



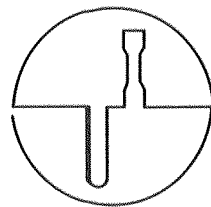
УНИВЕРЗИТЕТ ЦРНЕ ГОРЕ
МЕТАЛУРШКО-ТЕХНОЛОШКИ
ФАКУЛТЕТ

Цетињски пут б.б.
81000 Подгорица,
ЦРНА ГОРА

www.mtf.ac.me

UNIVERSITY OF MONTENEGRO
FACULTY OF METALLURGY AND
TECHNOLOGY

Cetinjski put b.b.
81000 Podgorica,
MONTENEGRO



Тел/Факс: +382 (0)20 245-406

e-mail: mtf@ac.me

Жиро рачун: 510-2435-10

ПИБ: 02016702

ПДВ: 30/31-03951-6

Број 634/1

Подгорица, 08.05.2020.

UNIVERZITET CRNE GORE

-SENAT-

-CENTAR ZA DOKTORSKE STUDIJE-

Podgorica

Poštovani,

Dostavljamo odluku o usvajanju izvještaja Komisije za ocjenu doktorske disertacije: „*Sinergijski efekat ekološki prihvatljivih inhibitora na koroziju metalnih materijala u hloridnom medijumu*“, kandidata mr Stojana Božovića, sa predlogom za imenovanje Komisije za odbranu doktorske disertacije, koji su razmotreni i usvojeni na elektronskoj sjednici Vijeća Metalurško-tehnološkog fakulteta održanoj u periodu 04-05.05.2020. godine.

U prilogu odluke je prateća dokumentacija za razmatranje predloga Vijeća Metalurško-tehnološkog fakulteta.

Srdačan pozdrav,

DEKAN,
Prof. dr Mira Vukčević



Broj 634

Podgorica, 08.05. 2020. god.

Na osnovu člana 64 Statuta Univerziteta Crne Gore („Bilten UCG“ br. 337/2015 i br. 447/2018) i inicijalnog predloga Komisije za doktorske studije Metalurško-tehnološkog fakulteta br. 603 od 27.04.2020. godine, a u vezi sa čl. 43 i čl. 44 Pravila doktorskih studija Univerziteta Crne Gore i t. 3.9 Vodiča za doktorske studije Univerziteta Crne Gore, Vijeće Metalurško-tehnološkog fakulteta u Podgorici, na elektronskoj sjednici održanoj u periodu 04-05.05.2020. godine, donijelo je sljedeću -

ODLUKU

- I USVAJA SE pozitivan Izvještaj Komisije za ocjenu doktorske disertacije: „*Sinergijski efekat ekološki prihvatljivih inhibitora na koroziju metalnih materijala u hloridnom medijumu*“, kandidata mr Stojana Božovića.
- II UTVRĐUJE SE predlog za imenovanje *Komisije za odbranu doktorske disertacije mr Stojana Božovića*, pod navedenim nazivom, u sastavu:
1. Prof. dr Ivana Bošković, vanredni profesor, MTF, Podgorica, predsjednik,
 2. Prof. dr Veselinka Grudić, vanredni profesor, MTF, Podgorica, mentor,
 3. Prof. dr Sanja Martinez, redovni profesor, Fakultet za kemijsko inženjerstvo i tehnologiju, Zagreb, komentor.
- III Predlog se dostavlja Centru za doktorske studije i Senatu Univerziteta Crne Gore na dalju proceduru.

CO:

-Odbor za doktorske studije,
-Sekretar,
-a/a.

DEKAN,
Prof. dr Mira Vukčević



Crna Gora
UNIVERZITET CRNE GORE
METALURŠKO-TEHNOLOŠKI FAKULTET

Broj 633

Podgorica, 08. 05. 2020.

OCJENA DOKTORSKE DISERTACIJE

OPŠTI PODACI O DOKTORANDU		
Titula, ime i prezime	mr Stojan Božović	
Fakultet	Metalurško-tehnološki fakultet	
Studijski program	Hemijska tehnologija	
Broj indeksa	1/16	
MENTOR/MENTORI		
Prvi mentor	dr Veselinka Grudić	Univerzitet Crne Gore, Metalurško-tehnološki fakultet Podgorica, Crna Gora
Drugi mentor	dr Sanja Martinez	Sveučilište u Zagrebu, Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije, Hrvatska
KOMISIJA ZA OCJENU DOKTORSKE DISERTACIJE		
dr Ivana Bošković	Univerzitet Crne Gore, Metalurško-tehnološki fakultet Podgorica, Crna Gora	
dr Veselinka Grudić-mentor	Univerzitet Crne Gore, Metalurško-tehnološki fakultet Podgorica, Crna Gora	
dr Sanja Martinez	Sveučilište u Zagrebu, Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije, Hrvatska	
Datum značajni za ocjenu doktorske disertacije		
Doktorska disertacija i Izvještaj Komisije dostavljen Biblioteci UCG	25.02.2020.	
Javnost informisana (dnevne novine) da su Doktorska disertacija i Izvještaj Komisije dati na uvid	26.02.2020.	
Sjednica Senata na kojoj je izvršeno imenovanje Komisije za ocjenu doktorske disertacije	21.01.2020.	
Uvid javnosti		
U predviđenom roku za uvid javnosti bilo je primjedbi?	Nije.	
OCJENA DOKTORSKE DISERTACIJE		
1. Pregled disertacije (bibliografski podaci o disertaciji i sažetak disertacije)		
Doktorska disertacija <i>"Sinergijski efekat ekološki prihvatljivih inhibitora na koroziju metalnih materijala u bloridnom medijumu"</i>, kandidata MSc Stojana Božovića sadrži 161 stranicu A4 formata, u okviru kojih se nalaze 141 slika, 16 tabela, i 225 literaturna navoda, i sadrži šest cjelina: Uvod, Teorijski dio, Eksperimentalni dio, Rezultati i diskusija, Zaključak i Literatura. Na početku disertacije dat je		

kratak Rezime, a Biografija kandidata je data na kraju. Po svojoj formi i sadržaju, podnijeti rad zadovoljava sve standarde za doktorsku disertaciju.

U **Uvodu** je objašnjen značaj zaštite metalnih materijala od korozije, kao i različite metode zaštite sa akcentom na sprječavanju pojave korozije primjenom sinergijskog dejstva ekološki prihvatljivih inhibitora. Posebno je istaknut problem rješavanja korozije u neutralnim sredinama. Takođe je konstatovano da je ispitivana smješa inhibitora odabrana na osnovu njihovih ekološki prihvatljivih osobina i dostupnih literaturnih podataka o njihovom inhibitorskom dejstvu, sa ciljem da se kombinacijom mehanizama inhibitorskog djelovanja komponenti različite hemijske prirode dobije efikasna smješa inhibitora.

Teorijski dio se sastoji iz osam poglavlja: Korozija metala, Osobine i primjena čelika, Osobine i primjena bakra, Osobine i primjena aluminijuma, Osobine i primjena cinka, Osobine i primjena kalaja, Inhibitori korozije metalnih materijala i Sinergijsko dejstvo inhibitora metalnih materijala.

U poglavlju pod nazivom **Korozija metala** definisani su pojam i vrste korozije, ukazano na štetne efekte korozije, kao i na neophodnost i mogućnosti zaštite metalnih materijala od korozionog razaranja primjenom različitih metoda.

U poglavlju pod nazivom **Osobine i primjena čelika** opisana su fizičko-hemijska svojstva čelika, struktura, tipovi čelika, primjena i otpornost na koroziju. Takođe je prikazana korozija čelika u neutralnim hloridnim rastvorima, mehanizam korozije, korozioni produkti i njihov uticaj na sam proces korozije.

U poglavlju pod nazivom **Osobine i primjena bakra** navedena je primjena i značaj bakra i njegovih legura, kao i osnovna fizičko-hemijska svojstva bakra. Objašnjenje različitih mehanizama korozije bakra zavisno od pH rastvora i koncentracije hloridnih jona su takođe sastavni dio ovog poglavlja.

Poglavlje pod nazivom **Osobine i primjena aluminijuma** obuhvata podatke o osobinama i primjeni aluminijuma i njegovih legura, kao i o korozionom ponašanju aluminijuma u morskoj vodi.

U poglavlju pod nazivom **Osobine i primjena cinka** prikazane su osobine i primjena cinka, kao i složen, još uvijek nedovoljno razjašnjen mehanizam korozije cinka u hloridnim rastvorima.

Poglavlje pod nazivom **Osobine i primjena kalaja** sadrži podatke o osobinama i primjeni kalaja i njegovih legura, kao i o korozionom ponašanju kalaja u neutralnim hloridnim rastvorima.

U poglavlju **Inhibitori korozije metalnih materijala** opisana je klasifikacija inhibitora korozije, kao i teorije i pretpostavke o mehanizmu djelovanja inhibitora. U ovom dijelu posebna pažnja je posvećena adsorpcionom mehanizmu djelovanja organskih inhibitora. Takođe, u ovom dijelu dat je relevantni literaturni pregled postojećih istraživanja o dejstvu inhibitora: propolisa, natrijum benzoata, tanina, PEG-a i skroba na koroziju metalnih materijala u neutralnom hloridnom medijumu.

U poglavlju **Sinergijsko dejstvo inhibitora** metalnih materijala istaknut je značaj kombinovanog dejstva različitih inhibitora u smješi u smislu povećanja efikasnosti, smanjenja neophodnih količina inhibitora i mogućnosti primjene smješe inhibitora za zaštitu multivalentnih sistema od korozije. Dat je literaturni pregled postojećih istraživanja o sinergijskom dejstvu inhibitora na koroziju metalnih materijala.

U **Eksperimentalnom dijelu** je naveden hemijski sastav ispitivane smješe inhibitora, ispitivani metalni materijali, detaljno objašnjen režim formiranja zaštitnog sloja na površini elektrode, kao i opšta šema ispitivanja uticaja inhibitora na brzinu korozije različitim tehnikama. Takođe je detaljno opisan postupak pripreme površine uzoraka metalnih materijala. Efikasnost zaštite metalnih materijala od korozije optimizovanom smješom inhibitora je analizirana različitim tehnikama karakterizacije: spektroskopija elektrohemijske impedanse (SEI), LPR proba, metoda linearne polarizacije, skenirajuće elektronske mikroskopije (SEM) sa energetsom disperzionom X-Ray

analizom (EDX), X-Ray difrakcije (XRD) i Fourierova transformaciona infra crvena spektroskopija (FTIR) i spektrofotometrija - ICP-MS, koje su detaljno opisane.

U dijelu **Rezultati i diskusija**, detaljno su analizirani i diskutovani eksperimentalno dobijeni rezultati.

Na kraju analize Rezultata i diskusije izveden je **Zaključak** u kome su koncizno iznijeti postignuti rezultati istraživanja, a koji odgovaraju postavljenim ciljevima disertacije.

