

Број захтева: \_\_\_\_\_

Датум: \_\_\_\_\_

## **ЗАХТЕВ**

### **за давање сагласности на реферат о урађеној докторској дисертацији**

Молимо да, сходно члану 46. став 5. тачка 4. Статута Универзитета у Београду (“Гласник Универзитета” број 131/06), дате сагласност на реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата:

**Мр Радише (Станоје) Перића**

КАНДИДАТ: **Мр Радиша (Станоје) Перић**

Пријавио је докторску дисертацију под називом:

**ИСПИТИВАЊЕ ОЈАЧАВАЊА СТАРЕЊЕМ ЛЕГУРА СИСТЕМА Au-Ag-Cu ЗА ПРОИЗВОДЊУ НАКИТА**

Из научне области: **Металуршко инжењерство**

Универзитет је дана **10.06.2013.** године својим актом под бројем **61206-2914/2-13** дао сагласност на предлог теме дисертације која гласи: **ИСПИТИВАЊЕ ОЈАЧАВАЊА СТАРЕЊЕМ ЛЕГУРА СИСТЕМА Au-Ag-Cu ЗА ПРОИЗВОДЊУ НАКИТА**

Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата: **Мр Радише (Станоје) Перића** образована је на седници одржаној **22.05.2014.** године, одлуком факултета под бр. **VI/4-17-4**, у саставу:

Име и презиме члана комисије / звање / научна област / установа у којој је запослен

1. Др Драгослав Гусковић, ред. професор, металуршко инжењерство, Технички факултет у Бору, ментор
2. Др Десимир Марковић, ред. професор, металуршко инжењерство, Технички факултет у Бору, члан
3. Др Светлана Иванов, ван. професор, металуршко инжењерство, Технички факултет у Бору, члан
4. Др Слободан Стојадиновић, ред. професор, прерада метала у пластичном стању, Технички факултет „Михајло Пупин“ у Зрењанину, члан
5. Др Бранимир Јованчићевић, ред. професор, индустријска хемија, Хемијски факултет у Београду, члан

Наставно-научно веће факултета прихватило је извештај Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације на седници одржаној дана **03.07. 2014.** године, под бројем: **VI/4-18-14.1.**

Декан Факултета

Проф. др Милан Антонијевић

Прилог:

1. Извештај комисије са предлогом
2. Акт наставно-научног већа факултета о усвајању извештаја.
3. Примедбе дате у току стављања извештаја на увид јавности, уколико је таквих примедби било

Универзитет у Београду  
Технички факултет у Бору  
Број: VI/4-18-14.1.  
Бор, 03. 07. 2014. године

На основу чл. 47. Статута Техничког факултета у Бору, Наставно научно веће Факултета, на седници одржаној 03. 07. 2014. године, донело је

## О Д Л У К У

**I** Усваја се Извештај Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата: **мр Радише Перића**, дипл. инж. металург. под називом: „Испитивање ојачавања старењем легура система **Au-Ag-Cu** за производњу накита“, на који није било примедби.

**II** Универзитет у Београду је дана 10. 06. 2013. године дао сагласност на предлог теме докторске дисертације.

**III** Радови из научних часописа са листе која је утврђена као релевантна за вредновање научне компетенције у одређеном научном пољу:

### **Rad objavljen u међународном часопису категорије M22:**

1. S.Pantelić, N.Borna, M.Srećković, A.Kovačević, Z.Karastojković, **R.Perić**, T.Volkov-Husović, Z.Janjušević, *Nd<sup>3+</sup>:YAG laser interaction with optical fibres in optical fibre – connector system*, Journal of the Serbian Chemical Society, Edited by Branislav Nikolić, Published by Serbian Chemical Society, Ref.No.4202, (2009), (ISSN 0352-5139) (IF=0.879)

### **Radovi objavljeni u међународном часопису категорије M23:**

1. **R.Perić**, Z.Karastojković, Z.Kovačević, D.Gusković, *Age-Hardening Effect of Au585Ag90Cu264Zn61 and Application in the Manufacture of Jewelry*, Metalurgia International, Vol.XVIII(2013), Special Issue No.4, (ISSN 1582-2214), (IF = 0.084), Category: Metallurgy & Metallurgical Engineering (69/74), 352-361;
2. Z.Karastojković, **R.Perić**, Z.Janjušević, Z.Kovačević, A.Sedmak, A.Raković, *High Reflectance as Desired Property of Shining Surface and Undesired for Laser Welding in Jewel Production of 585 Gold Alloy*, Metalurgia International, Vol.XVIII(2013), No.3, (ISSN 1582-2214), (IF = 0.084), Category: Metallurgy & Metallurgical Engineering (69/74), 39-43;
3. **R.Perić**, Z.karastojković, Z.Kovačević, D.gusković, *Age-Hardening Effect of Au585Ag90Cu264Zn61 and Application in the Manufacture of Jewelry*, Metalurgia International, Vol.XVIII(2013), Special Issue N° 4, (ISSN 1582-2214), (IF = 0.084), Category: Metallurgy&Metallurgical Engineering (69/74), pp. 352-361;
4. Z.Karastojković, **R.Perić**, Z.Janjušević, D.Gusković, M.Rakin, *Determination of Annealing Temperatures for Coldworked Strip of 585 Gold Alloy for Successful Deep-Drawing Into Tube*, Metalurgia International, Vol.XVIII(2013), N°3, (ISSN 1582-2214), (IF = 0.084) Category: Materials Science, pp. 428-432;
5. Z.Karastojković, **R.Perić**, Z.Janjušević, Z.Kovačević, A.Sedmak, A.Raković, *High Reflectance as Desired Property of Shining Surface and Undesired for Laser Welding in Jewel Production of 585 Gold Alloy*, Metalurgia International, Vol.XVIII (2013), N°3, (ISSN 1582-2214), (IF = 0.084) Category: Materials Science, p.p. 39-43;
6. **R.Perić**, Z.Karastojković, Z.Kovačević, Z.janjušević, D.Gusković, *Tempering in Region 50-600°C of Quenched and Cold Deformed 585 Gold Alloy for Jewelry Production*, Journal Metalurgia,

N°1936 – List of Articles for Publishing in Journal Metallurgy 2013/2014, (ISSN 0543-5846) (IF = 0.69), Croatian Metallurgical Society – CMS, President: Acad.Dr.Sc.Dr.h.c. Ilija Mamuzić, Prof.h.c.;53 (2014), 3;

7. **R.S.Perić**, Z.M.Karastojković, Z.M.Kovačević, M.B.Mirić, D.M.Gusković, *Changes of Hardness and Electrical Conductivity White Gold Alloy Au-Ag-Cu After Aging Treating*, ISSN 0324-1130, IF = 0.320, Bulgarian Chemical Communications, Journal of the Chemical Institutes of the Bulgarian Academy of Sciences and of the Union of Chemists in Bulgaria, Editor: Prof.Dragomir S.Jankov, (2014); The manuscript was registered under N° 3507/26.02.14; - accepted;
8. M.B.Mirić, **R.S.Perić**, S.P.Dimitrijević, S.A.Mladenović, S.R.Marjanović, *Differences in the mode of thermomechanical processing between white gold alloys to produce semi-finished products*, ISSN 0324-1130, IF = 0.320, Bulgarian Chemical Communications, Journal of the Chemical Institutes of the Bulgarian Academy of Sciences and of the Union of Chemists in Bulgaria, Editor: Prof. Dragomir S.Jankov, (2014) ; The manuscript Was registered under N°3492/12.02.14, - accepted;

**Radovi objavljeni u međunarodnom časopisu M24:**

1. Z.Karastojković, **R.Perić**, Z.Janjušević, D.Gusković, *Electrolitic Gold Plating on Golden Jewels made from 585 Alloy*, Časopis „Zaštita materijala“, **M-24**, (ISSN 0351-9465), (Status: Journal category PK51, PK52, JBR Impact factor 5, 0.815). Inženjersko društvo za koroziju, Beograd, Editor: Prof.dr Časlav Lačnejvac, (2013/2014); 54(2014)4, str. 366-371;
2. **R.Perić**, Z.Karastojković, M.Jovanović, M.Srećković, Z.Janjušević, R.Gajić, *Optical Properties of Gold Alloy 585 Monitored Through Amplitude Diminutions at Annealed and Cold Rolled Strips with Low Deformations*, (ISSN 0351-9465), (Status: Journal category PK51, PK52, JBR Impact factor 5, 0.851), Journal Materials Protection. Beograd, Editor: Prof.dr Časlav Lačnejvac (2013/2014), accepted;

**IV** Именовани ће бранити докторску дисертацију пред Комисијом у саставу:

1. др Драгослав Гусковић, редовни професор Техничког факултета у Бору – ментор;
2. др Десимир Марковић, редовни професор Техничког факултета у Бору – члан;
3. др Светлана Иванов, ванредни професор Техничког факултета у Бору – члан;
4. др Слободан Стојадиновић, редовни професор Техничког факултета „Михајло Пупин“ у Зрењанину, Универзитет у Новом Саду – члан;
5. др Бранимир Јованчићевић, редовни професор Хемијског факултета у Београду – члан.

