

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 Зорана (Антоније) Аврамовића

КАНДИДАТ: **Мр Зоран (Антоније) Аврамовић**

Пријавила је докторску дисертацију под називом:

ИСПИТИВАЊЕ ПРОЦЕСА КОРОЗИЈЕ МЕСИНГА У РАСТВОРУ НАТРИЈУМ СУЛФАТА

Из научне области: **Технолошко инжењерство**

Универзитет је дана **18.01.2007.** године својим актом под бројем **150-17/27-06** дао сагласност на предлог теме дисертације која гласи: **ИСПИТИВАЊЕ ПРОЦЕСА КОРОЗИЈЕ МЕСИНГА У РАСТВОРУ НАТРИЈУМ СУЛФАТА**

Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата:

Мр Зорана (Антоније) Аврамовића

образована је на седници одржаној **25.04.2013.** године, одлуком факултета под бр. **VI/4-6-5**, у саставу:

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

1. др Милан Антонијевић, ред. професор, хемија, хемијска технологија и хемијско инжењерство, Технички факултет у Бору, ментор
2. др Снежана Милић, доцент, хемија, хемијска технологија и хемијско инжењерство, Технички факултет у Бору, члан
3. др Миомир Павловић, научни саветник, електрохемијско инжењерство, ИХТМ Београд, члан

Наставно-научно веће факултета прихватило је извештај Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације на седници одржаној дана **30.05.2013.** године, под бројем: **VI/4-7-5.2.**

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

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Извештај Комисије о урађеној докторској дисертацији кандидата мр Зорана Аврамовића, дипл.инж.неорганске технологије

Одлуком Наставно-научног већа техничког факултета у Бору, број VI/4-6-5 од 25.04.2013.године, именовани смо у Комисију за оцену и одбрану урађене докторске дисертације кандидата мр Зорана Аврамовића, дипл.инж.неорганске технологије, под називом: **„ИСПИТИВАЊЕ ПРОЦЕСА КОРОЗИЈЕ МЕСИНГА У РАСТВОРУ НАТРИЈУМ СУЛФАТА“**. Након прегледа урађене докторске дисертације и пратеће документације, која нам је достављена на увид, подносимо следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. УВОД

1.1. Наслов и обим дисертације

Наслов докторске дисертације је: **„ИСПИТИВАЊЕ ПРОЦЕСА КОРОЗИЈЕ МЕСИНГА У РАСТВОРУ НАТРИЈУМ СУЛФАТА“**, која је написана на 95 страна и састоји се од девет поглавља. На крају дисертације, у складу са Упутством за обликовање докторске дисертације, Универзитета у Београду, налази и списак коришћене литературе, кратка биографија аутора и прилози.

1.2. Хронологија одобравања у изради дисертације

Хронологија одобравања у изради докторске дисертације, одвијала се следећом динамиком:

- Одлуком Наставно-научног већа Техничког факултета у Бору, број VI-4/4-6, од 22.02.2007. године, одобрен је рад на докторској дисертацији, са темом: **„ИСПИТИВАЊЕ ПРОЦЕСА КОРОЗИЈЕ МЕСИНГА У РАСТВОРУ НАТРИЈУМ СУЛФАТА“**, на предлог кандидата и Комисије за оцену научне заснованости теме дисертације. Наставно-научно веће факултета је прихватило, а Стручно веће за хемијску технологију, хемијско инжењерство, биохемијско инжењерство и металургију, на седници одржаној 18.01.2007.године, дало је сагласност на предлог теме докторске дисертације.
- Веће научних области техничких наука Универзитета у Београду, на седници одржаној 18.01.2007. године, донело је Одлуку број 150-17/27-06 о давању сагласности на предлог теме докторске дисертације.

- Одлуком Наставно-научног већа Техничког факултетета у Бору, број VI/4-3-4, од 21.12.2012. године, продужен је рок израде дисертације за годину дана.
- Одлуком Наставно-научног већа Техничког факултетета у Бору, број VI/4-6-5 од 25.04.2013. године, именована је Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације.

1.3. Место дисертације у одговарајућој научној области

Предлог истраживања докторске дисертације припада научној области Хемијска технологија, ужа научна област Корозија и заштита материјала.

1.4. Биографски подаци о аутору

Зоран Аврамовић рођен је 30. јуна 1963. године у Бору, где је завршио основну и средњу школу. Технички факултет, одсек Неорганска хемијска технологија, уписао је 1982. године, студије је започео 1983. године, а завршио 1989. године, са просеком оцена 7.71 и оценом 10 на дипломском испиту. У току студија био је стипендиста Института за бакар-Бор (сада Институт за рударство и металургију). Након дипломирања запослио се у Институту за бакар-Бор, у Заводу за металургију, као приправник. Приправнички стаж завршава 1990. године, полагањем приправничког испита.

Од 1990.-1992. године радио је у међународном тиму за примену јон-селективних електрода у медицини, на пословима проучавања електрохемијског понашања испитиваних електрода у хуманим серумима. Од 1992.-1999. године ради као стручни сарадник, на пословима стручног надзора антикорозионе заштите у погонима РТБ-а и ТиР-а Бор и пројектовања технолошких процеса у хемијској индустрији. На постдипломским студијама остварио је просек оцена 9.17 и 1999. године успешно одбранио, на Техничком факултету у Бору, магистарску тезу: "Корозионо понашање хром-никал челика у киселом раствору бакар(II)-сулфата". Стручни испит из области Пројектовање технолошких процеса, положио је 2003. године. У периоду 1999.-2006. године, ради као Истраживач сарадник у Институту за бакар-Бор. 2006. године прелази да ради у РТБ, ТиР-Бор, где и данас ради, на пословима водећег инжењера за заштиту материјала, под чијим је руковођењем заштићено и санирано више десетина објеката и постројења.

