



TRIBOLOŠKE KARAKTERISTIKE KOMPOZITA SA OSNOVOM OD ZA-27 LEGURE OJAČANE ČESTICAMA GRAFITA

S. Mitrović ¹⁾, M. Babić ²⁾, I. Bobić ³⁾

Rezime: U radu su prezentirani pojedini rezultati triboloških ispitivanja kompozita sa osnovom od ZA-27 legure ojačane česticama grafita veličina 20, 35 i 100 μm u količinama od 1, 1.2, 2 i 3 mas.%. Tribološka ispitivanja su izvršena na block-on-disc tribometru uz variranje tri nivoa normalnog kontaktnog opterećenja (2 daN, 5 daN i 8 daN) sa podmazivanjem, tri nivoa normalnog kontaktnog opterećenja (1 daN, 3 daN i 5 daN) bez podmazivanja i tri nivoa brzine klizanja (0.26 m/s, 0.50 m/s i 1.00 m/s). U svim ispitivanim slučajevima habanje dobijenih kompozita je bilo manje od habanja osnovnog materijala odnosno ZA-27 legure.

Ključne reči: Kompoziti, ZA-27 legure, Grafit, Koeficijent trenja, Habanje

TRIBOLOGICAL PROPERTIES OF ZA-27 ALLOY COMPOSITES REINFORCED WITH GRAPHITE PARTICLES

Abstract: The paper present results of investigation of friction and wear behavior of ZA-27 alloy composites reinforced with graphite particles of size 20, 35 and 100 μm . The content of graphite in the alloy was 1, 1.2, 2 and 3 wt.%. Tribology tests were carried out using a block-on-disk tribometer. The test was conducted at loads of 2, 5 and 8 daN (lubricated conditions) and 1, 3 and 5 daN (dry conditions) and tangential speed of 0.26 m/s, 0.50 m/s and 1.00 m/s. The results indicated that the wear of the composites was lesser than of matrix ZA-27 alloy.

Key words: Composites, ZA-27 alloy, Graphite particle, Wear behaviour

1. UVOD

Kompozit predstavlja oblikovani proizvod sastavljen od kompozitnog materijala. Kompozitni materijal je čvrsti materijal koji se sastoji od kombinacije dve ili više jedinstvenih materijala i u kojem pojedine komponente zadržavaju svoj zaseban identitet. Kompozit ima svojstva različita od svojstava njegovih komponenti.

¹⁾ Mr Slobodan Mitrović, Mašinski fakultet, Kragujevac, Srbija, boban @kg.ac.yu

²⁾ Dr Miroslav Babić, Mašinski fakultet, Kragujevac, Srbija, babic@kg.ac.yu

³⁾ Dr Ilija Bobić, Institut za nuklearne nauke "Vinča", Srbija, ilijab@vin.bg.ac.yu

Osnovni cilj jeste dobijanje kompozitnog materijala sa superiornim fizičkim svojstvima u odnosu na svojstva komponenata. Kompozitni materijal ima takođe i heterogenu strukturu sastavljenu od dveju ili više faza koje dolaze od njegovih komponenata. Jedna faza nazvana ojačivačem, daje jačinu i tvrdoću, a druga se naziva matricom ili vezivom i ona okružuje i drži zajedno grupe vlakana ili fragmente ojačivača.

Prednosti kompozitnih materijala u poređenju sa osnovama ogledaju se u poboljšanju mehaničkih osobina, pre svega u povećanju specifičnog modula elastičnosti i većoj čvrstoći, povećanju otpornosti prema habanju, otpornosti na koroziju i visoke temperature, hemijsku inertnost, izdržljivost i postojanost [1-5].

Poboljšane osbine kompozitnih materijala pružaju mogućnost njihove široke primene. U poslednjim decenijama napravljeno je mnoštvo novih kompozita sa nekim izuzetno korisnim osobinama. Pažljivim izborom materijala ojačivača i matrice i proizvodnog procesa kojim se oni spajaju, mogu se dobiti kompoziti sa svojstvima potrebnim za specijalne primene. Kompozitni materijali danas se koriste u metalnoj, automobilske, avionske, elektronske industriji, medicini, građevinarstvu itd.

