

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 Весне (Јован) Грекуловић

КАНДИДАТ: **мр Весна (Јован) Грекуловић**

Пријавила је докторску дисертацију под називом:

УТИЦАЈ ХЛОРИДНИХ ЈОНА И БЕНЗОТРИАЗОЛА НА ЕЛЕКТРОХЕМИЈСКО ПОНАШАЊЕ ЛЕГУРЕ AgCu50 У АЛКАЛНОЈ СРЕДИНИ

Из научне области: **Металуршко инжењерство**

Универзитет је дана **28.11.2011.** године својим актом под бројем **06-8225/16-16-11** дао сагласност на предлог теме дисертације која гласи: **УТИЦАЈ ХЛОРИДНИХ ЈОНА И БЕНЗОТРИАЗОЛА НА ЕЛЕКТРОХЕМИЈСКО ПОНАШАЊЕ ЛЕГУРЕ AgCu50 У АЛКАЛНОЈ СРЕДИНИ**

Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата: **мр Весне (Јован) Грекуловић** образована је на седници одржаној **05.07.2012.** године, одлуком факултета под бр. **VI/4-25-14.1**, у саставу:

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

1. др Мирјана Рајчић Вујасиновић, ред. професор, металуршко инжењерство, Технички Факултет у Бору, ментор
2. др Зоран Стевић, ван. професор, електротехника, Технички Факултет у Бору, члан
3. др Владимир Панић, научни саветник, електрохемијско инжењерство, ИХТМ Београд, члан
4. др Јасмина Стевановић, научни саветник, електрохемијско инжењерство, ИХТМ Београд, члан
5. др Звонимир Станковић, ред. професор у пензији, члан

Наставно-научно веће факултета прихватило је извештај Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације на седници одржаној дана **20.09. 2012.** године, под бројем: **VI/4-26-9.**

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/4-26-9
Бор, 21. 09. 2012. године

На основу чл. 44. Статута Техничког факултета у Бору, Наставно-научно веће Факултета, на седници одржаној 20. 09. 2012. године, донело је

О Д Л У К У

I Усваја се Извештај Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата: **мр Весне Грекуловић**, дипл. инж. металург. под називом: „Утицај хлоридних јона и бензотразола на електрохемијско понашање легуре **AgCu50** у алкалној средини“, на који није било примедби.

II Универзитет у Београду је дана 28. 11. 2011. 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:

Рад у врхунском међународном часопису M21

1. Vesna Grekulović, Mirjana Rajčić-Vujasinović, Electrochemical behaviour of AgCu alloy in alkaline medium in presence of chloride ions, Corrosion, 68,2 (2012), 025003-1-025003-8, ISSN 0012-9312
2. Mirjana Rajčić-Vujasinović, Svetlana Nestorović, Vesna Grekulović, Ivana Marković, Zoran Stević, Electrochemical behavior of cast CuAg4 at.% alloy, Corrosion, 66, 10 (2010), 105004-1-105004-5. ISSN 0010-9312
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

Рад у врхунском међународном часопису M22

1. Vesna Grekulović, Mirjana Rajčić-Vujasinović, Batrić Pešić, Zoran Stević, Influence of BTA on Electrochemical Behavior of AgCu50 Alloy, Int. J. Electrochem. Sci., 7 (2012) 5231 – 5245

Рад у врхунском међународном часопису M23

1. 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

IV Именована ће бранити докторску дисертацију пред Комисијом у саставу:

1. др Мирјана Рајчић Вујасиновић, редовни професор Техничког факултета у Бору – ментор;
2. др Зоран Стевић, ванредни професор Техничког факултета у Бору – члан;
3. др Владимир Панић, научни саветник на Институту за хемију, технологију и металургију у Београду – члан;

4. др Јасмина Стевановић, научни саветник на Институту за хемију, технологију и металургију у Београду – члан;

5. др Звонимир Станковић, редовни професор у пензији – 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:

- именованој
- 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: Izveštaj komisije o urađenoj doktorskoj disertaciji kandidata mr Vesne Grekulović, dipl. inž. metalurgije

Odlukom Nastavno-naučnog veća Tehničkog fakulteta u Boru broj VI/4-25-14.1. od 5. 07. 2012. godine, imenovani smo u komisiju za ocenu i odbranu urađene doktorske disertacije kandidata mr Vesne Grekulović, dipl. inž. metalurgije, pod nazivom: **UTICAJ HLORIDNIH JONA I BENZOTRIAZOLA NA ELEKTROHEMIJSKO PONAŠANJE LEGURE AgCu50 U ALKALNOJ SREDINI**. Nakon pregleda urađene doktorske disertacije i prateće dokumentacije koja nam je dostavljena na uvid, podnosimo sledeći