2009. године добија диплому Заслужног члана од стране Савеза инжењера Србије.

У досадашњем раду, у Институту за бакар и ТиР-у-Бор, радио је на већем броју пројеката из области технологије, електрохемије и галванизације, заштите животне средине и заштите материјала. Две године био је ангажован на пројекту Министарства за науку и заштиту животне средине Р.Србије.

Има више десетина објављених радова, као аутор и коаутор и више изложених радова на скуповима националног и међународног значаја.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Структура и садржај дисертације

Дисертација је састављена у једну логичну целину, уводним прегледом литературе и тренутног стања у свету из области теме дисертације, описом експерименталног рада и закључком, који је дат у последњем поглављу дисертације. Написана је на 95 страна и састоји се од девет поглавља:

1. Увод (обим једна страна)
2. Општи део (обим 3 страна, 1 слика, 13 литературних цитата)
3. Корозионо понашање месинга у различитим срединама (обим 9 страна, 9 слика, 114 литературних цитата)
4. Инхибитори корозије (обим 8 страна, 1 табела, 116 литературних цитата)

5. Циљ рада (обим 1 страна)
6. Експериментални део (обим 6 страна, 4 слике, 6 литературних цитата)
7. Резултати, анализа и дискусија (обим 24 страна, 26 слика, 18 табела, 79 литературних цитата)
8. Утицај инхибитора корозије на корозионо понашање месинга CuZn-28 и CuZn-42 у испитиваним растворима (обим 36 страна, 22 слике, 34 табела, 89 литературних цитата)
9. Закључак (обим 2 стране)

2.2. Кратак приказ појединих поглавља

У првом поглављу, односно, уводном делу, дат је краћи осврт на важност који имају у свету бакар и бакарне легуре, као и на њихово корозионо понашање. Приказани су и најновији резултати о штетама које изазива корозија на годишњем нивоу у једној од најразвијених земаља на свету. Посебно је акцентиран садржај цинка у легурама месинга, као и његова улога у корозионој отпорности. Описан је поступак тумачења корозионог понашања две врсте месинга, са пет степени деформација, начини испитивања корозије, а посебан акценат је стављен на примену инхибитора корозије.

У другом поглављу дат је преглед релевантне литературе за обраду теме дисертације. У првом делу другог поглавља приказане су физичко-хемијске особине бакра, као главног конституента легура месинга, његова распрострањеност у земљиној кори и преглед корозионе постојаности у киселим, неутралним и алкалним срединама. На основу лтературних података, назначена су и најважнија једињења бакра, са широком применом. У другом делу другог поглавља приказан је утицај легирајућих елемената на особине бакра: железо (повећава тврдоћу, кртост и корозиону постојаност), никал (повећава тврдоћу, корозиону отпорност, отпорност према деформацијама), цинк (побољшава показатеље чврстоће и пластичности). У трећем делу другог поглавља описане су неке стандардне врсте легура бакра са цинком. Посебан литературни осврт дат је на процес деформације легуре бакра са цинком, њиховој корозионој отпорности и процесу пасивације месинга, као и на комплексност односа електродног потенцијала, корозионих параметара и издужења метала.

У трећем поглављу детаљно су приказани литературни подаци о корозионом понашању месинга у различитим срединама. Разматрање наведених фактора дато је са аспекта знатног утицаја на корозију бакра и месинга, у изразито корозионим срединама, са посебним освртом на кисело-хлоридне растворе. У тумачењу различитих утицаја, приказани су Евансови дијаграми растварања метала у киселом електролиту и схематски приказ стварања депозитних наслага на месингу, праћено једначинама и хемијским реакцијама анодног растварања бакра и месинга. Као „мера“ корозије дате су и брзине корозије добијене на основу експерименталних испитивања, што је праћено посматрањем односа равнотежних реакција метала и реверзибилног потенцијала реакције. У зависности од корозионе средине, одређене вредности брзина корозије, упућују на закључак да је процес корозије интензиван у киселим и хлоридним растворима, као и да зависи од стабилности формираних Cu/CuCl/CuO/Cu₂O филмова на површини месинга. Литературни подаци упућују и на услове стабилности наведених површинских филмова, као и на потребне услове за нарушавање њихове стабилности и интензивирања процеса корозије. У овом поглављу разматран је литературни преглед, за месинг, два карактеристична процеса: процес напонске корозије и процес децинкације месинга. Наведена разматрања упућују на детаљније сагледавање потребних услова за настајање напонске корозије, као и на главне узроке за њену појаву (неправилан избор метала, појава напрезања, структурне деформације), а показано је и неколико модела који успешно објашњавају механизме напонске корозије месинга. Велики број аутора бавио се наведеном проблематиком, пре свега, у амонијачним растворима, али

има и аутора којима је испитивање у неамонијачним растворима било приоритет. Приказане вредности потенцијала, густина корозионих струја, и pH-вредности раствора, упућују на закључак о присутности/одсутности процеса напонске корозије и децинкације месинга. Посебно је приказан процес у киселом раствору, када формиран Cu_2O -филм не може егзистирати као стабилна фаза под утицајем Cl^- -јона и када долази до појаве интеркристалне напонске корозије. Овде је потребно посебно напоменути појаву инхибирања процеса корозије повећаним концентрацијама хлоридних јона, на шта поједини литературни подаци јасно указују.

