

ТЕХНИЧКИ ФАКУЛТЕТ У БОРУ

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ  
Веће научних области техничких наукаБрој: 1/2-1196  
Датум: 08.11.2011**ЗАХТЕВ****за давање сагласности на предлог теме докторске дисертације**

Молим, да сходно члану 45. ст.5, тачка 3. Статута Универзитета у Београду, ("Гласник Универзитета" бр.131/06), дате сагласност на предлог теме докторске дисертације:

**УТИЦАЈ ХЛОРИДНИХ ЈОНА И БЕНЗОТРИАЗОЛА НА ЕЛЕКТРОХЕМИЈСКО ПОНАШАЊЕ  
ЛЕГУРЕ AgCu50 У АЛКАЛНОЈ СРЕДИНИ**НАУЧНА ОБЛАСТ: **Металуршко инжењерство**

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

1. Име, име једног од родитеља и презиме кандидата:

**Мр Весна (Јован) Грекуловић**

2. Назив и седиште факултета на коме је стекао високо образовање:

**ТЕХНИЧКИ ФАКУЛТЕТ У БОРУ**3. Година дипломирања: **1999.**4. Назив магистарске тезе кандидата: **Електрохемијска карактеризација легура злата, сребра и бакра.**5. Назив факултета на коме је магистарска теза одбрањена: **ТЕХНИЧКИ ФАКУЛТЕТ У БОРУ**6. Година одбране магистарске тезе: **2006.**

7. Назив факултета на коме је кандидат завршио докторске студије: /

Одсек, смер или група: /

Година завршетка докторских студија: /

Обавештавамо вас да је Наставно-научно веће факултета у Бору

на седници одржаној **20.10.2011.** размотрило предложену тему и закључило да је тема подобна за израду докторске дисертације.

ДЕКАН ФАКУЛТА



Проф. др Милан Антонијевић

Прилог:

1. Предлог теме докторске дисертације са образложењем.
2. Акт надлежног тела факултета о подобности теме за израду докторске дисертације.

На основу чл. 44. Статута Техничког факултета у Бору, Наставно-научно веће Факултета, на седници одржаној 20. 10. 2011. године, донело је

## ОДЛУКУ

**I** Усваја се Извештај Комисије о оцени научне заснованости теме докторске дисертације кандидата: **мр Весне Грекуловић**, дипл. инж. металург., под називом **"Утицај хлоридних јона и бензотриазола на електрохемијско понашање легуре AgCu50 у алкалној средини"**, који је сачинила Комисија у саставу: др Мирјана Рајчић-Вујасиновић, редовни професор Техничког факултета у Бору – ментор, др Зоран Стевић, ванредни професор Техничког факултета у Бору – члан, др Владимир Панић, виши научни сарадник ИХТМ у Београду – члан, др Јасмина Стевановић научни саветник ИХТМ-а у Београду – члан и др Звонимир Станковић, редовни професор у пензији Техничког факултета у Бору – члан.

**II** Одлуку доставити надлежном Већу научне области Универзитета у Београду, ради давања сагласности.

**Достављено:**

- Већу научних области Универзитета у Београду
- именованој
- члановима комисије
- архиви

ПРЕДСЕДНИК  
НАСТАВНО-НАУЧНОГ ВЕЋА

ДЕКАН

Проф. др Милан Антонијевић



Univerzitet u Beogradu  
**Tehnički fakultet u Boru**

Nastavno-naučnom veću

**Predmet:** Izveštaj o prihvatanju teme doktorske disertacije kandidata mr Vesne Grekulović

Odlukom Nastavno- naučnog veća Tehničkog fakulteta u Boru broj VI/4-16-13.2. donetom na sednici održanoj 22. 09. 2011. godine imenovani smo za članove komisije za ocenu naučne zasnovanosti prijavljene teme za izradu doktorske disertacije kandidata mr Vesne Grekulović pod nazivom „**Uticaj hloridnih jona i benzotriazola na elektrohemijsko ponašanje legure AgCu50 u alkalnoj sredini**“. Predložena tema spada u naučno polje Tehničko-tehnoloških nauka i pripada naučnoj oblasti Metalurško inženjerstvo za koju je Tehnički fakultet u Boru akreditovao studijske programe na sva tri nivoa studija. Na osnovu raspoloživog materijala Komisija podnosi sledeći

## IZVEŠTAJ

### 1. PODACI O KANDIDATU

#### *1.1. Opšti biografski podaci*

Mr Vesna Grekulović rođena Fajnišević, rođena je 13.05.1974. godine u Boru. Srednju školu završila je u Boru 1993. godine, i dobila zvanje matematičko-programerskog saradnika. Diplomirala je na Tehničkom fakultetu u Boru 1999. godine, sa srednjom ocenom 9,00 na Smeru za ekstraktivnu metalurgiju. Iste godine upisala je posle diplomске studije na Tehničkom fakultetu u Boru. Kao stipendista Ministarstva za nauku, tehnologiju i razvoj od 2001. godine učestvuje u držanju vežbi iz Fizičke hemije na Tehničkom fakultetu u Boru. Aprila 2002. godine zasniva radni odnos kao asistent pripravnik za predmete: Fizička hemija, Teorija hidro i elektrometalurških procesa, Metalurške operacije i Teorijske osnove hemijske tehnologije. Magistarski rad pod nazivom „Elektrohemijska karakterizacija legura zlata, srebra i bakra“ odbranila je na Tehničkom fakultetu u Boru 2006. godine. Septembra 2006. godine dobila je zvanje asistenta za užu naučnu oblast Ekstraktivna metalurgija i metalurško inženjerstvo, a septembra 2007. godine dobila je zvanje asistenta za užu naučnu oblast Hemija, Hemijska tehnologija i Hemijsko inženjerstvo. Od 2008. godine angažovana je u držanju vežbi iz predmeta: Teorija hidro i elektrometalurških procesa, Metalurške operacije I, Metalurške operacije II, Projektovanje i optimizacija metalurških procesa i Elektrohemijsko inženjerstvo.

Udata je i ima dvoje dece.

U toku studija dobila je sledeće nagrade:

Plaketa za postignuti uspeh školske 94/95, Plaketa za postignuti uspeh školske 95/96, Priznanje za izlaganje rada na naučnostručnom skupu trideset pete tehnologijade 1996.god., druga nagrada Fonda "inž. Mladen Gajić", 97/98.

