

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
Технички факултет у Бору
НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ
Број:
Бор, 7.11. 2013.год.

Предмет: Покретање поступка за валидацију и верификацију техничког решења

У складу са Правилником о поступку и начину вредновања и квантитативном исказивању научно-истраживачких резултата („Службени гласник РС“ бр, 38/2008), обраћамо се Наставно-научном већу Техничког факултета у Бору са молбом да покрене поступак за валидацију и верификацију техничког решења под називом:

„Еколошки безоловни лем BiCuNi за високотемпературну примену“
Аутора:

др Драгана Живковић, ред.проф. Технички факултет у Бору,
др Бранислав Марковић, научни сарадник, ИТНМС у Београду,
др Драган Манасијевић, ван. проф. Технички факултет у Бору,
др Владан Ћосовић, виши научни сарадник, ИХТМ, Београд,
др Мирослав Сокић, виши научни сарадник, ИТНМС, Београд и
др Нада Штрбац, ред.проф. Технички факултет у Бору.

Техничко решење (M82 нови материјал), резултат је реализације пројекта:

-пројекат бр.ON 172037 :“ Савремени вишеккомпонентни метални системи и наноструктурни материјали са различитим функционалним својствима “
руководилац проф. Др Драгана Живковић, Технички факултет у Бору и

-пројекат бр. 34023: “Развој технолошких процеса прераде нестандарних концентрата бакра у циљу оптимизације емисије загадујућих материја “ ,
руководилац проф. др Нада Штрбац, технички факултет у Бору.

За рецензенте предлагемо:

1. др Ана Костов, научни саветник института за рударство и металургију у Бору и
2. Др Душко Минић, редовни професор факултета технички наука у Косовској Митровици.

Подносилац захтева

Проф.др Драгана Живковић
Универзитет у Београду, Технички факултет у Бору

Универзитет у Београду
Технички факултет у Бору
Број: VI/4-12-16
Бор, 19. 11. 2013. године

На основу чл. 47. Статута Техничког факултета у Бору, Наставно научно веће Факултета, на седници одржаној 19. 11. 2013. године, донело је

ОДЛУКУ

I Прихвата се Захтев за валидацију и верификацију техничког решења под називом: „Еколошки безоловни лем BiCuNi за високотемпературну примену“, аутора др Драгане Живковић, редовног професора Техничког факултета у Бору, др Бранислава Марковића, научног сарадника ИТНМС-а у Београду, др Драгана Манасијевића, ванредног професора Техничког факултета у Бору, др Владана Ђосовића, вишег научног сарадника ИХТМ-а у Београду, др Мирослава Сокића, вишег научног сарадника ИТНМС-а у Београду и др Наде Штрбац, редовног професора Техничког факултета у Бору.

II Прихвата се предлог предложених рецензената:


1. др Ана Костов, научни саветник Института за рударство и металургију у Бору – члан;
2. др Душко Минић, редовни професор Рударско-металуршког факултета у Косовској Митровици;

III Захтев за валидацију и верификацију техничког решења под називом: „Еколошки безоловни лем BiCuNi за високотемпературну примену“, аутора др Драгане Живковић, редовног професора Техничког факултета у Бору, др Бранислава Марковића, научног сарадника ИТНМС-а у Београду, др Драгана Манасијевића, ванредног професора Техничког факултета у Бору, др Владана Ђосовића, вишег научног сарадника ИХТМ-а у Београду, др Мирослава Сокића, вишег научног сарадника ИТНМС-а у Београду и др Наде Штрбац, редовног професора Техничког факултета у Бору саставни је део ове одлуке.

Доставити:

- продекану за НИР
- именованима
- архиви

ПРЕДСЕДНИК
НАСТАВНО-НАУЧНОГ ВЕЋА



ДЕКАН
Проф. др. Милан Антонијевић

TEHNIČKO REŠENJE
(M82)

NOVI MATERIJAL: EKOLOŠKI BEZOLOVNI LEM BiCuNi
ZA VISOKOTEMPERATURNU PRIMENU

1. Autori tehničkog rešenja

Prof. dr Dragana Živković, dipl.inž.
Dr Branislav Marković, dipl.inž.
Prof. dr Dragan Manasijević, dipl.inž.
Dr Vladan Čosović, dipl.inž.
Dr Miroslav Sokić, dipl.inž.
Prof. dr Nada Štrbac, dipl.inž.

2. Naziv tehničkog rešenja

Novi materijal: Ekološki bezolovni lem BiCuNi za visoko temperaturnu primenu

3. Ključne reči

Ekološki bezolovni lem, bizmut, bakar, nikl

4. Tehničko rešenje proizašlo kao rezultat projekata Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja za treću istraživačku godinu 2013.

Projekat br. ON172037: „Savremeni višekomponentni metalni sistemi i nanostrukturni materijali sa različitim funkcionalnim svojstvima“, rukovodilac prof. dr Dragana Živković, TF Bor

Projekat br. TR34023: „Razvoj tehnoloških procesa prerade nestandardnih koncentrata bakra u cilju optimizacije emisije zagađujućih materija“, rukovodilac prof. dr Nada Štrbac, TF Bor

5. Godina kada je tehničko rešenje kompletirano i od kada se primenjuje

2013. godina

6. Korisnik tehničkog rešenja

MARTEENZIT Bor

7. Oblast i naučna disciplina na koju se tehničko rešenje odnosi

Materijali i hemijske tehnologije

1. Uvod

Legure na bazi olova su najčešće korišćeni lemnii materijali u elektrotehnici i elektronskoj industriji. Međutim zbog visoke toksičnosti olovo predstavlja veliku pretnju životnoj sredini. Imajući to u vidu, Kongres SAD-a je početkom dvadeset prvog veka pokrenuo inicijativu da se olovo zameni drugim, manje štetnim metalima. U Evropi i Japanu ova ideja je ne samo prihvaćena, nego i proširena, tako da prema WEEE direktivi, u Evropi do 2010. godine iz upotrebe treba izbaciti olovo, kadmijum, šestovalentni hrom i neke organske toksične supstance.

Samim tim postavljeni su veliki izazovi pred istraživače i pristupilo se razvoju novih ekoloških lemnii materijala koji ne sadrže toksične elemente i istovremeno ispunjavaju mnogobrojne uslove u pogledu mehaničkih i električnih osobina, korozione postojanosti i ekonomske isplativosti.

