



НАЗИВ ЗАПИСА	РЕДНИ БРОЈ :	Ознака:
Захтев за валидацијом и верификацијом техничког решења	МАТ.ДОК.:	014.TP1/2014

Датум: 27.11.2014.

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 валидацијом и верификацијом техничког решења под називом

### Нови материјал $Ag_3In_7Sn_{90}$ за примену у рачунарској техници

**Аутора:**

Др Ана Костов, дипл.инж.  
Др Александра Милосављевић, дипл.инж.  
Радиша Тодоровић, дипл.инж.

Техничко решење (М82 – нови материјал) је резултат реализације пројекта према Министарству просвете, науке и технолошког развоја за период 2011-2015 (четврта истраживачка година), бр. ТР 34005, под називом: „Развој напредних материјала и технологија за мултифункционалну примену заснованих на еколошком знању“, у области материјала и хемијских технологија.

За **рецензенте** предлагемо:

1. Др Александар Грујић, Институт за хемију, технологију и металургију, Универзитета у Београду
2. Проф. др Душко Милић, Факултет техничких наука Косовска Митровица

Сагласан руководиоца пројекта ТР 34005.

Др Ана Костов, научни саветник, ИРМ Бор

Подносилац захтева:

*Ана Костов*  
Ана Костов



**ИНСТИТУТ ЗА РУДАРСТВО  
И МЕТАЛУРГИЈУ БОР  
НАУЧНО ВЕЋЕ  
Број: XXIII/6.2.  
Од 02.12.2014. 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 XXIII-ој седници одржаној дана 02.12.2014. године донело:

**ОДЛУКУ**  
**о покретању поступка за валидацијом и верификацијом**  
**техничког решења и именовању 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 „Нови материјал  $Ag_3In_7Sn_{90}$  за примену у рачунарској техници,“ и донело Одлуку о именовању следећих рецензената за давање мишљења о наведеном техничком решењу:

1. др Александар Грујић, виши научни сарадник, Институт за хемију, технологију и металургију Универзитета у Београду
2. проф.др Душко Минић, редовни професор Факултета техничких наука Косовска Митровица



**ПРЕДСЕДНИК НАУЧНОГ ВЕЋА**

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

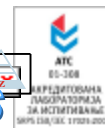


ИНСТИТУТ ЗА РУДАРСТВО И МЕТАЛУРГИЈУ БОР

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  $\text{Ag}_3\text{In}_7\text{Sn}_{90}$   
ZA PRIMENU U RAČUNARSKOJ TEHNICI**

**1. Autori tehničkog rešenja**

Dr Ana Kostov, dipl.inž.  
Dr Aleksandra Milosavljević, dipl.inž.  
Radiša Todorović, dipl.inž.

**2. Naziv tehničkog rešenja**

Novi materijal Ag<sub>3</sub>In<sub>7</sub>Sn<sub>90</sub> za primenu u računarskoj tehnici

**3. Ključne reči**

Ag<sub>3</sub>In<sub>7</sub>Sn<sub>90</sub> legura, bezolovni lem, računarska tehnika

**4. Tehničko rešenje proizašlo kao rezultat projekata Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja za četvrtu istraživačku godinu 2014.**

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

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

2014. 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 u okviru projekta TR34005 pristupilo razvoju novih ekoloških 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 naprednih materijala i tehnologija za multifunkcionalnu primenu, u okviru navedenog projekta razvijali su se i materijali i tehnologije za proizvodnju ekoloških lemova. Izrada lemova različitih namena je izvođena u smislu pronalaženja optimalne zamene za lemове koji sadrže olovo i kadmijum, a proizvedeni lemovi moraju biti po osobinama slični standardnim lemovima, uz što manja odstupanja i odgovarajuću ekonomsku isplativost.

Tokom četvrtе istraživačke godine na projektu TR34005 razvijen je novi materijal Ag<sub>3</sub>In<sub>7</sub>Sn<sub>90</sub> za primenu u računarskoj tehnici, čije će karakteristike biti izložene u daljem tekstu.

## 2. Problematika i stanje u oblasti razvoja 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 i računarskoj tehnici.

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 materijala sa svim karakteristikama klasičnih lemova. 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.

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.

Veliki broj bezolovnih legura, od kojih su neke patentirane, nalazi primenu u određenim oblastima elektronske industrije i računarske tehnike, 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.

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°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. Problem koji se rešava tehničkim rešenjem**

Obzirom na cilj projekta, razvoj naprednih materijala i tehnologija za multifunkcionalnu primenu, ovim tehničkim rešenjem trebalo je da se postignuto sledeće: da se proizvede materijal - legura za lemljenje i izradi lem koji se može primeniti u računarskoj tehnici. Takođe, trebalo je pronaći optimalnu zamenu za lemове koji sadrže olovo i kadmijum, a da pri tome proizvedeni materijal za lemljenje po osobinama bude sličan standardnim lemovima, uz što manja odstupanja i odgovarajuću ekonomsku isplativost.

