



ИНСТИТУТ ЗА РУДАРСТВО И МЕТАЛУРГИЈУ БОР

19210 Бор, Зелени булевар 35  
Тел: (030)432-299; факс: (030)435-175; E-mail: institut@irmbor.co.rs



НАЗИВ ЗАПИСА	ВРСТА : 0.	Ознака:
Захтев за валидацијом и верификацијом техничког решења	МАТ.ДОК.:	03/2009

Датум: 29/10/2009

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

### ЕКОЛОШКИ БЕЗОЛОВНИ ЛЕМОВИ ТИПА $Ag3-6In10,5-21Cu1,5-3Sn85-70$

**Аутора:**

Мр Александра Милосављевић, дипл. инж.  
Др Ана Костов, дипл. инж.  
Проф. др Драгана Живковић, дипл. инж.  
Др Надежда Галијан, дипл. инж.  
Мр Александар Грујић, дипл. инж.  
Радиша Тодоровић, дипл. инж.

Техничко решење (М82 – нови материјал) је резултат реализације пројекта ТР 19011 у области материјала и хемијских технологија, период 2008-2010.

За **рецензенте** предлагемо:

1. Проф. др Живан Живковић, ред. проф. ТФ Бор
2. Проф. др Нада Штрбац, ред. проф. ТФ Бор

Сагласан руководиоца пројекта ТР 19011

Др Ана Костов, научни саветник ИРМ Бор

Подносилац захтева

*А.Костов*  
Др Ана Костов



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



**ТЕХНИЧКО РЕШЕЊЕ  
(M82)**

**ЕКОЛОШКИ БЕЗОЛОВНИ ЛЕМОВИ ТИПА  
Ag3-6In10,5-21Cu1,5-3Sn85-70**

1. Naslov i Evidencioni broj projekta:

RAZVOJ TEHNOLOGIJE I PROIZVODA EKOLOŠKIH LEMOVA, 19011

2. Rukovodilac:

Dr ANA KOSTOV

3. Organizacija koordinator:

INSTITUT ZA RUDARSTVO I METALURGIJU BOR

4. Organizacije učesnici:

INSTITUT ZA RUDARSTVO I METALURGIJU, BOR  
TEHNIČKI FAKULTET, BOR  
FAKULTET TEHNIČKIH NAUKA, KOSOVSKA MITROVICA

5. Korisnik:

„MARTENZIT“, BOR

6. Naziv tehničkog i razvojnog rešenja:

EKOLOŠKI BEZOLOVNI LEMOVI TIPA  $\text{Ag}_3\text{-6In}_{10,5}\text{-21Cu}_{1,5}\text{-3Sn}_{85-70}$

7. Autori:

Mr Aleksandra Milosavljević, dipl. inž.

Dr Ana Kostov, dipl.inž.

Prof. dr Dragana Živković, dipl.inž.

Dr Nadežda Talijan, dipl.inž.

Mr Aleksandar Grujić, dipl.inž.

Radiša Todorović, dipl.inž.

8. Oblast na koju se tehničko rešenje odnosi:

MATERIJALI I HEMIJSKE TEHNOLOGIJE

## 1. Uvod

Lemovi na bazi kalaja i olova su sastavni deo elektronskih komponenti, međutim u skladu sa WEEE direktivom, u Evropi do 2010. godine treba izbaciti olovo, kadmijum, šestovalentni hrom i neke organske toksične supstance iz upotrebe. Kako bi se obezbedio isti kvalitet elektronskih komponenti, neophodno je ovakve lemove zameniti lemovima koji će imati osobine takve da što manje odstupaju od prvobitnih i tako što manje utiču na eventualne promene u vođenju procesa.

Iz tog razloga u projektu TR 19011 se 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 lemove koji sadrže olovo i kadmijum, proizvedeni lemovi moraju biti ne samo slični po osobinama standardnim lemovima, već moraju biti i ekonomski isplativi.

Tokom druge godine istraživanja na projektu TR 19011 razvijen je novi ekološki lemn materijal  $\text{Ag}_3\text{-6In}_{10,5}\text{-21Cu}_{1,5}\text{-3Sn}_{85-70}$ , čije će karakteristike biti izložene u daljem tekstu.