Obzirom na cilj projekta razvoja savremenih višekomponentni metalnih sistema i izrade lemova različitih namena u smislu pronalaženja optimalne zamene za lemове koji sadrže olovo i kadmijum, proizvedeni lemovi moraju biti po osobinama slični standardnim lemovima, uz što manja odstupanja i odgovarajuću ekonomsku isplativost.

Tokom prve, druge i treće godine istraživanja razvijen je novi ekološki lemnii materijal BiCuNi za visokotemperaturnu primenu, čije će karakteristike biti izložene u daljem tekstu.

2. Problematika i stanje u oblasti razvoja ekoloških bezolovnih lemova u svetu i kod nas

Kontinuirana potraga za ekološki pogodnim materijalima za povezivanje i kontakt u velikim integralnim kolima sprovodi se zbog sve većih zahteva za zaštitu životne sredine i zdravlja ljudi, kao i zbog poboljšanja radnih osobina proizvoda u savremenoj elektronskoj industriji.

Jedan od aktuelnih svetskih trendova poslednjih godina je tzv. lead-free pokret, obzirom na važeće zakonske regulative (WEEE, RoHS i sl.) koje se odnose na ograničene koncentracije toksičnih elemenata. Među tim elementima čiji sadržaj treba ograničiti na minimalno dozvoljene koncentracije, nalazi se i olovo, koje je u širokoj upotrebi u industriji, posebno elektronskoj kao sastavni deo lemova. Iz tih razloga neophodno je pronaći alternativu već postojećim lemovima na bazi olova i kalaja, koja će obuhvatiti zadovoljavajuću kombinaciju elemenata u vidu novog ekološkog lema. Takvi novi ekološki lemovi treba da pored ekološkog aspekta zadovolje i niz drugih osobina koje su od nepobitne važnosti za primenu u praksi, kao i ekonomsku isplativost.

U komercijalnim lemovima, trenutno dostupnim na tržištu kod nas i u svetu, olovo i kadmijum, pored kalaja, predstavljaju važne i nezaobilazne sastojke niskotopivih lemova. Najširu primenu u elektrotehnici i elektronskoj industriji ima olovno-kalajni lem, prvenstveno zbog svoje niske cene i jedinstvene kombinacije fizičkih, hemijskih i mehaničkih osobina kao, i pouzdanosti u radu. Iz tih razloga veoma je teško odabrati adekvatnu zamenu, tj. leguru koja će u potpunosti moći da zameni ovaj standardni lem i da pri tom ima odgovarajuće osobine.

Naime, veliki broj bezolovnih legura (od kojih su neke patentirane) nalazi primenu u određenim oblastima elektronske industrije, ali uz izvesna ograničenja: visoka cena u odnosu na standardni lem, visoka temperatura topljenja, što povlači izvesne promene sadašnje tehnologije ili nedovoljna pouzdanost lema. Ono što se sa sigurnošću može tvrditi jeste da primenu nalaze kalajni lemovi sa dodatkom srebra, bakra, indijuma, zlata, itd.

Legure na bazi bizmuta sa dodacima srebra, bakra i nikla predstavljaju perspektivne bezolovne lemове za elektronsku industriju, dok se nikl masovno koristi kao jedan od konstitutivnih elemenata kontaktnih materijala u elektronskim uređajima. U svim varijantama mekih lemova (Bi-Ag-Cu, Bi-Ag-Ni, Bi-Cu-Ni, npr.), bizmut u svakom od sistema predstavlja glavnu vezujuću komponentu, tako da se mogu ostvariti više temperature prerade u poređenju sa konvencionalnim lemovima na bazi kalaja. Osim toga, lemovi na bazi bizmuta predstavljaju ekološku alternativu sa visokom pouzdanošću u radu. Iz grupe mogućih bezolovnih lemnih materijala na bazi bizmuta, izdvaja se trokomponentna legura Bi-Cu-Ni.

3. Problem koji se rešava tehničkim rešenjem

Obzirom na cilj projekta razvoja savremenih višekomponentni metalnih sistema i izrade lemova različitih namena u smislu pronalaženja optimalne zamene za lemове koji sadrže olovo i kadmijum, proizvedeni lemovi moraju biti po osobinama slični standardnim lemovima, uz što manja odstupanja i odgovarajuću ekonomsku isplativost.

Zbog toga se pristupilo radu na što potpunijem i detaljnijem istraživanju, dizajnu i razvoju novih generacija tzv. "ekoloških lemova" koji ne sadrže toksične elemente i istovremeno ispunjavaju mnogobrojne uslove u pogledu mehaničkih i električnih osobina, korozione postojanosti i ekonomske isplativosti.

4. Suština, opis i karakteristike tehničkog rešenja

Na osnovu analize literaturnih podataka i sopstvenih istraživanja na projektu, u okviru trokomponentnog sistema Bi-Cu-Ni izabrane su legure (Tabela 1.) duž tri odabrana preseka iz ugla bizmuta sa sledećim molskim odnosima: Cu:Ni=1:1, Cu:Ni=3:1 i Cu:Ni=1:3, koje bi našle primenu kao novi ekološki lemnii materijal.

Tabela 1. Sastav ispitivanih legura ternarnog sistema Bi-Cu-Ni

Oznaka uzorka	x_{Bi}	x_{Cu}	x_{Ni}
A1	0,1	0,45	0,45
D1	0,4	0,3	0,3
J1	0,9	0,05	0,05
A2	0,1	0,675	0,225
C2	0,3	0,525	0,175
H2	0,8	0,15	0,05
C3	0,3	0,175	0,525
F3	0,6	0,1	0,3
J3	0,9	0,025	0,075

Tehnologija proizvodnje odabranog lema obuhvatila je sledeće faze: izradu predlegura, konstrukciju određene dimenzije profila, analizu potrebnih parametara livenja i definisanje adekvatnih tehnoloških rešenja, definisanje pokrivnih sredstava i dinamike legiranja, definisanje minimalno potrebne količine livene žice za proces plastične deformacije, poluindustrijski eksperiment, ispitivanje izlivenih ingota i profila (hemijska, metalografska, mehanička, fizička i tehnološka), definisanje termomehaničkog režima plastične deformacije i izbor mašina, ispitivanje gotovih proizvoda, analizu rezultata i ponavljanje eksperimenata sa eventualnom korekcijom uočenih nedostataka.