Izrada kompozita sa osnovom od legura cinka počela je osamdesetih godina prošlog veka u Round Oaks Laboratories i Aston University u Engleskoj. Kao osnova, korišćena je legura cinka $ZnAl_{30}Cu_2$, a ojačivači kratka vlakna Al_2O_3 [2]. Bolje, opšte, osobine kompozita sa osnovom od legura cinka; ($ZnAl_{27}Cu_2$ i $ZnAl_{12}Cu_1$) legura uz dodatak vlakana Al_2O_3 postigla je grupa istraživača sa MIT-a [3]. Doprinos razvoju kompozitnih materijala sa osnovom od legura cinka dale su i grupe istraživača iz Izraela (Israel Institute of Metals, Haifa), koji su utvrdili znatno poboljšanje otpornosti prema habanju kompozita sa osnovom od legure cinka sa 27 mas.% aluminijuma i Singapura (Dept. of Mech. Eng., Singapore), koji su uveli nove ojačivače u osnovu od iste legure (staklo, Zr_2O_3 i grafit) [4,5].

Saradnjom Instituta za nuklearne nauke "Vinča" i Centra za tribologiju Mašinskog fakulteta u Kragujevcu razvijeni su kompoziti sa osnovom od ZA-27 legure ojačane česticama grafita i isptane su njihove tribološke karakteristike. U okviru ovog rada prikazan je samo deo rezultata obimnih istraživanja. Ceo projekat je podržan od strane Ministarstva za nauku i zaštitu životne sredine.

2. EKSPERIMENTALNI DEO

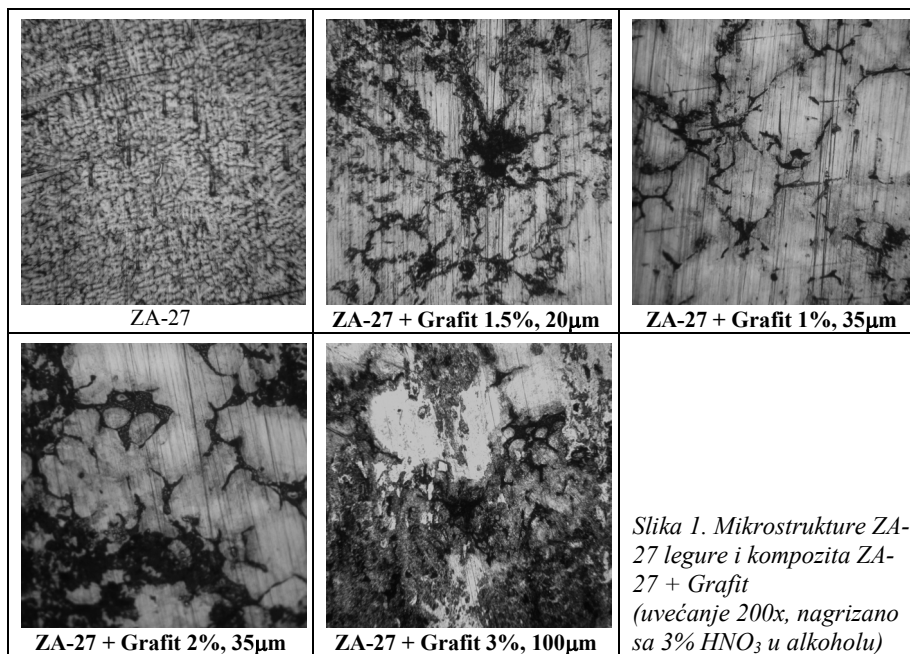
Kompozitni materijali sa osnovom od ZA-27 legure ojačane česticama grafita dobijeni su kompokasting postupkom. Kao ojačivač korišćen je grafit veličine čestica 20, 35 i 100 μm . Sitnije čestice infiltrirane su u količinama od 1, 1.5 i 2 mas.%, a krupnije čestice grafita (100 μm) infiltrirane su u količini od 3 mas%. Dobijeni su uzorci koji su naknadno toplo presovani da bi se umanjila poroznost. Iz otpresaka su, zatim, izrađivani uzorci za tribološka ispitivanja.

U tabeli 1 prikazan je hemijski sastav osnovnog materijala ZA-27 legure utvrđen hemijskom apsorpcijom.