IZVEŠTAJ

1. UVOD

1.1. Naslov i obim disertacije

Naslov doktorske disertacije je **UTICAJ HLORIDNIH JONA I BENZOTRIAZOLA NA ELEKTROHEMIJSKO PONAŠANJE LEGURE AgCu50 U ALKALNOJ SREDINI**, koja je napisana na 116 strana i sastoji se od 6 poglavlja, a na kraju se nalaze biografija autora i spisak objavljenih radova iz disertacije.

1.2. Hronologija odobravanja u izradi disertacije

Odlukom Nastavno-naučnog veća Tehničkog fakulteta u Boru, broj VI/4-16-13.2. od 22. 09. 2011. godine imenovana je komisija za ocenu naučne zasnovanosti predložene teme doktorske disertacije.

Odlukom Nastavno-naučnog veća Tehničkog fakulteta u Boru, broj VI/4-17-8.3. od 21. 10. 2011. godine usvojen je izveštaj komisije za ocenu naučne zasnovanosti prijavljene doktorske disertacije.

Veće naučnih oblasti tehničkih nauka Univerziteta u Beogradu na sednici održanoj 28. 11. 2011. godine donelo je odluku, broj 06-8225/16-11, o davanju saglasnosti na predlog teme doktorske disertacije.

Odlukom Nastavno-naučnog veća Tehničkog fakulteta u Boru, broj VI/4-25-14.1. od 5. 07. 2012. godine imenovana je komisija za ocenu i odbranu doktorske disertacije.

1.3. Mesto disertacije u odgovarajućoj naučnoj oblasti

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

1.4. Biografski podaci o kandidatu

Mr Vesna J. 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 poslediplomske 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 8 radova u časopisima sa SCI liste, 2 rada u domaćem časopisu van SCI liste, jedno poglavlje u monografiji međunarodnog značaja, 22 saopštenja na međunarodnim i 21 saopštenje na konferencijama nacionalnog značaja.

Istraživačka interesovanja:

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

2. OPIS DISERTACIJE

2. 1. Struktura i sadržaj disertacije

Disertacija je napisana na 116 strana i sastoji se od šest poglavlja:

- Uvod
- Teorijske osnove
- Eksperimentalni deo
- Ciljevi istraživanja
- Rezultati i diskusija
- Zaključak
- Literatura
- Biografija i spisak radova proisteklih iz izrade doktorske disertacije

Disertacija je ilustrovan sa 69 slika i 11 tabela, a u literaturnom pregledu citirano je 106 referenci.

2. 2. Kratak prikaz pojedinih poglavlja

U *prvom poglavlju* je dat literaturni pregled i analiza dosadašnjih istraživanja elektrohemijskog ponašanja srebra, bakra i legura iz sistema srebro-bakar, pri čemu je utvrđeno da je elektrohemijsko ponašanje čistog srebra i čistog bakra u raznim sredinama predmet istraživanja u velikom broju radova koji su štampani i citirani u elektrohemijskoj literaturi, dok je legura Ag-Cu istraživana u mnogo manjem obimu. Stoga je za predmet istraživanja doktorske disertacije odabrano elektrohemijsko ponašanje legure AgCu50 u 0,1 mol/dm³ NaOH, u prisustvu hloridnih jona različitih koncentracija, kao i u prisustvu benzotriazola različitih koncentracija. Uporedno sa ispitivanjem legure AgCu50 ispitivano je i elektrohemijsko ponašanje čistog srebra i čistog bakra pri istim uslovima kao legura AgCu50 radi uporedne analize i tumačenja dobijenih rezultata.

U *drugom poglavlju* su date teorijske osnove na osnovu kojih su analizirani rezultati dobijeni u doktorskoj disertaciji. Prikazan je dijagram stanja legure Ag-Cu, kao i E-pH dijagrami za sisteme Ag-H₂O i Cu-H₂O na 25⁰C.

U *trećem poglavlju* je opisan način izrade i pripreme radnih elektroda, kao i način pripreme radnih rastvora. Predstavljene su i karakteristike eksperimentalnih tehnika primenjenih u radu, i to :

- elektrohemijskih metoda (merenje potencijala otvorenog kola, ciklična voltametrija i potenciostatska metoda) i
- metoda za karakterizaciju površine elektrode (optička mikroskopija, skenirajuća elektronska mikroskopija i EDS analiza).

