

tribologija u industriji

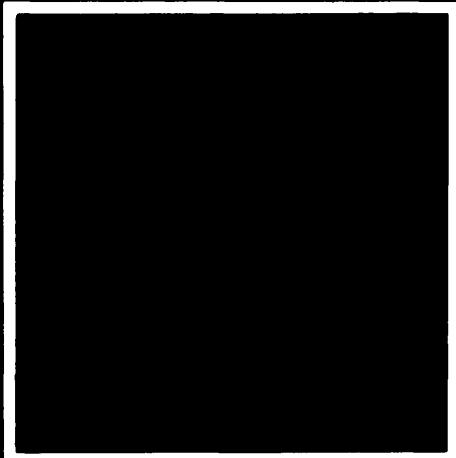
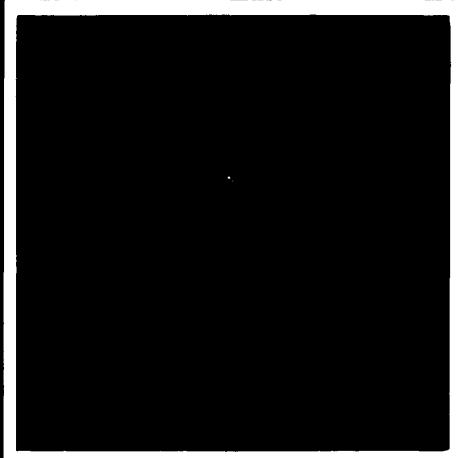
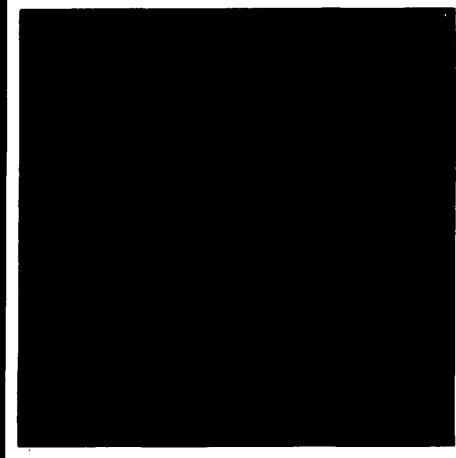
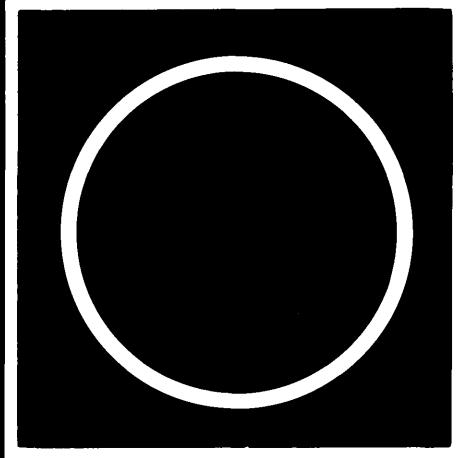
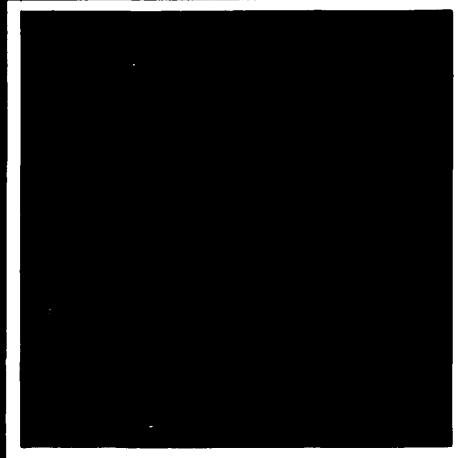
YU ISSN 03551-1642

GODINA XII

JU

DECEMBAR 1980

4



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

tribologija u industriji

sadržaj contents содержание

UVODNIK INTRODUCTION ПЕРЕДОВИЦА	B. IVKOVIĆ: TIS - informacije, jedan od izlaza iz Tribološkog informacionog sistema - TIS - Informations, one of the Outputs from Tribological Information System - ТИС - информации, одын от выхода из Трибологического система	99
ISTRAŽIVANJA RESEARCH ИССЛЕДОВАНИЯ	S. SEKULIĆ, P. KOVAC: Korelacija izmedju maksimalne i srednje hraptavosti pri okruglom brušenju - Correlation Between the Maximum Roughness height and the Mean Deviation of the Profile Surface in External Cylindrical Grinding - Соотношение между наибольшей высотой неровностей профиля обработанной поверхности при внешнем цилиндрическом шлифовании	101
	D. JEŠIĆ: Otpornost na trošenje nodularnog liva NL 420 i NL 600 u uslovima adhezionog trošenja - Wear Resistance of Ductile Iron NL 420 and NL 600 in Adhesive Wear Conditions - Износостойкость нодуларных чугунов НЛ 420 и НЛ 600 в условиях адхезионного изнашивания	107
NOVOSTI NEWS ИЗВЕСТИЯ	S. TANASIJEVIĆ, LJ. MILOVANOVIĆ, R. RADIVOJČEVIĆ: Razvoj domaćih maziva za lančane prenosnike - Development of Domestic Lubricants for Chain Transmission - Развитие отечественных смазок для цепных передач	111
KNJIGE I ČASOPISI BOOKS AND JOURNALS КНИГИ И ЖУРНАЛЬ	B. TADIĆ: Prilog analitičkom definisanju krivih habanja - Contribution to Analytical Definition of Wear Curves - К аналитическому определению кривых изнашивания	117
NAUČNI SKUPOVI SCIENTIFIC MEETINGS НАУЧНЫЕ СОБРАНИЯ	Zlatna medalja za tribologiju 1990. godine	121
REZIMEA ABSTRACTS РЕЗЮМЕ	123
	125
	127

TIS - informacije, jedan od izlaza iz tribološkog informacionog sistema

Tribologija kao nauka i tehnologija interdisciplinarnog karaktera bavi se, uglavnom, problemima trenja, habanja i podmazivanja u tribomehaničkim sistemima sadržanim u proizvodima svih vrsta počev od kućnih aparata pa, preko transportnih sredstava, do proizvodne i druge opreme u industrijskim sistemima. Rezultati triboloških istraživanja objavljaju se danas u brojnim specijalizovanim časopisima iz različitih oblasti nauke i tehnologije (fizika, hemija, nauka o materijalima, tehnologija i sl.) tako da je veoma teško i istraživačima, a posebno inženjerima u praksi, da sakupe sva, već dostignuta znanja, i da ih iskoriste u svom radu. Ovo se smatra osnovnim razlozima nedovoljne primene rezultata triboloških istraživanja u industrijskoj praksi. Da bi se ovaj problem rešio odnosno, da bi se obezbedila informisanost i istraživača i inženjera u praksi o tome kakvi se programi istraživanja realizuju u oblasti tribologije danas i kakvi su rezultati već dobijeni, formiraju se ubrzano u industrijski razvijenim zemljama Tribološki informacioni sistemi.

Tribološki informacioni sistem formiran u National Institute of Standards and Technology u USA

(početkom 1985. godine) sadrži šest vrsta podataka i naziva se ACTIS (Američki kompjuterizovani tribološki informacioni sistem).

Strukturu ACTIS-a čine baza numeričkih podataka o tribološkim karakteristikama materijala, maziva, elemenata sistema i sistema u celini, baza podataka o konstruisanju koja je namenjena projektantima koji nisu tribolozi, baza podataka informativnog karaktera, baza podataka o bibliografiji, baza podataka o istraživačkim programima koji su u toku i baza podataka o tribološkim proizvodima.

Baza podataka informativnog karaktera predstavlja u osnovi prvu vezu tribološkog informacionog sistema sa njegovim korisnicima, jer se preko nje informišu o tribologiji i oni koji nisu tribolozi, a u svom poslu treba da koriste tribološke podatke. Ova veza se ostvaruje na različite načine, a najčešće preko kratkih informativnih biltena u kojima se potencijalni korisnici obaveštavaju o postignutim rezultatima istraživanja, o susretima i konferencijama o tribologiji, o proizvodima tribološkog karaktera i sl.

Tribološki informacioni sistem koji se formira u okviru odgovarajućih

programa istraživanja na Mašinskom fakultetu u Kragujevcu sadrži za sada tri baze podataka i to:

- Bazu podataka o tribologiji obradnih procesa
- Bazu podataka o tribologiji mašinskih elemenata
- Bazu podataka o bibliografiji iz oblasti tribologije

Baza podataka o tribologiji obradnih procesa sadrži rezultate istraživanja tribološkog karaktera o svim elementima tribomehaničkih sistema u kojima se ostvaruju procesi obrade. Kada su u pitanju obradni procesi koji se izvode rezanjem, tribološke karakteristike se odnose na materijal predmeta obrade (obradivost materijala), eksploatacijske karakteristike reznih alata i eksploatacijske karakteristike sa gledišta postojanosti alata. U ovoj bazi podataka nalaze se i informacije o vezama između procesa trenja i habanja koji se razvijaju u zonama kontakta alata i materijala predmeta obrade i utroška energije pri rezanju, kvaliteta obradjene površine, veličine defektног sloja i sl.

Baza podataka o tribologiji mašinskih elemenata sadrži u osnovi tribološke karakteristike elemenata tribomehaničkih sistema kojima se

vrši prenos snage kretanja i informacija (ležišta, zupčasti prenošnici, lančanici, kaišnici, bregasti mehanizmi i sl.). Ova baza podataka sadrži posebno i reklamacije o tribološkim karakteristikama maziva koja su uvek prisutna u tribomehaničkim sistemima ovih vrsta.

Bibliografija treba da sadrži informacije o rezultatima ispitivanja iz oblasti tribologije koji se objavljuju u nekoliko vodećih svetskih časopisa iz ove oblasti. Predviđeno je da se obrade podaci objavljeni poslednjih deset godina i da oni čine osnovu ove baze podataka, koja će se u narednom periodu neprekidno dopunjavati.

U ovoj bazi podataka naći će se i naslovi knjiga koje na bilo koji način razmatraju problem trenja, habanja i podmazivanja u mehaničkim sistemima.

O Tribološkom informacionom sistemu biće sačinjena posebna informacija i u ovom časopisu u narednoj godini. Ovog puta skreće se pažnja korisnicima našeg časopisa na početak izlaska TIS-informacija kao jednog od vidova komunikacije između istraživača iz oblasti tribologije i inženjera koji se bave na direktni ili indirektni način problemima vezanim za procese trenja, habanja i podmazivanja u industrijskim sistemima. Očekuje se da se medju zainteresovanim stručnjacima za ove informacije nadju svi oni koji rade na projektovanju i održavanju mašina, alata, sredstava za hladjenje i podmazivanje, uredjaja i druge opreme u industrijskim sistemima.

TIS informacija sadrži rezultate istraživanja iz oblasti tribologije

obradjene tako da mogu da posluže projektantima tehnologije, organizatorima proizvodnih procesa i konstruktorima alata, mašina i druge opreme u svakodnevnom radu. Sveka TIS informacija sadrži četiri strane na kojima se nalaze uvodne napomene, rezultati istraživanja prezentirani na jednostavan način i preporuke za njihovo korišćenje u industrijskoj praksi.

TIS informacije iz baze podataka koje se odnose na tribologiju obradnih procesa sadržavaće informacije o obradivosti materijala predmeta obrade i tribološkim karakteristikama alata i sredstava za hladjenje i podmazivanje koji se koriste u proizvodnji delova raznim vrstama obrade. Pored ove tri grupe informacija i ove baze podataka proizilaže i TIS informacije o strukturi troškova obrade i produktivnosti obradnih procesa kod nas i u svetu sa cenama rada, materijala i energije.

Posebna pažnja u savremenim tribološkim istraživanjima poklanja se uticaju pohabanosti alata na utrošak energije u procesima rezanja i na kvalitet obradjene površine. TIS informacije o ovoj problematici biće štampane medju prvim brojevima.

Iz baze podataka o tribologiji mašinskih elemenata predviđa se izlaženje TIS informacija o tribološkim karakteristikama mašinskih elemenata pre svega (zupčanici, ležišta, kaišnici, elementi mehanizama i sl.) ali isto tako i o tribološkim karakteristikama maziva svih vrsta. U ovoj grupi TIS informacija nalaziće se i informacije o tribološkim karakteristikama prevlaka koja se danas sve više koriste na elementima tribome-

haničkih sistema. Izboru prevlaka za odredjene uslove kontakata posvećuje se inače veoma velika pažnja u savremenim istraživačkim programima.

TIS informacije iz bibliografije o rezultatima naučno istraživačkih radova objavljenih u nekoliko najuglednijih svetskih časopisa koji izlaze na engleskom, nemackom, francuskom i ruskom jeziku odnosiće se, prvenstveno, na tribologiju obradnih procesa i tribologiju mašinskih elemenata.

Prve dve informacije koje izlaze početkom 1991. godine odnose se na tribomehaničke sisteme u kojima se ostvaruju procesi rezanja. U prvoj informaciji se govori o uticaju pohabanosti alata na kvalitet obradjene površine pri obradi struganjem, a u drugoj o obradivosti grupe materijala pri obradi rezanjem sa energetskog aspekta.

U 1991. godini planira se štampanje 12 TIS informacija iz sve tri baze podataka. Dalji rad na razvoju formiranih baza podataka i stvaranje novih baza biće moguć ukoliko se oko tribološkog informacionog sistema okupi više institucija i više spoljnih saradnika - istraživača i stručnjaka iz prakse.

U pripremi TIS informacija i recenziji tekstova učestvuju kolegijum urednika koga čine profesori Univerziteta sa Mašinskog fakulteta u Kragujevcu, Mašinskog fakulteta u Beogradu, Fakulteta strojarstva i brodogradnje u Zagrebu i Fakulteta tehničkih nauka u Novom Sadu.