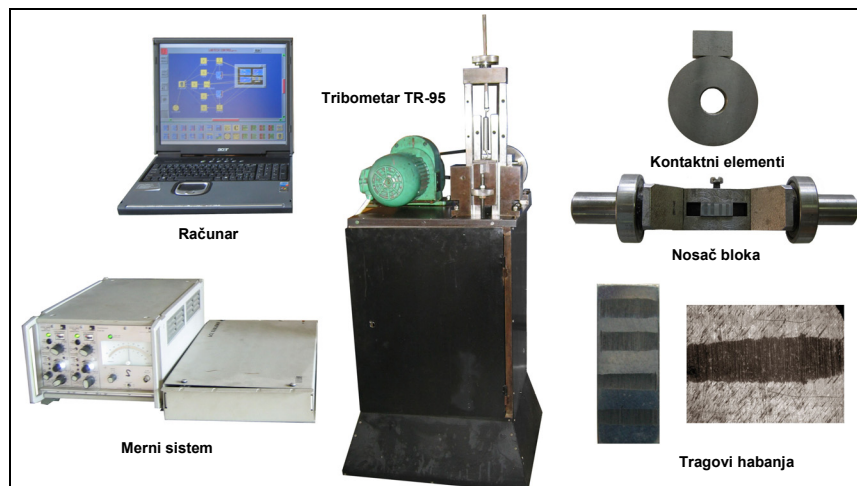
Tablela 1. Hemijski sastav ZA-27 legure

Uzorci	Elementi, %				
	Al	Zn	Cu	Fe	Mg
ZA-27 liveno u čeličnoj kokili	28.47	67.77	2.51	0.145	0.011

Na slici 1 prikazane su mikrostrukture osnovnog materijala ZA-27 legure i dobijenih kompozita ZA-27+Grafrit (uvećanje 200x, nagrizano sa 3% HNO₃ u alkoholu).



Ispitivanje triboloških karakteristika ZA-27+Grafrit kompozita bila su modelskog tipa i obavljena su na unapređenom i komjuterski podržanom tribometru TR-95 sa block-on-disc kontaktnom geometrijom u Centru za tribologiju Mašinskog fakulteta u Kragujevcu (slika 2).



Slika 2: Tribometar, merni sistem i kontaktna geometrija

Opitni kontaktni par odgovara zahtevima odgovarajućeg ASTM G 77 standarda. Sačinjava ga rotacioni disk prečnika $D_d=35$ mm i širine $b_d=6.35$ mm i stacionarni blok širine $b_b=6.35$ mm, dužine $l_b=15.75$ mm i visine $h_b=10.16$ mm.

Diskovi su izrađivani od čelika Č 5432 tvrdoće 55 HRC sa brušenim površinama, hrapavosti $R_a=0.49$ μm , a blokovi od ispitivanih ZA-27 + Grafit kompozita, sa brušenim kontaktnim površinama, hrapavosti $R_a = 0.32$ μm .

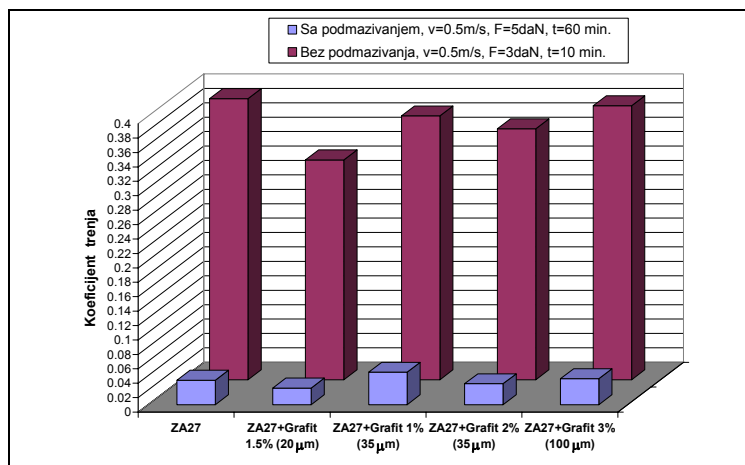
Ispitivanja su vršeni uz variranje tri nivoa brzine klizanja - 0.26 m/s, 0.50 m/s i 1.00 m/s i tri nivoa normalnog kontaktnog opterećenja - 2 daN, 5 daN i 8 daN, sa podmazivanjem u trajanju od 60 min. i tri nivoa normalnog kontaktnog opterećenja - 1 daN, 3 daN i 5 daN, bez podmazivanja u trajanju od 10 min. Podmazivanje kontaktnog para realizuje se tako što je disk donjim krajem uronjen do dubine od 3 mm u rezervoar sa uljem zapremine 30 ml i pri rotaciji kontinualno donosi ulje u zonu kontakta. U svim testovima sa podmazivanjem korišćeno je isto hidraulično ulje koje po standardu JUS ISO 11158:2003 odgovara tipu HL i kategoriji HM (ulje tipa HL sa poboljšanim karakteristikama protiv habanja, gradacije viskoznosti VG 46 (ISO 3448)).

