



НАЗИВ ЗАПИСА	ВРСТА : в.	Ознака:
Захтев за валидацијом и верификацијом техничког решења	МАТ.ДОК.	03/2011

Датум: 23/06/2011

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

Напредни shape memory CuZnAl материјал за мултифункционалну примену

Аутора:

Др Ана Костов, дипл.инж.
Проф. др Драгана Живковић, дипл.инж.
Радиша Тодоровић, дипл.инж.
Др Александра Милосављевић, дипл.инж.
мр Лидија Гомицеловић, дипл.инж.
мр Емина Пожега, дипл.инж.
Љубинка Тодоровић, дипл.хем.

Техничко решење (М82 – нови материјал) је резултат реализације пројекта 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“, у области материјала и хемијских технологија, као и пројекта бр ОИ 172037, под називом: „Савремени вишеккомпонентни метални системи и наноструктурни материјали са различитим функционалним својствима“

За рецензенте предлажемо:

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
А.Костов
Др Ана Костов, дипл.инж.



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)**

**NAPREDNI SHAPE MEMORY CuZnAl MATERIJAL ZA
MULTIFUNKCIONALNU PRIMENU**

1. Autori tehničkog rešenja

Dr Ana Kostov, dipl.inž., naučni savetnik, Institut za rudarstvo i metalurgiju Bor
Prof. Dr Dragana Živković, dipl.inž., redovni profesor, UB-Tehnički fakultet Bor
Radiša Todorović, dipl.inž., stručni savetnik, Institut za rudarstvo i metalurgiju Bor
Dr Aleksandra Milosavljević, dipl.inž., naučni saradnik, Institut za rudarstvo i metalurgiju Bor
Mr Lidija Gomidželović, dipl.inž., istraživač saradnik, Institut za rudarstvo i metalurgiju Bor
Mr Emina Požega, dipl.inž., istraživač saradnik, Institut za rudarstvo i metalurgiju Bor
Ljubinka Todorović, dipl.hem., stručni savetnik, Institut za rudarstvo i metalurgiju Bor

2. Naziv tehničkog rešenja

Napredni shape memory CuZnAl materijal za multifunkcionalnu primenu

3. Ključne reči

Shape memory, CuZnAl materijal, legure na bazi bakra, efekat pamćenja oblika, martenzitna struktura, termoelastična transformacija, plastična deformacija

4. Tehničko rešenje proizašlo kao rezultat projekata Ministarstva nauke i prosvete za prvu istraživačku godinu 2011.

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. Korisnici tehničkog rešenja

DOO „MARTENZIT“ Bor
Sztr „ADMETAL“ Bor

6. Godina kada je tehničko rešenje kompletirano

2011. godina

7. Godina kada se tehničko rešenje primenjuje

2012. godina

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

Materijali i hemijske tehnologije

1. Uvod

Legure koje pamte oblik, u zadnjih nekoliko godina, privlače veliku pažnju kao novi, specijalni materijali neobičnih makroskopskih osobina. Naime, interesovanje za istraživanje ovih materijala proizilazi iz fenomena nazvanog efekat pamćenja oblika - shape memory efekat. Pamćenje oblika podrazumeva sposobnost nekih plastično deformisanih metala i legura da pri zagrevanju uspostave prvobitni oblik usled potpunog ili približno potpunog iščezavanja deformacije. Dakle, u određenim uslovima, u ovim materijalima se odvija tkz. termoelastična martenzitna transformacija koja proizvodi neobične makroskopske efekte, pri čemu se fenomen pamćenja oblika može ispoljiti u jednosmernom efektu pamćenja oblika, dvosmernom efektu pamćenja oblika i pseudoelastičnošću.

Najznačajnije i najpoznatije legure koje ispoljavaju efekat pamćenja oblika su legure na bazi nikla i titana, kao i na bazi bakra. Legure na bazi Ni-Ti imaju izraženu sposobnost pamćenja oblika. Međutim, zbog visoke cene i teške fabrikacije ograničena je njihova primena. S druge strane, legure na bazi bakra su jeftinije i mogu se proizvesti na jednostavniji i ekonomičniji način, što ih, u novije vreme, čini interesantnim za proučavanje i istraživanje, kao i zbog mogućnosti njihove primene u tehnici, energetici i kosmičkoj tehnologiji.

2. Problem koji se tehničkim rešenjem rešava

Martenzitna kristalna struktura predstavlja osnovu za postizanje efekta pamćenja oblika. Nju je moguće ostvariti na dva osnovna načina:

- podvrgavanjem legure pritisku čija je jačina srazmerna temperaturi, ili
- naglim kaljenjem legure sa neke kritične temperature.

Primenom druge metode, koja je mnogo raširenija, martenzitna struktura nastaje spontano smicanjem atoma legure ili procesima nukleacije i kristalnog rasta.

Znači, martenzitna faza predstavlja strukturu bezdifuzione transformacije u toku koje je pomeranje bilo kog atoma u odnosu na susedne atome manje od međuatomskog rastojanja, tj. martenzitna struktura je rezultat koordiniranog kretanja velikih atomskih grupa.

Efektom pamćenja oblika naziva se sposobnost metala i legura koji su plastično deformisani u martenzitnom stanju ili u području temperatura martenzitnog preobražaja, da uspostave pri zagrevanju početni oblik.

Zagrevanje dovodi do obnavljanja kristala početne visokotemperaturne faze i uklanja plastičnu deformaciju. Istovremeno dolazi do povraćaja svih fizičko-mehaničkih svojstava. Pri vraćanju oblika, legure mogu da izazovu pomeranje ili silu ili kombinaciju obadva, kao funkciju temperature. Pokretačka sila za obnavljanje prvobitnog oblika je razlika slobodnih energija polazne i martenzitne faze pri obrnutoj transformaciji. Potpuno obnavljanje prvobitnog oblika javlja se samo ako je martenzitna transformacija kristalografski reverzibilna i ako se proces deformacije izvršio bez učešća klizanja.

Prema tome, suština pamćenja oblika zavisi od sposobnosti legura da se podvrgnu tkz. termoelastičnoj martenzitnoj transformaciji. Termoelastična martenzitna transformacija se ostvaruje obrazovanjem martenzita i kontinuirano raste sa opadanjem temperature i povećanjem naprezanja, a opada i kontinuirano se smanjuje po istoj krivoj sa porastom temperature ili opadanjem naprezanja.

Termoelastična martenzitna transformacija pri hlađenju se odvija putem neprekidnog rasta martenzitnih kristala i stvaranja novih kristala. Ako se hlađenje prekine, zaustavlja se rast martenzitnih kristala, koji će se obnoviti pri ponovnom hlađenju i trajati sve dok se martenzitni kristali ne spoje međusobno ili sa granicama zrna.

Transformacija martenzita u polaznu fazu pri zagrevanju odvija se putem povratnog pomeranja granične površine martenzit-polazna faza i kristali martenzita se smanjuju i potpuno prelaze u polaznu fazu.

Termoelastičnu martenzitnu transformaciju karakterišu temperature:

- M_s - temperatura početka transformacije polazne faze u martenzit,
- M_f - temperatura završetka transformacije polazne faze u martenzit,
- A_s - temperatura početka transformacije martenzita u polaznu fazu, i
- A_f - temperatura završetka transformacije martenzita u polaznu fazu.

U zavisnosti od međusobnog odnosa temperatura A_s i M_s , termoelastična martenzitna transformacija može biti:

- prvog reda ($A_s > M_s$), tj. $A_f > A_s > M_s > M_f$, i
- drugog reda ($A_s < M_s$), tj. $A_f > M_s > A_s > M_f$.

U materijalima se efekat pamćenja oblika može ostvariti na tri načina:

- jednosmerni efekat pamćenja oblika,
- dvosmerni efekat pamćenja oblika, i
- pseudoelastičnost.