## 2. Problematika i stanje u oblasti razvoja bezolovnih lemova

Razvoj bezolovnih lemnih materijala je u svetu aktuelan poslednjih godina kao tzv. lead-free pokret, obzirom da se među toksičnim elementima nalazi i olovo čije koncentracije prema važećim zakonskim regulativama treba svesti na minimum. 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. Osim ekološkog aspekta, takvi novi ekološki lemovi treba da zadovolje i niz drugih osobina koje su od nepobitne važnosti za primenu u praksi, kao i ekonomsku isplativost.

Imajući u vidu osobine olovno-kalajnog lema, prvenstveno nisku temperaturu topljenja, kvašljivost, pouzdanost i ekonomsku isplativost, veoma je teško odabrati adekvatnu zamenu, tj. leguru koja će u potpunosti zameniti standardni lem, a da pri tom sam proces ne bude bitno izmenjen. Obzirom da se danas u savremenoj elektronskoj industriji koriste veoma osetljive komponente, sama promena radne temperature mora biti svedena na minimum upotrebom novog materijala.

Takođe, veoma je bitno poznavati spektar lemnih materijala sa različitim tačkama topljenja, ukoliko je u pitanju višestepeno lemljenje. Pri ovakvom procesu prvi korak lemljenja izvodi se pri relativno visokim temperaturama topljenja, dok se svaki sledeći izvodi na nižoj temperaturi kako ne bi uticao na postojanost prethodnog lema i na samu operaciju. Raspoloživost ovakvih lemnih materijala sa različitim tačkama topljenja, a koji s druge strane imaju veoma usko područje topljenja, je od veoma velike važnosti za ovakvu vrstu procesa.

U svetu je, obzirom na dugogodišnje istraživanje, patentiran veliki broj bezolovnih legura, od kojih su najširu primenu našle tzv. SAC legure (Sn-Ag-Cu). Ove legure međutim, imaju relativno visoke temperature topljenja (iznad  $200^{\circ}\text{C}$ ) u odnosu na

Sn63Pb37 (183°C) standardni lem. Iz tih razloga, u praksi bi radna temperatura morala da se poveća za 30-40°C, što znači manju pouzdanost i funkcionalnost elektronskih komponenti. Kako bi se obezbedila što niža radna temperatura, potrebno je obezbediti lemnu leguru sa što nižom tačkom topljenja, što se može postići dodavanjem niskotopivih elemenata kao što je indijum.

Neke od legura na bazi indijuma već se koriste u svetu, ali samo u određenim delovima industrije, kao npr. In-Sn u procesu hladnog zavarivanja. Nedostatak ovih legura je njihova visoka cena, pa je zbog toga neophodna multikomponentna legura radi dostizanja željenih osobina lema.

Prema ispitivanjima Indium Corporation of America, Delphi Delco Electronic Systems i drugih, kao moguće rešenje navode se legure sastava Sn(71,5–91,9)In(4,8–25,9)Ag(2,6–3,3), sa ili bez dodatka četvrtog elementa.

U oblasti niskotopivih lemova, od posebnog interesa su i lemovi na bazi kalaja sa dodatkom indijuma, srebra, bakra, i dr., pri čemu je posebna pažnja usmerena na što niži sadržaj indijuma u leguri sa aspekta ekonomske isplativosti, a s druge strane sadržaj mora biti i dovoljno visok kako bi snizio tačku topljenja.

### 3. Suština, opis i karakteristike tehničkog rešenja

U okviru novih lemnih bezolovnih legura, u okviru istraživanja niskotopivih bezolovnih lemova u projektu TR 19011 u drugoj istraživačkoj godini, od selektovane Ag-In-Cu-Sn legure čiji je sadržaj kalaja iznad 70%, a indijuma 10,5 do 21%, izabrani su sledeći sastavi legura dati u tabeli 1.

