



НАЗИВ ЗАПИСА	ВРСТА: Ф.	Ознака:
Захтев за валидацијом и верификацијом техничког решења	МАТ.ДОК.	01/2012

Датум: 05/10/2012.

У складу са Правилником о поступку и начину вредновања, и квантитативном исказивању научноистраживачких резултата истраживача (Сл. гласник РС 38/2008, прилог 2), обраћамо се Научном већу Института за рударство и металургију са молбом да покрене поступак за валидацију и верификацију техничког решења под називом

**НОВИ МАТЕРИЈАЛ: ЕКОЛОШКИ БЕЗОЛОВНИ ЛЕМОВИ ТИПА
Au2-8Ga25-40In12-48Sb25-40**

Аутора:

Др Лидија Гомицеловић, дипл. инж.
Др Ана Костов, дипл. инж.
Проф. др Драгана Живковић, дипл. инж.
Др Надежда Талијан, дипл. инж.
Др Владан Ђосовић, дипл. инж.
Радиша Тодоровић, дипл. инж.

Техничко решење (M82 – нови материјал) је резултат реализације пројеката према Министарству просвете и науке за период 2011-2014, бр. ТР 34005, под називом: „Развој напредних материјала и технологија за мултифункционалну примену заснованих на еколошком знању“ и бр. ОН172037: „Савремени вишеккомпонентни метални системи и наноструктурни материјали са различитим функционалним својствима“ у области материјала и хемијских технологија.

За **рецензенте** предлагемо:

1. Проф. др Душко Минић, ред. проф. Факултет техничких наука, Косовска Митровица
2. др Мирослав Сокић, научни сарадник, ИТНМС Београд

Сагласан руководиоца пројекта ТР 34005.

А. Костов
Др Ана Костов, научни саветник, ИРМ Бор

Подносилац захтева
Лидија Гомицеловић
др Лидија Гомицеловић



INSTITUT ZA RUDARSTVO I METALURGIJU BOR

19210 Bor, Zeleni bulevar 35

Tel: (030) 436-826; faks: (030) 435-175; E-mail: institut@irmbor.co.rs



ИНСТИТУТ ЗА РУДАРСТВО
И МЕТАЛУРГИЈУ БОР
НАУЧНО ВЕЋЕ

Број: X/7.6.

Од 09.10.2012. године

На основу Правилника о поступку и начину вредновања и квантитативном исказивању научноистраживачких резултата истраживача, прилог 2 (Сл.гласник РС бр.38/2008), Научно веће је на X-ој седници одржаној дана 09.10.2012. године донело:

ОДЛУКУ

*о покретању поступка за валидацијом и верификацијом
техничког решења и именовању рецензента*

I

На захтев др Лидије Гомицеловић, научног сарадника Института за рударство и металургију у Бору, Научно веће је покренуло поступак за валидацијом и верификацијом техничког решења под називом „Нови материјал: Еколошки безоловни лемови типа $Au2-8Ga25-40In12-48Sb25-40$ ” и донело Одлуку о именовању следећих рецензента за давање мишљења о наведеном техничком решењу:

1. проф. др Душко Минић, редовни професор, Факултет техничких наука Косовска Митровица
2. др Мирослав Сокић, научни сарадник, ИТНМС Београд

ПРЕДСЕДНИК НАУЧНОГ ВЕЋА

Др Миленко Љубојевић, дипл. инж. руд.
Научни саветник



ИНСТИТУТ ЗА РУДАРСТВО И МЕТАЛУРГИЈУ БОР

19210 Бор, Зелени булевар 35
Тел:(030)436-826;факс:(030)435-175;E-mail:institut@irmbor.co.rs



QMS



**TEHNIČKO REŠENJE
(M82)**

**NOVI MATERIJAL: EKOLOŠKI BEZOLOVNI LEMOVI TIPA
 $\text{Au}_{2-8}\text{Ga}_{25-40}\text{In}_{12-48}\text{Sb}_{25-40}$**

1. Autori tehničkog rešenja

Dr Lidija Gomidželović, dipl. inž.
Dr Ana Kostov, dipl.inž.
Prof. dr Dragana Živković, dipl.inž.
Dr Nadežda Talijan, dipl.inž.
Dr Vladan Čosović, dipl.inž.
Radiša Todorović, dipl.inž.

2. Naziv tehničkog rešenja

Novi materijal: ekološki bezolovni lemovi tipa Au₂-8Ga₂₅-40In₁₂-48Sb₂₅-40

3. Ključne reči

Ekološki bezolovni lem, Au₂-8Ga₂₅-40In₁₂-48Sb₂₅-40 lem, zlato, galijum

4. Tehničko rešenje proizašlo kao rezultat projekata Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja za drugu istraživačku godinu 2012.

Projekat br. TR34005: „Razvoj naprednih materijala i tehnologija za multifunkcionalnu primenu zasnovanih na ekološkom znanju“, rukovodilac dr Ana Kostov, IRM Bor

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

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

2012. godina

6. Korisnik tehničkog rešenja

DOO „MARTENZIT“ Bor

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

Materijali i hemijske tehnologije

1. Uvod

Svetska elektronska industrija koristi velike količine lemova na bazi olova. Međutim zbog svoje toksičnosti olovo predstavlja veliku pretnju životnoj sredini. Početkom dvadeset prvog veka, Kongres SAD-a je pokrenuo inicijativu da se olovo zameni drugim, manje štetnim metalima. U Evropi i Japanu ova ideja je ne samo prihvaćena, nego i proširena. Prema WEEE direktivi, u Evropi iz upotrebe do 2010. godine treba izbaciti olovo, kadmijum, šestovalenti hrom i neke organske toksične supstance.