3. REZULTATI TRIBOLOŠKIH ISPITIVANJA

Za kontinualno praćenje procesa trenja i merenje parametara trenja tribometar je opremljen odgovarajućim mernim sistemom podržanim PC računarom. Tokom trajanja testova mereni su normalna sila i sila trenja i automatski je generisan računski signal koeficijenta trenja. Kao osnovni parametar habanja korišćena je širina traga habanja na kontaktnoj površini bloka.

Zbog obimnosti rezultata ispitivanja u radu su prikazane samo uporedne vrednosti koeficijenata trenja i širina traga habanja za srednju brzinu klizanja i srednju vrednost normalnog opterećenja. Sva ispitivanja su vršena sa tri ponavljanja a zatim su dobijeni rezultati statistički obrađeni i predstavljeni odgovarajućim dijagramima.

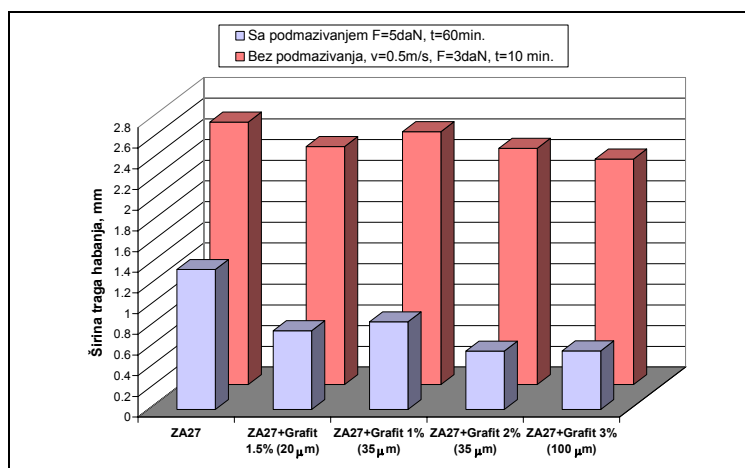
Na slici 3 prikazane su srednje vrednosti koeficijenata trenja ispitivanih kompozitnih materijalaza za brzinu klizanja $v=0.5$ m/s i normalno opterećenje $F_n=5$ daN u uslovima sa podmazivanjem i $F_n=3$ daN u uslovima bez podmazivanja.



Slika 3. Koeficijent trenja ZA-27 legure i ZA-27+ Grafit kompozita

Iz prethodnog dijagrama može se uočiti da najbolje frikcijske karakteristike ima kompozitni materijal sa osnovom od ZA-27 legure ojačane česticama grafita veličina $20\ \mu\text{m}$ u količini od 1.5 mas.% kako u uslovima sa, tako i bez podmazivanja. Sa povećanjem kako mas.% grafita tako i veličine čestica koeficijent trenja raste.

Na slici 4 prikazane su srednje vrednosti širine traga habanja na kontaktnoj površini bloka ispitivanih kompozitnih materijalaza za brzinu klizanja $v=0,5\ \text{m/s}$ i normalno opterećenje $F_n=5\ \text{daN}$ u uslovima sa podmazivanjem i $F_n=3\ \text{daN}$ u uslovima bez podmazivanja.