Iz tog razloga pristupilo se razvoju novog materijala za lemljenje koji ne sadrži toksične elemente i istovremeno ispunjava mnogobrojne uslove u pogledu mehaničkih i električnih osobina, korozione postojanosti i ekonomske isplativosti, a zasniva se na sistemu Ag-In-Sn.

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

U okviru istraživanja niskotopivih bezolovnih materijala za lemljenje, na projektu TR34005, iz sistema legura Ag-In-Sn čiji je sadržaj kalaja iznad 50%, odabrana je legura sastava Ag<sub>3</sub>In<sub>7</sub>Sn<sub>90</sub>.

*Tabela 1. Sastav odabrane legure Ag<sub>3</sub>In<sub>7</sub>Sn<sub>90</sub> u masenim %*

Fe	Ni	Al	Cu	As	Pb	Zn	Ag	Sb	Bi	Cd	Au	In	Sn
0,02	0,01	0,001	max 0,2	max 0,03	max 0,1	max 0,001	2,8- 3,2	max 0,1	max 0,01	max 0,002	max 0,05	max 6,5- 7,0	ostatak

Tehnologija proizvodnje odabranog materijala navedenog sastava 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 600 °C. Dobijeni uzorci su zatim žareni na temperaturi 200 °C sat vremena i hlađeni sa žarnom peći pri brzini hlađenja od 5 °C/min. U cilju zaštite od oksidacije u svim slučajevima korišćena je pokrивka od čumura.

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

DSC analiza korišćena je u cilju određivanja karakterističnih temperatura faznih transformacija prikazanih u tabeli 2. Rezultati ispitivanja elektroprovodljivosti legure prikazani su u tabeli 3.

*Tabela 2. Karakteristične temperature za ispitivanu Ag<sub>3</sub>In<sub>7</sub>Sn<sub>90</sub> leguru*

Temperatura, °C	
Početak fazne transformacije	Maksimum pika
197	216

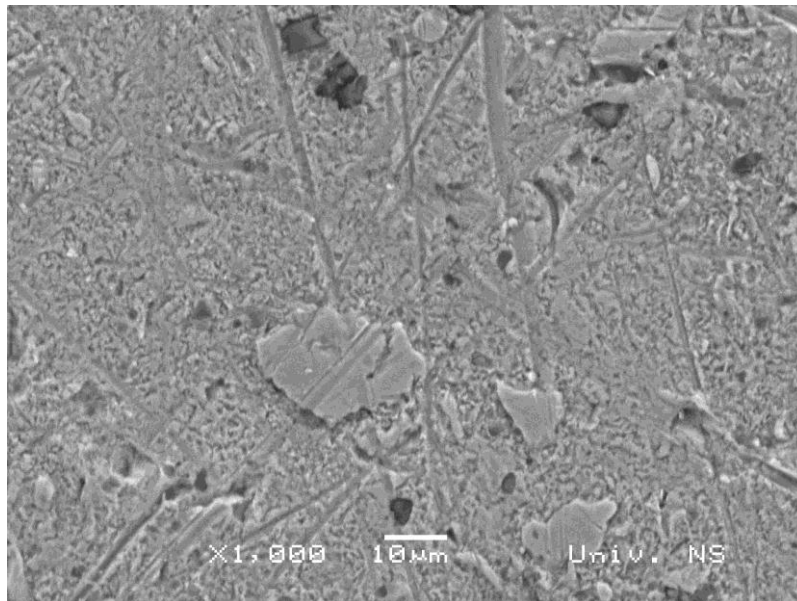
*Tabela 3. Izmerene vrednosti elektroprovodljivosti legure*

Legura Ag <sub>3</sub> In <sub>7</sub> Sn <sub>90</sub>	Elektroprovodljivost (MS/m)
1	4,761
2	4,662
3	4,656

Mikrostruktura uzoraka određena je korišćenjem optičke mikroskopije i SEM-EDX analize, pri čemu su uzorci legure pripremljeni na standardni način, ispolirani i nagriženi. Mikrostruktura Ag<sub>3</sub>In<sub>7</sub>Sn<sub>90</sub> legure karakteriše se kalajnom osnovom u koju su uloženi primarni kristali čvrstog rastvora bogatog na Ag i In, što se može videti na SEM snimku na slici 1.