Литературни део који се бави процесом децинкације, описује механизам децинкације различитих врста месинга као и услове које је потребно испунити да би дошло до наведеног процеса. Један од закључака је да је месинг са повећаним садржајем цинка склонији децинкацији, што је презентовано и у дисертацији. Такође, испитивана је веза састава месинга, степена деформисаности и процеса децинкације.

У последњем делу трећег поглавља, приказан је механизам електрохемијског растварања месинга, анализирајући типичну анодну поларизациону криву за бакар у хлоридној средини, са јасно дефинисаним областима, пре свих „очигледне Тафелове зависности“, област формирања струјних врхова и област потенцијала на коме долази до формирања Cu(II) -једињења, са описом сваке области, понаособ.

Четврто поглавље се бави анализом инхибитора корозије, који имају примену у заштити челика, бакра и месинга. Литературним прегледом дефинисане су различите врсте инхибитора корозије, степен заштитног дејства инхибитора, као и њихов синергистички ефекат. Подела инхибитора на органске и неорганске, анодне, катодне и мешовите, упићују на област и услове њихове примене. За сваку поделу наведени су и инхибитори који у одређеним условима пружају металу адекватну заштиту, са јасно наведеним механизмом деловања. Цитирана литература садржи и разматрања процеса инхибирања у киселој средини, без и у присуству хлоридних јона, са јасно дефинисаним брзинама корозије и степенима инхибирања. Посебно су разматрани литературни подаци за инхибиторе коришћени у изради ове докторске дисертације, као и њихово слагање са експерименталним подацима.

У петом поглављу детаљно је изложен циљ рада.

У шестом поглављу приказана је методологија експерименталног рада. Електрохемијско испитивање корозионог и електрохемијског понашања вршено је методом линеарне поларизације и обухватило је одређивање вредности стационарних (корозионих) потенцијала, густина струје и густина корозионих струја. Измерене вредности корозионих потенцијала и густина корозионих струја посматрани су као карактеристике процеса оксидације, децинкације и корозионе отпорности испитиваних узорка хладно-деформисаних узорка месинга CuZn-28 и CuZn-42 . Најпре је описана апаратура са којом су вршена сва поларизациона мерења, са њеним шематским приказом. Приказани су и резултати хемијских анализа испитиваних узорка бакра и обе врсте месинга. Узорци су припремљени од високочистих метала бакра и цинка, са малим процентом примеса. Обзиром да су експерименти рађени са деформисаним узорцима месинга, детаљно је описан начин на који су узорци били деформисани, до жељених степени деформисаности. У литературном прегледу може се видети да су поједини аутори деформације изводили у односу на брзину „провлачења“ узорка између паралелних ваљака. У овом раду дат је опис постизања жељеног степена деформисаности, у лабораторијским условима, хладним ваљањем узорка између два паралелна ваљка, при чему се деформација простира по целој висини узорка, у свим правцима. Степен деформације је одређен на основу површине деформисаног узорка. Описан је и поступак припреме узорка бакра и месинга, пре сваког поларизационог мерења. Такође, дат је приказ састава свих коришћених раствора за поларизациона мерења, као и

коришћених инхибитора корозије и начин њихове припреме. У другом делу овог поглавља, приказан је детаљан опис експерименталне технике и метода мерења, које су обухватиле: мерење зависности потенцијала од времена и одређивање корозионих потенцијала и потенциостатска метода снимања зависности густине струје од промене потенцијала. Приказано је тумачење једначине корозионог процеса садржане у Wagner-Trudovoj теорији мешовитих потенцијала и Štern-Gerijevoj једначини, као и Тафелова подручја на поларизационим кривама. На основу Тафелових праваца, одређене су и вредности густина корозионих струја. У последњем делу овог поглавља приказане су једначине за одређивање степена инхибирања примењених инхибитора корозије. Добијени резултати приказани су по серијама експеримената, графички и табеларно, у самом тексту.

У седмом и осмом поглављу дата је детаљна анализа и дискусија резултата корозионог понашања хладно-деформисаних узорака месинга CuZn-28 и CuZn-42, у корозионој средини, без и у присуству испитиваних инхибитора корозије.

Анализа резултата дата је у односу на корозиону средину у којој су испитивани узорци месинга CuZn-28 и CuZn-42 (утицај Cu(II)-јона, утицај хлоридних јона, утицај pH-вредности раствора). У другом делу дати су резултати и детаљна анализа утицаја испитиваних инхибитора корозије на корозионо понашање месинга CuZn-28 и CuZn-42, у најагресивнијој средини.