Na kraju rada dat je spisak korišćene literature, kao i biografija kandidata.

2. Vrednovanje disertacije

2.1. Problem

Činjenica je da su svi konstrukcioni materijali u određenim okolnostima podložni koroziji. Istraživanje, rađeno u SAD-u je pokazalo da troškovi, nastali zbog korozije dostižu do 3,1% BDP-a, što je oko 276 milijardi američkih dolara, odnosno oko 1000 američkih dolara godišnje po stanovniku. Međutim, za razliku od drugih prirodnih pojava, korozija se može primjenom adekvatnih metoda zaštite usporiti i efikasno spriječiti, što ima značajan uticaj na bezbjednost, privredu i životnu sredinu. Evidentan je svakodnevni porast korišćenja konstrukcionih materijala, kao i smanjenje zaliha sirovina za njihovu proizvodnju. Zbog toga zaštita od korozije postaje vrlo važna kako bi se materijali zaštitili od propadanja i time produžio radni vijek opreme.

Postoje različiti načini zaštite metala od korozije: elektrohemijska zaštita (katodna i anodna), upotreba inhibitora, upotreba zaštitnih prevlaka, primjena konstrukcionih metoda i izbor konstrukcionih materijala otpornih na koroziju.

Uzimajući u obzir opšte karakteristike korozionog sistema, kao što su kompleksna geometrija ili potreba za dobrom toplotnom provodljivošću, korozioni inhibitori se upotrebljavaju kao najpraktičnija metoda u cilju zaštite metala od korozije ili čak u najvećem broju slučajeva to predstavlja jedino rješenje. Dejstvo inhibitora je više ispitivano u kiselj sredini, u kojoj se inače postiže veća efikasnost, nego u neutralnoj sredini. Stoga, zaštita metalnih materijala od korozije u neutralnom hloridnom medijumu predstavlja veliki izazov, kako sa praktičnog, tako i sa teorijskog aspekta.

2.2. Ciljevi i hipoteze disertacije

Cilj doktorske disertacije je smanjenje brzine korozije metalnih materijala u neutralnom hloridnom medijumu do prihvatljivo niske vrijednosti sinergijskim djelovanjem smješe ekološki prihvatljivih inhibitora (propolisa, tanina, natrijum benzoata, polietilen glikola- PEG-a i skroba). Određivanje optimalne koncentracije pojedinih komponenti smješe pri kojoj se postižu najbolji rezultati i određivanje vremena dugotrajnosti zaštite predstavlja takođe predmet ovog istraživanja.

U ovom doktoratu se pošlo od hipoteze da sinergijski efekat pažljivo odabranih komponenti ekološki prihvatljivih inhibitora započinje inhibiciju korozije modifikacijom sloja rđe na površini čelika. Ovaj sloj se može formirati u neutralnim hloridnim rastvorima, predstavljajući na taj način zaštitni film, koji smanjuje brzinu korozije. Sloj formiran pod uticajem smješe ekološki prihvatljivih inhibitora pokazuje znatno bolje inhibitorsko dejstvo u odnosu na spontano formirani sloj rđe. Očekuje se da će sloj formiran pod uticajem najefikasnije smješe inhibitora pokazati svoje inhibiciono dejstvo i u slučaju odsustva inhibitora u rasvoru, tj. osiguraće male brzine korozije na elektrodi sa formiranim slojem i nakon izlaganja neinhibiranom 0,51 M rastvoru NaCl.

U literaturi je pronađeno da propolis svoje inhibitorsko dejstvo ispoljava tako što se adsorbuje na površini metala, tanin ispoljava inhibitorsko dejstvo formiranjem sloja tanata na površini metala, dok benzoat svoje inhibitorsko dejstvo ispoljava pasiviranjem površine metala. Međutim, ovi

literaturni podaci se uglavnom odnose na efikasnost navedenih inhibitora u kiselj sredini, pa je bilo potrebno u ovom slučaju eksperimentima potvrditi hipotezu rada, odnosno dokazati da se sinergijskim djelovanjem inhibitora postiže zadovoljavajuća efikasnost i u neutralnim hloridnim rastvorima.

Miješanje rastvora poboljšava disperzibilnost propolisa, a samim tim i njegovu inhibicionu efikasnost. Dodavanjem skroba i PEG-a u smješu inhibitora postignuta je zadovoljavajuća depozicija i iz mirnog rastvora, što takode predstavlja jednu od hipoteza disertacije. Takode je dokazana i hipoteza da je inhibicija korozije efikasna i u protočnom i u mirnom sistemu, što predstavlja veliki značaj za efikasnu šaržnu primjenu ispitivanih inhibitora u protočnim sistemima. S obzirom na značaj metalnih materijala i njihovu čestu primjenu u neutralnom hloridnom medijumu, bilo je sasvim opravdano posvetiti se istraživanju u ovoj oblasti.

2.3. Bitne metode koje su primijenjene u disertaciji i njihova primjerenost

U ovoj disertaciji je za elektrohemijška ispitivanja korišćen uredaj Palm Sens 3, povezan sa računarom, odnosno softverom za elektrohemijška ispitivanja PC Trace 3.5. Mjerenja su vršena u troelektrodnom sistemu, u kome je kao radna elektroda korišćen valjkasti uzorak metalnog materijala, koji je prethodno zalemljen za izolovanu bakarnu žicu da bi se ostvario dobar električni kontakt i sa svih strana izolovan polimernom masom. Radnu elektrodu predstavljala je neizolovana baza valjka, koja je bila u kontaktu sa elektrolitom. Površina elektrode je iznosila 0,2 cm². Elektroda je prije mjerenja mehanički očišćena brušenjem brusnim papirima finoće 240, 600 i 800, zatim ultrazvučno odmašćena u etanolu i isprana redestilovanom vodom, pa nakon toga uronjena u radni elektrolit. Zasićena kalomelova elektroda korišćena je kao referentna. Kao pomoćna elektroda korišćen je super čisti grafit valjkastog oblika. Sve vrijednosti potencijala u ovoj disertaciji prikazane su u odnosu na zasićenu kalomelovu elektrodu (ZKE).

Korišćene su sljedeće elektrohemijske metode:

- **Metoda linearne polarizacije** u intervalu potencijala ± 250 mV u odnosu na potencijal otvorenog kola pri brzini skeniranja od 1 mV/s u mirnom rastvoru, kao i u rastvorima s miješanjem pri brzinama od 100, 250, 450 i 700 o/min.

- **Elektrohemijška impedansna spektroskopija (EIS)** u frekvenciji od 1 mHz do 50 kHz u mirnom rastvoru, nakon 24 h stajanja u čistom 0,51 M NaCl bez inhibitora i sa inhibitorima. Nakon toga, elektrode sa formiranim slojem su premještene u 0,51 M NaCl, pri čemu su mjerenja elektrohemijškom impedansnom spektroskopijom vršena u mirnom rastvoru, kao i u rastvoru s miješanjem pri navedenim brzinama.

Za praćenje brzine korozije u dužem vremenskom periodu korišćen je ručni MS1500L uredaj za koroziona ispitivanja (RCSL) povezan na LPR probu Model 2000 sa dva metalna pina. Ovom metodom je mjerena brzina korozije i brzina piting korozije. Pinovi su prije upotrebe mehanički obrađeni brušenjem brusnim papirom finoće 240 i nakon toga ultrazvučno odmašćeni etanolom i isprani redestilovanom vodom. Pinovi su stajali potopljeni u rastvor 0,51 M NaCl bez inhibitora, kao i sa inhibitorima i ostavljeni da stoje 24 h, nakon čega je na njima formiran sloj. Nakon toga su sa slojem prebaćeni u 0,51 M NaCl, pri čemu su vršena mjerenja u mirnom rastvoru, kao i u rastvoru s miješanjem pri brzinama od 90 do 150 o/min.

Ispitivanja su vršena u rastvoru 0,51 M NaCl bez prisustva inhibitora, kao i u prisustvu inhibitora: propolisa, tanina, natrijum benzoata, PEG-a i skroba. Istraživanja su vršena u mirnom rastvoru, kao i u rastvoru s miješanjem pri različitim brzinama.

U cilju ispitivanja osobina oksidnog sloja bez i u prisustvu inhibitora su snimani **FTIR spektri** pomoću Perkin Elmer spektrometra Spectrum One. Spektri su dobijeni u području od 400 do 4000 cm⁻¹, pri rezoluciji skeniranja 4 cm⁻¹. Peleti, koji su korišćeni kao uzorci za snimanje, dobijeni

su u kalupu pomoću hidraulične prese. Uzorci su pravljani skidanjem korozivnih produkata sa površine čeličnih pločica trljanjem sa 350 g KBr, koji je predstavljao nosač.

Metodom skenirajuće elektronske mikroskopije su vršena optička ispitivanja površine, dok je pomoću EDX analize utvrđen sadržaj elemenata na površini pločice, koji je potom izražen u masenim procentima. SEM i EDX analize su sprovedene na Tescan Vega III SBU Easy Probe mikroskopu sa ubrzavajućim naponom snopa elektrona od 15 kV pri različitim uvećanjima.

XRD metodom vršeno je određivanje mineraloškog sastava pomoću Shimadzu XRD 6000 difraktometra opremljenog Cu K α zračenjem ubrzavajućeg napona 40 kV i strujom jačine 30 mA. Mjerenja su vršena u opsegu 5-85°2 θ sa korakom veličine od 0,02°2 θ i vremenom zadržavanja od 0,6 s po koraku. Uzorci su postavljeni direktno u aparat bez držača.

ICP-MS metoda je korišćena za određivanje koncentracije željeza, na osnovu koje je izračunata brzina korozije u uzorcima niskolegiranog čelika API X52.5L sa slojem rđe i slojevima rđe modifikovanih smjesom inhibitora propolisa, tanina i benzoata i propolisa, tanina, benzoata, PEG-a i skroba.

2.4. Rezultati disertacije i njihovo tumačenje

Rezultati, dobijeni pomoću mjerenja na LPR probi su pokazali da smjesa inhibitora smanjuje brzinu korozije čelika ispod 0,1 mm/god. I pored toga što je interpretacija mješovitog mehanizma djelovanja različitih komponenti komplikovana, poređenjem dejstva pojedinačnog inhibitora sa njihovim mješovitim efektom konstatovano je da, u ispitivanoj smjesi inhibitora, skrob djeluje u sinergiji sa smjesom tanina, benzoata i propolisa, formirajući na taj način sloj, koji se pokazao efikasnim i u mirnom i u miješanom rastvoru 0,51 M NaCl. Praćenjem uticaja miješanja rastvora na efikasnost zaštite čelika od korozije, uočen je pozitivan uticaj miješanja na inhibicionu efikasnost. Uočeni fenomen je objašnjen povećanjem transporta kiseonika do elektrode, prouzrokovanog miješanjem, čime se povećava brzina korozije, ali povećanje brzine korozije je veće na elektrodi prekrivenoj slojem rđe nego na elektrodi prekrivenoj inhibitorom modifikovanim slojem rđe. Zavisnost brzine korozije od brzine miješanja pokazuje da je inhibitorom modifikovani sloj rđe veoma otporan na velike stresove, koji potiču od hidrodinamičkog protoka.