*Tabela 1. Sastavi odabranih Ag-In-Cu-Sn legura*

Legura	X <sub>i</sub>				%at				%mas			
	Sn	In	Ag	Cu	Sn	In	Ag	Cu	Sn	In	Ag	Cu
L1	0,7	0,21	0,06	0,03	70	21	6	3	71,89	20,86	5,60	1,65
L2	0,75	0,175	0,05	0,025	75	17,5	5	2,5	76,68	17,31	4,65	1,37
L3	0,8	0,14	0,04	0,02	80	14	4	2	81,42	13,78	3,70	1,09
L4	0,85	0,105	0,03	0,015	85	10,5	3	1,5	86,13	10,29	2,76	0,81

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 legure zadatog sastava su potom pravljene 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

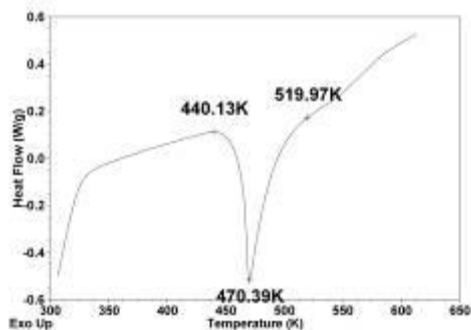
5K/min. U cilju zaštite od oksidacije u svim slučajevima korišćena je pokrивka od ćumura.

Pripremljeni uzorci selektovanih sastava legura podvrgnuti su termijskim, strukturnim, mehaničkim i električnim ispitivanjima.

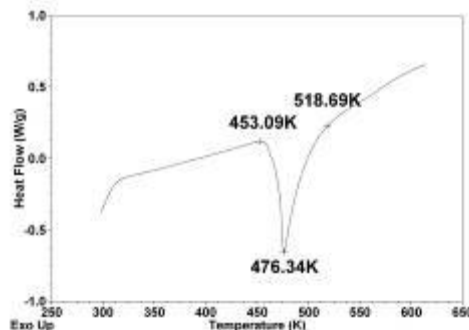
DSC analizom u cilju određivanja karakterističnih temperatura faznih transformacija (Tabela 2) podvrgnute su sve odabrane legure. DSC snimci legura L1 i L3 prikazani su na slici 1.

Tabela 2. Karakteristične temperature za ispitivane Ag-In-Cu-Sn legure

Legura	Temperatura, K	
	Početak fazne transformacije	Maksimum pika
L1	440	470
L2	452	473
L3	453	476
L4	485	504



a) L1: Sn70In21Ag6Cu3



b) L3: Sn80In14Ag4Cu2

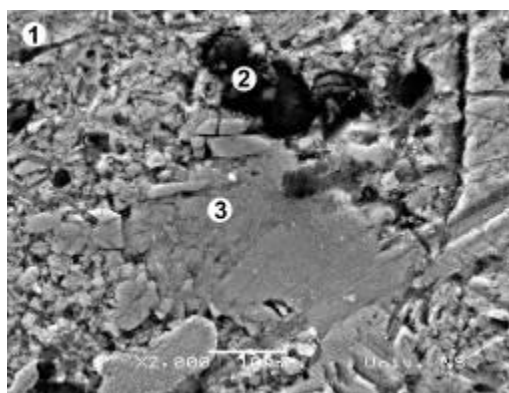
Slika 1. DSC krive Ag-In-Cu-Sn legura

Na osnovu prikazanih rezultata (tabela 2 i slika 1), može se videti da se povećanjem sadržaja indijuma u leguri snižava tačka topljenja, ali i da je sadržaj indijuma takav da ne dovodi do parcijalnog topljenja legure. Sve ispitivane legure imaju isti oblik DSC krive koji se karakteriše pojavom endotermnog pika sa jasno izraženim maksimumom i uskim područjem topljenja, što je dovoljan preduslov za primenu ovih lemnih legura u praksi.

Mikrostruktura uzoraka određena je korišćenjem optičke mikroskopije i SEM-EDX analize, pri čemu su uzorci pripremljeni na standardni način, ispolirani i nagriženi. Na slici 2 prikazana je mikrofotografija jedne od ispitivanih legura, dok su na slici 3 i u tabeli 3 prikazani rezultati skenirajuće elektronske mikroskopije sa energetsko disperzionim spektrom (SEM-EDX).