Predlegure odabranih sastava izrađene su od čistih metala (99,99%), pretapanjem u elektrootpornoj peći. Uzorci legura zadatog sastava su potom pravljani topljenjem predlegura u indukcionoj peći, u atmosferi vazduha. Dobijeni uzorci legura, nakon topljenja homogenizovani su žarenjem u trajanju od dva sata na 800°C i hlađeni sa žarnom peći pri brzini hlađenja od 2 °C/min. U cilju zaštite od oksidacije u svim slučajevima korišćena je pokrивka od ćumura.

Pripremljeni uzorci selektovanog sastava legure podvrgnuti su termijskim, strukturnim, mehaničkim i električnim ispitivanjima.

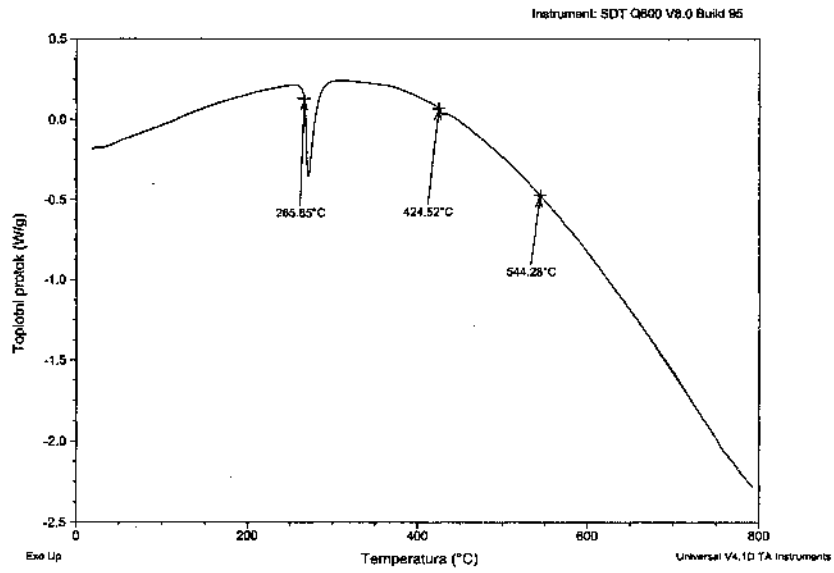
DTA/DSC ispitivanja su izvodjena na uređaju za simultanu termijsku analizu materijala (TGA, DTA, DSC) SDT Q600 (TA Instruments), koji radi u opsegu temperature od sobne do 1500°C, sa vakuumom do max 7 Pa i brzinom zagrevanja od 0,1 do 100 °C/min. Preciznost merenja je ± 2%.

U cilju ispitivanja temperatura faznih transformacija ternarnog sistema Bi-Cu-Ni, primenom metoda diferencijalne termijske analize (DTA) i diferencijalne skenirajuće kalorimetrije (DSC), ispitano je odabranih devet uzoraka duž tri odabrana preseka iz ugla bizmuta sa sledećim moljskim odnosima: Cu:Ni=1:1, Cu:Ni=3:1 i Cu:Ni=1:3. Ispitivani uzorci su nakon homogenizacije zagrevani brzinom zagrevanja od 5°C/min, pri čemu su dobijene krive zagrevanja na osnovu kojih su određene karakteristične temperature faznih transformacija, prezentovane u tabeli 2.

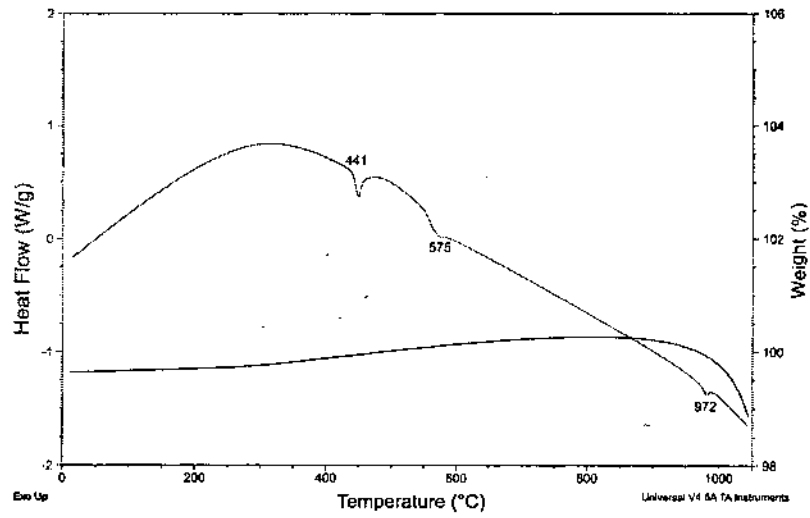
Tabela 2. DTA/DSC rezultati za ispitivane uzorke u Bi-Cu-Ni ternarnom sistemu

Uzorak	Sastav uzorka [at.%]	Temperatura (°C)	
		Fazne transformacije	Likvidus
A1	Bi ₁₀ Cu ₄₅ Ni ₄₅	349; 620	1243
D1	Bi ₄₀ Cu ₃₀ Ni ₃₀	410; 505; 620	1005
J1	Bi ₉₀ Cu ₅ Ni ₅	265; 424	544
A2	Bi ₁₀ Cu _{67,5} Ni _{22,5}	563; 580	1142
C2	Bi ₃₀ Cu _{52,5} Ni _{17,5}	441; 575	972
H2	Bi ₈₀ Cu ₁₅ Ni ₅	267	687
C3	Bi ₃₀ Cu _{17,5} Ni _{52,5}	352; 627	1234
F3	Bi ₆₀ Cu ₁₀ Ni ₃₀	423; 627	955
J3	Bi ₉₀ Cu _{2,5} Ni _{7,5}	267	434