S. SEKULIĆ, P. KOVAC

Korelacija između maksimalne i srednje hrapavosti pri okrugлом brušenju

ISTRAŽIVANJA

1. UVOD

Veza između pojedinih parametara hrapavosti najčešće se daje u vidu prostih zavisnosti nezavisno od vrste obrade i materijala obradka, kao i ostalih uslova koji prate proces obrade. Tako se npr. veza između najveće visine neravnina i srednjeg aritmetičkog odstupanja profila od srednje linije, odn. njihove numeričke vrednosti, daju tabelarno (nemačka norma DIN 4767/70), a između srednje visine neravnina u deset tačaka i srednjeg aritmetičkog odstupanja profila od srednje linije, jugoslovenskim standardom JUS M.A1.020/79, uz napomenu da su ove približne.

Zavisnost između najveće visine neravnina i srednjeg aritmetičkog odstupanja profila od srednje linije $R_{max} = f(R_a)$, predstavljena je u eksponencijalnom obliku [1]

$$R_{max} = 6.1595 \cdot R_a^{0.98}$$

nezavisno od vrste materijala i uslova pod kojima se obrada izvodi. Obzirom da je eksponent u navedenoj zavisnosti blizak jedinici, može se zaključiti da između najveće visine neravnina i srednjeg aritmetičkog odstupanja profila postoji direktna proporcionalnost, tj.:

$$R_{max} = 6.16 \cdot R_a.$$

Pri završnoj obradi na strugu, tačnija veza između najveće visine neravnina i srednjeg aritmetičkog odstupanja profila od srednje linije i procenta nošenja i srednjeg aritmetičkog odstupanja profila od srednje linije, potražena je u eksponencijalnom:

$$R_{max} = B \cdot R_a^a$$

i linearном obliku

$$R_{max} = a \cdot R_a + b,$$

odnosno:

$$p_n = B \cdot R_a \quad i \quad p_n = a \cdot R_a + b.$$

Regresiona analiza eksperimentalnih vrednosti ukazuje na jaku korelacionu vezu između nezavisne i zavisne promenjive, obzirom da su u svim zavisnostima pripadajući koeficijenti korelacije vrlo visoki [2,3,4]. Pored obrade na strugu učinjen je pokušaj određivanja veze između parametara hrapavosti pri obradi brušenjem, pri čemu su analizirane obrade pri klasičnom brušenju i na punu dubinu brušenja [5,7,8,9], pri čeonom [6] i valjčastom glodanju [10].

U ovom radu potražena je veza između najveće visine neravnina i srednjeg odstupanja profila od srednje linije pri spoljašnjem cilindričnom brušenju, u eksponencijalnom

$$R_{max} = B \cdot R_a^a$$

i linearnom obliku

$$R_{max} = a \cdot R_a + b$$

2. EKSPERIMENTALNA ISTRAŽIVANJA

2.1 Parametri koji utiču na hrapavost obradene površine

Kvalitet obradene površine nakon završne obrade ima primarni značaj na eksploatacijske karakteristike obradaka (tačnost i kvalitet obradene površine). Kvalitet obradene površine karakteriše veliki broj parametara kao što su geometrijski i kinematski parametri, deformacija strugotine, stanje dinamičkog sistema - mašina alatka, pribor, obradak i alat, stanje pohabanosti reznog klina alata, itd.

Prilazi pri ispitivanju hrapavosti obradene površine mogli bi se podeliti u tri grupe: 1. geometrijski modeli, 2. modeli na bazi habanja alata i drugih pratećih utica-

Prof. Dr Sava Sekulić, dipl. ing.

Doc. Dr. Pavel Kovač, dipl. ing.

Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad

ja i 3. modeli koji baziraju na teoriji višefaktorskog plana eksperimentata.

Geometrijske i eksperimentalne modele pri rezanju "oštrim" alatom razradivali su: Schmaltz (1936), Opitz i Moll (1940), Galoway (1945), Beleckij (1946), Skragan (1947), Takenaka (1951), Krivouhov (1958), Bramertz (1961), Olsen (1968), Šolaja (1952 do 1972), Sekulić (1958 do 1979), Fischer (1971).

Uticaj konvencionalnog habanja i drugih parametara na hrapavost obradene površine proučavali su: Galoway (1945), Akinaci (1949), Pekelharing i Schuerman (1952), Thompson, Scott i Stabler (1953/4), Šolaja (1957 do 1972), Brazmertz (1961), Sekulić (1968), Pekelharing i Giesen (1967 do 1971), Selvom i Radharkrishnan (1973 i 1976), Snunmungan (1974), Lonardo (1976), Railey (1977), Wallbank (1979), Monheim (1980).

Statističke prilaze određivanju zavisnosti hrapavosti obradene površine na osnovu vešefaktorskog plana eksperimentata razvili su Rasch (1971), Kuljanić (1971), Taraman (1974 do 1977), Nassirpour i Wu (1977), Mišković (1978), Sekulić i Kovač (1979), Kovač (1980) [6], Kovač i Sekulić (1981) [7,8].

2.2 Matematički model korelaceone veze

U cilju određivanja korelaceone veze između najvećeg aritmetičkog odstupanja profilna od srednje linije sistematizovan je obimni eksperimentalni materijal vezan za ispitivanje dve vrste čelika alatom sa različitim poluprečnicima zaobljenja vrha r , pri različitim vrednostima režima rezanja (pomak s , brzina rezanja v i dubina rezanja δ) i vremena rezanja t (parametar t uzima u obzir stanje reznog klina vezano za njegovu pohabanost).

Korelaceone veze zatražene su u eksponencijalnom:

$$Y = B \cdot X^a$$

i linearnom obliku:

$$Y = a \cdot x + b$$

Ako prvu jednačinu logaritmujemo dobijemo

$$\log Y = \log B + a \cdot \log X$$

Označimo li sa

$$y = \log Y; \quad x = \log X; \quad b = \log B$$

u logaritamskoj mreži, takođe, dobijamo linearu zavisnost $y = ax + b$, pa se u oba slučaja primenjuje identična procedura pri obradi eksperimentalnih podataka (u prvom slučaju se unose logaritmi, a u drugom neposredno parametri hrapavosti).

Primenjujući metodu najmanjih kvadrata na linearu zavisnost oblika

$$y = a \cdot x + b$$

tj. da je zbir kvadrata pojedinih grešaka Δ_i minimalan [11]

$$(\sum A_i^2)_{\min}$$

dolazi se do sistema linearnih jednačina

$$\begin{aligned} \sum(x_i \cdot y_i) &= a \cdot \sum(x_i)^2 - b \cdot x_i = 0 \\ \sum y_i - a \cdot \sum x_i - N \cdot b &= 0 \end{aligned}$$

odnosno

$$\begin{aligned} A_1 \cdot a + B_1 \cdot b &= C_1 \\ A_2 \cdot a + B_2 \cdot b &= C_2 \end{aligned}$$

gde je:

$$\begin{aligned} A_1 &= \sum(x_1)^2; \quad A_2 = \sum x_i = B_i \\ B_2 &= N; \quad C_1 = \sum(x_i \cdot y_i); \quad C_2 = \sum y_i \end{aligned}$$

Gornji sistem ima rešenja:

$$a = \frac{D_a}{D} = \frac{\begin{vmatrix} C_1 & B_1 \\ C_2 & B_2 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} A_1 & B_1 \\ A_2 & B_2 \end{vmatrix}} = \frac{C_1 \cdot B_2 - C_2 \cdot B_1}{A_1 \cdot B_2 - A_2 \cdot B_1}$$

$$b = \frac{D_b}{D} = \frac{\begin{vmatrix} A_1 & C_1 \\ A_2 & C_2 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} A_1 & B_1 \\ A_2 & B_2 \end{vmatrix}} = \frac{A_1 \cdot C_2 - A_2 \cdot C_1}{A_1 \cdot B_2 - A_2 \cdot B_1}$$

Konstante A_1, \dots, C_2 određuju se tablično, čijom zamjenom se dobijaju numeričke vrednosti za a i b .

Koeficijent korelacije iznosi

$$r = a \cdot \frac{\sigma_x}{\sigma_y}$$

a varijansa x-vrednosti

$$\sigma_x^2 = \frac{1}{N} \cdot \sum x_i^2 - \bar{x}^2 = \frac{A_1}{B_2} - \left(\frac{A_2}{B_2} \right)^2$$

i varijansa y-vrednosti

$$\sigma_y^2 = \frac{1}{N} \cdot \sum y_i^2 - \bar{y}^2 = \frac{E}{B_2} - \left(\frac{C_2}{B_2} \right)^2; \quad K = \sum y_i^2$$

gde je srednja vrednost nezavisne promenljive

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \cdot \sum x_i = \frac{A_2}{B_2} = \frac{B_1}{B_2}$$

i srednja vrednost zavisno promenljive

$$\bar{y} = \frac{1}{N} \cdot \sum y_i = \frac{C_2}{B_2}$$

Posle odgovarajućih zamena za koeficijent korelacije dobijamo

$$r = \frac{C_1 \cdot B_2 - C_2 \cdot B_1}{A_1 \cdot B_2 - A_2 \cdot B_1} \cdot \sqrt{\frac{\left(\frac{A_1}{B_2} - \left(\frac{A_2}{B_1}\right)^2\right)}{\left(\frac{E}{B_2} - \left(\frac{C_2}{B_1}\right)^2\right)}}$$

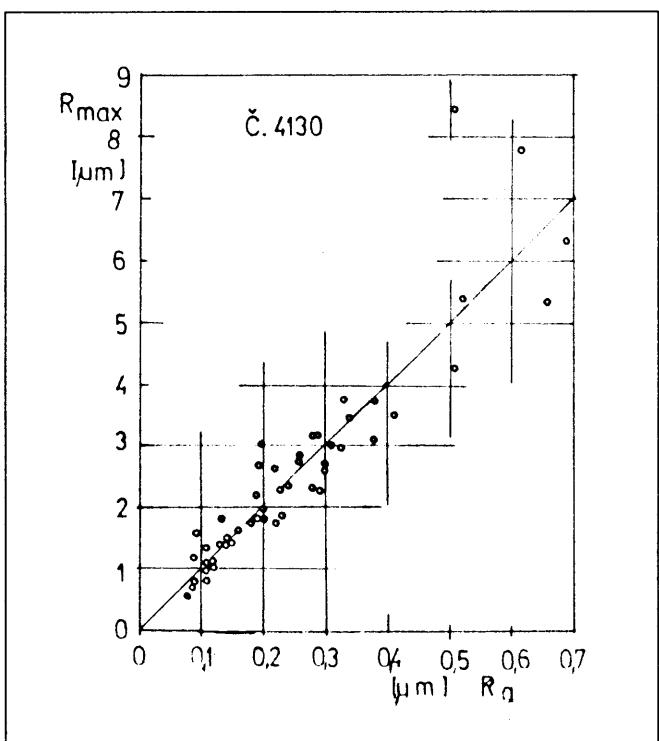
Ukoliko je koeficijent korelacije bliži jedinici, korelacija između promenljivih je jača.

2.3 Uslovi pri eksperimentalnom ispitivanju i obradi podataka

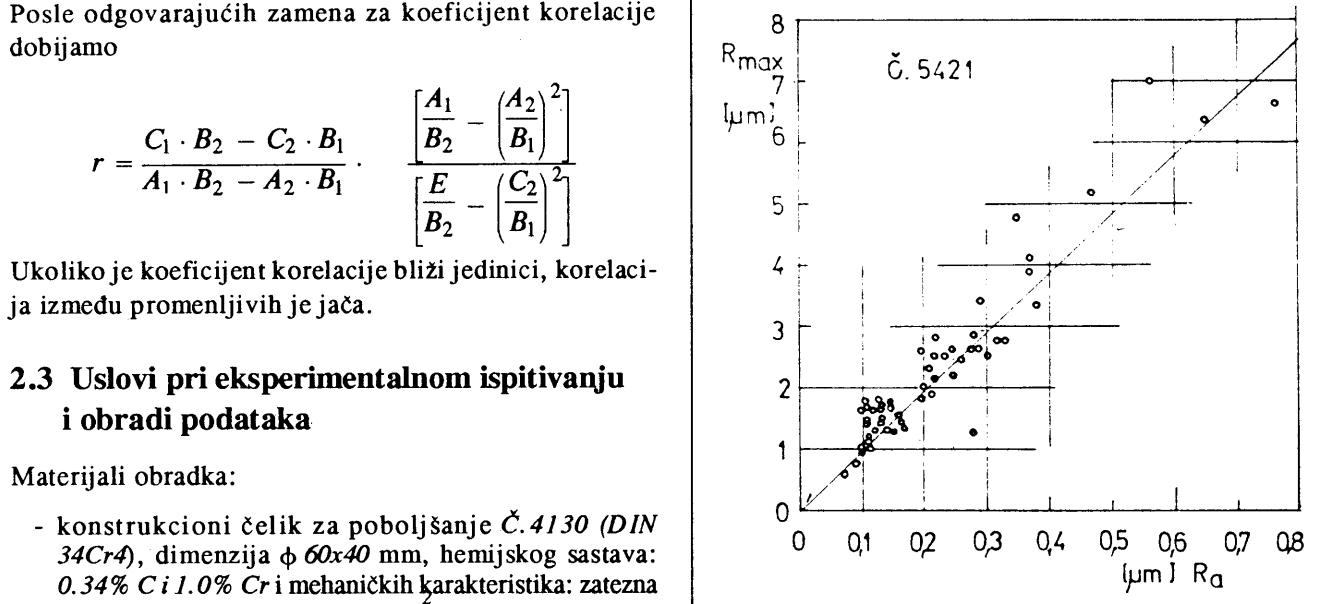
Materijali obradka:

- konstrukcijski čelik za poboljšanje Č. 4130 (DIN 34Cr4), dimenzija $\phi 60 \times 40$ mm, hemijskog sastava: 0.34% C i 1.0% Cr i mehaničkih karakteristika: zatezna čvrstoća $\sigma_M = 800 - 950$ N/mm², granica razvlačenja $\sigma_V = 550$ N/mm² i izduženje $\delta_5 = 14\%$.
- čelik za cementaciju Č. 5421 (DIN 18CrNi8), dimenzija $\phi 40 \times 40 \times 150$ mm, hemijskog sastava: 0.18% C, 2.0% Cr i 2.0% Ni i mehaničkih karakteristika: zatezna čvrstoća $\sigma_M = 1200 - 1450$ N/mm², granica razvlačenja $\sigma_V = 800$ N/mm² i izduženje $\delta_5 = 7\%$.