Metodom elektrohemijske impedansne spektroskopije dobijena je relativno visoka efikasnost inhibitorom modifikovanog sloja rđe, koja je iznad 80%. Inhibitorom modifikovani sloj rđe štiti elektrodu, što je i dokazano opadanjem parametra n_2 do 0,5. Tipičan oblik Nyquistovih dijagrama, ukazuje da inhibitorom modifikovani sloj rđe predstavlja barijeru za difuziju kiseonika, što je i prethodno zaključeno na osnovu mjerenja izvedenih na LPR probi.

Rezultati dobijeni metodom potenciodinamičke polarizacije ukazuju da kod čelika miješanje generalno povećava brzinu korozije, naročito povećanjem katodne struje kada istovremeno dolazi do pomjeranja korozionog potencijala ka većim, tj. pozitivnijim vrijednostima. Ovakvo ponašanje objašnjeno je činjenicom da miješanje povećava transport kiseonika do površine metala, što dovodi do povećanja katodne struje i korozionog potencijala. Porast katodnog Tafelovog nagiba sa povećanjem brzine miješanja elektrolita objašnjen je povećavanjem granične struje redukcije kiseonika, usljed čega difuziono kontrolisana reakcija postaje dominantna katodna reakcija. Smanjenje anodnog Tafelovog nagiba sa povećanjem brzine miješanja objašnjeno je uticajem miješanja na kinetiku anodnog rastvaranja vjerovatno zbog povećanog transporta rastvorenih jona željeza sa površine metala u rastvor.

Ovom metodom je takođe dokazano da se brzina korozije mijenja sa vremenom izlaganja i brzinom miješanja za sloj čiste rđe, usljed postepenog dostizanja prekrivenosti cijele površine elektrode rdom i narednim porastom sloja rđe sa vremenom. Sa druge strane, za inhibitorom modifikovani sloj rđe, brzina korozije kontinualno opada sa vremenom izlaganja i postaje zavisna od miješanja elektrolita, što je posljedica efikasnosti dobrog zaštitnog sloja, koji sprječava difuziju kiseonika i sa tokom vremena popunjava se dodatnim rđanjem unutar pora sloja. Ovaj zaključak

se poklapa sa prethodnim objavljenim podacima impedanse, gdje je za isti sistem prikazano da inhibitorom modifikovani sloj rde ima nisku frekvenciju parametra konstantnog faznog elementa n blizu 0,5, što je i prikazano pomoću oblika Nyquistovih dijagrama, ukazujući na uticaj difuzije u porama sloja površine.

Dobijeni rezultati pokazuju i slabljenje čistog sloja rde sa vremenom, što se može objasniti nestabilnošću površinskih oksida na jako površinsko naprezanje, koje je prouzrokovano hidrodinamičkim protokom, dok očuvanje zaštitnih osobina inhibitorom modifikovanog sloja rde sa vremenom može se objasniti stabilnošću tog sloja na jako površinsko naprezanje.

Rezultati dobijeni Fourierovom transformacionom infra crvenom spektroskopijom (FTIR) ukazuju na proces konverzije rde do željeznog tanata na površini čelika izloženoj dejstvu smješe inhibitora. FTIR spektri ukazuju na dominantnu ulogu vrsta flavanoida, koji su prisutni u taninu i propolisu na formiranje inhibitorom modifikovanog sloja rde.

Rezultati dobijeni metodom skenirajuće elektronske mikroskopije (SEM) i energetske disperzione X-Ray (EDX) analize pokazuju da kiseonik i ugljenik, koji su pronađeni u sloju rde u višku u odnosu na supstrat, vjerovatno potiču od oksida i karbonata, koji su formirani u neutralnom rastvoru pri kontaktu sa vazduhom. Dobijena fina zrnasta struktura u oba slučaja potiče od površinskih oksida i karbonata. Inhibitorom modifikovani sloj rde je u tom slučaju znatno gušći i unuforman u mikrografu za razliku od sloja rde. Korozioni defekti, koji su prisutni u formi plitkih jama su vidljivi samo u slučaju sloja rde. Takođe, zbog prisustva inhibitora sadržaj ugljenika je mnogo veći u inhibitorom modifikovanom sloju rde nego u sloju čiste rde. Ovom metodom je takođe dokazano i to da je najveći sadržaj ugljenika prisutan u sloju rde modifikovane smješom inhibitora propolisa, tanina i benzoata, nešto manji u sloju rde modifikovane smješom propolisa, tanina, benzoata, PEG-a i skroba, dok je najmanji sadržaj ugljenika prisutan u sloju čiste rde. Najveći sadržaj željeza prisutan je u sloju čiste rde, dok je u slojevima rde modifikovane smješom inhibitora prisutan manji sadržaj željeza, što znači da porast željeza prati pad kiseonika i ugljenika i obrnuto. To dokazuje da su u slojevima rde modifikovane smješom inhibitora prisutna organska jedinjenja.

XRD metodom je dokazano da su ferit, magnetit, lepidokrokit i akaganeit prisutni na površini čelika i u slučaju rde i u slučaju inhibitorom modifikovanog sloja rde, dok su halit i gvožđe hlorid tetrahidrat prisutni samo u inhibitorom modifikovanom sloju rde. Vrste tanata, koje su prethodno dokazane FTIR-om su i vizuelno dokazane, jer sadrže duboko tamno-plavu boju, što se nije moglo detektovati zbog njihove amorfne prirode. Takođe, za prikazane analizirane uzorke intenzitet XRD pikova dokazuje to da je u sloju rde bez inhibitora prisutno više magnetita nego lepidokrokita, kao i to da je u inhibitorom modifikovanom sloju rde prisutno više lepidokrokita nego magnetita.

Rezultati, dobijeni ICP-MS metodom, dokazali su da rastvor propolisa, tanina i benzoata sadrži najmanju koncentraciju željeza, pa je samim tim u tom rastvoru zabilježena i najmanja brzina korozije, dok je u 0,51 M rastvoru NaCl zabilježena najveća koncentracija željeza, kao i najveća brzina korozije. ICP-MS metodom su dobijeni isti rezultati na dva različita uzorka, što znači da je ova metoda efikasno primjenjiva, kao i to da je kod ove metode tačno utvrđen redosljed efikasnosti. Mjerenjem na LPR probi praćen je uticaj temperature na brzinu korozije čelika. Konstatovano je da se brzina korozije povećava sa povišenjem temperature, kao i da je ovaj fenomen izraženiji u rastvoru 0,51 M NaCl bez inhibitora nego u rastvoru 0,51 M NaCl sa najefikasnijom smješom inhibitora. Takođe je dokazano da sa porastom temperature raste inhibiciona efikasnost, dostižući maksimum od 72% pri 55 °C. Efikasna inhibicija pri višim temperaturama vjerovatno je posljedica jačeg rastvaranja željeza i bržeg stvaranja tanatnog sloja, koji prekriva površinu elektrode i štiti od dalje korozije.

Metodom linearne polarizacije dokazano je da su brzine korozije bakra i kalaja sa slojem nastalim pod uticajem najefikasnije smješe inhibitora uvijek manje u odnosu na brzine korozije sa slojem korozionih produkata. Efikasnosti inhibicije u slučaju ova dva metala su uvijek pozitivne i rastu sa

brzinom miješanja. Porast efikasnosti inhibicije s brzinom miješanja objašnjen je činjenicom da smješa inhibitora adsorpcijom na površini metala formira zaštitni sloj, koji smanjuje rastvaranje metala i predstavlja prepreku difuziji kiseonika na površinu metala, čime se smanjuje koroziona struja, a samim tim i brzina korozije.

Snimanjem kupona od bakra izloženih neinhibiranom rastvoru NaCl pod mikroskopom uočeno je da na površini postoji sloj zelenkastih korozionih produkata, kao i talozi natrijum hlorida. Nije uočen karakterističan mikrostrukturni izgled tačkaste korozije na uzorku koji je bio izložen rastvoru NaCl sa smješom inhibitora, što ukazuje da inhibitorska smješa sprječava tačkastu koroziju bakra.

Štetno dejstvo inhibitorske smješe, odnosno potpuni nedostatak zaštite konstatovan je na osnovu pojave intenzivne jamičaste korozije na kuponima od aluminijuma. Prisustvo adsorbovanog, debelog smeđeg sloja tanina, koji puca i ljušti se, a ispod se nalazi neoštećena površina cinka ukazuje da inhibitorske smješe sprječavaju nastajanje bijele rde, ali ne stvaraju kompaktan sloj modifikovanih korozionih produkata. Isti fenomen uočen je i u slučaju kalaja.

2.5. Zaključci (usaglašenost sa rezultatima i logično izvedeno tumačenje)

Zaključci istraživanja su izvedeni na osnovu detaljne analize rezultata sopstvenih eksperimentalnih ispitivanja i poređenja sa dostupnim literaturnim podacima iz ove oblasti istraživanja.

Zaključci disertacije ukazuju da smješa ekološki prihvatljivih inhibitora, zahvaljujući sinergijskom dejstvu pažljivo odabranih komponenata, modifikuje sloj korozionih produkata na površini čelika u neutralnom hloridnom rastvoru. Na ovaj način se postiže vrlo efikasna i dugotrajna zaštita čelika od korozije kako u mirnim rastvorima (75%), tako i u protočnim sistemima (95%). Takođe, smješa inhibitora pokazuje zaštitno dejstvo i na povišenim temperaturama. Visoku efikasnost ispitivana smješa inhibitora pokazuje i na bakru i kalaju.

Komisija konstatuje da se zaključci u radu temelje na odgovarajućim rezultatima istraživanja i mogu se ocijeniti kao realni i logično izvedeni iz diskusije koja je pratila prezentovane rezultate.

3. Konačna ocjena disertacije

Istraživanja u okviru ove disertacije su koncipirana na osnovu definisanih ciljeva i detaljne analize literature iz oblasti zaštite metala od korozije primjenom organskih jedinjenja kao inhibitora korozije. U okviru ove doktorske disertacije primijenjena je metodologija istraživanja i karakterizacija kakva je i prethodno opisana u literaturi, ali je prvi put primijenjena smješa od pet ekološki prihvatljivih inhibitora, što predstavlja krupan iskorak u odnosu na prethodne radove, u kojima je, u cilju inhibicije korozije, korišćena smješa od najčešće dva ili tri inhibitora. Dodatna vrijednost disertacije ogleda se u činjenici da je ispitivana inhibicija korozije u neutralnom medijumu, dok je u prethodnim radovima ispitivana inhibicija korozije najčešće u kiselom medijumu.

