijskog trošenja. Kruschov, prema [3], dobio je rezultate prika-

\* Referat održan na simpozijumu "Stopi želaza otporne na šcieranie", Krakow 1984.



Sl. 3. - Utjecaj tvrdoće nekih metala na otpornost abrazijskom trošenju, [3]

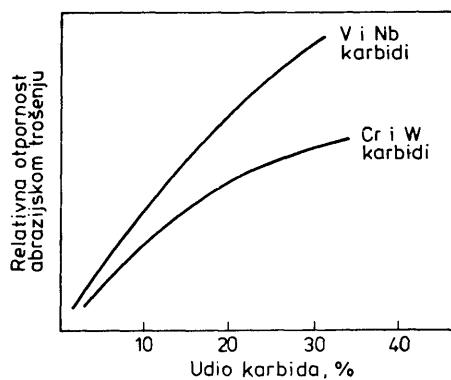
Očito je da za tehnički važne višefazne materijale ne postoji jednostavna zavisnost između tvrdoće i otpornosti abrazijskom trošenju, kao što postoji za čiste metale. Serpik i Kantor, prema [3], pokazali su da relativna otpornost čelika abrazijskom trošenju zavisi o sadržaju ugljika i o mikrostrukturi, sl. 4.



Sl. 4. - Utjecaj sadržaja ugljika i mikrostrukture na relativnu otpornost čelika abrazijskom trošenju, [3]

Isti autori istraživali su utjecaj vrste i udjela karbida na otpornost abrazijskom trošenju, sl. 5.

Utjecaj vrste karbida objašnjava se razlikama u mikrotvrdoći pojedinih karbida, tablica 1.



Sl. 5. - Utjecaj vrste i udjela karbida na relativnu otpornost abrazijskom trošenju, [3]

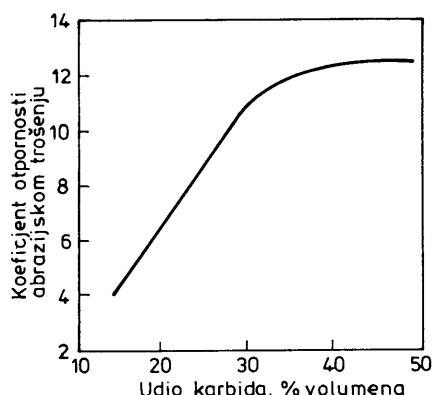
TABELA 1. - Mikrotvrdoća abraziva i faza, [3]

Mineral	Tvrdoća		Materijal ili faza	Tvrdoća	
	Knoop	HV		Knoop	HV
Talk	20		Ferit	235	70-200
Grafit	35		Perlit nel.		250-320
Gips	40	36	Perlit leg.		300-460
Vapnenac	130	140	Austenit, 12%Mn	305	170-230
Fluorit	175	190	Austen.nisko legiran		
Apatit	335	540			250-350
Staklo	455	500	Austenit, visoki %Cr		
Feldspar	550	600-750			300-600
Magnetit	575		Martensit	500-800	500-1010
Ortoklas	620		Cementit	1025	840-1100
Kremen	820	950	Cr-karbid, (Fe,Cr)7C3	1735	1200-1600
Kvarc	840	900-1280			
Topaz	1330	1430	Mo-karbid, Mo2C	1800	1500
Granat	1360		W-karbid, WC	1800	2400
Smirak	1400		V-karbid, VC	2660	2800
Korund	2020	1800	Ti-karb. TiC	2470	3200
Si-karbid	2585	2600	B-karb., B4C	2800	3700
Dijamant	7575	10000			

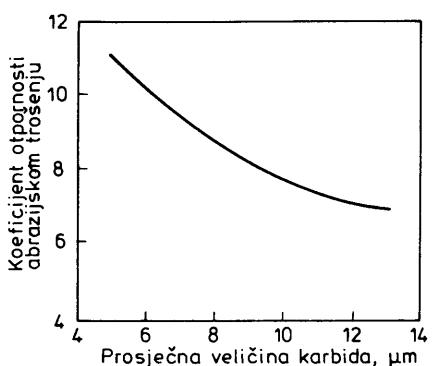
Popov i Nagomij su istraživali, prema [3], utjecaj udjela i veličine zrna karbida u bijelom lijevu i dobili rezultate prikazane na sl. 6 i 7.

Tvrdoća abraziva također utječe na trošenje, kako je prikazano na sl. 8.

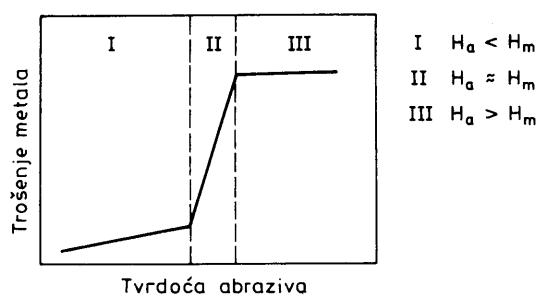
Treba napomenuti da se zakonitosti prikazane na sl. 4 do 8 ne mogu u cijelosti prenijeti na sve slučajeve abrazijskog trošenja. Ipak, za većinu slučajeva vjer-



Sl. 6. - Utjecaj udjela karbida na otpornost bijelog lijeva abrazijskom trošenju, [3]



Sl. 7. - Utjecaj veličine zrna karbida na otpornost bijelog lijeva abrazijskom trošenju, [3]



Sl. 8. Utjecaj tvrdoće abraziva na trošenje metala (shematski), [4]  $H_a$  - Tvrdoća abraziva,  $H_m$  - Tvrdoća metala

ojatno vrijedi kvalitativan utjecaj promatranih faktora na povećanje ili smanjenje relativne otpornosti abrazijskog mehanizmu trošenja, kako je prikazano u tabeli 2.

TABELA 2. - Kriteriji za ocjenu relativne otpornosti abrazijskom mehanizmu trošenja

Kriterij	Relativna otpornost abrazijskom mehanizmu trošenja
Udio tvrde faze, %	↓
Mikrotvrdoća faza, HV	↓
Veličina zrna tvrde faze $\mu\text{m}$	↓
Mikrotvrdoća abraziva, HV	↓

#### OCJENA I ISPITIVANJE RELATIVNE OTPORNOSTI ABRAZIJSKOM TROŠENJU ZA GRUPU NERDJAJUĆIH ČELIČNIH LIJEVOVA

Zadatak je bio odrediti relativnu otpornost trošenju za grupu od tri nerdjajuća čelična lijeva u mediju sastava:

Amonijev nitrat ( $\text{NH}_4 \text{NO}_3$ ) + dolomit

U ovom mediju abraziv je mljeveni dolomit kojemu je izmjerena mikrotvrdoća 370 HV0,03. Uzeti su u obzir slijedeći matrijali:

$Y_1$  - austenitni nerdjajući čelični lijev

$Y_2$  - semiaustenitni nerdjajući čelični lijev

$Y_3$  - martensitni nerdjajući čelični lijev

Podaci o materijalima dati su u tabeli 3.