Obrada je izvođena na univerzalnoj brusilici za cilindrično brušenje proizvodnje LŽTK, Kikinda, tip AFC 630, razmaka šiljaka 630 mm, visine šiljaka 175 mm, maksimalnog prečnika brušenja $\phi 350$ mm, brzine pomoćnog kretanja stola (hidraulično) 2 do 26 m/min, snage pogonskog elektromotora 5.5 kW i broja obrtaja



Sl. 1. Linearna zavisnost izmedu R_{\max} i R_a pri obradi čelika Č. 4130



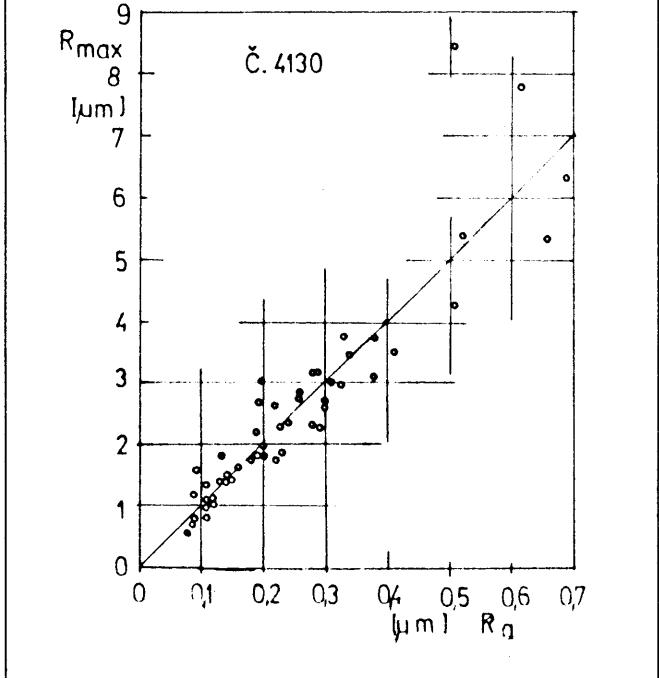
Sl. 2. Linearna zavisnost izmedu R_{\max} i R_a pri obradi čelika Č. 5421

tocila 1500 o/min, tocilom B60L6V dimenzija $\phi 350 \times 40 \times 127$ mm.

Parametri hrapavosti su mereni na *Pert-O-meter-u*, tip Universal.

U cilju dobijanja dovoljno pouzdane veze između promenljivih veličina posmatran je statistički reprezentativan uzorak $N = 54 > 50$.

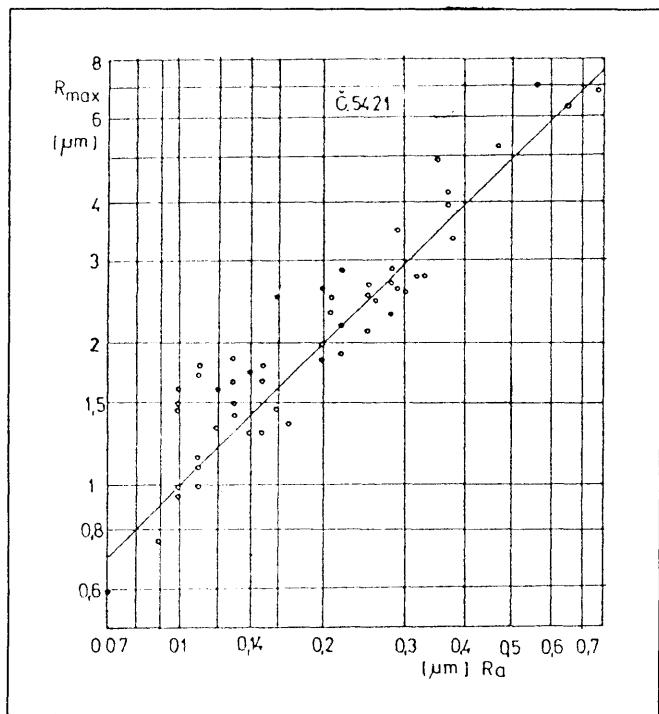
Izmerene vrednosti srednjeg aritmetičkog odstupanja profila od srednje linije R_a i najveće visine neravnina R_{\max} svrstane su u tabeli 1., a grafički prikaz dat je na



Sl. 3. Logaritamska zavisnost izmedu R_{\max} i R_a pri obradi čelika Č. 4130

Tabela 1.

Red. broj	v [m/sec]	s _a [mm/rev]	δ [μm]	Č.4130		Č.5421			
				R _a [μm]	R _{max} [μm]	R _a [μm]	R _{max} [μm]		
1	11.64	20	0.01	0.16	1.44	0.19	2.64		
2				0.22	2.51	0.18	1.81		
3				0.20	2.59	0.19	1.83		
4				0.20	1.98	0.23	2.27		
5				0.22	1.88	0.18	1.83		
6				0.25	2.51	0.22	2.59		
7	11.64	30		0.30	2.51	0.33	2.98		
8				0.25	2.66	0.34	3.47		
9				0.24	2.51	0.33	3.78		
10				0.33	2.76	0.41	3.42		
11				0.26	2.44	0.24	2.34		
12				0.28	2.66	0.38	3.08		
13	11.64	20	0.02	0.28	2.88	0.23	1.90		
14				0.21	2.32	0.22	1.78		
15				0.22	2.17	0.28	2.29		
16				0.35	4.68	0.38	3.66		
17				0.29	3.42	0.30	2.66		
18				0.29	2.61	0.26	2.71		
19	11.64	30		0.65	6.37	0.51	8.45		
20				0.47	5.20	0.51	4.27		
21				0.56	7.03	0.66	5.35		
22				0.37	3.91	0.69	6.35		
23				0.76	6.76	0.62	7.74		
24				0.37	4.13	0.52	5.40		
25	13.91	25	0.014	0.20	1.83	0.29	3.15		
26				0.25	2.22	0.29	2.25		
27				0.22	2.88	0.30	2.64		
28	18.41	3	0.002	0.09	0.76	0.08	0.59		
29				0.07	0.59	0.08	0.56		
30				0.17	1.37	0.09	0.78		
31	36.83			0.13	1.49	0.11	1.00		
32				0.14	1.27	0.20	2.00		
33				0.12	1.32	0.14	1.49		
34				0.11	1.78	0.09	0.85		
35				0.11	1.71	0.09	1.61		
36				0.10	1.59	0.09	1.12		
37	36.83	12		0.13	1.83	0.11	0.81		
38				0.14	1.73	0.11	1.12		
39				0.12	1.59	0.12	1.07		
40	18.41	3	0.008	0.10	0.95	0.12	1.03		
41				0.10	1.00	0.11	1.34		
42				0.11	1.15	0.13	1.42		
43	36.83			0.15	1.66	0.19	2.20		
44				0.15	1.29	0.20	1.83		
45				0.16	2.54	0.20	3.08		
46				0.15	1.76	0.14	1.44		
47				0.13	1.42	0.15	1.39		
48				0.11	1.46	0.16	1.64		
49	36.83	12		0.28	2.27	0.31	2.98		
50				0.32	2.76	0.28	3.20		
51				0.38	3.30	0.26	2.86		
52	26.04	7.5	0.004	0.13	1.66	0.14	1.42		
53				0.11	1.17	0.14	1.44		
54				0.11	1.00	0.13	1.83		



Sl. 4. Logaritamska zavisnost izmedu R_{\max} i R_a pri obradi čelika Č. 5421

slikama 1. do 4. Na dijagramima pored regresionih pravih ucrtane su i odgovarajuće eksperimentalne tačke.

Rezultati numeričke obrade podataka su dati u tabeli 2.

3. ANALIZA DOBIVENIH REZULTATA

Nakon obrade eksperimentalnih podataka, prikladnost matematičkih modela vrednovana je preko vrednosti koeficijenta korelacije, ali i na osnovu veličine eksponenta u eksponencijalnoj zavisnosti.

Kao što je poznato, ukoliko je koeficijent korelacije bliži jedinici koreaciona veza je jača. Međutim, ako je eksponent u eksponencijalnoj vezi blizak jedinici, ukazuje da između nezavisne i zavisne promenjive postoji linearna zavisnost.

U skladu sa gore izloženim može se generalno zaključiti da su u izvedenim zavisnostima pripadajući koeficijenti korelacije vrlo visoki ($r > 0.92$).

U eksponencijalnoj zavisnosti ukoliko je vrednost eksponenta bliska jedinici linearnu zavisnost bi, u principu, trebalo odbaciti.

Veličina eksponenta u zavisnosti $R_{\max} = B \cdot R_a^a$ iznosi: za Č. 1130 $a = 0.92$, a za Č. 5421 $a = 0.99$, što ukazuje na malo odstupanje od linearne zavisnosti. Međutim, kako su u eksponencijalnim modelima postignuti približno isti koeficijenti korelacije kao i kod linearne veze $R_{\max} = a \cdot R_a + b$ to se uspešno mogu koristiti oba modela.

Tabela 2.

Model	$R_{\max} = B \cdot R_a^a$	$R_{\max} = a \cdot R_a + b$
Materijal: Č.4130		
\bar{x}	0.1969	0.2273
\bar{y}	2.0817	2.3920
σ_x^2	1.3108	0.0192
σ_y^2	1.3248	1.9800
B	9.2685	-
b		0.02001
a	0.91798	9.6451
r	0.9358	0.9504
Materijal: Č.5421		
\bar{x}	0.2082	0.2468
\bar{y}	2.0830	2.5137
σ_x^2	1.3806	0.0225
σ_y^2	1.9288	2.6911
B	9.9231	-
b	-	0.02567
a	0.9945	10.0790
r	0.9454	0.9209

4. ZAKLJUČCI

Na osnovu napred izloženog može se zaključiti:

- da se za koreacione matematičke metode, koji povezuju srednje matematičko odstupanje profila od srednje linije i maksimalnu visinu neravnina, mogu usvojiti eksponencijalne i linearne zavisnosti, i
- da za ispitivane materijale, predloženim matematičkim modelima, postoji jaka koreaciona veza između posmatranih parametara.

LITERATURA

[1] DJAČENKO P.E. i dr, **O razvratke proekta međunarodnog standarta na šerohovatost poverhnosti**, Kačestvo poverhnosti detalej mašin, Trudi seminara po kačestvu poverhnosti, Sbornik 4, Izdatelstvo AN SSSR Moskva, 1959.

[2] SEKULIĆ S., KOVAČ P., **Korelacija između najveće visine neravnina i srednjeg aritmetičkog odstupanja profila od srednje linije obradene površine pri završnoj obradi na strugu**, Tribologija u industriji, god VIII, br. 1, 1986.

[3] SEKULIĆ S., KOVAČ P., **Korelacija medzi jednotlivymi parametrami drsnosti obrobeneho povrchu pri jemnom sustruženii**, Prednasky 3. Sympozijum INTERTRIBO'87, I.diel, April, 27, 1987. Vysoke Tatry.

- [4] SEKULIĆ S., KOVAČ P., Korelacija između procenta nošenja i srednjeg aritmetičkog odstupanja profila od srednje linije obradene površine pri završnoj obradi na strugu, Zbornik radova Međunarodnog savetovanja o novim proizvodnim sistemima i tehnologiji, AMST'87, Okt. 1987., Opatija.
- [5] CEBALO R., Korelacija između hrapavosti brušene površine kod različitih postupaka brušenja, Tribologija u industriji, god.IX, br. 2., 1987.
- [6] SEKULIĆ S., KOVAČ P., Korelacija između pojedinih parametara hrapavosti pri čeonom glodanju, Tribologija u industriji, god. X, br. 2, 1988.
- [7] SEKULIĆ S., KOVAČ P., Correlation between the maximum roughness height and the aritmetic deviation of the profile from the mean line of machined surface in surface grinding, Proc. 7. Int. Conf. ITER-GRIND'88, Nov. 1988. Budapest.
- [8] SEKULIĆ S., KOVAC P., Korelacija između procenta nošenja i srednjeg aritmetičkog odstupanja profila od srednje linije obradene površine pri ravnom brušenju, Zbornik radova Prve Jugoslovenske konferencije o tribologiji, Sept., 1989. Kragujevac.
- [9] SEKULIĆ S., KOVAČ P., Correlation between some roughness parameters of machined surface in surface grinding, Publication of the school of engineering sciences, Novi Sad, Vol. 19&20, Novi Sad, 1988&1989.
- [10] SEKULIĆ S., KOVAČ P., Korelacija između najveće visine neravnina i srednjeg aritmetičkog odstupanja profila od srednje linije obradene površine pri valjčastom glodanju, Zbornik radova II, Naučno-stručnog skupa MMA'90 - Fleksibilne tehnologije, Sept. 1990., Novi Sad, 1990.
- [11] VUKADINOVIC S., Elementi teorije verovatnoće i matematičke statistike, Privredni pregled, Beograd, 1973.

*Svim našim čitaocima
želimo uspešnu
1991. godinu*

Redakcija

D. JEŠIĆ

Otpornost na trošenje nodularnog liva NL 420 i NL 600 u uslovima adhezionog trošenja

ISTRAŽIVANJA

1. UVOD

Nodularni lijev zbog svojih dobroih osobina ima sve veću primjenu u različitim industrijskim granama. Pomoću toplinske obrade, a posebno sa izotermičkim poboljšanjem u bainitnu strukturu (bainitni ferit - zaostali austenit) područje primjenjivosti se znatno proširuje.