Iz tog razloga pristupilo 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.

Obzirom na cilj projekta razvoja tehnologije proizvodnje ekoloških lemova 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 i druge godine istraživanja razvijen je novi ekološki lemn materijal $Au_{2-8}Ga_{25-40}In_{12-48}Sb_{25-40}$, 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 se sprovodi 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.

Najširu primenu u oblasti niskotopivih lemova ima olovno-kalajni lem, prvenstveno zbog niske temperature topljenja, kvašljivosti, pouzdanosti i ekonomske isplativosti. 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.

Zlato i njegove legure imaju široku primenu u savremenim granama tehnike i elektronike, kosmičke i avijacione tehnike, hemije, medicine. Elektronska industrija je trenutno najveći korisnik zlata i njegovih legura. Skoro 90 % primenjenog zlata i legura zlata koriste se kao lemovi za električne kontakte pri normalnim pritiscima i u vakumu. Legure na bazi indijuma su moguća alternativa klasičnim lemovima na bazi olova u višestepenom lemljenju potrebnom za ostvarivanje visoke gustine pakovanja u višestruko integrisanim električnim kolima, koja zahtevaju brojne lemne materijale sa tačkama topljenja u širokom opsegu. Iz grupe mogućih lemnih materijala koji sadrže zlato i indijum, izdvaja se četvorokomponentna legura Au-Ga-In-Sb.

3. Problem koji se rešava tehničkim rešenjem

Obzirom na cilj projekata, razvoj tehnologije proizvodnje ekoloških lemova 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.

Iz tog razloga pristupilo se razvoju novih ekoloških bezolovnih lemnih materijala 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 proističe zaključak da je u legurama četvorokomponentnog sistema Au-Ga-In-Sb koje bi našle primenu kao novi ekološki lemnii materijal:

- a) Sadržaj zlata ograničen kako ekonomskim, tako i tehničkim razlozima, jer ne želimo da prevelika količina zlata u leguri previše povisi njenu tačku topljenja, kao i cenu samog lema, što bi onemogućilo njegovo korišćenje.
- b) Legure sa visokim sadržajem galijuma pokazuju sklonost ka raslojavanju, pa čak u ekstremnim slučajevima i izdvajanju galijuma iz legura na sobnoj temperaturi, a sa porastom sadržaja galijuma uočeno je i značajno opadanje kvaliteta mehaničkih karakteristika legura.
- c) Visok sadržaj indijuma u legurama koje mogu biti korišćene kao bezolovni lemnii materijali takođe je ograničen cenom ovog metala.
- d) Sa povećanjem sadržaja antimona ispitivane legure pokazuju lošije mehaničke osobine i slabiju mešljivost.

Na osnovu prethodno navedenog, iz okvira četvorokomponentnog sistema Au-Ga-In-Sb izabrana je legura $Au_{2-8}Ga_{25-40}In_{12-48}Sb_{25-40}$, kao lemna legura optimalnog sastava, koja zadovoljava sve prethodno postavljene uslove.

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.

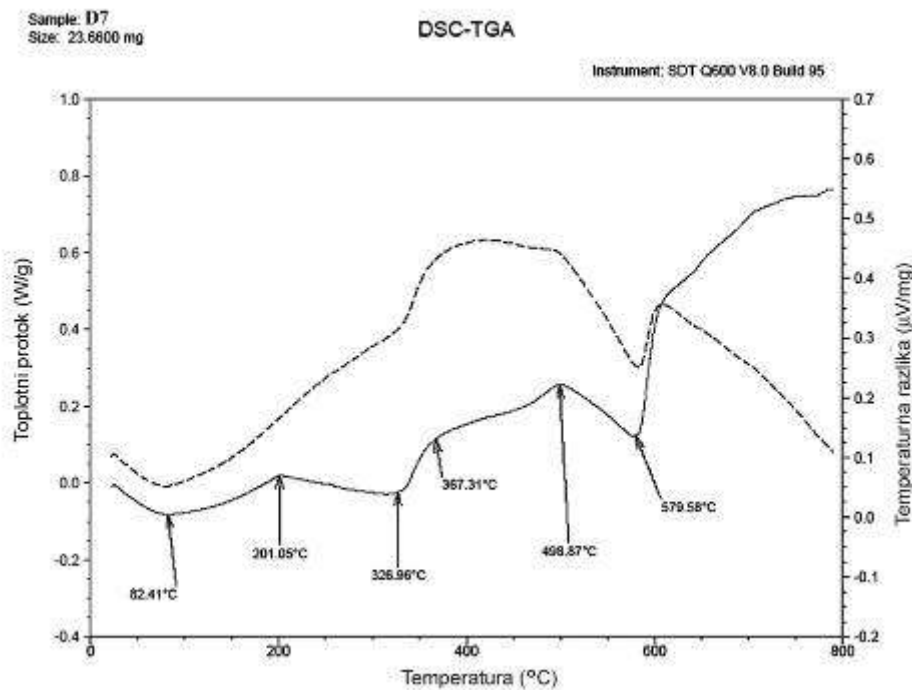
Predlegure odabranih sastava izrađene su od čistih metala (99,99%), pretapanjem u elektrootpornoj peći. Uzorci legura zadanog sastava su potom pravljeni topljenjem predlegura u indukcionoj peći, u atmosferi vazduha, do 873K. Dobijeni uzorci su zatim žareni na temperaturi 473K sat vremena i hlađeni sa žarnom peći pri brzini hlađenja od 5K/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.