Slika 2. Mikrostruktura legure L2: Sn75In17,5Ag5Cu2,5



Slika 3. SEM snimak legure L3: Sn80In14Ag4Cu2

Tabela 3. Raspodela faza (EDX) u leguri L3: Sn80In14Ag4Cu2

spektar	mas% Ag	mas% In	mas% Sn	mas% Cu
1		100,00		
2		14,86	80,45	4,68
3	5,05	13,67	79,71	1,57

Mikrostruktura svih ispitivanih Ag-In-Cu-Sn legura sastoji se iz rastvora bogatog kalajem (kalajna osnova) i fazom bogatoj na indijumu. U tabeli 3 data je raspodela faza u strukturi legure L3: Sn80In14Ag4Cu2 i iz nje se može videti da preovladava kalajna osnova (tačke 2 i 3 na slici 3), a da je prisutna i faza bogata indijumom (tačka 1 na slici 3). Sadržaj kalaja u tačkama 2 i 3 odgovara sastavu  $\gamma$  faze u In-Sn binarnom sistemu.

U tabeli 4 prikazane su srednje vrednosti elektroprovodljivosti i mikrotvrdoće, dobijene iz serija merenih veličina.

Tabela 4. Iznerene vrednosti elektroprovodljivosti i mikrotvrdoće

Legura	Elektroprovodljivost (MS/m)	Mikrotvrdoća
L1: Sn70In21Ag6Cu3	3,171	23,713
L2: Sn75In17,5Ag5Cu2,5	1,709	28,863
L3: Sn80In14Ag4Cu2	2,773	30,000
L4: Sn85In10,5Ag3Cu1,5	3,271	35,893

#### 4. Zaključak

Prikazani rezultat – novi leمني materijal na bazi indijuma, srebra, bakra i kalaja, tipa Ag3-6In10,5-21Cu1,5-3Sn85-70, 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 lemnna 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 lemne 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.





**ИНСТИТУТ ЗА РУДАРСТВО  
И МЕТАЛУРГИЈУ БОР  
НАУЧНО ВЕЋЕ  
Број: XII/8.1.  
Од 09.11.2009.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 XII-ој седници одржаној дана 09.11.2009. године донело:

**ОДЛУКУ**  
*о покретању поступка за валидацијом и верификацијом  
техничког решења и именувању рецензената*

**I**

На захтев др Ане Костов, научног саветника Института за рударство и металургију у Бору, Научно веће је покренуло поступак за валидацијом и верификацијом техничког решења под називом „Еколошки безоловни лемови типа  $Ag3-6In10,5-21Cu1,5-3Sn85-70$ “ и донело Одлуку о именувању следећих рецензената за давање мишљења о наведеном техничком решењу:

1. Проф.др Живан Живковић, редовни професор, Технички факултет Бор
2. Проф.др Нада Штрбац, редовни професор, Технички факултет Бор



**ПРЕДСЕДНИК НАУЧНОГ ВЕЋА**

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



**NAUČNOM VEĆU  
INSTITUTA ZA RUDARSTVO I METALURGIJU BOR**

**PREDMET:** Recenzija tehničkog rešenja „EKOLOŠKI BEZOLOVNI LEMOVI TIPA Ag3-6In10,5-21Cu1,5-3Sn85-70“  
Autora:  
Mr Aleksandra Milosavljević, dipl. inž.  
Dr Ana Kostov, dipl. inž.  
Prof. dr Dragana Živković, dipl. inž.  
Dr Nadežda Talijan, dipl. inž.  
Mr Aleksandar Grujić, dipl. inž.  
Radiša Todorović, dipl. inž.

**MIŠLJENJE RECENZENTA**

Odlukom Naučnog veća Instituta za rudarstvo i metalurgiju određen sam za recenzenta tehničkog rešenja pod nazivom: „EKOLOŠKI BEZOLOVNI LEMOVI TIPA Ag3-6In10,5-21Cu1,5-3Sn85-70“, u oblasti materijali i hemijske tehnologije.

Navedeno tehničko rešenje predstavlja rezultat projekta br. 19011 u okviru druge istraživačke godine, iz oblasti tehnološkog razvoja pod nazivom: „Razvoj tehnologije i proizvoda ekoloških lemova“, čiji je rukovodilac dr Ana Kostov, naučni savetnik Instituta za rudarstvo i metalurgiju Bor, a koji se finansira od strane Ministarstva za nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije u periodu 2008-2010 godina.

U skladu sa napred navedenim, kao i na osnovu priložene dokumentacije iznosim sledeće mišljenje.

Tehničko rešenje predstavljeno je na 6 strana kucanog teksta sa datim karakteristikama i opisom, izloženim i prikazanim kroz 4 tabele i 4 slike.