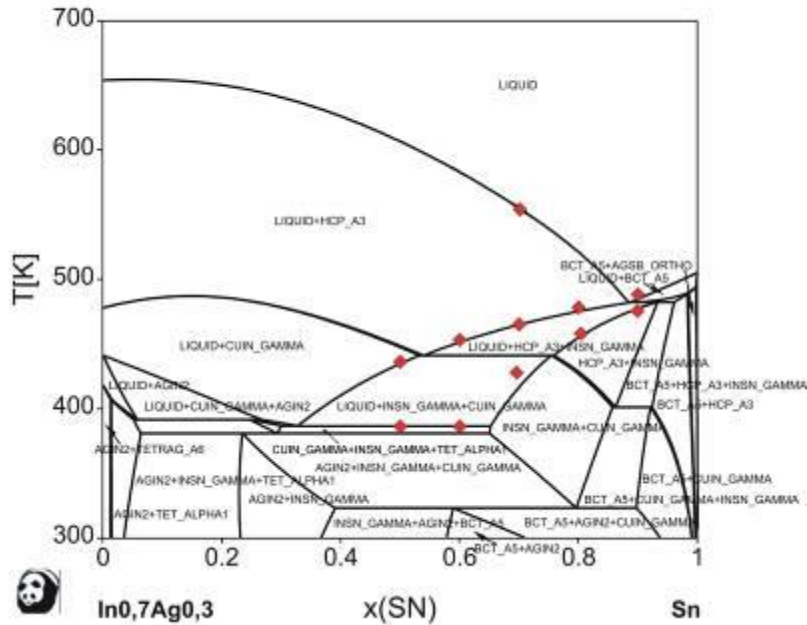
Prema termodinamičkoj kalkulaciji ispitivana legura na sobnoj temperaturi ima trofaznu strukturu: BCT\_A5 faza odgovara rastvoru bogatom na kalaju, AgIn<sub>2</sub> intermetalno jedinjenje i CuIn\_GAMMA faza koja odgovara intermetalnom Ag<sub>2</sub>In jedinjenju.

Eksperimentalno dobijeni rezultati u saglasnosti su sa optimiziranim vrednostima dobijenih korišćenjem Pandat softvera, slika 2.



*Slika 1. SEM snimak legure Ag<sub>3</sub>In<sub>7</sub>Sn<sub>90</sub>*





Slika 2. Vertikalni presek sistema Ag-In-Sn pri konstantnom molaskom odnosu In:Ag = 7:3 u poređenju sa eksperimentalnim vrednostima dobijenih DSC metodom

Pripremljeni i dobijeni uzorci selektovanog sastava  $\text{Ag}_3\text{In}_7\text{Sn}_{90}$  podvrgnuti su potom električnom lemljenju i iskorišćeni kao materijal za lemljenje u računarskim komponentama, kao što je na pr. matična ploča, gornji deo ploče štampača i elektronski terminali.

Električno lemljenje novog materijala  $\text{Ag}_3\text{In}_7\text{Sn}_{90}$  izvedeno je na uzorku osnovnog materijala Cu-ETP, standarda EN13599 (bakar koji uključuje: Ag < 0,015% i O < 0,06%) u obliku ploče dimenzija 100 mm x 25 mm sa naponom na uređaju za lemljenje koji je odgovarao naponu automobilskeg akumulatora. Sastav osnovnog materijala prikazan je u tabeli 4.

Tabela 4. Sastav osnovnog metala za lemljenje u masenim %

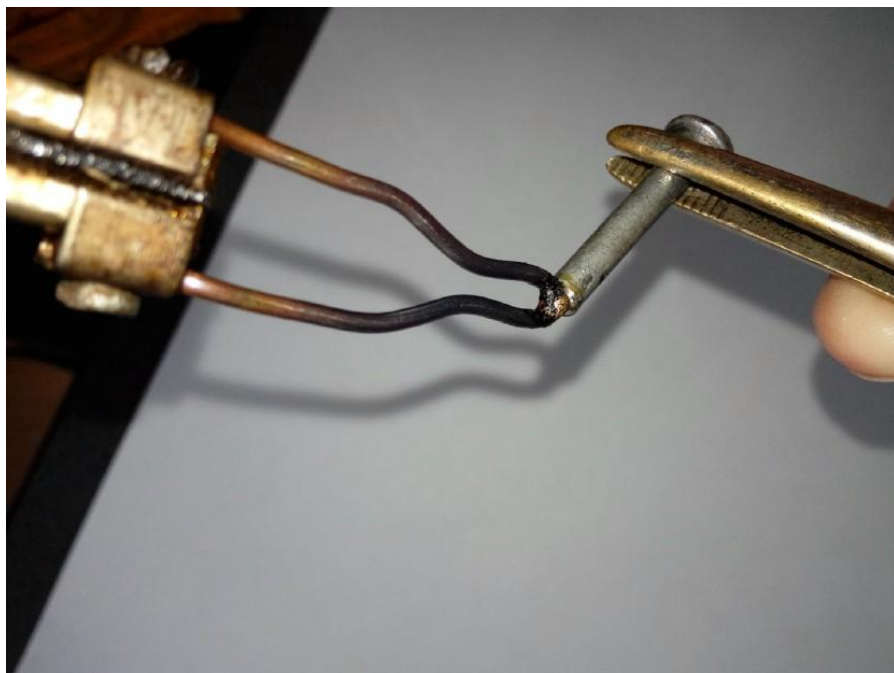
Cu	Pb	O	Bi	Ostalo
min 99,9	max 0,005	max 0,04	max 0,0005	ukupno 0,03

Ovo je klasični proces lemljenja koji je primenjen za testiranje lemljenja novodobijenog materijala  $\text{Ag}_3\text{In}_7\text{Sn}_{90}$ , koji se zasniva na električnom zagrevanju, a koji je poslužio za verifikaciju kako tehnoloških tako i ekoloških karakteristika navedenog materijala.

