

Kompoziti sa matricom na bazi legure CuZn37 za izradu frikcionih elemenata

U radu su prikazani rezultati ispitivanja triboloških i mehaničkih osobina laboratorijskog kompozita sa matricom na bazi legure CuZn37 (MS 63) ojačanom česticama čeličnog praha propisanih karakteristika - hemijskog sastava, granulacije i koncentracije. Dobijeni rezultati ukazuju da je ideja o projektovanoj vrsti kompozita interesantna i da treba nastaviti rad na pronalaženju optimalne kombinacije metalmatičnog kompozita (MMK), koji bi mogao da se koristi za izradu frikcionih elemenata poboljšanih triboloških i mehaničkih karakteristika.

Ključne reči: kompozit, ingot metalurgija, frikcionni elementi, tribološka svojstva, mehanička svojstva

UVOD

Razvoj legura bakra sa cinkom, sa sadržajem bakra 58 do 63 težinskih procenata, u poslednje vreme sve više je usmeren na poboljšanje njihovih triboloških i mehaničkih svojstava. Jedan od načina poboljšanja mehaničkih i triboloških svojstava kod ovih materijala moglo bi da bude disperziona ojačavanje matične legure sa česticama čelika.

Legure bakra sa cinkom koje pripadaju grupi specijalnih mesinga, sa sadržajem bakra (58 do 63 tež. %) dobro se obrađuju i imaju dobre mehaničke karakteristike. Radi toga se upotrebljavaju za izradu frikcionih elemenata, kao što su: elementi sinhronizacije brzine (sinhroni prstenovi), konstrukcioni elementi prenosa snage pri rotacionom kretanju i drugi (Biak 3/61, Fiat Standard 53521, 1990) [1,2].

Za visoko zahtevne frikционе elemente u svetu se proizvode specijalni mesinzi sa sadržajem bakra i do 70 tež. % (NE-Metallhalbzeug Diehl-Legierung 470). Ovi mesinzi se odlikuju povećanom tvrdoćom i dobrom postojanošću na habanje, ali se zbog njihove visoke cene, traga i za drugim alternativnim rešenjima. Jedan od načina poboljšanja mehaničkih i triboloških svojstava kod ovih materijala moglo bi da bude disperziona ojačavanje matrice na bazi legura bakar-cink sa česticama odgovarajuće vrste, granulacije u μm i koncentracije (težinskih % u odnosu na težinu metalnog uloška).

Pri izboru vrste ojačavajućih faza, između ostalog, vodilo se računa o sledećem: njihovim mehaničkim i tribološkim svojstvima (bitnim za eksploatacione uslove kojima su izloženi frikcionni elementi), kompatibilnosti komponenata u kompozitnom materijalu, specifičnim težinama i tome slično [3]. Veoma je važno da ne postoji velika razlika u specifičnim težinama matrice i čestica, kako tokom očvršćavanja nebi došlo do segregacija čestica u rastopu.

Adrese autora: ¹"Narodna tehnika", SDIT-Društvo HTM, Požarevac, Srbija, ²Visoka tehnička škola strukovnih studija Požarevac, Srbija, ³Visoka tehnička škola strukovnih studija Kragujevac, Kragujevac, Srbija

Rad primljen: 20.10.2012.

Detaljnim planom eksperimenta predviđena je: *prema komponentama, izrada uzoraka kompozita livenjem, priprema uzoraka za ispitivanje i uporedna ispitivanja*-strukturnih, mehaničkih, triboloških i tehnoloških karakteristika uzoraka osnovne legure (CuZn37) i projektovanih tj. izrađenih uzoraka kompozita.

Prikazani rezultati u ovom radu samo su deo šireg eksperimentalnog programa.

EKSPERIMENTALNI DEO

Osnovni cilj eksperimenta je bio laboratorijsko dobijanje kompozita, sa disperziona ojačanom matricom na bazi legure CuZn37 i česticama čeličnog praha (sa više od 0,7%C i više od 2,0 % Ni), koji treba da poseduje sledeće glavne karakteristike: relativno visok koeficijent trenja i relativno visoku otpornost na istrošenje pri relativnom klizanju (istrošenje usled procesa habanja), odnosno povećanu tvrdoću.