Tehničko rešenje je prikazano u skladu sa zahtevima koje je definisao „Pravilnik o postupku i načinu vrednovanja i kvantitativnom iskazivanju naučnoistraživačkih rezultata“, Prilog 2, („Službeni glasnik RS“ 38/2008).

Prvo je prezentovan problem koji se rešava i njegovo stanje rešenosti u svetu.

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 tog razloga osnovni cilj autora prezentovanog tehničkog rešenja bio je da se pronađe alternativno rešenje već postojećim lemovima na bazi olova i kalaja, koji će pri tom imati zadovoljavajuću kombinaciju elemenata, i da pored ekološkog aspekta zadovolji i niz drugih osobina koje su od nepobitne važnosti za primenu u praksi, kao što je ekonomska isplativost.

Iz tog razloga, u priloženoj dokumentaciji, a kao rezultat proistekao u okviru istraživanja niskotopivih bezolovnih lemova u projektu TR 19011 u drugoj istraživačkoj godini od selektovane Ag-In-Cu-Sn legure čiji je sadržaj kalaja iznad 70%, a indijuma 10,5 do 21%, izabrano je 4 različitih sastava legura sa sadržajem srebra od 3, 4, 5 i 6 %(at).

Tehnologija proizvodnje odabranih lemova 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, hemijska, metalografska, mehanička, fizička i tehnološka ispitivanja.

DSC analizom u cilju određivanja karakterističnih temperatura faznih transformacija podvrgnute su sve odabrane legure. Na osnovu prikazanih rezultata može se videti da se povećanjem sadržaja indijuma u leguri snižava tačka topljenja, ali i da je sadržaj indijuma takav da ne dovodi do parcijalnog topljenja legure. Sve ispitivane legure imaju isti oblik DSC krive koji se karakteriše pojavom endotermnog pika sa jasno izraženim maksimumom i uskim područjem topljenja, što je dovoljan preduslov za primenu ovih lemnih legura u praksi.

Mikrostruktura uzoraka određena je korišćenjem optičke mikroskopije i SEM-EDX analize, pri čemu su uzorci pripremljeni na standardni način, ispolirani i nagriženi. Mikrostruktura svih ispitivanih Ag-In-Cu-Sn legura sastoji se iz rastvora bogatog kalajem (kalajna osnova) i fazom bogatoj na indijumu.

Na osnovu izmerenih vrednosti za elektroprovodljivost i mikrotvrdoću ispitivanih uzoraka, formirani su dijagrami zavisnosti ovih veličina od sastava.

### ZAKLJUČAK

Prikazano tehničko rešenje – novi ekološki bezolovni lemnii materijal na bazi indijuma, srebra, kalaja i bakra tipa Ag3-6In10,5-21Cu1,5-3Sn85-70, od značaja je u proširenju asortimana ekoloških bezolovnih leмова, 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 leмова koji su kod nas u širokoj upotrebi. Navedena legura je u odnosu na olovne lemove svakako skuplja, ali se njena viša cena može opravdati potrebom za postizanjem odgovarajućih osobina, a i u skladu je sa novim zakonskim regulativama koje su na snagu stupile u Evropskoj Uniji 1. jula 2008. godine.

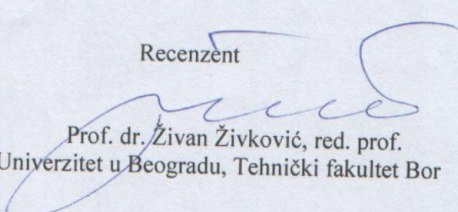
Dokumentacija tehničkog rešenja „EKOLOŠKI BEZOLOVNI LEMOVI TIPa Ag3-6In10,5-21Cu1,5-3Sn85-70“ pripremljena je u skladu sa „Pravilnikom o postupku i načinu vrednovanja i kvantitativnom iskazivanju naučnoistraživačkih rezultata istraživača“, Prilog 2, („Službeni glasnik RS“ 38/2008).

Dokumentacija 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 proizvoda, prvi te vrste u našoj zemlji.

Stoga, na osnovu napred izloženog, preporučujem da se navedeno tehničko rešenje pod nazivom „EKOLOŠKI BEZOLOVNI LEMOVI TIPa Ag3-6In10,5-21Cu1,5-3Sn85-70“ prihvati i svrsta u kategoriju M82, nov lemnii materijal.