Na slici 3 prikazan je vrh ploče štampanog kola sa uzorkom novog materijala  $\text{Ag}_3\text{In}_7\text{Sn}_{90}$  za lemljenje.



*Slika 3. Vrh ploče štampanog kola sa uzorkom novog materijala  $Ag_3In_7Sn_{90}$*



*Slika 4. Otapanje kapljice lema*

Otapanje kapljice lema na vrhu bakarne ploče prikazano je na slici 4.

Primena uzete kapljice lema na lemljenje ploča računara, štampača i elektronskih terminala prikazana je na slikama 5, 6 i 7, respektativno, pri čemu je najbolja primena bila kod podloge terminala elektronskih komponenti (slika 6).

Takođe, na slici 8 prikazani su dodatni testovi lemljenja na štampanim pločama (PCB) gornji deo ploče, a na slici 9 dodatni testovi lemljenja na donjem delu ploče.

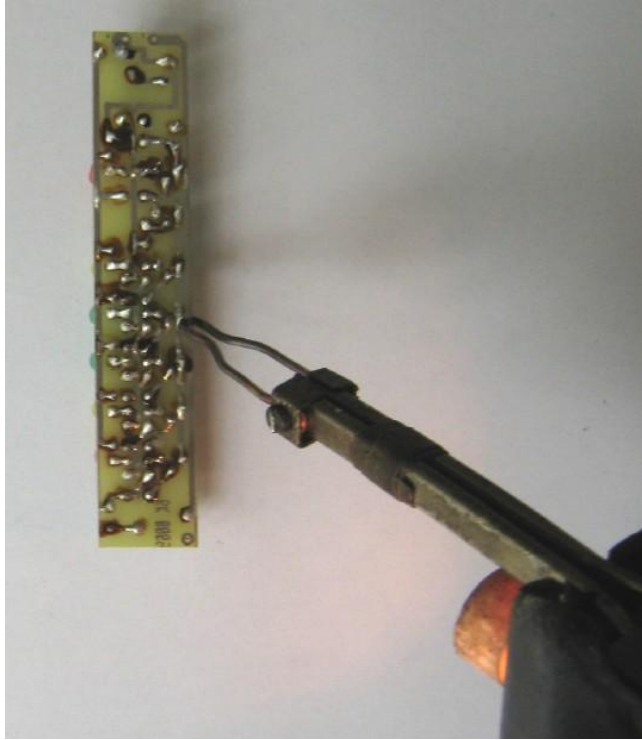
Zbog svog hemijskog sastava (odsustvo kancerogenih, toksičnih i štetnih metala i gasova), novi lemn materijal Ag<sub>3</sub>In<sub>7</sub>Sn<sub>90</sub>, tokom izvedenih testova na lemljenju, nije pokazao nikakve štetne i opasne uticaje niti na radnu niti na životnu sredinu.

Gasovi koji se oslobađaju prilikom operacije lemljenja, mogu se pregrijati i/ili razlagati u nekim agresivnim materijama. U ovom slučaju do toga ne dolazi i korišćenje ovog lemnog materijala nije dovelo do opasnosti po bezbednost i zdravlje ljudi, a ni do zagađenja životne sredine. Vrednosti koncentracija gasova nastalih prilikom izvedenih testova lemljenja bili su ispod standardno preporučenih, slike 10 i 11.

Vizuelnim pregledom, a prema standardu EN12799, izvršena je kontrola izgleda nastalih lemova. Svi dobijeni lemovi imali su adekvatan izgled. Oni su bili dobro oblikovani, simetrični oko svakog terminala i pokrivali su rupe table. Nije bilo curenja istopljene legure (lemnog materijala) kroz prazne rupe na suprotnoj strani ploče. U deponovanim istopljenim kapljicama lemnog materijala nisu uočeni defekti poput pukotina, poroznosti, nedostatka metala, nedostatka fuzije, nedostatka prijanjanja, dodatnih metala, prshotina, spaljene bakarne folije ili spaljenog izolacionog materijala, i sl.