Objavila je 7 radova u časopisima sa SCI liste, 1 rad u domaćem časopisu van SCI liste, 14 saopštenja na međunarodnim i 20 saopštenja na konferencijama nacionalnog značaja.

Istraživačka interesovanja:

Oblast interesovanja: elektrohemijaska ispitivanja čistih metala i legura, elektrometalurški procesi, hidrometalurgija, operacije u metalurgiji i tehnologiji.

### ***1.2. Podaci o magistarskoj tezi***

Kandidat mr Vesna Grekulović rođena Fajnišević, odbranila je magistarsku tezu pod nazivom „ **Elektrohemijaska karakterizacija legurura zlata, srebra i bakra**“ na Tehničkom fakultetu u Boru 2006. godine.

### ***1.3. Spisak objavljenih i saopštenih radova***

#### **M20 - Radovi objavljeni u naučnim časopisima međunarodnog značaja**

##### **M21 - Rad u vrhunskom međunarodnom časopisu**

1. Vesna Grekulović, Mirjana Rajčić-Vujasinović, Electrochemical behaviour of AgCu alloy in alkaline medium in presence of chloride ions, Corrosion, (2011), Accepted, ISSN 0010-9312

IF (2010) = 1.135

2. Mirjana Rajčić-Vujasinović, Svetlana Nestorović, Vesna Grekulović, Ivana Marković, Zoran Stević, Electrochemical behavior of cast CuAg4at.% alloy, Corrosion, 66, 10 (2010), 105004-1-105004-5. ISSN 0010-9312

IF (2010) = 1.135

3. Mirjana Rajčić-Vujasinović, Svetlana Nestorović, Vesna Grekulović, Ivana Marković, Zoran Stević, Electrochemical behavior of sintered CuAg4 at.% alloy, Metallurgical and Materials Transactions B, 41, 5 (2010) 955-961. ISSN 1073-5615

IF (2010) = 0.963

##### **M23 - Rad u međunarodnom časopisu**

1. Vesna J. Grekulović, Mirjana M. Rajčić-Vujasinović, Zoran M. Stević, Elektrohemijasko ispitivanje osamnaestokaratnog zlata u kiseloj sredini, Hemijaska industrija, vol.63, (2009), 189-193. ISSN 0367-598X.

IF (2009) = 0.117

2. S. Bugarinović, V. Grekulović, M. Rajčić-Vujasinović, Z. Stanković, Elektrohemijasko dobijanje i karakterizacija Cu<sub>2</sub>O, Hemijaska industrija, vol.63, (2009), 201-206. ISSN 0367-598X.

IF (2009) = 0.117

3. Vesna J. Grekulović, Mirjana M. Rajčić-Vujasinović, Zoran M. Stević, Elektrohemijsko ponašanje legure Ag-Cu u alkalnoj sredini, Hemijska industrija, vol.64,2 (2010), 105-110. ISSN 0367-598X.

IF (2010) = 0.137

4. Zvonimir D. Stanković, Vladimir B. Cvetkovski, Vesna J. Grekulović, The effect of Bi presence as impurity in anodic copper on the kinetics and mechanism of anodic dissolution and cathodic deposition of copper, Hemijska industrija, (2010), vol. 64, 4, 337-342, ISSN 0367-598X

IF (2010) = 0.137

### **M30 - Zbornici međunarodnih naučnih skupova**

#### **M33 – Saopštenje sa međunarodnog skupa štampano u celini**

1. M. Rajčić-Vujasinović, V. Fajnišević (Grekulović), Z. Stević, N. Stavrov, Anodic behaviour of 18-k gold in 1M NaOH, 36<sup>th</sup> International October conference on Mining and Metallurgy, Bor Lake, (2004), 408-413. ISBN 86-80987-27-1

2. Z. Stević, M. Rajčić-Vujasinović, Z. Stojiljković, V. Fajnišević (Grekulović), Bipolarni strujni izvor upravljani računom, 13<sup>th</sup> International Symposium on Power Electronics, Reports on CD, Paper No. T1-2.5, Novi Sad, (2005), 1-3

3. M. Rajcic-Vujasinovic, V. Fajnišević (Grekulović), and Z. Stevic, "Electrochemical Investigation of Ag-Cu Alloy in Alkaline Media", Proceedings of 39<sup>th</sup> International October Conference on Mining and Metallurgy, Sokobanja, (2007), 365-371. ISBN 987-86-80987-52-1

4. Z. Stanković, M. Rajčić-Vujasinović, Z. Stević, V. Fajnišević (Grekulović), The consequence of the micro reversibility in the CuFeS<sub>2</sub>/electrolyte, 34<sup>th</sup> International October conference on Mining and Metallurgy, Bor Lake, Serbia (2002), 423-428. ISBN 86-80987-17-4

5. V. Fajnišević (Grekulović), V. Stanković, Examining of electrochemical properties of LBC-AgNO<sub>3</sub> system, 35<sup>th</sup> International October conference on Mining and Metallurgy, Bor Lake, Serbia (2003), 370-375. ISBN 86-80987-18-2

6. Mirjana Rajčić-Vujasinović, Svetlana Nestorović, Vesna Grekulović, Ivana Rangelov, Zoran Stević, Slavko Simov, Corrosion Behavior of cast CuAg4at.% alloy, 41<sup>th</sup> International October conference on Mining and Metallurgy, Kladovo, Serbia (2009), 667-674. ISBN 978-86-7827-033-8.

7. Sanja Bugarinović, Vesna Grekulović, Mirjana Rajčić-Vujasinović, Zoran Stević, Electrochemical deposition of copper(I) oxide thin film on titanium electrode, 41<sup>th</sup> International October conference on Mining and Metallurgy, Kladovo, Serbia (2009), 721-726. ISBN 978-86-7827-033-8.