Primjenom kriterija iz tabele 2. mogu se dati slijedeće ocjene za relativnu otpornost abraziji dolomitom:

Materijal  $Y_1$  sastoji se pretežno od austenita koji je mekši od dolomita. Karbida, koji su tvrdi od dolomita, ima tako malo da vjerojatno ne utječe bitno na otpornost. Ocjena: slab.

Materijal  $Y_2$  sastoji se većim dijelom od zona precipitata tvrdjih od dolomita i nešto manjim dijelom od austenita mekšeg od dolomita. Ocjena: bolji od  $Y_1$ .

Materijal  $Y_3$  sastoji se u cijelosti od martenzita tvrdjeg od dolomita. Ocjena: bolji od  $Y_1$  i  $Y_2$ .

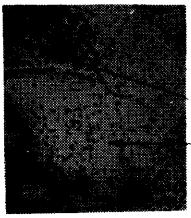
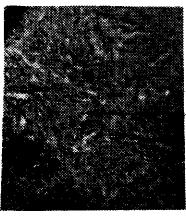
Ispitivanje istih materijala, [5], provedeno je na uređaju prikazanom na sl. 9 i 10.

Relativne otpornosti trošenju odredjene na temelju gubitaka mase uzorka nakon 24 sata trošenja prikazane su na sl. 11.

Rezultati ispitivanja se dobro slažu s prethodnim ocjenama na temelju analize mikrostrukture.

Dodatao se gornji rezultati mogu objasniti usporedbom izgleda površine uzorka prije i poslije trošenja

TABELA 3. - Podaci o testiranim čeličnim lijevovima

Materijal	Sastav, % mase	Mikrostruktura * (elektronagriženo)	Udio, % vol.	Mikrotvrdoća, HV
$Y_1$	0,08 % C			
	3,3 % Si		K → 1 %	1140 HV0,01
	1,2 % Mn		A → 99 %	215 HV0,1
	0,035 % P			
	0,035 % S			
	17,8 % Cr			
	11,3 % Ni			
	3 % Mo			
$Y_2$	0,065 % C			
	25,33 % Cr		A → 40 %	340 HV0,05
	8,5 % Ni		ZP → 60 %	530 HV0,1
	2,44 % Mo			
	0,51 % Si			
	1,27 % Mn			
	0,023 % P			
	0,012 % S			
	1,56 % Cu			
$Y_3$	0,45 % C			
	12,6 % Cr		M → 100 %	640 HV0,1
	0,34 % Si			
	0,23 % Mn			
	0,017 % P			
	0,027 % S			
	0,47 % Ni			
	0,12 % Cu			

\* A - austenit

10  $\mu\text{m}$

K - karbidi

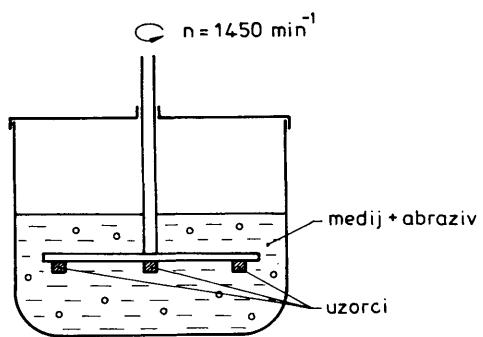
ZP - zone precipitata

M - martensit

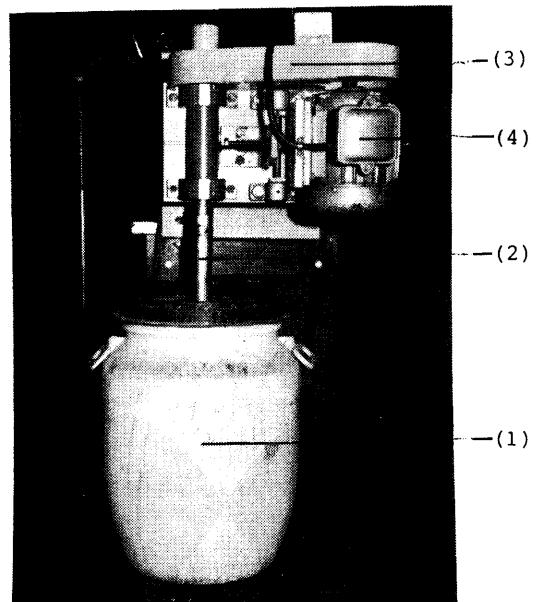
što je prikazano na sl. 12.

Vidi se da je površina materijala  $Y_1$  najjače oštećena. Kod materijala  $Y_2$  došlo je do selektivnog trošenja. Više je potrošen mekši austenit nego tvrdje zone precipitata. To se vidi i po tome što je dio otiska tvrdomjera koji se nalazi u austenitu više potrošen nego dio koji se nalazi u zoni precipitata.

Iako je materijal  $Y_3$  u cijelosti tvrdji od dolomita, površina je ipak lagano oštećena, vjerojatno uslijed onečišćenja dolomita kvarcom (oko 2%).



Sl. 9. - Shema uređaja za ispitivanje trošenja



Sl. 10. - Uredaj za ispitivanje trošenja

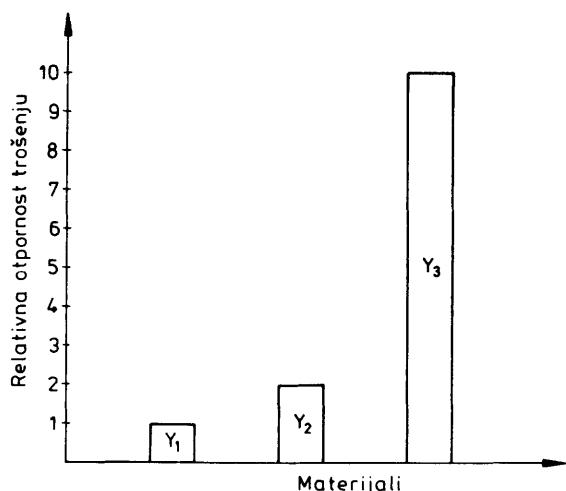
- (1) - posuda sa medijem i abrazivom
- (2) - osovina s diskom za prihvatanje uzorka
- (3) - remenski prijenos
- (4) - elektromotor

#### 4. OCJENA RELATIVNE OTPORNOSTI ABRAZIJSKOM TROŠENJU GRUPE LEGIRANIH BIJELIH LIJEVOVA

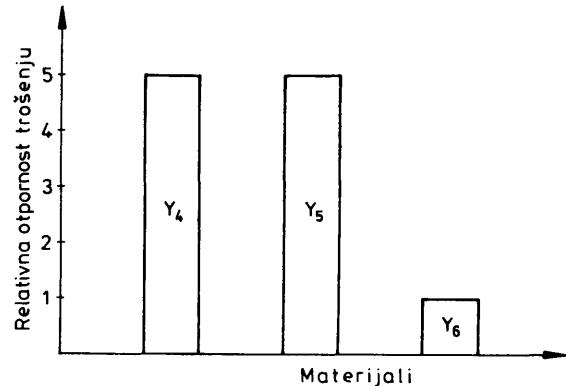
Abraziv je kvarc tvrdće 900-1280 HV prema tabeli 1. Podaci o tri legirana bijela lijeva dati su u tabeli 4.