Највећи део овог поглавља свакако чине приказ и тумачење добијених резултата током следећих испитивања: утицај степена деформације испитиваних месинга на корозионо понашање у раствору натријум сулфата, Cu(II)-јона и Cl⁻-јона; утицај pH-вредности раствора; утицај инхибитора корозије на корозионо понашање месинга у агресивним срединама, при чему су дате и вредности густина корозионих струја. Приказани резултати указали су на: утицај повећаних степена деформација на корозионо понашање месинга; инхибиторски ефекат степена деформације од 80%; инхибиторски ефекат повећаних концентрација хлоридних јона; ниске вредности густина корозионих струја код месинга са нижим садржајем цинка; инхибиторски ефекат на брзину корозије инхибитора тиоуреа у концентрацији од $1 \cdot 10^{-2}\%$; инхибиторски ефекат на брзину корозије инхибитора тиоуреа и бензотриазола, у концентарцијама од $1 \cdot 10^{-1}\%$, при чему инхибитор бензотриазол има степен инхибирања преко 97%; појаву децинкације код обе врсте месинга, у растворима хлоридних јона.

У деветом поглављу дати су закључци донети на основу разматрања резултата добијених у оквиру ове дисертације, који обухватају: опис утицаја степена деформације на процес корозије месинга; опис утицаја корозионих агенаса (Cu(II)-јона и Cl⁻-јона), pH-вредности раствора и састава месинга, на брзине корозије, као и опис утицаја инхибитора корозије на корозионо понашање испитиваних узорака.

Након деветог поглавља дати су списак коришћене литературе, биографија аутора и прилози.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост, оригиналност и значај

Корозија представља специфичан процес, обично електрохемијске природе, који укључује губитак или деградацију металних компоненти. Сви метали имају тенденцију оксидације, неки лакше од других. Квалитетан инжењеринг захтева разумевање компатибилности материјала и њихово понашање у агресивним срединама.

Годишње штете од корозије у САД износе око 276 милијарди долара, што износи 3.1% од бруто националног дохотка и које су веће од количине средстава која се издвајају за:

рударство (1.2%), пољопривреду (1.5%), а приближне количини средстава која се издвајају за федералну власт и грађевинарство.

Легуре месинга имају велику примену у свим индустријским гранама. У легурама месинга количина цинка креће се од 5-45%. Уопштено, корозиона отпорност месинга опада са повећањем количине цинка. То је уобичајена различитост између оних легура које садрже мање од 15% цинка (боља корозиона отпорност) и оних са већом количином цинка. Главни проблеми код легура са високом концентрацијом цинка су процеси децинкације и напонске корозије (Stress Corrosion Cracking-SCC). Децинкација и напонска корозија јављају се у две форме и обе су штетне по корозиону отпорност месинга. У зависности од корозионе средине, брзине корозије месинга су различите. Најинтензивнији процес корозије је у растворима хлоридних јона, хлороводоничној киселини и при ниским pH-вредностима.

Процесом деформације легура бакра са цинком, као и других метала и легура, остварује се повећање механичке и корозионе отпорности. Пластична деформација је перманентно димензионална промена узоркована дејством спољне силе. Чињеница да материјал приликом пластичне прераде на хладно, ојачава, значи да се стварни напон за одвијање пластичне деформације повећава логаритамски у функцији деформације.

Селективна корозија, као једна од основних карактеристика месинга, одликује се корозионим нападом само на одређене структурне конституенте. Када постоје две или више фаза изразито различитог састава у једној легури, постоји могућност да једна од њих подлегне селективном нападу.

Механизам децинкације се састоји у корозији цинка из фазе богате цинком, при чему бакар остаје на свом месту. Легуре бакар-цинк које садрже више од 15% цинка осетљиве су на децинкацију. Цинк је веома реактиван метал и као такав напушта легуру и одлази у раствор. Литературни преглед упућује на закључак да је анодно понашање легуре ограничено брзином растварања племенитије компоненте, као споријег стадијума. Једна од особености процеса корозије бакра и месинга је чињеница да оксидни бакар у корозионој средини убрзава процес корозије. Овај ефекат је јако изражен у кисело-хлоридним растворима, што је и предмет испитивања у дисертацији.

У другом делу дисертације приказан је утицај инхибитора корозије на корозионо понашање месинга, у агресивној средини, који по увођењу у корозиону средину, обично у малим количинама, могу у великој мери да смање брзину електрохемијске корозије метала и легура. Досадашња научна истраживања у области корозије бакра и месинга дала су одређене резултате и показала су које материје и под којим условима имају инхибиторско дејство према процесу корозије. У раду је дат преглед инхибитора корозије бакра и месинга који имају широку примену у индустрији. Типични инхибитори корозије су хетероциклична једињења која садрже азот, кисеоник или сумпор.

На основу наведеног, јасно је да процес корозије месинга зависи од много фактора и да разумевање тог процеса може умногоме да смање последице корозионог деловања средине. Значај ових истраживања огледа се у утврђивању корозионе отпорности хладно-деформисаних узорака месинга у различитим корозионим срединама, брзине корозије и утицаја агенаса корозије на њихово понашање. На основу тако добијених резултата, одређени су и степени инхибирања испитиваних инхибитора корозије, који својим деловањем умногоме могу успорити процесе корозије.