*Slika 5. Primena materijala za lemljenje*



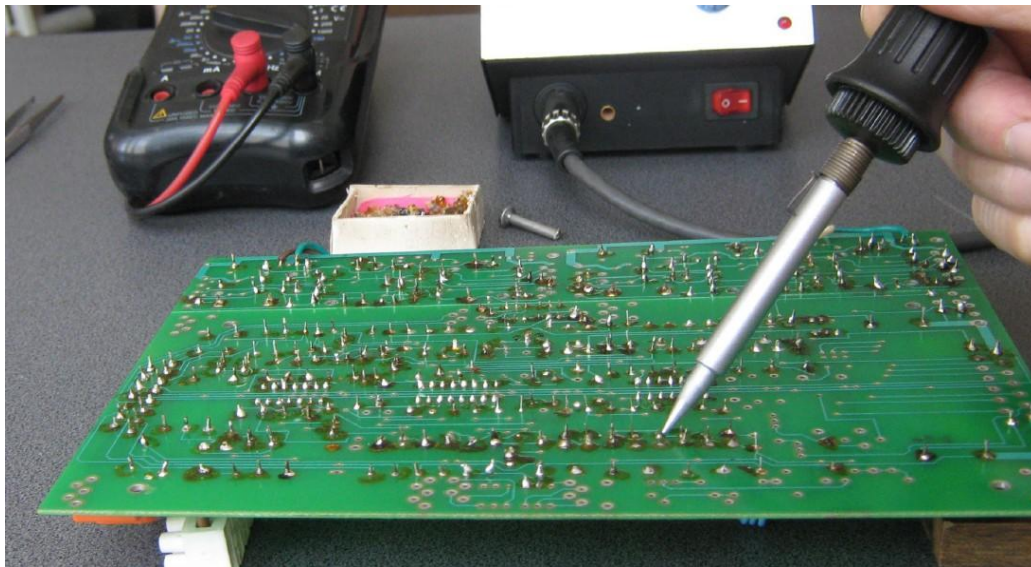
*Slika 6. Primena materijala za lemljenje*



*Slika 7. Primena materijala za lemljenje*



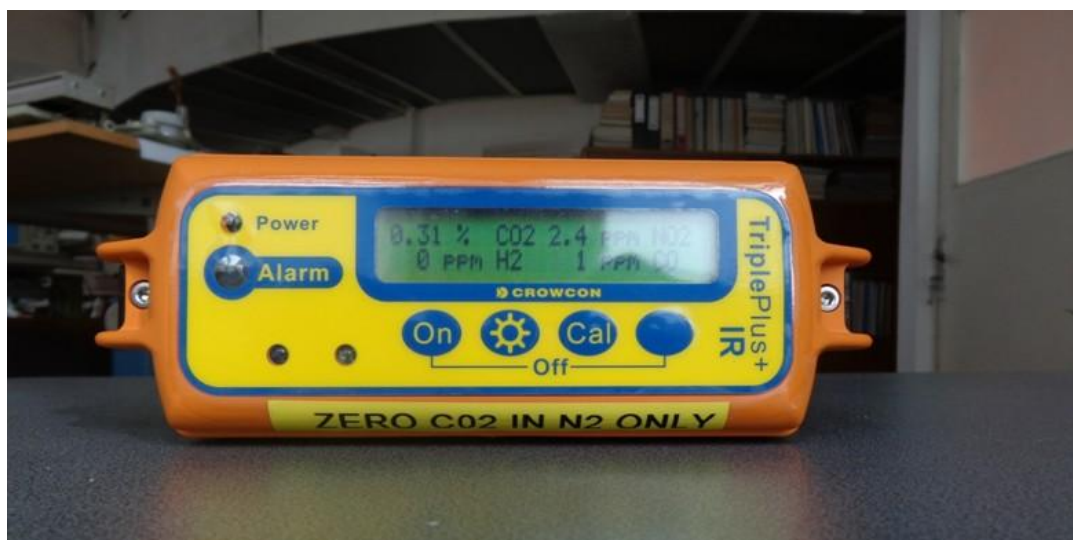
*Slika 8. Dodatni testovi lemljenja na gornjoj štampanoj ploči*



*Slika 9. Dodatni testovi lemljenja na donjoj štampanoj ploči*



*Slika 10. Referentne koncentracije gasova, pod čistim vazdušnim uslovima*



*Slika 11. Vrednosti izduvnih gasova nakon lemljenja*

Tear-down test se preporučuje za verifikaciju prijanjanja lemova na bakarne podloge u elektronskim komponentama terminala, a prema fabričkim normama za svaki proizvod.

Posebna pažnja se treba posvetiti i vremenu procesa lemljenja. Naime, prosečni vremenski interval lemljenja trebao bi da bude od 1,5 sekunde do 4,2 sekunde što zavisi

od sledećih faktora: veličine podloge za lemljenje, veličine kapljice lema, prečnika vrha lemilice, unapred definisane temeprature lemljenja, itd.

Dobijeni novi materijal Ag<sub>3</sub>In<sub>7</sub>Sn<sub>90</sub> za primenu u računarskoj tehnici poseduje sva adekvatna svojstva i karakteristike u pogledu fuzije, tečenja, kvašenja i očvršćavanja.

Dobijeni lem sa ovom novom legurom – materijalom ima dobar izgled, oblik i veličinu, kao i adekvatne mehaničke karakteristike.