8. Mirjana Rajčić-Vujasinović, Svetlana Nestorović, Ivana Rangelov, Vesna Grekulović, Slavko Simov, Corrosion Behavior of sintered CuAg4at.% alloy, 7<sup>th</sup> International Scientific Conference, Cairo, Egypt, (2009), 39-40. ISBN 978-9958-624-29-2

9. V. Stanković, V. Fajnišević (Grekulović), Solvent extraction of metals and the electrochemical behaviour of such formed organometallic complexes in the loaded organic phase; Keynote Lecture on the 8<sup>th</sup> European Symposium on Electrochemical Engineering, Prague, Czech Republic; CHISA 2008, (2008), CD-ROM of Full Texts

10. Vesna Grekulović, Mirjana Rajčić-Vujasinović, Zoran Stević, Electrochemical behaviour of CuAg alloy in alkaline medium in presence of chloride ions, 42<sup>nd</sup> International October Conference on Mining and Metallurgy, Kladovo, Serbia, (2010), 206-209. ISBN 978-86-80987-79-8

11. Mirjana Rajčić-Vujasinović, S. Bugarinović, Z. Stević, V. Grekulović, Anodic oxidation as a method for synthesis of cuprous oxide, potential active material for solar cells, XIX International Scientific and Professional Meeting „ECOLOGICAL TRUTH“ ECO-IST'11, Bor, Serbia, (2011), 243-249. ISBN 987-86-80987-84-2.

#### **M34 – Saopštenje sa međunarodnog skupa štampano u izvodu**

1. V. Fajnišević (Grekulović), V. Stanković, Solvent extraction of Pd(II) with calix(IV)arenes, 1<sup>st</sup> South East European Congress of Chemical Engineering, Belgrade, (2005), 60, ISBN 86-905111-0-5.

2. M. Rajčić-Vujasinović, V. Fajnišević (Grekulović), Z. Stević, Anodic behavior of 18-k gold in 1M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 4<sup>th</sup> Balkan Conference on Metallurgy, Scientific achievements and perspectives of metals industry in South-East Europe, Proceedings, Zlatibor, Serbia, (2006), 714. ISBN 86-904393-4-X.

3. Z. Stanković, M. Rajčić-Vujasinović, Z. Stević, V. Fajnišević (Grekulović), The Microreversibility of the Sistem CuFeS<sub>2</sub>/Electrolyte, TMS 2002 131<sup>st</sup> Annual Meeting Exhibition, USA, (2002), p.180

#### **M50 - Časopisi nacionalnog značaja**

#### **M52 – Rad u časopisu nacionalnog značaja**

1. B. Vučinić, V. Fajnišević (Grekulović), D. Živković Ž. Živković, Thermodynamic analysis of ternary system Pb-Sn-Tl, Journal of metallurgy, vol. 5, (1999) 219-226. ISSN 0354-6306.

## **M60 - Zbornici skupova nacionalnog značaja**

### **M61 Predavanje po pozivu sa skupa nacionalnog značaja štampano u celini**

1. Mirjana Rajčić-Vujasinović, Dragan Vujasinović, Zoran Stević, Sanja Bugarinović, Vesna Grekulović, Elektrohemijska sinteza  $\text{Cu}_2\text{O}$  za primenu u solarnim ćelijama, plenarno predavanje, Ekološka istina, Zbornik radova, Kladovo, (2009), 17-20. ISBN 978-86-80987-69-9.

### **M63 – Saopštenje sa skupa nacionalnog značaja štampano u celini**

1. Vesna Fajnišević (Grekulović), termičke osobine sistema Mo-S-O na povišenim temperaturama, Zbornik radova XII smotre naučno istraživačkog rada studenata, Beograd, (1997), 105-111, ISBN 86-82085-17-8.
2. Zoran Stević, Mirjana Rajčić-Vujasinović, Vesna Fajnišević (Grekulović), Ljubiša Stamenković, Pulsno-reversni izvor napajanja za poluindustrijsko galvansko postrojenje, IT konferencija: Saradnja istraživača različitih struka na području korozije i zaštite materijala, Knjiga radova, Tara, (2005), 271-275. ISBN 86-82343-06-1
3. M. Rajčić-Vujasinović, Z. Stević, V. Fajnišević (Grekulović), J. Kocev, V. Rankić, B. Milenković, Lj. Stamenković, Prevlake srebra dobijene pulsnim strujama, VIII YUCORR Korozija i zaštita materijala u industriji i građevinarstvu, Knjiga radova, Tara, (2006), 318-321. ISBN 86-82343-07-X
4. V. Fajnišević (Grekulović), V. Stanković, Ispitivanje elektrohemijskih osobina organo-metalnog kompleksa srebra sa calix[4]arene-tetramidom, XVI simpozijum o elektrohemiji SCG, Kotor, (2004), 25-26
5. V. Fajnišević (Grekulović), V. Stanković, Solventna ekstrakcija paladijuma i srebra kaliks [4] arenima, Zbornik radova, Ekološka istina, Sokobanja, (2007), 162-166. ISBN 978-86-80987-51-4
6. B. Vučinić, V. Fajnišević (Grekulović), D. Živković, Ž. Živković, Termodinamička analiza ternarnog sistema Pb-Sn-tl, XXX Oktobarsko savetovanje, Donji Milanovac (1998), 2-5
7. Z. D. Stanković, M. Rajčić-Vujasinović, Z. Stević, V. Fajnišević (Grekulović), Elektrohemijska mikro(i)reverzibilnost sistema halkopirit- $\text{CuFeS}_2$ /elektrolit, XXXIII Oktobarsko savetovanje, Borsko Jezero (2001), 468-470.

8. V. Fajnišević (Grekulović),, R. Grekulović, Doprinos primeni prirodnog zeolita za dobro zdravlje i kvalitetno meso domaćih životinja, Zbornik radova, Ekološka istina, Sokobanja, (2000), 169-177.

9. Vesna Grekulović, Radojica Grekulović, Mirjana Rajčić-Vujasinović, Zvonimir Stanković, Zoran Stević, Adsorpcija amonijum jona i jona magnezijuma na prirodnom zeolitu, Ekološka istina, Zbornik radova, Kladovo, (2009), 93-96. ISBN 978-86-80987-69-9.

10. Vesna Grekulović, Vesna Conić, Radojica Grekulović, Mogućnost reciklaže metalnog molibdenovog jezgra utrošenih električnih sijalica, 4<sup>th</sup> Simpozijum "Reciklažne tehnologije i održivi razvoj", Zbornik radova, Kladovo, (2009), 310-313. ISBN 978-86-80987-69-9.