Jednosmerni efekat pamćenja oblika označava sposobnost materijala da pamti visokotemperaturni oblik. Dvosmerni efekat pamćenja oblika predstavlja sposobnost materijala da pamti dva različita oblika - niskotemperaturni i visokotemperaturni. Pseudoelastičnost ili superelastičnost podrazumeva takvo ponašanje materijala u kome se eliminiše svaka ugrađena deformacija i materijal zauzima svoj originalni oblik. Postizanje bilo koje od tri navedene varijante pamćenja oblika postiže se posebnom obradom koja sadrži cikluse opterećenja i/ili termičke cikluse.

Efekat pamćenja oblika proučavan je u mnogim binarnim i ternarnim legurama, kao i u nekim čistim metalima. Međutim, istraživanja su pokazala da široku primenu mogu naći samo nitinol i legure na bazi bakra koje ispoljavaju efekat pamćenja oblika.

Među legurama na bazi bakra koje ispoljavaju efekat pamćenja oblika su: Cu-Al-Ni, Cu-Au-Zn, Cu-Sn, Cu-Zn, Cu-Zn-Si, Cu-Zn-Sn, Cu-Zn-Al, Cu-Zn-Ga, itd. Legure na bazi bakra, u poređenju sa Ni-Ti legurama, poseduju nešto slabije mehaničke osobine, zbog krupnijeg zrna i veće elastične anizotropije. Ali, one se mogu poboljšati, bez znatnijeg pogoršavanja efekta pamćenja oblika, usitnjavanjem zrna, primenom metoda brzog očvršćavanja, metalurgije praha ili dodatkom elemenata kao što su: Zr, V, B, Ti, Cr, itd.

S druge strane, legure na bazi bakra mogu se proizvesti na jednostavniji i ekonomičniji način, pa su samim tim jeftinije u odnosu na Ni-Ti legure čija je tehnologija izrade i obrade skupa i komplikovana. Takođe, njihova primena u različitim oblastima je velika. Naime, legure na bazi bakra našle su svoju primenu u tehnici za izradu spojnice koje se primenjuju kod cevovoda atomskih podmornica, brodova, kosmičkih letelica, itd. Spojnice se odlikuju visokom sigurnošću, odsustvovanju visokotemperaturnog zagrevanja i lakim rastavljanjem spoja na niskim temperaturama.

Pored toga, ove legure se koriste i za izradu mehanizama za premeštanje platforma i pumpa za fluide, za termičke upozoravajuće naprave, za izradu termostata, kontrolne opreme za zagrevanje i hlađenje, za termopokretače počev, od prozora staklenika do požarnih vrata, uređaja za automatsko otvaranje prozora toplih laboratorija i sušionica, za aktiviranje ventilatora u fabrikama, za otvaranje ventila hladnjaka u dizel kamionima i kontrolnih ventila u sistemima zagrevanja toplim vazduhom, kao i za brojne druge termomehaničke i termostatičke naprave (sistemi za daljinsku regulaciju i kontrolu kao što su PP davači).

Očekuje se da će primena legura na bazi bakra koje ispoljavaju efekat pamćenja oblika biti još veća u budućnosti, zbog prihvatljive cene materijala i jednostavnije fabrikacije, tako da vreme ovih legura tek dolazi.

3. Problematika i stanje u oblasti razvoja shape memory materijala u svetu i kod nas

Pojam efekta pamćenja oblika prvi put se sreće u radovima A.B. Greningena i V.G. Mooradiana iz 1938. godine. Greningen i Mooradian su pokazali da martenzitna faza kod bronzе i legura bakra sa cinkom može da ostvari oblik i izgubi ga sa promenom temperature.

Otrprike u isto vreme, G.V. Kurdymov je objavio kristalografiju martenzita, posebno kod čelika, i proučavao je faznu relaciju kod bronzе između visokotemperaturne β faze i martenzitnog oblika pri brzom hlađenju.

Početak pedesetih godina dvadesetog veka T.A. Read i njegovi saradnici otkrili su pamćenje oblika kod legura Au-Cd i In-Tl, i demonstrirali naprezanja koja se razvijaju pri faznoj transformaciji.

Međutim, fenomen pamćenja oblika nije privlačio veliku pažnju sve do šezdesetih godina dvadesetog veka kada je primećen u leguri Ni-Ti. Naime, 1962. godine W.J. Buehler pronašao je leguru Ni-45Ti, koja je nazvana nitinol, i danas je najpoznatija legura koja ispoljava efekat pamćenja oblika. Posle otkrića nitinola i njegovih neobičnih osobina, Buehler i saradnici predložili su da se pojave koje su povezane sa fenomenom pamćenja oblika nazovu efekat pamćenja oblika.

Od tada do danas načinjen je bitan napredak u shvatanju prirode legura sa pamćenjem oblika.

Poslednjih desetak godina, ponovo je povećano interesovanje istraživača za legure koje pamte oblik, a naročito za legure na bazi bakra.

Veći broj autora posvetio je svoja istraživanja opisu tehnologija za dobijanje legura bakra koje pamte oblik. Pored opisa tehnologija za dobijanje ovih legura, dosta je ispitivana martenzitna struktura. Danilov i Lihačev proučavali su promenu strukture martenzita pod uticajem cikličnih napona, dok su Deng i Ansell eksperimentalno i teoretski istraživali strukturne i morfološke promene koje se dešavaju za vreme martenzitne transformacije i utvrdili da je martenzitna struktura odgovorna za proces pamćenja oblika. Pored toga, Zhang i Hornbogen, Zhu i Chen, i Pons, korišćenjem optičkog i visokonaponskog TEM mikroskopa, dali su prikaz izgleda martenzita (pločice) i registrovali greške u strukturi igličastih pločica.

Znatan broj istraživača bavio se proučavanjem uticaja pojedinih faktora na sposobnost pamćenja oblika u legurama na bazi bakra, a naročito sistema Cu-Zn-Al.

U svojim radovima Han i Kim, kao i Wei i Yang ukazali su da efekat starenja može u znatnoj meri da smanji sposobnost pamćenja oblika kod legura na bazi bakra. Pобољшanje se može postići efektom brzog očvršćavanja ovih legura (radovi Perkinsa, Scarsbrooka i Yamamotoa) ili pak precipitacijom α -faze (radovi Duana, Lena, Pelegrina i Loveya) čime se postiže stabilizacija martenzita. Thumann i Hornogen su pokazali da se reverzibilnost martenzitne transformacije menja u toku procesa izrade legura.

Veličina zrna je još jedan od bitnih faktora koji utiču na efekat pamćenja oblika. Naime, veliko zrno i ubrzani rast zrna negativno se odražavaju na ciklično ponašanje transformacije polazna faza-martenzit. Na ovu činjenicu ukazali su: Wu, Guilemany, Gil, Salgue i Picornell. Stoga su, u svojim radovima, Kim, Lee i Wayman predložili dodavanje rafinatora tj. četvrte komponente u sistemu Cu-Zn-Al u cilju smanjenja veličine zrna i usporavanja rasta zrna.