U *četvrtom* poglavlju je detaljno izložen cilj rada. Kao osnovni cilj ove doktorske disertacije postavljeno 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. Upotrebom savremenih metoda analize površine trebalo je dati doprinos razumevanju mehanizma precesa na površini ovog tipa legura u oksidacionim uslovima.

U *petom* poglavlju su izneti rezultati ispitivanja iz okvira predmetne disertacije, kao i diskusija tih rezultata. U prvom delu je ispitivano elektrohemijsko ponašanje srebra, bakra i legure AgCu50 u 0,1 mol/dm³ NaOH. Najpre su snimani i analizirani voltamogrami za čiste metale, a zatim za leguru AgCu50 pri čemu je vršena uporedna analiza. Ciklični voltamogrami su snimani u oblasti od potencijala izdvajanja vodonika do potencijala izdvajanja kiseonika i u suprotnom smeru pri različitim brzinama promene potencijala. Nakon toga su vršena potencijostatska ispitivanja legure AgCu50 u 0,1 mol/dm³ NaOH na potencijalima anodnih strujnih pikova. Karakterizacija površine nakon odabranih potencijostatskih merenja vršena je optičkom mikroskopijom, skenirajućom elektronskom mikroskopijom i EDS analizom.

U drugom delu su prikazani rezultati ispitivanja elektrohemijskog ponašanja srebra, bakra i legure AgCu50 u 0,1 mol/dm³ NaOH u prisustvu hloridnih jona. Kao i u prvom delu najpre su snimani i analizirani voltamogrami za čiste metale, a zatim za leguru AgCu50. Prikazani su i rezultati ispitivanja legure potencijostatskom metodom, kao i rezultati dobijeni optičkom mikroskopijom, skenirajućom elektronskom mikroskopijom i EDS analizom nakon potencijostatskih merenja na potencijalima anodnih strujnih pikova.

U trećem delu su prikazani rezultati ispitivanja uticaja benzotriazola (BTA) na elektrohemijsko ponašanje srebra, bakra i legure AgCu50 u alkalnoj sredini metodom ciklične voltametrije i potencijostatskom metodom. Prikazani su i rezultati karakterizacije površine legure AgCu50 skenirajućom elektronskom mikroskopijom i EDS analizom nakon potencijostatskih merenja na potencijalima anodnih strujnih pikova u 0,1 mol/dm³ NaOH u prisustvu BTA. Pored toga prikazani su rezultati ispitivanja uticaja vremena stajanja legure AgCu50 i čistih metala Ag i Cu u 0,01 mol/dm³ benzotriazola u trajanju od 15, 30, 60, 360, 720 i 1440 minuta na njihovo elektrohemijsko ponašanje. Određen je stepen pokrivenosti kao i vrednost Gibsove energije adsorpcije kao indikatora tipa adsorpcionih veza.

U četvrtom delu petog poglavlja prikazani su rezultati koji pokazuju pojavu porasta koncentracije srebra uz površinu žice načinjene od legure Ag-Cu detektovanu metodom ciklične voltametrije i uticaj ove pojave na konstrukciju radnih elektroda pri merenjima na legurama.

U *šestom* poglavlju su izneti zaključci izvedeni na osnovu rezultata dobijenih u ovom radu.

Na kraju je data literatura, koja obuhvata 106 relevantna referentna navoda.

3. OCENA DISERTACIJE

3. 1. Savremenost, originalnost i značaj

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 Ag-Cu u prisustvu hloridnih jona, kao i uopšte, mnogo je manje ispitivano, nego kada se radi o čistim metalima.

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 Ag-Cu.

Istraživanjima u okviru ove doktorske disertacije došlo se do novih podataka o ponašanju jedne tehnički značajne legure kao što je legura AgCu50. Ispitano je elektrohemijsko ponašanje legure AgCu50 u alkalnoj sredini. Utvrđen je uticaj prisustva hloridnih jona na elektrohemijsko ponašanje legure i čistih metala koji čine leguru. Utvrđen je uticaj dodatka benzotriazola u elektrolit na mehanizam i brzinu procesa oksidacije legure AgCu50. Utvrđen je efekat vremena stajanja legure u rastvoru benzotriazola na njeno potonje elektrohemijsko ponašanje.