Opšte je poznato da postoje mnoge tehnike izrade kompozita sa metalnom matricom, među kojima posebno mesto zauzima vrtložna metoda livenja u adekvatnoj livačkoj opremi [4,5]. U toku rada smo se suočili sa osnovnim problemom koji je vezan za uređaj odnosno za način izrade uzoraka projektovanih kompozita. Pokušali smo stoga da pojednostavljenim eksperimentima ingot metalurgije (topljenje i livenje) dobijemo projektovane odlivke metalnog kompozita.

KARAKTERISTIKE POLAZNIH KOMPONENATA

Hemijski sastav matične legure CuZn37 (MS 63) u težinskim procentima (Cu=62,25; Zn=37,10; Al=0,023; Fe=0,09; Sb=0,092; Ni=0,25%; Pb=0,12; Sn=0,07), prosečna zapreminska masa, kg/dm^3 - 8,4.10³

Hemijski sastav ojačavajuće faze - čeličnog praha, u težinskim procentima (C=0,86; Ni=2,06; Mo=0,52; Cu=0,8; Fe=ostatak do 100%; ostalo - nema), prosečna zapreminska masa, kg/dm^3 - 7,8.10³.

Granulacija čestica ojačavajuće faze: $G \leq 15 \mu\text{m}$ (krupnoća čestica je identifikovana separacijom pomoću sita različitog meša-različitog broja otvora po jedinici

površine). *Koncentracije* čestica ojačavajuće faze: $K_1=10$ i $K_2=15$ težinskih procenata (u odnosu na težinu metalnog uloška).

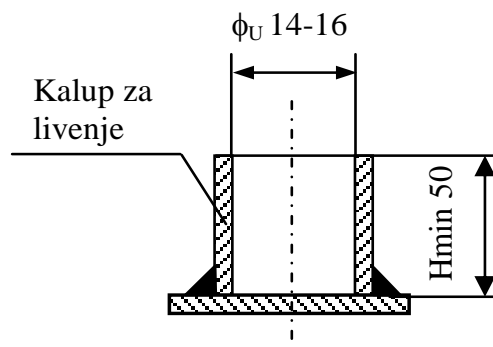
TEHNOLOGIJA IZRADA KOMPOZITA SA MATRICOM NA BAZI LEGURE CUZN37

Poznato je da se pri projektovanju i izradi ovih materijala teži dobijanju homogenih kompozita bez prisustva pora i segregacija čestica. Međutim, u navedenim uslovima, osnovna nastojanja u početnoj fazi eksperimenta su bila da se u rastop matične legure doziraju (ubace) čestice čeličnog praha i da se ne mari mnogo zbog činjenice što one neće biti ravnomerno raspoređene [6-10].

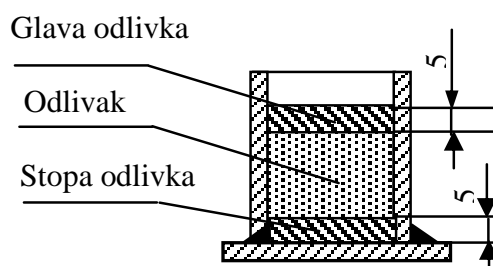
Ovakav pristup ima i tehničkog i ekonomskog opravdanja jer je težište eksperimenta pomeren ka njegovom osnovnom cilju istaknutom na početku. Naime, pažnja je usmerena ka ispitivanju glavnih eksploatacionih karakteristika kompozita (otpornosti na habanje i tvrdoće). Pri tome je najvažnije registrovati trend i globalnu kvantifikaciju njihovih promena, u kom slučaju, ne mora raspored čestica u kompozitu biti optimalan.

Postupak livenja kompozita se odvijao na način čiji opis sledi. U kalup za livenje (slika 1), šaržirana je matična legura CuZn37 u granulama. Zatim je površina metalnog uloška pokrivena grafitnim prahom (dolazi u obzir i boraks-apotekarski, p.a 99, 98%). Tako pripremljeni kalup za livenje, je nakon odgovarajućeg predgrevanja, šaržiran u laboratorijsku elektrotopnu peć sa mogućnošću kontrole temperature i kontrolisanom atmosferom azota. U adekvatno pripremljeni rastop osnovne legure, na temperaturi $t \approx 980$ °C, su dozirane pravilno predgrejane čestice ojačivača (propisane granulacije i koncentracije) i vršeno je mešanje kompozitne suspenzije da bi se izbeglo stvaranje nakupnina čestica u rastopu. Hlađenje odlivaka do sobne temperature vršeno je na mirnom vazduhu. Čitav proces livenja po jednoj šarži trajao je oko 30 minuta (predgrevanje šaržiranog kalupa za topljenje i samo livenje).