Nodularni lijev s obzirom na eksploatacijska svojstva ima vrlo široku primjenu. Primjenjuje se u industriji motora i poljoprivrednih strojeva, u brodogradnji, elektroindustriji i industriji šinskih vozila. Od njega se izrađuju opterećeni elementi strojeva npr. koljenasta vratila, stupajnice, bregaste osovine, stupovi, razna kućišta tijela turbina i sisaljki i dr.

U poslednjih desetak godina u svijetu je izrazito usmjerenje na primjeni izotermički poboljšanog nodularnog lijeva u strojarskoj industriji, naročito za dinamički opterećene dijelove.

Posebno je značajno da se na ovaj način vrši supstitucija otkivaka, čeličnih profila i čeličnih odljevaka što predstavlja znatnu uštedu u proizvodnim troškovima.

Tabela 1.

Materijal:	NL 420	NL 600
Obrada materijala	Epruveta broj	
Toplinski neobradjen	1.1	2.1
Izotermičko poboljšanje: $T_A = 900^\circ\text{C} / 90'$ $T_1 = 390^\circ\text{C}$	30'	1.3
	60'	1.5
	90'	1.7
Klasično poboljšanje: $T_A = 900^\circ\text{C} / 90'$ $T_p = 520^\circ\text{C} / 60'$	1.9	2.9

U radu su prikazani rezultati ispitivanja triboloških svojstava na adheziju izotermički poboljšanog nodularnog lijeva NL 420 i NL 600. Ispitivanja su provedena u Institutu "Djuro Djaković" - Slavonski Brod.

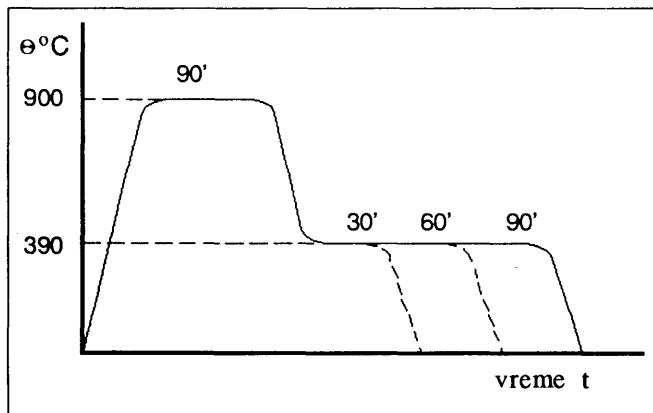
Ovim radom se čini pokušaj da se definiraju tribološka svojstva nodularnog lijeva otpornog na trošenje adhezijom.

2. PROGRAM I UVJETI ISPITIVANJA

Tribološka ispitivanja na adheziju su provedena na izotermički poboljšanom nodularnom lijevu NL 420 i NL 600 prema programu ispitivanja tabele 1. Pored izotermičkog poboljšanja također je izvršeno i klasično poboljšanje nodularnog lijeva prema sl. 1. i sl. 2.

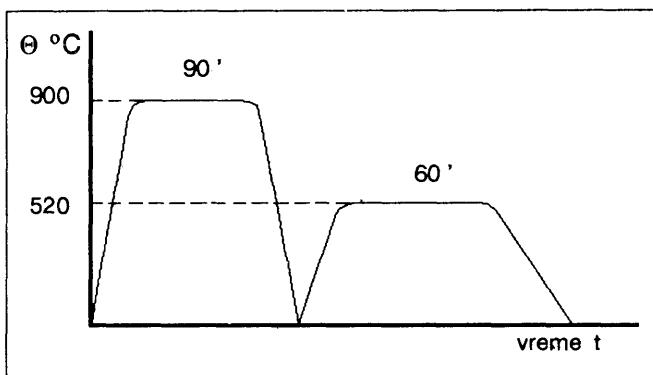
Kod ispitivanja epruveta na adheziju provedena su slijedeća mjerena:

- n - broj okretanja tarnog para
- l - početna dužina epruvete
- G - početna težina epruvete
- Δl - trošenje epruvete po dužini
- ΔG - trošenje epruvete po težini



Sl. 1. Izotermički poboljšane epruvete

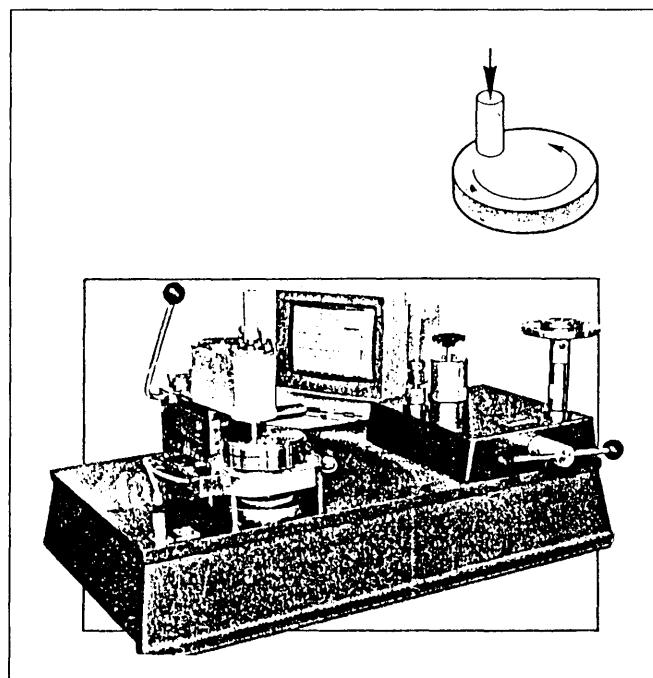
Dušan Ješić, dipl. ing
Zanatoprema
Rijeka



Slika. 2. Klasično poboljšane epruvete

Ispitivanje uzorka na adheziju provedeno je pri temperaturi od 18-20°C i relativne vlažnosti 60-70%.

Ispitivanje epruveta na trošenje adhezijom provedeno je na uredjaju TABER-ABRAZER model 503 po ASTM-D 3389. Tarni par epruvete od nodularnog lijeva i čelične ploče i tribometar prikazani su na sl. 3.



Slika. 3. Tribometar

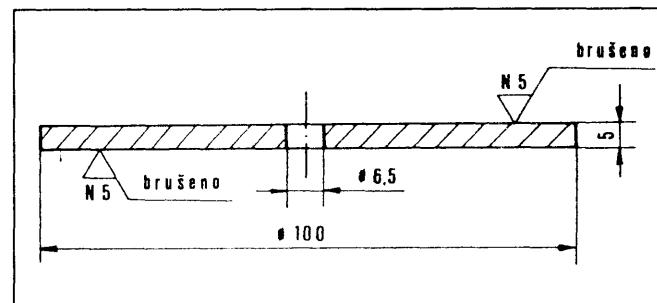
Ispitivanje na tribometru se vršilo na sledeći način:

Na TABER-ABRAZER je postavljena zakaljena ploča od čelika Č.4732 kaljena u ulju na 840°C/30 minuta (sl. 4.), zatim popuštena na temperaturu od 180° C/30 minuta. Tvrdoča ploče merena je na pet mesta, a rezultati mjerena su: HRC 55, HRC 57, HRC 56, HRC 57, HRC 57.

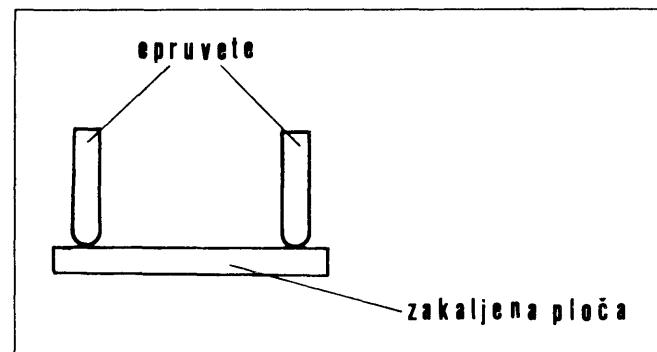
Srednja vrednost HRC 57.

Uzorak i ploča su bili stalno u kontaktu, ploča rotira pri čemu se uzorak troši.

Na sl. 5. prikazan je položaj ispitivanja pri kojem su epruvete stajale okomito na zakaljenu ploču. Veličine



Slika. 4. Zakaljena ploča

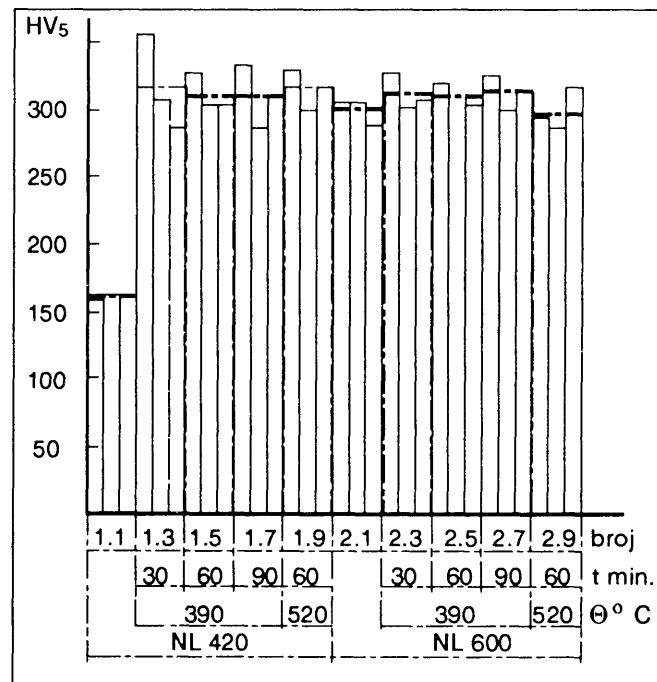


Slika 5. Položaj ispitivanja

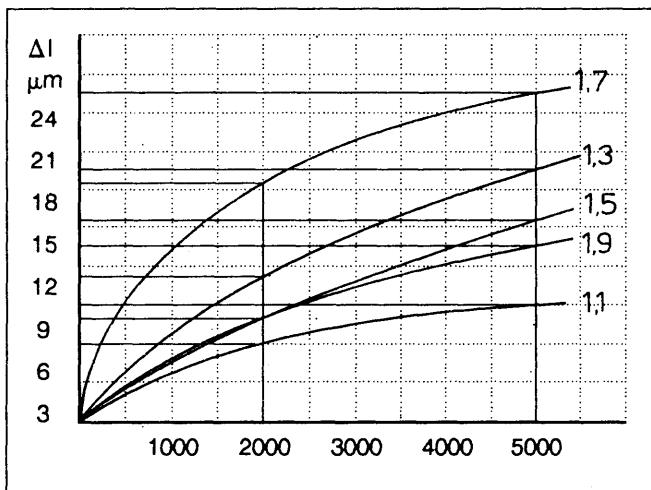
trošenja su prikazane dijagramski i to veličine gubitaka mase, promjene dužine i promjene kalote.

3. REZULTATI ISPITIVANJA

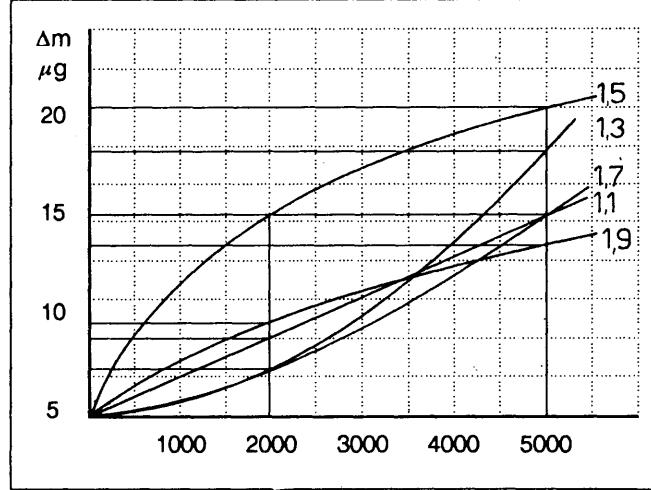
Prije ispitivanja na trošenje su utvrđene vrijednosti tvrdoće metodom HV 5, i to na svakoj epruveti izvršena su tri mjerena, čiji su rezultati prikazani na histogramu (sl. 6.). kod crtanja histograma uzete su srednje vrijednosti izračunatih tvrdoća.