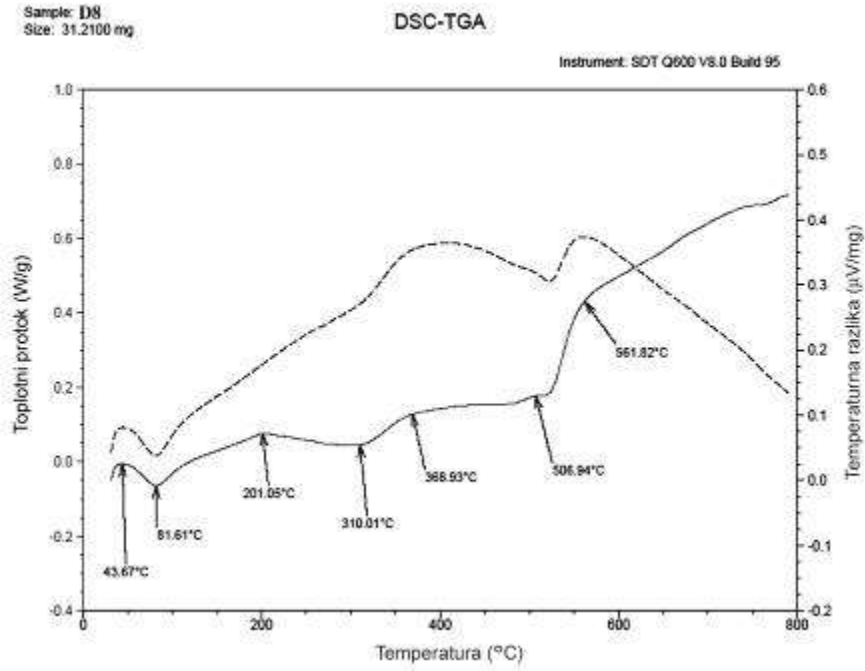
DSC eksperimenti su izvođeni na aparatu SDT Q600 (TA Instruments), koji radi u opsegu temperature od sobne do 1500°C, sa vakuumom do max 7 Pa i brzinom zagrevanja od 0,1 do 100 °C/min. Preciznost merenja je $\pm 2\%$.

Krive zagrevanja za ispitivane uzorke dobijene korišćenjem diferencijalne skenirajuće kalorimetrije (DSC) su prezentovane u na slici 1, a karakteristične temperature faznih transformacija očitane sa odgovarajućih krivih su date u tabeli 1.