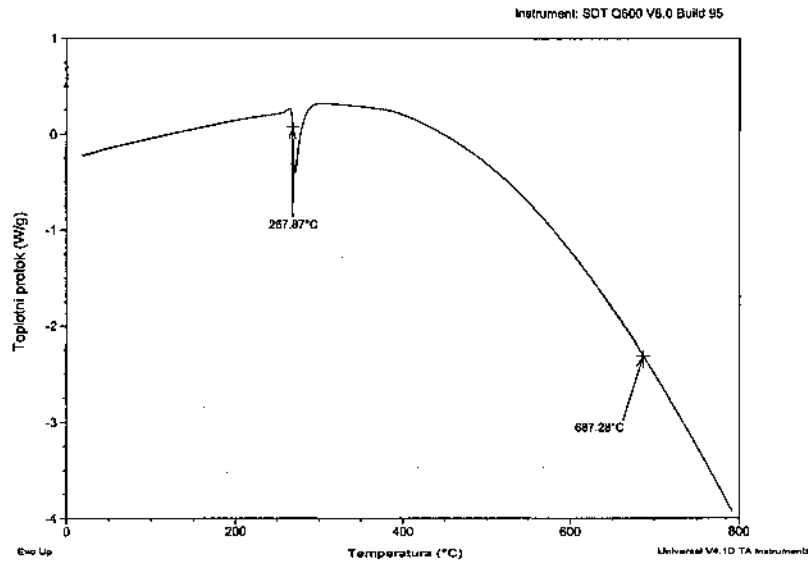
Karakteristične DTA/DSC krive zagrevanja odabranih uzoraka legura Bi-Cu-Ni ternarnog sistema prikazane su na slici 1.



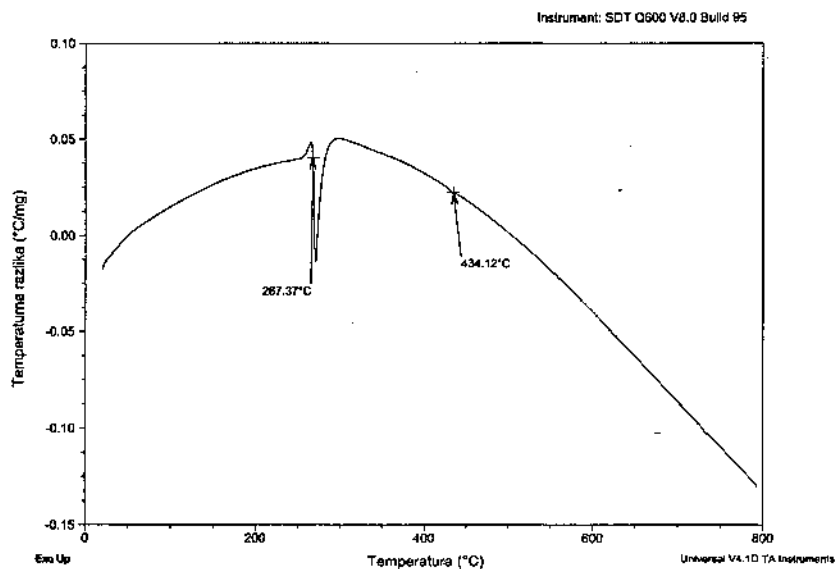
a) DSC kriva za uzorak J1



b) DSC kriva za uzorak C2



c) DSC kriva za uzorak H2

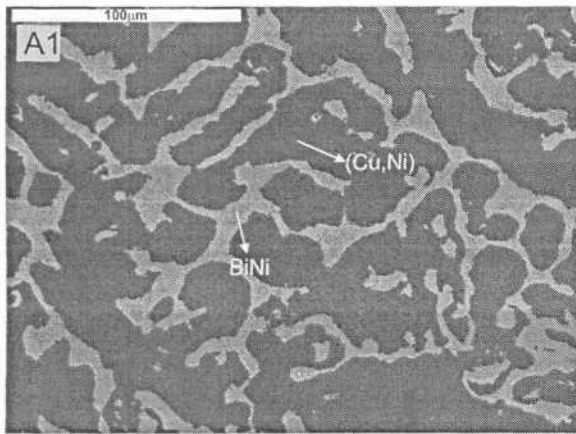


d) DTA kriva za uzorak J3

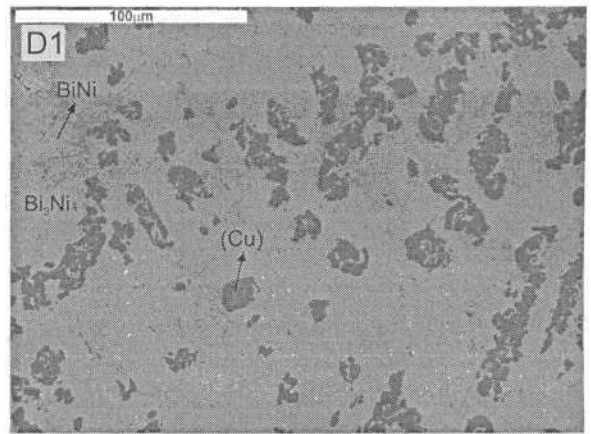
Slika 1. DTA/DSC krive odabranih uzoraka legura Bi-Cu-Ni ternarnog sistema (a-d)

Utvrđivanje fazne strukture i sastava ispitivanih legura sprovedeno je primenom SEM-EDS analize. Uzorci su pripremljeni na standardan način za ovu vrstu ispitivanja – brušenjem i poliranjem, bez primene sredstva za nagrizanje. Brušenje je vršeno na brusnim papirima oznake 3 do 0000 (ASTM), a mehaničko poliranje vodenom suspenzijom glinice granulacije 0,05 μm .

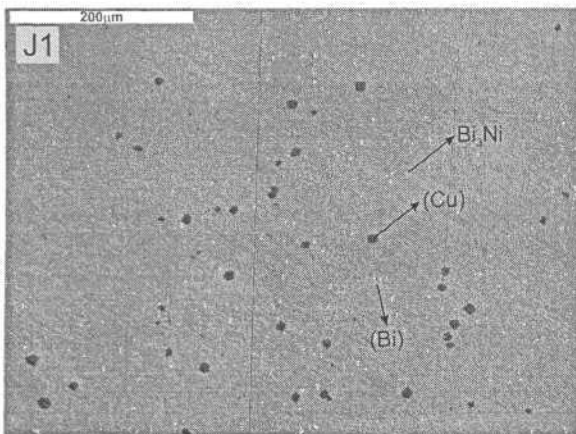
SEM-EDS analiza je izvršena na skenirajućem elektronskom mikroskopu JEOL JSM-5800, opremljenim EDS analizatorom OXFORD ISIS 3.2, koji poseduje rezoluciju od 5 nm na 20 kV i maksimalno uvećanje do 300000 puta. Dobijeni rezultati su prezentovani na slici 2. i u tabeli 3.