3. 2. Osvrt na referentnu i korišćenu literaturu

U disertaciji je korišćena literatura koja obuhvata članke objavljene u časopisima sa SCI liste relevantne za temu doktorske disertacije. Neki od radova koji su poslužili 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⁻ 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⁻ 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_(aq) 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 Ag₂O, *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_(aq) 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 Ag₂O, *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.

3. 3. Analiza primenjenih naučnih metoda i njihova adekvatnost

Za ispitivanje uticaja hloridnih jona i benzotriazola na elektrohemijsko ponašanje legure AgCu50 u alkalnoj sredini korišćene su sledeće metode: merenje potencijala otvorenog kola, metoda ciklične voltametrije, potenciostatska metoda, optička mikroskopija, skenirajuća elektronska mikroskopija i EDS analiza. Ispitivanje elektrohemijskog ponašanja legure AgCu50 vršeno je u 0,1 mol/dm³ NaOH, u prisustvu hloridnih jona različitih koncentracija, kao i u prisustvu benzotriazola različitih koncentracija. Ciklični voltamogrami su snimani u oblasti od potencijala izdvajanja vodonika do potencijala izdvajanja kiseonika i u suprotnom smeru pri različitim brzinama promene potencijala. Potenciostatska ispitivanja su vršena na potencijalima anodnih strujnih pikova u trajanju od 100 s. Analiza površine vršena je nakon odabranih potenciostatskih 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 korišćene su metalurški procesi koji počinju topljenjem u kvarcnoj peći na temperaturi od 1250⁰C, zatim livenjem i naknadnim hlađenjem. Dobijeni odlivci su zatim tretirani vodenim rastvorom HNO₃ (1:1) radi uklanjanja oksida formiranih pri hlađenju, a nakon toga podvrgavani postupcima valjanja i izvlačenja, pri čemu su dobijene žice dimenzija Ø = 1 mm i h = 150 mm. Nakon toga žice su radi homogenizacije žarene na 600⁰C 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.

3. 4. Ocena primenljivosti i verifikacije ostvarenih rezultata

Rezultati predmetne disertacije su primenljivi kao značajan naučnim metodama utvrđen doprinos razumevanju procesa oksidacije legura Ag-Cu, ali i legura eutektičkog tipa uopšte. Pojašnjen je mehanizam uticaja hloridnih jona na procese oksidacije legura bakra i srebra, kao i mehanizam delovanja benzotriazola na inhibiciju ovih procesa. Eksperimentalni postupak je opisan sa svim potrebnim detaljima koji omogućuju ponavljanje istovetnih eksperimenata i njihovu neposrednu verifikaciju. Dodatna

verifikacija moguća je kako proširenjem ispitivanja u smislu primene dodatnih metoda, tako i modifikovanjem uslova i podizanjem istraživanja iznad laboratorijskog nivoa.

3. 5. Ocena sposobnosti kandidata za samostalni naučni rad

Urađena doktorska disertacija, analiza dobijenih rezultata, proistekli publikovani naučni radovi i učešće u realizaciji naučno-istraživačkih projekata ukazuju na sposobnost kandidata Vesne Grekulović, dipl.inž. metalurgije, za samostalni naučni rad, kao i za aktivno učešće u timskom radu.

4. OSTVAREN NAUČNI DOPRINOS

4.1. Prikaz ostvarenih naučnih doprinosa

Istraživanja u okviru ove doktorske disertacije rezultiraju novim podacima o ponašanju jedne tehnički značajne legure kao što je legura AgCu50. Sledeći rezultati predstavljaju značajan naučni doprinos u oblasti metalurškog inženjerstva:

- definisan je broj stupnjeva u mehanizmu oksidacije legure AgCu50 na osnovu poređenja sa rezultatima dobijenim u okviru ove disertacije pri istim uslovima na čistim metalima Ag i Cu;
- utvrđen je uticaj koncentracije hloridnih jona na mehanizam i brzinu reakcije oksidacije ispitivane legure, kao i na redukciju produkata oksidacije;
- određeni su reakcionih produkti analizom površine posle potencijostatskih ispitivanja na potencijalima oksidacionih pikova bez prisustva hlorida i u njihovom prisustvu u različitim koncentracijama;
- utvrđen je uticaj dodatka benzotriazola u elektrolit na mehanizam i brzinu procesa oksidacije legure AgCu50, određen je stepen pokrivenosti površine i izračunata vrednost Gibsove energije procesa adsorpcije;
- utvrđen je efekat vremena stajanja legure u rastvoru benzotriazola na njeno potonje elektrohemijsko ponašanje; izvršeno je poređenje ovog, kao i svih prethodnih efekata, sa uticajem na čiste metale;
- metodom ciklične voltametrije utvrđena je pojava porasta koncentracije srebra uz površinu žice načinjene od legure AgCu i uticaj ove pojave na konstrukciju radnih elektroda pri merenjima na legurama.