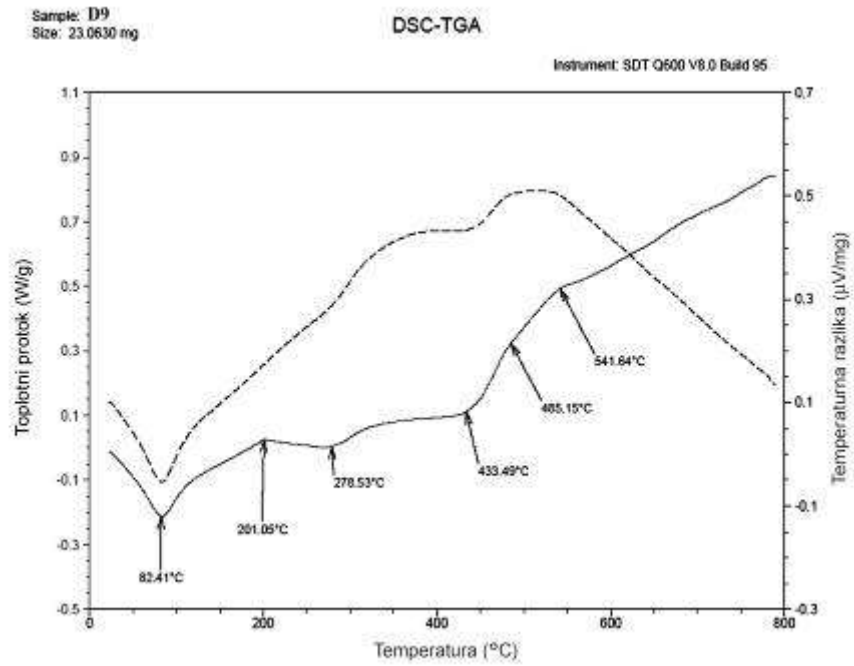
Au₈Ga₅₆In₂₀Sb₁₆



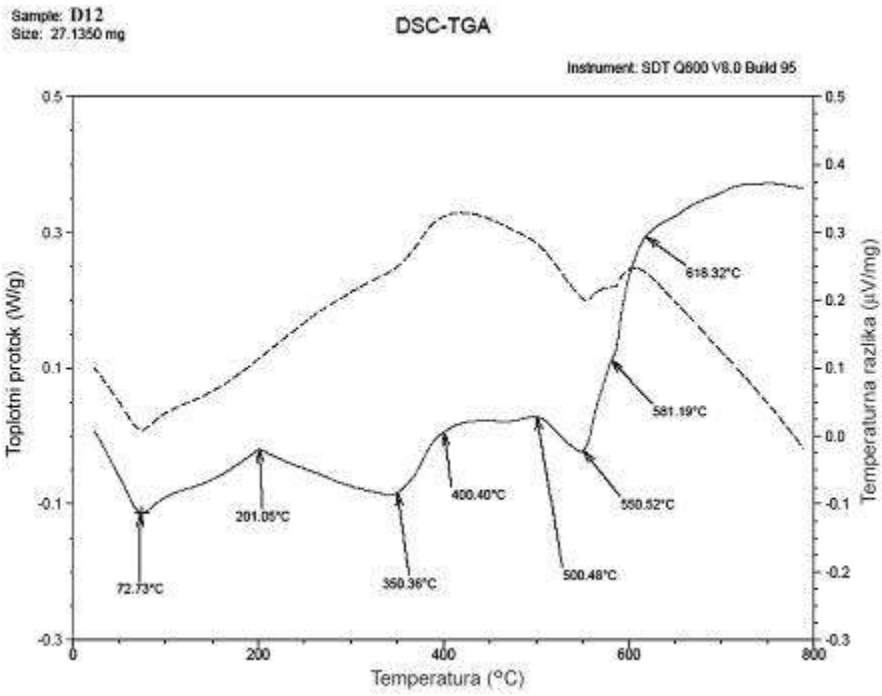
Au₆Ga₄₂In₄₀Sb₁₂



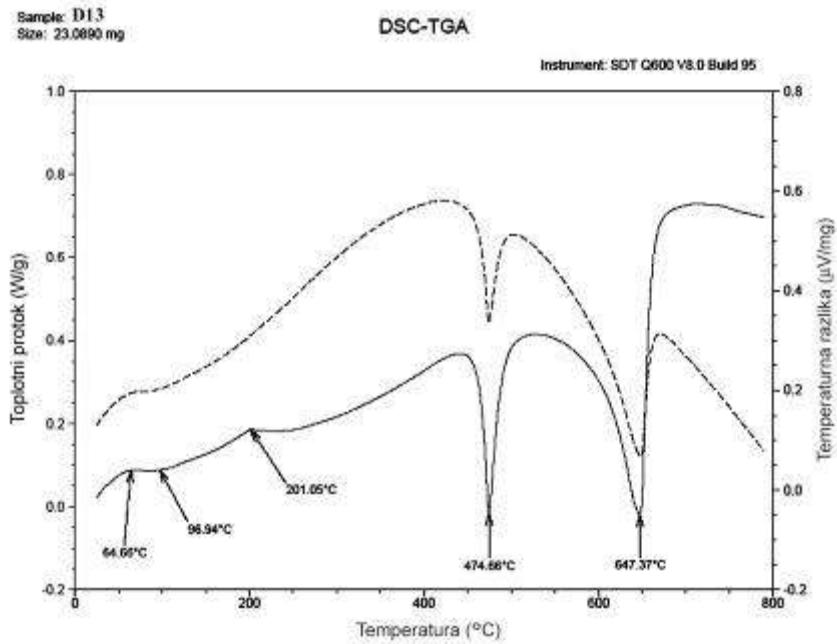
Au₄Ga₂₈In₆₀Sb₈



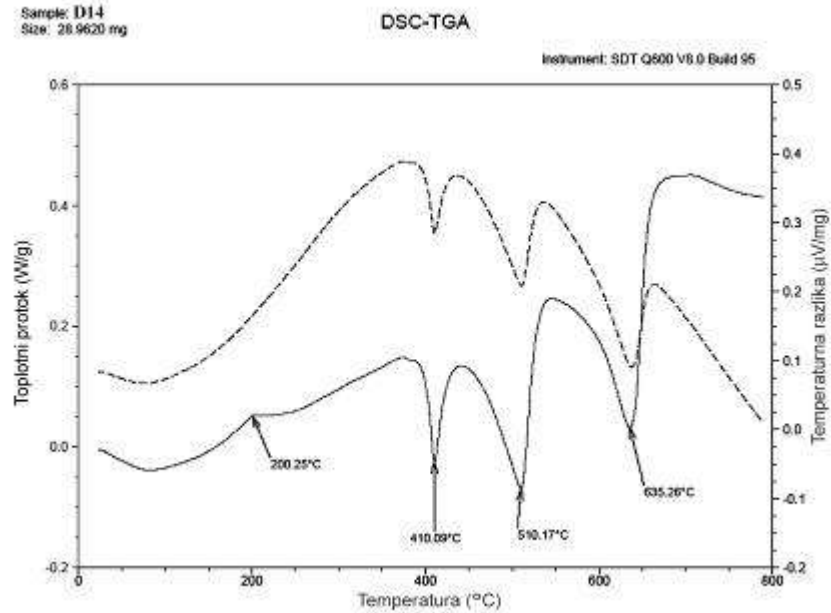
Au₈Ga₄₀In₃₂Sb₂₀



Au₆Ga₃₀In₂₄Sb₄₀



Au₄Ga₂₀In₁₆Sb₆₀



Slika 1. DSC krive za ispitivane legure

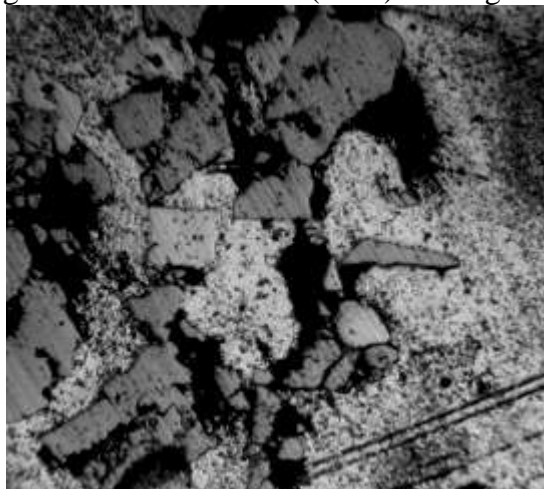
Tabela 1. Karakteristične temperature faznih transformacija za ispitivane uzorke