Jedan broj autora istraživao je mogućnost registrovanja temperatura transformacije polazna faza-martenzit i temperatura obrnute transformacije, primenom različitih metoda. Tako su, Kwarciak i Morawiec koristili DTA i DSC metode za određivanje temperatura martenzitne i obrnute transformacije kod legura na bazi bakra i upoređivali su dobijene rezultate sa temperaturama transformacije kod Ni-Ti legura. Guilemany i Gil, s jedne strane, i Picornell i Sade, s druge, određivali su temperature transformacije korišćenjem metode

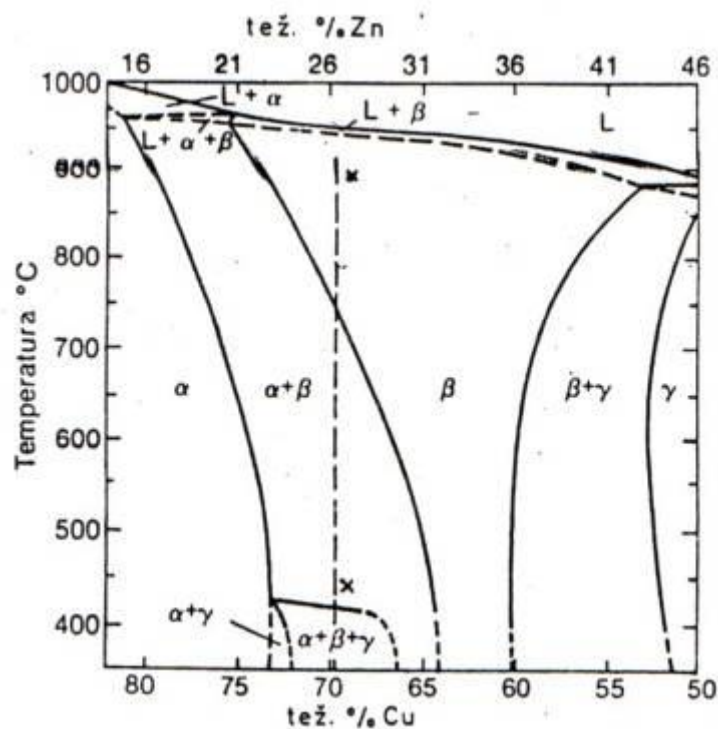
akustične emisije detekcije i DSC metode. Rezultate upoređivanja temperatura martenzitne transformacije dobijenih metodama DTA i X-ray dali su Gio i Luo. U radovima Chandrasekarana, Macquerona i Planesa pokazan je uticaj kaljenja i sredstava za kaljenje na temperature martenzitnog preobražaja. Naime, ovi autori su utvrdili da, kod tehnike memorisanja oblika, oštrije sredstvo za kaljenje snižava M_s temperaturu ovih legura.

Iz navedenog pregleda može se uočiti da su istraživanja vezana za legure na bazi bakra koje pamte oblik, pored opisa tehnologije za izradu, uglavnom bazirana na ispitivanjima strukture martenzita, i uočavanju i sprečavanju negativnih uticaja na proces pamćenja oblika, reverzibilnost i cikličnost martenzitne transformacije. Znatno manji broj radova je iz oblasti koja se odnosi na definisanje temperatura martenzitnog preobražaja, koje su od značaja za proces pamćenja oblika u legurama na bazi bakra. Takođe, za određivanje ovih temperatura nije korišćena termodilatometrijska metoda, mada se sreće u radovima vezanim za ispitivanja legura Fe-Co i Co-Ni.

U našoj zemlji shape memory legurama bavio se i bavi tim iz Instituta za bakar Bor, danas Institut za rudarstvo i metalurgiju Bor zajedno u saradnji sa Tehničkim fakultetom u Boru. U okviru tih istraživanja urađena je jedna magistarska teza.

4. Suština, opis i karakteristike tehničkog rešenja

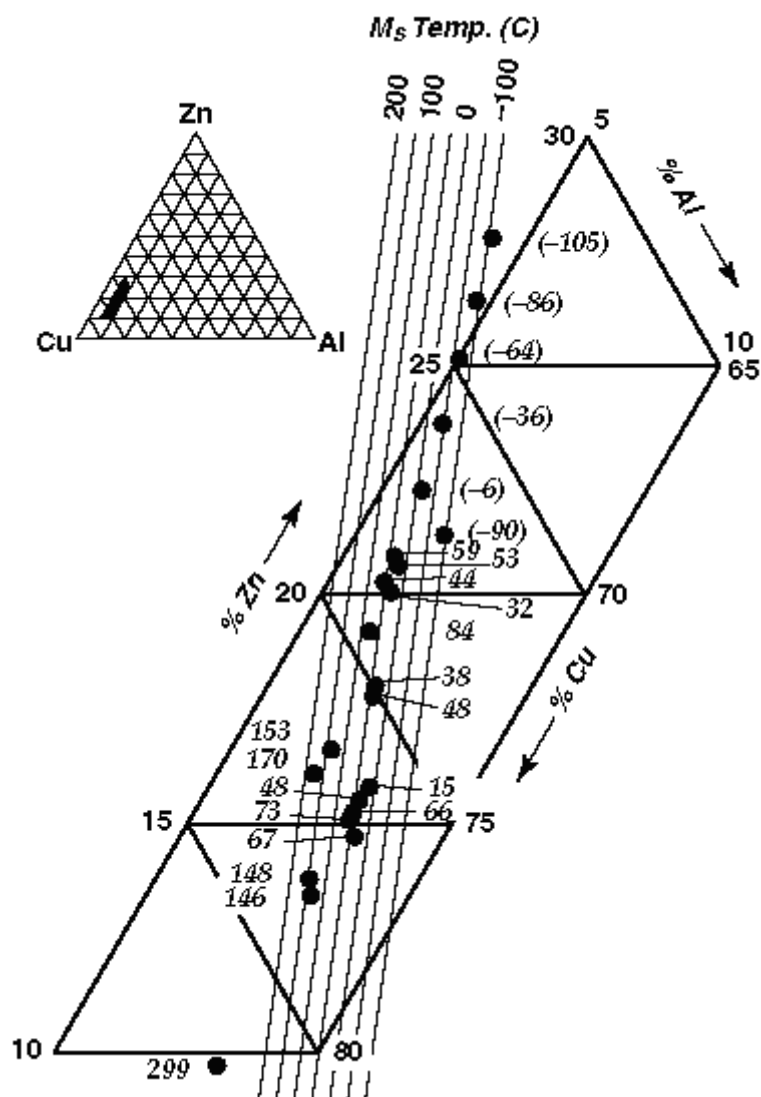
Današnje legure na bazi bakra koje ispoljavaju efekat pamćenja oblika razvijene su od tri binarna sistema legura: Cu-Zn, Cu-Al i Cu-Sn. Pri tom, efekat pamćenja oblika obimno je proučavan kod legura Cu-Zn sa dodatkom Al, Si, Sn, Ga i Mn i legura Cu-Al sa dodatkom Ni, Be, Zn i Mn. Dodavanje legirajućih elemenata legurama Cu-Zn i Cu-Al vršeno je u cilju regulisanja temperature martenzitne transformacije i optimizacije termičke stabilnosti i mehaničkih osobina.



Sl.1. Vertikalni presek Cu-Zn-Al ternarnog sistema na 4% Al

Legure Cu-Zn-Al koje ispoljavaju efekat pamćenja oblika sadrže 68 do 80 % bakra i 20 do 32 % cinka i aluminijuma u različitim odnosima. Vertikalni presek ternarnog sistema Cu-Zn-Al na 4% Al dat je na slici 1. Ucrtana linija x-x odnosi se na sastave legura sa kojima je eksperimentisano.

Temperatura martenzitne transformacije ovih legura veoma zavisi od sastava, slika 2. Naime, male promene sastava dovode do znatnog variranja temperature na kojoj se odigrava termoelastična martenzitna transformacija, zbog čega je neophodno održavanje odabranog sastava legure u toku proizvodnog procesa, što otežava isparavanje cinka za vreme livenja. Ovaj problem je naročito izražen kod klasičnog načina dobijanja shape memory materijala.