Na opisani način dobijeni su odlivci-kompozita u obliku valjaka, ($D=16$ mm i $H=40$ mm). Odlivci su iz kalupa za livenje, namenjenim za jednokratnu upotrebu, vađeni odgovarajućim postupcima obrade rezanjem (slika 2). Od odlivaka kompozita, kao i odlivene matične legure (CuZn37, tj. Ms 63) koja služi kao referentni uzorak, su zatim napravljeni uzorci pogodni za dalji rad. Izradi standardnih uzoraka za planirana ispitivanja, prethodila su metalografska ispitivanja valjkastih odlivaka kompozita u njihovim horizontalnim ravnima, a takođe i u vertikalnim ravnima (paralelnim sa uzdužnom osom odlivaka). Kvalitativnom metalografskom analizom ustanovljeno je prisustvo čestica u metalnoj osnovi, ali i njihov dosta neujednačen raspored, u blizu 50 % slučajeva. Radi toga su odabrani reprezentativni odlivci kompozita za izradu standardnih uzoraka-pinova, za ispitivanja koja su u ovom radu ukratko opisana.



Slika 1 - Skica kalupa za livenje od MMK i označenim delom za odbacivanje

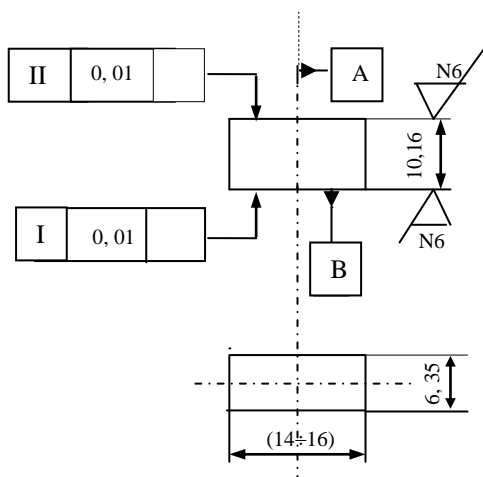


Slika 2 - Skica kalupa sa odlivkom od čelične cevi sa zavarenim dnom (glava i stopa odlivka)

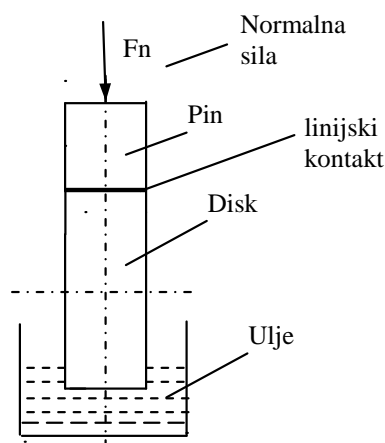
UPOREDNA ISPITIVANJA UZORAKA OD KOMPOZITA I UZORAKA OD MATIČNE LEGURE

Kod navedenih uzoraka vršena su uporedna ispitivanja: mikrostrukture, triboloških svojstava i tvrdoće. Za kvalitativnu ocenu *mikrostrukture* pomoću optičkog mikroskopa, uzorci su pripremani na klasičan način. Pri uvećanjima 100 puta, posmatrani su nenagriženi uzorci kompozita sa 10 težinskih % čeličnog praha iz koga je pripremljen uzorak-pin, oznake (tr 8 a) i takođe i sa 15 tež. % čeličnog praha iz koga su pripremljeni uzorci - pinovi, označeni sa tr 6 i tr 10. Kod uzorka oznake tr 6, metalografskom analizom uočeno je prisustvo lokalnih segregacija (nakupnina) čestica. Ovi uzorci su izdvojeni za analizu stepena korelacije između mehaničkih karakteristika materijala (prvenstveno tvrdoće) i glavnih karakteristika otpornosti na habanje (koeficijent trenja i širina pojasa habanja).