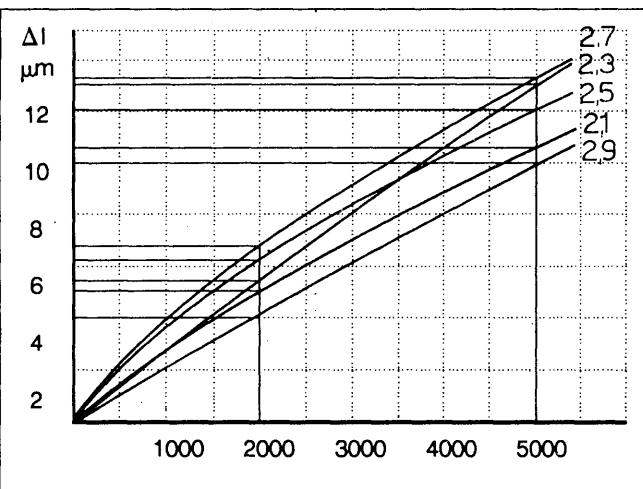
Slika 6. Histogram izmerenih tvrdoća



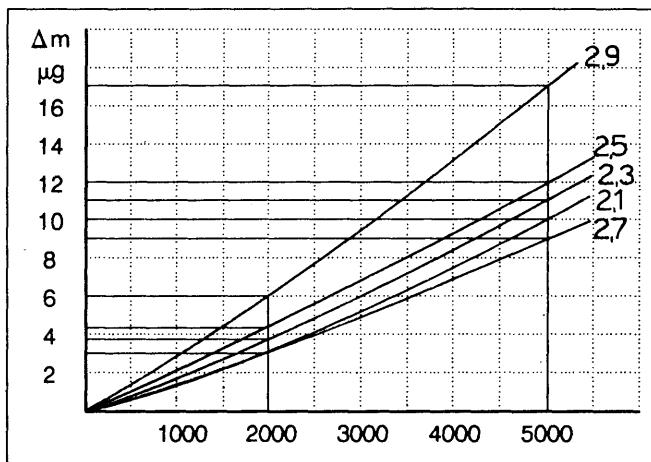
Slika 7. Trošenje adhezijom toplinski obradenog NL 420 izraženo preko smanjenja dužine epruvete



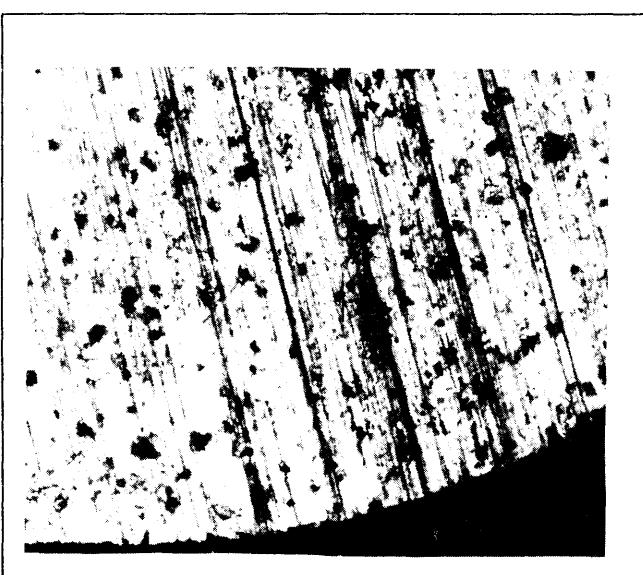
Slika 8. Trošenje adhezijom toplinski obradenog NL 420 izraženo preko gubitka mase epruvete



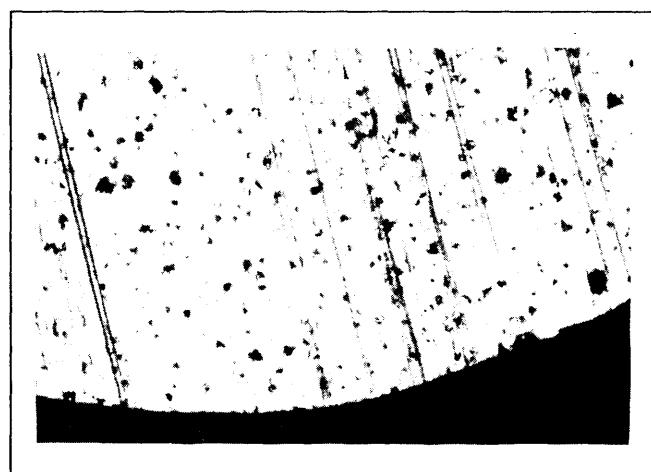
Slika 9. Trošenje adhezijom toplinski obradenog NL 600 izraženo preko smanjenja dužine epruvete



Slika 10. Trošenje adhezijom toplinski obradenog NL 600 izraženo preko gubitka mase epruvete



Slika 11. Tragovi nošenja (osnovni materijal NL 420)



Slika 12. Tragovi nošenja na uzorku (izotermički poboljšan NL 600)

Rezultati ispitivanja na trošenje adhezijom toplinski obradenog NL 420 prikazani su na dijagramima sl. 7. i sl. 8., a NL 600 dijagramima na sl. 9. i sl. 10.

Na sl. 11. i sl. 12. prikazani su tragovi trošenja. Na sl. 11. za osnovni materijal NL 420, a na sl. 12. izoter-

mički poboljšan NL 600 na temperaturi 390°C u vremenu od 90 minuta.

4. ZAKLJUČAK

Rezultati ispitivanja pokazuju da se izotermičkim poboljšanjem nodularnog lijeva može stvoriti struktura bainita i austenita, koja ima znatno povećane mehaničke osobine uz povišenu otpornost na trošenje u odnosu na toplinski neobradjeni nodularni lijev, što je vidljivo iz dijagrama sl. 8. i sl. 10. preko kontrole trošenja težine.

Prema tome ovakvom termičkom obradom dobije se materijal koji može zadovoljiti znatno više zahteva onih radnih dijelova koji su izvrnuti udarnom opterećenju i povećanom trošenju.

Na osnovu izvršenih ispitivanja može se takodjer zaključiti da je općenito otpornost na trošenje NL 600 veća od otpornosti NL 420.

Iz toga slijedi zaključak da je najotporniji materijal na trošenje pri normalnim eksploataciskim uvjetima, klasično poboljšan NL 600, koji je zagrijan na temperaturu 900°C u trajanju od 60 minuta.

LITERATURA

- [1] B. IVKOVIĆ, *Osnovi tribologije u industriji prerade metala*, IRO "Gradevinska knjiga", Beograd, 1983.
- [2] M. BRANKOVIĆ, S. MARKOVIĆ, *Livene legure željezo-ugljenik*, TMF Beograd, 1980.
- [3] JOHN DODD, *High strength, high ductility, ductile irons*, Modern casting, May 1978.
- [4] M. GAJOVIĆ, *Martezitno visokohromno liveno gvoždje visoke tvrdoće otporno na abrazivno habanje*, Tehnika, 3-1984.

*Da li ste
obnovili
pretplatu za
1991. godinu?*

S. TANASIJEVIĆ, LJ. MILOVANOVIĆ**R. RADIVOJČEVIĆ**

Razvoj domaćih maziva za lančane prenosnike

ISTRAŽIVANJA

1. UVOD

Lančani prenosnici su mehanički prenosnici kod kojih se prenos snage i kretanje ostvaruje gipkim elementima - lancima. U sastavu jednog lančanog prenosnika su i lančanici, kao i uredaji za zatezanje i podmazivanje.

Ispitivanje triboloških karakteristika lanaca, a posebno zglobova kao vitalnog sklopa, pokazuju da se lanac povlači iz eksploatacije usled prekomernog povećanja srednjeg koraka. Dopoljeno je izduženje koraka lanca $\Delta h = 3\%$, pri normalnom veku trajanja od 15.000 sati.

Mehanizam sprezanja lančanog prenosa, kao i konfiguracija tribomehaničkih sistema, uslovljava da na habanje lanaca utiče veliki broj faktora. Jedan od bitnih faktora koji utiču na habanje, pravilan rad i vek trajanja lanca, je nesumljivo i podmazivanje. Statistička istraživanja pokazuju da skoro 60% svih oštećenja lanaca je u glavnom izazvano nepodesnim sistemom podmazivanja i podmazivanjem neodgovarajućim mazivima.

U ovom radu prikazana je analiza karakterističnih oblika habanja i povreda elemenata pogonskih lanaca. Na osnovu višegodišnjih ispitivanja predstavljeni su neki od rezultata uticaja različitih vrsta maziva na habanje pogonskih lanaca koji rade u uslovima otvorenog prenosa. Valja pomenuti da je jedno od ispitivanih maziva i domaće mazivo, nastalo kao rezultat višegodišnje saradnje Rafinerije "Beograd" i Industrije "Filip Kljajić" u Kragujevcu.

Prof. dr Slobodan Tanasijević, dipl. ing.

*Mašinski fakultet,
Kragujevac*

*Ljubinka Milovanović, dipl. ing.
Rafinerija "Beograd",
Beograd*

*Ing. Radomir Radivojčević,
Industrija "Filip Kljajić",
Kragujevac*

2. KARAKTERISTIČNI OBLICI HABANJA I POVREDA LANČANOG PRENOSNIKA

Analiza velikog broja pohabanih lanaca u eksploataciji i laboratorijskim uslovima pokazuje da se na elementima tribomehaničkih sistema lančanog prenosa mogu javiti različiti oblici habanja i povreda. Uticaj velikog broja medusobno povezanih faktora uslovljava da se na kontaktnim površinama lanaca najčešće javljaju više oblika habanja istovremeno.

U tabeli 1. dat je pregled tribomehaničkih sistema lančanih prenosa i oblici habanja koji se na njima najčešće javljaju.

Najčešće identifikovani oblik habanja osovinica i čaura je abrazivno habanje. Tipično je za otvorene prenosnike, mada se javljaju i kod zatvorenih prenosnika koji rade u atmosferi punoj prašine. Geometrija zglobova, relativna kretanja elemenata sa manjim oscilatornim pomerenjima u sistemu osovinica - čaura i prisustvo vibracija, uslovljavaju česte pojave freting habanja kontaktih površina osovinica i čaura.

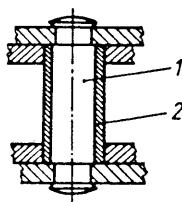
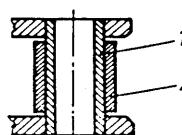
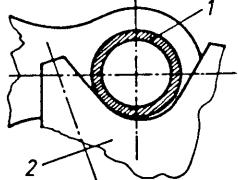
Često rad lančanih prenosnika u uslovima agresivnih sredina, koje hemiskim reakcijama izazivaju oksidisanje kontaktih površina i njihovo dalje razaranje, uslovljavaju pojavu korozije i freting korozije.

Kontaktna površina obuhvaćena freting-korozijom obično je pokrivena prevlakom crvenog oksida (Fe_2O_3), koja najpre izbija iz zglobova i koju je lako uočiti i na spoljnim lamelama članka. Kontaktna površina osovinice i čaure je obuhvaćena površinskim mikropukotinama i jamicama, ispunjenim produktima habanja.

3. UTICAJ MAZIVA NA HABANJE I VEK TRAJANJA POGONSKIH LANACA

Jedan od bitnih faktora koji utiču na habanje, pravilan rad i vek trajanja lanaca je nesumljivo i podmazivanje. Pravilnim podmazivanjem povećava se otpornost na ha-

Tabela 1.

BR.	TRIBO - MEHANIČKI SISTEM		ELEMENT SISTEMA	VRSTA KRETANJA	VRSTA HABANJA	NAJČEŠĆA VRSTA NABANJA
	SLIKA	NAZIV				
1		OSOVINICA - ČAURA	OSOVINICA	UDAR KLIZANJE	Abrazija Scoring Plastično tečenje Fretting Korozija Spalling Zamor	+
					Abrazija Scoring Korozija Fretting Zamor	+
2		ČAURA - VALJAK	VALJAK	UDAR KLIZANJE	Abrazija Zamor Korozija Plastično tečenje	+
3		VALJAK - ZUB LANČANIKA	ZUB LANČANIKA	UDAR KLIZANJE KOTRLJANJE	Zamor Abrazija Korozija	+

banje i ublažava udar članaka o zube lančanika. Dobro podmazivanje povećava stepen korisnog dejstva, smanjuje zagrevanje lanca, šum lančanog prenosa i produžuje vek trajanja.

Lanci koji rade u uslovima zatvorenog prenosa najčešće se podmazuju tečnim mazivima, zato što je njihova sposobnost prodiranja u zglobu lanca najveća. Najbolja su mineralna ulja sa dodatkom aditiva čija viskoznost zavisi od pritiska u zglobu, brzine lanca i temperature okoline.

Podmazivanje lanaca tvrdim mazivima (grafiti, sulfidi, plastmase) je opravdano u uslovima prisustva abrazivnih čestica u radnoj sredini. Lanci se podmazuju i kombinacijom tvrdih maziva u mineralnom ulju.

Po završenoj izradi a pre isporuke, lanci se konzerviraju posebnim mazivima - konzervanima. Uloga konzervana je veoma važna jer sprečavaju koroziju lanaca, a istovremeno služe kao i sredstva za podmazivanje u periodu uhodavanja. Ovo je posebno značajno kod otvorenih prenosnika gde konzervani služe za podmazivanje lanaca u toku cele eksplotacije.

Tabela 2.

OZNAKA	IZGLED	MIRIS	TEMPER. KAPANJA [° C]	SULF. PEPEO [%]	SADRŽAJ SUMPORA [%]	VRSTA METALA
MAZIVO: 1	Smeđa mast	Neutralan	75	1,10	0,38	Mg
MAZIVO: 2	Tamno - smeđa mast	Neutralan	65	0,365	0,75	Ca
MAZIVO: 3	Smeđa mast	Neutralan	78	0,53	1,3	Ba
MAZIVO: 4	Tamno - smeđa mast	Neutralan	110	0,002	1,33	-
MAZIVO: 5	Svetlo - smeđa mast	Neutralan	54	0,23	0,9	Zn

Problemi konzerviranja i podmazivanje otvorenih lančanih prenosnika spadaju u red problema posebnih važnosti, tim više što veliki broj lanaca rade u uslovima otvorenog prenosa.

U ovom radu prikazani su delimični rezultati višegodišnjih ispitivanja uticaja različitih vrsta konzervana na habanje i vek trajanja pogonskih lanaca Industrije "Filip Kljajić" u Kragujevcu. Cilj ovih istraživanja je dobijanje domaćeg konzervana koji bi sa uspehom zamenio dosadašnja skupa strana maziva.