## 5. Zaključak

Prikazani rezultat – novi materijal Ag<sub>3</sub>In<sub>7</sub>Sn<sub>90</sub> za primenu u računarskoj tehnici, 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 ispitivani lemnii materijal ne sadrži toksične elemente za razliku od lemova koji su kod nas u širokoj upotrebi. Navedeni materijal je u odnosu na olovne lemове svakako skuplji, ali se njegova 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.

Važni faktor sa gledišta optimalnog hemijskog sastava prikazanog lemnog materijala 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.

Takođe, prikazani novi materijal Ag<sub>3</sub>In<sub>7</sub>Sn<sub>90</sub> za primenu u računarskoj tehnici poseduje zadovoljavajuća svojstva i karakteristike u pogledu fuzije, tečenja, kvašenja i očvršćavanja pri operaciji lemljenja.

Dobijeni lem sa ovom novom legurom – materijalom ima dobar izgled, oblik i veličinu, kao i adekvatne mehaničke karakteristike.



DOO „MARTENZIT“ BOR  
DANILA KISA 10/24 TEL/FAX 030/ 2496-288 tel. 063-8053558  
PIB:107021080 E-MAL: [martenzit92@nadlanu.com](mailto:martenzit92@nadlanu.com)  
MATICNI BR. 20725907 TEK. RACUN: 115-28118-03

Predmet: Dokaz o prihvaćenom i primenjenom tehničkom rešenju pod nazivom „Novi materijal Ag3In7Sn90 za primenu u računarskoj tehnici“

U okviru projekta finansiranog od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije, br. TR34005 pod nazivom „Razvoj naprednih materijala i tehnologija za multifunkcionalnu primenu zasnovanih na ekološkom znanju“, rukovodilac projekta dr Ana Kostov, period 2011-2015, tokom četvrte godine istraživanja – 2014. godina, razvijen je nov materijal, do koncepcije tehničkog rešenja pod nazivom:

**„Novi materijal Ag3In7Sn90 za primenu u računarskoj tehnici“**

Autora:

dr Ana Kostov, dipl.inž.  
dr Aleksandra Milosavljević, dipl.inž.  
Radiša Todorović, dipl.inž.

Tehničko rešenje – novi materijal Ag3In7Sn90 spada u grupu bezolovnih lemnih materijala napravljen je da se primenjuje u računarskoj tehnici za lemljenje elektronskih delova. Materijal poseduje sva adekvatna svojstva i karakteristike u pogledu fuzije, tečenja, kvašenja i očvršćavanja. Dobijeni lem korišćenjem ovog novog materijala ima dobar izgled, oblik i veličinu, kao i adekvatne mehaničke karakteristike.

Korišćeni novi materijal Ag3In7Sn90 za primenu u računarskoj tehnici, od značaja je u proširenju asortimana ekoloških bezolovnih lemova, koji mogu biti konkurentni ne samo na domaćem, već i na svetskom tržištu.

Navedeni materijal je **prihvaćen** za korišćenje u okviru sopstvene mikroprodukcije i ovim **potvrđujem** da se navedeni materijal koristi u firmi DOO „Martenzit“ Bor koja je i participant-učesnik na projektu br. TR34005 i korisnik rezultata.

U Boru, 26.11.2014. godine



DOO „Martenzit“  
Djordjevic Miroslav dipl.indz.metalurg.

*Miroslav Djordjevic*



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

**PREDMET:** Recenzija tehničkog rešenja  
„NOVI MATERIJAL Ag<sub>3</sub>In<sub>7</sub>Sn<sub>90</sub> ZA PRIMENU U RAČUNARSKOJ  
TEHNICI“

Autora:

Dr Ana Kostov, dipl. inž., naučni savetnik  
Dr Aleksandra Milosavljević, dipl. inž., naučni saradnik  
Radiša Todorović, dipl. inž., stručni savetnik

**MIŠLJENJE RECENZENTA**

Odlukom Naučnog veća Instituta za rudarstvo i metalurgiju br. XXIII/6.2. od 02.12.2014. određen sam za recenzenta tehničkog rešenja pod nazivom: „NOVI MATERIJAL Ag<sub>3</sub>In<sub>7</sub>Sn<sub>90</sub> ZA PRIMENU U RAČUNARSKOJ TEHNICI“, u oblasti materijali i hemijske tehnologije.

Navedeno tehničko rešenje predstavlja rezultat projekta br. 34005 iz oblasti tehnološkog razvoja pod nazivom: „Razvoj naprednih materijala i tehnologija za multifunkcionalnu primenu zasnovanih na ekološkom znanju“, 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 skladu sa napred navedenim, kao i na osnovu priložene dokumentacije iznosim sledeće mišljenje.

Tehničko rešenje predstavljeno je na 13 strana (uključujući i naslovne strane) teksta sa datim karakteristikama i opisom, izloženim i prikazanim kroz 11 slika i 4 tabele. 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).