Poređenjem dostupne literature iz ove oblasti sa rezultatima istraživanja dobijenih u okviru ovoga rada, može se primijetiti da dobijeni rezultati predstavljaju korak za dalji razvoj i potencijalnu primjenu ekološki prihvatljivih inhibitora i njihovog sinergijskog efekta, zahvaljujući kojem bi se uz manje troškove, odnosno znatno niže koncentracije inhibitora omogućila efikasnost komercijalno dostupnih inhibitora korozije.

3.1. Usaglašenost sa obrazloženjem teme

Doktorska disertacija kandidata mr Stojana Božovića je urađena u skladu sa obrazloženjem teme, postavljenim ciljevima i hipotezama u okviru prijave doktorske disertacije i saglasno Izvještaju o podobnosti teme i kandidata. Disertacija sadrži niz značajnih i originalnih naučnih rezultata, i ujedno predstavlja skladnu cjelinu, koja je korektno oblikovana i tehnički obrađena u skladu sa zahtjevima za izradu naučno-istraživačkog rada.

Pri izradi doktorske disertacije kandidat je uspješno primijenio odgovarajuće metode ispitivanja, dobijene rezultate detaljno i kritički analizirao, koristeći pri tome referentnu literaturu. Stečena znanja u okviru disertacije su od velike važnosti, kako za dalji naučno-istraživački rad, tako i za praktičnu primjenu.

3.2. Mogućnost ponovljivosti

Komisija konstatuje da su u disertaciji detaljno opisane sve korišćene eksperimentalne metode u istraživanju, što omogućava ponovljivost istraživanja i dobijanje istih rezultata, odnosno provjeru dobijenih rezultata. Dobijeni rezultati imaju veliki potencijal za definisanje metodologije istraživanja vezanih za problematiku antikorozijske zaštite i u drugim sistemima.

3.3. Buduća istraživanja

Koncept dostizanja efikasne zaštite metalnih materijala od korozije putem inhibitorom modifikovanih korozionih produkata različitim mehanizmima dejstva komponenata inhibitorne smješe nije značajno primjenjivan u naučne svrhe. Stoga bi se daljem razvoju predloženog koncepta trebalo posvetiti u narednim istraživanjima.

Dalja istraživanja trebalo bi usmjeriti ka primjeni strategije eksperimentalnog ispitivanja smanjenja koncentracija komponenata smješe inhibitora, kao i pronalaženju novih kombinacija velikog broja rasprostranjenih prirodnih i ekološki prihvatljivih jedinjenja, koja su već ispitivana kao pojedinačni inhibitori korozije metalnih materijala.

3.4. Ograničenja disertacije i njihov uticaj na vrijednost disertacije

Na osnovu detaljne analize disertacije kandidata mr Stojana Božovića, Komisija konstatuje da su ispunjeni postavljeni ciljevi i da disertacija ne sadrži nedostatke i ograničenja koji bi uticali na značaj i rezultate istraživanja. Disertacija sadrži sve neophodne elemente: opis problema, predmet i cilj istraživanja, kao i definisane hipoteze potvrđene sopstvenim istraživanjem doktoranda. Komisija ocjenjuje da je istraživanje u disertaciji originalno, tumačenje rezultata jasno i objektivno, kao i da su realno definisani zaključci u potpunosti zasnovani na rezultatima istraživanja.

Orginalni naučni doprinos

U okviru ove doktorske disertacije dokazana je efikasnost netoksične i ekološki prihvatljive smješe inhibitora sačinjene od propolisa, tanina, natrijum benzoata, polietilen glikola (PEG400) i skroba, koja je dodata u rastvor u cilju formiranja čvrstog zaštitnog sloja na čeliku. Komponente smješe su odabrane na osnovu njihovih osobina, koje se odnose na mogućnosti njihovih dejstava u rastvoru i/ili na površini čelika. Korišćenje smješa na bazi tanina i drugih ekološki prihvatljivih jedinjenja predstavlja novi način inhibicije korozije metala u mirnom, kao i u miješanom 0,51 M rastvoru NaCl. U poređenju sa zaštitnim slojem čiste rde, formiranim u 0,51 M NaCl, zaštitni sloj rde modifikovan smješom inhibitora, koji je formiran u 0,51 M rastvoru NaCl sa smješom propolisa, tanina, benzoata, PEG-a i skroba pruža mnogo bolje zaštitne karakteristike na površini čelika.

Kombinacija sinergijskih i antagonističkih efekata pojedinačnih komponenata, prisutnih u smjesi je primjenjivana u cilju smanjenja brzine korozije čelika prilikom formiranja inhibitorom modifikovanog sloja rđe, kao i prilikom ispitivanja njegovih zaštitnih karakteristika. U okviru ove doktorske disertacije ostvaren je značajan doprinos u razumijevanju mehanizma sinergijskog/antagonističkog djelovanja komponenti na koroziju metalnih materijala u neutralnom hloridnom medijumu. Dvostruka uloga tanina u formiranju zaštitnog sloja je zasnovana na povećanju brzine korozije formiranjem željeznog helata i inhibiciji korozije taloženjem željeznog tanata. Na osnovu rezultata mjerenja dokazano je da inhibitorom modifikovani sloj djeluje kao barijera difuziji kiseonika, tako da pokazuje dejstvo depolarizatora primarne korozione reakcije u ispitivanom neutralnom hloridnom rastvoru. Ispitivanje otpornosti sloja modifikovanog inhibitorom je od primarnog značaja, jer se na osnovu toga može ispitati mogućnost njegove praktične primjene.

Mišljenje i prijedlog komisije

Na osnovu svega izloženog, Komisija konstatuje da doktorska disertacija ispunjava sve zakonske, formalne i suštinske uslove, kao i sve kriterijume koji se primjenjuju prilikom vrednovanja doktorske disertacije. Komisija smatra da disertacija kandidata MSc Stojana Božovića pod nazivom *"Sinergijski efekat ekološki prihvatljivih inhibitora na koroziju metalnih materijala u hloridnom medijumu"* predstavlja značajan i originalni naučni doprinos u oblasti Hemijsko inženjerstvo. Predmet i ciljevi istraživanja su jasno navedeni i ostvareni.

Publikovanjem dva rada u časopisima *"Acta Chimica Slovenica"* i *"Corrosion Engineering, Science and Technology"*, u svojstvu prvog autora, a u kojima su prezentovani rezultati disertacije, mr Stojan Božović je stekao i formalne uslove da brani doktorsku disertaciju.

Imajući u vidu kvalitet i obim ostvarenih istraživanja, Komisija pozitivno ocjenjuje doktorsku disertaciju i predlaže Vijeću MTF-a i Senatu Univerziteta Crne Gore, da odobri javnu usmenu odbranu disertacije pod nazivom *"Sinergijski efekat ekološki prihvatljivih inhibitora na koroziju metalnih materijala u hloridnom medijumu"*.

Izdvojeno mišljenje

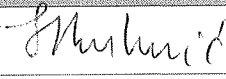
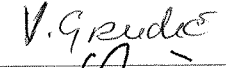
(popuniti ukoliko neki član komisije ima izdvojeno mišljenje)

Ime i prezime

Napomena

(popuniti po potrebi)

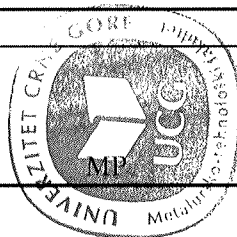
KOMISIJA ZA OCJENU DOKTORSKE DISERTACIJE

dr Ivana Bošković, Univerzitet Crne Gore, Metalurško-tehnološki fakultet Podgorica, Crna Gora	(Potpis) 
dr Veselinka Grudić, Univerzitet Crne Gore, Metalurško-tehnološki fakultet Podgorica, Crna Gora	(Potpis) 
dr Sanja Martínez, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije, Hrvatska	(Potpis) 
	(Potpis)
	(Potpis)

Datum i ovjera (pečat i potpis odgovorne osobe)

U (navesti grad),

(navesti datum)



DEKAN

VIJEĆU METALURŠKO-TEHNOLOŠKOG FAKULTETA

I

SENATU UNIVERZITETA CRNE GORE

Predmet: Ocjena doktorske disertacije kandidata MSc Stojana Božovića

Senat Univerziteta Crne Gore, na sjednici održanoj 21.01.2020. godine, prihvatio je prijedlog Vijeća Metalurško-tehnološkog fakulteta i Odlukom broj 03-38/1 od 21.01.2020. godine, imenovao nas je za članove Komisije za ocjenu doktorske disertacije pod nazivom: "*Sinergijski efekat ekološki prihvatljivih inhibitora na koroziju metalnih materijala u hloridnom medijumu*", kandidata MSc Stojana Božovića. Nakon detaljnog pregleda priložene doktorske disertacije podnosimo sljedeći

IZVJEŠTAJ

1. PREGLED DISERTACIJE

Doktorska disertacija "*Sinergijski efekat ekološki prihvatljivih inhibitora na koroziju metalnih materijala u hloridnom medijumu*", kandidata MSc Stojana Božovića sadrži 161 stranicu A4 formata, u okviru kojih se nalaze 141 slika, 16 tabela, i 225 literaturna navoda, i sadrži šest cjelina: Uvod, Teorijski dio, Eksperimentalni dio, Rezultati i diskusija, Zaključak i Literatura. Na početku disertacije dat je kratak Rezime, a Biografija kandidata je data na kraju. Po svojoj formi i sadržaju, podnijeti rad zadovoljava sve standarde za doktorsku disertaciju.

1.1. Sažetak disertacije:

U Uvodu je objašnjen značaj zaštite metalnih materijala od korozije, kao i različite metode zaštite sa akcentom na sprječavanju pojave korozije primjenom sinergijskog dejstva ekološki prihvatljivih inhibitora. Posebno je istaknut problem rješavanja korozije u neutralnim sredinama. Takođe je konstatovano da je ispitivana smješa inhibitora odabrana na osnovu njihovih ekološki prihvatljivih osobina i dostupnih literaturnih podataka o njihovom inhibitorском dejstvu, sa ciljem da se kombinacijom mehanizama inhibitorskog djelovanja komponenti različite hemijske prirode dobije efikasna smješa inhibitora.

Teorijski deo se sastoji iz osam poglavlja: Korozija metala, Osobine i primjena čelika, Osobine i primjena bakra, Osobine i primjena aluminijuma, Osobine i primjena cinka, Osobine i

primjena kalaja, Inhibitori korozije metalnih materijala i Sinergijsko dejstvo inhibitora metalnih materijala.

U poglavlju pod nazivom **Korozija metala** definisani su pojam i vrste korozije, ukazano na štetne efekte korozije, kao i na neophodnost i mogućnosti zaštite metalnih materijala od korozionog razaranja primjenom različitih metoda.

U poglavlju pod nazivom **Osobine i primjena čelika** opisana su fizičko-hemijska svojstva čelika, struktura, tipovi čelika, primjena i otpornost na koroziju. Takođe je prikazana korozija čelika u neutralnim hloridnim rastvorima, mehanizam korozije, korozioni produkti i njihov uticaj na sam proces korozije.