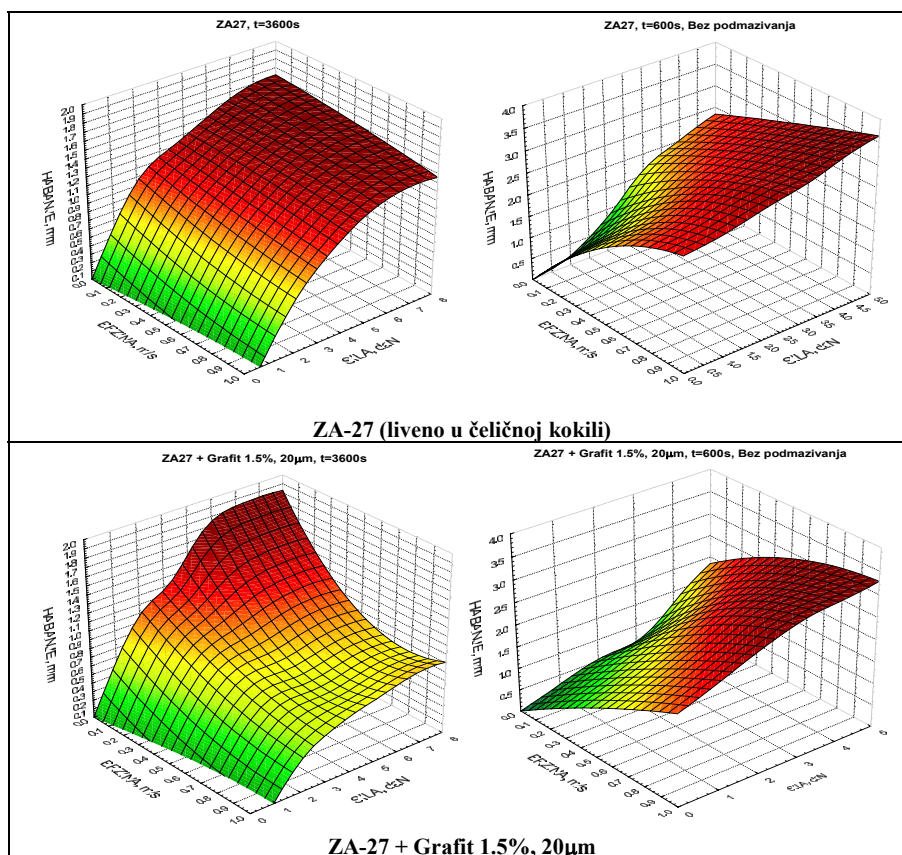
Slika 4. Širine traga habanja ZA-27 legure i ZA-27+ Grafit kompozita

Sa slike 4 jasno se može primetiti da u svim uslovima ispitivanja, kompozitni materijali pokazuju znatno manje habanje u odnosu na osnovni materijal.

Pri tribološkim ispitivanjima sa podmazivanjem najveću otpornost na habanje pokazao je kompozitni materijal ojačan česticama grafita veličina $35\ \mu\text{m}$ u količini od 2 mas.%, a u ispitivanjima bez podmazivanja najveću otpornost na habanje pokazao je kompozitni materijal ojačan česticama grafita veličina $100\ \mu\text{m}$ u količini od 3 mas.%.

Na osnovu svih prikupljenih podataka, tokom obimnih triboloških ispitivanja kompozitnih materijala sa osnovom od ZA-27 legure ojačane česticama grafita različitih veličina i različitih mas.%, mogu se definisati zavisnosti koeficijenta trenja i širine traga habanja od uslova ispitivanja. Statističkom obradom prikupljenih podataka, uz primenu odgovarajućih softverskih paketa, dobijene su ove zavisnosti u funkciji brzine klizanja i kontaktnog opterećenja, a koje je moguće i grafički predstaviti.

Na slici 5 grafički su prikazane zavisnosti promene širine traga habanja od brzine klizanja i normalnog opterećenja ispitivanih kompozitnih materija, u slučaju sa i bez podmazivanja. Rezultati pokazuju da se širina traga habanja povećava sa rastom normalne sile kontaktnog opterećenja. Takođe, utvrđeno je da se sa povećanjem brzine klizanja smanjuje širina traga habanja pri podmazivanju, odnosno povećava bez podmazivanja.