**V** Одлуку доставити надлежном Већу научних области Универзитета у Београду, ради давања сагласности. Докторска дисертација из става 1. ове одлуке подобна је за одбрану након добијања сагласности именованог Већа Универзитета.

**VI** О термину одбране благовремено се обавештава стручна служба ради обављања претходних активности.

**Доставити:**

- именованом
- Већу научних области Универзитета у Београду
- студентској служби
- архиви

ПРЕДСЕДНИК  
НАСТАВНО НАУЧНОГ ВЕЋА

ДЕКАН

Проф. др Милан Антонијевић

**UNIVERZITET U BEOGRADU**  
**Tehnički fakultet u Boru**

**NASTAVNO-NAUČNOM VEĆU**

**Predmet:** Referat o urađenoj doktorskoj disertaciji kandidata mr Radiše Perića

Odlukom br. VI/4-17-4 od 22.05.2014. godine, imenovani smo za članove Komisije za pregled, ocenu i odbranu doktorske disertacije kandidata mr Radiše Perića pod naslovom

**ISPITIVANJE OJAČAVANJA STARENJEM LEGURA SISTEMA Au-Ag-Cu ZA  
PROIZVODNJU NAKITA**

Nakon pregleda dostavljene disertacije i drugih pratećih materijala, i razgovora sa kandidatom, Komisija je sačinila sledeći:

**R E F E R A T**

**1.- UVOD**

**1.1.- Hronologija odobravanja i izrade disertacije**

Hronologija odobravanja i izrade disertacije odvijala se sledećom dinamikom:

Odlukom Nastavno-naučnog veća Tehničkog fakulteta u Boru, broj VI/4-6-6.3, od 25.04.2013. godine, imenovana je komisija za ocenu naučne zasnovanosti predložene teme doktorske disertacije.

Odlukom Nastavno-naučnog veća Tehničkog fakulteta u Boru, broj I/2-742 od 30.05.2013. godine, usvojen je izveštaj komisije za ocenu naučne zasnovanosti prijavljene teme doktorske disertacije.

Veće naučnih oblasti tehničkih nauka Univerziteta u Beogradu na sednici održanoj 10.06.2013. godine, donelo je odluku broj 02-61206-2914/2-13, o davanju saglasnosti na predlog teme doktorske disertacije.

Odlukom Nastavno-naučnog veća Tehničkog fakulteta u Boru, broj VI/4-17-4 od 22.05.2014. godine, imenovana je komisija za ocenu i odbranu doktorske disertacije.

**Magistarski rad**, pod nazivom: „Uticaj režima prerade legure zlata na kvalitet šupljeg nakita”, odbranjen je na Tehničkom fakultetu u Boru 22.06.2010. godine.

**1.2.- Naučna oblast disertacije**

Predmet istraživanja doktorske disertacije pripada naučnoj oblasti **metalurško inženjerstvo**, uža naučna oblast – **prerađivačka metalurgija**.

Za mentora doktorske disertacije, određen je prof. dr Dragoslav Gusković, redovni profesor Univerziteta u Beogradu – Tehnički fakultet u Boru, zbog istaknutih doprinosa u oblasti metalurškog iženjerstva – prerađivačke metalurgije.

### **1.3.- Biografski podaci o kandidatu**

Mr Radiša Perić, rođen je 19.05.1951. godine, u selu Vukovac, opština Žagubica. Osnovnu i srednju školu, gimnaziju prirodno-matematičkog smera, završio je u Petrovcu na Mlavi, 1969. godine. Diplomirao je na Rudarsko-metalurškom fakultetu u Boru, krajem 1975. godine, na smeru za prerađivačku metalurgiju, i stekao akademsko zvanje *diplomirani inženjer metalurgije*. Odmah nakon diplomiranja, početkom 1976. godine, otpočeo je sa radom u Fabrici mašina „MORAVA“ u Požarevcu, na poslovima tehnologa hladnog kovanja i termičke obrade vijčane robe, od čelika za potrebe automobilske industrije. Po povratku iz JNA, krajem 1978. godine, prelazi na rad u Fabriku odlivaka u Žagubici, u osnivanju, gde aktivno učestvuje u izgradnji fabrike, i daljeg rada kao tehnički direktor. Fabrika odlivaka u Žagubici, poslovala je u sastavu Rudarsko topioničarskog basena Bor, i proizvodila je odlivke od legura bakra i aluminijuma (mesing-CuZn72, silumin- $AlSi_{11}$  i zamak- $ZnAl_{14}$ ), levenjem pod pritiskom u čeličnim kalupima, za protrebe građevinske industrije, industrije namešaja kao i mašinske industrije. 1986. godine, ponovo prelazi na rad u Fabriku mašina „MORAVA“ u Požarevcu, na poslovima rukovodioca proizvodnje, gde je posebno radio na problemima hladnog kovanja i termičke obrade vijčane robe, kao i izrade specijalnih alata za hladno kovanje. 1990. godine osniva, a 1992. godine otpočinje sa radom u sopstvenoj firmi za preradu legura plemenitih metala od legura zlata i srebra za izradu nakita, PDPP „PERIĆ&PERIĆ“Co.d.o.o., u Požarevcu, u kojoj i danas radi. U firmi se, pored proizvodnih delatnosti proizvodnje nakita, bavi i istraživanjem u oblasti prerade legura plemenitih metala na bazi zlata i srebra, a koje se koriste u izradi nakita, i to: livenjem u kokilama, livenjem u vakuumu i po topljivim modelima, plastičnom preradom – valjanjem limova i traka, dubokim izvlačenjem, izvlačenjem žice, savijanjem, i sl., lemljenjem i zavarivanjem plamenom i laserom, termičkom obradom i površinskom zaštitom. Magistarski rad sa temom: „*Uticaoj režima prerade legura zlata na kvalitet šupljeg nakita*“, odbranio je 22.06.2010. godine na Univerzitu u Beogradu – tehničkom fakultetu u Boru, i stekao akademsko zvanje *magistar nauka za prerađivačku metalurgiju*. Područje interesovanja je kompletan program prerade legura plemenitih metala kao i termičke obrade, posebno za legure sistema Au-Ag-Cu, sa posebnim osvrtom na izradu i preradu legura različitih boja. Saradnju obavlja sa Tehničkim fakultetom u Boru i Tehnološko-metalurškim fakultetom Beogradu, Univerziteta u Beogradu, u obliku stručne prakse studenata iz oblasti prerađivačke i obojene metalurgije. Član je Društva livaca Srbije, Udruženja zlatara – Beograd, gde je potpredsednik društva, i Udruženja zlatara Srbije. Objavio je 18 radova u časopisima sa SCI liste, 8 radova u domaćim časopisima van SCI liste, 19 saopštenja na skupovima međunarodnog značaja, 18 radova na skupovima nacionalnog značaja.

## **2.- OPIS DISERTACIJE**

### **2.1.- Sadržaj disertacije**

Disertacija je napisana na ukupno 163 stranice, uključujući i priloge, i sastoji se od sledećih deset poglavlja:

- °- Uvod
- °- Zakonska regulativa
- °- Trojni dijagram stanja Au-Ag-Cu
- °- Električna provodljivost metala
- °- Laser u proizvodnji nakita
- °- Eksperimentalni deo
- °- Diskusija
- °- Zaključak
- °- Literatura
- °- Prilozi

Na kraju rada prikazan je spisak korišćene literature. Prilozi eksperimentalnih rezultata, biografija kandidata, prilozi uz disertaciju i spisak radova proisteklih iz izrade doktorske disertacije, prikazani su na 28 strana

Disertacija je ilustrovana sa 131 slikom, 10 tabele u radu kao i 24 tabele u prilogu. Citirano je 128 radova, od čega je 23 rada autora disertacije sa saradnicima.

### **2.2.- Kratak prikaz pojedinačnih poglavlja**

U *Uvodu*, je ukratko dat prikaz razvoja proizvodnje nakita, od osvita ljudske civilizacije, preko Arhimeda, pa sve do danas. Takođe su donekle obrađene, istorijski pomatrano, osnovne tehnološke karakteristike legura zlata za nakit, a i dat je prikaz potrošnje zlata i srebra, na globalnom nivou, po pojedinim potrebama. U ovom delu je takođe opisana termička obrada starenjem kroz istoriju.

U drugom poglavlju, *Zakonska regulativa*, prikazane su osnove zakonske regulative u Republici Srbiji, vezano za finoću plemenitih metala u leguri, kao i primenu direktive EU, vezano za prestanak korišćenja nikla, kao legirnog elementa za legure za proizvodnju nakita, zbog pojave alergija kod korisnika, i prelazak na druge elemente: paladijum i sl.