11. Vesna Conić, Vesna Grekulović, Zvonimir Stanković, Postupak recikliranja stakla u cilju ponovnog dobijanja polazne sirovine za staklarsku industriju, 4<sup>th</sup> Simpozijum "Reciklažne tehnologije i održivi razvoj", Zbornik radova, Kladovo, (2009), 281-284. ISBN 978-86-80987-69-9

12. Mirjana Rajčić-Vujasinović, Zoran Stević, Vesna Grekulović, Vladimir Panić, Sanja Bugarinović, Sinteza bakar (I) oksida nanometarskih dimenzija anodnom oksidacijom, Prva konferencija o obnovljivim izvorima električne energije, Zbornik radova, Beograd (2011), 129-135

#### **M64 - Saopštenje sa skupu nacionalnog značaja štampano u izvodu**

1. V. Fajnišević (Grekulović), M. Rajčić-Vujasinović, Z. Stević, Merenje EMS na četrnaestokaratnim i osamnaestokaratnim legurama zlata, III Simpozijum o termodinamici i faznim dijagramima, Bor, (2005), 12

2. Mirjana Rajčić-Vujasinović, Zoran Stević, Zvonimir Stanković, Vesna Fajnišević (Grekulović), Sanja Bugarinović, Elektrohemijska sinteza  $\text{Cu}_2\text{O}$  sa aspekta različitih primena, VII savetovanje metalurga Srbije, Zbornik radova, Beograd, Srbija, (2008), 7, ISBN 978-86-87183-025.

3. V. Grekulović, M. Rajčić-Vujasinović, Z. Stević, Elektrohemijsko ispitivanje osamnaestokaratnog zlata u kiselj sredini, Sedma konferencija mladih istraživača, Beograd, (2008), 34

4. S. Bugarinović, V. Grekulović, M. Rajčić-Vujasinović, Z. Stanković, Elektrohemijsko dobijanje i karakterizacija  $\text{Cu}_2\text{O}$ , Sedma konferencija mladih istraživača, Beograd, (2008), 32

5. V. Fajnišević (Grekulović), Ž. Živković, D. Grujičić, Kinetika prženja marmatitnog koncentrata i uticaj kalcijum- hidroksida na proces prženja, Zbornik radova XXXVII Tehnologijade, Banja Vrućica (1998), B1-6

6. V. Fajnišević (Grekulović), Elektrohemijsko ispitivanje elektrodnog sistema halkopirit-  $\text{CuFeS}_2$ /elektrolit, VI Savetovanje metalurga Srbije i Crne Gore, Arandelovac (2003), 45. ISBN 86-904-393-0-7

7. V. Grekulović, M. Rajčić-Vujasinović, Zoran Stević, Elektrohemijsko ponašanje legure Ag-Cu u alkalnoj sredini, Osmo konferencija mladih istraživača nauka i inženjerstvo novih materijala, Beograd (2009), VII/6, 33, ISBN 978-86-80321-22-6.

## **M72 Magistarski rad**

V. Fajnišević (Grekulović), Elektrohemijska karakterizacija legura zlata, srebra i bakra, Tehnički fakultet, Bor, 2006.

## **M100 – Naučna saradnja i saradnja sa privredom**

### **M105 – Učešće u projektima, studijama, elaboratima i sl. sa privredom; učešće u projektima finansiranim od strane nadležnog ministarstva**

1. Istraživanje fenomena prenosa relevantnih za razvoj procesa i opreme u oblasti kontaktora fluid-čestice i separacionih procesa, br. projekta 1700, (2004)
2. Inovacioni: Razvoj, izrada i ispitivanje hardvera i softvera inteligentnih izvora za primenu u galvanotehnici, br. projekta 2032, (2005)
3. Energetska efikasnost: Računarski upravljani termovizijski sistem za monitoring i dijagnostiku stanja energetskih i mernih transformatora i drugih elemenata u elektronskim postrojenjima elektrodistribucije Bor, br. projekta 223002, (2006-2008)

### **Projekti koji su u toku:**

1. Osvajanje proizvodnje livenih legura sistema bakar-zlato, bakar-srebro, bakar-platina, bakar-paladijum i bakar-rodijum poboljšanih svojstava primenom mehanizma ojačavanja žarenjem, broj projekta TR 34003
2. Nov pristup dizajniranju materijala za konverziju i skladištenje energije, broj projekta OI 172060

### **1.4. Ocena podobnosti kandidata za rad na predloženoj temi**

Na osnovu nevedenih podataka o završenom visokom obrazovanju, oblasti posrediplomskih studija, odbranjenoj magistarskoj tezi, te radovima objavljenim u vodećim međunarodnim i domaćim časopisima i saopštenim na brojnim skupovima međunarodnog i nacionalnog značaja, komisija konstatuje da kandidat, mr Vesna Grekulović, dipl. inž. metalurgije, ispunjava sve formalne i suštinske uslove za rad na izradi doktorske disertacije, kao i naučno-stručnu usmerenost ka oblasti kojoj pripada predložena tema ( *Metalurško inženjerstvo*), što je čini podobnom za rad na predloženoj

temi. Komisija posebno naglašava činjenicu da je kandidat odbranila magistarsku tezu u odgovarajućoj oblasti i ukazuje na adekvatnu sadržinu već publikovanih i saopštenih radova.

## **2. PREDMET I CILJ ISTRAŽIVANJA**

### ***2.1. Predmet istraživanja***

Predmet istraživanja je elektrohemijsko ponašanje jedne legure iz sistema srebro-bakar u alkalnoj sredini. Sistem AgCu je karakterističan primer dvokomponentne legure eutektičkog tipa. Ovaj sistem pripada tipu sa potpunom rastvorljivošću u tečnom stanju i međusobno ograničenom rastvorljivošću u čvrstom stanju. Legure ovog sistema imaju široku primenu pri izradi nakita, pribora za jelo, ukrasnih proizvoda, kovanog novca i medalja, kao i za kontakte i lemове u industriji.

Elektrohemijsko ponašanje čistog srebra i čistog bakra u raznim sredinama predmet je istraživanja u velikom broju radova koji su štampani i citirani u elektrohemijskoj literaturi, dok je legura AgCu istraživana u mnogo manjem obimu. Stoga je za predmet istraživanja u okviru predložene doktorske disertacije odabrano elektrohemijsko ponašanje legure AgCu50 u 0,1 mol/dm<sup>3</sup> NaOH, u prisustvu hloridnih jona različitih koncentracija, kao i u prisustvu benzotriazola različitih koncentracija. Uporedno sa ispitivanjem legure AgCu50 biće ispitivano i elektrohemijsko ponašanje čistog srebra i čistog bakra pri istim uslovima kao legura AgCu50 radi uporedne analize i tumačenja dobijenih rezultata.