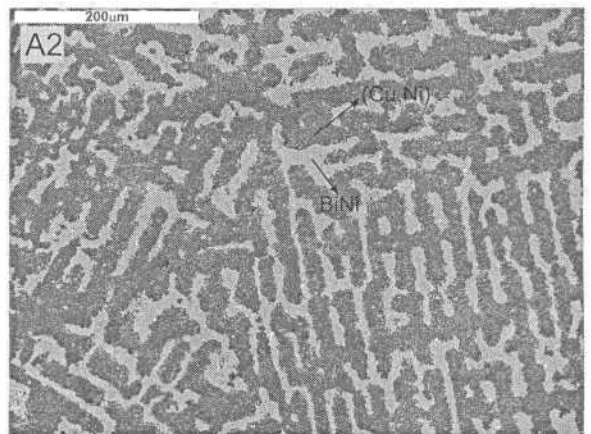
a) legura A1



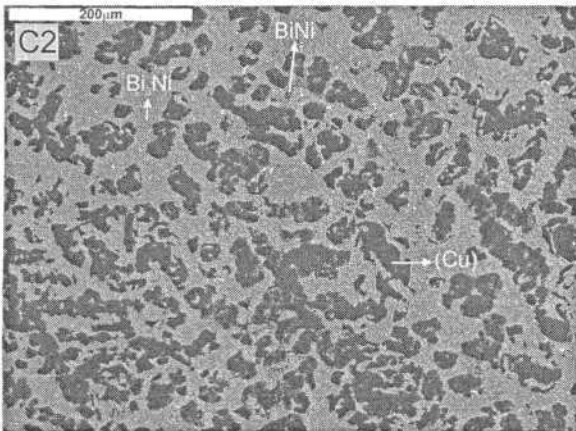
b) legura D1



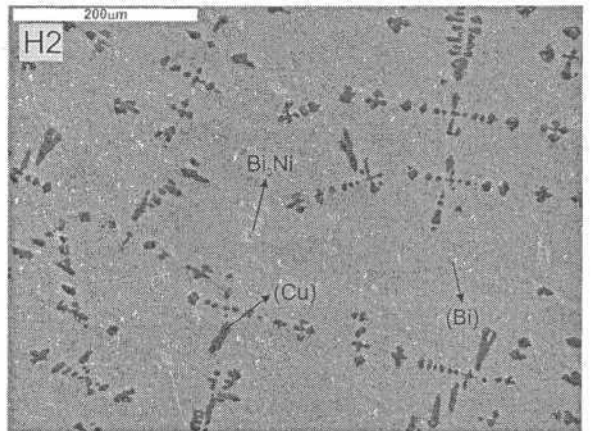
c) legura J1



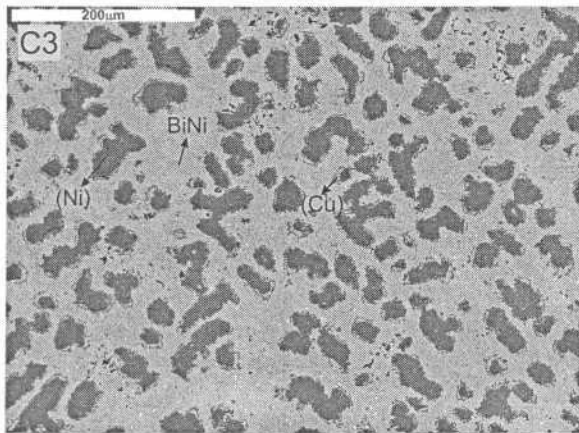
d) legura A2



e) legura C2



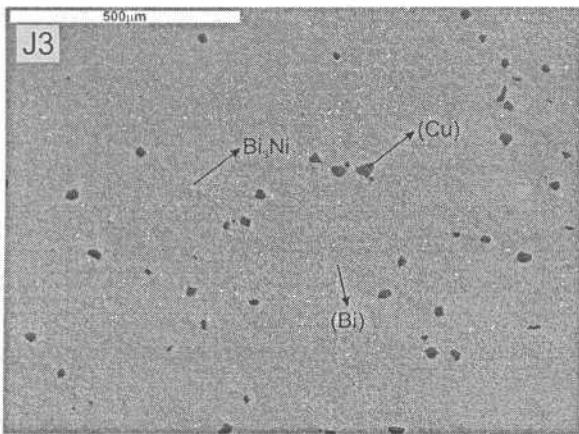
f) legura H2



g) legura C3



h) legura F3



i) legura J3

Slika 2. SEM fotografije ispitivanih uzoraka (a-i)

Tabela 3. Rezultati EDS analize ispitivanih legura

Uzorak	Ukupni sastav [at.%]	Eksp. određene faze	Eksp. određen sastav faza [at.%]		
			Bi	Cu	Ni
A1	10 Bi	BiNi	56	5	39
	45Cu	(CuNi)	1	72	27
	45 Ni				
D1	40 Bi	BiNi	47	8	45
	30 Cu	Bi ₃ Ni	72	4	24
	30 Ni	(Cu)	2	90	8
J1	90 Bi	Bi ₃ Ni	75	/	25
	5 Cu	(Bi)	98.4	/	1.6
	5Ni	(Cu)	4.5	90.6	4.9
A2	10 Bi	BiNi	55	5	40
	67.5 Cu	(CuNi)	1	73	26
	22.5 Ni				
C2	30 Bi	BiNi	48	5	47
	52.5 Cu	Bi ₃ Ni	73	2	25
	17.5 Ni	(Cu)	5	90	5
H2	80 Bi	Bi ₃ Ni	74	2	24
	15 Cu	(Bi)	91	1	8
	5 Ni	(Cu)	1	92	7
C3	30 Bi	BiNi	54	9	37
	17.5 Cu	(Cu)	1	92	7
	52.5 Ni	(Ni)	1	11	88
F3	60 Bi	BiNi	46	10	44
	10 Cu	Bi ₃ Ni	74.5	2.5	23
	30 Ni	(Cu)	2	91	7
J3	90 Bi	Bi ₃ Ni	75	/	25
	2.5 Cu	(Bi)	94.5	1	4.5
	7.5 Ni	(Cu)	10	87.5	2.5

Izvršena strukturna analiza korišćenjem SEM-EDS metode potvrdila je postojanje svih očekivanih faza u ovom ternarnom sistemu. Na osnovu date analize, tamna faza u svim ispitivanim uzorcima povezana je sa čvrstim rastvorom na bazi bakra i nikla - (Cu) (Ni), dok se svetla faza odnosi na intermedijatnu fazu NiBi, intermetalno jedinjenje NiBi₃ koje za osnovu imaju bizmut i nikl, i romboedarsku fazu na bazi bizmuta - (Bi).