Legura	Temperatura (°C)	
	Fazne transformacije	Liquidus
Au ₈ Ga ₅₆ In ₂₀ Sb ₁₆	82, 327, 475	580
Au ₆ Ga ₄₂ In ₄₀ Sb ₁₂	81, 310	510
Au ₄ Ga ₂₈ In ₆₀ Sb ₈	82, 278	433
Au ₈ Ga ₄₀ In ₃₂ Sb ₂₀	73, 350	550
Au ₆ Ga ₃₀ In ₂₄ Sb ₄₀	85, 475	647
Au ₄ Ga ₂₀ In ₁₆ Sb ₆₀	90, 410, 510	635

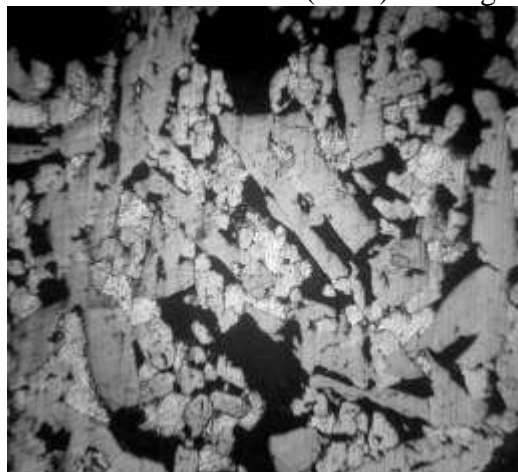
Utvrđivanje fazne strukture i sastava ispitivanih legura je sprovedeno primenom optičke mikroskopije i SEM-EDX analize. Uzorci su pripremljeni na standardan način za ovu vrstu ispitivanja – zatapanjem u hladnopolimerizujuću smolu trgovačkog naziva SIMGAL, zatim brušeni i polirani. Brušenje je vršeno na brusnim papirima oznake 3 do 0000 (ASTM), a mehaničko poliranje vodenom suspenzijom glinice granulacije 0,05 µm.

Mikrostrukturalna analiza uzoraka vršena je korišćenjem optičke mikroskopije. Razvijanje strukture kod višekomponentnih legura vršeno je različitim sredstvima za nagrivanje u zavisnosti od sastava. Snimanje strukture obavljeno je pomoću optičkog mikroskopa, pri uvećanju od 80-200 puta u zavisnosti od krupnoće zrna. Mikrostrukturalna analiza uzoraka snimljena pomoću optičkog mikroskopa predstavljena je na slici 2.

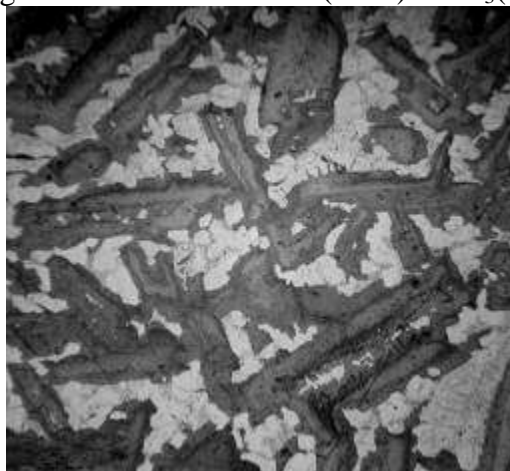
Legura $\text{Au}_4\text{Ga}_{28}\text{In}_{60}\text{Sb}_8$ (200x) bez nagrivanja



Legura $\text{Au}_8\text{Ga}_{40}\text{In}_{32}\text{Sb}_{20}$ (100x) bez nagrivanja