Poglavljje br.3, *Trojni dijagram stanja Au-Ag-Cu*, daje prikaz konstrukcije i izrade trojnog dijagrama stanja Au-Ag-Cu. U tački 3.1., prikazane su istorijske postavke razvoja

konstrukcije trojnog dijagrama stanja Au-Ag-Cu, kao i razvoja istraživanja ojačavanja starenjem legura ovog sistema. Tačka 3.2. poglavlja prikazuje dvojne dijagrame stanja: Au-Ag, Au-Cu i Ag-Cu, koji predstavljaju polazne konstruktivne osnove trojnog dijagrama Au-Ag-Cu. Horizontalni preseki, kao i prostorni trojni dijagram, objašnjeni su u tački 3.3. Horizontalni preseki su prikazani na različitim temperaturama, gde se dešava najviše promena u čvrstom stanju, između tečnog stanja i sobne temperature, na kojima se mogu proučavati promene u kristalnoj strukturi pojedinih legura, a što je takođe prikazano u ovom poglavlju. Tabelom 3, prikazane su tabelarno i šematski, promene u ravnotežnim tačkama na prostornom dijagramu: (Au-Ag-Cu) – temperatura. U delu ovog poglavlja, tačka 3.4., opisane su optičke osobine i boje legura sistema Au-Ag-Cu. Optičke osobine su predstavljene talasnom dužinom elektromagnetnih talasa vidljive svetlosti, preko reflektivnih sposobnosti plemenitih metala pri korišćenju lasera, do zavisnosti koeficijenta refleksije (R) od energije zračenja (eV). Uticaj pojedinih elemenata na boju i kvalitet legura zlata za proizvodnju nakita, razjašnjen je pomoću dvojnih dijagrama stanja: Au-Al, Au-Ga i Au-In. U ovom poglavlju predstavljen je internacionalni način za merenje boje, kao i izgled boje pojedine legure trojnog dijagrama stanja Au-Ag-Cu. Uticaj dodatnih legiranih elemenata, i to cinka i paladijuma, na boju i kvalitet legure zlata „585”, kao i kakve sve promene ovi elementi proizvode u kristalnoj strukturi osnovne legure, prikazan je u delu 3.5. Ovo poglavlje obrađeno je na 35 stranica.

Poglavljem br. 4, *Električna provodljivost*, obuhvaćen je i prikazan teoretski pristup obrade električne provodljivosti, kao i usmeravanje na način ispitivanja. Bez obzira što električna provodljivost nema nekog značaja u proizvodnji nakita, dobro je upoznati kvalitet ispitivanih legura, uključujući i električnu provodljivost. Ovaj deo rada obrađen je na 3 stranice.

U poglavlju br. 5, *Laser u proizvodnji nakita*, dat je prikaz na 3 stranice, informativnog karaktera, o načinu funkcionisanja lasera, obzirom da se laser sve više koristi u raznim oblastima ljudskog života, uključujući i proizvodnju nakita. Upotreba i primena lasera u proizvodnji nakita, delimično je opisana u poglavlju br. 3, prilikom obrade reflektivnih osobina legura plemenitih metala.

*Eksperimentalni deo*, poglavlje br. 6, prikazuje eksperimentalna istraživanja, koja su obavljena u okviru izrade doktorske disertacije, a obrada je urađena na 60 stranica. Eksperimentalni deo obuhvata i ostvarene rezultate ispitivanja, koji su prikazani u poglavlju br. 10, *Prilozi*, u 24 tabele, na 20 stranica.

U eksperimentalnom delu je u delu 6.1., Predmet i cilj istraživanja, jasno i nedvosmisleno su definisani ciljevi istraživanja i izrade doktorske disertacije. Dalje je prikazan način izbora legura za istraživanje, kao i priprema uzoraka za ispitivanje (merenje tvrdoće metodom po Vickersu – HV0.25, metalografska ispitivanja optičkom mikroskopijom i skenirajućom elektronskom mikroskopijom – SEM, ispitivanje energo-dispersionom spektrometrijom – EDS (X-ray analysis), određivanje distribucije elemenata u pojedinim mikrokonstituentima, kao i merenjem električne provodljivosti. Svi rezultati merenja tabelarno su prikazani u prilogima – poglavlje br. 10, dok su u poglavlju br. 6, grafički prikazani dijagrami, urađeni na osnovu priloga, i to: temperatura – tvrdoća, kao i dijagrami za oblast povećane čvrstoće, temperatura – vreme –tvrdoća. Ovim rezultatima je ostvarena i dokazana osnovna polazna

ideja disertacije, da kod legura za proizvodnju nakita, čiji mikrokonstituenti kristališu po povr.c.k. rešetki, postoji tačka na dijagramu temperatura vreme – tvrdoća, kojom se ostvaruje maksimalno postignuta čvrstoća, sa minimumom slobodne energije sistema.

Posebno su u radu obrađeni rezultati dobijeni optičkom mikroskopijom a posebno rezultati dobijeni skenirajućom elektronskom mikroskopijom – SEM. Distribucija elemenata, u pojedinim legurama, obrađena je energo-dispersionom metodom – EDS.

U poglavlju br. 7, *Diskusija*, prikazana je na 11 stranica diskusija dobijenih rezultata. U ovom poglavlju detaljno su obrađeni rezultati, za svaku ispitivanu leguru ponaosob („L-1” – Au585Ag90Cu264Zn61, „L-2” – Au585Ag65Cu277Zn16Pd57, i „L-3” – Ag925Cu75), prema pojedinim metodama istraživanja, kao i dobijenim dijagramima i mikro-fotografijama:

- °- merenje tvrdoće,
- °- optička mikroskopija,
- °- skenirajuća elektronska mikroskopija - SEM,
- °- energo-disperziona spektrometrija (X – ray analysis) – EDS,
- °- ispitivanje proizvoda zavarenih laserom,
- °- električna provodljivost,
- °- iskustveni rezultati.

*Zaključak*, poglavlje br. 8, na 4 stranice, obrađeni su i prikazani rezultati ispitivanja dobijenih na osnovu istraživanja u okviru doktorske disertacije.

U poglavlju br.9, prikazana je *Literatura*, koja je korišćena prilikom izrade doktorske disertacije, i koja obuhvata 128 navoda referentne stručne literature, kao i dva navoda opšte literature.

Na kraju rada, posebno je prikazana kratka biografija kandidata, uključujući i priloge sa izjavama kandidata, shodno Uputstvu Sekretarijata Univerziteta u Beogradu.

### **3.- OCENA DISERTACIJE**

#### **3.1.- Savremenost i originalnost**

Ojačavanje i otvrdnjavanje starenjem, kod Au-Ag-Cu zubnih legura, sa dodatkom platine, pominje se u stručnoj praksi, još pre 1900. godine, i tada se smatralo da je otvrdnjavanje nastalo usled nastajanja super-rešetke AuCu. Interesantan je podatak, da je ovo razmišljanje nastalo pre pojave rada A.Wilm-a, koji je prvi objavio rad o fenomenu otvrdnjavanja kod legura Al-Mg, posle kaljenja sa visoke temperature, tek 1906. godine. Primena legura zlata, sa mogućnošću ojačavanja starenjem počinje da se koristi organizovano, tek 1926. godine, kada je *American Dental Association`s*, predstavio na tržištu zubne industrije četiri tipa legura: I



grupa - „meke”, II grupa - „srednje”, III grupa - „tvrde” i IV grupa - „ekstra tvrde”, s`tim što je još tada IV grupa određena za termički tretman ojačavanja, tj. ojačavanja starenjem. Ovu godinu, 1926-tu, možemo smatrati početkom primene termičke obrade starenja, za povećanje tvrdoće/čvrstoće za legure zlata predviđene za zubarsku industriju.

Napredak u metalurgiji, kao i ekonomski pokazatelji, doveo je do rezultata, da postoji širok izbor Au-Ag-Cu osnovnih legura koje će biti na raspolaganju, kako zubnoj industriji tako i industriji za proizvodnju nakita. Nauka o legurama Au-Ag-Cu, bazirala se mahom na proučavanju legura za dentalnu industriju, kao i legura za primenu u tehnici, dok su legure za proizvodnju nakita najmanje proučavane, a što se može videti i iz dostupne literature. Znanje u proizvodnji nakita, najviše je prenošeno po sistemu „crne kutije”.

U dostupnoj literature mogu se naći podaci proučavanja otvrdnjavanja starenjem, najviše kod zubnih legura i delom kod legura za proizvodnju nakita finoće 750‰ i više. Pored Au-Ag-Cu, zbog povećanja tvrdoće i čvrstoće, zubne legure se dodatno legiraju sa platinum i paladijumom. Mr Radiša Perić, svojim radovima, je praktično među prvim istraživačima otpočeo da obrađuje, praktično i teorijski otvrdnjavanje starenjem, kod legura zlata 585‰, kao i legura srebra finoće 925‰, koje se najviše koriste za proizvodnju nakita na prostorima Republike Srbije, kao i prostorima bivših jugoslovenskih republika, uključujući i države u neposrednom okruženju. Pored proučavanja promene tvrdoće, kod ovih legura, velika pažnja je posvećena i metalografskom proučavanju legura u raznim stadijumima obrade, proučavanju elektronskim mikroskopom (SEM), X-ray analize, kao i primene lasera u proizvodnji nakita. Takođe su, u cilju mogućnosti proširenja oblasti primene istraživanih sistema višekomponentnih legura na bazi zlata i srebra, u nekoliko radova objavljena uporedna ispitivanja električne provodljivosti legura u ojačanom stanju. Danas je u Evropi a i u svetu, usled povećanja cene zlata i srebra na berzi, došlo do tendencije povećanja proizvodnje nakita finoće 585‰, i niže, što u potpunosti daje savremenost i originalnost ovog rada.