Na temelju kriterija iz tabele 2 mogu se dati slijedeće ocjene relativne otpornosti abraziji kvarcom:

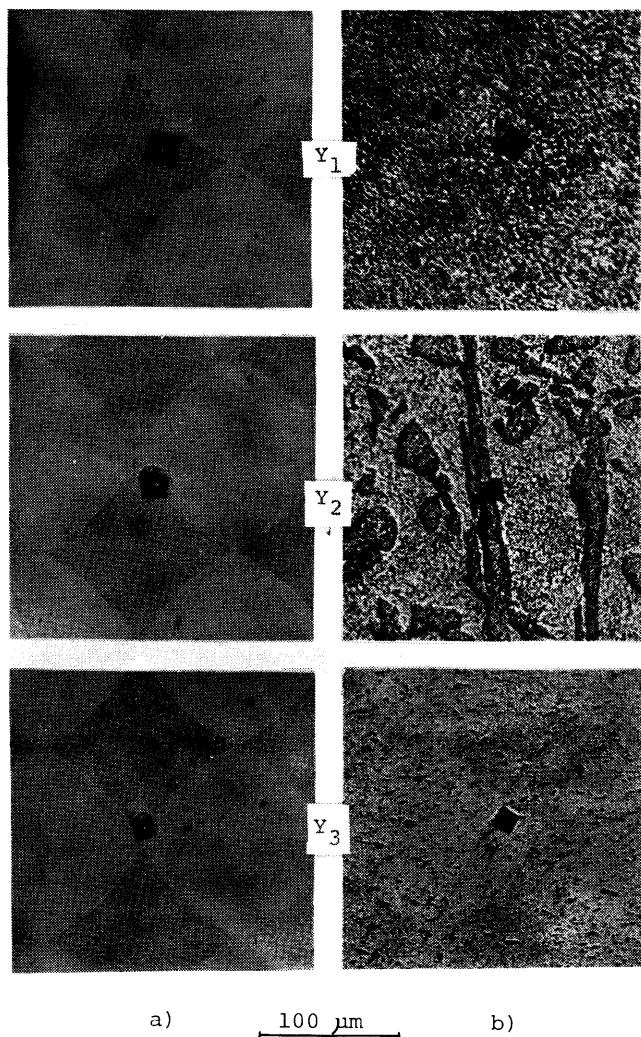
Materijal  $Y_4$  ima gotovo podjednako karbida tvrdjih od kvarca. Ocjena: dobar.



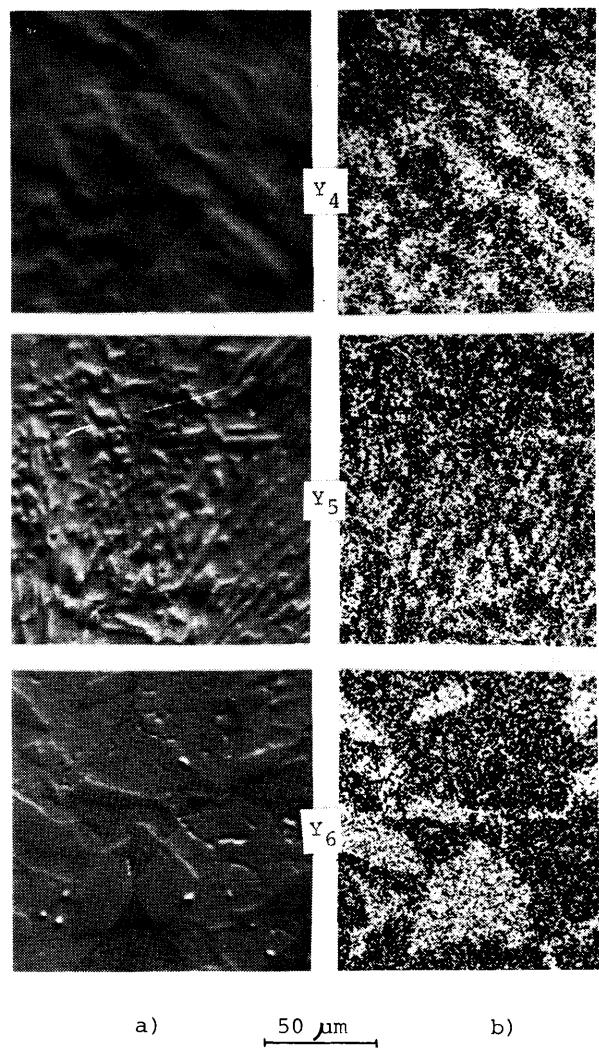
Sl. 11. - Rezultati ispitivanja relativne otpornosti trošenju



Sl. 13. - Relativna otpornost materijala  $Y_4$ ,  $Y_5$  i  $Y_6$  abrazijskom trošenju u eksploataciji

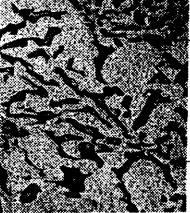
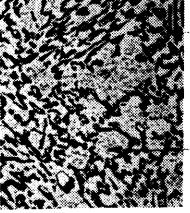


Sl. 12. - Izgled površine materijala  $Y_1$ ,  $Y_2$  i  $Y_3$   
a) prije trošenja (polirano)  
b) poslije trošenja



Sl. 14. - SEM fotografije trošenih površina materijala  $Y_4$ ,  $Y_5$  i  $Y_6$   
a) TOPO  
b) Cr- $K_\alpha$