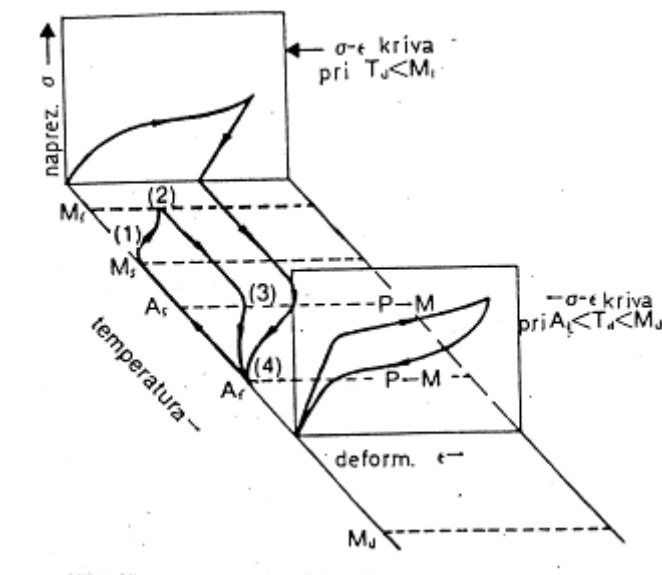
Sl.2. Određivanje M_s temperature u shape memory leguri Cu-Zn-Al

Iako se temperatura martenzitne transformacije legura Cu-Zn-Al koje ispoljavaju efekat pamćenja oblika može podešavati u širokom opsegu, praktična gornja granica je oko 120 °C, jer je iznad ove temperature transformacija nestabilna usled brzog starenja.

Shape memory legure obično se dobijaju klasičnim metodama topljenja, livenja i prerađivanja. Uopšteno uzevši, sve one legure martenzitne strukture imaju otežanu plastičnu prerađuju, koja se sastoji iz više ciklusa valjanja na toplo i izvlačenja na hladno, uz niz

međufaznih žarenja, kako bi se od ingota određenih dimenzija dobile šipke i žice malih poprečnih preseka.

Sušтина pamćenja oblika u Cu-Zn-Al legurama zavisi od sposobnosti legura da se podvrgnu termoelastičnoj martenzitnoj transformaciji. Termoelastična martenzitna transformacija se ostvaruje sa obrazovanjem martenzita i kontinuirano raste sa opadanjem temeprature i povećanjem naprezanja, a opada i kontinuirano se smanjuje po istoj krivoj sa porastom temperature ili opadanjem naprezanja. Ovo je šematski ilustrirano na slici 3, na kojoj su prikazane naponske krive za leguru memorisanog oblika na različitim temperaturama deformacije T_d . Kriva levo gore sa slike odgovara deformaciji legura ispod M_f temeprature, dok je legura potpuno u martenzitnom stanju.



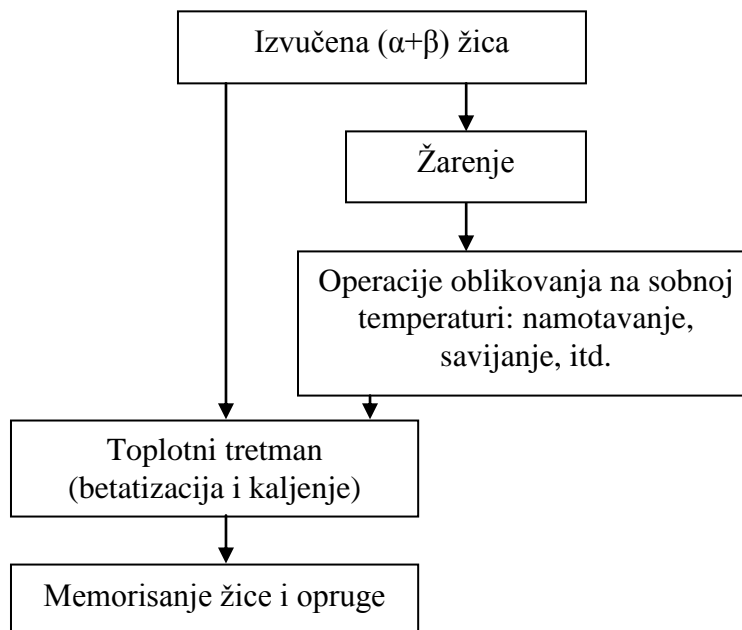
Sl.3. Šematski prikaz naponskih krivi sa temperaturom: M_s temperatura početka obrazovanja martenzita pri hlađenju; M_f temperatura završetka martenzitne transformacije; A_s temperatura na kojoj počinje obrazovanje visokotemperaturne faze; A_f temperatura završetka formiranja visokotemperaturne faze pri zagrevanju; M_d temepratura ispod koje martenzit može biti indukovao naponom u matičnu, polaznu fazu.

Na relativno niskom nivou naprezanja postoji veličina naprezanja u toku koga deformacija može da se deponuje u martenzitnoj strukturi. Kada se opterećenje jednom otkloni zapaža se elastično rastojanje koje može da se zapazi kod bilo kog uobičajenog metala. Zagrevanjem do A_f temperature, martenzit i pridodata deformacija u materijalu nestaju i originalni oblik se vraća.

Nasuprot ovome, kriva prikazana u donjem desnom uglu, odgovara leguri koja je deformisana u opsegu A_f i M_d temperature dok je legura u polaznoj fazi na potpuno visokoj temperaturi. Ovde je martenzit napregnut-indukovan, pošto polazna faza prelazi u martenzit pre primenjene deformacije, tako da egzistira i vrh deformacije, ali sa višim nivoom naprezanja.

Rasterećenjem, martenzitna struktura je nestabilna i prelazi u polaznu fazu. Za vreme ovog povratnog procesa, svaka deformacija, koja je bila ugrađena u napregnut martenzit, gubi se, i materijal zauzima svoj originalni oblik. Ovo ponašanje materijala se naziva pseudoelastičnost.

Dobijanje dve faze ($\alpha+\beta$) Cu-Zn-Al žice i drugih profila sa memorisanim oblikom ostvareno je procesima oblikovanja i direktnim toplotnim tretiranjem kako bi se obezbedio memorisani oblik, slika 4.



Sl.4. Šematski prikaz memorisanja žica i profila malih poprečnih preseka

Operacije oblikovanja uključuju operacije namotavanja ili savijanja žice na sobnoj temperaturi za izradu spiralnih opruga. Žica treba da je prethodno odžarena da bi se obezbedila visoka duktilnost i minimalna povratna elastičnost finalnih oblika. Termički tretman je ostvaren kaljenjem žica i/ili opruga iz područija β -faze (759-900⁰C).

Pri toplotnom tretiranju Cu-Zn-Al materijala javlja se problem kontrole veličine zrna, pošto rastvaranje α -faze zahteva vreme, čak i na temperaturama daleko iznad β -solvus linije i utvrđeno je da se potpunim rastvaranjem α -faze dobijaju velika β zrna. Ovo se objašnjava rekristalizacijom i rastom zrna β -faze za vreme rastvaranja α -faze, i sa isčezavanjem α -faze sledi vrlo brzi porast zrna β -faze. Minimiziranje veličine zrna može se ostvariti pažljivim termičkim tretmanom rastvora i to izborom najniže moguće temperature i najkraćeg vremena. Tako je utvrđeno, ponavljanjem više eksperimenata, da zagrevanje žice 5 minuta na 800 ⁰C i kaljenjem u kipućoj vodi sa vremenom držanja od 15 minuta obezbeđuje najbolje mehaničke osobine i stabilnost ponašanja memorisanih oblika.

Tehnološki postupak proizvodnje žice od shape memory materijala na bazi bakra, Cu-Zn-Al, sastojao se iz sledećih faza: pripreme materijala za šaržu, ulaganja šarže u peć, topljenja, livenja, tople i hladne prerade, i memorisanja oblika. Legure su izrađivane od sledećih komponenti: beskiseoničnog bakra, cinka i aluminijuma p.a. čistoće. Navedena legura dobijena je topljenjem šarže koju su činili: beskiseonični bakar, predlegura Cu-Zn (49,56%Zn) i predlegura Cu-Al (44,69%Al). Šarža je istopljena u gasnoj lončastoj peći i izlivena u grafitnu kokilu.