Posebno treba istaći, da je istraživanje u ovom radu, sprovedeno u tzv. realnom vremenu, tj. vremenu koje se najčešće primenjuje u procesu proizvodnje, od 15 do 60 min, što je sa gledišta primene u proizvodnji posebno ekonomski opravdano, u odnosu na druge publikovane radove, u kojima je istraživanje sređivanja i ojačanja vršeno u dugom vremenskom period (deset i više časova).

Imajući u vidu činjenicu da se radi o oblasti proučavanja povećanja tvrdoće starenjem i primeni legura Au-Ag-Cu, sa konstantnom udelom mase zlata od 58,5%, kao i legure sa konstantnim udelom mase srebra od 92,5%, nesporan je naučni i tehnološki značaj ispitivanja koja su predmet doktorske disertacije.

### **3.2.- Osvrt na referentnu i korišćenu literaturu**

U izradi disertacije korišćena je literatura koja obuhvata članke koji prikazuju rezultate relevantne za temu doktorske disertacije, objavljene u časopisima sa SCI liste novijeg datuma kao i nekim drugim međunarodnim časopisima. Stoga se korišćena literatura može oceniti kao adekvatna i aktuelna. Neki od radova i knjiga koji su poslužili kao osnova za istraživanja su:

1. H.J.Seol, J.H.Park, R.M.Ku, M.G.Park, Y.H.Kwon, H.I.Kim, *Age-Hardening by Miscibility Limit in an Multi-Purpose Dental Gold Alloy Containing Platinum*, Gold Bulletin, Vol.43, No.1, (2010), 42-48;
2. H.Okamoto and D.J.Chakrabarti and D.E.Langhlin and T.B.Massalski, *The Au-Cu (Gold – Copper) System*, Bulletin of Alloy Phase Diagrams, Vol.8, N°5, 1987, pp. 453-473;
3. J.H.Park, M.H.Cho, M.G.Park, Y.H.Kwon, H.I.Kim, H.J.Seol, *Age-Hardening by Grain Interior and Grain Boundary Precipitation in an Au-Ag-Pt-Zn-In Alloy for Multipurpose Dental Use*, Gold Bulletin, Vol.43, No.4, (2010), 316-323;
4. S.Nestorović, I.Marković, D.Marković, *Influence of Thermomechanical Treatment on the Hardening Mechanisms and Structural Changes of a Cast Cu-6,6wt.%Ag Alloy*, Materials and Design, 31 (2010), 1644-1649;
5. K.Hisatsune, K.Udoh, T.Shiraishi, Y.Takuma, E.Miura and T.Fujita, *Effects of Indium Addition to CuAu on Phase Transformation Behaviors*, Gold Bulletin, Vol.42, No.3, (2009), 190-194;
6. A.Prince, *Silver-Gold-Copper in Ternary Alloys*, A Comprehensive Compendium of Evaluated Constitutional Data and Phase Diagrams, Petrow,G., Effenberg,G., (Eds), Vol.1, 165-176 (Phase Diagrams, Phase Relations, Crys.Structure, Assessment, 31), 1988, pp.165-176;
7. M.Grimwade, *Introduction to precious metals, Metallurgy for Jewelers and Silversmith*, by Mark Grimwade, ISBN:978-1-929565-30-6, 2009, Brynmorgen Press, Brunswick, Maine 04011 USA;
8. P.Battaini, *Optical Metallography in Jewellery – Making: How to Prevent Problems and Improve Quality*, JTF (Jewelry Technology Forum), No.4, (2008), 272-300;
9. O.V.Antonova, B.A.Greenberg, A.Yu.Volkov, *Deformation Behavior and Dislocation Structure of CuAu Ordered Alloy*, Gold Bulletin, Vol.41, No.4, (2008), 326-335;
10. S.Nestorović, *Influence of Alloying and Secondary Annealing on Anneal Hardening Effect at Sintered Copper Alloys*, Bulletin of Material Science, Vol.28, No.5, (2005), 401-403;
11. R.Süss, E.Lingen, and L.Glaner, *18 Carat Yellow Gold Alloys with Increased Hardness*, Gold Bulletin, 37/3-4, (2004), 196-207;
12. H.J.Seol, T.Shiraishi, Y.Tanaka, E.Miura, K.Hisatsune, H.I.Kim, *Ordering Behaviors and Age-Hardening in Experimental AuCu-Zn Pseudobinary Alloys Dental Applications*, Biomaterials, No.23, (2002), 4873-4879;
13. H.Winn, Y.Tanaka, T.Shiraishi, K.Udoh, E.Miura, R.I.Hernandez, Y.Takuma, K.Hisatsune, *Coherent Phase Diagram of Au-Cu-Pd Ternary System Near and Within the Two-Phase Region of Au<sub>3</sub>Cu and AuCuI Ordered Phases*, Journal of Alloys and Compounds, No.308, (2000), 269-274;
14. H.Winn, T.Shiraishi, Y.Tanaka, K.Udoh, E.Miura, R.I.Hernandez, Y.Takuma, K.Hisatsune, *Characteristic Microstructures Associated With Order-Disorder Transition in Au-Cu.Pd Ternary Alloys*, Scripta materialia, No.43, (2000), 313-317;

15. M.Grimwade, *A Plain Man's Guide to Alloy Phase Diagrams: Their Use In Jewellery Manufacture – Part 2*, Gold Technology, No.29, p-2, (2000), 8-15;
16. C.Cretu, E.V.D.Lingen, *Coloured Gold Alloys*, Gold Bulletin, Vol.32, No.4, (1999) 115-126;
17. K.Yasuda, K.Hisatsune, K.I.Udoh, Y.Tanaka, G.V.Tendeloo, J.V.Landuyt, *Characteristic Mosaic Texture Related to Ordering in AuCu-9at.%Ag Pseudobinary Alloy*, Dentistry in Japan, Vol.29, (1992), 91-102;
18. K.I.Udoh, K.Yasuda, G.V.Tendeloo, J.V.Landuyt, *Microstructure of AuCuII in the Disordered f.c.c. Phase of AuCu-14at.%Ag Alloy*, Journal of Alloys and Compounds, JAL-0008, No.176, (1991), 147-158;
19. W.S.Rapson, *The Metallurgy of the Coloured Carat Gold Alloys*, Gold Bulletin, Vol.23, No.4, (1990), 125-134;
20. K.Yasuda, *Age-Hardening and Related Phase Transformations in Dental Gold Alloys*, Gold Bulletin, 20, (4), (1987), 90-103;
21. By H.Okamoto and D.J.Chakrabarti, *The Au-Cu (Gold – Copper) System*, Bulletin of Alloy Phase Diagrams, Vol.8, No.5, (1987), 454-473;
22. H.Sato and R.S.Tot, *Effect of Additional Elements on the Period of CuAuII and the Origin of the Long-Period Superlattice*, Physical Review, Vol.124, No.4, (1961), 1833-1847;
23. L.Stuparević, D.Marković, D.Gusković, B.Stanojević, S.Ivanov, *The influence of thermomechanical deformation regime to gold alloys structure and properties*, glasnik rudarstva i metalurgije, 28, (1992), pp. 85-91;
24. J.Hening, *Phase Transformation in 18-carat Gold Alloys Studied by Mechanical Spectroscopy*, These N° 4635 (2010), Institut de Physique de la Matière Condensée programme Doctoral en Physique, pp. 1–40;
25. P.Battaini, *Lavorazioni meccaniche e trattamenti termici di ricottura nella produzione di semilavorati per oreficeria*, (Jewelry Technology Forum), Vicenza – Italia, Giugno 2005, Lavori raccolti, pp. 47-71;
26. G.H.Jeon, Z.H.Kwon, H.J.Seol, H.I.Kim, *Hardening and overaging mechanisms in an Au-Ag-Cu-Pd alloy with In additions*, Gold Bulletin, 2008, 41/3, pp. 257-263;

### 3.3. Opis i adekvatnost primenjenih naučnih metoda

Metode primenjene za određivanje povećanja čvrstoće kod legura trojnog sistema Au-Ag-Cu, kao i promene nastale u strukturi materijala u potpunosti odgovaraju predmetu i metodologiji istraživanja.

U eksperimentalnom delu rada korišćeno su sledeće metode:

1. Izrada uzoraka za ispitivanje:
  - a).- Izrada legura u vakuum peći, i to: „L-1” – Au585Ag90Cu264Zn61, „L-2” – Au585Ag65Cu277Zn16Pd57, i „L-3” – Ag925Cu75;
  - b).- Topljenje i livenje legure u kokile;

- c).- Valjanje i izrada na završnu dimenziju,  $d = 0.5 \text{ mm}$ ,  $a \times b = 45 \times 9 \text{ mm}$ ;
- d).- Predhodna termička obrada i priprema uzoraka za žarenje starenjem;
2. Žarenje u komornoj peći na temperaturama starenja od  $t = 50^\circ\text{C}$  do  $600^\circ\text{C}$ , u vremenu od  $\tau = 15, 30$  i  $60 \text{ min}$ ;
  3. Merenje tvrdoće, metoda po Vickersu HV0.25;
  4. Izrada odgovarajućih dijagrama na osnovu rezultata dobijene tvrdoće;
  5. Metalografska ispitivanja odabranih uzoraka metodama optičke mikroskopije;
  6. Metalogradska ispitivanja odabranih uzoraka skenirajućom elektronskom mikroskopijom – SEM (*Scanning Electron Microscopy*);
  7. Određivanje hemijske analize i distribucije elemenata pojedinih legura metodom energodisperzione spektrometrije – EDS, EDX (*Energy Dispersive Spectroscopy* → *X-ray analysis*);
  8. Ispitivanje uzoraka zavarivanjem laserom;
  9. Ispitivanje električne provodljivosti pojedinih legura i izrada odgovarajućih dijagrama;
  10. Iskustveni proizvodni rezultati.