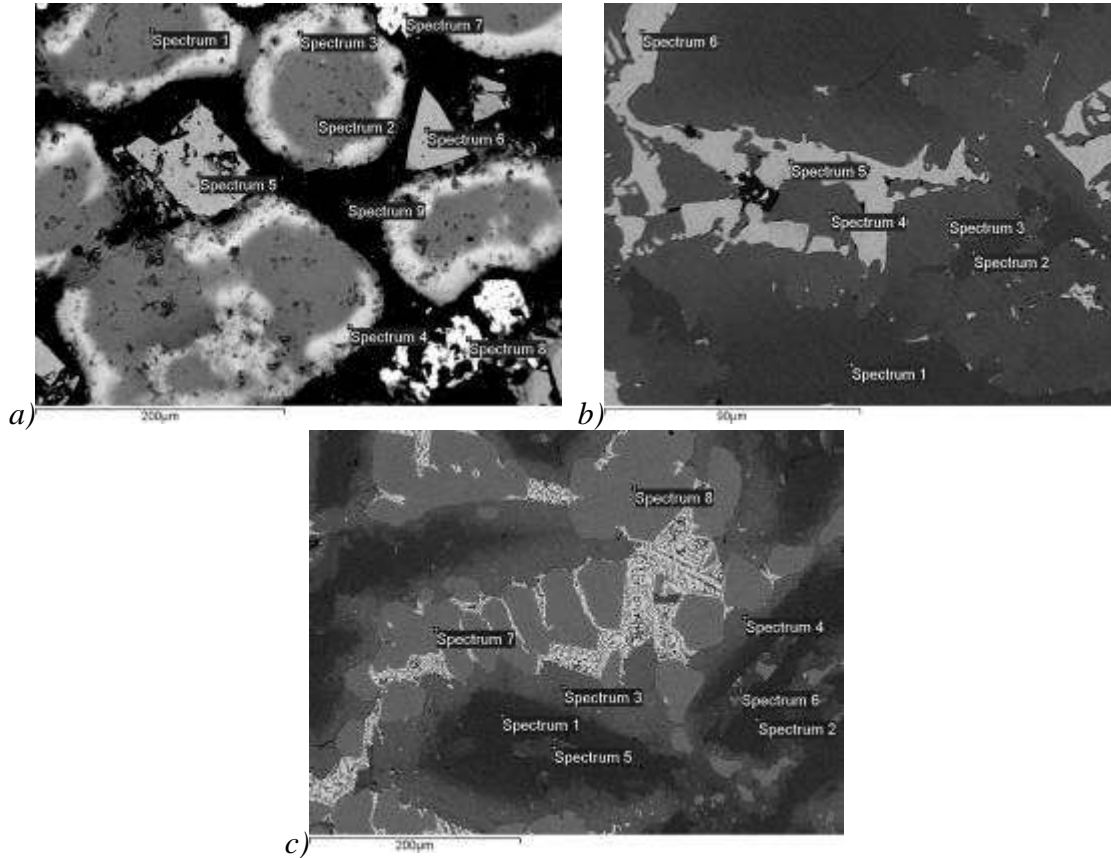


Legura $\text{Au}_4\text{Ga}_{20}\text{In}_{16}\text{Sb}_{60}$ (100x) $\text{HNO}_3(1:1)$



Slika 2. Mikrostruktura ispitivanih legura

SEM-EDX analiza je izvršena na skenirajućem elektronskom mikroskopu JEOL JSM 6460LV koji poseduje rezoluciju od 10 nm na 25 kV i uvećanje od 1000 - 75000 puta. Na slici 3 je prikazana struktura ispitivanih legura $Au_4Ga_{28}In_{60}Sb_8$, $Au_6Ga_{30}In_{24}Sb_{40}$ i $Au_4Ga_{20}In_{16}Sb_{60}$ dobijena snimanjem na skenirajućem elektronskom mikroskopu.



Slika 3. SEM fotografije uzoraka (sa ispitivanim tačkama): a) $Au_4Ga_{28}In_{60}Sb_8$, b) $Au_6Ga_{30}In_{24}Sb_{40}$, c) $Au_4Ga_{20}In_{16}Sb_{60}$

Tabela 2. Rezultati EDX analize ispitivanih legura (sastav je dat u atomskim procentima)
a)

Legura	Au ₄ Ga ₂₈ In ₆₀ Sb ₈			
	Au	Ga	In	Sb
Tačka				
Spectrum 1	0.00	82.83	17.17	0.00
Spectrum 2	0.00	82.26	17.74	0.00
Spectrum 3	0.00	10.20	88.73	1.06
Spectrum 4	0.00	3.68	95.46	0.86
Spectrum 5	0.00	44.23	5.81	49.96
Spectrum 6	0.00	41.19	7.99	50.83
Spectrum 7	32.35	4.02	62.71	0.92
Spectrum 8	32.81	3.14	62.84	1.21
Spectrum 9	0.00	71.92	26.72	1.36

b)

Legura	Au ₆ Ga ₃₀ In ₂₄ Sb ₄₀			
	Au	Ga	In	Sb
Tačka				
Spectrum 1	0.00	40.07	8.83	51.11
Spectrum 2	0.00	39.43	9.17	51.40
Spectrum 3	0.00	25.09	25.40	49.51
Spectrum 4	0.00	21.36	28.50	50.14
Spectrum 5	66.40	3.99	29.61	0.00
Spectrum 6	68.06	2.54	29.40	0.00

c)

Legura	Au ₄ Ga ₂₀ In ₁₆ Sb ₆₀			
	Au	Ga	In	Sb
Tačka				
Spectrum 1	0.00	47.02	4.26	48.72
Spectrum 2	0.00	45.63	5.15	49.22
Spectrum 3	30.37	2.96	27.01	39.65
Spectrum 4	0.00	9.39	41.55	49.06
Spectrum 5	0.00	36.19	14.44	49.38
Spectrum 6	0.00	35.98	14.81	49.21
Spectrum 7	0.00	0.00	0.00	100.00
Spectrum 8	0.00	0.00	0.69	99.31

U tabeli 2a su dati rezultati EDX analize legure Au₄Ga₂₈In₆₀Sb₈, koji potvrđuju strukturni sastav ispitivane legure. Kod ove legure koja sadrži maksimalnu količinu

indijuma potvrđeno je prisustvo intermetalnih jedinjenja $AuIn_2$ i $GaSb$ u osnovi od In u kome je rastvoreno nešto galijuma i obrnuto, a takođe je detektovano prisustvo Ga_7In_3 .

U tabeli 2b su dati rezultati EDX analize legure $Au_6Ga_{30}In_{24}Sb_{40}$, koji potvrđuju strukturni sastav ispitivane legure. Legura se sastoji od Ga , In (Sb) čvrstog rastvora, uz prisustvo Au_7In_3 .

U tabeli 2c su dati rezultati EDX analize legure $Au_4Ga_{20}In_{16}Sb_{60}$, koji potvrđuju strukturni sastav ispitivane legure. Kod ove legure u osnovi od antimona registrovani su kristali $GaSb$, $InSb$ i $Ga,In(Sb)$, kao i prisustvo $AuInSb$ faze.

Kao dodatna metoda karakterizacije ispitivanih legura izvršeno je merenje tvrdoće metodom Brinela i dobijeni rezultati su prezentovani u tabeli 3.

Tabela 3. Tvrdoća po Brinelu

<i>Legura</i>	HB
$Au_8Ga_{40}In_{32}Sb_{20}$	9.3
$Au_6Ga_{30}In_{24}Sb_{40}$	140
$Au_4Ga_{20}In_{16}Sb_{60}$	140

Mikrotvrdoća pojedinih faza izmerena je pomoću aparata PMT-3. Pri ispitivanju mikrotvrdoće korišćeno je opterećenje od 50 - 150 grama u zavisnosti od faze. Rezultati merenja mikrotvrdoće ispitivanih legura su prezentovani u tabeli 4.