У оквиру ових истраживања, која дефинишу корозионе процесе различитих врста месинга, под различитим условима испитивања, донети су и закључци о условима и брзини корозије, као и о мерама за њено успоравање. Самим тим, наведена истраживања представљају добру основу за даљи рад на испитивањима процеса корозије и неких других врста месинга, као и на дефинисању могућности смањења штета изазваних корозионим деловањем, употребом инхибитора корозије.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

У дисертацији је коришћена литература која обухвата радове који приказују резултате релевантне за тему докторске дисертације, објављене у часописима са SCI листе, новијег датума, као и неким другим међународним часописима. Из тог разлога, коришћена литература се може оценити као адекватна и актуелна. Међу референцама, датих на крају дисертације, могу се издвојити неке које су послужиле као основа или подстрек за урађена истраживања:

1. Antonijević, M., Pavlović, M., Lačnjevac, Č., Mladenović, S., "Korozija i zaštita čelika", Beograd, (1998)
2. Avramović, Z., Antonijević, M., "Corrosion of cold deformed brass in acid sulphate solution", Corrosion Science 46 (2004) 2793-2802
3. Avramović, Z., Antonijević, M., Petrović, N., "Electrochemical behaviour of cold-deformed brass in the presence of corrosion inhibitors", Metalurgia International, Vol. XVII No.1 (2012) 59
4. Bartley, J., Huynh, N., Bottle, S.E., Flitt, H., Notoya, T., Schweinsberg, D.P., "Computer simulations of the corrosion inhibition of copper in acid solution by alkyl esters of 5-carboxybenzotriazole", Corrosion Science 45 (2003) 81
5. Bastidas, J.M., Pinilla, P., Cano, E., "Copper corrosion inhibition by triphenylmethane derivatives in sulphuric acid media", Corrosion Science 45 (2) (2003) 427
6. Burzynska, L., Zembura, Z., "Dezincification of γ -brass during spontaneous dissolution with hydrogen depolarization. Part I. Kinetics", Polish Journal of Chemistry 66 (1992) 503
7. Burzynska, L., Maraszewska, A., Zembura, Z., "The corrosion of Cu-47.3at% Zn brass in aerated 1.0M HCl", Corrosion Science 38 (1996) 337
8. Chmielova, M., Seidlerova, J., Weiss, Z., "X-ray diffraction phase analysis of crystalline copper corrosion products after treatment in different chloride solutions", Corrosion Science 45(5) (2003) 883
9. Dinnappa, R.K., Mayanna, S.M., "The dezincification of brass and its inhibition in acid chloride and sulphate solutions", Corrosion Science 27 (4) (1987) 349
10. El-Sherbini, E.E.F., El-Rehim, S.S.A., "Pitting corrosion of zinc in Na_2SO_4 solutions and the effect of some inorganic inhibitors", Corrosion Science 42 (2000) 785
11. Fenelon, A.M., Breslin, C.B., "An electrochemical study of the formation of benzotriazole surface films on copper zinc and a copper-zinc alloy", J. Appl. Electrochem. 31 (2001) 509
12. Guilminot, E., Rameau, J.J., Dalard, F., Degriy, C., Hiron, X., "Benzotriazole as inhibitor for copper with and without corrosion products in aqueous polyethylene glycol", Journal of App. Electrochemistry 30 (2000) 21
13. Guo, X.J., Gao, K.W., Qiao, L.J., "The correspondence between susceptibility to SCC of brass and corrosion-induced tensile stress with various pH values", Corrosion Science 44 (2002) 2367
14. Gupta, P., Chaudhary, R.S., Namboodhri, T.K.G., Prakash, B., "The inhibitive action of some azoles towards the corrosion and dezincification of 70Cu-30Zn brass in ammonia solution", Corr. Sci. 23 (12) (1983) 136
15. Kear, G., Barker, B.D., Walsh, F.C., "Electrochemical corrosion of unalloyed copper in chloride media-a critical review", Corrosion Science 46 (2004) 109
16. Kosec-Mikić, T., Milošev, I., Pihlar, B., "Passivity and Corrosion of Cu_xZn ($x = 10-40$ wt%) Alloys in Borate Buffer Containing Chloride Ions", J. Appl. Electrochem. 35 (2005) 975
17. Krstulović, Lj., Kulušić, B., "Procesi korozije α -mjeđi u otopini natrij-klorida i morskoj vodi", Kemijska industrija 45(5) (1996) 177
18. Li, W., Li, D.Y., "Variations of work function and corrosion behaviors of deformed copper surface", Applied Surface Science 240 (2005) 388