U poglavlju pod nazivom **Osobine i primjena bakra** navedena je primjena i značaj bakra i njegovih legura, kao i osnovna fizičko-hemijska svojstva bakra. Objašnjenje različitih mehanizama korozije bakra zavisno od pH rastvora i koncentracije hloridnih jona su takođe sastavni dio ovog poglavlja.

Poglavlje pod nazivom **Osobine i primjena aluminijuma** obuhvata podatke o osobinama i primjeni aluminijuma i njegovih legura, kao i o korozionom ponašanju aluminijuma u morskoj vodi.

U poglavlju pod nazivom **Osobine i primjena cinka** prikazane su osobine i primjena cinka, kao i složen, još uvijek nedovoljno razjašnjen mehanizam korozije cinka u hloridnim rastvorima.

Poglavlje pod nazivom **Osobine i primjena kalaja** sadrži podatke o osobinama i primjeni kalaja i njegovih legura, kao i o korozionom ponašanju kalaja u neutralnim hloridnim rastvorima.

U poglavlju **Inhibitori korozije metalnih materijala** opisana je klasifikacija inhibitora korozije, kao i teorije i pretpostavke o mehanizmu delovanja inhibitora. U ovom dijelu posebna pažnja je posvećena adsorpcionom mehanizmu djelovanja organskih inhibitora. Takođe, u ovom dijelu dat je relevantni literaturni pregled postojećih istraživanja o dejstvu inhibitora: propolisa, natrijum benzoata, tanina, PEG-a i skroba na koroziju metalnih materijala u neutralnom hloridnom medijumu.

U poglavlju **Sinergijsko dejstvo inhibitora metalnih materijala** istaknut je značaj kombinovanog dejstva različitih inhibitora u smješi u smislu povećanja efikasnosti, smanjenja neophodnih količina inhibitora i mogućnosti primjene smješe inhibitora za zaštitu multivalentnih sistema od korozije. Dat je literaturni pregled postojećih istraživanja o sinergijskom dejstvu inhibitora na koroziju metalnih materijala.

U **Eksperimentalnom dijelu** je naveden hemijski sastav ispitivane smješe inhibitora, ispitivani metalni materijali, detaljno objašnjen režim formiranja zaštitnog sloja na površini elektrode, kao i opšta šema ispitivanja uticaja inhibitora na brzinu korozije različitim tehnikama. Takođe je detaljno opisan postupak pripreme površine uzoraka metalnih materijala. Efikasnost

zaštite metalnih materijala od korozije optimizovanom smješom inhibitora je analizirana različitim tehnikama karakterizacije: spektroskopija elektrohemijske impedanse (SEI), LPR proba, metoda linearne polarizacije, skenirajuće elektronske mikroskopije (SEM) sa energetsom disperzionom X-Ray analizom (EDX), X-Ray difrakcije (XRD) i Fourierova transformaciona infra crvena spektroskopija (FTIR) i spektrofotometrija - ICP-MS, koje su detaljno opisane.

U dijelu **Rezultati i diskusija**, detaljno su analizirani i diskutovani eksperimentalno dobijeni rezultati.

Na kraju analize Rezultata i diskusije izveden je **Zaključak** u kome su koncizno iznijeti postignuti rezultati istraživanja, a koji odgovaraju postavljenim ciljevima disertacije.

Na kraju rada dat je spisak korišćene literature, kao i biografija kandidata.

2. VREDNOVANJE DISERTACIJE

2.1. Problem

Činjenica je da su svi konstrukcioni materijali u određenim okolnostima podložni koroziji. Istraživanje, rađeno u SAD-u je pokazalo da troškovi, nastali zbog korozije dostižu do 3.1% BDP-a, što je oko 276 milijardi američkih dolara, odnosno oko 1000 američkih dolara godišnje po stanovniku. Međutim, za razliku od drugih prirodnih pojava, korozija se može primjenom adekvatnih metoda zaštite usporiti i efikasno spriječiti, što ima značajan uticaj na bezbjednost, privredu i životnu sredinu. Evidentan je svakodnevni porast korišćenja konstrukcionih materijala, kao i smanjenje zaliha sirovina za njihovu proizvodnju. Zbog toga zaštita od korozije postaje vrlo važna kako bi se materijali zaštitili od propadanja i time produžio radni vijek opreme.

Postoje različiti načini zaštite metala od korozije: elektrohemijska zaštita (katodna i anodna), upotreba inhibitora, upotreba zaštitnih prevlaka, primjena konstrukcionih metoda i izbor konstrukcionih materijala otpornih na koroziju.

Uzimajući u obzir opšte karakteristike korozionog sistema, kao što su kompleksna geometrija ili potreba za dobrom toplotnom provodljivošću, korozioni inhibitori se upotrebljavaju kao najpraktičnija metoda u cilju zaštite metala od korozije ili čak u najvećem broju slučajeva to predstavlja jedino rješenje. Dejstvo inhibitora je više ispitivano u kiselj sredini, u kojoj se inače postiže veća efikasnost, nego u neutralnoj sredini. Stoga, zaštita metalnih materijala od korozije u neutralnom hloridnom medijumu predstavlja veliki izazov, kako sa praktičnog, tako i sa teorijskog aspekta.

2.2. Ciljevi i hipoteze disertacije

Cilj doktorske disertacije je smanjenje brzine korozije metalnih materijala u neutralnom kloridnom medijumu do prihvatljivo niske vrijednosti sinergijskim djelovanjem smješe ekološki prihvatljivih inhibitora (propolisa, tanina, natrijum benzoata, polietilen glikola- PEG-a i skroba). Određivanje optimalne koncentracije pojedinih komponenti smješe pri kojoj se postižu najbolji rezultati i određivanje vremena dugotrajnosti zaštite predstavlja takođe predmet ovog istraživanja.

U ovom doktoratu se pošlo od hipoteze da sinergijski efekat pažljivo odabranih komponenti ekološki prihvatljivih inhibitora započinje inhibiciju korozije modifikacijom sloja rđe na površini čelika. Ovaj sloj se može formirati u neutralnim kloridnim rastvorima, predstavljajući na taj način zaštitni film, koji smanjuje brzinu korozije. Sloj formiran pod uticajem smješe ekološki prihvatljivih inhibitora pokazuje znatno bolje inhibitorsko dejstvo u odnosu na spontano formirani sloj rđe. Očekuje se da će sloj formiran pod uticajem najefikasnije smješe inhibitora pokazati svoje inhibiciono dejstvo i u slučaju odsustva inhibitora u rasvoru, tj. osiguraće male brzine korozije na elektrodi sa formiranim slojem i nakon izlaganja neinhibiranim 0,5 l M rastvoru NaCl.

U literaturi je pronađeno da propolis svoje inhibitorsko dejstvo ispoljava tako što se adsorbuje na površini metala, tanin ispoljava inhibitorsko dejstvo formiranjem sloja tanata na površini metala, dok benzoat svoje inhibitorsko dejstvo ispoljava pasiviranjem površine metala. Međutim, ovi literaturni podaci se uglavnom odnose na efikasnost navedenih inhibitora u kiseloj sredini, pa je bilo potrebno u ovom slučaju eksperimentima potvrditi hipotezu rada, odnosno dokazati da se sinergijskim djelovanjem inhibitora postiže zadovoljavajuća efikasnost i u neutralnim kloridnim rastvorima.

Miješanje rastvora poboljšava disperzibilnost propolisa, a samim tim i njegovu inhibicionu efikasnost. Dodavanjem skroba i PEG-a u smješlu inhibitora postignuta je zadovoljavajuća depozicija i iz mirnog rastvora, što takođe predstavlja jednu od hipoteza disertacije. Takođe je dokazana i hipoteza da je inhibicija korozije efikasna i u protočnom i u mirnom sistemu, što predstavlja veliki značaj za efikasnu šaržnu primjenu ispitivanih inhibitora u protočnim sistemima.

S obzirom na značaj metalnih materijala i njihovu čestu primjenu u neutralnom kloridnom medijumu, bilo je sasvim opravdano posvetiti se istraživanju u ovoj oblasti.

2.3. Bitne metode koje su primijenjene u disertaciji i njihova primjerenost

U ovoj disertaciji je za elektrohemijska ispitivanja korišćen uređaj Palm Sens 3, povezan sa računarom, odnosno softverom za elektrohemijska ispitivanja PC Trace 3.5. Mjerenja su vršena u troelektrodnom sistemu, u kome je kao radna elektroda korišćen valjkasti uzorak metalnog materijala, koji je prethodno zalemljen za izolovanu bakarnu žicu da bi se ostvario dobar električni kontakt i sa svih strana izolovan polimernom masom. Radnu elektrodu predstavljala je neizolovana

baza valjka, koja je bila u kontaktu sa elektrolitom. Površina elektrode je iznosila $0,2 \text{ cm}^2$. Elektroda je prije mjerenja mehanički očišćena brušenjem brusnim papirima finoće 240, 600 i 800, zatim ultrazvučno odmašćena u etanolu i isprana redestilovanom vodom, pa nakon toga uronjena u radni elektrolit. Zasićena kalomelova elektroda korišćena je kao referentna. Kao pomoćna elektroda korišćen je super čisti grafit valjkastog oblika. Sve vrijednosti potencijala u ovoj disertaciji prikazane su u odnosu na zasićenu kalomelovu elektrodu (ZKE).

Korišćene su slijedeće elektrohemijske metode:

- **Metoda linearne polarizacije** u intervalu potencijala $\pm 250 \text{ mV}$ u odnosu na potencijal otvorenog kola pri brzini skeniranja od 1 mV/s u mirnom rastvoru, kao i u rastvorima s miješanjem pri brzinama od 100, 250, 450 i 700 o/min .

- **Elektrohemijska impedansna spektroskopija (EIS)** u frekvenciji od 1 mHz do 50 kHz u mirnom rastvoru, nakon 24 h stajanja u čistom $0,51 \text{ M NaCl}$ bez inhibitora i sa inhibitorima. Nakon toga, elektrode sa formiranim slojem su premještene u $0,51 \text{ M NaCl}$, pri čemu su mjerenja elektrohemijskom impedansnom spektroskopijom vršena u mirnom rastvoru, kao i u rastvoru s miješanjem pri navedenim brzinama.

Za praćenje brzine korozije u dužem vremenskom periodu korišćen je ručni MS1500L uređaj za koroziona ispitivanja (RCSL) povezan na LPR probu Model 2000 sa dva metalna pina. Ovom metodom je mjerena brzina korozije i brzina piting korozije. Pиноvi su prije upotrebe mehanički obrađeni brušenjem brusnim papirom finoće 240 i nakon toga ultrazvučno odmašćeni etanolom i isprani redestilovanom vodom. Pиноvi su stajali potopljени u rastvor $0,51 \text{ M NaCl}$ bez inhibitora, kao i sa inhibitorima i ostavljeni da stoje 24 h, nakon čega je na njima formiran sloj. Nakon toga su sa slojem prebaćeni u $0,51 \text{ M NaCl}$, pri čemu su vršena mjerenja u mirnom rastvoru, kao i u rastvoru s miješanjem pri brzinama od 90 do 150 o/min .