Tabela 4. Rezultati merenja mikrotvrdoće ispitivanih legura

<i>Legura</i>	H_μ		
	<i>Svetla faza</i>	<i>Tamna faza</i>	<i>Siva faza</i>
$Au_4Ga_{28}In_{60}Sb_8$	20.3	32	/
$Au_8Ga_{40}In_{32}Sb_{20}$	337.3	36.6	93.2
$Au_6Ga_{30}In_{24}Sb_{40}$	363.8	166.9	/
$Au_4Ga_{20}In_{16}Sb_{60}$	150.9	253.3	/

Električna provodljivost je izmerena korišćenjem standardne aparature - SIGMATEST 2.069 (Foerster) instrumenta za merenje električne provodljivosti metala koji ne poseduju feromagnetične osobine. Diametar probe za merenje je iznosio 8 mm. Izvršena su tri seta merenja i dobijena je srednja vrednost električne provodljivosti za ispitivane uzorke (tabela 5).

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

Legura	Elektroprovodljivost (MS/m)			
	I	II	III	Srednja vrednost
Au8Ga56In20Sb16	1.768	1.751	1.772	1.764
Au6Ga42In40Sb12	5.539	5.446	5.501	5.495
Au4Ga28In60Sb8	5.491	5.481	5.632	5.535
Au8Ga40In32Sb20	2.255	2.191	2.325	2.257
Au6Ga30In24Sb40	0.7826	0.7854	0.7829	0.7836
Au4Ga20In16Sb60	0.3164	0.3052	0.319	0.3135

5. Zaključak

Prikazani rezultat – novi lemnii materijal na bazi zlata, galijuma, indijuma i antimona sastava Au₂-8Ga₂₅-40In₁₂-48Sb₂₅-40, 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.

Takođe, važni faktor sa gledišta optimalnog hemijskog sastava prikazane lemnii legure i njene ekonomske isplativosti, jeste i količina prisutnog indijuma u leguri, koja je dovoljno visoka kako bi obezbedilo sniženje tačke topljenja legure, ali i dovoljno niska kako ne bi došlo do pojave tzv. parcijalnog topljenja legure, što je nepoželjno u praksi.

NAUČNOM VEĆU
Instituta za rudarstvo i metalurgiju Bor

Predmet: Recenzija tehničkog rešenja kategorije M82-Novi materijal

Naziv tehničkog rešenja: Novi materijal: ekološki bezolovni lemovi tipa Au2-8Ga25-40In12-48Sb25-40

Autori: Dr Lidija Gomidželović
Dr Ana Kostov
Prof. dr Dragana Živković
Dr Nadežda Talijan
Dr Vladan Čosović
Radiša Todorović

Mišljenje recenzenta

Odlukom Naučnog veća Instituta za rudarstvo i metalurgiju Bor, broj X/7.6 od 09.10.2012. godine, određen sam za recenzenta tehničkog rešenja pod nazivom „*Novi materijal: ekološki bezolovni lemovi tipa Au2-8Ga25-40In12-48Sb25-40*“ koje predstavlja rezultat istraživanja autora u okviru projekata br. TR34005 i ON172037 čiju realizaciju finansira Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

Na osnovu analize priloženog materijala, Naučnom veću Instituta za rudarstvo i metalurgiju prilažem sledeće:

M I Š L J E N J E

Tehničko rešenje pod nazivom „*Novi materijal: ekološki bezolovni lemovi tipa Au2-8Ga25-40In12-48Sb25-40*“ je prikazano na 13 stranica A4 formata, i sadrži 12 slika i 7 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 resernog ministarstva za drugu istraživačku godinu 2012; 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. Zlato i njegove legure imaju široku primenu u savremenim granama

tehnike i elektronike, kosmičke i avijacione tehnike, hemije, medicine. Legure na bazi indijuma su moguća alternativa klasičnim lemovima na bazi olova u višestepenom lemjenju potrebnom za ostvarivanje visoke gustine pakovanja u višestruko integrisanim električnim kolima, koja zahtevaju brojne lemne materijale sa tačkama topljenja u širokom opsegu. Imajući u vidu sve ove činjenice, pristupljeno je razvoju novih ekoloških bezolovnih lemnih materijala 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 tipa Au₂-8Ga₂₅-40In₁₂-48Sb₂₅-40. Sva istraživanja praćena su većim brojem eksperimenata, i dokumentovana različitim metodama ispitivanja, prevashodno fizičko-mehaničkih karakteristika i strukture dobijenih legura.

Prikazani rezultat – novi lemn materijal na bazi zlata, galijuma, indijuma i antimona sastava Au₂-8Ga₂₅-40In₁₂-48Sb₂₅-40, 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 takodje su ispunjeni zahtevi u postizanju odgovarajućih osobina (temperatura topljenja, količina indijuma u leguri i sl.).

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

Na osnovu analize priloženog tehničkog rešenja, podnosim sledeći

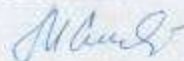
ZAKLJUČAK

Dokumentacija tehničkog rešenja „*Novi materijal: ekološki bezolovni lemovi tipa Au₂-8Ga₂₅-40In₁₂-48Sb₂₅-40*“ 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.

Beograd, decembra 2012.

RECENZENT



dr Miroslav Sokić, naučni saradnik

**Naučnom veću
Instituta za rudarstvo i metalurgiju Bor**

Predmet: Recenzija tehničkog rešenja

**NOVI MATERIJAL: EKOLOŠKI BEZOLOVNI LEMOVI TIP A
Au₂-8Ga₂₅-40In₁₂-48Sb₂₅-40**

Autora:

Dr Lidija Gomidželović, dipl.inž.
Dr Ana Kostov, dipl.inž.
Prof. Dr Dragana Živković, dipl.inž.
Dr Nadežda Talijan, dipl.inž.
Dr Vladan Čosović, dipl.inž.
Radiša Todorović, dipl.inž.