U Boru, decembra 2009. godine

Recenzent

  
Prof. dr. Živan Živković, red. prof.  
Univerzitet u Beogradu, Tehnički fakultet Bor



**NAUČNOM VEĆU  
INSTITUTA ZA RUDARSTVO I METALURGIJU BOR**

**RECENZIJA – MIŠLJENJE**

o predlogu validacije i verifikacije tehničkog rešenja pod nazivom

**„EKOLOŠKI BEZOLOVNI LEMOVI TIPA Ag3-6In10,5-21Cu1,5-3Sn85-70“**

Tehničko i razvojno rešenje (M82- novi materijal) ostvarenog u okviru realizacije Projekta TR 19011 u oblasti Materijala i novih tehnologija u periodu 2008-2010, rukovodilac Projekta dr Ana Kostov, naučni savetnik IRM Bor.

**Autori predloženog tehničkog rešenja:**

mr Aleksandra Milosavljević, dipl.inž.  
dr Ana Kostov, dipl.inž.  
prof. dr Dragana Živković, dipl.inž.  
dr Nadežda Talijan, dipl.inž.  
mr Aleksandar Grujić, dipl.inž.  
Radiša Todorović, dipl.inž.

Svi vidovi elektronske industrije koriste velike količine leмова na bazi višekomponentnih legura koje u svom sastavu imaju olovo, sa težištem na nisko topive legure tipa Sn-Pb sa i bez dodatnih legirajućih elemenata. S obzirom na izrazitu toksičnost olova, istraživački pravci u oblasti razvoja novih tipova lemnih materijala intenzivirani su poslednjih nekoliko godina, a naročito počev od 2002 godine na osnovu Direktive Evropske unije o restrikciji štetnih materijala (RoHS) po čovekovo zdravlje i u cilju zaštite životne sredine. Nova istraživanja usmerena su na razvoj bezolovnih legura sa optimalnim karakteristikama sa gledišta primene: optimalni hemijski sastav, zahtevana tačka topljenja (u zavisnosti od vrste primene), dobro kvašenje lemne površine, dobra i kontrolisana difuzivnost u površinski sloj materijala koje se lemi, duktilnost, električna provodljivost, mehanička čvrstoća.

Realizovane lemne ekološke bezolovne legure tipa Ag3-6In10,5-21Cu1,5-3Sn85-70 u okviru realizacije Projekta TR 19011 obrazložene su u podnetom predlogu za validaciju i verifikaciju tehničkog rešenja kroz opis tehnološkog postupka dobijanja i karakteristiku tehničkog rešenja koje je obuhvatilo ispitivanje uticaja hemijskog sastava sa posebnim osvrtom na uticaj sadržaja indijuma u lemnoj leguri na tačku topljenja odnosno fazne transformacije u širem temperaturnom intervalu od maksimalne temperature primene. Ispitana je mikrotvrdoća u odnosu na sadržaj kalaja u istraživanom opsegu Ag-In-Sn-Cu legura kao i električna provodljivost.

Originalnost predloženog tehničkog rešenja lemnih legura tipa Ag3-6In10,5-21Cu1,5-3Sn85-70, u poređenju sa postojećim bezolovnim lemnim legurama tipa ogleđa se u originalom hemijskom sastavu i delimično modifikovanom tehnološkom postupku izrade, optimizovanom prema sopstvenim prethodnim istraživanjima bezolovnih legura, koja su podrazumevala uvećan obim laboratorijskih eksperimenata i sveobuhvatnu karakterizaciju istraženih legura.

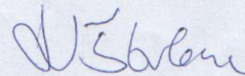


Mehaničke karakteristike istraženih bezolovnih legura, autori su prikazali sumiranjem eksperimentalnih rezultata ispitivanja DSC analizom, optičkom mikroskopijom i SEM-EDX analizom, kao i merenjem mikrotvrdoće i elektroprovodljivosti u datom opsegu sadržaja legirajućih komponenata.

Postignute vrednosti mikrotvrdoće omogućila su dalju mehaničku manipulaciju u cilju izrade različitih geometrijskih formi ovih lemnih materijala, a prevashodno traka, i žica, uz istovremeno zadovoljavajuću mehaničku čvrstoću kod finalne upotrebe. Izmerene vrednosti električne provodljivosti, prikazane u predlogu autora, su u zahtevanom opsegu električne provodljivosti za ovaj tip lemnih legura.