4.2. Kritička analiza rezultata istraživanja

U okviru urađene doktorske disertacije prikazan je značajan broj eksperimentalnih podataka iz kojih je izvedeno više zaključaka. Utvrđeno je elektrohemijsko ponašanje legure AgCu50, kao i čistih metala koji čine leguru u alkalnoj sredini. Utvrđeno je da postoji aktivatorsko dejstvo hloridnih jona na proces korozije kako čistih metala tako i legure AgCu50 u alkalnoj sredini. Utvrđena je 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/dm³ benzotriazola u trajanju od 15, 30, 60, 360, 720 i 1440

minuta na njihovo elektrohemijsko ponašanje. Metodom ciklične voltametrije je utvrđena pojava porasta koncentracije srebra uz površinu žice načinjene od legure Ag-Cu i uticaj ove pojave na konstrukciju radnih elektroda pri merenjima na legurama. Ovi rezultati ukazuju i na to da se uticaj pojedinih faktora kao što je koncentracija korozionih agenasa, temperature, pH vrednosti i drugih, ne može pouzdano ispitivati na elektrodama čiju bi radnu površinu činio omotač valjka žice, već se mora koristiti samo poprečni ili uzdužni presek čiji se sastav ne menja neophodnim poliranjem između dva merenja. Optička mikroskopija, skenirajuća elektronska mikroskopija i EDS analiza koje su korišćene za kvalitativnu i kvantitativnu analizu površine legure nakon potenciostatskog tretiranja elektrode doprinele su boljem razumevanju mehanizma procesa oksidacije ovog tipa legura.

4.3. Očekivana primena rezultata u praksi

Imajući u vidu značaj legure AgCu50 u praksi, a kako nije bilo dostupnih podataka o uticaju hloridnih jona i benzotriazola na elektrohemijsko ponašanje ove legure, rezultati ove doktorske disertacije, osim što predstavljaju značajan naučni doprinos, imaju i praktičnu vrednost svuda gde se primenjuju legure srebra i bakra. Za inženjere koji planiraju upotrebu navedenih legura, od značaja je utvrđeni uticaj koncentracije hloridnih jona na korozionu postojanost kako samih legura, tako i čistih metala koji čine leguru. Inhibirajući efekat benzotriazola u alkalnoj sredini je dokazan i predstavlja vrlo upotrebljiv rezultat. S obzirom na to da se u elektrohemijskim ispitivanjima često koriste elektrode u obliku žice dobijene metalurškim postupcima kakvi su korišćeni i u ovoj disertaciji, podatak o neravnomernoj raspodeli elemenata uz površinu žice, do kojeg se došlo preliminarnim istraživanjima vezanim za ovu disertaciju, od velikog je značaja za istraživače prilikom konstrukcije radnih elektroda da bi se izbegla pogrešna tumačenja dobijenih rezultata.

4.4. Verifikacija naučnih doprinosa kroz objavljene radove u časopisima

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

Rad u vrhunskom međunarodnom časopisu M21

1. Vesna Grekulović, Mirjana Rajčić-Vujasinović, Electrochemical behaviour of AgCu alloy in alkaline medium in presence of chloride ions, Corrosion, 68,2 (2012), 025003-1-025003-8, ISSN 0012-9312
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. 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

Rad u međunarodnom časopisu M22

1. Vesna Grekulović, Mirjana Rajčić-Vujasinović, Batrić Pešić, Zoran Stević, Influence of BTA on Electrochemical Behavior of AgCu50 Alloy, Int. J. Electrochem. Sci., 7 (2012) 5231 – 5245