### ***2.2. Ciljevi istraživanja***

Osnovni cilj ove doktorske disertacije je ispitivanje elektrohemijskog ponašanja legure AgCu50 u baznoj sredini, u prisustvu jedne supstance koja je poznati aktivator korozije i jednog poznatog inhibitora, kao i bez njihovog prisustva. Kao potencijalni aktivator korozije biće ispitano prisustvo hloridnih jona u širokom opsegu koncentracija. Pored toga cilj je i da se ispita mogućnost primene benzotriazola kao inhibitora korozije za leguru AgCu50, i uticaj vremena stajanja legure AgCu50 i čistih metala Ag i Cu u 0,01 mol/dm<sup>3</sup> benzotriazola u trajanju od 15, 30, 60, 360, 720 i 1440 minuta na njihovo elektrohemijsko ponašanje. Biće određivani stepeni pokrivenosti kao i vrednost Gibsove energije adsorpcije. Podaci i rezultati dobijeni tokom izrade doktorske disertacije biće saopšteni na naučnim skupovima i objavljeni u obliku naučnih radova u časopisima sa SCI liste.

### ***2.3. Osvrt na relevantne bibliografske izvore***

Elektrohemijsko ponašanje metala i legura ukazuje na njihovu postojanost u sredinama u kojima se oni koriste, pa se rezultati tih ispitivanja, osim za prepoznavanje mehanizma reakcija koje se u takvim sistemima odigravaju, koriste i za zaštitu od korozije u različitim sredinama. Veliki broj radova ukazuje na to da se halogenidni joni, a posebno hloridni joni kao najprisutniji, ponašaju kao aktivatori korozije metala, ali postoje

istraživanja koja potvrđuju da se u nekim slučajevima ovi joni ponašaju i kao pasivator korozije. Uticaj hloridnih jona na srebro je specifičan zbog stvaranja teško rastvornog jedinjenja AgCl. Elektrohemijsko ponašanje legure AgCu mnogo je manje ispitivano, nego kada se radi o čistim metalima, kao i uticaj hloridnih jona na koroziono ponašanje ove legure.

Benzotriazol se, prema obimnoj dostupnoj literaturi, ponaša kao supstanca koja usporava reakcije oksidacije bakra i nekih njegovih legura, dok podaci o uticaju na elementarno srebro nisu pronađeni. U dostupnoj literaturi nije pronađen ni jedan rad o zaštiti od korozije legure AgCu. Sve to otvara mogućnost ispitivanja u ovoj oblasti. Neki od radova koji će služiti kao osnova za istraživanja su:

1. F. H. Assaf, A. M. Zaky, S. S. Abd El-Rehim, Cyclic voltammetric studies of the electrochemical behaviour of copper-silver alloys in NaOH solution, Appl. Surf. Science., 18 (2002) 18-27.
2. O. A. Hazzazi, A. M. Zaky, M. A. Amin, S. S. Abd El Rehim, Passivation and Cl<sup>-</sup> induced depassivation of Cu-Ag alloys in borate buffer solutions, Int. J. Electrochem. Sci., 3 (2008) 489-508.
3. S.M. Skogvold, Ø. Mikkelsen, G. Billon, C. Garnier, L. Lesven, Electrochemical properties of silver-copper alloy microelectrodes for use in voltammetric field apparatus, Anal. Bioanal. Chem., 384 (2006) 1567-1577.
4. Ayman M. Zaky, Role of Cl<sup>-</sup> in breakdown of Cu-Ag alloys passivity in aqueous carbonate solutions, Electrochim. Acta, 51 (2006) 2057-2062
5. Guo-Ding Zhou, Hua Shao, B.H. Loo, A study of the copper electrode behavior in borax buffer solutions containing chloride ions and benzotriazole-type inhibitors by voltammetry and the photocurrent response method, J. Electroanal. Chem., 421 (1997) 129-135.
6. S. M. Milić, M. M. Antonijević, Some aspects of copper corrosion in presence of benzotriazole and chloride ions, Corros. Sci., 51 (2009) 28-34
7. Desmond Tromans, Ru-hong Sun, Anodic polarization behavior of copper in aqueous chloride/benzotriazole solutions, J. Electrochem. Soc., 138,11 (1991) 3235-3244.
8. Julia Kunze, Vincent Maurice, Lorena H. Klein, Hans-Henning Strehblow, Philippe Marcus, In situ STM study of the effect of chlorides on the initial stages of anodic oxidation of Cu(111) in alkaline solutions, Electrochim. Acta, 48 (2003) 1157-1167.
9. M. M. Antonijevic, M. B. Petrovic, Copper Corrosion Inhibitors. A review, Int. J. Electrochem. Sci., 3 (2008) 1 – 28.
10. Hung Ha, Joe Payer, The Effect of Silver Chloride Formation on the Kinetics

of Silver Dissolution in Chloride Solution, *Electrochimica Acta* 56 (2010) 2781-2791

11. T. Uk Hur, W . Sub Chung, Mechanism of Silver(I)Oxide Formation on Polycrystalline Silver Electrodes in 8 M KOH Solution, *J. Electrochem. Soc.*, 152 (2005) A179-A185.

12. J. Kunze, H.H. Strehblow, G. Staikov, In situ STM study of the initial stages of electrochemical oxide formation at the Ag(111)/0.1 M NaOH<sub>(aq)</sub> interface, *Electrochem. Commun.*, 6 (2004) 132-137.

13. A. M. Zaky, F. H. Assaf , S. S. Abd El Rehim, B. M. Mohamd, Electrochemical behaviour of silver in borate buffer solutions, *Appl.Surf. Science*, 221 (2004) 349-357.

14. B. M. Jović, V.D. Jović, Electrochemical formation and characterization of Ag<sub>2</sub>O, *J. Serb. Chem. Soc.*, 69 (2004)153 -166.

15. B.M. Jović, V.D. Jović, D.M. Dražić, Kinetics of chloride ion adsorption and the mechanism of AgCl layer formation on the ( 111) , ( 100) and ( 110) faces of silver, *J. Electroanal. Chem.*, 399 (1995) 197-206.