Za izradu legure korišćeno je zlato i srebro finoće 999/1000, i predlegura proizvođača „LEGOR” – Italija. Izrada uzoraka za ispitivanje, od pojedinih legura, vršena je u proizvodnim uslovima, valjanjem na duo reverzibilnom valjačkom stanu, karakteristika  $\text{Ø}85 \times 160 \text{ mm}$ , sa hidrauličnim podmazivanjem, sa međufaznim i završnim žerenjem u komornoj peći, u vremenu koje se najčešće primenjuje u proizvodnji, tzv. realnom vremenu, od  $\tau = 15, 30$  i  $60 \text{ min}$ .

Žarenje na temperaturi starenja, vršeno je takođe u komornoj peći sa hlađenjem na vazduhu. Ispitivanje tvrdoće, obavljeno je na aparatu za merenje tvrdoće po Vickersu, HV0.25, prema standard EN ISO.6507-1-2011, sa vremenom opterećenja od 10-15 sec.

Metalografska analiza rađena je na odabranim uzorcima metodom optičke mikroskopije sa uvećanjima od 200 i 500 puta, na optičkom mikroskopu. Svi uzorci su predhodno polirani i odgovarajuće nagrizani.

Skenirajući elektronski mikroskop - SEM, korišćen u radu, postiže visoku rezoluciju slike, pri čemu su korišćenja uvećanja od 200 do 1000 puta. Uređaj radi u uslovima visokog vakuuma, a kao izvor elektrona koristi vlakno volframa ili kristal lantanheksaborida ( $\text{LaB}_6$ ), koje ubrzava u pravcu anode. Pored detektora za sekundarne elektrone (SE) i povratno rasute elektrone (BSE), ovaj uređaj je opremljen savremenim energetsko-disperzivnim

spektrometrom (EDS), za određivanje distribucije elemenata u kristalnim zrnima pojedine legure. Rezultati dobijeni ovom metodom, kao i distribucija elemenata, u potpunosti podržavaju teoretske postavke i zahteve postavljene u doktorskoj disertaciji.

Korišćeni tip lasera za zavarivanje u disertaciji, a i u neposrednom procesu proizvodnje, je prenosivi tip lasera, pulsirajući, koji ima ugrađen stereoskopski mikroskop sa rešetkom, za pozicioniranje mesta za zavarivanje. Tip lasera je Nd<sup>3+</sup>YAG (Kristal: *Yttrium Aluminium Garnet*, u koji su uključeni joni *Neodimijuma* – Nd<sup>3+</sup>). Promenljive veličine, prilikom laserskog zavarivanja su: napon pri stvaranju impulsa (V), vremenu trajanja impulsa (ms), frekvencija (Hz) i focus (numerička vrednost).

Dijagrami HV0.25 – temperature starenja, pokazuju rezultate povećanja tvrdoće, u određenom temperaturnom intervalu, za svaku leguru ponaosob. Izrada dijagrama: *temperature – vreme – tvrdoća*, pokazuju da svaka ispitivana legura, kao i različiti načini pripreme legure, imaju tačku maksimuma tvrdoće i čvrstoće, što treba da bude orijentacija za primenu dobijenih rezultata u proizvodnji.

Ispitivanje električne provodljivosti vršeno je uređajem „Foerester – Sigmatest – 2069” koji je predviđen za ispitivanje metala i legura koji ne poseduju feromagnetne osobine, sa radnom frekvencijom od 960 kHz.

### **3.4.- Primenljivost ostvarenih rezultata**

Rezultati do kojih je došao autor primenljivi su u praksi, posebno pri izradi nakita od legura trojnog sistema Au-Ag-Cu. Detaljnim istraživanjem u okviru ove disertacije, definisan je metod određivanja maksimalne čvrstoće pojedinih legura za proizvodnju nakita. Utvrđeni su optimalni uslovi ispitivanja za dobijanje željenih rezultata u proizvodnji.

Eksperimentalni postupak, pre svega način obrade limova i traka termičkom obradom starenjem, ispitivanje mikrostrukturnih promena urađenih optičkom i skenirajućom elektronskom mikroskopijom, merenje tvrdoće i električne provodljivosti, opisan je sa svim potrebnim detaljima, koji omogućavaju ponavljanje istovetnih načina obrade i njihovu neposrednu verifikaciju. Dalja istraživanja treba usmeriti na legure koje se primenjuju u oblasti livenja i na legure drugih boja i nijansi, kao i drugih mehaničkih karakteristika. Dodatna verifikacija moguća je i proširenjem ispitivanja, u smislu modifikovanja uslova u samom procesu proizvodnje.

### **3.5.- Ocena dostignutih sposobnosti kandidata za samostalan naučni rad**

Urađena doktorska disertacija, analiza dobijenih rezultata, proistekli publikovani naučni radovi, vezani za tematiku obrade eksperimentalnih rezultata u samoj disertaciji, ukazuju na sposobnost kandidata mr Radiše Perića, dipl.inž. metalurgije, za samostalni naučni rad ( od početne ideje do završetka disertacije), kao i za aktivno učešće u timskom radu. Kandidat je tokom izrade disertacije u potpunosti ovladao metodologijom naučno-istraživačkog rada.

Kvalitet rada, organizovanost, sistematičnost, kao i natprosečna motivisanost, koju je pokazao tokom izrade doktorske disertacije su elementi koji kvalifikuju mr Radišu Perića za buduću, uspešan, samostalni i timski naučno-istraživački rad. Savremenost i originalnost prikazanih rezultata pokazuju visok nivo spremnosti kandidata za kompetentno bavljenje naučno-istraživačkim radom.

## **4.- OSTVARENI NAUČNI DOPRINOS**

### **4.1.- Prikaz ostvarenih naučnih doprinosa**

Istraživanja u okviru ove doktorske disertacije, daju nove rezultate o ponašanju legura zlata finoće 585/1000, kao i legura srebra finoće 925/100, iz sistema Au-Ag-Cu, prilikom termičke obrade starenja. U dostupnoj literaturi, osim radova mr Radiše Perića i saradnika, o promeni mehaničkih osobina pri termičkoj obradi starenja, legura za proizvodnju nakita od zlata finoće 585/1000 i srebra finoće 925/1000, ne postoje radovi sa ispitivanim termomehaničkim uslovima u proizvodnji nakita. Obzirom da ovi rezultati, kao i način ispitivanja, imaju veliku primenu u proizvodnji nakita, istraživanja u okviru ove disertacije imaju još veći značaj. Sledeći rezultati predstavljaju značajan naučni doprinos u oblasti metalurškog inženjerstva:

- °- Utvrđen je način pripreme legura za proizvodnju nakita, uz odabir boje legure, pri tome, nijednog trenutka ne zapostavljajući odgovarajuće mehaničke osobine. Posebno je usmerena pažnja na proučavanje trojnog dijagrama stanja Au-Ag-Cu, uz dopunu sa odgovarajućim dvojnimi dijagramima stanja;
- °- Utvrđene su temperature starenja za pojedine ispitivane legure zlata 585/1000 i legure srebra 925/1000, pri kojima se dobijaju maksimalne mehaničke osobine, posebno sa sagledavanjem pravca ispitivanja i za druge legure;
- °- Određeno je potrebno realno vreme, da se postigne maksimalna čvrstoća kod ispitivanih legura sistema Au-Ag-Cu. Realno vreme u proizvodnji nakita je od 15 do 60 min;
- °- Određena je maksimalna čvrstoća/tvrdoća kod ispitivanih legura, konstrukcijom eksperimentalnih dijagrama temperatura – vreme – tvrdoća, kao i dijagrama temperature starenja – tvrdoća HV0.25;
- °- Utvrđene su mikrostrukturne promene metodom optičke mikroskopije, pri termičkoj obradi starenjem ispitivanih legura. Takođe su za iste legure urađene i mikrostrukturne promene metodom skenirajuće elektronske mikroskopije – SEM, za odabrane uzorke pojedinih legura ponaosob.
- °- Sagledana je i utvrđena distribucija elemenata u pojedinim zrnima dvojnika na mikrofotografijama, metodom energo-dispersivnim spektrometrom kao i X-ray analizom. Distribucijom elemenata pretpostavljeno je ojačavanje zbog pojave taloga;

- °- Ispitivanje laserom, pokazuje rezultate, kada je najbolja primena ovog uređaja u proizvodnji nakita, i gde se najviše primenjuje. Pokazana je analiza promene tvrdoće u neposrednoj blizini vara, merenjem mikrotvrdoće. Utvrđeno je da se korišćenjem tekst markera, kao premaza, smanjuje reflektivnost ispitivanih legura;
- °- Sagledane su promene električne provodljivosti ispitivanih legura u zavisnosti od temperature starenja. Postignute vrednosti električne provodljivosti ukazuju da se istraživane višekomponentne legure sistema Au-Ag-Cu, osim u zlatarskoj industriji, mogu uspešno koristiti kao savremeni funkcionalni materijali u elektrotehnici i elektronici;
- °- Izvršena je provera procesnih parametara, u neposrednoj proizvodnji, posebno kod proizvoda dobijenih dubokim izvlačenjem, zbog dobijanja kvaliteta površinske obrade, sa ciljem da proizvodi zlatarske industrije imaju neograničen vek trajanja.