3.1. Fizičko - hemijske karakteristike ispitivanih maziva.

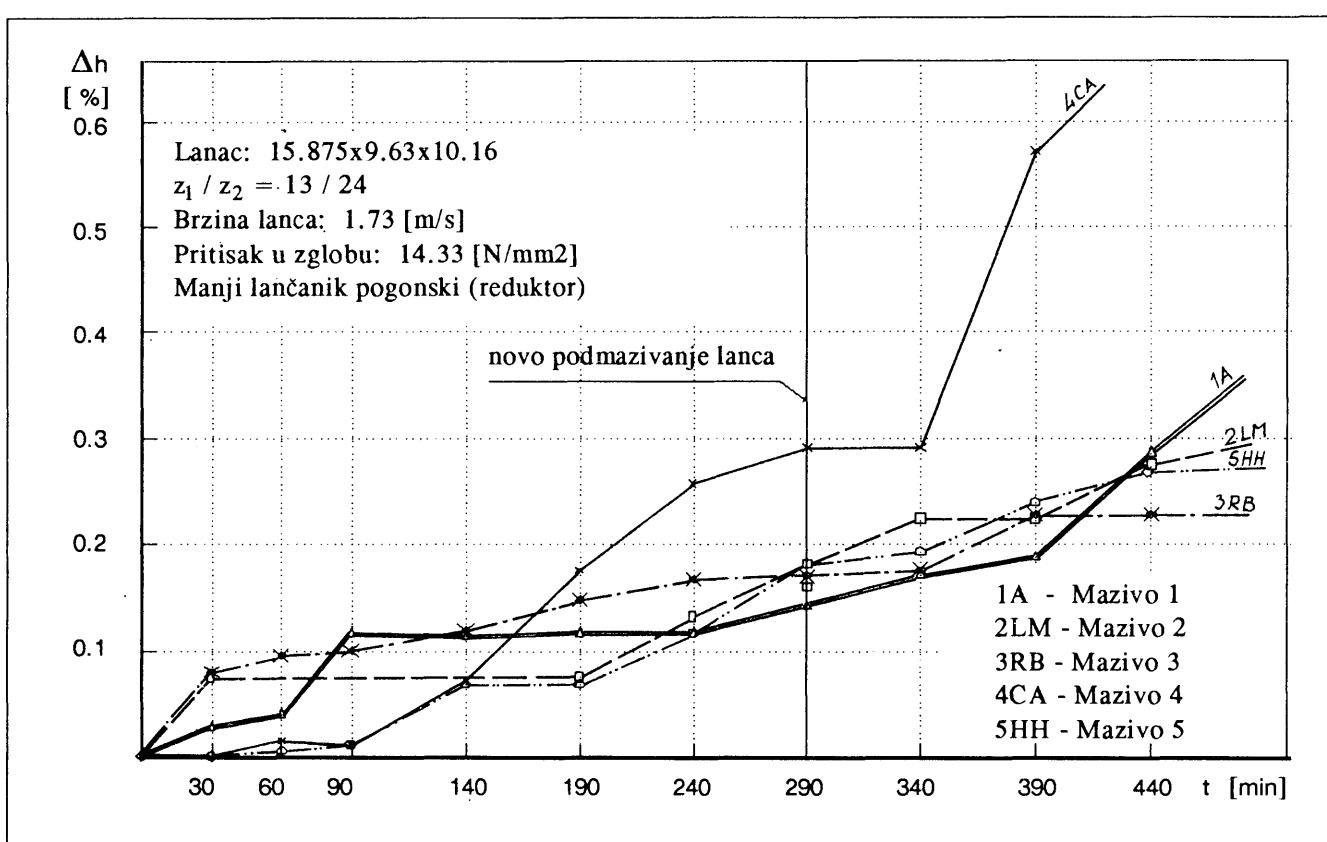
Analiza fizičko-hemijskih karakteristika ispitivanih maziva, vršena je u Laboratoriji Rafinerije "Beograd" u Beogradu. Rezultati sprovedenih ispitivanja prikazani su u tabeli 2.

Najinteresantnija upoređenja se mogu svakako dobiti analizom rubrike 6 koja govori o prisustvu metala u mazivu. Prisustvo katjona alkalnih i zemno-alkalnih metala u mnogome definiše funkcionalne osobine inhibitora korozije, tim pre što su aditivi u ovim kompozicijama i nosioci antikorozionih i antioksidacionih osobina. Prisustvo metala nije uočeno jedino u mazivu 4.

3.2. Analiza dobijenih rezultata

Rezultati eksperimentalnih ispitivanja uticaja različitih sredstava za konzerviranje i podmazivanja na habanje lanaca prikazani su u vidu dijagrama i dati na slici 1.

Analiza dijagrama pokazuje da izrazito najslabija maziva svojstva pokazuju mazivo 4, a da su ostala maziva po svojim kvalitetima manje - više slična.



Slika 1. Uticaj različitih vrsta maziva na habanje pogonskih lanaca

Analiza pokazuje da su maziva izradena na bazi vazelina, raznih vrsta sintetičkih voskova, uz dodatak odgovarajućih aditiva koji imaju antikorozione i antihabajuće osobine. Aditivi su uglavnom, po sastavu estri masnih biljnih ulja, cinkdiakil-ditiosfosfati ili masni amini. Svaki od ovih aditiva ima izrazite antihabajuće osobine i pri dužem vremenu trajanja.

Maziva su svetla ili tamna, neutralnog mirisa što omogućava udobno podmazivanje i duži boravak u sredini u kojoj lanci rade.

Sulfatni pepeo nije pravo merilo kvaliteta jer ga u mazivu 4 ima najmanje. Takođe i sadržaj sumpora. Na maziva svojstva, pokazalo se, najviše utiče prisustvo metala, koga u mazivu 4 nema. Ovo mazivo bez aditiva, pokazuje izrazito najslabija maziva svojstva. Mazivo 4 moguće je koristiti samo u kratkim periodima eksploatacije, pošto veoma brzo gubi svoje mazive osobine a što je na dijagramu uočljivo.

Naša ispitivanja pokazuju da najbolje rezultate pokazuju aditivi na bazi Ba (mazivo 3) i da su zaštitna svojstva

dvovalentnih metala iznad jednovalentnih, odnosno da otpornost na habanje opada idući od Ba ka Mg.

Na kraju važno je napomenuti da je mazivo 3 koje je pokazalo najbolje rezultate, mazivo domaće proizvodnje nastalo kao rezultat višegodišnje saradnje Rafinerije "Beograd" i Industrije "Filip Kljajić" u Kragujevcu.

Stvaranje domaćeg, kvalitetnog maziva, omogućilo je uspešnu zamenu dosadašnjeg skupog uvoza stranih maziva.

4. ANTIKOROZIVNE OSOBINE ISPITIVA- NIH KONZERVANA

Korozija je čest oblik habanja pogonskih lanaca. Karakteristična je za lance koji rade u uslovima hemijsko-aktivnih, maloviskoznih radnih sredina. Pošto lanci rade u velikom broju slučajeva u uslovima otvorenog prenosa snage, izloženi uticaju agresivnih sredina, logična je i opšta prisutnost opasnosti protiv korozije.

Industrija "Filip Kljajić", kao jedna od najvećih proizvodača lanaca u Evropi, izvozi svoj proizvodni program širom sveta. Lanci dugo putuju još i pre prve ugradnje. Sve ovo zahteva da se od sredstava za konzerviranje i podmazivanje zahtevaju i dobre antikorozivne osobine.

U cilju kvantificiranja antikorozivnih osobina ispitivanih konzervana vršena su eksperimentalna ispitivanja u Laboratoriji Rafinerije "Beograd". Eksperimenti su vršeni na:

- pločicama $100 \times 50 \times 30$ (mm)
- lancima $15,785 \times 9,53 \times 10,16$ i
 $19,05 \times 12,7 \times 11,91$ (mm)

Pločice su od standardnog materijala iz hladno valjane čelične trake i određenih dimenzija, predhodno polirane i očišćene u vrelom petrol-etu i vrelom metil alkoholu, potapane su u prethodno zagrejanim i istopljenim ispitivanim konzervanim. Posle formiranja filma debljine

od $0,1$ mm, pločice su smeštene u zagrejanu slanu komoru i izložene dejству slane magle (test ASTM B1A7).

Pločice su izlagane ovim uslovima sedam dana zato što su neke od pločica (maziva 4 i 5) počele da korodiraju već posle 24 sata.

Indentičnom testu podvrgnuti su lanci i članci navedenih dimenzija. S obzirom da se na svim lancima većih dimenzija korozija pojavila već posle 19 sati prekinuto je dalje delovanje slane magle. Na lancima manjih dimenzija uočena je ista pojava osim lanaca zaštićenih mazivom 3.

4.1. Analiza dobijenih rezultata

Rezultati ispitivanja uticaja pet vrsta različitih maziva za podmazivanje i konzerviranje na sprečavanju korozije na pločicama, člancima i lancima, prikazani su u tabeli 3.

Analiza dobijenih rezultata pokazuje da odlične zaštitne osobine u sprečavanju korozije imaju maziva 3 i 1. Ostala maziva nemaju zadovoljavajućih tih osobina. Uporedna ispitivanja su pokazala da je redosled u rangiranju isti i kod ispitivanja na pločicama i kod ispitivanja na lancima.

Sprovedena ispitivanja su pokazala da je vreme do pojave korozije pri ispitivanjima na pločicama duže od vremena pojave korozije na lancima. Ovo se može objasniti činjenicom da je priprema površina elemenata otežana, razlikama u kvalitetu materijala pločica i elemenata lana, kao i otežanom mogućnošću potpunog podmazivanja usled zatvorene konfiguracije zgloba lanca.

Zadovoljstvo je napomenuti da se najbolje pri svim ispitivanjima na koroziju pokazalo mazivo 3, poznato pod nazivom konzervan GL. Konzervan GL je jedino domaće mazivo od svih ispitivanih maziva nastalo u laboratorijama Rafinerije "Beograd" ispitivano više godina u Odeljenju za ispitivanje lanaca Industrije "Filip Kljajić".

Tabela 3.

OZNAKA MAZIVA	OBLAST OBUVHAĆENA KOROZIJOM			OPŠTA OCENA	RANG
	PLOČICA	ČLANAK	LANAC		
MAZIVO: 1	Malu mesnu površinu	Delovi osovinice Delovi valjka	Pojedini elementi	Veoma dobra zaštita od korozije	2
MAZIVO: 2	Uži ivični pojas	Delovi osovinice Delovi valjka	Pojedini elementi	Slaba zaštita od korozije	3
MAZIVO: 3	Nema korozije	Delovi R osovinice	Pojedini elementi	Najbolja zaštita od korozije	1
MAZIVO: 4	Širi ivični pojas	Svi elementi	Svi elementi	Slaba zaštita od korozije	4
MAZIVO: 5	Cela površina	Svi elementi	Svi elementi	Najslabija zaštita od korozije	5

jić". Zajedničkom višegodišnjom saradnjom nastalo je kvalitetno sredstvo za konzerviranje i podmazivanje lanaca koje je uspešno zamenilo dosadašnji uvoz skupih stranih maziva.

5. PRAVOVREMENO PODMAZIVANJE LANACA

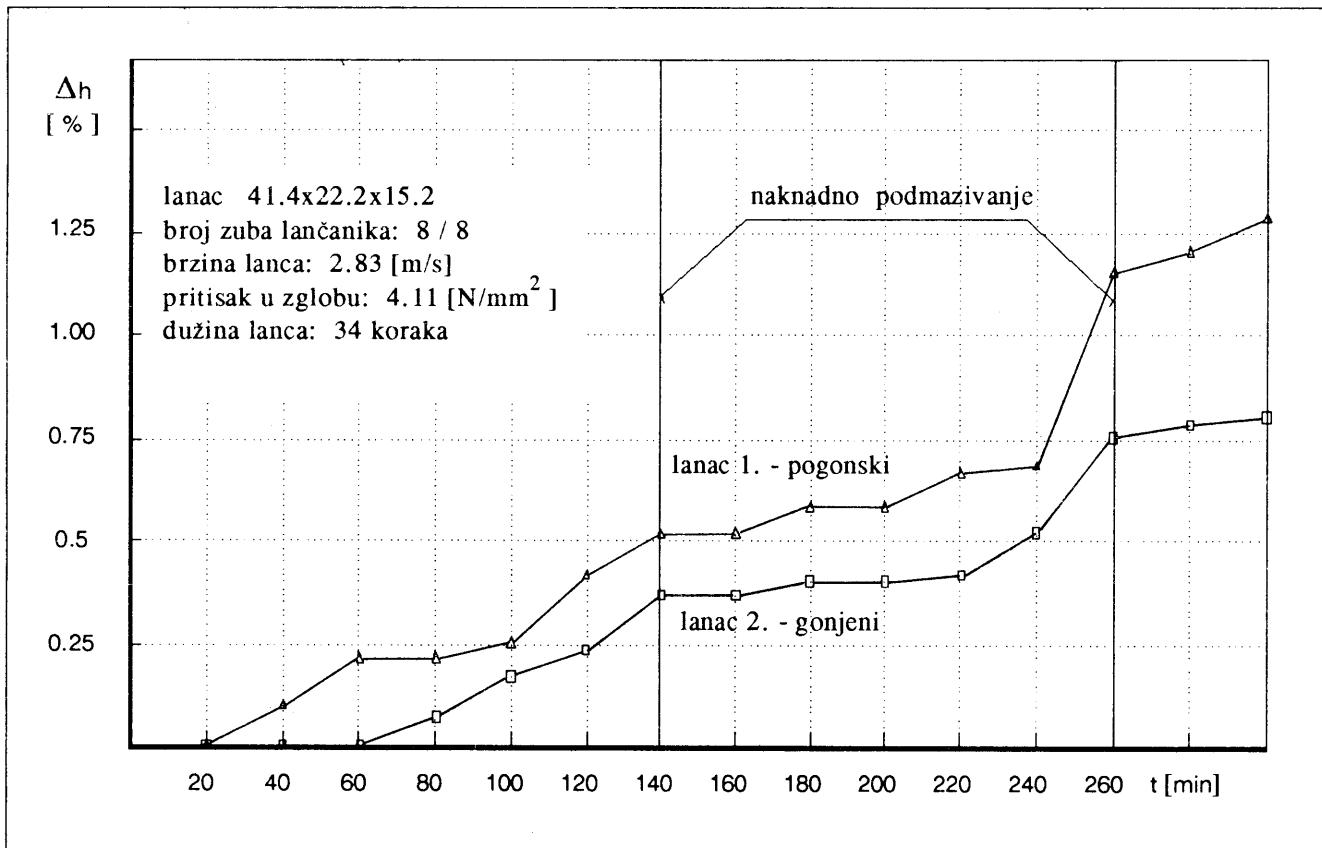
Pravilnim podmazivanjem povećava se otpornost na habanje i produžava vek trajanja pogonskih lanaca. Mazivo se postojećim načinima podmazivanja unosi u zazor tribomehaničkih sistema zglobova. Otežani uslovi podmazivanja uslovjavaju da manja količina maziva dosegava u najvažniji tribomehanički sistem zgloba (osovinica - čaura), tako da on najčešće radi u uslovima oskudnog graničnog podmazivanja.