16. A.G. Brolo, S.D. Sharma, Using probe beam deflection (PBD) to investigate the electrochemical oxidation of silver in perchlorate media in the presence and absence of chloride ions, *Electrochim. Acta*, 48 (2003) 1375-1384.

17. Benedetto Bozzini, Giuseppe Giovannelli, Claudio Mele, Electrochemical dynamics and structure of the Ag/AgCl interface in chloride-containing aqueous solutions, *Surface & Coatings Technology*, 201 (2007) 4619–4627.

18. J. Kunze, H.H. Strehblow, G. Staikov, In situ STM study of the initial stages of electrochemical oxide formation at the Ag(111)/0.1 M NaOH<sub>(aq)</sub> interface, *Electrochem. Commun.*, 6 (2004) 132-137.

19. A. M. Zaky, F. H. Assaf , S. S. Abd El Rehim, B. M. Mohamd, Electrochemical behaviour of silver in borate buffer solutions, *Appl.Surf. Science*, 221 (2004) 349-357.

20. B. M. Jović, V.D. Jović, Electrochemical formation and characterization of Ag<sub>2</sub>O, *J. Serb. Chem. Soc.*, 69 (2004)153 -166.

21. T. Uk Hur, W . Sub Chung, Mechanism of Silver(I)Oxide Formation on Polycrystalline Silver Electrodes in 8 M KOH Solution, *J. Electrochem. Soc.*, 152 (2005) A179-A185.

Pored navedene literature koristiće se i ostale reference koje su u vezi sa ispitivanom problematikom. Do te literature dolaziće se pretraživanjem časopisa korišćenjem KOBSON-a. Kandidat će koristiti i iskustva i rezultate prikazane u već publikovanim naučnim radovima u kojima je i sama koautor:

1. Mirjana Rajčić-Vujasinović, Svetlana Nestorović, Vesna Grekulović, Ivana Marković, Zoran Stević, Electrochemical behavior of sintered CuAg4 at.% alloy, Metallurgical and Materials Transactions B, 41, 5 (2010) 955-961. ISSN 1073-5615
2. Mirjana Rajčić-Vujasinović, Svetlana Nestorović, Vesna Grekulović, Ivana Marković, Zoran Stević, Electrochemical behavior of cast CuAg4at.% alloy, Corrosion, 66, 10 (2010) 105004-1-105004-5. ISSN 0010-9312
3. Vesna J. Grekulović, Mirjana M. Rajčić-Vujasinović, Zoran M. Stević, Elektrohemijsko ponašanje legure Ag-Cu u alkalnoj sredini, Hemijska industrija, 64, 2 (2010), 105-110. ISSN 0367-598X.
4. Vesna Grekulović, Mirjana Rajčić-Vujasinović, Electrochemical behaviour of AgCu alloy in alkaline medium in presence of chloride ions, Corrosion, (2011), Accepted, ISSN 0010-9312
5. Mirjana Rajčić-Vujasinović, Svetlana Nestorović, Ivana Rangelov, Vesna Grekulović, Slavko Simov, Corrosion Behavior of sintered CuAg4at.% alloy, 7<sup>th</sup> International Scientific Conference, Cairo, Egypt, (2009), 39-40. ISBN 978-9958-624-29-2
6. Vesna Grekulović, Mirjana Rajčić-Vujasinović, Zoran Stević, Electrochemical behaviour of CuAg alloy in alkaline medium in presence of chloride ions, 42<sup>nd</sup> International October Conference on Mining and Metallurgy, Kladovo, Serbia, (2010), 206-209.

kao i doktorsku disertaciju odbranjenu na Tehničkom fakultetu u Boru i vezanu za koroziorno ponašanje legura bakra:

1. Snežana M. Milić, Uticaj hloridnih jona i benzotriazola na koroziorno ponašanje bakra i legura bakra u baznoj sredini, Doktorska disertacija, Tehnički fakultet, Bor, 2007

### **3. POLAZNE HIPOTEZE**

Pri formulisanju nevedene teme doktorske disertacije pošlo se od saznanja da su elektrohemijske metode vrlo uspešno primenjivane za karakterizaciju korozionog ponašanja metala i legura, te da bi trebalo očekivati da ukažu i na odgovarajuće ponašanje nedovoljno ispitane legure AgCu50. Budući da je bakar u ovom sistemu manje plemenita komponenta, očekivalo se da poznati i istovremeno najprisutniji aktivator korozije bakra, hloridni jon, ispolji određeni uticaj i na ovu leguru. Međutim, s obzirom na činjenicu da srebro sa hlorom gradi teško rastvorno jedinjenje srebro-hlorid, tek bi se na osnovu eksperimentalnih ispitivanja mogli da izvedu pouzdani zaključci o uticaju hloridnih jona na leguru koja je predmet ispitivanja u ovoj disertaciji. Slična dilema postoji i kada se radi o uticaju inhibitora na koroziorno ponašanje ove legure, o čemu nije bilo moguće pronaći nikakve podatke u dostupnoj literaturi. Pretpostavlja se, međutim, da je prvenstveno potrebno inhibirati oksidaciju bakra kao neplemenitije komponente, pa je stoga za ispitivanje izabran benzotriazol kao supstanca o čijem inhibitorskom delovanju

na bakar već postoje podaci u dostupnoj literaturi. Pošlo se, takođe, od pretpostavke da će na odgovarajući način izvedena elektrohemijska ispitivanja, praćena metodama analize produkata, omogućiti određivanje mehanizma oksidacije ispitivane legure i nekih parametara kao što su stepen pokrivenosti površine i Gibsova energija procesa.