#### **4.2.- Kritička analiza rezultata istraživanja**

Obzirom da doktorska disertacija pripada naučnoj oblasti koja je u svetu u konstantnom razvoju, pored sve veće povezanosti potrošača proizvoda industrije nakita na globalnom nivou i sve više uniformnih zahteva, pojavljuje se sve više potreba za visokim serijama sa eventualno sitnijim intervencijama, u smislu : manje – veće, duže – kraće, drugačija boja, i sl, pa se očekuje da će rezultati istraživanja biti od velikog značaja u ovoj naučnoj oblasti. U okviru doktorske disertacije prikazan je značajan broj eksperimentalnih podataka iz kojih je izveden veći broj zaključaka.

Postavljene su osnove za postojanje legura različitih boja iste finoće, i istih ili sličnih mehaničkih osobina, shodno postavljenim zahtevima, kako prema zakonskim obavezama tako i prema zahtevima tržišta. Za poluproizvode od zlata finoće 585/1000, kao i srebra finoće 925/1000, utvrđen je model izrade limova i traka valjanjem, kao i međufazno – rekristalizaciono žarenje.

Utvrđeni su optimalni uslovi za dobijanje maksimalne čvrstoće kod ispitivanih legura, u smislu temperature starenja i vremena trajanja procesa. Urađeni su dijagrami temperatura – vreme – tvrdoća, i postavljen je pravac za dalja istraživanja, kod drugih legura koje su u upotrebi u proizvodnji nakita.

U cilju utvrđivanja mikrostrukturnih promena utvrđen je postupak i izvršena su ispitivanja mikrostrukture pojedinih legura metodama optičke mikroskopije kao i skenirajuće elektronske mikroskopije – SEM. Važan podatak je da je utvrđeno, zahvaljujući mikrofotografijama, da je do povećanja čvrstoće došlo usled pojave dvojnika žarenja, bilo da su nastali starenjem nakon hladne deformacije ili nakon rekristalizacionog žarenja.

Određivanjem hemijske analize energodisperzionom spektrometrijom – EDS i X-ray analizom, došlo se do zaključka da je do povećanja tvrdoće i čvrstoće došlo usled pojave taloga po granicama zrna, a što je utvrđeno analizom distribucije elemenata mikrokonstituenata.

Rad laserom, kroz ispitivanje pojedinih elemenata koji su zavareni laserom, doveo je do saznanja sve veće mogućnosti korišćenja prenosivih laserskih uređaja, kao i do sagledavanja promena u materijalu prilikom zavarivanja.

Merenjem električne provodljivosti, utvrđene su provodne karakteristike ispitivanih legura, i došlo se do zaključka da ove legure, sa stanovišta provodnih osobina mogu da se koriste i u elektronskoj industriji.

#### **4.3.- Verifikacija naučnih doprinosa**

Naučni doprinos ove doktorske disertacije verifikovan je kroz publikacije proistekle kao rezultat istraživanja u okviru teme, o čemu svedoče radovi objavljeni u naučnim časopisima, radovi saopšteni na konferencijama kao i primena u neposrednoj proizvodnji:

#### **Rad objavljen u međunarodnom časopisu kategorije M22**

1. S.Pantelić, N.Borna, M.Srećković, A.Kovačević, Z.Karastojković, **R.Perić**, T.Volkov-Husović, Z.Janjušević, *Nd<sup>3+</sup>:YAG laser interaction with optical fibres in optical fibre – connector system*, Journal of the Serbian Chemical Society, Edited by Branislav Nikolić, Published by Serbian Chemical Society, Ref.No.4202, (2009), (ISSN 0352-5139) (IF=0.879)

#### **Radovi objavljeni u međunarodnom časopisu kategorije M23**

2. **R.Perić**, Z.Karastojković, Z.Kovačević, D.Gusković, *Age-Hardening Effect of Au585Ag90Cu264Zn61 and Application in the Manufacture of Jewelry*, Metalurgia International, Vol.XVIII(2013), Special Issue No.4, (ISSN 1582-2214), (IF = 0.084), Category: Metallurgy & Metallurgical Engineering (69/74), 352-361;
3. Z.Karastojković, **R.Perić**, Z.Janjušević, Z.Kovačević, A.Sedmak, A.Raković, *High Reflectance as Desired Property of Shining Surface and Undesired for Laser Welding in Jewel Production of 585 Gold Alloy*, Metalurgia International, Vol.XVIII(2013), No.3, (ISSN 1582-2214), (IF = 0.084), Category: Metallurgy & Metallurgical Engineering (69/74), 39-43;
4. **R.Perić**, Z.karastojković, Z.Kovačević, D.gusković, *Age-Hardening Effect of Au585Ag90Cu264Zn61 and Application in the Manufacture of Jewelry*, Metalurgia International, Vol.XVIII(2013), Special Issue N° 4, (ISSN 1582-2214), (IF = 0.084), Category: Metallurgy&Metallurgical Engineering (69/74), pp. 352-361;
5. Z.Karaastojković, **R.Perić**, Z.Janjušević, D.Gusković, M.Rakin, *Determination of Annealing Temperatures for Coldworked Strip of 585 Gold Alloy for Successful Deep-Drawing Into Tube*, Metalurgia International, Vol.XVIII(2013), N°3, (ISSN 1582-2214), (IF = 0.084) Category: Materials Science, pp. 428-432;



6. Z.Karastojković, **R.Perić**, Z.Janjušević, Z.Kovačević, A.Sedmak, A.Raković, *High Reflectance as Desired Property of Shining Surface and Undesired for Laser Welding in Jewel Production of 585 Gold Alloy*, *Metalurgia International*, Vol.XVIII (2013), N°3, (ISSN 1582-2214), (IF = 0.084) Category: Materials Science, p.p. 39-43;
7. **R.Perić**, Z.Karastojković, Z.Kovačević, Z.Janjušević, D.Gusković, *Tempering in Region 50-600°C of Quenched and Cold Deformed 585 Gold Alloy for Jewelry Production*, *Journal Metalurgia*, N°1936 – List of Articles for Publishing in *Journal Metallurgy 2013/2014*, (ISSN 0543-5846) (IF = 0.69), Croatian Metallurgical Society – CMS, President: Acad.Dr.Sc.Dr.h.c. Ilija Mamuzić, Prof.h.c.;53 (2014), 3;
8. **R.S.Perić**, Z.M.Karastojković, Z.M.Kovačević, M.B.Mirić, D.M.Gusković, *Changes of Hardness and Electrical Conductivity White Gold Alloy Au-Ag-Cu After Aging Treating*, ISSN 0324-1130, IF = 0.320, Bulgarian Chemical Communications, Journal of the Chemical Institutes of the Bulgarian Academy of Sciences and of the Union of Chemists in Bulgaria, Editor: Prof.Dragomir S.Jankov, (2014); The manuscript was registered under N° 3507/26.02.14; - accepted;
9. M.B.Mirić, **R.S.Perić**, S.P.Dimitrijević, S.A.Mladenović, S.R.Marjanović, *Differences in the mode of thermomechanical processing between white gold alloys to produce semi-finished products*, ISSN 0324-1130, IF = 0.320, Bulgarian Chemical Communications, Journal of the Chemical Institutes of the Bulgarian Academy of Sciences and of the Union of Chemists in Bulgaria, Editor: Prof. Dragomir S.Jankov, (2014) ; The manuscript Was registered under N°3492/12.02.14, - accepted;

#### **Radovi objavljeni u međunarodnom časopisu M24**

1. Z.Karastojković, **R.Perić**, Z.Janjušević, D.Gusković, *Electrolitic Gold Plating on Golden Jewels made from 585 Alloy*, Časopis „Zaštita materijala“, **M-24**, (ISSN 0351-9465), (Status: Journal category PK51, PK52, JBR Impact factor 5, 0.815). Inženjersko društvo za koroziju, Beograd, Editor: Prof.dr Časlav Lačnjevac, (2013/2014); 54(2014)4, str. 366-371;
2. **R.Perić**, Z.Karastojković, M.Jovanović, M.Srećković, Z.Janjušević, R.Gajić, *Optical Properties of Gold Alloy 585 Monitored Through Amplitude Diminutions at Annealed and Cold Rolled Strips with Low Deformations*, (ISSN 0351-9465), (Status: Journal category PK51, PK52, JBR Impact factor 5, 0.851), *Journal Materials Protection*. Beograd, Editor: Prof.dr Časlav Lačnjevac (2013/2014), accepted;