Tabela 4. - Podaci o testiranim bijelim lijevovima

Materijal	Sastav, % mase	Mikrostruktura * (elektronagriženo)	Udio, % vol.	Tvrdoča, HV
Y <sub>4</sub>	2,45 % C 0,65 % Si 0,82 % Mn 0,04 % P 0,035 % S 27,4 % Cr 0,03 % Mo 0,25 % Ni 0,42 % V		K <sup>e</sup> → 46 % M → 54 %	1650 HV0,03 570 HV0,1
Y <sub>5</sub>	2,51 % C 0,49 % Si 0,62 % Mn 0,04 % P 0,04 % S 29,2 % Cr 0,01 % Mo 0,21 % Ni 0,07 % V		K <sup>e</sup> → 48 % M → 52 %	1850 HV0,03 525 HV0,03
Y <sub>6</sub>	2,41 % C 1,19 % Si 0,98 % Mn 0,04 % P 0,078 % S 25,3 % Cr 0,5 % Mo 0,51 % Ni 0,07 % V		K' → 43 % M → 57 %	1505 HV0,1 420 HV0,1

\* K' - karbidi primarni  $\xrightarrow{100 \mu\text{m}}$  K'' - karbidi sekundarni

K<sup>e</sup> - karbidi eutektički

M - martensit

Materijal Y<sub>5</sub> ima podjednake karakteristike kao Y<sub>4</sub> u pogledu udjela i mikrotvrdoće faza ali je veličina zrna karbida manja nego kod Y<sub>4</sub>.

Ocjena: bolji od Y<sub>4</sub>.

Materijal Y<sub>6</sub> ima nešto manji udio karbida i značajno manju mikrotvrdoću matici. Veličina zrna karbida je veća nego kod Y<sub>4</sub> i Y<sub>5</sub>.

Ocjena: lošiji od Y<sub>4</sub> i Y<sub>5</sub>.

Relativna otpornost trošenju ovih materijala, prema podacima iz eksploatacije, prikazana je na sl. 13.

U eksploataciji su dakle materijali Y<sub>4</sub> i Y<sub>5</sub> podjednako otporni dok je Y<sub>6</sub> znatno slabiji. To se slaže s ocjenama na temelju analize mikrostrukture osim ocjene da je Y<sub>5</sub> značajno bolji od Y<sub>4</sub>.

Dodatane informacije o procesu trošenja pružaju topografske (TOPO) i snimke rasporeda kroma (Cr-K<sub>α</sub>) istih mesta trošenih površina snimljene na scanning elektronskom mikroskopu (SEM), sl. 14.

Usporedbom TOPO i Cr-K<sub>α</sub> snimaka može se zaključiti da izbočine na trošenim površinama čine karbidi, koji su tvrdji od kvarca a udubljena je matica, koja je mekša od kvarca.

#### ZAKLJUČAK

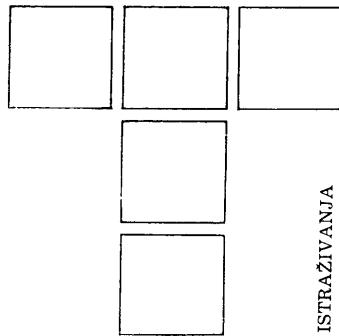
Analizom mikrostrukture materijala, uzimajući u obzir udjelu faza, njihove mikrotvrdoće i veličine zrna, te mikrotvrdoću abraziva, moguće je kvalitativno ocijeniti relativnu otpornost pojedinih materijala abrazivskom mehanizmu trošenja. Ove ocjene nisu dovoljno selektivne da bi uzele u obzir male razlike između pojedinih materijala ali mogu korisno poslužiti u fazi izbora varijantnih rješenja materijala otpornih trošenju. Za kvantificiranje relativne otpornosti pojedinih materijala trošenju neophodno je laboratorijsko ili eksploatacijsko ispitivanje.

#### LITERATURA

- [1] V. IVUŠIĆ, Izbor materijala otpornih trošenju, Skup o konstruiranju, Zagreb, 1984.
- [2] ... DIN 50320
- [3] D. SCOTT, Treatise on Materials Science and Technology, Volume 13, Academic Press, New York, 1979.
- [4] M. CZICHOS, Tribology, Elsevier, Amsterdam, 1978.
- [5] M. KUKURUZOVIĆ, Diplomski rad, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 1983.

S. ĐEKIĆ

# Neke karakteristike habanja gumenih zaptivki hidrauličnih uređaja



ISTRAŽIVANJA

## UVOD

Široka primena hidrauličkih uređaja kod različitih tehničkih sistema podrazumeva da oni moraju da budu i vrlo pouzdani u radu. Pouzdanost celog sistema je često vezana za ispravno funkcionisanje hidrauličkih uređaja koji treba da ostvare najčešće određena pomeranja ili sile.

Hidraulički cilindri obično treba da za promenu pritiska u ulju daju određenu silu na klipnjači ili, kao što je slučaj kod hidrauličkih amortizera, da za određena pomeranja klipnjače sa klipom ostvare određeni otpor kretanju-prigušenje [1].

Veličina sile koja se ostvaruje na klipnjači funkcija je velikog broja faktora (parametri kretanja, konstrukcijske karakteristike elemenata i dr.).

S obzirom na pritiske koji vladaju u ulju i u cilindru i na kretanje, klipnjača ovakvih uređaja mora da bude dobro zaptivena tj. mora da se ostvari potrebna hemičnost radnog prostora.

Poseban problem zaptivanja prisutan je kod hidrauličkih amortizera vozila koji treba da daju određenu silu otpora pri oscilovanju vozila. U cilindrima ovih uređaja mora da se održava određena količina ulja, jer u protivnom sila otpora pada do ispod dozvoljenog nivoa, što je i najčešći uzrok otkazivanja pri eksploataciji.

Sa jedne strane, kod ovih uređaja treba zaptivanjem onemogućiti isticanje ulja, a istovremeno treba omogućiti dobro podmazivanje kontaktne površine zaptivke i klipnjače (zbog smanjenja trenja) uz istovremenu zaštitu od spoljne sredine.

Bez obzira što se određenim konstruktivnim rešenjima može obezbediti dobro zaptivanje ono vremenom postaje manje pouzdano zbog raznih fizičko-hemijskih procesa koji se odigravaju u kontaktnim slojevima zaptivnog dela.

Period ispravnog funkcionisanja hidrauličkih uređaja je obično vezan za vek trajanja zaptivnog elementa tj. za količinu propuštanja ulja kroz zaptivni element, što je funkcija procesa koji se odigravaju u kontaktnom sloju (procesa habanj-), koji naleže na tvrdju i otporniju površinu klipnjače. Iz tih razloga u radu je pokušana da se objasni suština promena i pojava u kontaktnim slojevima gumenih zaptivki amortizera u uslovima u kojima funkcionišu.