19. Mamas,S., Kryak,T., Kabasakaloglu,M., Koc,A., "The effect of benzotriazole on brass corrosion", *Materials Chemistry and Physics* 93 (2005) 41
20. Marshakov,I.K., "Corrosion resistance and dezincing of brasses", *Protection of Metals* Vol.41, No.3, (2005) 205
21. Milošev,I., "The effect of various halide ions on the passivity of Cu, Zn and Cu-xZn alloys in borate buffer", *Corrosion Science* 49 (2007) 637
22. Mladenović,S., Petrović,M., Rikovski,G., "Korozija i zaštita materijala", Beograd, (1985)
23. Mountassir,Z., Srhiri,A., "Electrochemical behaviour of Cu-40Zn in 3% NaCl solution polluted by sulphides: Effect of aminotriazole", *Corrosion Science* 49, 3 (2007) 1350
24. Otieno-Alego, V., Hope,G.A., Natoya,T., Schweinsberg,D.P., "An electrochemical and SERS study of the effect of 1-[N,N-bis-(hydroxiethyl)aminomethyl]-benzotriazole on the acid corrosion and dezincification of 60/40 brass", *Corrosion Science* Vol.38., No.2 (1996) 213
25. Pavlović,M.G., Pavlović,Lj.J., Doroslovački,I.D., Nikolić.N.D., "The effect of benzoic acid on the corrosion and stabilisation of electrodeposited copper powder", *Hydrometallurgy* 73 (2004) 155
26. Ravichandran,R., Nanjundan,S., Rajendran,N., "Effect of benzotriazole derivates on the corrosion of brass in NaCl solutions", *Applied Surface Science* 236 (2004) 241
27. Ravichandran,R., Rajendran,N., "Influence of benzotriazole derivates on the dezincification of 65/35 brass in sodium chloride", *Applied Surface Science* 239 (2005) 182
28. Tamil Selvi,S., Raman,V., Rajendran,N., "Corrosion inhibition of mild steel by benzotriazole derivatives in acidic medium", *J.Appl.Electrochem.*, 33 (2003) 1175
29. Torchio,S., "The stress corrosion cracking of admiralty brass in sulphate solutions", *Corrosion Science* 26(2) (1986) 133
30. Yu,P., Liao,D.M., Luo,Y.B., Chen,Z.G., "Studies of benzotriazole and tolytriazole as inhibitors for copper corrosion in deionized water", *Corrosion* 59(4) (2003) 314
31. Zhang,D.Q., Gao,L.X., Zhou,G.D., "Inhibition of copper corrosion in aerated hydrochloric acid solution by heterocyclic compounds containing a mercapto group", *Corrosion Science* 46 (2004) 3031

3.3. Анализа примењених научних метода и њихова адекватност

Истраживање је реализовано применом метода које су се показале као адекватне за испитивање процеса корозије месинга у растворима натријум сулфата. На основу релевантних литературних података и претходних истраживања, за извођење експеримената одабране су електрохемијске и хемијске методе мерења и анализе. Предност оваквог приступа огледа се у томе што се добијају егзактни подаци којима се стиче слика о електрохемијским и хемијским процесима који се дешавају у испитиваним-реалним условима. Процес корозије и корозионог понашања испитиваних узорак месинга, испитивано је кроз физичко-хемијску анализу испитиваних узорак месинга и раствора, мерењем рН-вредности раствора, као и поларизационим мерењима у сврху електрохемијске карактеризације процеса корозије. За одређивање хемијског састава узорак и концентрације метала бакра и цинка, коришћена је симултатна оптичка емисиона спектрометрија са индуковано куплованом плазмом (ICP-AES) SPECTRO CIROS VISION. Предност ICP-AES технике представљају брза и прецизна анализа, висока осетљивост, ниски трошкови и као највећа предност симултано одређивање више елемената у једном циклусу. На основу наведеног, ICP-AES се широко примењује за анализу састава чврстих узорак.

Поларизациона мерења вршена су у класичној троелектродној ћелији и AMEL апаратуром, и то: AMEL FUNCTION GENERATOR, модел 568, AMEL LINEAR/LOGARITHMIC INTERFACE, модел 560/A/LOG, AMEL DIGITAL INTEGRATOR, модел 731, AMEL NULL RESISTANCE AMMETER/ELECTROMETER, модел 668/RM, AMEL POTENTIOSTAT-

GALVANOSTAT, модел 553, AMEL X-Y&Y-TIME RECORDER, модел 863. За термостатирање раствора коришћен је термостат THERMOSTAL U-1.

Применом описаних метода и опреме утврђен је тачан састав испитиваних легура месинга и испитиваних раствора. Такође, поларизационим мерењима добијене су зависности потенцијала и јачина струја, потенцијала и времена, високе прецизности и осетљивости. Приказана методологија рада, као и високоосетљива апаратура, омогућиле су константне услове извођења свих експеримената, без значајних одступања. Примењене методе за изведена испитивања у овој докторској дисертацији су адекватне за дату врсту истраживања и користе се у истраживањима објављеним у најновијим публикацијама у часописима са импакт фактором.

3.4. Оцена применљивости и верификације остварених резултата

Резултати до којих је дошао аутор су практични и применљиви и могуће је, кроз даљи рад на овој проблематици, извршити њихову верификацију, како проширивањем испитивања у смислу сагледавања проблема и са неких других аспеката применом додатних метода, тако и модификовањем услова и подизањем истраживања изнад лабораторијског нивоа.

3.5. Оцена способности кандидата за самостални научни рад

Урађена докторска дисертација, анализа добијених резултата, те проистекли публиковани научни радови, као и публиковани радови изван докторске дисертације и учешће у реализацији научно-истраживачких пројеката, указују на способност кандидата мр Зорана Аврамовића, дипл.инж. неорганске технологије, за самостални научни рад, као и за активно учешће у тимском раду.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

Остварени научни допринос овог рада, састоји се у следећем: испитан је утицај састава месинга на вредности корозионих потенцијала, на основу којих су донети и одређени закључци, сагласни са литературним подацима; испитан је утицај степена деформације на корозионо понашање месинга CuZn-42 и CuZn-28, у основном електролиту (0.1M раствору натријум сулфата), уз додатак бакар(II) и хлоридних јона; у оквиру рада утврђено је да са порастом степена деформације расту и вредности густина корозионих струја, при чему су највеће код степена деформације од 60%; инхибиторски ефекат степена деформације од 80%, код месинга CuZn-42, присутан је у растворима хлоридних јона и бакар(II) јона; код месинга CuZn-28, инхибиторски ефекат присутан је код степена деформације од 0% и 80%; активатор корозије месинга, хлоридни јон, у већим концентрацијама изазива децинкацију месинга, што се манифестује појавом белог талога (ZnO) на његовој површини и наглим порастом вредности густина струје; утврђено је да хлоридни јон, у концентрацијама од $5 \cdot 10^{-2}$ и $1 \cdot 10^{-1}$ M, има инхибиторско дејство на корозију месинга, при чему је уочљив пад вредности густина струје.