Visoki specifični pritisci i temperature u zglobu menjaju karakteristike dospelog maziva, a ono posle određenog perioda eksploatacije ističe i nesumljivo se troši. Rad lanca u uslovima nedovoljnog podmazivanja se karakteriše crvenom bojom oksida koja izbija iz zglobova.

Rezultati ispitivanja uticaja pravovremenog podmazivanja na habanje lanca prikazani su na slici 2. Eksperimenti su vršeni na lancu $41,4 \times 22,2 \times 15,2$. Pre početka ispitivanja uzorci su konzervirani i podmazani konzervanom GL. Posle 140, odnosno 260 sati radi lanci su prani u nafti, benzинu i trihlor - etilenu (HC_2Cl_3), osušeni i ponovo podmazivani konzervanom GL.

Analiza rezulta pokazuje da posle približno sto sati od predhodnog podmazivanja, nastaje nagli porast ugla nagiba krive habanja. Lanac počinje naglo da se haba što je u direktnoj vezi sa nestankom maziva u zglobu i direktnim kontaktom metalnih površina u dodiru. Ponovnim podmazivanjem lanca naglo se obara ugao nagiba krive habanja. Lanac nastavlja rad u uslovima boljeg podmazivanja i znatnog manjeg habanja. Očigledno da se lanac u ovim uslovima eksploatacije mora podmazivati posle svakih 100 sati rada.

Nesumljivo da za dugi vek lanca, od posebne važnosti je i pravovremeno podmazivanje, odnosno dovođenje maziva u tačno određenim periodima eksploatacije. Za uspostavljanje opštih zakonitosti i određivanje pravo-



Slika 2. Uticaj pravovremenog podmazivanja na habanje lanca

Pravovremeno podmazivanje lanaca je problem nesumljivog značaja, jer se pravovremenim podmazivanjem znatno produžuje vek trajanja lanaca. Ovo je posebno značajno za lance otvorenih prenosnika koji rade u uslovima zagadenih i agresivnih sredina.

vremenog periodičnog podmazivanja, neophodno je uspostavljanje relacija između opterećenja, uslova rada, načina podmazivanja, puta trenja, brzine lanca, itd.

6. ZAKLJUČAK

Zbog svog konstrukcionog rešenja, složenog mehanizma prenosa snage i kretanja, kao i otežanih uslova podmazivanja na lančanim prenosnicima se mogu pojaviti različiti oblici habanja i povreda.

Podmazivanje lanaca je jedan od bitnih faktora koji utiču na habanje, pravilan rad i vek trajanja prenosnika. Poseban značaj u podmazivanju lanaca imaju maziva - konzervani čija je uloga veoma važna jer sprečavaju koroziju kao maziva u celom periodu eksploatacije.

Sprovedena ispitivanja su pokazala da se ispitivana maziva razlikuju među sobom. Protivhabajne osobine maziva nisu uvek u korelaciji sa antikorozivnim osobinama pošto se pokazalo da maziva dobrih osobina u smanjivanju habanja mogu imati slabija svojstva u zaštiti od korozije.

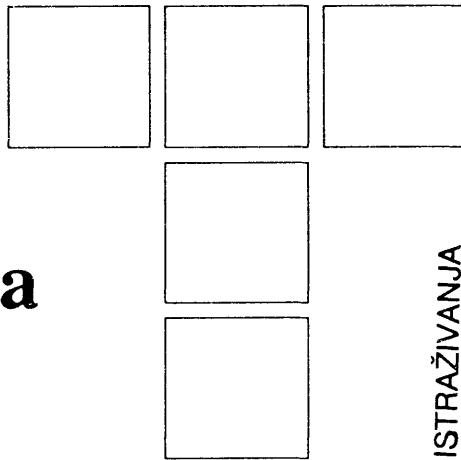
Kod otvorenih lančanih prenosnika koji rade u uslovima agresivnih sredina, kvalitet maziva se mora vrednovati ne samo pomoću antihabajnih osobina, već i po sposobnostima produžavanja vremena eksploatacije do pojave korozije.

Razvijeni domaći konzervan (GL) pored dobrih protivhabajnih osobina pokazuje i dobre antikorozione osobine, što ga svrstava u red veoma kvalitetnih maziva. Zahvaljujući ovim kvalitetima, uspešno je zamenio dosadašni uvoz skupih stranih maziva i odgovorno se može preporučiti kao sredstvo za podmazivanje otvorenih lančanih prenosnika.

LITERATURA

- [1] TANASIEVIC S., *Osnovi tribologije mašinskih elemenata*, Naučna knjiga, Beograd, 1989.
- [2] TANASIEVIĆ S., *Wear characteristics of chain drivers*, EUROTRIB 89, Juni 1989, Helsinki, Finland.
- [3] RADIVOJČEVIĆ R., PAVIĆ S., ANTONIJEVIĆ M., MILANOVIĆ LJ., TANASIEVIĆ S., *Uticaj sredstava za konzerviranje i podmazivanje na habanje elemenata pogonskih lanaca*, YUTRIB 89, Septembar 1989, Kragujevac.
- [4] FAWCEETT J. N. , NICOL S. W. , *The Influence of Lubrication on Tooth- Roller Impacts in Chain Drives*, Proc. Inst. Mech. Eng., No 21, 1977.

*Od naredne godine
počinju da izlaze
TIS - informacije*



Prilog analitičkom definisanju krivih habanja

1. UVOD

Habanje alata predstavlja specifičan fenomen svakog obradnog procesa. Kao parametri pohabanosti alata najčešće se prate linijski parametri koncentrisanog habanja [1,2]. Problematika analitičkog izražavanja zavisnosti habanja i vremena rezanja otvara niz pitanja u smislu izbora bazne funkcije, potrebnog broja eksperimentalnih podataka, podela zona habanja, pouzdanosti dobijenih rezultata itd. Većina autora kao baznu funkciju zavisnosti $h(t)$ predlaže stepenu funkciju. Naime, kriva habanja aproksimira se sa dve regresione funkcije stepenog oblika.

Pored stepenih, kao baznu funkciju korelativne zavisnosti $h(t)$ neki autori predlažu složenu eksponencijalno-stepenu funkciju [3].

Teorijskim razmatranjem i obradom većeg broja eksperimentalnih podataka, dobijenih u toku realizacije projekta "RAZVOJ PRODUKTIVNOSTI U INDUSTRIJI PRERADE METALA-MFK" utvrđena je mogućnost polinomne aproksimacije krivih habanja.

U radu je izložen metod izdvajanja klase baznih polinomnih funkcija, kao i potrebne transformacije u cilju pogodnog izražavanja tih funkcija kada se njima definiše veza $h = f(t)$.

Na kraju je po datom modelu izvršena obrada eksperimentalnih podataka za nekoliko krivih (podaci dobijeni pri završnoj obradi struganjem), date njihove jednačine i dijagramski prikazi, i ukazano na osnovne prednosti polinomne aproksimacije krivih habanja.

2. IZBOR BAZNE FUNKCIJE

Izboru bazne funkcije korelacione veze $h=f(t)$ predstoji sledeće teorijsko razmatranje. Kriva habanja "K" (sl. 1) u opštem slučaju može predstavljati neku od krivih habanja.

U slučaju kose simetrije date krive u odnosu na osu z - z njena jednačina u koordinatnom sistemu H - T glasi:

$$H = B_1 \cdot T - B_2 \cdot \sin(\omega t)$$

gde su B_1, B_2 i w konstante veće od nule.

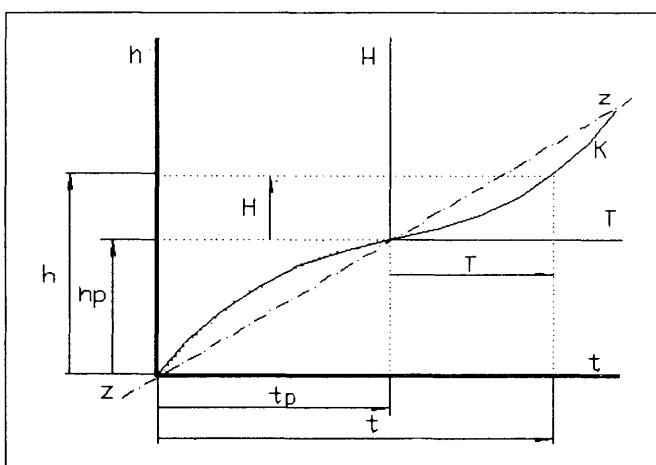
Ako sinusnu funkciju razvijemo u red i zadržimo se na drugom članu, kriva je definisana jednačinom (1).

$$H = B_1 \cdot T - b_2 \cdot \left(\frac{w \cdot T}{1!} \right) - \frac{w^3 \cdot T^3}{3!} + \dots$$

odnosno

Treba istaći da se zanemarivanjem članova višeg reda u razvoju sinusa, dobija kriva nesimetrična osi z - z . Za različite vrednosti konstanti B_1 , B_2 i w dobija se familija krivih kojima se analitički može izraziti svaka kriva habanja.

Prevodenje krive "K" na koordinatni sistem $h-t$ vrši se preko jednakosti koje slede sa slike 1. Zamenom veze kordinata:



Slika 1.

*Branko Tadić, dipl. ing.
Mašinski Fakultet, Kragujevac*

$T = t - t_p$ i $H = h - h_p$ u jednačini (1) dolazi se do jednačine:

$$h - h_p = (B_1 - B_2 \cdot w) \cdot (t - t_p) + \left(\frac{B_2 \cdot w^3}{6} \right) \cdot (t - t_p)^3$$

odnosno

$$h - h_p = A_1 \cdot (t - t_p) + A_2 \cdot (t - t_p)^3 \dots \dots \dots (2)$$

gde je:

$$A_1 = B_1 - B_2 \cdot w \quad \text{i} \quad A_2 = B_2 \cdot \frac{w^3}{6}$$

U jednačini ovako definisane krive habanja figuriše nje na prevojna tačka sa koordinatama (t_p, h_p) , koja fizički predstavlja tačku u kojoj je intezitet habanja minimalan, dok je veličina minimalnog inteziteta habanja određena konstantom A_1 .

Prevojna tačka (t_p, h_p) i konstante A_1 i A_2 određuju se na sledeći način:

Jednačina (2) u razvijenom obliku glasi:

$$h = (h_p - A_1 \cdot t_p - A_2 \cdot t_p^3) + (A_1 + 3 \cdot A_2 \cdot t_p^2) \cdot t + (-3 \cdot A_2 \cdot t_p) \cdot t^2 + A_2 \cdot t^3 \dots \dots \dots (2)$$

Jednačina (2) potpuno je analogna polinomu:

$$h = C_0 + C_1 \cdot t + C_2 \cdot t^2 + C_3 \cdot t^3 \quad (3)$$

Iz uslova: $h(t=0) = 0$ sledi $C_0 = 0$, pa se konstante C_1 , C_2 i C_3 određuju statističkom obradom eksperimentalnih podataka (metoda najmanjih kvadrata) sa polinomom

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

kao baznom funkcijom.

Iz jednačavanjem konstanti uz promenjivu t^n ($n = 1, 2, 3$) dobija se sistem jednačina:

$$h_p - A_1 \cdot t_p - A_2 \cdot t_p^3 = 0 \dots \dots \dots (4)$$

$$A_1 + 3 \cdot A_2 \cdot t_p^2 = C_1 \dots \dots \dots (5)$$

$$-3 \cdot A_2 \cdot t_p = C_2 \dots \dots \dots (6)$$

$$A_2 = C_3 \dots \dots \dots (7)$$

Iz jednačina (5), (6) i (7) slede vrednosti konstanti:

$$A_2 = C_3 ; \quad t_p = \frac{-C_2}{3 \cdot C_3} \quad \text{i} \quad A_1 = C_1 - \frac{C_2^2}{3 \cdot C_3}$$

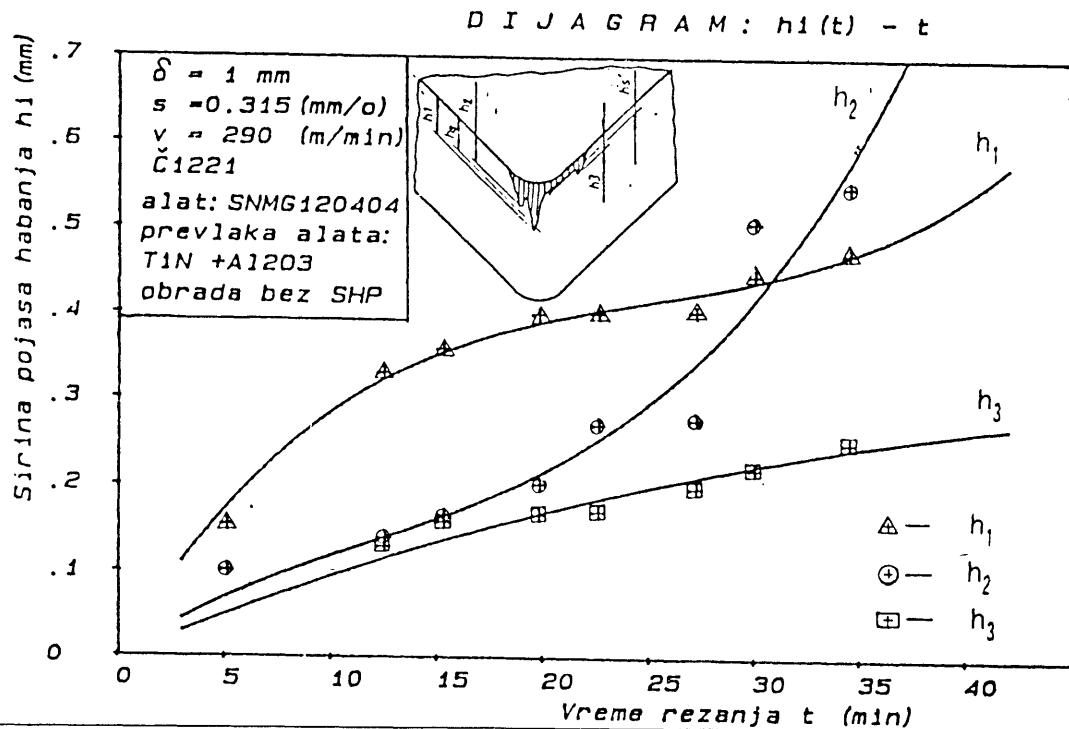
na osnovu kojih se iz jednačine (4) može odrediti veličina h_p .