Za ispitivanje *triboloških svojstava*, iz odlivaka su urađeni uzorci-PINOVI, čiji su oblik, dimenzije, površina (odgovarajućeg stepena hrapavosti) pripremljeni u skladu sa standardima za ispitivanje trenja i habanja na tribometrima [11]. Izgled i dimenzije pina prikazani su na slici 3. Pri izvođenju eksperimenta ostvaren je linijski kontakt pina i diska i to po površini pina (slika 4).



Slika 3 - Izgled i dimenzije PINA



Slika 4 - Geometrija kontakta na tribometru TPD-95

Ispitivanje triboloških karakteristika pripremljenih pinova izvedeno je u laboratoriji za tribologiju na Mašinskom fakultetu u Kragujevcu. Pre toga, pomoću optičkog mikroskopa pod pogodnim uvećanjem, (min 200 puta), na površini pinova klase hrapavosti N6 identifikovana su mesta sa različitom koncentracijom čestica

Tabela 1 - Oznake, materijali i prosečne vrednosti tvrdoće, koeficijenta trenja i širine pojasa habanja ispitivanih uzoraka

Oznaka uzorka	Materijal	Tvrdoća		Koeficijent trenja, f	Širina pojasa habanja, mm
		HV 1	HV 0,5		
tr 4	CuZn37 (Ms 63)	98	117	0,0272	1,847
tr 4a		93	106	0,0214	1,896
tr 8 a	10 tež. %, čel. prah	117	119	0,0233	1,719
tr 6	15 tež. %, čel. prah	112	136	0,0415	1,966
tr 10	15 tež. %, čel. prah	133	152	0,0316	1,413

Na stubičastim dijagramima prikazana je grafička ilustracija rezultata ispitivanja širine traga habanja (slika 5) i promene koeficijenta trenja (slika 6) na

ojačivača na jedinici površine i na pogodan način obeležena (markirana). Pri tribološkim ispitivanjima, se odgovarajućim podešavanjima (pozicioniranju pina i diska), na obeleženim mestima, odnosno u njihovoj neposrednoj blizini ostvaruje kontakt diska i pina, čime se registruju tribološke karakteristike kompozita različite koncentracije čestica. Tribološke karakteristike materijala ispitivane su na tribometru TPD-95. U toku izvođenja eksperimenta korišćena je standardom propisana merna i računarska oprema.

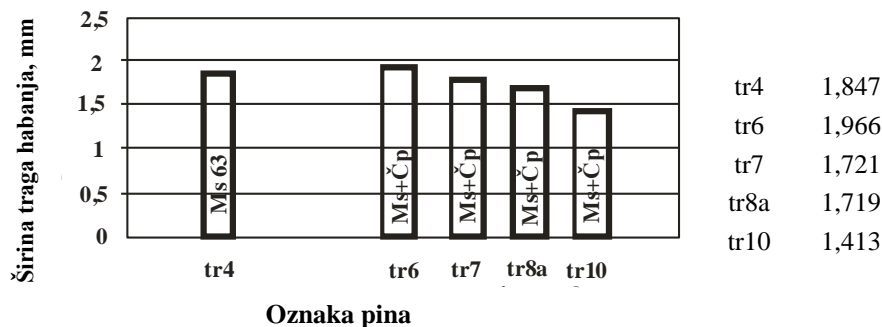
Uzorci (pinovi) od kompozita i osnovne legure CuZn37 ispitivani su pod istim uslovima: normalna sila $F=500$ N, vreme kontakta $\tau = 1800$ sec; prečnik diska $D=35$ mm, tvrdoća diska 62 HRC, $n=1100$ ob/min; ulje za podmazivanje: hipoidno "Menol"; kontakt diska i pina: linijski.

Merenje širine traga habanja na kontaktnoj površini izvedeno je na univerzalnom alatnom mikroskopu-UIM-21. Tvrdoća HV1 i HV0,5 merena je u neposrednoj blizini pojasa habanja, sa njegove jedne i druge strane na pinovima, (6 merna mesta). Kod svih uzoraka od kompozita tvrdoća ima veće vrednosti u odnosu na tvrdoću matricne legure, što je ilustrovano prikazom u tabeli 1.