U okviru karakterizacije ispitivanih legura izvršeno je i merenje tvrdoće metodom Vikersa, i dobijeni rezultati su prezentovani u tabeli 4. Rezultati merenja tvrdoće ukazuju na smanjenje vrednosti sa povećanjem sadržaja bizmuta u leguri.

Tabela 4. Rezultati merenja tvrdoće ispitivanih uzoraka

Oznaka uzorka	HV5
A1	142,6
D1	85,2
J1	15,3
A2	99
C2	43,3
H2	15,5
C3	131
F3	68,8
J3	21,2

Kao dodatna metoda karakterizacije legura izvršeno je merenje električne provodljivosti. Električna provodljivost ispitivanih legura merena je pomoću standardnog aparata - SIGMATEST 2.069-Foerster, instrumenta za merenje električne provodljivosti metala i legura, koji ne poseduju feromagnetna svojstva. Ovaj instrument se koristi za merenje električne provodljivosti na osnovu kompleksne impedanse merne sonde. Prečnik merne sonde je 8 mm, meri opseg od 0.5 do 65 MS/m (1% - 112% IACS), 5 radnih frekvencija. Izvršena su tri seta merenja i dobijena je srednja vrednost električne provodljivosti za ispitivane uzorke (tabela 5). Rezultati merenja električne provodljivosti pokazuju da sa povećanjem sadržaja bizmuta u leguri, vrednost električne provodljivosti opada.

Tabela 5. Električna provodljivost za ispitivane uzorke (tri seta merenja)

Uzorak	Elektroprovodljivost (MS/m)			
	I serija	II serija	III serija	Srednja vrednost
A1	1.678	1.675	1.681	1.678
D1	1.173	1.172	1.173	1.173
J1	0.907	0.904	0.902	0.904
A2	2.826	2.824	2.830	2.827
C2	1.523	1.520	1.522	1.522
H2	1.005	1.006	1.006	1.006
C3	1.193	1.198	1.202	1.198
F3	0.958	0.959	0.959	0.959
J3	0.888	0.890	0.889	0.889

5. Zaključak

Prikazani rezultat – novi lemnii materijal na bazi bizmuta, bakra, i nikla, od značaja je u proširenju asortimana ekoloških bezolovnih lemova, koji mogu biti konkurentni ne samo na domaćem, već i na svetskom tržištu.

Kao najbitniji aspekt izdvaja se ekološki, obzirom da ispitivana lemnii legura ne sadrži toksične elemente za razliku od lemova koji su kod nas u širokoj upotrebi. Navedena legura je u odnosu na olovne lemове svakako skuplja, ali se njena viša cena može opravdati potrebom za postizanjem odgovarajućih osobina, a i uskladu je sa novim zakonskim regulativama koje su na snagu stupile u Evropskoj Uniji 1. jula 2008. godine.

Sa stanovišta praktične primene, jedan od najbitnijih faktora je temperatura topljenja, jer određuje maksimalnu dozvoljenu temperaturu kojoj proizvod može biti izložen, a što utiče i na mikrostrukturu lemnog spoja, debljinu intermetalnog sloja i broj prisutnih intermetalnih faza. Veća količina bizmuta u leguri obezbeđuje sniženje tačke topljenja, ali istovremeno dovodi i do određenog smanjenja njenih mehaničkih i električnih karakteristika.

NASTAVNO-NAUČNOM VEĆU
Tehničkog fakulteta u Boru

Predmet: Recenzija tehničkog rešenja kategorije M82-Novi materijal

Naziv tehničkog rešenja: Novi materijal: ekološki bezolovni lem BiCuNi za visokotemperaturnu primenu

Autori: Prof. dr Dragana Živković, dipl.inž.
Dr Branislav Marković, dipl.inž.
Prof. dr Dragan Manasijević, dipl.inž.
Dr Vladan Čosović, dipl.inž.
Dr Miroslav Sokić, dipl.inž.
Prof. dr Nada Štrbac, dipl.inž.

Mišljenje recenzenta

Odlukom Nastavno-naučnog veća Tehničkog fakulteta u Boru, broj VI/4-12-16 od 19.11.2013. godine, određena sam za recenzenta tehničkog rešenja pod nazivom „*Novi materijal: ekološki bezolovni lem BiCuNi za visokotemperaturnu primenu*“ koje predstavlja rezultat istraživanja autora u okviru projekata br. TR34023 i ON172037 čiju realizaciju finansira Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

Na osnovu analize priloženog materijala, Nastavno-naučnom veću Tehničkog fakulteta u Boru prilažem sledeće:

MIŠLJENJE

Tehničko rešenje pod nazivom „*Novi materijal: ekološki bezolovni lem BiCuNi za visokotemperaturnu primenu*“ je prikazano na 12 stranica A4 formata, i sadrži 13 slika i 5 tabela. Tehničko rešenje je obrađeno u skladu sa zahtevima definisanim Pravilnikom o postupku i načinu vrednovanja, i kvantitativnom iskazivanju naučnoistraživačkih rezultata istraživača („Službeni glasnik RS“ br. 38/2008).