Slika 5. Širina traga habanja u funkciji brzine klizanja i normalnog opterećenja

4. ZAKLJUČAK

Primenom kompokasting postupka dobijeni su kompozitni materijali sa osnovom od ZA-27 legure ojačane česticama grafita koji pokazuju bolja tribološka svojstva od osnovnog materijala.

Rezultati istraživanja pokazuju da najbolje frikционе karakteristike ima kompozitni materijal sa osnovom od ZA-27 legure ojačane česticama grafita veličine 20 μm u količini od 1.5 mas.%. U uslovima sa podmazivanjem koeficijent trenja kod ovog kompozitnog materijala smanjuje se za oko 32%, a bez podmazivanja za 22%.

U svim uslovima ispitivanja, kompozitni materijali pokazuju znatno manje habanje u odnosu na osnovni materijal. Pri tribološkim ispitivanjima sa podmazivanjem najveću otpornost na habanje pokazao je kompozitni materijal ojačan česticama grafita veličina 35 μm u količini od 2 mas.%, gde se širina traga habanja smanjuje do čak 58%, a u ispitivanjima bez podmazivanja najveću otpornost na habanje pokazao je kompozitni materijal ojačan česticama grafita veličina 100 μm u količini od 3 mas.%, kod koga se trag habanja smanjuje za 15% u odnosu na osnovni materijal.

LITERATURA

- [1] Z.Zhu, A Literature Survey on Fabrication Methods of Cast Reinforced Metal Composites, ASM International USA, "Cast Reinforced Metal Composites", (1988.)
- [2] E.J.Kubel, Expanding Horizons for ZA Alloys, Advances Materials and Process, vol. 7 (1987.), 51-57
- [3] I. A. Cornie, R. Guerriero, L. Meregalli, I. Tangerini, Microstructures and Properties of Zinc-Alloy Matrix Composite Materials, "Cast Reinforced Metal Composites", (1988.), 155-165.
- [4] N. Karni, G.B. Barkay, M. Bamberger, Structure and Properties of Metal-Matrix Composite, J. of Mat. Scie Letters, 13, (1994.), 541-544
- [5] K.H.W. Seah, S.C. Sharma, B. M. Girish, Mechanical Properties of Cast ZA-27/ Graphite Particulate Composites, Materials & Design, vol.16, 1995.
- [6] M. Babic, R. Ninkovic, Zn-Al Alloys as Tribomaterials, Tribology in industry, Vol. 26, No 1 & 2, 2004., 3-7
- [7] I. Bobić, Doktorska disertacija, TMF, Beograd, (2003.)
- [8] S.C. Sharma, B.M. Girish, Rathnaka Kramath, B.M. Satish, Graphite particles reinforced ZA-27 alloy composite materials for journal bearing applications, Wear 219, (1998.), 162-168
- [9] S.C. Sharma, B.M. Girish, Rathnakar Kamath, B.M. Satish, Effect of SiC particle reinforcement on the unlubricated sliding wear behaviour of ZA-27 alloy composites, Wear 213, (1997.), 33-40
- [10] S.C. Sharma, B.M. Girish, Rathnakar Kamath, B.M. Satish, Sliding wear behaviour of zircon particles reinforced ZA-27 alloy composite materials, Wear 224, 1999.
- [11] F.Kovačiček, I.Žmak, Metalni kompoziti, MATRIB2004, Vela Luka, 2004., 349-356
- [12] I. Bobić, M. T. Jovanović, N. Ilić, Microstructure and Strength of ZA-27-Based Composites Reinforced with Al₂O₃ Particles, Materials Letters, 2003.
- [13] G. Ranganath, S.C. Sharma, M. Krishna, Dry sliding wear of garnet reinforced zinc/aluminium metal matrix composites, Wear 251, (2001.), 1408-1413
- [14] M. Kok, Production and mechanical properties of Al₂O₃ particle reinforced 2024 aluminium alloy composites, Journal of Materials Processing Technology 161, (2005.), 381-387
- [15] M. F. Ashby, D. R. H. Jones, Engineering Materials 1&2, An Introduction to their Properties and Applications, Elsevier Science, 2002.
- [16] V. V. Vasiliev, E. V. Morozov, Mechanics and analysis of composite materials, Elsevier Science, 2001.
- [17] E. A. Brandes, G. B. Brook, Smithells Metals Reference Book, Butterworth-Heinemann, 2002.