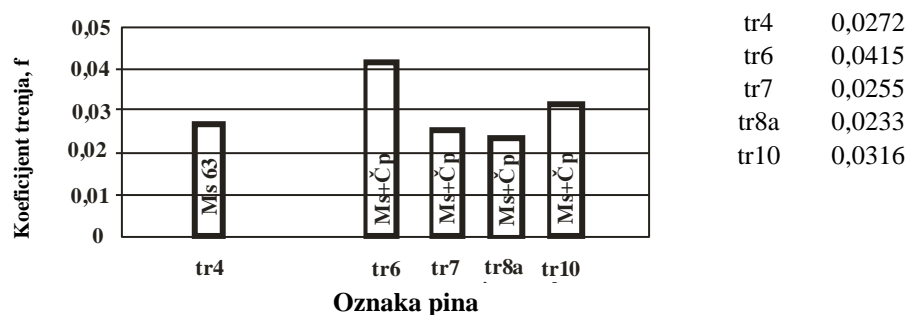
REZULTATI I DISKUSIJA

Rezultati uporednih ispitivanja uzoraka od kompozita i uzoraka od matricne legure prikazani su tabelarno, grafički i dijagramski. U tabeli 1 dati su rezultati uporednih ispitivanja tvrdoće i glavnih karakteristika otpornosti na habanje - koeficijenta trenja i širine pojasa habanja, kod uzoraka od matricne legure i od kompozita. Kao što se vidi, tvrdoća prema očekivanju kod kompozita raste, jer se u matricnoj leguri CuZn37 praktično pomoću mnoštva nerastvorljivih čestica čeličnog praha stvara struktura, koja otežava pokretanje dislokacija i na taj način se povećava čvrstoća materijala. Premeštanje dislokacija najviše usporavaju disperzione čestice druge faze, pa je razumljivo što sa porastom težinskog udela čestica čeličnog praha tvrdoća raste.

uzorcima od matricne legure (tr4) i od kompozita (tr6, tr7, tr8a i tr 10).



Slika 5 - Širina pojasa habanja posle kontakta od 30 minuta (sa hipoidnim uljem "MENOL")

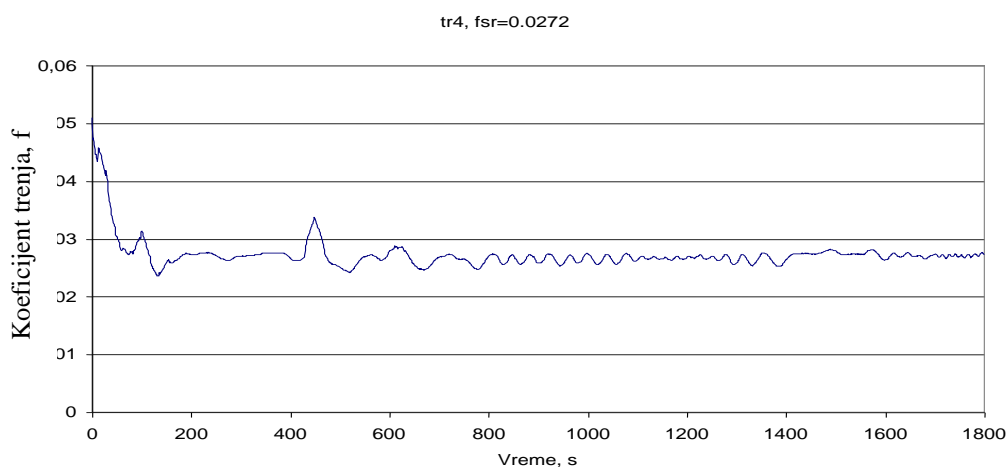


Slika 6 - Promena koeficijenata trenja posle kontakta od 30 min. (sa hipoidnim uljem "Menol")