Sadržaj tehnološkog rešenja obuhvata sledeće celine:

1. Naslovna strana, koja sadrži podatke o: autorima tehničkog rešenja; naziv tehničkog rešenja; ključne reči; naziv projekata iz kojih je tehničko rešenje proizašlo kao rezultat finansiranja resornog ministarstva za treću istraživačku godinu 2013; korisnike tehničkog rešenja; godinu kada je tehničko rešenje kompletirano; i oblast i naučnu disciplinu na koju se tehničko rešenje odnosi
2. Uvod
3. Problematika i stanje u oblasti razvoja ekoloških bezolovnih lemova u svetu i kod nas
4. Problem koji se rešava tehničkim rešenjem
5. Suština, opis i karakteristike tehničkog rešenja
6. Zaključak

U prvom delu tehničkog rešenja autori su detaljno obrazložili problematiku i stanje u oblasti razvoja ekoloških bezolovnih lemova, sa detaljnim literaturnim pregledom dosadašnjih

istraživanja u svetu. Legure na bazi bizmuta sa dodacima srebra, bakra i nikla predstavljaju perspektivne bezolovne lemове za elektronsku industriju, dok se nikl masovno koristi kao jedan od konstitutivnih elemenata kontaktnih materijala u elektronskim uređajima. U svim varijantama mekih lemova, bizmut u svakom od sistema predstavlja glavnu vezujuću komponentu, tako da se mogu ostvariti više temperature prerade u poređenju sa konvencionalnim lemovima na bazi kalaja. Zbog toga su autori tehničkog rešenja pristupili radu na što potpunijem i detaljnijem istraživanju, dizajnu i razvoju novih generacija tzv. "ekoloških lemova" koji ne sadrže toksične elemente i istovremeno ispunjavaju mnogobrojne uslove u pogledu mehaničkih i električnih osobina, korozione postojanosti i ekonomske isplativosti.

U drugom delu tehničkog rešenja autori su detaljno opisali tehnologiju dobijanja novog materijala-ekoloških lemova na bazi bizmuta, bakra, i nikla. Sva istraživanja praćena su većim brojem eksperimenata, i dokumentovana različitim metodama ispitivanja, prevashodno fizičko-mehaničkih karakteristika i strukture dobijenih legura.

Prikazani rezultat – novi lemni materijal na bazi bizmuta, bakra, i nikla, od značaja je u proširenju asortimana ekoloških bezolovnih lemova, koji mogu biti konkurentni ne samo na domaćem, već i na svetskom tržištu. Dobijeni materijal ispunjava višestruke uslove za uspešnu primenu, s jedne strane ispunjen je ekološki uslov (zamena toksičnih elemenata neškodljivim), a takođe su ispunjeni zahtevi u postizanju odgovarajućih osobina.

Originalnost tehničkog rešenja se ogleda u hemijskom sastavu i modifikovanom tehnološkom postupku izrade, optimizovanom prema sopstvenim prethodnim i sadašnjim istraživanjima bezolovnih lemova na bazi bizmuta, koja su podrazumevala uvećani obim laboratorijskih eksperimenata i sveobuhvatnu karakterizaciju dobijenih legura.

Na osnovu analize priloženog tehničkog rešenja, podnosim sledeći

ZAKLJUČAK

Dokumentacija tehničkog rešenja „*Novi materijal: ekološki bezolovni lem BiCuNi za visokotemperaturnu primenu*“ pripremljena je u skladu sa Pravilnikom o postupku i načinu vrednovanja, i kvantitativnom iskazivanju naučnoistraživačkih rezultata istraživača („Službeni glasnik RS“ br. 38/2008). Tehničko rešenje jasno i detaljno prezentira oblast i naučnu disciplinu, problem koji se se tehničkim rešenjem rešava, stanje rešenosti u svetu i kod nas, opis tehničkog rešenja, sa karakteristikama i mogućnostima primene.

Na osnovu izloženih argumenata predlažem da se tehničko rešenje prihvati i svrsta u kategoriju **M82 – Novi materijal**, pomenutog pravilnika.

Bor, novembar 2013.

RECENZENT

AK Kostov

dr Ana Kostov, naučni savetnik

**NASTAVNO-NAUČNOM VEĆU
Tehničkog fakulteta u Boru**

Predmet: Recenzija tehničkog rešenja

**NOVI MATERIJAL: EKOLOŠKI BEZOLOVNI LEM BiCuNi
ZA VISOKOTEMPERATURNU PRIMENU**

Autora:

Prof. dr Dragana Živković, dipl.inž.

Dr Branislav Marković, dipl.inž.

Prof. Dr Dragan Manasijević, dipl.inž.

Dr Vladan Čosović, dipl.inž.

Dr Miroslav Sokić, dipl.inž.

Prof. dr Nada Štrbac, dipl.inž.

MIŠLJENJE RECENZENTA

Odlukom Nastavno-naučnog veća Tehničkog fakulteta u Boru, broj VI/4-12-16 od 19.11.2013. godine, određen sam za recenzenta tehničkog rešenja pod nazivom: „NOVI MATERIJAL : EKOLOŠKI BEZOLOVNI LEM BiCuNi ZA VISOKOTEMPERATURNU PRIMENU“, u oblasti Materijali i hemijske tehnologije, koji predstavlja rezultat projekata br. TR34023, pod nazivom: „RAZVOJ TEHNOLOŠKIH PROCESA PRERADE NESTANDARDNIH KONCENTRATA BAKRA U CILJU OPTIMIZACIJE EMISIJE ZAGAĐUJUĆIH MATERIJA“ i projekata br. ON 172037, pod nazivom: „SAVREMENI VIŠEKOMPONENTNI METALNI SISTEMI I NANOSTRUKTURNI MATERIJALI SA RAZLIČITIM FUNKCIONALNIM SVOJSTVIMA“, koji su finansirani od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije u periodu 2011-2014 godina - treća istraživačka godina 2013.

U skladu sa iznetim iznosim mišljenje na osnovu priložene dokumentacije.

Tehničko rešenje predstavljeno je na 12 strana i obuhvata 5 tabela i 13 slika. Tehničko rešenje je uređeno u skladu sa zahtevima definisanih „Pravilnikom o postupku i načinu vrednovanja, i kvantitativnom iskazivanju naučnoistraživačkih rezultata istraživača“, Sl. Glasnik RS 38/2008.

Sadržaj tehničkog rešenja prikazan je kroz sledeće celine:

Uvod, u kome je objašnjeno da svetska elektronska industrija koristi velike količine lemova na bazi olova - koje zbog svoje toksičnosti predstavlja veliku pretnju životnoj sredini. Iz tog razloga pristupilo se razvoju novih ekoloških lemnih materijala koji ne sadrže toksične elemente i istovremeno ispunjavaju mnogobrojne uslove u pogledu mehaničkih i električnih osobina, korozione postojanosti i ekonomske isplativosti. U cilju zamene lemova koji sadrže olovo i kadmijum, razvijen je novi ekološki lemn materijal BiCuNi.