Osim uslova i oblika habanja zaptivnog dela daju se i promene pojedinih karakteristika materijala zaptivke. Rezultati se odnose na gumene zaptivke hidrauličkih amortizera automobila ZASTAVA 101 i ZASTAVA 750 sa klipnjama prečnika 20 mm i 11 mm.

## USLOVI ZAPITIVANJA I KONTAKTA ZAPТИVKE SA KLIPNJAČОМ KOD HIDRAУЛИЧКИХ AMORTИZERA

Zaptivanje radnog prostora hidrauličkih amortizera vrši se iz dva razloga:

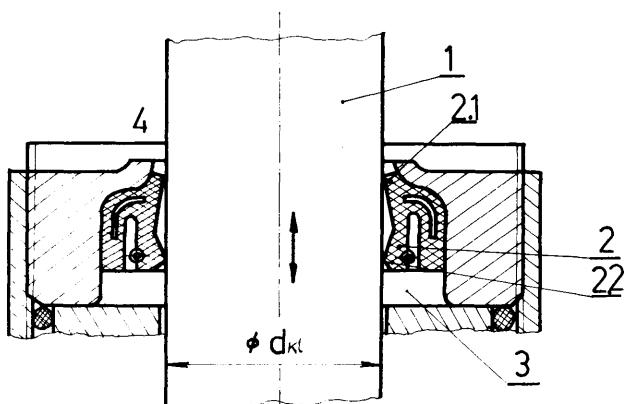
- da ulje iz amortizera ne ističe i
- da u amortizer ne prodiru prljavštine, vlaga, pršina i dr.

Iz navedenih razloga se koriste obično gume zaptivke koje imaju deo za "brisanje" (2.1; sl. 1) i deo za zaptivanje (2.2; sl. 1).

Da bi zaptivanje bilo uspešno zaptivka treba da obezbedi sledeće:

- da je pogodna za dobro zaptivanje u datim uslovima,
- da je otporna na uticaj ulja
- da je otporna na habanje
- da ima mali koeficijent trenja
- da je pogodna za upotrebu na temperaturama -40 - 120°C

- da je otporna na naftine derivate
- da je otporna na starenje na vazduhu i u ulju
- da ima tvrdoću po Šoru iznad 80 i dr.



Sl. 1

Kao osnovni pokazatelj efikasnosti zaptivanja služi stepen hermetičnosti koji se izražava masom ulja koje istekne kroz zaptivku. Stepen ispravnosti jedne zaptivke može se izraziti odnosom [4]:

$$i = 1 - \frac{m}{m_d} = 1 - \frac{1}{m_d} \int_{t_0}^{t_p} m(t) dt$$

gde je:  $m, m_d$  - faktička i dozvoljena masa ulja koja istekne kroz zaptivku za period  $t_p$ ,  
 $m(t)$  - funkcija koja opisuje isticanje u toku vremena  $t_p$ ,  
 $t_0$  - moment kada počinje isticanje ulja (s obzirom da ono ne ističe od samog početka eksploatacije).

Sposobnost ispravnog funkcionisanja svakog hidrauličkog cilindra, a posebno amortizera, zavisiće, dakle, od količine ulja koje uspe da iscuri van, a što je funkcija velikog broja faktora koje možemo razvrstati u više grupa [4]:

- 1) - faktori koji karakterišu uslove rada (temperatura, opterećenje, brzina i učestanost pri krstanju, vibracije i dr.),
- 2) - faktori koji su vezani za svojstva sredine koja se zaptiva (temperatura ulja, termofizička svojstva, hemijska aktivnost ulja i spoljne sredine, sposobnost proticanja ulja kroz male otvore i dr.),
- 3) - faktori vezani za svojstva materijala elemenata koji se zaptiva (klipnjače) i materijala zaptivke (mehanička svojstva, relaksacione osobine i dr.).

bine i dr.),

- 4) - faktori vezani za konstruktivne karakteristike elemenata koji se zaptivaju i greške montaže (masa, dimenzije i oblik, uslovi hladjenja i podmazivanja, saosnost, karakteristike površina i dr.),
- 5) - faktori vezani za uslove eksploracije (periodični pregledi i intervencije, remont i dr.),
- 6) - faktori vezani za fizičko-hemiske procese u zoni kontakta koji su ponekad i najvažniji (promena osobina materijala u kontaktnim slojevima; promena strukture, geometrije i dr. usled habanja, deformacija i dr.).

Kod hidrauličkih amortizera, bez obzira na sve što se preduzima da se stvore povoljni uslovi za dobro zaptivanje (pogodan materijal, oblik zaptivke, kvalitet površine klipnjače i dr.), tokom vremena dolazi do isticanja određene količine ulja, što kao posledicu ima opadanje sila prigušenja i na kraju otkazivanje.

Sistem zaptivanja hidrauličkih amortizera (sl. 1) predstavlja praktično jedan tribomehanički sistem kod koga se ostvaruje kontakt nemetala-gumene zaptivke (2) sa metalnom klipnjačom (1) [3]. Pri tome se kontakt odvija u sredini gde se jedne strane imamo ulje (3) dok se sa druge strane nalazi sredina (4) koja sadrži vlagu, ulje, prašinu i dr., bez obzira što je konstrukcija zaptivke takva da ima jednu tzv. "brišuću" ivicu (2.1) koja služi za uklanjanje ovih primesa.

Zaptivka kao element ovakvog tribomehaničkog sistema predstavlja kritičan element s obzirom na svoje fizičko-mehaničke osobine koje omogućuju brže habanje i razaranje u odnosu na kontra telo-klipnjaču.

Klipnjače se kod hidrauličkih amortizera obično hrani miraju (u cilju povećanja otpornosti na habanje i smanjenje trenja) i bruse sa klasom hrapavosti N3. Ovakvo formirana hrapavost pokazala se u neku ruku optimalnom s obzirom da mnogo glatke površine nisu sposobne da pri klizanju zadržavaju potrebnu količinu ulja za podmazivanje, dok sa druge strane mnogo hrapave površine izazivaju ubrzano habanje i razaranje površinskog sloja zaptivke, smanjuju stvarnu kontaktну površinu i dr.

Ukoliko je cilj postizanje minimalnog koeficijenta trenje može se naći i odgovarajuća hrapavost klipnjače [4,7]. Pri kontaktu zaptivke sa klipnjačom, koja ima određenu hrapavost, može se koeficijent trenja izraziti u funkciji od parametara hrapavosti i mehaničkih osobina zaptivke kao:

$$f = A \left( \frac{R_{max}}{r} \right)^{-\nu/2\nu} + \beta + B \left( \frac{R_{max}}{r} \right)^{\nu/2\nu+1}$$

gde su:  $A, B$  - konstante zavisne od specifičnog opterećenja, uslova podmazivanja i mehaničkih osobina gume.