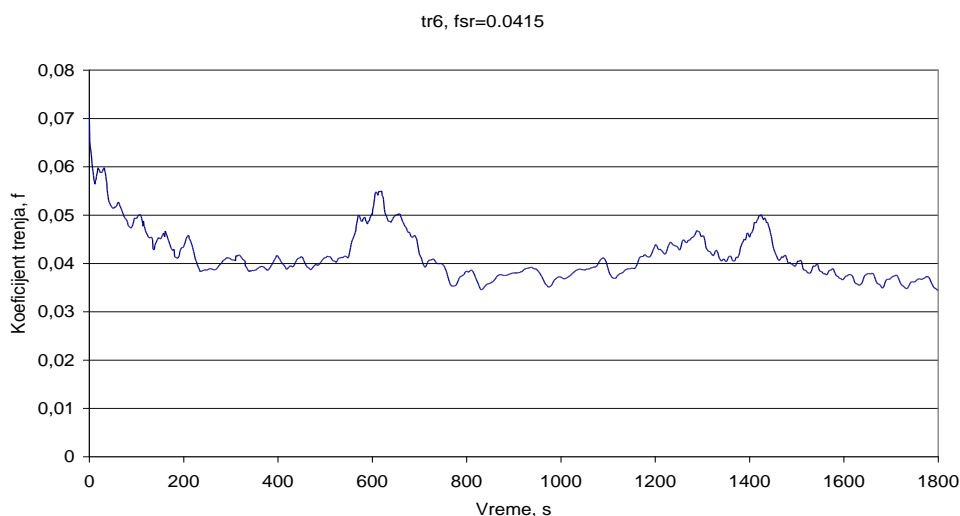
Podaci u tabeli 1 pokazuju da sa porastom tvrdoće postoji tendencija porasta koeficijenta trenja i smanjenja širine traga habanja (odnosno povećanja otpornosti na habanje). Kod uzoraka od kompozita u odnosu na uzorke iz osnovne legure srednja vrednost koeficijenta trenja se povećava. Širina pojasa habanja kod pinova od kompozita u proseku ima manje vrednosti u odnosu na vrednosti za matricnu leguru. Izuzetak je uzorak pina oznake tr6, koji iako ima najveću srednju vrednost koeficijenta trenja, ipak ima veću srednju vrednost širine pojasa habanja u odnosu matricnu leguru. Ovo se može objasniti činjenicom da je kod uzorka oznake tr6, metalografskom analizom uočeno prisustvo lokalnih segregacija (nakupnina) čestica. Radi toga je potrebna veća sila za pokretanje dislokacija (odnosno za plastičnu deformaciju u

mikro volumenima), zbog čega uzorak ima i veću tvrdoću. U trenutku kada dođe do pokretanja dislokacija i lokalne plastične deformacije, tada počinje da deluje mehanizam habanja. Očigledno je da je kod ovog uzorka dominantan abrazivan vid habanja, koji izaziva čupanje čestica čeličnog praha, koje usled trenja pospešuju habanje mekše osnove. Iz tih razloga ovaj uzorak ima veću širinu traga habanja i pored većih srednjih vrednosti tvrdoće i koeficijenta trenja. Navedeno objašnjenje takođe potkrepljuje skokovita promena koeficijenta trenja u toku kontakta pina sa diskom (slika 8).

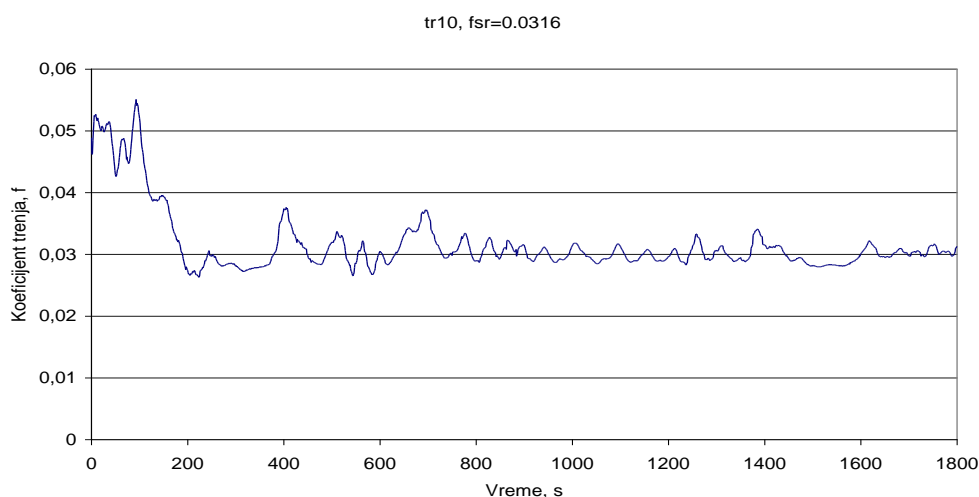
Promene koeficijenata trenja u funkciji od vremena, prikazane su dijagramski za uzorke oznake tr 4, tr 6 i tr 10 (slike 7, 8 i 9).