Predloženo tehničko rešenje razmatrano je sa nekoliko najvažnijih aspekata koji ukazuju na njegovu originalnost, tehničko-tehnološku aktuelnost u odnosu na stanje u oblasti razvoja i primene lemnih legura u svetu i kod nas, zatim u odnosu na značaj ostvarenog tehničkog rešenja sa gledišta primene i njihovog uticaja na životnu sredinu. Ocena ekonomske opravdanosti primene predloženog tehničkog rešenja data je pre svega u odnosu na pomenute aspekte.

Realizovana lezna ekološka bezolovna legura u okviru realizacije predmetnog Projekta obrazložena je u podnetom predlogu za validaciju i verifikaciju tehničkog rešenja kroz opis tehnološkog postupka dobijanja, kao i osobine navedene legure, a s druge strane opisan je konkretan postupak lemljenja i uticaja odabranog lemnog materijala na životnu sredinu.

Originalnost predloženog tehničkog rešenja lemne legure u poređenju sa postojećim ekološkim lemnim legurama ogleda se u originalnom hemijskom sastavu i modifikovanom

tehnološkom postupku izrade, optimizovanom prema sopstvenim prethodnim istraživanjima ekoloških legura, koja su podrazumevala laboratorijske eksperimente i sveobuhvatnu karakterizaciju istraženih legura.

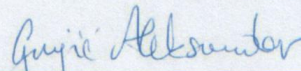
Prezentovana eksperimentalna ispitivanja Ag<sub>3</sub>In<sub>7</sub>Sn<sub>90</sub> ekološke legure za lemljenje u konkretnim uslovima klasičnog postupka lemljenja na računarskim komponentama, ukazuju na bezbednost primene ovog materijala po radnu i životnu sredinu. Takođe, postignut kvalitet lema bio je zadovoljavajući u smislu da nije došlo do razlivanja, curenja istopljenog materijala ili defekata u vidu pukotina, neadekvatnog prijanjanja i slično. Naglašena je važnost vremena potrebnog za sam proces lemljenja. Istaknuto je da sam proces vrlo kratko traje 1,5 do 4,2 sekunde, što zavisi od podloge, temperature lemljenja, ali i veličine kapljice lema i drugih specifičnosti koje moraju biti zadovoljene kako bi kvalitet lemnog spoja bio zadovoljavajući.

Prikazano tehničko rešenje, od značaja je u proširenju asortimana ekoloških bezolovnih leмова, koji mogu biti konkurentni ne samo na domaćem, već i na svetskom tržištu. Jedan od korisnika je i firma DOO „Martenzit“ iz Bora.

Stoga, na osnovu napred izloženog, preporučujem da se navedeno tehničko rešenje pod nazivom „**NOVI MATERIJAL Ag<sub>3</sub>In<sub>7</sub>Sn<sub>90</sub> ZA PRIMENU U RAČUNARSKOJ TEHNICI**“ prihvati i svrsta u kategoriju **M82**, nov lemnii materijal.

U Beogradu, decembra 2014.

Recenzent:



Dr Aleksandar Grujić, viši naučni saradnik  
Institut za hemiju, tehnologiju i metalurgiju Univerziteta u Beogradu

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

**Predmet:** Recenzija tehničkog rešenja

**NOVI MATERIJAL Ag<sub>3</sub>In<sub>7</sub>Sn<sub>90</sub>  
ZA PRIMENU U RAČUNARSKOJ TEHNICI**

**Autora:**

Dr Ana Kostov, dipl.inž., Institut za rudarstvo i metalurgiju Bor  
Dr Aleksandra Milosavljević, dipl.inž., Institut za rudarstvo i metalurgiju Bor  
Radiša Todorović, dipl.inž., Institut za rudarstvo i metalurgiju Bor

**MIŠLJENJE RECENZENTA**

Odlukom Naučnog veća Instituta za rudarstvo i metalurgiju br. XXIII/6.2 od 02.12.2014. godine određen sam za recenzenta tehničkog rešenja pod nazivom: „Novi materijal Ag<sub>3</sub>In<sub>7</sub>Sn<sub>90</sub> za primenu u računarskoj tehnici“, u oblasti Materijali i hemijske tehnologije, koji predstavlja rezultat projekta br. TR34005, pod nazivom: „Razvoj naprednih materijala i tehnologija za multifunkcionalnu primenu zasnovanih na ekološkom znanju“, koji se finansira od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije u periodu 2011-2015. godina, čiji je rukovodilac dr Ana Kostov, naučni savetnik Instituta za rudarstvo i metalurgiju Bor.

U skladu sa iznetim iznosim mišljenje na osnovu priložene dokumentacije.

Tehničko rešenje predstavljeno je na 13 stranica A4 formata i obuhvata 4 tabele i 11 slika. Tehničko rešenje je uređeno u skladu sa zahtevima definisanih „Pravilnikom o postupku i načinu vrednovanja i kvantitativnom iskazivanju naučnoistraživačkih rezultata“, Sl. Glasnik RS 38/2008, Prilog 2.