Problematika i stanje u oblasti razvoja ekoloških bezolovnih lemova u svetu i kod nas, u kojem je detaljno objašnjena i prezentovana navedena problematika u svetu i kod nas, sa

detaljnim opisom i navođenjem postojećeg stanja preko detaljnog literaturnog navođenja postignutih dosadašnjih rezultata.

Problem koji se tehničkim rešenjem rešava, u kojem se navodi suština problema razvoja novih ekoloških lemnih materijala, pošto je toksične elemente potrebno zameniti elementima koji nisu škodljivi po okolinu pri čemu proizvedeni lemovi moraju biti po osobinama slični standardnim lemovima, uz što manja odstupanja i odgovarajuću ekonomsku isplativost.

Suština, opis i karakteristike tehničkog rešenja, gde su prezentovani rezultati na osvajanju tehničkog rešenja - novog ekološkog lemnog materijala BiCuNi. Naveden je tehnološki postupak za dobijanje legure BiCuNi, koji se sastoji iz više etapa. Navedene su i detaljno opisane karakteristike dobijenog materijala: karakteristične temperature faznih transformacija, fizičko-mehaničke karakteristike kao što su tvrdoća i elektroprovodljivost, važne za oblast primene novog materijala, kao i struktura ispitivanih uzoraka. Prikazane slike i tabele ilustruju najvažnije rezultate tehnološkog rešenja.

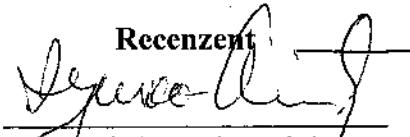
Zaključak, u kome se navodi originalnost tehničkog rešenja i njegova primena kod firme - korisnika navedenog tehničkog rešenja.

ZAKLJUČAK

Dokumentacija tehničkog rešenja **NOVI MATERIJAL: EKOLOŠKI BEZOLOVNI LEM BiCuNi ZA VISOKOTEMPERATURNU PRIMENU** pripremljena je u skladu sa „Pravilnikom o postupku i načinu vrednovanja, i kvantitativnom iskazivanju naučnoistraživačkih rezultata istraživača”, Sl. Glasnik 38/2008, prilog 2, i pruža sve neophodne informacije o oblasti na koju se tehničko rešenje odnosi, problem koji se njime rešava, stanje rešenosti tog problema u svetu, detaljan opis i karakteristike originalnog materijala, prvi te vrste u našoj zemlji.

Na osnovu izloženog argumenta preporučujem da se navedeno tehničko rešenje prihvati i svrsta u kategoriju M82, nov materijal, pomenutog pravilnika.

Novembra, 2013. godine

Recenzent

Prof. dr Duško Minić
Fakultet tehničkih nauka
Kosovska Mitrovica



DOO "MARTENZIT" BOR DANILA KIŠA 10/24
TEL./FAX 030/ 2496-288
Mob.tel. 063-8053558
PIB: 107021080
E-MAIL: doomartenzit@gmail.com
MATIČNI BR.20725907
TEK. RAČUN 115-28118-03

Predmet: Dokaz o prihvaćenom i primljenom tehničkom rešenju pod nazivom "Ekološki bezolovni lem BiCuNi za visoko temperaturnu primenu"

U okviru projekta OI172037 finansiranog od strane Ministarstva prosvete i nauke Republike Srbije, pod nazivom "Savremeni višekomponentni metalni sistemi i nanostrukturni materijali sa različitim funkcionalnim svojstvima", rukovodilac Prof. dr Dragana Živković, period 2011-2014. tokom treće godine istraživanja, razvijen je nov materijal, do koncepcije tehničkog rešenja, pod nazivom:

"Ekološki bezolovni lem BiCuNi za visoko temperaturnu primenu"

autora:

Prof. dr Dragana Živković, dipl.inž.
Dr Branislav Marković, dipl.inž.
Prof. dr Dragan Manasijević, dipl.inž.
Dr Vladan Čosović, dipl.inž.
Dr Miroslav Sokić, dipl.inž.
Prof. dr Nada Štrbac, dipl.inž.

Tehničko rešenje – novi materijal ekološki bezolovni lem za visokotemperaturnu upotrebu, od značaja je za dalje proširenje asortimana materijala i proizvoda, kao i razvoj dodatnih konkurentskih prednosti na domaćem tržištu i šire, obzirom na trenutno aktuelne propise i regulative vezano za korišćenje bezolovnih materijala.

Navedeni materijal je prihvaćen za korišćenje u okviru sopstvene mikroproizvodnje i ovim se potvrđuje da se navedeni material koristi i ugradjuje u pojedini delove naših alata i pribora.

Decembra 2013.



DOO. "Martenzit"
Djordjević Miroslav, dipl.inž.metalurg.

Универзитет у Београду
Технички факултет у Бору
Број: VI/4-13-8
Бор, 18. 12. 2013. године

На основу чл. 47. Статута Техничког факултета у Бору, Наставно научно веће Факултета, на седници одржаној 17. 12. 2013. године, донело је

ОДЛУКУ

I Прихвата се Извештај рецензената и техничко-технолошко решење, под називом: „Еколошки безоловни лем BiCuNi за високотемпературну примену“, аутора: др Драгане Живковић, редовног професора Техничког факултета у Бору, др Бранислава Марковића, научног сарадника ИТНМС-а у Београду, др Драгана Манасијевића, ванредног професора Техничког факултета у Бору, др Владана Ћосовића, вишег научног сарадника ИХТМ-а у Београду, др Мирослава Сокића, вишег научног сарадника ИТНМС-а у Београду и др Наде Штрбац, редовног професора Техничког факултета у Бору.

II Извештај рецензената и техничко-технолошко решење, под називом: „Еколошки безоловни лем BiCuNi за високотемпературну примену“, аутора: др Драгане Живковић, редовног професора Техничког факултета у Бору, др Бранислава Марковића, научног сарадника ИТНМС-а у Београду, др Драгана Манасијевића, ванредног професора Техничког факултета у Бору, др Владана Ћосовића, вишег научног сарадника ИХТМ-а у Београду, др Мирослава Сокића, вишег научног сарадника ИТНМС-а у Београду и др Наде Штрбац, редовног професора Техничког факултета у Бору, саставни су део ове Одлуке.

Доставити:

- продекану за НИР
- архиви

ПРЕДСЕДНИК
НАСТАВНО НАУЧНОГ ВЕЋА
ДЕКАН
Проф. др Милан Антонијевић