Испитивањима је утврђено да месинг CuZn-28, са свих пет степени деформације, има ниже вредности густина корозионих струја од месинга CuZn-42, што се објашњава повећаним садржајем бакра. На основу добијених зависности, одређене су вредности густина корозионих струја, што омогућава детаљнији увид у корозионо понашање обе врсте месинга. Разматрање начина понашања испитиваних узорака месинга, у растворима хлорида и инхибитора корозије, омогућава боље разумевање дејства инхибитора корозије на сам процес корозије и заштите метала. У раду је јасно утврђено инхибиторско дејство инхибитора тиоуреа у концентрацији од $1 \cdot 10^{-2}\%$, односно, јасно је утврђено инхибиторско

дејство инхибитора тиоуреа и бензотриазола на вредности густина корозионих струја, у концентрацији од $1 \cdot 10^{-10}\%$. Степен инхибирања инхибитора бензотриазола висок је за све испитиване узорке месинга и износи више од 97%, док код инхибитора тиоуреа тај степен износи 40-63%. Ово разматрање има и практични значај. Јасно дефинисано понашање испитиваних узорака месинга, у различитим срединама, као и начин инхибирања корозије, од важности је за многа поља примене месинга. Стога, презентовани резултати представљају допринос бољем разумевању корозионих процеса хладно-деформисаних узорака месинга, са научне тачке гледишта, али омогућују и њихову практичну примену, како са гледишта заштите материјала, тако и са економског становишта.

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

У оквиру урађене докторске дисертације приказан је значајан број експерименталних података из којих је изведено више закључака. Описано је корозионо понашање различитих врста месинга, у различитим срединама, на начин и под условима о којима има мало литературних података. Показан је утицај Cu(II) -јона, хлоридних јона и pH-вредности раствора на вредности густина корозионих струја и корозионих потенцијала, у зависности од концентрације агенаса корозије и степена деформисаности испитиваних месинга. Показано је да са порастом степена деформације до 60% расту и вредности густина корозионих струја, а да степен деформације од 80% има инхибиторски ефекат на вредности густина корозионих струја. Показано је и да повећање концентрације хлоридних јона доводи до интензивирања процеса корозије и да концентрација хлоридних јона од 1.0M доводи до појаве децинкације месинга. И у случају присуства већих концентрација хлоридних јона, под одређеним условима, може се говорити о њиховом инхибиторском ефекту на процес корозије. Поред тога, утврђена је боља корозиона отпорност месинга CuZn-28 од месинга са већим садржајем цинка, CuZn-42. Такође, потврђене су претпоставке да су најбољи инхибитори корозије тиоуреа и бензотриазол, у концентрацији од $1 \cdot 10^{-10}\%$, односно, само тиоуреа у концентарцији од $1 \cdot 10^{-10}\%$. Ово јасно упућује на могућност њихове адекватне примене у пракси.

Приказани резултати у докторској дисертацији, верификовани су у облику два, до сада, објављена научна рада. Наравно, још материјала из оквира докторске дисертације биће накнадно припремљено за објављивање. Такође, остварени резултати биће дограђивани и проширивани даљим истраживањима и њиховом применом у пракси.

4.3. Очекивана примена резултата у пракси

На основу напред наведеног, може се очекивати да приказани резултати могу имати и практични примену, пре свега са аспекта заштите месинга у широком спектру корозионих агенаса. Правилним одабиром врсте месинга, могу се спречити процеси, карактеристични за месинге, а то су: напонска корозија и децинкација. Висок степен заштитног дејства инхибитора тиоуреа и бензотриазола, упућује на њихову подобност за заштиту месинга, а када се ради о бакар(II)-јону, као корозионом агенсу, и остали испитивани инхибитори корозије (етилен-диамин-тетра-сирћетна киселина (ЕДТА), 2-бутин-1,4-диол (ДС-3) и хидразин-сулфат (ХС)) могу наћи своју примену. Поље примене инхибитора корозије свакоко је и чист бакар, што умногоме повећава могућност њихове примене.