Sadržaj tehničkog rešenja prikazan je kroz pet celina, i to: Uvod, Problematika i stanje u oblasti razvoja bezolovnih lemova u svetu i kod nas, Problem koji se rešava tehničkim rešenjem, Suština, opis i karakteristike tehničkog rešenja, i Zaključak.

Autori su prezentovali problem koji se rešava ovim tehničkim rešenjem, kao i stanje rešenosti ovog problema u svetu. Autori ističu da se pristupilo razvoju novih multifunkcionalnih materijala koji bi se primenili kao novi ekološki lemn materijali koji ne sadrže toksične elemente i istovremeno ispunjavaju mnogobrojne uslove u pogledu mehaničkih i električnih osobina, korozione postojanosti i ekonomske isplativosti. Osvojeni novi materijal po osobinama je sličan standardnim lemovima, uz manja odstupanja i odgovarajuću ekonomsku isplativost, a pri tome ne sadrži toksične elemente, kao što su olovo i kadmijum.

Autori su naveli i stanje u oblasti razvoja bezolovnih materijala koji bi se koristili u operacijama lemljenja i to u svetu i kod nas. Jedan od aktuelnih svetskih trendova tzv. lead-free pokret, i važeće zakonske regulative (WEEE, RoHS i sl.) u svetu zahtevaju da se

koncentracije toksičnih elemenata treba ograničiti na minimalno dozvoljene, a naročito olovo, koje je u širokoj upotrebi u industriji, posebno elektronskoj kao sastavni deo lemova. U oblasti niskotopivih lemova, od posebnog interesa su lemovi na bazi antimona sa dodatkom indijuma, srebra, bakra, zlata, i dr., pri čemu je posebna pažnja usmerena na što niži sadržaj indijuma u leguri sa aspekta ekonomske isplativosti, a sa druge strane na dovoljno visok sadržaj kako bi snizio tačku topljenja lema.

Takođe, autori su prezentovali i tehnološki postupak za dobijanje legure za izradu navedenog materijala koji se kao lem može koristiti u računarskoj tehnici. Tehnologija proizvodnje prezentiranog 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, ispitivanje izlivenih ingota i profila (hemijska, metalografska, mehanička, fizička i tehnološka), definisanje termomehaničkog režima plastične deformacije, ispitivanje i analizu gotovog proizvoda. Navedene su i detaljno opisane karakteristike dobijenog lema: karakteristične temperature faznih transformacija, prikazane su fazne strukture i sastav legure, određena je i definisana električna provodljivost.

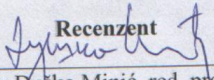
Prikazane slike ilustruju najvažnije rezultate dobijenog tehnološkog rešenja. Nakon testiranja, dobijeni novi materijal Ag<sub>3</sub>In<sub>7</sub>Sn<sub>90</sub> za primenu u računarskoj tehnici posedovao je sva adekvatna svojstva i karakteristike u pogledu fuzije, tečenja, kvašenja i očvršćavanja. Dobijeni lem sa ovim novim materijalom ima dobar izgled, oblik i veličinu, kao i adekvatne mehaničke karakteristike.

## ZAKLJUČAK

Dokumentacija tehničkog rešenja „Novi materijal Ag<sub>3</sub>In<sub>7</sub>Sn<sub>90</sub> za primenu u računarskoj tehnici“ 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. Prikazano tehničko rešenje od značaja je u proširenju asortimana ekoloških bezolovnih lemova, koji mogu biti konkurentni ne samo na domaćem, već i na svetskom tržištu, obzirom da ispitivana materijal za lemljenje ne sadrži toksične elemente za razliku od lemova koji su kod nas u širokoj upotrebi. Navedeni materijal je u odnosu na olovne lemове svakako skuplji, ali se njegova 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.

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

22.12.2014. godine

  
Recenzent  
dr Duško Minić, red. prof.  
Fakulteta tehničkih nauka  
Kosovska Mitrovica



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



**ИНСТИТУТ ЗА РУДАРСТВО  
И МЕТАЛУРГИЈУ БОР  
НАУЧНО ВЕЋЕ  
Број: XXIV/2.3.  
Од 26.12.2014. 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 XXIV-ој седници одржаној дана 26.12.2014. године донело:

**ОДЛУКУ**  
**о прихватању техничког решења**

**I**

На основу покренутог поступка за валидацијом и верификацијом техничког решења под називом „Нови материјал  $Ag_3In_7Sn_90$  за примену у рачунарској техници,, аутора: др Ане Костов, др Александре Милосављевић и Радише Тодоровића и мишљења рецензената и корисника о наведеном техничком решењу, Научно веће је донело Одлуку о прихватању наведеног техничког решења.



**ПРЕДСЕДНИК НАУЧНОГ ВЕЋА**  
Др Миланко Љубојев, дипл.инж.руд.  
Научни саветник