Hrapavost koja bi odgovarala minimalnom koeficijentu trenja može da se nadje po izrazu:

$$\Delta = \left( \frac{R_{\max}}{r} \right) = 15 \left( \frac{\sigma_o}{\alpha r} \right)^{5/4} p^{-1/2} \theta^{3/4}$$

Osnovna analitička zavisnost na osnovu koje se može naći intenzitet habanja imala bi oblik:

$$I = C \left( \frac{pv}{K_v} \right)^{1+\beta t} \left( \frac{K_f^y}{\sigma_o v} \right)^t \left( \frac{R_{\max}}{r} \right)^{\frac{t(1-\beta)}{2}} (\eta_c b)^{-\beta t}$$

gde je:  $\beta = \frac{1}{2(v+1)}$  - parametar krive nošenja,

$R_{\max}$  - maximalna visina neravnine klipnjače,

$r$  - radijus zaobljenja vrhova neravnina,

$r, \sigma_o$  - parametri krive frikcionog zamora,

$\eta_c$  - relativna konturna površina

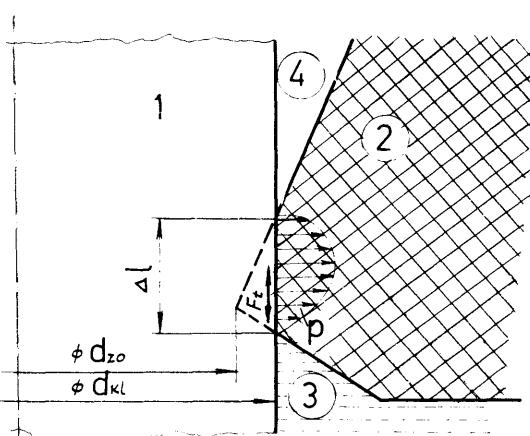
$v = \frac{1-\mu^2}{E}$  - koeficijent elastičnosti,

$p$  - nominalni specifični pritisak,

$b, v$  - parametri kojima se aproksimira početni deo krive nošenja.

$K_v, K_f^y$  - funkcije zavisne od materijala i koeficijenta trenja (za gumu se može uzeti  $K_f^y = 3$ ).

Zaptivka, kao vrlo elastičan elemenat, naleže zaptivnom ivicom (sl. 2) na površinu klipnjače. Zaptivne ivice se prave sa određenom geometrijom, a radijus zaobljenja im je vrlo mali. Materijal zaptivke je na bazi kaučuka koga propisuje proizvodjač tako da zadovolji napred navedene uslove.



Sl. 2

ice se prave sa određenom geometrijom, a radijus zaobljenja im je vrlo mali. Materijal zaptivke je na bazi kaučuka koga propisuje proizvodjač tako da zadovolji napred navedene uslove.

U normalnom stanju, dok nije navučena klipnjača, zaptivna ivica ima prečnik za  $\phi d_{z0}$  manji od prečnika klipnjače. Pri navlačenju na klipnjaču zaptivni deo se razvlači pri čemu je relativno zatezanje:

$$\epsilon_z = \left( 1 - \frac{d_{z0}}{d_{kl}} \right) 100\%$$

dok se napon u tom delu zaptivke može naći kao:  $\sigma_e = \epsilon_z \cdot E$

Usled elastičnih deformacija zaptivne ivice pri natezanju zaptivke na klipnjaču javlja se određena sila pritiska na klipnjaču ( $F_e$ ). Osim toga, preko zaptivnog dela je postavljena spiralna opruga (prečnika 1,7 mm sa žicom prečnika 0,32 mm) koja takodje stvara određeni pritisak silom  $F_o$ . U momentima kada je pritisak sredine koja se zaptiva izjednačen sa spoljašnjim, ukupna sila kojom zaptivna ivica pritiska na klipnjaču biće:

$$F = F_e + F_o$$

Ova će sila biti veća kada ulje pod velikim pritiskom deluje na zaptivke čime stvara dopunski pritisak silom  $F_u$ , tako da je pri radu amortizera ukupna sila pritiska zaptivke na klipnjaču:

$$F = F_e + F_o + F_u$$

Usled delovanja ove sile, zaptivna ivica se elastično deformatiše tako da se kontaktna površina povećava i biće  $\pi \cdot d_{kl} \cdot \Delta l$ . Specifični pritisak na kontaktnoj površini zaptivke sa klipnjačom biće sada:

$$p = \frac{F}{\pi \cdot d_{kl} \cdot \Delta l}$$

Nažalost, veličina kontaktnog pritiska ( $p$ ) se vremenom smanjuje usled relaksacionih osobina materijala zaptivke, starenja gume i usled povećanja površine kontakta usled habanja (povećava se  $\Delta l$ ).

Kod zaptivki amortizera koje su ispitivane (zaptivke amortizera vozila ZASTAVA 101, sa prečnikom klipnjače 20 mm) merena je sila pritiska posebnim aparatom, pri čemu je dobijeno  $F = 48,45 \text{ N}$ . Svakako da je stvorena sila  $F$  veća pri radu amortizera, a kontaktni pritisak na pojedinim mestima (na strani gde deluje bočna sila jer su tu deformacije veće) postaje još veći.

S obzirom na silu trenja koja se javlja pri kretanju klipnjače ( $F_t$ ), kontaktni sloj se još dopunski deformatiše pri čemu pritisak neće biti ravnomerno rasporedjen, a raspodela će (zbog nesimetrične ivice) biti različita pri kretanju u jednom i drugom smjeru (sl. 2). Podmazivanje takodje neće biti isto pri kretanju u oba smjera s

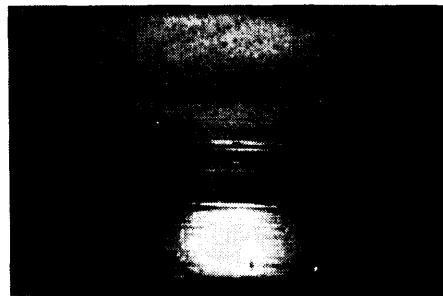
obzirom na različite sredine (3 i 4, sl. 1). Sve ovo čini uslove kontakta dosta složenim i promenljivim.

#### Habanje zaptivke

Kod različitih sistema zaptivanja različiti su i uslovi rada te se mehanizam trenja i habanja ne može uopštiti.

U slučaju ostvarivanja kontakta gume sa tvrdom metalnom podlogom sa određenim neravninama mogu se razlikovati tri vida habanja, a uglavnom su funkcija parametara hrapavosti kontra tela-klipnjače i osobina materijala zaptivke.