## **4. NAUČNE METODE ISTRAŽIVANJA**

### **4.1. Eksperimentalne metode**

Za ispitivanje uticaja hloridnih jona i benzotriazola na elektrohemijsko ponašanje legure AgCu50 u alkalnoj sredini koriste se sledeće metode: merenje potencijala otvorenog kola, metoda ciklične voltametrije, potencijostatska metoda i mikroskopija površine. Ispitivanje elektrohemijskog ponašanja legure AgCu50 vrši se u  $0,1 \text{ mol/dm}^3$  NaOH, u prisustvu hloridnih jona različitih koncentracija, kao i u prisustvu benzotriazola različitih koncentracija. Ciklični voltamogrami se snimaju u oblasti od potencijala izdvajanja vodonika do potencijala izdvajanja kiseonika i u suprotnom smeru pri različitim brzinama promene potencijala. Potencijostatska ispitivanja se vrše na potencijalima svih anodnih strujnih pikova. Analiza površine vrši se nakon odabranih potencijostatskih merenja. Radne elektrode su napravljene od rafiniranih metala (Ag i Cu) čistoće 99,99 % i njihove legure sastava 50 % masenih Ag + 50 % masenih Cu. Za dobijanje radnih elektroda korišćeni su metalurški procesi koji počinju topljenjem u kvarcnoj peći na temperaturi od  $1250^\circ\text{C}$ , zatim livenjem i naknadnim hlađenjem. Dobijeni odlivci su zatim tretirani vodenim rastvorom  $\text{HNO}_3$  (1:1) radi uklanjanja oksida formiranih pri hlađenju, a nakon toga podvrgavani postupcima valjanja i izvlačenja, pri čemu su dobijene žice dimenzija  $\varnothing = 1 \text{ mm}$  i  $h = 150 \text{ mm}$ . Nakon toga žice su radi homogenizacije žarene na  $600^\circ\text{C}$  u trajanju od 30 minuta. Radnu površinu elektroda predstavlja uzdužni presek žice dužine 1 cm i širine 1 mm. Kao referentna elektroda korišćena je zasićena kalomelska elektroda (ZKE), a kao pomoćna elektroda – platinska elektroda.

## **5. OČEKIVANI NAUČNI DOPRINOS**

Očekuje se da će istraživanja planirana u okviru ove doktorske disertacije rezultirati novim podacima o ponašanju jedne tehnički značajne legure kao što je legura AgCu50. Sledeći rezultati će predstavljati značajan naučni doprinos u oblasti metalurškog inženjerstva:

- definisanje broja stupnjeva u mehanizmu oksidacije legure AgCu50 i prepoznavanje tih stupnjeva na osnovu poređenja sa rezultatima dobijenim u okviru ove disertacije pri istim uslovima na čistim metalima Ag i Cu;
- utvrđivanje uticaja koncentracije hloridnih jona na mehanizam i brzinu reakcije oksidacije ispitivane legure, kao i na redukciju produkata oksidacije;
- određivanje reakcionih produkata analizom površine posle potencijostatskih ispitivanja na svim potencijalima oksidacionih pikova bez prisustva hlorida i u njihovom prisustvu u različitim koncentracijama;

- utvrđivanje uticaja dodatka benzotriazola u elektrolit na mehanizam i brzinu procesa oksidacije legure AgCu50, merenje stepena pokrivenosti površine i izračunavanje Gibsove energije procesa adsorpcije;
- određivanje efekta vremena stajanja legure u rastvoru benzotriazola na njeno ponašanje elektrohemijско; poređenje ovog, kao i svih prethodnih efekata, sa uticajem na čiste metale;
- pojava porasta koncentracije srebra uz površinu žice načinjene od legure AgCu detektovana metodom ciklične voltametrije i uticaj ove pojave na konstrukciju radnih elektroda pri merenjima na legurama.

Da ovako definisani ciljevi predstavljaju naučno vredna ispitivanja, potvrđuje činjenica da je deo rezultata već prihvaćen za publikovanje u časopisu kategorije M21. Očekuje se da iz predmetne disertacije proistekne još radova publikovanih u časopisima kategorije M20 kao i saopštenja na skupovima međunarodnog i nacionalnog značaja.

Ispitivanja obuhvaćena predloženom doktorskom disertacijom ulaze u okvir istraživanja sledećih tekućih projekata Ministarstva prosvete i nauke:

1. Projekat OI 172060 - „Nov pristup dizajniranju materijala za konverziju i skladištenje energije“
2. Projekat TR 34003 - „Osvajanje proizvodnje livenih legura sistema bakar-zlato, bakar-srebro, bakar-platina, bakar-paladijum i bakar-rodijum poboljšanih svojstava primenom mehanizma ojačavanja žarenjem“

## **6. PLAN ISTRAŽIVANJA I STRUKTURA RADA**

### **6.1. Plan istraživanja**

Plan istraživanja obuhvata sledeće faze:

- pregled naučne literature
- definisanje predmeta i cilja istraživanja
- konstrukcija elektroda za elektrohemijска merenja
- izvođenje eksperimenata
- analiza i diskusija dobijenih rezultata

### **6.2. Struktura rada**

Doktorska disertacija će se okvirno sastojati od sledećih poglavlja:

#### **1. Uvodni deo**

- Literaturni pregled i analiza dosadašnjih istraživanja
- Značaj i definisanje predmeta istraživanja

#### **2. Teorijske osnove**

- Dijagram stanja sistema Ag-Cu
- E-pH dijagrami
- Elektrohemijсke metode

### **3. Eksperimentalni deo**

- Aparatura i elektrohemijska ćelija
- Izrada i priprema radnih elektroda
- Priprema radnih rastvora
- Priprema i način izvođenja eksperimenata

### **4. Ciljevi istraživanja**

### **5. Rezultati i diskusija**

#### **5.1. Elektrohemijsko ponašanje srebra, bakra i legure AgCu50 u 0,1 mol/dm<sup>3</sup> NaOH**

##### **5.1.1. Metoda ciklične voltametrije**

##### **5.1.2. Potenciostatska metoda**

#### **5.2. Uticaj hloridnih jona na elektrohemijsko ponašanje srebra, bakra i legure AgCu50 u alkalnoj sredini**

##### **5.2.1. Metoda ciklične voltametrije**

##### **5.2.2. Potenciostatska metoda**

#### **5.3. Uticaj različitih koncentracija benzotriazola na elektrohemijsko ponašanje srebra, bakra i legure AgCu50 u baznoj sredini**

##### **5.3.1. Metoda ciklične voltametrije**

##### **5.3.2. Potenciostatska metoda**

#### **5.4. Uticaj vremena stajanja legure AgCu50 i čistih metala Ag i Cu u 0,01 mol/dm<sup>3</sup> benzotriazola na njihovu korozionu postojanost**

#### **5.5. Ciklična voltametrija i promena sastava legure AgCu duž prečnika žice**

### **7. Zaključak**

### **8. Literatura**

### **9. Biografija i spisak radova proisteklih iz izrade doktorske disertacije**

### **7. ZAKLJUČAK I PREDLOG**

Na osnovu analize prijave i obrazloženja predložene teme doktorske disertacije, komisija za ocenu naučne zasnovanosti predložene teme doktorske disertacije kandidata mr Vesne Grekulović zaključuje da kandidat ispunjava sve zakonske i suštinske uslove za izradu predložene doktorske disertacije. Takođe, komisija zaključuje da prijavljena tema po predmetu istraživanja, ciljevima, sadržaju i očekivanim naučnim doprinosima, predstavlja značajno područje istraživanja i kao takva može biti predmet doktorske disertacije.