MIŠLJENJE RECENZENTA

Odlukom Naučnog veća Instituta za rudarstvo i metalurgiju Bor br. X/7.6 od 09.10.2012. godine, određen sam za recenzenta tehničkog rešenja pod nazivom: „NOVI MATERIJAL: EKOLOŠKI BEZOLOVNI LEMOVI TIP A Au₂-8Ga₂₅-40In₁₂-48Sb₂₅-40“, u oblasti Materijali i hemijske tehnologije, koji predstavlja rezultat projekata br. TR34005, pod nazivom: RAZVOJ NAPREDNIH MATERIJALA I TEHNOLOGIJA ZA MULTIFUNKCIONALNU PRIMENU ZASNOVANIH NA EKOLOŠKOM ZNANJU, i ON172037, 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 – druga istraživačka godina 2012.

U skladu sa iznetim iznosim mišljenje na osnovu priložene dokumentacije.

Tehničko rešenje predstavljeno je na 13 strana i obuhvata 7 tabela i 12 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 leмова na bazi olova - koje zbog svoje toksičnosti predstavlja veliku pretnju životnoj sredini. Iz tog razloga pristupilo se razvoju novih ekoloških lemovih 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 leмова koji sadrže olovo i kadmijum, razvijen je novi ekološki lemovi materijal Au₂-8Ga₂₅-40In₁₂-48Sb₂₅-40.

Problematika i stanje u oblasti razvoja ekoloških bezolovnih leмова 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 $Au_{2-8}Ga_{25-40}In_{12-48}Sb_{25-40}$. Navedeni su tehnološki postupak za dobijanje legure $Au_{2-8}Ga_{25-40}In_{12-48}Sb_{25-40}$, 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, mikrotvrdoća 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 LEMOVI TIPA $Au_{2-8}Ga_{25-40}In_{12-48}Sb_{25-40}$** 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.

Decembra, 2012. godine



Prof. dr Duško Minić
Fakulteta tehničkih nauka
Kosovska Mitrovica



DOO „MARTENZIT“ BOR

DANILA KISA 10/24 TEL/FAX 030/ 2496-288 tel. 063-8053558

PIB:107021080 E-MAIL: martenzit92@nadlanu.com

MATICNI BR. 20725907 TEK. RACUN: 115-28118-03

Predmet: Dokaz o prihvaćenom i primenjenom tehničkom rešenju pod nazivom „Novi materijal: ekološki bezolovni lemovi tipa Au2-8Ga25-40In12-48Sb25-40“

U okviru projekata finansiranog od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije, br. 34005 pod nazivom „Razvoj naprednih materijala i tehnologija za multifunkcionalnu primenu zasnovanih na ekološkom znanju“, rukovodilac projekta dr Ana Kostov, i br. ON172037: „Savremeni višekomponentni metalni sistemi i nanostrukturni materijali sa različitim funkcionalnim svojstvima“, rukovodilac prof. dr Dragana Živković, za period 2011-2014, tokom druge godine istraživanja, razvijen je nov materijal, do koncepcije tehničkog rešenja pod nazivom:

„Novi materijal: ekološki bezolovni lemovi tipa Au2-8Ga25-40In12-48Sb25-40“

Autora:

Dr Lidija Gomidželović
Dr Ana Kostov
Prof. dr Dragana Živković
Dr Nadežda Talijan
Dr Vladan Čosović
Radiša Todorović

Tehničko rešenje – novi lemeni materijal tipa Au2-8Ga25-40In12-48Sb25-40 od značaja je u proširenju asortimana materijala i proizvoda, koji mogu biti konkurentni ne samo na domaćem, već i na svetskom tržištu.

Navedeni materijal je **prihvaćen** za korišćenje u okviru sopstvene mikroproizvodnje i ovim **potvrđujem** da se navedeni materijal koristi i ugrađuje u pojedine delove naših alata i pribora.

Decembra, 2012.



DOO „Martenzit“

Djordjević Miroslav dipl.indz.metalurg.



INSTITUT ZA RUDARSTVO I METALURGIJU BOR

19210 Bor, Zeleni bulevar 35

Tel: (030) 436-826; faks: (030) 435-175; E-mail: institut@irmbor.co.rs



**ИНСТИТУТ ЗА РУДАРСТВО
И МЕТАЛУРГИЈУ БОР
НАУЧНО ВЕЋЕ**

Број: XI/2.1.

Од 18.12.2012. године

На основу Правилника о поступку и начину вредновања и квантитативном исказивању научноистраживачких резултата истраживача, прилог 2 (Сл.гласник РС бр.38/2008), Научно веће је на XI-ој седници одржаној дана 18.12.2012. године донело:

ОДЛУКУ
о прихватању техничког решења

I

На основу покренутог поступка за валидацијом и верификацијом техничког решења под називом „Нови материјал: Еколошки безоловни лемови типа $Au2-8Ga25-40In12-48Sb25-40$ “, аутора: *Лидије Гамџеловић, Ане Костов, Драгане Живковић, Надежде Талијан, Владана Ђосовића и Раднице Тодоровића* и мишљења рецензента и корисника о наведеном техничком решењу, Научно веће је донело Одлуку о прихватању наведеног техничког решења.



ПРЕДСЕДНИК НАУЧНОГ ВЕЋА

Др Миленко Љубојевић
Др Миленко Љубојевић, дип.инж.руд.

Научни саветник