Jednačine regresije, koeficijent korelacije i standardno odstupanje:

$$(h_1 - 416) = 5.169 \cdot (t - 25.3) + 1.191 \cdot 10^{-2} \cdot (t - 25.3)^3; \quad \sigma = 0.021; \quad r > 0.99$$

$$(h_2 - 132) = 8.476 \cdot (t - 11.7) + 2.115 \cdot 10^{-2} \cdot (t - 11.7)^3; \quad \sigma = 0.039; \quad r > 0.99$$

$$(h_3 - 327) = 0.695 \cdot (t - 80.7) + 5.140 \cdot 10^{-4} \cdot (t - 80.7)^3; \quad \sigma = 0.020; \quad r > 0.99$$



Slika 2.

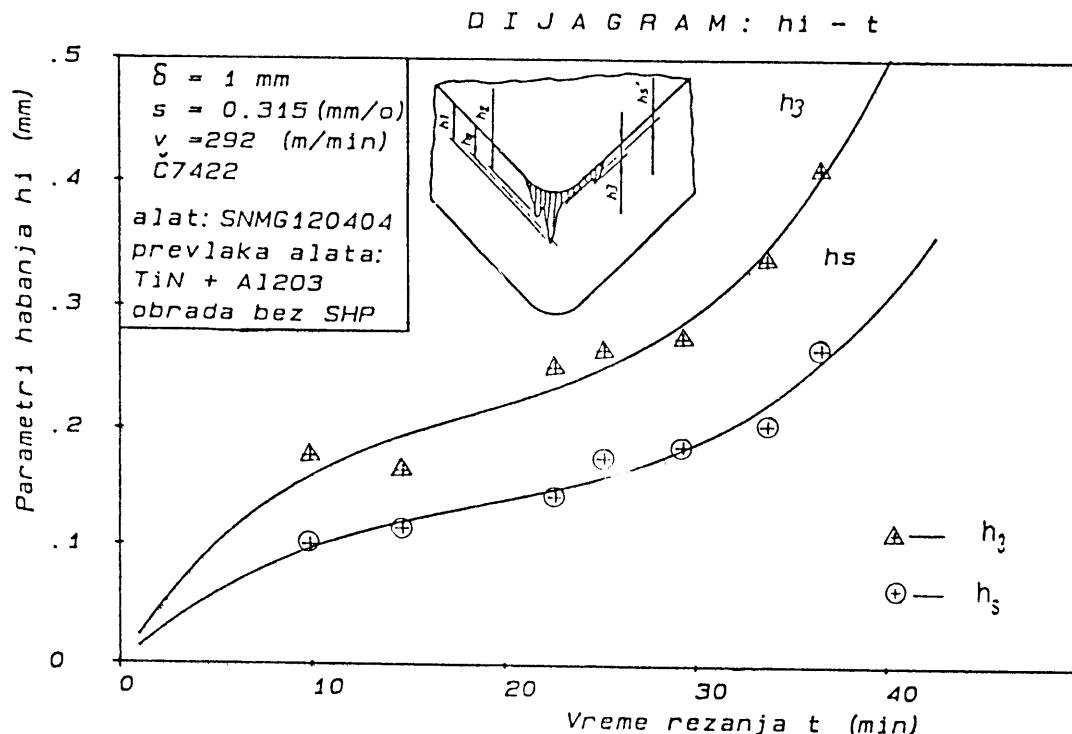
3. REZULTATI OBRADE EKSPERIMENTALNIH PODATAKA

Obradom eksperimentalnih podataka vezanih za ispitivanje obradivosti konstruktivnih čelika dobijen je veći broj krivih habanja. Kao parametri pohabanosti alata

praćeni su neki od navedenih linijskih parametara pohabanosti: h_1 , h_2 i h_3 - linijski parametri koncentrisanog habanja i $h_s = (h_1 + h_2)/2$ - srednja aritmetička vrednost dva parametra koncentrisanog habanja i h_s' - srednja širina pojasa habanja na lednoj površini.

$$(h_s - 135.4) = 3.38 \cdot (t - 18.8) + 1.04 \cdot 10^{-2} \cdot (t - 18.8)^3; \quad \sigma = 0.0096; \quad r > 0.99$$

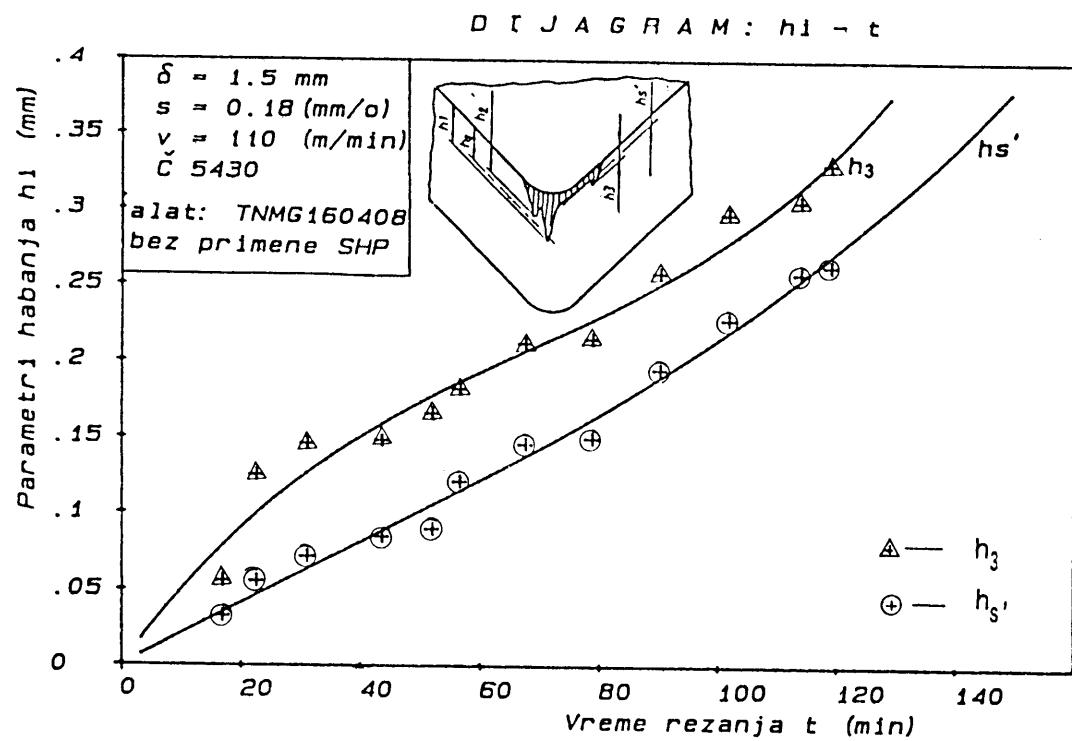
$$(h_3 - 215.7) = 4.80 \cdot (t - 18.9) + 1.86 \cdot 10^{-2} \cdot (t - 18.9)^3; \quad \sigma = 0.015; \quad r > 0.99$$



Slika 3.

$$(h_s' - 74) = 1.98 \cdot (t - 36.2) + 5.54 \cdot 10^{-5} \cdot (t - 36.2)^3; \quad \sigma = 0.008; \quad r > 0.99$$

$$(h_3 - 209.5) = 1.8 \cdot (t - 68.9) + 2.55 \cdot 10^{-4} \cdot (t - 68.9)^3 \quad \sigma = 0.021; \quad r > 0.99$$

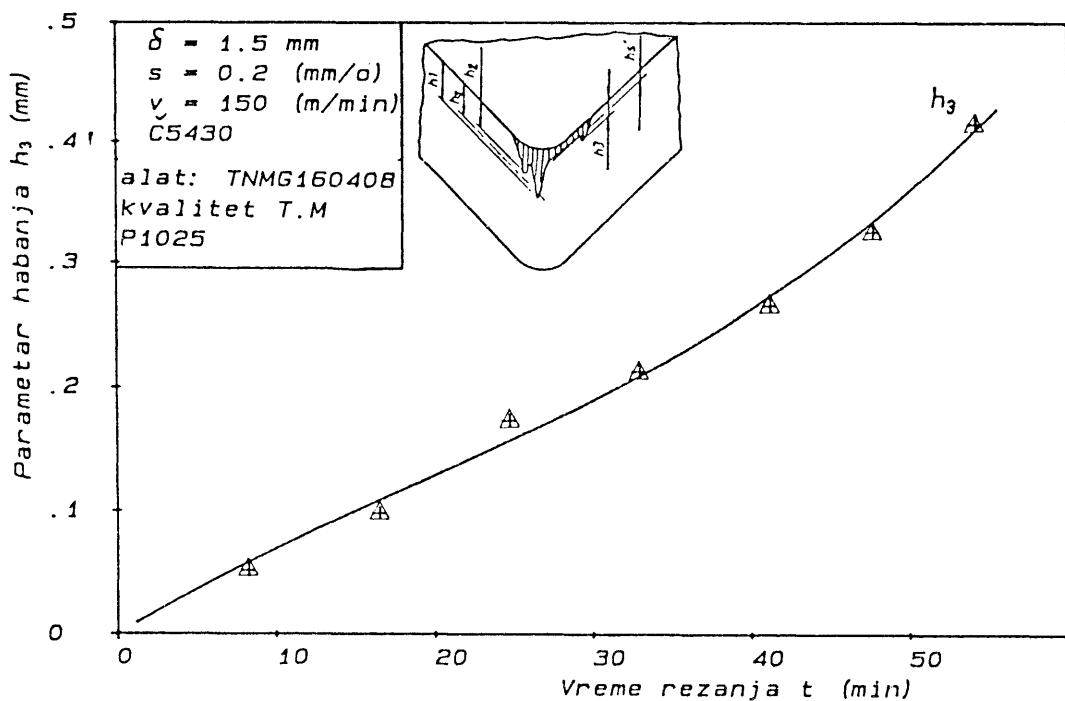


Slika 4.

$$(h_3 - 124.5) = 5.8 \cdot (t - 19.2) + 1.9 \cdot 10^{-3} \cdot (t - 19.2)^3$$

$$\sigma = 0.008; \quad r > 0.99$$

D I J A G R A M : $h - t$



Slika 5.

Neki dijagramski prikazi dobijenih krivih habanja dati su na slikama 2 - 5 sa skicama oblika habanja i ostalim uslovima ispitivanja. Uporedno sa dijagramima, kao izlaz iz računarskog programa obrade, date su jednačine krivih, koeficijenti korelacije i standardno odstupanje.

Krve na dijigramima crtane su po jednačinama regresije (bazna funkcija 2) dok su tačkama označene izmerene vrednosti parametara habanja. U datim jednačinama jedinica pohabanosti je mikrometar, jedinica vremena minut, a jedinica disperzije milimetar.

4. ZAKLJUČAK

Obrada većeg broja eksperimentalnih podataka ukazuje na mogućnost pouzdanog reprezentiranja procesa habanja alata krivama oblika polinoma.

Osnovne prednosti ove krive u odnosu na krive stepenog oblika ogledaju se u sledećem:

- Krivom oblika polinoma definišu se sve zone habanja alata, dok su u istom slučaju potrebne dve krive oblika stepene funkcije.
- Prevojna tačka sa koordinatama (t_p, h_p) dobija se statističkom obradom celokupne mase podataka, pa je u slučaju istog broja eksperimentalnih podataka daleko pouzdanije određena u odnosu na prevojnu tačku stepenih krivih.

- U jednačini krive habanja oblika polinoma, konstante fizički više definišu proces habanja. Naime, konstante t_p i h_p predstavljaju vreme i parametar pohabanosti koji odgovara minimumu intezite habanja, dok konstante A_1 određuju vrednosti inteziteta u tački (t_p, h_p) . Time je uspostavljena i veza (fizička) krive habanja sa krivom inteziteta habanja.

Pored navedenog treba naglasiti, da ova kriva sa većim koeficijentom korelacije i manjim standardnim odstupanjem u odnosu na stepene krive, analitički definiše proces habanja alata.

LITERATURA

- [1] STANIĆ J., **Teorija obrade metala 1**, Mašinski fakultet, Beograd, 1986.
- [2] RADONJIĆ S., ŠOLAJA V., **Koncentrisano habanje alata i oblici strugotine**, 21. savetovanje proizvodnog strojarstva Jugoslavije, Opatija, 1987.
- [3] POPOVIĆ B., KAMBEROVIĆ B., **Upravljanje kvalitetom proizvoda**, Naučna knjiga, Beograd, 1985.
- [4] DEBELJKOVIĆ D., **Stohastički linearni sistemi automatskog upravljanja**, Naučna knjiga, Beograd, 1985.