Ispitivanje hemijskog sastava izvršeno je na više uzoraka uzetih sa različitih mesta. Dobijeni hemijski sastav ispitivanih uzoraka, kao i srednja vrednost hemijskog sastava za leguru Cu-Zn-Al data je u tabeli 1, a za ovo tehničko rešenje izabrana je legura hemijskog sastava 69%Cu, 27%Zn i 4%Al.

Posle obrade spoljašnjih površina odlivaka isečene su gredice 12x12 mm. Dobijene gredice su homogenizovane 2h na 800 °C u slabo oksidativnoj atmosferi. Sa iste temperature uzorci su valjani na kalibrisanim valjcima do dimenzija 4x4 mm, posle čega su uzorci podvrgnuti termičkoj obradi da bi mogli da se prerade na hladno sa minimumom operacija izvlačenja.

Tabela 1. Rezultati ispitivanja hemijskog sastava

N ^o	Cu, mas%	Zn, mas%	Al, mas%
1	68,70	27,30	3,95
2	68,39	27,71	3,88
3	69,16	26,87	3,95
4	69,07	26,91	3,95
5	69,12	26,73	3,97
6	68,95	27,08	3,95
7	69,38	26,61	3,97
8	69,30	26,77	3,91
Srednja vrednost	69,00875	26,9975	3,94125
	69	27	4

Termička obrada se sastojala u žarenju uzoraka na temperaturi od 400 °C 15 minuta, kaljenju u vodi, ponovnom žarenju na 550 °C 2h, hlađenju u peći do 450 °C i završnom hlađenju na vazduhu. Uzorci su izvlačeni na vučnoj klupi malom brzinom i malim pojedinačnim stepenima redukcije. Jedna grupa uzoraka je valjana na hladno, takođe, malim stepenima redukcije po provlaku. Međufazna žarenja su vršena 2h na 500 °C, hlađenjem uzoraka u peći do 450 °C i završno na vazduhu.

Nakon plastične prerade uzorci žica su žareni na 550 °C 4h, hlađeni u peći do 450 °C i završno hlađeni na vazduhu. U cilju dobijanja martenzitne strukture, radi memorisanja oblika, uzorci su zagrevani u cevastoj peći u zaštitnoj atmosferi azota na 800 °C 5 minuta, posle čega su zakaljeni u hladnoj vodi. U martenzitnom stanju materijal je memorisan.

Ovako dobijeni uzorci Cu-Zn-Al legure su podvrgnuti metalografskom i fizičko-mehaničkom ispitivanju.

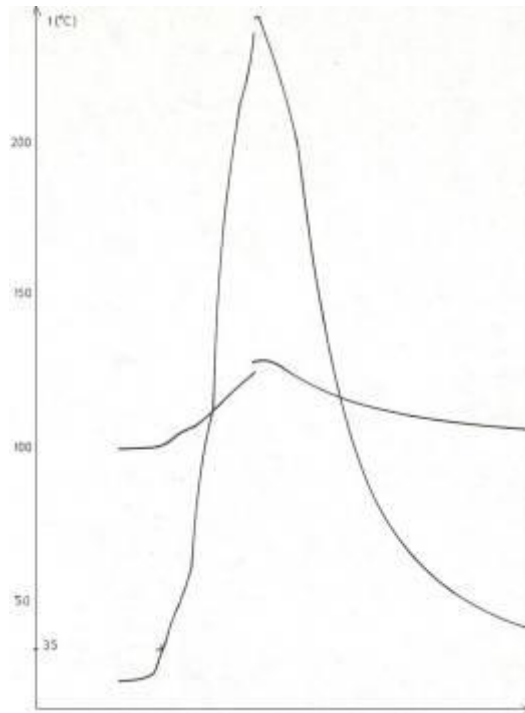
Za utvrđivanje preobražajnih tačaka izvršena je termodilatometrijska analiza. Njome je podvrgnuta žica dužine 5 cm koja je betatizirana na 800 °C i okaljena u hladnoj vodi. Pripremljeni uzorak podvrgnut je ispitivanju na dilatometru sa ciljem da se uoči tačka početka i kraja transformacije martenzita u visokotemperaturnu fazu, slika 5. Na dilatometrijskoj krivi uočava se tačka A_f na 35 °C što govori da je hemijski sastav i tehnologija prerade odgovaraju materijalu koji je proizveden.

Mehanička ispitivanja su sprovedena na uzorcima žice u žarenom i termički obrađenom stanju. Rezultati su dati u tabeli 2.

Pored ovih ispitivanja, izvršeno je i ispitivanje histerezisa ovog materijala. Uzorak za ispitivanje je termički obrađen i u jednom ciklusu opterećen na istežanje do izduženja od 1,5%. Pri rasterećenju uočeno je trajno izduženje, slika 6. Isti uzorak je ponovo opterećen na istežanje do izduženja od 1,5% ne računajući zaostalo izduženje iz prethodnog ispitivanja. U ponovljenom ispitivanju temperatura uzorka je bila 60 °C. Pri rasterećenju zaostalo izduženje je bilo vrlo malo, slika 7.

Ova pojava se može objasniti na sledeći način. Pri prvom eksperimentu zatezanjem izazvan je efekat memorisanja oblika kod ispitivane žice. Zagrevanjem uzorka aktiviran je proces transformacije i na taj način materijal se posle oslobođenja naprezanja vratio u prvobitni oblik. Povećani napon na istežanje kod drugog ispitivanja u odnosu na prvo je

posledica trajne deformacije materijala na sobnoj temperaturi, kao i pojave da se sa povećanjem temperature ispitivanja povećava napon deformacije.



Sl.5. Dilatometrijska kriva uzorka CuZnAl

Tabela 2. Rezultati ispitivanja mehaničkih osobina

Uzorak	No	Zatezna čvrstoća, MPa	Granica razvlačenja, MPa	Izduženje l=50mm, %	Izduženje l=100mm, %
Žaren	1	586,5	-	31,28	25
	2	583,0	352,4	31,52	25,5
Termički obrađen	1	595	194,4	10	12,5
	2	633,5	245,7	11,05	9

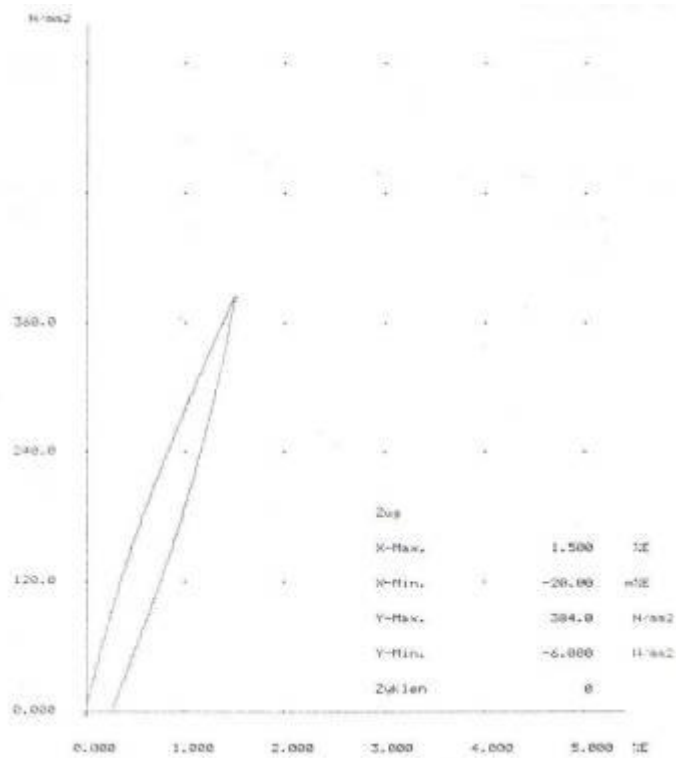
Pored fizičko-mehaničkih karakteristika izvršena su i metalografska ispitivanja. Za ovu vrstu ispitivanja uzeti su najkarakterističniji uzorci iz pojedinih faza prerade.