## Radovi sa međunarodnih naučnih skupova M30

### Saopštenja sa međunarodnih skupova štampana u celini M33

1. **R.Perić**, Z.Karastojković, Z.Kovačević, D.Gusković, *The Age-Hardening Mechanism of Au585Ag90Cu264Zn61 Gold Alloy for Jewelry Production*, Proceedings of III International Congress „Engineering, environment and materials in processing industry“, Jahorina 2013., Bosnia and Herzegovina, Republic of Srpska, (ISBN 978-99955-81-09-1), Edited by Miladin Gligorić, Published by Faculty of Technology Zvornik, (march, 2013), pp. 951-960; (Rad je, od strane komisije za ocenu radova, proglašen najboljim radom na savetovanju, i na građen besplatnim izlaganjem na sledećem savetovanju.) Rad je u međuvremenu štampan u časopisu: Journal of Engineering & Processing Management, ISSN 1840-4774, DOI:10.7251/JEPMSR1305067P, UDK:669.215 – Scientific paper, Vol.5, No.1 (2013), pp. 67-79;
2. **R.Perić**, Z.Karastojković, M.Jovanović, M.Srećković, Z.Janjušević, G.Radoš, *Elliosometric Measurements of Amplitude Diminutions at Annealed and Cold Rolled Strips with Low Deformations of Gold Alloy 585*, Proceedings of III International congress „engineering, environment and materials in processing industry“, Jahorina 2013., Bosnia and Herzegovina, Republic of Srpska, ((ISBN 978-99955-81-09-1), Edited by Miladin Gligorić, Published by Faculty of Technology Zvornik, (march, 2013), p.p. 1138-1143;
3. **R.Perić**, Z.karastojković, Z.Kovačević, D.Gusković, *The thermic Hardening of Au-Ag-Cu Alloys in Jewelry Production – Age-Hardening*, 1<sup>st</sup> Metallurgical&Materials Engineering Congress of South-East Europe, Proceedings&Book of Abstracts, May, 2013, Serbia, Editors: Dr Endre Romhanji, Dr Milan T. Jovanović, Dr Nenad Radović, Published by: Association of Metallurgical Engineers of Serbia, (ISBN 987-86-87183-24-7), pp.368-379;
4. Z.Karastojković, **R.Perić**, M.Jovanović, M.Srećković, Z.Janjušević, G.Radoš, *Elipsometric Measuring of  $\tan(\psi)$  and  $\cos(\Delta)$  at Annealed and Cold Rolled Strips made from Gold Alloy 585*, 1<sup>st</sup> Metalurgical&Materials Engineering Congress of South Europe, Proceedings&Book of Abstracts, May, 2013, Serbia, Editors: Dr Endre Romahnji, Dr Milan T.Jovanović, Dr Nenad Radović, Published by: Association of Metallurgical Engineers of Serbia, (ISBN 987-86-87183-24-7), pp. 304-312;
5. **R.Perić**, Z.Karastojković, Z.Kovačević, D.gusković, *The Effects of Aging of Gold Alloys for Jewelry Production with Au-58,5 (wt.)% matrix*, 45<sup>th</sup> International October Conference on Mining and Metallurgy „IOC 2013“, Proceedings, Editors: N.Štrbac, D.Živković, S.Nestorović, October 2013, Serbia, ISBN 978-86-6305-012-9, p.p. 511-514;

6. Z.Karastojković, **R.Perić**, M.Srećković, M.Jovanović, Z.Janjušević, R.Gajić, *Ellipsometric measurement of n.k.  $\cos(\delta)$  and  $\tan(\psi)$  on cold rolled strip from gold alloy 585*, 45<sup>th</sup> International October Conference on Mining and Metallurgy „IOC 2013”. Proceedings, Editors: N.Štrbac, D.Živković, S.Nestorović, October 2013, Serbia, ISBN 978-86-6305-012-9, pp. 447-451;
7. **R.Perić**, Z.Karastojković, Z.Kovačević, D.Gusković, *The Age-Hardening Mechanism of Au585Ag90Cu264Zn61 Gold Alloy for Jewelry Production*, Proceedings of III International Congress „Engineering, environment and materials in processing industry“, Jahorina 2013., Bosnia and Herzegovina, Republic of Srpska, (ISBN 978-99955-81-09-1), Edited by Miladin Gligorić, Published by Faculty of Technology Zvornik, (march, 2013), 951-960;
8. **R.Perić**, Z.Karastojković, M.Jovanović, M.Srećković, Z.Janjušević, G.Radoš, *Ellipsometric Measurements of Amplitude Diminutions at Annealed and Cold Rolled Strips With Low Deformations of Gold Alloy 585*, Proceedings of III International Congress „Engineering, environment and materials in processing industry“, Jahorina 2013., Bosnia and Herzegovina, Republic of Srpska, (ISBN 978-99955-81-09-1), Edited by Miladin Gligorić, Published by Faculty of Technology Zvornik, (March, 2013), 1138-1143;
9. Z.Karastojković, **R.Perić**, Z.Janjušević, M.Rakin, A.Sedmak, N.Bajić, R.Žanjanin, *Application of TIG Welding in Continuos Production of Silver Ag925Cu Tubes from Strip*, Proceedings of 44<sup>th</sup> International October Conference on Mining and Metallurgy, (ISBN 978-86-7827-042-0), Edited by Ana Kostov and Milenko Ljubojev, Published by Mining and Metallurgy Institute Bor, Serbia, October 2012, Bor, Serbia (2012), 453-456;
10. Z.Karastojković, **R.Perić**, Z.Janjušević, Z.Kovačević, M.Rakin, A.Sedmak, N.Bajić, A.Raković, *Položaji i oblici za lasersko zavarivanje tankih delova u izradi nakita od legura zlata*, Zbornik radova Međunarodnog savetovanja „Zavarivanje – Divčibare 2012“, Rad CD I-6, (ISBN 978-86-82585-10-7) (2012);
11. **R.Perić**, Z.Karastojković, Z.Kovačević, D.Gusković, *Hardness Changes in Ag925Cu75 Jewel Alloy After Tempering of As-Casted, Rolled and Quenched States*, Proceedings of 43<sup>rd</sup> International October Conference on Mining and metallurgy, (ISBN 978-86-80987-87-3), Edited by Desimir Marković, Dragana Živković, Svetlana Nestorović, Published by University of Belgrade – Technical Faculty in Bor, Serbia, Kladovo, October 2011, (2011), 171-175;
12. Z.Kovačević. Z.Karastojković. **R.Perić**, *How to Avoid Chemical Aggressive Substances in Waste Waters from Gold Jewel Production*, Proceedings of 11<sup>th</sup> International Multidisciplinary Scientific Geo-Conference & EXPO SGEM 2011 on

Modern Management of Mine Producing, Geology and Environmental Protection, (ISSN 1314-2704, DOI: 5593/SGEM 2011), Edited by Metodi Mazhdračov, Published by Ministry of Environment and Water, Sofia, Bulgaria, (2011), 405-411;

13. Z.Kovačević, Z.Karastojković, **R.Perić**, Z.Odanović, *Ekološki razlozi za primenu laserskog zavarivanja kod zlatnog nakita*, Proceedings of 6<sup>th</sup> international conference Risk and Safety Engineering, Kopaonik 2011, (ISBN 978-86-84853-83-9), Edited by Božo Nikolić, Published by Higher Education Technical School of Professional Studies, Novi Sad, Serbia, (2011), 417-421;
14. **R.Perić**, Z.Karastojković, D.Gusković, *Spring Back Effect in Production of Hollow Jewels from 585 Gold Alloy*, Proceedings of 42<sup>nd</sup> International October Conference on Mining and Metallurgy, (ISBN 978-86-80987-79-8), Edited by Svetlana Ivanov and Dragana Živković, Published by University of Belgrade – Technical Faculty in Bor, Serbia, October 2010, Kladovo, Serbia (2010), 469-472;
15. Z.Karastojković, **R.Perić**, Z.Kovačević, Z.Janjušević, V.Radojčić, *Conventional and Continuos Casting of Noble Metals in Jewel Production*, Proceedings of 12<sup>th</sup> International Foundrumen Conference, Sustainable Development in Foundry Materials and Tecnologies, (ISBN 978-953-7082-14-7), Edited by Faruk Unkić, Published by University of Zagreb Faculty of Metalurgy Sisak, Croatia, Opatija, 2012, Croatia, (2012), 194-201;
16. **R.Perić**, Z.Karastojković, Z.Kovačević, M.Perić, I.Perić, R.Perić, *Light Microscopy Introduction and Improving the Quality of Hole-Jewels from 585/1000 Gold Alloy*, Proceedings of 1<sup>st</sup> International Congress on Engineering, Materials and Management in the Processing Industry, (ISBN 978-99955-625-2-6), Edited by Milovan Jotanović, Published by Faculty of Technology Zvornik, Republic of Srpska, B&H, Jahorina 2009., (2009), 257-262;
17. Z.Karastojković, **R.Perić**, M.Srećković, Z.Janjušević, S.Jakovljević, Z.Kovačević, A.Raković, *Metallurgy of Gas and Laser Welding of Thin Parts Made from 585 Gold Alloy*, Proceedings of 10<sup>th</sup> National Conference of Metallurgy with International participation, (ISBN 978-954-92052-1-3), Edited by Avram Avramov and Yavor Lukarski, Published by Union of Bulgarian Metallurgists, Varna, Bulgaria 2007, (2007),1-6;