Ispitivanja su vršena u rastvoru $0,51 \text{ M NaCl}$ bez prisustva inhibitora, kao i u prisustvu inhibitora: propolisa, tanina, natrijum benzoata, PEG-a i skroba. Istraživanja su vršena u mirnom rastvoru, kao i u rastvoru s miješanjem pri različitim brzinama.

U cilju ispitivanja osobina oksidnog sloja bez i u prisustvu inhibitora su snimani **FTIR spektri** pomoću Perkin Elemer spektrometra Spectrum One. Spektri su dobijeni u području od 400 do 4000 cm^{-1} , pri rezoluciji skeniranja 4 cm^{-1} . Peleti, koji su korišćeni kao uzorci za snimanje, dobijeni su u kalupu pomoću hidraulične prese. Uzorci su pravljени skidanjem korozionih produkata sa površine čeličnih pločica trljanjem sa 350 g KBr , koji je predstavljao nosač.

Metodom skenirajuće elektronske mikroskopije su vršena optička ispitivanja površine, dok je pomoću EDX analize utvrđen sadržaj elemenata na površini pločice, koji je potom izražen u masenim procentima. SEM i EDX analize su sprovedene na Tescan Vega III SBU Easy Probe mikroskopu sa ubrzavajućim naponom snopa elektrona od 15 kV pri različitim uvećanjima.

XRD metodom vršeno je određivanje mineraloškog sastava pomoću Shimatsu XRD 6000 difraktometra opremljenog Cu K α zračenjem ubrzavajućeg napona 40 kV i strujom jačine 30 mA. Mjerenja su vršena u opsegu 5-85°2 θ sa korakom veličine od 0,02°2 θ i vremenom zadržavanja od 0,6 s po koraku. Uzorci su postavljeni direktno u aparat bez držača.

ICP-MS metoda je korišćena za određivanje koncentracije željeza, na osnovu koje je izračunata brzina korozije u uzorcima niskolegiranog čelika API X52.5L sa slojem rđe i slojevima rđe modifikovanih smješom inhibitora propolisa, tanina i benzoata i propolisa, tanina, benzoata, PEG-a i skroba.

2.4. Rezultati disertacije i njihovo tumačenje

Rezultati, dobijeni pomoću mjerenja na LPR probi su pokazali da smješa inhibitora smanjuje brzinu korozije čelika ispod 0.1 mm/god. I pored toga što je interpretacija mješovitog mehanizma djelovanja različitih komponenti komplikovana, poređenjem dejstva pojedinačnog inhibitora sa njihovim mješovitim efektom konstatovano je da, u ispitivanoj smješi inhibitora, skrob djeluje u sinergiji sa smješom tanina, benzoata i propolisa, formirajući na taj način sloj, koji se pokazao efikasnim i u mirnom i u miješanom rastvoru 0,51 M NaCl. Praćenjem uticaja miješanja rastvora na efikasnost zaštite čelika od korozije, uočen je pozitivan uticaj miješanja na inhibicionu efikasnost. Uočeni fenomen je objašnjen povećanjem transporta kiseonika do elektrode, prouzrokovanog miješanjem. čime se povećava brzina korozije, ali povećanje brzine korozije je veće na elektrodi prekrivenoj slojem rđe nego na elektrodi prekrivenoj inhibitorom modifikovanim slojem rđe. Zavisnost brzine korozije od brzine miješanja pokazuje da je inhibitorom modifikovani sloj rđe veoma otporan na velike stresove, koji potiču od hidrodinamičkog protoka.

Metodom elektrohemijske impedansne spektroskopije dobijena je relativno visoka efikasnost inhibitorom modifikovanog sloja rđe, koja je iznad 80%. Inhibitorom modifikovani sloj rđe štiti elektrodu, što je i dokazano opadanjem parametra n_2 do 0,5. Tipičan oblik Nyquistovih dijagrama, ukazuje da inhibitorom modifikovani sloj rđe predstavlja barijeru za difuziju kiseonika, što je i prethodno zaključeno na osnovu mjerenja izvedenih na LPR probi.

Rezultati dobijeni metodom potenciodinamičke polarizacije ukazuju da kod čelika miješanje generalno povećava brzinu korozije, naročito povećanjem katodne struje kada istovremeno dolazi do pomjeranja korozionog potencijala ka većim, tj. pozitivnijim vrijednostima. Ovakvo ponašanje objašnjeno je činjenicom da miješanje povećava transport kiseonika do površine metala, što dovodi do povećanja katodne struje i korozionog potencijala. Porast katodnog Tafelovog nagiba sa povećanjem brzine miješanja elektrolita objašnjen je povećavanjem granične struje redukcije kiseonika, usljed čega difuziono kontrolisana reakcija postaje dominantna katodna reakcija. Smanjenje anodnog Tafelovog nagiba sa povećanjem brzine miješanja objašnjeno je uticajem miješanja na kinetiku anodnog rastvaranja vjerovatno zbog povećanog transporta rastvorenih jona željeza sa površine metala u rastvor.

Ovom metodom je takođe dokazano da se brzina korozije mijenja sa vremenom izlaganja i brzinom miješanja za sloj čiste rde, usljed postepenog dostizanja prekrivenosti cijele površine elektrode rdom i narednim porastom sloja rde sa vremenom. Sa druge strane, za inhibitorom modificovani sloj rde, brzina korozije kontinualno opada sa vremenom izlaganja i postaje zavisna od miješanja elektrolita, što je posljedica efikasnosti dobrog zaštitnog sloja, koji sprječava difuziju kiseonika i sa tokom vremena popunjava se dodatnim rđanjem unutar pora sloja. Ovaj zaključak se poklapa sa prethodnim objavljenim podacima impedanse, gdje je za isti sistem prikazano da inhibitorom modificovani sloj rde ima nisku frekvenciju parametra konstantnog faznog elementa n blizu 0,5, što je i prikazano pomoću oblika Nyquistovih dijagrama, ukazujući na uticaj difuzije u porama sloja površine.

Dobijeni rezultati pokazuju i slabljenje čistog sloja rde sa vremenom, što se može objasniti nestabilnošću površinskih oksida na jako površinsko naprezanje, koje je prouzrokovano hidrodinamičkim protokom, dok očuvanje zaštitnih osobina inhibitorom modificovanog sloja rde sa vremenom može se objasniti stabilnošću tog sloja na jako površinsko naprezanje.

Rezultati dobijeni Fourierovom transformacionom infra crvenom spektroskopijom (FTIR) ukazuju na proces konverzije rde do željeznog tanata na površini čelika izloženoj dejstvu smješe inhibitora. FTIR spektri ukazuju na dominantnu ulogu vrsta flavanoida, koji su prisutni u taninu i propolisu na formiranje inhibitorom modificovanog sloja rde.

Rezultati dobijeni metodom skenirajuće elektronske mikroskopije (SEM) i energetske disperzione X-Ray (EDX) analize pokazuju da kiseonik i ugljenik, koji su pronađeni u sloju rde u višku u odnosu na supstrat, vjerovatno potiču od oksida i karbonata, koji su formirani u neutralnom rastvoru pri kontaktu sa vazduhom. Dobijena fina zrnasta struktura u oba slučaja potiče od površinskih oksida i karbonata. Inhibitorom modificovani sloj rde je u tom slučaju znatno gušći i unuforman u mikrofotografu za razliku od sloja rde. Korozioni defekti, koji su prisutni u formi plitkih jama su vidljivi samo u slučaju sloja rde. Takođe, zbog prisustva inhibitora sadržaj ugljenika je mnogo veći u inhibitorom modificovanom sloju rde nego u sloju čiste rde. Ovom metodom je takođe dokazano i to da je najveći sadržaj ugljenika prisutan u sloju rde modificovane smješom inhibitora propolisa, tanina i benzoata, nešto manji u sloju rde modificovane smješom propolisa, tanina, benzoata, PEG-a i skroba, dok je najmanji sadržaj ugljenika prisutan u sloju čiste rde. Najveći sadržaj željeza prisutan je u sloju čiste rde, dok je u slojevima rde modificovane smješom inhibitora prisutan manji sadržaj željeza, što znači da porast željeza prati pad kiseonika i ugljenika i obrnuto. To dokazuje da su u slojevima rde modificovane smješom inhibitora prisutna organska jedinjenja.

XRD metodom je dokazano da su ferit, magnetit, lepidokrokit i akaganeit prisutni na površini čelika i u slučaju rde i u slučaju inhibitorom modificovanog sloja rde, dok su halit i gvožđe hlorid tetrahidrat prisutni samo u inhibitorom modificovanom sloju rde. Vrste tanata, koje su prethodno dokazane FTIR-om su i vizuelno dokazane, jer sadrže duboko tamno-plavu boju, što se nije moglo detektovati zbog njihove amorfne prirode. Takođe, za prikazane analizirane uzorke intenzitet XRD

pikova dokazuje to da je u sloju rđe bez inhibitora prisutno više magnetita nego lepidokrokita, kao i to da je u inhibitorom modificovanom sloju rđe prisutno više lepidokrokita nego magnetita.

Rezultati, dobijeni ICP-MS metodom, dokazali su da rastvor propolisa, tanina i benzoata sadrži najmanju koncentraciju željeza, pa je samim tim u tom rastvoru zabilježena i najmanja brzina korozije, dok je u 0,51 M rastvoru NaCl zabilježena najveća koncentracija željeza, kao i najveća brzina korozije. ICP-MS metodom su dobijeni isti rezultati na dva različita uzorka, što znači da je ova metoda efikasno primjenjiva, kao i to da je kod ove metode tačno utvrđen redosljed efikasnosti.

Mjerenjem na LPR probi praćen je uticaj temperature na brzinu korozije čelika. Konstatovano je da se brzina korozije povećava sa povišenjem temperature, kao i da je ovaj fenomen izraženiji u rastvoru 0,51 M NaCl bez inhibitora nego u rastvoru 0,51 M NaCl sa najefikasnijom smjesom inhibitora. Takođe je dokazano da sa porastom temperature raste inhibiciona efikasnost, dostižući maksimum od 72% pri 55 °C. Efikasna inhibicija pri višim temperaturama vjerovatno je posljedica jačeg rastvaranja željeza i bržeg stvaranja tanatnog sloja, koji prekriva površinu elektrode i štiti od dalje korozije.

Metodom linearne polarizacije dokazano je da su brzine korozije bakra i kalaja sa slojem nastalim pod uticajem najefikasnije smješe inhibitora uvijek manje u odnosu na brzine korozije sa slojem korozionih produkata. Efikasnosti inhibicije u slučaju ova dva metala su uvijek pozitivne i rastu sa brzinom miješanja. Porast efikasnosti inhibicije s brzinom miješanja objašnjen je činjenicom da smješa inhibitora adsorpcijom na površini metala formira zaštitni sloj, koji smanjuje rastvaranje metala i predstavlja prepreku difuziji kiseonika na površinu metala, čime se smanjuje koroziona struja, a samim tim i brzina korozije.