Prvi uzorak je uzet nakon livenja bez ikakvog termičkog tretiranja. Uzorak je nakon sečenja, brušenja i poliranja hemijski nagrižen radi razvijanja mikrostrukture. Izgled mikrostrukture livenog komada je prikazan na slici 8.

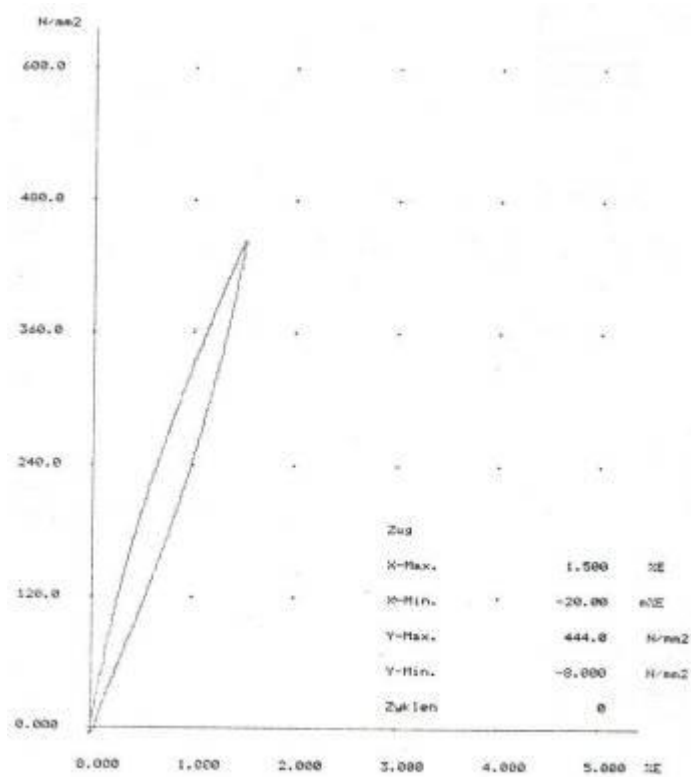
Sa slike se uočava karakteristična struktura za liveno stanje koja se sastoji iz dve faze, i to: α i β . Znači da se dobijena legura nalazi u dvofaznom području.

Drugi uzorak je uzet nakon tople plastične deformacije u kalibrisanim valjcima, slika 9. Posmatran je poprečni presek u odnosu na smer valjanja. Stepenn redukcije kod ovog uzorka je 36%. Uočava se da je legura i dalje sastavljena iz α i β faze.

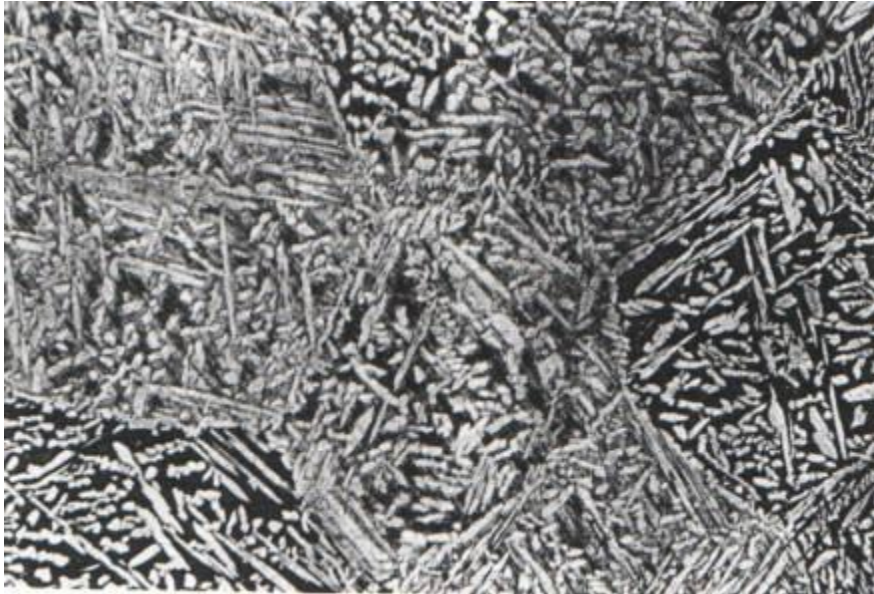
Sledeći uzorak je uzet nakon izvlačenja sa stepenom redukcije 19,9% i termičkog tretiranja, slika 10. Kod ovog uzorka je zapaženo, takođe, dvofazno područje sastavljeno iz svetle α -faze koja je uložena u tamnoj β -fazi. Posmatran je uzdužni presek, što se na slici i vidi, jer su zrna usmerena u pravcu izvlačenja.



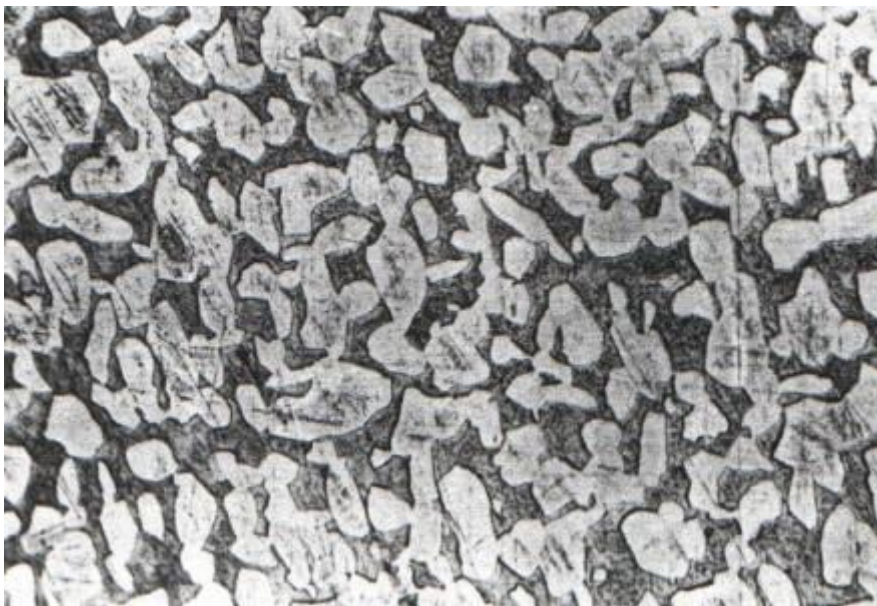
Sl. 6. Dijagram ispitivanog histerezisa legure CuZnAl na sobnoj temperaturi



Sl.7. Dijagram ispitivanog histerezisa legure CuZnAl na 60⁰C

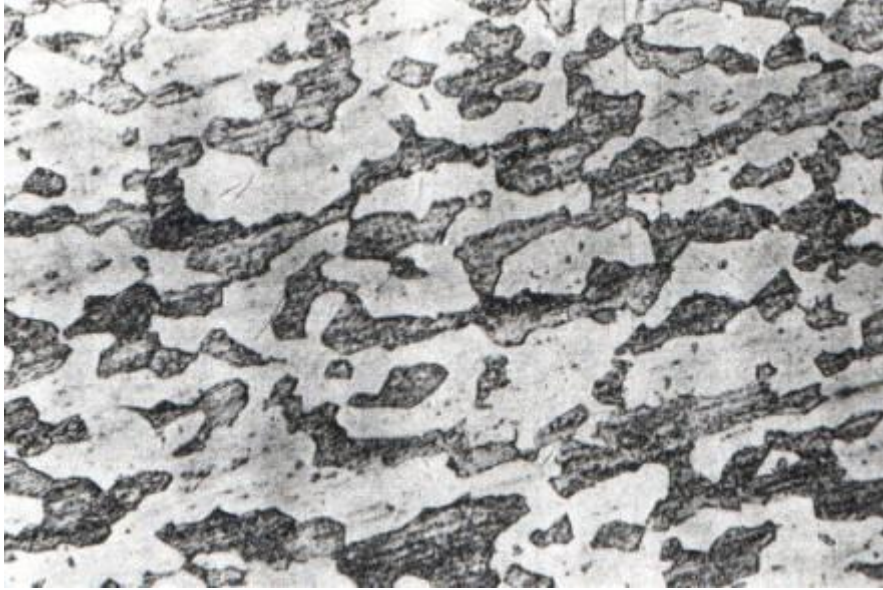


Sl.8. Mikrostruktura livenog stanja CuZnAl (uvećanje 50:1)