Na osnovu uvida u sveukupne rezultate istraživanja bezolovnih lemnih legura tipa  $\text{Ag}_3\text{-6In}_{10,5}\text{-21Cu}_{1,5}\text{-3Sn}_{85}\text{-70}$ , datih od strane autora u Predlogu za validaciju i verifikaciju ovog tehničkog rešenja kroz sumaran prikaz najvažnijih ostvarenih eksperimentalnih rezultata kao i na osnovu razmatranja i poređenja sa do sada postignutim i objavljenim rezultatima u razvoju bezolovnih lemnih legura ovog tipa, zatim na osnovu provere kvaliteta razvijenih lemnih legura u eksploatacionim uslovima kao lemnog materijala za električne kontakte na bazi srebra, smatram da razvijeni „EKOLOŠKI BEZOLOVNI LEMOVI TIP A  $\text{Ag}_3\text{-6In}_{10,5}\text{-21Cu}_{1,5}\text{-3Sn}_{85}\text{-70}$ “ imaju dovoljan opseg zahtevanih tehničko-tehnoloških karakteristika koji ih kvalifikuju za upotrebu kao lemnii materijal u eksploatacionim uslovima, te predlažem da se predloženo tehničko rešenje prihvati kao validno i kao takvo verifikuje u kategoriji M82-novi materijal.

U Boru, 03.12.2009.



Prof. Dr. Nada Štrbac, red. prof.  
Univerzitet u Beogradu, Tehnički fakultet Bor



S.Z.T.R. „MARTENZIT“,BOR

19210 BOR DANILA KISA 4/16 TEL/FAX 030/431-132 TEK.RAC.115-9980-97  
PIB :103 000 134 E- MAL :MARTENZIT @ ptt.yu.  
MATICNI BR. 55865345  
BROJ POTVRDE O IZVRSENOM EVIDENTIRANJU ZA PDV 125536656  
DEVIZNI RACUN 54010-55865345

Predmet: Dokaz o prihvaćenom tehničko-razvojnom rešenju pod nazivom „Ekološki bezolovni lemovi tipa Ag3-6In10,5-21Cu1,5-3Sn85-70“ i njegovoj primeni

U okviru projekta finansiranog od strane Ministarstva za nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije, br. TR-19011, pod nazivom „RAZVOJ TEHNOLOGIJE I PROIZVODA EKOLOŠKIH LEMOVA“, rukovodilac projekta dr Ana Kostov, za period 2008-2010, tokom druge godine istraživanja (u periodu od 01.04.2009. do 31.03.2010. godine) razvijen je *nov materijal*, do koncepcije tehničkog rešenja pod nazivom:

„Ekološki bezolovni lemovi tipa Ag3-6In10,5-21Cu1,5-3Sn85-70“

Autora:

Mr Aleksandra Milosavljević, dipl. inž.  
Dr Ana Kostov, dipl.inž.  
Prof. dr Dragana Živković, dipl.inž.  
Dr Nadežda Talijan, dipl.inž.  
Mr Aleksandar Grujić, dipl.inž.  
Radiša Todorović, dipl.inž.

Tehničko rešenje – novi lemn materijal na bazi indijuma, srebra, bakra i kalaja, tipa Ag3-6In10,5-21Cu1,5-3Sn85-70, od značaja je u proširenju asortimana ekoloških bezolovnih leмова, koji su konkurentni ne samo na domaćem, već i na svetskom tržištu.

Navedeni lem je **prihvaćen** za korišćenje u okviru sopstvene mikroproizvodnje i ovim **potvrđujem** da se navedeni lemn materijal koristi i ugrađuje u pojedine delove naših alata i pribora koji se koriste za istražna, eksploataciona i druga bušenja od kraja 2009. godine.

U Boru, 10.03.2010. godine

OPŠTINA ZASTUPNIČKI SASTAV  
RADNJA **MARTENZIT**  
Miroslav Đorđević, poslovođa  
BOR, Orlovačka brigada bb

SZTR „MARTENZIT“ BOR  
Miroslav Đorđević, dipl.ing.met  
vlasnik i preduzetnik