Komisija predlaže Nastavno-naučnom veću Tehničkog fakulteta u Boru da se kandidatu mr Vesni Grekulović odobri izrada doktorske disertacije pod nazivom: „**Uticaj hloridnih jona i benzotriazola na elektrohemijsko ponašanje legure AgCu50 u alkalnoj sredini**“. Takođe, komisija predlaže da se za mentora imenuje prof. dr Mirjana Rajčić-Vujasinović, redovni profesor Tehničkog fakulteta u Boru, koja ispunjava sve Zakonom predviđene uslove.

U Boru, oktobar 2011. godine

KOMISIJA

1. dr Mirjana Rajčić-Vujasinović, red. prof.  
Tehnički fakultet u Boru
2. dr Zoran Stević, van. prof.  
Tehnički fakultet u Boru
3. dr Vladimir Panić, viši naučni saradnik  
IHTM Beograd
4. dr Jasmina Stevanović, naučni savetnik  
IHTM Beograd
5. dr Zvonimir Stanković, red. prof.  
Tehnički fakultet u Boru

## ПОДАЦИ О МЕНТОРУ

За кандидата: **мр Весну Грекуловић**

Име и презиме ментора: **проф. др Мирјана Рајчић - Вујасиновић**

Звање: **Редовни професор, Универзитет у Београду, Технички факултет у Бору**

Списак радова објављених у научним часописима са Science Citation Index (SCI) листе који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. Vesna Grekulović, Mirjana Rajčić-Vujasinović, Electrochemical behaviour of AgCu alloy in alkaline medium in presence of chloride ions, Corrosion, (2011), Accepted, ISSN 0010-9312 IF (2010) = 1.135
2. Mirjana Rajčić-Vujasinović, Svetlana Nestorović, Vesna Grekulović, Ivana Marković and Zoran Stević, Electrochemical Behavior of Sintered CuAg4at. pct Alloy, Metallurgical and Materials Transactions B, 41, 5 (2010) 955-961. ISSN 1073-5615  
IF (2010) = 0.963
3. Mirjana Rajčić-Vujasinović, Svetlana Nestorović, Vesna Grekulović, Ivana Marković, Zoran Stević, Electrochemical Behavior of Cast CuAg4at.% Alloy, Corrosion, 66, October (2010) 105004 (5 pages) doi 10.5006/1.3500832. ISSN 0010-9312  
IF (2010) = (1.135)
4. Zoran Stević, M. Rajčić-Vujasinović and Aleksandar Dekanski, Estimation of Parameters Obtained by Electrochemical Impedance Spectroscopy on Systems Containing High Capacities, Sensors, 9 (2009), 7365-7373. ISSN 1424-8220  
IF (2009) = 1.903
5. M.M. Rajčić-Vujasinović, Z.D. Stanković, Z.M. Stević, The Consideration of the Analogue Electrical Circuit of the Metal or Semiconductor/Electrolyte Interfaces Based on the Time Transient Analysis, Elektrokimiya (Russian Journal of Electrochemistry) 35, 3 (1999) 347-354. ISSN 1023-1935  
IF (2010) = 0.51
6. Z. Stanković, M. Rajčić-Vujasinović, M. Vuković, S. Krčobić, A.A. Wragg, Electrochemical synthesis of cupric oxide powder. Part I: Influence of pH, Journal of Applied Electrochemistry, 28, 12 (1998) 1405-1411. ISSN 0021-891X  
IF (1998) = 0.928
7. Z. Stanković, M. Rajčić-Vujasinović, M. Vuković, S. Krčobić, A.A. Wragg, Electrochemical synthesis of cupric oxide powder. Part II: Process conditions, Journal of Applied Electrochemistry, 29, 1 (1999) 81-85. ISSN 0021-891X  
IF (1999) = 0.912

8. M. Rajčić-Vujasinović, Z. Stanković, Chronopotentiometric Investigations of Anodic Dissolution of the Natural Covellite (CuS), *Erzmetall, Journal for Exploration, Mining and Metallurgy*, 47 (2) (1994) 131-135. ISSN 0044-2658
9. Z. Stević, M. Rajčić-Vujasinović, Chalcocite as a potential material for supercapacitors, *Journal of Power Sources*, 160 (2006) 1511-1517. ISSN 0378-7753

IF (2006) = 3.521

10. Zoran Stević, Mirjana Rajčić-Vujasinović, Sanja Bugarinović and Aleksandar Dekanski, Construction and characterisation of double layer capacitors, *Acta Physica Polonica, A*, vol. 117 No.1 (2010) 228-233. ISSN 0587-4246  
IF (2010) = 0.467

Заокружити одговарајућу опцију (А, Б, В или Г):

- А) У случају менторства дисертације на докторским студијама у групацији техничко-технолошких, природно-математичких и медицинских наука ментор треба да има најмање три рада са SCI, SSCI, AHCI или SCIE листе, као и Math-Net.Ru листе.
- Б) У случају менторства дисертације на докторским студијама у групацији друштвено-хуманистичких наука ментор треба да има најмање три рада са релевантне листе научних часописа (Релевантна листа научних часописа обухвата SCI, SSCI, AHCI и SCIE листе, као и ERIH листу, листу часописа које је Министарство за науку класификовало као M24 и додатну листу часописа коју ће, на предлог универзитета, донети Национални савет за високо образовање. Посебно се вреднују и монографије које Министарство науке класификује као M11, M12, M13, M14, M41 и M51.)
- ☒ В) У случају израде докторске дисертације према ранијим прописима за кандидате који су стекли академски назив магистра наука ментор треба да има пет радова (референци) које га, по оцени Већа научних области, квалификују за ментора односне дисертације.
- Г) У случају да у ужој научној области нема квалификованих наставника, приложити одлуку Већа докторских студија о именовању редовног професора за ментора.

Датум: 8.09. 2011. године



ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

Проф. др Милан Антонијевић