Sl.9. Mikrostruktura poprečnog preseka CuZnAl legure nakon tople plastične prerade (uvećanje 550:1)

Na kraju, uzet je uzorak žice koji je termički tretiran na 800 °C, a zatim okaljen u vodi, slika 11. Sa prikazane slike uočava se struktura koja se sastoji od velikih zrna β -faze i martenzita u vidu igličastih pločica.



Sl.10. Mikrostruktura CuZnAl legure nakon izvlačenja i naknadnog žarenja na 500 °C (uvećanje 550:1)



Sl.11. Mikrostruktura uzdužnog preseka CuZnAl legure termički tretiran na 800 °C, a zatim okaljene u vodi (uvećanje 80:1)

5. Zaključak

Prikazano tehničko rešenje, novi materijal: napredni shape memory CuZnAl materijal za multifunkcionalnu primenu, nastao je kao rezultat rada na projektima finansiranim od strane Ministarstva prosvete i nauke iz oblasti tehnološkog razvoja TR34005 pod nazivom: „Razvoj naprednih materijala i tehnologija za multifunkcionalnu primenu zasnovanih na

ekološkom znanju“, i oblasti osnovnih istraživanja ON172037 pod nazivom „Savremeni višekomponentni metalni sistemi i nanostrukturni materijali sa različitim funkcionalnim svojstvima“.

Osvojeni materijal od značaja je u proširenju asortimana ekoloških bezolovnih materijala specijalnih namena i multifunkcionalne primene, koji mogu biti konkurentni ne samo na domaćem, već i na svetskom tržištu.

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

Na osnovu dobijenih i prikazanih rezultata može se konstatovati da je tehnologija proizvodnje ovog materijala osvojena u laboratorijskim uslovima uz tehnološku šemu proizvodnje žice malog poprečnog preseka. Takođe, stvorena je mogućnost rada na osvajanju novih materijala iz ove grupe za praktičnu primenu, kako u zameni bimetalnih materijala, tako i u konstrukciji uređaja koji bi koristili efekat pamćenja oblika.

Primena ovog osvojenog materijala ostvariće se kod dva korisnika rezultata, firmi „Martenzit“ i „Admetal“ iz Bora.



Sl.12. Dobijeni različiti profili shape memory CuZnAl materijala



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: III/6.3.
Од 24.06.2011. 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 III-ој седници одржаној дана 24.06.2011. године донело:

ОДЛУКУ

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

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 „*Напредни shape memory CuZnAl материјал за мултифункционалну примену*“ 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 Милеико Ђубојев, дип. инж. руд.
Научни саветник

Institut za rudarstvo i metalurgiju Bor
Naučnom veću

Predmet: Recenzija tehničkog rešenja

**NAPREDNI SHAPE MEMORY CuZnAl MATERIJAL
ZA MULTIFUNKCIONALNU PRIMENU**

Autora:

Dr Ana Kostov, dipl.inž., naučni savetnik, Institut za rudarstvo i metalurgiju Bor
Prof. Dr Dragana Živković, dipl.inž., redovni profesor, UB-Tehnički fakultet Bor
Radiša Todorović, dipl.inž., stručni savetnik, Institut za rudarstvo i metalurgiju Bor
Dr Aleksandra Milosavljević, dipl.inž., naučni saradnik, Institut za rudarstvo i metalurgiju Bor
Mr Lidija Gomidželović, dipl.inž., istraživač saradnik, Institut za rudarstvo i metalurgiju Bor
Mr Emina Požega, dipl.inž., istraživač saradnik, Institut za rudarstvo i metalurgiju Bor
Ljubinka Todorović, dipl.hem., stručni savetnik, Institut za rudarstvo i metalurgiju Bor

MIŠLJENJE RECENZENTA

Odlukom Naučnog veća Instituta za rudarstvo i metalurgiju Bor br: III/6.3 od 24.06.2011. godine, određen sam za recenzenta tehničkog rešenja pod nazivom:

**„NAPREDNI SHAPE MEMORY CuZnAl MATERIJAL ZA MULTIFUNKCIONALNU
PRIMENU“**

u oblasti Materijali i hemijske tehnologije, koji predstavlja rezultat projekata br. TR34005, pod nazivom: RAZVOJ NAPREDNIH MATERIJALA I TEHNOLOGIJA ZA MULTI FUNKCIONALNU 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 i nauke Republike Srbije u periodu 2011-2014 godina – prva istraživačka godina 2011.

U skladu sa gore iznetim iznosim svoje mišljenje, a na osnovu priložene dokumentacije.

Tehničko rešenje predstavljeno je na 15 strana i obuhvata 2 tabele 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, kojim se prezentira efekat pamćenja oblika kod dve vrste različitih legura, nitinola i legura na bazi bakra. Zbog visoke cene i teške fabrikacije ograničena je primena nitinol

legura, pa su autori iznašli mogućnost da kao rezultat sa projekata resornog ministarstva razviju materijale koji su jeftiniji, mogu se proizvesti na jednostavniji i ekonomičniji način i pri tome imaju raznoliku primenu u tehnici, energetici i kosmičkoj tehnologiji.

Problem koji se tehničkim rešenjem rešava, u kojem se navodi suština efekta pamćenja oblika, njegovo postizanje kod predmetne legure, načini tretiranja i dobijanja legura sa navedenim efektom.

Problematika i stanje u oblasti razvoja shape memory materijala 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.

Suština, opis i karakteristike tehničkog rešenja, gde su prezentovani rezultati na osvajanju tehničkog rešenja – materijala na bazi bakra koji pamti oblik. Naveden je tehnološki postupak za dobijanje legure za izradu shape memory materijala, obrada, prerada i izrada žičanih profila od navedenog materijala, sa metodama memorisanja oblika i obrazovanja termoelastične martenzitne transformacije. Navedene su i detaljno opisane karakteristike dobijenog materijala. Karakteristične temperature termoelastične transformacije, prikazane su fizičko-mehaničke karakteristike i dijagrami histerezisa ispitivanog materijala na sobnoj i povišenoj temperaturi, kao i metalografija ispitivanih uzoraka. Prikazane slike ilustruju najvažnije rezultate tehnološkog rešenja.

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

ZAKLJUČAK

Dokumentacija tehničkog rešenja **NAPREDNI SHAPE MEMORY CuZnAl MATERIJAL ZA MULTIFUNKCIONALNU PRIMENU** pripremljena je u skladu sa „Pravilnikom o postupku i načinu vrednovanja, i kvantitativnom iskazivanju naučno istraživačkih rezultata istraživača“, Sl. Glasnik RS 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 gore izloženih argumenata preporučujem da se navedeno tehničko rešenje prihvati i svrsta u kategoriju M82, nov materijal, pomenutog pravilnika.