Snimanjem kupona od bakra izloženih neinhibiranom rastvoru NaCl pod mikroskopom uočeno je da na površini postoji sloj zelenkastih korozionih produkata, kao i talozi natrijum hlorida. Nije uočen karakterističan mikrostrukturni izgled tačkaste korozije na uzorku koji je bio izložen rastvoru NaCl sa smjesom inhibitora, što ukazuje da inhibitorska smješa sprječava tačkastu koroziju bakra.

Štetno dejstvo inhibitorske smješe, odnosno potpuni nedostatak zaštite konstatovan je na osnovu pojave intenzivne jamičaste korozije na kuponima od aluminijuma. Prisustvo adsorbovanog, debelog smeđeg sloja tanina, koji puca i ljušti se, a ispod se nalazi neoštećena površina cinka ukazuje da inhibitorske smješe sprječavaju nastajanje bijele rđe, ali ne stvaraju kompaktan sloj modificovanih korozionih produkata. Isti fenomen uočen je i u slučaju kalaja.

3. KONAČNA OCJENA DISERTACIJE

Istraživanja u okviru ove disertacije su koncipirana na osnovu definisanih ciljeva i detaljne analize literature iz oblasti zaštite metala od korozije primjenom organskih jedinjenja kao inhibitora korozije. U okviru ove doktorske disertacije primijenjena je

metodologija istraživanja i karakterizacija kakva je i prethodno opisana u literaturi, ali je prvi put primijenjena smješa od pet ekološki prihvatljivih inhibitora, što predstavlja krupan iskorak u odnosu na prethodne radove, u kojima je, u cilju inhibicije korozije, korišćena smješa od najčešće dva ili tri inhibitora. Dodatna vrijednost disertacije ogleda se u činjenici da je ispitivana inhibicija korozije u neutralnom medijumu, dok je u prethodnim radovima ispitivana inhibicija korozije najčešće u kiselom medijumu.

Poređenjem dostupne literature iz ove oblasti sa rezultatima istraživanja dobijenih u okviru ovoga rada, može se primijetiti da dobijeni rezultati predstavljaju korak za dalji razvoj i potencijalnu primjenu ekološki prihvatljivih inhibitora i njihovog sinergijskog efekta, zahvaljujući kojem bi se uz manje troškove, odnosno znatno niže koncentracije inhibitora omogućila efikasnost komercijalno dostupnih inhibitora korozije.

4. ORIGINALNI NAUČNI DOPRINOS

U okviru ove doktorske disertacije dokazana je efikasnost netoksične i ekološki prihvatljive smješe inhibitora sačinjene od propolisa, tanina, natrijum benzoata, polietilen glikola (PEG400) i skroba, koja je dodata u rastvor u cilju formiranja čvrstog zaštitnog sloja na čeliku. Komponente smješe su odabrane na osnovu njihovih osobina, koje se odnose na mogućnosti njihovih dejstava u rastvoru i/ili na površini čelika. Korišćenje smješa sa osnovama tanina i drugih ekološki prihvatljivih jedinjenja predstavlja novi način inhibicije korozije metala u mirnom, kao i u miješanom 0,51 M rastvoru NaCl. U poređenju sa zaštitnim slojem čiste rde, formiranim u 0,51 M NaCl, zaštitni sloj rde modifikovan smješom inhibitora, koji je formiran u 0,51 M rastvoru NaCl sa smješom propolisa, tanina, benzoata, PEG-a i skroba pruža daleko bolje zaštitne karakteristike na površini čelika. Kombinacija sinergijskih i antagonističkih efekata pojedinačnih komponenata, prisutnih u smješi je primjenjivana u cilju smanjenja brzine korozije čelika prilikom formiranja inhibitorom modifikovanog sloja rde, kao i prilikom ispitivanja njegovih zaštitnih karakteristika. U okviru ove doktorske disertacije ostvaren je značajan doprinos u razumijevanju mehanizma sinergijskog/antagonističkog djelovanja komponenti na koroziju metalnih materijala u neutralnom hloridnom medijumu. Dvostruka uloga tanina u formiranju zaštitnog sloja je zasnovana na povećanju brzine korozije formiranjem željeznog-helata i inhibiciji korozije taloženjem željeznog tanata. Na osnovu rezultata mjerenja dokazano je da inhibitorom modifikovani sloj djeluje kao barijera difuziji kiseonika, tako da pokazuje dejstvo depolarizatora primarne korozione reakcije u ispitivanom neutralnom hloridnom rastvoru. Ispitivanje otpornosti sloja modifikovanog inhibitorom je od primarnog značaja, jer se na osnovu toga može ispitati mogućnost njegove praktične primjene.

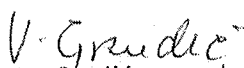
5. MIŠLJENJE I PREDLOG KOMISIJE

Na osnovu svega izloženog, Komisija konstatuje da doktorska disertacija ispunjava sve zakonske, formalne i suštinske uslove, kao i sve kriterijume koji se primjenjuju prilikom vrednovanja doktorske disertacije. Komisija smatra da disertacija kandidata MSc Stojana Božovića pod nazivom *"Sinergijski efekat ekološki prihvatljivih inhibitora na koroziju metalnih materijala u hloridnom medijumu"* predstavlja značajan i originalni naučni doprinos u oblasti Hemijsko inženjerstvo. Predmet i ciljevi istraživanja su jasno navedeni i ostvareni.

Imajući u vidu kvalitet i obim ostvarenih istraživanja, Komisija predlaže Vijeću MTF-a i Senatu Univerziteta Crne Gore da prihvati ovaj Izveštaj i da ga zajedno sa podnijetom disertacijom MSc Stojana Božovića pod nazivom *"Sinergijski efekat ekološki prihvatljivih inhibitora na koroziju metalnih materijala u hloridnom medijumu"* izloži na uvid javnosti u zakonski predviđenom roku, kao i da, nakon završetka procedure, odobri javnu usmenu odbranu disertacije pred Komisijom u istom sastavu.

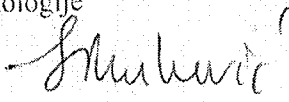
Podgorica, 25.02.2020.god.

Komisija:

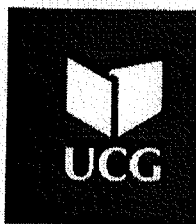

dr Veselinka Grudić, vanredni profesor

Univerzitet Crne Gore, Metalurško-tehnološki fakultet


dr Sanja Martinez, redoviti profesor u trajnom zvanju
Sveučilište u Zagrebu, Fakultet kemijskog inženjerstva
i tehnologije


dr Ivana Bošković, vanredni profesor

Univerzitet Crne Gore, Metalurško-tehnološki fakultet



Univerzitet Crne Gore
Centralna univerzitetska biblioteka
adresa / address: Cetinjska br. 2
81000 Podgorica, Crna Gora
telefon / phone: 00382 20 414 245
fax: 00382 20 414 259
mail: cub@ucg.me
web: www.ucg.ac.me
Central University Library
University of Montenegro

Broj / Ref: 01/6-1-8-52/1
Datum / Date: 27.04.2020.

Crna Gora
UNIVERZITET CRNE GORE
METALURŠKO-TEHNOLOŠKI FAKULTET

Broj: 601
Podgorica, 27.04. 2020. god.

UNIVERZITET CRNE GORE
METALURŠKO-TEHNOLOŠKI FAKULTET

N/r dekanu

Prof. dr Miri Vukčević

Poštovana prof. dr Vukčević,

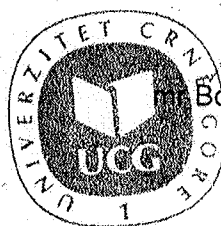
U prilogu ovog akta dostavljamo Vam doktorsku disertaciju pod nazivom **Sinergijski efekat ekološki prihvatljivih inhibitora na koroziju metalnih materijala u hloridnom medijumu**, kandidata mr Stojana Božovića, koja je u skladu sa članom 42 stav 3 Pravila doktorskih studija dostavljena **Centralnoj univerzitetskoj biblioteci** 26. 02. 2020. godine, na uvid i ocjenu javnosti.

Na navedeni rad nije bilo primjedbi javnosti u predviđenom roku od 30 dana.

Molimo Vas da nam nakon odbrane dostavite konačnu verziju doktorske disertacije.

S poštovanjem,

DIREKTOR



[Signature]
Bosiljka Cicmil

UNIVERZITET CRNE GORE
METALURŠKO-TEHNOLOŠKI FAKULTET

Obavještava

Doktorska disertacija kandidata mr Stojana Božovića, nezaposlenog, pod nazivom: "Sinergijski efekat ekološki prihvatljivih inhibitora na koroziju metalnih materijala u hloridnom medijumu" i izvještaj o ocjeni doktorske disertacije stavljaju se na uvid javnosti u Centralnoj univerzitetskoj biblioteci, u vremenu od 9 do 15 časova, u periodu od 30 dana od dana objavljivanja obavještenja.

Izvještaj o ocjeni doktorske disertacije podnijela je Komisija u sastavu:

1. Prof. dr Veselinka Grudić, vanredni profesor Metalurško-tehnološkog fakulteta Univerziteta Crne Gore
2. Prof. dr Sanja Martinez, redoviti profesor u trajnom zvanju, Sveučilišta u Zagrebu, Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije
3. Prof. dr Ivana Bošković, vanredni profesor Metalurško-tehnološkog fakulteta Univerziteta Crne Gore



Univerzitet Crne Gore

University of Montenegro

0.3 - 300.8

27.10.2016

Crna Gora
UNIVERZITET CRNE GORE
METALURŠKO-TEHNOLOŠKI FAKULTET

Broj 1992

Podgorica, 07.11.2016. god.

Na osnovu člana 72 stav 2 Zakona o visokom obrazovanju („Službeni list Crne Gore“ br. 44/14, 47/15, 40/16) i člana 32 stav 1 tačka 9 Statuta Univerziteta Crne Gore, Senat Univerziteta Crne Gore na sjednici održanoj 27. oktobra 2016. godine, donio je

ODLUKU O IZBORU U ZVANJE

Dr Ivana Bošković bira se u akademsko zvanje **vanredna profesorica Univerziteta Crne Gore** za predmete **Fizička hemija I i Fizička hemija II** na osnovnom akademskom studijskom programu Hemijska tehnologija, **Fizička hemija** na osnovnom akademskom studijskom programu Farmacija na Medicinskom fakultetu, **Fizička hemija sa elektrohemijom** na osnovnom akademskom studijskom programu Metalurgija; **Prahovi i keramika** na postdiplomskom specijalističkom akademskom studijskom programu Hemijska tehnologija, neorgansko usmjerenje i **Kataliza** na postdiplomskom specijalističkom akademskom studijskom programu Hemijska tehnologija na Metalurško-tehnološkom fakultetu, na period od pet godina.