4.4. Верификација научних доприноса кроз објављене радове у часописима

Научни допринос предметне докторске дисертације је верификован кроз публикације проистекле као резултат истраживања у оквиру теме, о чему сведоче два рада објављена у међународним часописима М20 категорије:

1. Avramović,Z., Antonijević,M., "Corrosion of cold deformed brass in acid sulphate solution", Corrosion Science 46 (2004) 2793-2802
2. Avramović, Z., Antonijević, M., Petrović,N., "Electrochemical behaviour of cold-deformed brass in the presence of corrosion inhibitors", Metalurgia International, Vol.XVII No.1 (2012) 59

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

На основу прегледане докторске дисертације, као и увида у верификовани научни допринос кроз објављене радове у часописима (два рада у међународним часописима категорије M20, у оба као првопотписани аутор), Комисија за оцену и одбрану урађене докторске дисертације закључује да кандидат мр Зоран Аврамовић, дипл.инж.неорганске технологије, испуњава све законске и остале услове за одбрану докторске дисертације. Такође, Комисија закључује да је урађена дисертација написана према стандардима у научно-истраживачком раду, као и да испуњава све услове предвиђене Законом о високом образовању, Стандардима за акредитацију, као и Статутом Техничког факултета у Бору, Универзитета у Београду. Стога, Комисија предлаже Наставно-научном већу Техничког факултета у Бору да прихвати позитиван Извештај о урађеној докторској дисертацији кандидата мр Зорана Аврамовића, дипл.инж.неорганске технологије, под називом: „**ИСПИТИВАЊЕ ПРОЦЕСА КОРОЗИЈЕ МЕСИНГА У РАСТВОРУ НАТРИЈУМ СУЛФАТА**“ и да исти упути на коначно усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду, те да након тога кандидата позове на јавну одбрану.

У Бору,

ПОТПИСНИЦИ ИЗВЕШТАЈА-КОМИСИЈА

др Милан Антонијевић

редовни професор, Технички факултет у Бору, ментор

др Миомир Павловић

редовни професор, Технолошки факултет у Зворнику, члан

др Снежана Милић

доцент, Технички факултет у Бору, члан

Универзитет у Београду
Технички факултет у Бору
Број: VI/4-7-5.2.
Бор, 30. 05. 2013. године

На основу чл. 47. Статута Техничког факултета у Бору, Наставно научно веће Факултета, на седници одржаној 30. 05. 2013. године, донело је

О Д Л У К У

I Усваја се Извештај Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата: **мр Зорана Аврамовића**, дипл. инж. неорг. технолог. под називом: „**Испитивање процеса корозије месинга у раствору натријум сулфата**“, на који није било примедби.

II Универзитет у Београду је дана 18. 01. 2007. 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:

- **радови објављени у међународним часописима M20 категорије:**

1. Z. Avramović, M. Antonijević, Corrosion of cold deformed brass in acid sulphate solution, Corrosion Science, 46 (2004) 2793-2802.
2. Z. Avramović, M. Antonijević, N. Petrović, Electrochemical behaviour of cold-deformed brass in the presence of corrosion inhibitors, Metalurgia International, Vol.XVII No.1 (2012) 59.

IV Именовани ће бранити докторску дисертацију пред Комисијом у саставу:

1. др Милан Антонијевић, редовни професор Техничког факултета у Бору – ментор;
2. др Снежана Милић, доцент Техничког факултета у Бору – члан;
3. др Миомир Павловић, научни саветник на Институту за хемију, технологију и металургију 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

Универзитет у Београду
Технички факултет у Бору
Број: VI/4-3-4
Бор, 21. 12. 2012. године

На основу чл. 44. Статута Техничког факултета у Бору, Наставно-научно веће Факултета, на седници одржаној 20. 12. 2012. године, донело је

ОДЛУКУ

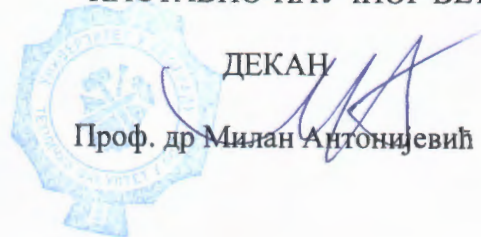
I Усваја се захтев и продужава се рок за израду докторске дисертације кандидата мр Зорана Аврамовића, дипл. инж. неорганске технологије.

II Рок за израду докторске дисертације кандидата мр Зорана Аврамовића, дипл. инж. неорганске технологије продужава се за годину дана.

Доставити:

- именованом
- продекану за наставу
- студентској служби
- архиви

ПРЕДСЕДНИК
НАСТАВНО-НАУЧНОГ ВЕЋА
ДЕКАН
Проф. др Милан Антонијевић



Универзитет у Београду
ТЕХНИЧКИ ФАКУЛТЕТ У БОРУ

- Наставно-научно веће –
 - Бр. VI-4/4-6
- Бор, 22.02.2007. год.

На основу чл. 44, 82. и 146. Статута Техничког факултета у Бору, Наставно-научно веће Факултета, на седници, одржаној 22.02.2007. године, д о н е л о ј е

О Д Л У К У

I - Мр Зорану Аврамовићу, дипл. инж. технологије, ОДОБРАВА СЕ рад на докторској дисертацији са темом: **“Испитивање роцеса корозије месинга у раствору натријум сулфата”**

II - За ментора се одређује проф. др Милан Антонијевић

III - Именовани може бранити дисертацију најкасније до 10. септембра 2012. године.

Образложење

На предлог кандидата и комисије за оцену научне заснованости теме дисертације, Наставно-научно веће Факултета је прихватило, а Стручно веће за Хемијску технологију, хемијско инжењерство, биохемијско инжењерство и металургију на седници одржаној 18. 01. 2007. године, дало је сагласност на предлог теме докторске дисертације.

Достављено:

- Кандидату
- Досијеу
- Ментору
- а/а VI-4



ПРЕДСЕДНИК НН ВЕЋА

Проф. др Десимир Марковић