Slika 7 - Promena koeficijenta trenja u toku kontakta od 1600 sekundi (CuZn37-uzorak tr 4)



Slika 8 - Promena koeficijenta trenja u toku kontakta od 1600 sekundi (kompozit-uzorak **tr 6**)



Slika 9 - Promena koeficijenta trenja u toku kontakta od 1600 sekundi (kompozit-uzorak **tr 10**)

ZAKLJUČAK

Na osnovu ispitivanja triboloških i mehaničkih karakteristika izvršenih na navedenim uzorcima kompozita CuZn37-čelični prah (propisanih karakteristika), dobijenih pojednostavljenim postupkom ingot metalurgije u laboratorijskim uslovima, može se izvući opšti zaključak da je ideja o projektovanoj vrsti kompozita interesantna. Potrebno je nastaviti rad na pronalaženju optimalne kombinacije ove vrste kompozita, koji bi mogao da se koristi za izradu frikcionih elemenata poboljšanih triboloških i mehaničkih karakteristika

Rezultati ovih preliminarnih istraživanja mogu da posluže kao osnova za rad na izradi disperziono ojačanih kompozita na bazi legura bakar-cink uz dodatak odgovarajuće vrste, granulacije i koncentracije ojačavajuće faze.

U narednim eksperimentima je potrebno modifykovati tehnologiju izrade kompozita konstrukcijom i izradom potrebnih uređaja u cilju dobijanja homogenog kompozita bez pora i segregacija.

Za ocenu karakteristika projektovanog i dobijenog kompozita neophodna je detaljnija metalografska karakterizacija (kvalitativna i kvantitativna analiza) koja je posebno važna u svim fazama projektovanja i izrade metalmatičnih kompozita.

LITERATURA

- [1] Fiat Auto Standard 53521, 1990 (internal standard).
- [2] M. M. Antonijević, M. Radovanović, Zastita materijala 49, 1 (2008) 3-15.

- [3] D. Božić, M. Mitkov: Disperziono-ojačani materijali, Zbornik radova, oktobar 1994, Budva, p.p 363-367
- [4] D. Stanković, S. Marković, V. Jakanović: Metode izrade metalmatičnih kompozita livenjem, Livarstvo, No 193, Beograd, 1994.
- [5] S. Nestorovic, I. Rangelov, D. Markovic, Zastita materijala 49, 2 (2008) 25-31.
- [6] Michal Hebda, Andrej Wachal, TRYBOLOGIA, Wydawnictwa, Naukowo Techniczne, Warszawa, 1980.
- [7] Vladimir Ogarević, Fatigue Behavol and Life Predications of a Particle Reinforced Metal Matrix Composite at Room and Elevated Temperatures”, doktorska disertacija, Univerzitet Ajove, Ajova, SAD, 1992.
- [8] A.A. Mammoli and M.B. Bush, A boundary element analysis of metal matrix composite materials, Int. J. Num. Meth. Engin., 36 (1993) 2415-2433
- [9] Nedeljković B.: Uticaj mikrostrukture na mašinsku obradivost i tribološka svojstva sivog liva, doktorska disertacija, Beograd, juni, 1996.
- [10] Hammoun, D., Modern Casting, September 1990, p.p 27-30
- [11] Babić M., Jeremić B: Specifičnosti ispitivanja trenja i habanja na tribometrima, Tribologija u industriji broj 3, septembar (1992), Kragujevac, 77-79.

ABSTRACT

COMPOSITE WITH A MATRIX-BASED ALLOYS CuZn37 FOR MAKING FRICTION ELEMENTS

This paper presents results obtained by testing tribological and mechanical properties of laboratory composite consisting of matrix based on CuZn37 (MS 63) alloy reinforced by steel powder particles with prescribed characteristics – chemical composition, granulation and concentration. Obtained results imply that the idea about such a composite is interesting and that efforts towards finding the optimal combination of metal matrix composite (MMC), which could be used for production of friction elements characterized by improved tribological and mechanical properties, should be continued.

Key words: composite, ingot metallurgy, friction elements, tribological properties, mechanical properties

Paper received: 20.10.2012.

Scientific paper