18. **R.Perić**, Z.Karastojković, M.Srećković, Z.Kovačević, Z.Janjušević, I.Perić, *Reflectivity of Absorption Layers for Laser Welding of 585/1000 Gold Alloy Measured at Day Light*, Proceedings of 41<sup>st</sup> International October Conference on Mining and Metallurgy, (ISBN 978-86-7827-033-8), Edited by Ana Kostov and Milenko Ljubojev, Published by Mining and Metallurgy Institute Bor, Serbia, October 2009, Kladovo, Serbia, (2009), 613-620;
19. **R.Perić**, Z.Karastojković, M.Srećković, Z.Janjušević, Z.Kovačević, *Absorption Layers in Laser Welding of Silver&Golden Jewels*, Proceedings of 40<sup>th</sup> International October Conference on Mining and Metallurgy, (ISBN 978-86-80987-60-6), Edited by Rodoljub Stanojlović and Jovica Sokolović, Published by University of Belgrade – Technical Faculty Bor, Serbia, October 2008, Sokobanja, Serbia, (2008),452-458;
20. Z.Karastojković, **R.Perić**, Z.Janjušević, Z.Kovačević, *Deformation Regime and Microstructures of Gold Alloy 585*, Proceedings of 3<sup>rd</sup> International Conference, Deformation Processing and Structure of Materials, (ISBN 86-90439-39-0), Edited by Endre Romhanji, Milan T. Jovanović and Nenad Radović, Published by: Association of Metallurgical Engineers of Serbia (AME), Faculty of Technology and Metallurgy (TMF) – University of Belgrade, Institute of Nuclear Sciences „Vinča”, Serbian Chemical Society, September 2007, Belgrade, Serbia, (2007), 293-298;
21. Z.Karastojković, **R.Perić**, M.Srećković, Z.Janjušević, S.Jakovljević, Z.Kovačević, *Searching for a Reasons of Brittleness After Gas and Laser Welding of Gold Alloy 585*, Proceedings of 39<sup>th</sup> International October Conference on Mining and metallurgy, (ISBN 987-86-80987-52-1), Edited by Rodoljub Stanojlović and Jovica Sokolović, Published by University of Belgrade – Technical Faculty Bor, Serbia, October 2007, Sokobanja, Serbia (2007), 290-296;
22. Z.Karastojković, M.Srećković, **R.Perić**, M.Kutin, Z.Janjušević, *Width of Heated Area During Gas and Laser Welding of Small Parts Made from 585 Gold Alloy*, Proceedings of 38<sup>th</sup> International October Conference on Mining and Metallurgy, (ISBN 86-7827-019-5), Edited by Milenko Ljubojev, Published by Technical Faculty Bor – University of Belgrade and Copper Institute Bor, October 2006, Donji Milanovac, Serbia, (2006), 610-619;

## Saopštenja sa skupova nacionalnog značaja M53

1. **R.Perić**, Z.Karastojković, Z.Kovačević, D.Gusković, *The Aging of Gold Alloys for Production of Jewels*, Zbornik radova savetovanja Primena savremenih materijala u tehnologijama i konstrukcijama, (ISBN 978-86-911159-3-7), Izdavač: Društvo hemičara, tehnologa i metalurga Požarevac, Urednik: Miroljub Trifunović, Srbija, Požarevac, 2012, (2012), 86-94;
2. **R.Perić**, Z.Karastojković, Z.Kovačević, D.Gusković, *Changes of Mechanical Properties of Ag925Cu75 Alloy in Ageing Process*, Zbornik radova savetovanja Napredni materijali i mogućnosti njihove primene, (ISBN 978-86-911159-2-0) Izdavač: Društvo hemičara, tehnologa i metalurga Požarevac, Urednik: Miroljub Trifunović, i Tatjana Stefanović, Srbija, Požarevac, 2011, (2011), 74-80;
3. **R.Perić**, Z.Karastojković, Z.Kovačević, I.Perić, R.Perić, *Svetlosna mikroskopija interkristalne korozije kod legura zlatnog nakita 585/1000*, Knjiga radova XI YUCORR – Saradnja istraživača različitih struka na području korozije, zaštite materijala i životne sredine, (ISBN 978-86-82343- ), Izdavač: Savez inženjera za zaštitu materijala (SITZAMS) – Beograd, Urednik: Miomir Pavlović, Tara – 2009, Srbija (2009), 243-248;
4. Z.Karastojković, **R.Perić**, M.Srećković, Z.Janjušević, *Uvođenje laserske tehnike u zlatarstvo*, Zbornik izvoda VII Savetovanja metalurga Srbije – perspektive razvoja metalurške industrije, (ISBN 978-86-8713-02-5), Izdavač: Savez inženjera metalurga Srbije, Urednik: Marija Korać, Septembar, 2008. – Beograd, Srbija, (2008), CD - 77;
5. **R.Perić**, Z.Karastojković, I.Perić, R.Perić, *Interkristalna korozija šupljeg nakita od legura zlata za nakit*, Zbornik radova Savetovanja, Korozija i zaštita materijala u toku eksploatacije, (ISBN 978-86-912-123-0-8), Izdavač: Narodna tehnika – Požarevac, Urednik: Miroljub Trifunović, Požarevac – 2008., Srbija, (2008), 135-146;
6. Z.Karastojković, **R.Perić**, M.Srećković, Z.Janjušević, Z.Kovačević, *Apsorpcione prevlake za uspešno lasersko lemljenje i varenje zlatnog nakita*, Zbornik radova Konferencije o zavarivanju na CD-u, Izdavač: Savez mašinskih i elektrotehničkih inženjera i tehničara Srbije (SMEITS) – Beograd i Društvo za unapređivanje zavarivanja u Srbiji – Beograd, Urednik: Ilija Kovačević, (2008), CD-7

## 5.- ZAKLJUČAK I PREDLOG

Doktorska disertacija kandidata **mr Radiše Perića, dipl.inž.metalurgije**, naslova **ISPITIVANJE OJAČAVANJA STARENJEM LEGURA SISTEMA Au-Ag-Cu ZA PROIZVODNJU NAKITA**, predstavlja savremen, originalan i značajan naučni doprinos. Disertacija je u saglasnosti sa obrazloženjem u prijavi teme i sadrži sve elemente koje predviđa Pravilnik o doktorskim studijama Univerziteta u Beogradu – Tehničkog fakulteta u Boru. U disertaciji je prikazan postupak ojačavanja starenjem legura trojnog sistema Au-Ag-Cu za proizvodnju nakita. Komisija potvrđuje da doktorska disertacija ima originalan i savremen naučni doprinos u oblasti metalurškog inženjerstva – prerade i termičke obrade plemenitih metala trojnog sistema Au-Ag-Cu. Na osnovu pregledane doktorske disertacije, kao i uvida u verifikovan naučni doprinos kroz objavljene radove u međunarodnim časopisima ( M23 – 4 rada kao prvopotpisani autor), komisija za ocenu i odbranu urađene doktorske disertacije zaključuje da kandidat **mr Radiša Perić, dipl.inž.metalurgije**, ispunjava sve zakonske i ostale uslove za odbranu doktorske disertacije. Takođe, komisija zaključuje da je urađena disertacija napisana prema standardima u naučno-istraživačkom radu, kao i da ispunjava sve uslove predviđene Zakonom o visokom obrazovanju, Standardima za akreditaciju, kao i Statutom tehničkog fakulteta u Boru Univerziteta u Beogradu. Stoga komisija predlaže Nastavno-naučnom veću Tehničkog fakulteta u Boru da prihvati pozitivan izveštaj o urađenoj doktorskoj disertaciji kandidata mr Radiša Perića, dipl.ing.metalurgije, pod nazivom:**ISPITIVANJE OJAČAVANJA STARENJEM LEGURA SISTEMA Au-Ag-Cu ZA PROIZVODNJU NAKITA**, da isti izveštaj uputi na konačno usvajanje Veću naučnih oblasti tehničkih nauka Univerziteta u Beogradu, te nakon toga kandidata pozove na javnu odbranu.

U Boru, \_\_\_\_\_2014. godine.

### ČLANOVI KOMISIJE

-----  
Prof.dr Dragoslav Gusković, redovni profesor,  
Univerzitet u Beogradu, Tehnički fakultete u Boru

-----  
Prof.dr Desimir Marković, redovni profesor  
Univerzitet u Beogradu, Tehnički fakultet u Boru

-----  
Prof.dr Svetlana Ivanov, vanredni profesor  
Univerzitet u Beogradu, Tehnički fakultet u Boru

-----  
Prof.dr Slobodan Stojadinović, redovni profesor  
Univerzitet u Novom Sadu, Tehnički fakultet „Mihajlo Pupin” u Zrenjaninu

-----  
Prof.dr Branimir Jovančičević, redovni profesor  
Univerzitet u Beogradu, Hemijski fakultet u Beogradu