**A b r a z i v n o h a b a n j e** kontaktne površine zaptivke nastaje usled odnošenja materijala oštrim vrhovima neravnina na klipnjači. Klipnjača amortizera osim sa zaptivkom ostvaruje kontakt i sa vodjicom tako da se vrhovi neravnina veoma brzo odnose, bez obzira što je površina hromirana i ima veoma veliku tvrdoću. Zbog toga je ovaj oblik habanja naročito izražen u početnom periodu eksploatacije. Kako je materijal zaptivke vrlo elastičan, formirani rizivi su neznatne veličine i obično ne dovode do razaranja većih razmara. Tragovi abrazivnog habanja se na kraju perioda rada zaptivke skoro i ne primećuju s obzirom da površina klipnjače koja se haba postaje dosta glatka čime se eliminišu i uslovi za ovaj vid habanja. Na mikroskopskom snimku (sl. 3) kontaktne površine

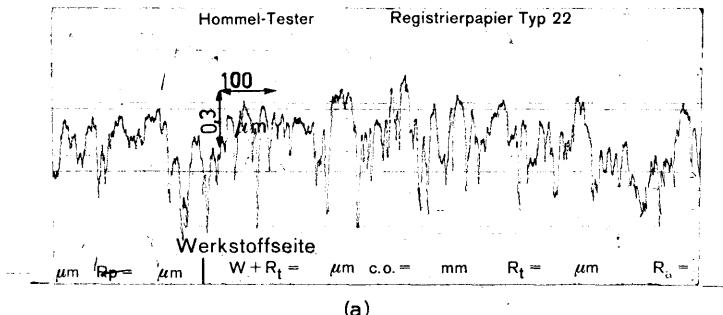


Sl. 3

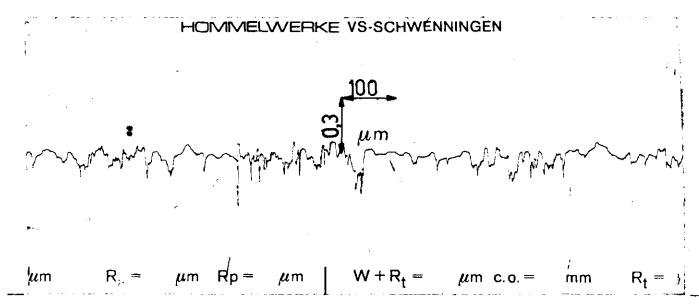
zaptivke koja je pohabana i prestala da obezbeđuje zaptivanje tragovi abrazivnog habanja se jedva i primećuju.

Na sl. 4 su prikazani profilogrami površine klipnjače amortizera ( $\phi 20 \text{ mm}$ ) i to na početku (sl. 4.a) i na kraju kada je došlo do otkazivanja (sl. 4.b).

**Z a m o r n o h a b a n j e** je oblik koji je najviše izražen kod zaptivki i obično dovodi do razaranja i docurenja ulja.



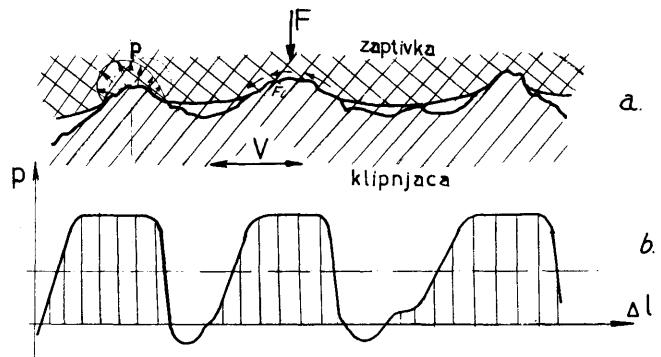
(a)



(b)

Sl. 4.a i b.

Osobine kontaktnog sloja zaptivke su takve da ona sledi konturu neravnina (osnovnih) na klipnjači, tj. fizički oblaže osnovne neravnine (sl. 5). Usled toga na



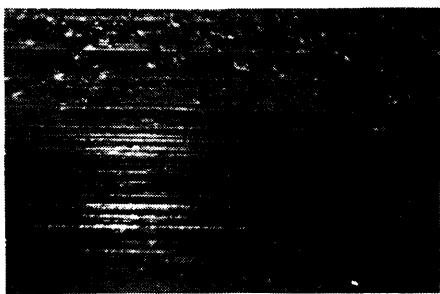
Sl. 5

pojedinim delovima nastaju elastični pritisci i athezione sile ( $F_z$ ). Raspored pritiska po neravninama biće različit i neravnomeran (sl. 5.b) i on se menja pri kretanju u oba smera. Ovo dovodi do promenljivog cikličnog opterećenja pojedinih delova i na kraju do odvajanja delića.

Na početku delići materijala koji se razaraju su mali, dok se kasnije povećavaju tako da se na kontaktnim

oj površini formira veliki broj većih jamica (kratera). Krateri formirani u početnom periodu stvaraju hrapaviju površinu koja se zatim još brže haba.

Na sl. 6 je prikazan snimak površine zaptivke kod koje su ti krateri jako izraženi. Primećeno je takođe da su oni veći oko same zaptivne ivice gde su i najveći kontaktni pritisci. Tako formirani krateri osim što smanjuju kontaktну površinu, omogućuju ulju da ističe iz zaptivnog prostora, iako u neku ruku pozitivno deluju na podmazivanje.



Sl. 6

Kod zaptivki koje nemaju oštru zaptivnu ivicu, već se zaptivanje vrši sa prstenastom površinom (kao kod zaptivki na amortizerima vozila ZASTAVA 750), zamorno habanje je naročito izraženo na ivicama zaptivnog prstena gde su i deformacije najveće. Izgled jedne takve pohabane zaptivne površine dat je na sl. 7.



Sl. 7

Može takođe da se primeti da su formirane jamice-krateri na zaptivnoj površini veći na onoj strani koja je više deformisana usled delovanja bočne sile koja se kod amortizera uvek javlja. Broj formiranih jamica i veličine, moglo bi u neku ruku da se uzmu kao pokazatelji pouzdanoći rada ili perioda zaptivanja.

Treći oblik habanja koji je karakterističan za slučajevе kod kojih je jedan materijal plastomer ili kao ovde gume, a sastoji se u formiranju sitnih delića materi-

jala usled otkidanja koji se valjaju između površina kontaktnih elemenata, ovde nije zapažen.

Osim što je zamorno habanje najviše izraženo s obzirom na uslove kontakta i povećanja broja ciklusa opterećenja, ono vremenom postaje intenzivnije i zbog promene osobina materijala usled starenja i delovanja topote.