Decembra, 2011. godine
Fakulteta tehničkih nauka
Kosovska Mitrovica


Recenzent
Prof. dr Duško Minić

NAUČNOM VEĆU
Instituta za rudarstvo i metalurgiju Bor

Predmet: Recenzija tehničkog rešenja kategorije M82-Novi materijal

Naziv tehničkog rešenja: Napredni shape memory CuZnAl materijal za multifunkcionalnu primenu

Autori: dr Ana Kostov
Prof. dr Dragana Živković
Radiša Todorović
dr Aleksandra Milosavljević
mr Lidija Gomidželović
mr Emina Požega
Ljubinka Todorović

Mišljenje recenzenta

Odlukom Naučnog veća Instituta za rudarstvo i metalurgiju Bor, broj III/6.3 od 24.06.2011. godine, određen sam za recenzenta tehničkog rešenja pod nazivom „*Napredni shape memory CuZnAl materijal za multifunkcionalnu primenu*“ koje predstavlja rezultat istraživanja autora u okviru projekata br. TR34005 i ON172037 čiju realizaciju finansira Ministarstvo prosvete i nauke 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 „*Napredni shape memory CuZnAl materijal za multifunkcionalnu primenu*“ je prikazano na 15 stranica A4 formata, i sadrži 12 slika i 2 tabele. 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 prvu istraživačku godinu 2011; korisnike tehničkog rešenja; godinu kada je tehničko rešenje kompletirano; godinu kada se tehničko rešenje primenjuje; i oblast i naučnu disciplinu na koju se tehničko rešenje odnosi
2. Uvod
3. Problem koji se tehničkim rešenjem rešava
4. Problematika i stanje u oblasti razvoja shape memory materijala u svetu i kod nas
5. Suština, opis i karakteristike tehničkog rešenja
6. Zaključak

U prvom delu tehničkog rešenja autori su detaljno obrazložili problematiku i stanje u oblasti razvoja legura koje pamte oblik, sa detaljnim literaturnim pregledom dosadašnjih istraživanja u svetu i naznakom da se u našoj zemlji ovom problematikom trenutno bave samo autori tehničkog rešenja. Obzirom da su svetski najznačajnije i najpoznatije legure koje ispoljavaju efekat pamćenja oblika legure na bazi nikla i titana, autori navode prednost osvojenih legura na bazi bakra, koje poseduju sposobnost pamćenja oblika, jer imaju prednost nad nitinol legurama zbog niže cene koštanja, jednostavnije i ekonomičnije proizvodnje, i široke primene kod izrade mehanizama za premeštanje platforma i pumpi za fluide, za termičke upozoravajuće naprave, za izradu termostata, kontrolne opreme za zagrevanje i hlađenje, za termopokretače počev, od prozora staklenika do požarnih vrata, uređaja za automatsko otvaranje prozora toplih laboratorija i sušionica, za aktiviranje ventilatora u fabrikama, za otvaranje ventila hladnjaka u dizel kamionima i kontrolnih ventila u sistemima zagrevanja toplim vazduhom, kao i za brojne druge termomehaničke i termostatičke naprave, kao što su PP davači, i sl.

U drugom delu tehničkog rešenja autori su detaljno opisali tehnologiju dobijanja, prerade i memorisanja legura CuZnAl sa efektom pamćenja oblika. Navedene su optimalne temperature zarenja i termičkog tretmana legura u cilju dobijanja termoelastične martenzitne strukture kod profila malih poprečnih preseka, tj. memorisanja oblika kod žičanih profila. Sva istraživanja praćena su većim brojem eksperimenata, i dokumentovana različitim metodama ispitivanja, prevashodno fizičko-mehaničkih karakteristika, termodilatometrijom, ispitivanjem histerezisa, a na kraju su prikazane i mikrofotografije za pojedine faze dobijanja navedenog materijala.

Osvojeni materijal će sigurno biti od značaja u proširenju asortimana proizvoda kod korisnika rezultata, pošto poseduje višenamensku primenu, a može biti konkurentan ne samo na domaćem, već i na svetskom tržištu.

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

Na osnovu analize priloženog tehničkog rešenja, podnosim sledeći

ZAKLJUČAK

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

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

Beograd, decembra 2011.

RECENZENT



dr Miroslav Sokić, naučni saradnik



DOO „MARTENZIT“ BOR

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

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

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

Predmet: Dokaz o prihvaćenom i primenjenom tehničkom rešenju pod nazivom „Napredni shape memory CuZnAl materijal za multifunkcionalnu primenu“

U okviru projekta finansiranog od strane Ministarstva prosvete i nauke Republike Srbije, br. 34005 pod nazivom „Razvoj naprednih materijala i tehnologija za multifunkcionalnu primenu zasnovanih na ekološkom znanju“, rukovodilac projekta dr Ana Kostov, period 2011-2014, tokom prve godine istraživanja, razvijen je nov materijal, do koncepcije tehničkog rešenja pod nazivom:

„Napredni shape memory CuZnAl materijal za multifunkcionalnu primenu“

Autora:

dr Ana Kostov
Prof. dr Dragana Živković
Radiša Todorović
dr Aleksandra Milosavljević
mr Lidija Gomidželović
mr Emina Požega
Ljubinka Todorović

Tehničko rešenje – novi materijal na bazi bakra sa dodatkom cinka i aluminijuma koji poseduje osobinu pamćenja oblika, od značaja je u proširenju asortimana materijala i proizvoda, koji mogu biti konkurentni ne samo na domaćem, već i na svetskom tržištu, obzirom da je firma „Martenzit“ participant učesnik na projektu br. 34005 i korisnik rezultata.

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, 2011.



DOO „Martenzit“

Djordjević Miroslav dipl.indz.metalurg.



SZTR " ADMETAL" – BOR

ul: Danila Kiša br.4, Bor
Tel/fax: 030/437-301
PIB : 104145836
Žiro račun: 330-32001060-40
E-mail: lekovski@sezampro.rs

Predmet: Dokaz o prihvaćenom i primenjenom tehničkom rešenju pod nazivom
„Napredni shape memory CuZnAl materijal za multifunkcionalnu primenu“

U okviru projekta finansiranog od strane Ministarstva prosvete i nauke Republike Srbije, br. TR34005, pod nazivom „Razvoj naprednih materijala i tehnologija za multifunkcionalnu primenu zasnovanih na ekološkom znanju“, rukovodilac projekta dr Ana Kostov, za period 2011-2014, tokom prve godine istraživanja, u periodu od 01.01.2011. do 31.12.2011. godine, razvijen je **nov materijal**, do koncepcije tehničkog rešenja pod nazivom:

„Napredni shape memory CuZnAl materijal za multifunkcionalnu primenu“

Autora:

Dr Ana Kostov
Prof. Dr Dragana Živković
Radiša Todorović
Dr Aleksandra Milosavljević
Mr Lidija Gomidželović
Mr Emina Požega
Ljubinka Todorović

Tehničko rešenje – novi materijal na bazi bakra sa dodatkom cinka i aluminijuma koji poseduje osobinu pamćenja oblika, 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 od decembra 2011. godine u pojedine delove naših alata i pribora.

U Boru, 27.12.2011. godine

SZTR „ADMETAL“ BOR
Sande Lekovski, dipl.ing.

SAKOPTALNA ZAKLJUČAK
RADILJA **ADMETAL**
Lekovski Sande pr
BOR, Danila Kiša 4



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: V/3.1.

Од 10.01.2012. 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 V-ој седници одржаној дана 10.01.2012. године донело:

ОДЛУКУ
о прихватању техничког решења

I

На основу покренутог поступка за валидацијом и верификацијом техничког решења под називом „Напредни shape memory CuZnAl материјал за мултифункционалну примену“ и мишљења рецензената и корисника о наведеном техничком решењу, Научно веће је донело Одлуку о прихватању наведеног техничког решења.

ПРЕДСЕДНИК НАУЧНОГ ВЕЋА
Др Милеико Ђубојевић, дипл.инж.руд.
Научни саветник