Rad u međunarodnom časopisu M23

1. 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

Saopštenja sa međunarodnog skupa štampano u celini M33

1. M. Rajcic-Vujasinovic, V. Fajnišević, and Z. Stevic, "Electrochemical Investigation of Ag-Cu Alloy in Alkaline Media", Proceedings of 39th International October Conference on Mining and Metallurgy, Sokobanja, (2007) 365-371. ISBN 987-86-80987-52-1
2. Mirjana Rajčić-Vujasinović, Svetlana Nestorović, Vesna Grekulović, Ivana Rangelov, Zoran Stević, Slavko Simov, Corrosion Behavior of cast CuAg4at.% alloy, 41th International October conference on Mining and Metallurgy, Kladovo, Serbia (2009), 667-674. ISBN 978-86-7827-033-8.
3. Mirjana Rajčić-Vujasinović, Svetlana Nestorović, Ivana Rangelov, Vesna Grekulović, , Slavko Simov, Corrosion Behavior of sintered CuAg4at.% alloy, 7th International Scientific Conference, Cairo, Egypt, (2009), 39-40. ISBN 978-9958-624-29-2
4. Vesna Grekulović, Mirjana Rajčić-Vujasinović, Zoran Stević, Electrochemical behaviour of CuAg alloy in alkaline medium in presence of chloride ions, 42nd International October Conference on Mining and Metallurgy, Kladovo, Serbia, (2010) 206-209. ISBN 978-86-80987-79-8
5. Mirjana Rajčić-Vujasinović, Vesna Grekulović, Zoran Stević, Potenciostatic investigation of AgCu alloy in alkaline medium in presence of chloride, 15th International Research/Expert Conference "Trends in the Development of Machinery and Associated Technology" TMT 2011, Prague, Czech Republic, 12-18 September (2011) 969-972. ISSN 1840-4944

6. Mirjana Rajčić-Vujasinović, Svetlana Nestorović, Zoran Stević, Vesna Grekulović, Ivana Marković, Slavko Simov, Electrochemical behavior of cast and sintered CuAg4at.% alloy in alkaline medium, 43th International October conference on Mining and Metallurgy, University of Belgrade-Technical Faculty in Bor, Kladovo, Serbia (2011), 346-349. ISBN 978-86-80987-87-3, COBISS. SR-ID 186644236.
7. Vesna Grekulović, Mirjana Rajčić-Vujasinović, Zoran Stević, Influence of BTA on electrochemical behavior of AgCu(50mass.%) alloy, 43th International October conference on Mining and Metallurgy, University of Belgrade-Technical Faculty in Bor, Kladovo, Serbia (2011) 433-436. ISBN 978-86-80987-87-3. COBISS. SR-ID 186644236

Saopštenje sa međunarodnog skupa štampano u izvodu M34

1. M. Rajčić-Vujasinović, V. Grekulović, Z. Stević, B. Pešić, S. Bugarinović, Electrochemical behavior of AgCu-alloy as a material for contacts in electronic industry, Proceeding, XIIIth International scientific-practical conference, Modern information and electronic technologies, Odessa, Ukraine, (2012) 296. ISBN 978-966-2666-01-4

Saopštenje sa skupa nacionalnog značaja štampano u izvodu M64

1. Mirjana Rajčić-Vujasinović, Vesna Grekulović, Zoran Stević, Ciklična voltometrija i promena sastava legure AgCu duž prečnika žice, Peti simpozijum o termodinamici i faznim dijagramima, Tehnički fakultet u Boru, Kladovo, Srbija, (2011) 15. ISBN 978-86-80987-91-0.

Ispitivanja obuhvaćena ovom doktorskom disertacijom predstavljaju deo istraživanja u okviru tekućih naučnih projekata Ministarstva prosvete i nauke Republike Srbije:

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“

5. ZAKLJUČAK I PREDLOG

Na osnovu pregledane doktorske disertacije, kao i uvida u verifikovan naučni doprinos kroz objavljene radove u časopisima (3 rada kao prvopotpisani autor i 2 rada kao koautor u međunarodnim časopisima kategorije M20), komisija za ocenu i odbranu urađene doktorske disertacije zaključuje da kandidat **mr Vesna J. Grekulović, 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 Vesne J. Grekulović, dipl. inž. metalurgije, pod nazivom: **UTICAJ HLORIDNIH JONA I BENZOTRIAZOLA NA ELEKTROHEMIJSKO PONAŠANJE LEGURE AgCu50 U ALKALNOJ SREDINI**, da isti izveštaj uputi na konačno usvajanje Veću naučnih oblasti tehničkih nauka Univerziteta u Beogradu, te da nakon toga kandidata pozove na javnu odbranu.

U Boru, 12.07.2012.

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, naučni savetnik
IHTM Beograd
4. dr Jasmina Stevanović, naučni savetnik
IHTM Beograd
5. dr Zvonimir Stanković, red. prof.
Tehnički fakultet u Boru