#### PROMENE KARAKTERISTIKA MATERIJALA ZAPTIVKE U KONTAKTINOM SLOJU

Na zaptivku, osim opterećenja, deluje ulje, spoljna sredina kao i toplostva od ulja koja može da postigne temperaturu i preko  $80^{\circ}\text{C}$ , toplostva stvorena na mestu kontakta od sile tranje i dr.

Poznato je da ovakvi materijali gume pojedina svojstva usled starenja na vazduhu i u ulju, bez obzira kolika im je otpornost na ove promene. Pogotovo to je karakteristično za zaptivke amortizera koje sa spoljne strane dolaze u kontakt sa vazduhom, vodom, prašinom i dr. Usled toga guma vremenom gubi prvobitna elastična svojstva, što još više ubrzava proces habanja.

Od svih osobina, najvažnija je promena tvrdoće i elastičnosti gume.

Da bi se utvrdile ove promene merena je mikrotvrdoća po Šoru na više mesta po preseku zaptivnog dela, kao i po kontaktnoj površini. Merenja su vršena kod dva različita tipa zaptivki, a rezultati su dati u tabeli 1.

Prema dobijenim rezultatima vidi se da su najveće promene mikrotvrdoće na mestima gde su i kontaktni pritisci bili veći i gde je bilo najviše izraženo zamorno habanje. Razlog je verovatno u tome što su tu delovale i najveće temperature. Takođe se može primetiti da je kod zaptivki sa većom tvrdoćom veća promena osobina. Ovo ukazuje na to da tvrdoća materijala zaptivki treba da bude u određenim granicama iako je vladalo mišljenje da tvrdje zaptivke mogu da povećaju vek trajanja.

Rezultati u tabeli 1. odnose se na zaptivke hidrauličkih amortizera koji su bili ugradjeni na vozila i radili sve dok nije došlo do curenja većih količina ulja. Pri ispitivanju u laboratorijskim uslovima (na uredjaju za ispitivanje amortizera) primećuje se da je habanje manje izraženo a takođe su male i promene tvrdoće. Ovo svedoči o uticaju starenja materijala sa vremenom.

Da bi zaptivanje hidrauličkih uredjaja bilo uspešno i pouzdano u dužem intervalu mora se poći od konkretnih-realnih uslova koji vladaju u zaptivnom prostoru i okolini kao i uslova ostvarivanja kontakta zaptivke sa klipnjačom. Pouzdanost zaptivnog elementa, čak i kada su obezbedjeni optimalni uslovi, biće funkcija fizičko-he-

mjiskih proceesa koji se pri eksploataciji odigravaju u kontaktnim slojevima materijala.

TABELA 1.

A,B,C	Zaptivka amortizera sa vozila:	Mikrotvrdoća po Shoru								
		mesto merenja					u preseku			
		na površini	1	2	3	4	5	I	II	III
	A ZASTAVA 101	78	79	81	82	78	73	75	78	
	B ZASTAVA 750	76	78	80	69	69	79	78	79	
	C GOLF	82	87	88	90	81	87	89	90	

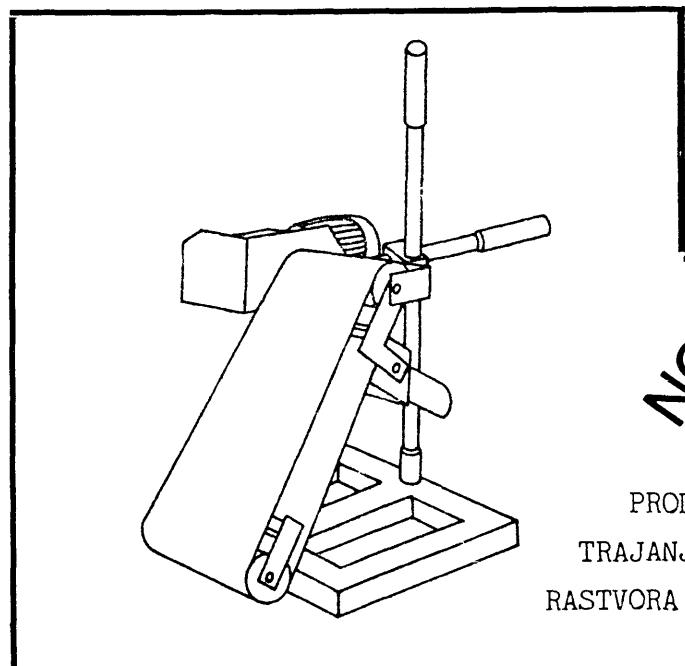
Kod hidrauličkih automobilske amortizera zaptivka predstavlja posebno odgovoran element, jer su uslovi rada dosta složeni. Posebnu pažnju pri rešavanju problema zaptivanja kod amortizera treba obratiti na izbor materijala zaptivke, oblik zaptivnog dela, veličinu kontaktnog pritiska, kao i na kvalitet površine klipnjače.

U početnom periodu eksploatacije više je izraženo abrazivno habanje, dok se kasnije javlja, i sve je izraženije, zamono habanje, koje uz starenje materijala predstavlja glavni uzrok otkazivanju zaptivanja, a time i funkcionisanje celog amortizera.

Promene mehaničkih karakteristika materijala zaptivke (naročito tvrdoće) usled delovanja temperature, ulja i dr. izražene su naročito na mestima većih pritisaka i kod tvrdih materijala.

#### LITERATURA

- [1] A.D. DERBAREMDIKER; Gidravličeskie amortizatori avtomobilej, Mašinostroenie, Moskva, 1969.
- [2] B. IVKOVIĆ: Osnovi tribologije u industriji prerade metala, Gradjevinska knjiga, Beograd, 1983.
- [3] S. DJEKIĆ: Identifikacija tribomehaničkih sistema sadržanih u hidrauličkim amortizerima putničkih vozila, Tribologija u industriji, No 1/1984.
- [4] I.V. KRAGELJSKIJ: Trenie iznašivanje i smazka, knjiga 2, Mašinostroenie, Moskva, 1979.
- [5] H. ČIHOS: Sistemski analiz v tribonike, "Mir", Moskva, 1982.
- [6] D. MUR: Osnovi i primenjenja triboniki, "Mir", Moskva, 1978.
- [7] A. V. ĆIĆINADZE: Isledovanije po tribotekhnike, Moskva, 1975.



NOVO  
SHP — SEPARATOR

UREDAJ ZA IZDVAJANJE HIDRAULIČNIH I DRUGIH  
ULJA IZ RASTVORA I EMULZIJA  
PRODUŽAVA VEK  
TRAJANJA EMULZIJA I  
RASTVORA ZA NEKOLIKO PUTA

• Za bliže podatke obratite se na adresu:

Zavodi »Crvena zastava«  
OOUR »MAŠINE«