REKTOR

Prof. Radmila Vojvodić

Biografija – prof. dr Ivana Bošković

Ivana Bošković je rođena 26. 08. 1971. u Titogradu, SR Crna Gora. Osnovnu školu i gimnaziju "Slobodan Škerović" u Titogradu završila je 1990. godine, a studije neorganske tehnologije na Metalurško-tehnološkom fakultetu u Podgorici, 29.05.1995. godine sa prosječnom ocjenom 8,81 i ocjenom deset na diplomskom ispitu. Zaposlila se na istom fakultetu 1995. godine kao asistent-pripravnik na Katedri za fizičku hemiju i elektrohemiju.

Poslijediplomske studije na Fakultetu za Fizičku hemiju, Univerziteta u Beogradu upisala je 1995. godine. Studije je završila odbranivši magistarsku tezu pod naslovom *"Ispitivanje kompleksnih jedinjenja sulfonisanih fenola i jona metala"* 24.04.1999. godine u Beogradu i time stekla zvanje magistra fizičko-hemijskih nauka. Doktorsku disertaciju pod naslovom *"Elektrokatalitičke osobine kompozitnih filmova metal-oksid i oksid-oksid formiranih na površinama titana i tantala elektrohemijskim metodama"* odbranila je 06.10.2005. na Fakultetu za fizičku hemiju Univerziteta u Beogradu i stekla zvanje doktora fizičko-hemijskih nauka.

Od 1995. zaposlena je na Metalurško-tehnološkom fakultetu i trenutno u zvanju vanrednog profesora na predmetima: Fizička hemija sa elektrohemijom (2 časa)-Metalurgija na MTF-u; Fizička hemija I i Fizička hemija II-osnovne studije Hemijska tehnologija na MTF-u; Prahovi i keramika i Kataliza- specijalističke studije Hemijska tehnologija na MTF-u; Fizička hemija i Koloidna hemija i hemija površine na Medicinskom fakultetu UCG-studijski program farmacija.

REFERENCE – Prof. dr Ivana Bošković

1. S.V.Mentus, **I. Bošković**, J.M. Pješčić, V.Grudić and Ž. Bogdanov, "Tailoring the morphology and electrocatalytic properties of electrochemically formed Ag/TiO₂ composite deposits on titanium surfaces", *J. Serb.Chem.Soc.* 72 (12) (2007), pp. 1403-1418, ISSN 0352-5139
2. Milun Krgović, **Ivana Bošković**, Mira Vukčević, Radomir Zejak, Miloš Knežević, Ratko Mitrović, Biljana Zlatičanin, Nataša Jaćimović (2011). The influence of the mineral content clay from the whitw bauxite mine on the properties of the sintered product. *Materiali in Tehnologije*, 45 (6): 609-612. ISSN:1580-2949
3. Krgović Milun, Zejak Radomir, Ivanović Mileta, Vukčević Mira, **Bošković Ivana**, Knežević Miloš and Biljana Zlatičanin Biljana (2011) Properties of the sintered product based on electrofilter ash depending on the mineral content of binder. *Research Journal of Chemistry and Environment*, 15(4): 52-56. ISSN:0972-0626.
4. Mira Vukčević, Danka Turović, Milun Krgović, **Ivana Bošković**, Mileta Ivanović, Radomir Zejak (2013) Utilization of geopolymerization for obtaining construction materials based on red mud. *Materiali in Tehnologije*, 47(1): 99-104. ISSN:1580-2949.
5. Jaćimović Željko, Latinović Nedeljko, **Bošković Ivana** and Tomić Zoran (2013) The influence of a Newly Synthesized Zn(II) and Cu(II) Complexes based on Pyrazole Derivates on the Inhibition of Phomoshis Viticola sacc.(Sacc.) under Laboratory Conditions. *Research Journal of Chemistry and Environment*, 17(10): 23-27. ISSN:0972-0626.
6. **Bošković Ivana**, Vukčević Mira, Krgović Milun, Ivanović Mileta, and Zejak Radomir (2013) The influence of raw mixture and activators characteristics on red-mud based geopolymers. *Research Journal of Chemistry and Environment*, 17(1): 34-40. ISSN:0972-0626.
7. Vukčević Mira, Krgović Milun, **Bošković Ivana**, Ivanović Mileta, Zejak Radomir (2013) The influence of geopolymerization working conditions on the properties of geopolymers. *Research Journal of Chemistry and Environment*, 18(2): 76-81. ISSN:0972-0626.
8. Milun Krgović, **Ivana Bošković***, Radomir Zejak, Miloš Knežević (2014) Influence of temperature and binder content of the sintered product based on the red mud. *Materiali in Tehnologije*, 48(4): 559-562. ISSN:1580-2949.(vodeći autor).
9. Veselinka Grudić, Jelena Šćepanović, **Ivana Bošković** (2015) Removal of cadmium (II) from aqueous solution using fermented grape marc as a new adsorbent. *Chemical Industry & Chemical Engineering Quarterly*, 21(2): 285-293. ISSN:1451-9372 (Print), 2217-7434 (Online).

10. **I.Bošković**, M. Vukčević, M.Krgović (2015) Role of binder in the process of geopolymerization of red-mud based products. *Journal of Environmental Protection and Ecology*, 16(4):1407-1413. ISSN: 1311-5065.
11. Veselinka Grudić, **Ivana Bošković**, Željko Jaćimović, Sorption kinetics of Cd(II) ions on fermented grape marc, *Environment Protection Engineering* 43(4) **2017**
12. Veselinka Grudic; **Ivana Veljko Boskovic**; Dragan Radonjic; Zeljko Jacimovic; Bojana Knezevic, The electrochemical behavior of Al alloys in NaCl solution in the presence of pyrazole derivative, *Iranian Journal of Chemistry and Chemical engineering*, **Articles in Press, Accepted Manuscript , Available Online from 18 March 2018**
13. **Ivana Veljko Boskovic**; Veselinka Grudic; Mileta Ivanovic; Ivana Milasevic, Investigation of Reduction and Precipitation Rate of Colloidal Gold Particles Obtained in the Process of Electrical and Electronic Waste Recycling, *Iranian Journal of Chemistry and Chemical engineering*, **Articles in Press, Accepted Manuscript , Available Online from 23 February 2018**
14. **Ivana V. BOŠKOVIĆ**, Snežana S. NENADOVIĆ, Ljiljana M. KLJAJEVIĆ, Ivana S. VUKANAC, Nadežda G. STANKOVIĆ, Jelena M. LUKOVIĆ and Mira A. VUKČEVIĆ, Radiological and physicochemical properties of red/mud based geopolymers, *Nuclear Technology & Radiation Protection*, **Article in Press**

УНИВЕРЗИТЕТ ЦРНЕ ГОРЕ

Ул. Цетинска бр. 2
П. факс 99
81000 ПОДГОРИЦА
ЦРНА ГОРА
Телефон: (020) 414-255
Факс: (020) 414-230
E-mail: rektor@ac.me



UNIVERSITY OF MONTENEGRO

Ul. Cetinjska br. 2
P.O. BOX 99
81 000 PODGORICA
MONTENEGRO
Phone: (+382) 20 414-255
Fax: (+382) 20 414-230
E-mail: rektor@ac.me

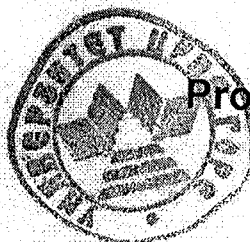
Број: 08-1736
Датум, 24. 06. 2015 г.

Ref. _____
Date, _____

Na osnovu člana 72 stav 2 Zakona o visokom obrazovanju (Službeni list Crne Gore br. 44/14) i člana 32 stav 1 tačka 9 Statuta Univerziteta Crne Gore, Senat Univerziteta Crne Gore, na sjednici održanoj 24. juna 2015. godine, donio je

ODLUKU O IZBORU U ZVANJE

Dr VESELINKA GRUDIĆ bira se u akademsko zvanje **vanredni profesor Univerziteta Crne Gore** za predmete: Hemijska termodinamika, Tehnološke operacije II, Elektrohemija, Hemijski izvori struje i Zaštitne prevlake na studijskom programu Hemijska tehnologija na **Metalurško-tehnološkom fakultetu**, na period od pet godina.



REKTOR

Prof. Radmila Vojvodić

Biografija-prof.dr Veselinka Grudić

Dr Veselinka Grudić rođena je 03.01.1972. godine u Pljevljima – SR Crna Gora. Osnovnu školu je završila u Pljevljima, a srednju školu u Podgorici sa odličnim uspjehom.

Metalurško-tehnološki fakultet u Podgorici, studije Neorganske tehnologije upisala je školske 1990/91. godine i završila ih 1995. godine, sa prosječnom ocjenom 9.72. Diplomski rad sa ocjenom 10 odbranila je 1995. godine i stekla zvanje diplomirani inženjer neorganske tehnologije. Školske 1991/92. godine proglašena je za studenta generacije i dobitnik je nagrade "*19. decembar*".

Poslijediplomske studije na Fakultetu za fizičku hemiju, Univeziteta u Beogradu upisala je školske 1995/1996. godine. Magistarski rad pod naslovom: "*Kinetika elektrodnih reakcija metala u aprotičnim elektrolitičkim rastvorima*" odbranila je u februaru 1999. godine i stekla zvanje magistra fizičko-hemijskih nauka.

Doktorsku disertaciju pod naslovom: "*Oksidacija halogenidnih jona u aprotičnim elektrolitičkim rastvorima*" odbranila je marta 2004. godine na Fakultetu za fizičku hemiju, Univerziteta u Beogradu i stekla zvanje doktora fizičko-hemijskih nauka.

Zaposlena je na Metalurško -tehnološkom fakultetu od oktobra 1995. godine i trenutno je u zvanju vanrednog profesora.

Profesionalna orijentacija dr Veselinke Grudić je u području elektrohemijske sinteze različitih oksida metala (metode sagorijevanja gela), elektrokemijskog ispitivanja različitih površinskih procesa na granici elektroda/elektrolit, ispitivanje mehanizma i kinetike sorpcionih procesa, kao i zaštite metalnih materijala od korozije primjenom inhibitora. Bila je mentor više od 40 specijalističkih radova, jednog magistarskog rada, a trenutno je mentor dvije doktorske disertacije. Publikovala je više od 50 naučnih i konferencijskih radova, od kojih je 18 radova SCI indeksiranih publikacija. Aktivno je učestvovala, kao rukovodilac ili član radnog tima, u realizaciji 12 naučno -istraživačkih i bilateralnih projekata.

Univerzitet Crne Gore joj je dodijelio priznanja za postignute rezultate i doprinose razvoju naučno-istraživačkog, umjetničkog i stručnog rada na Metalurško-tehnološkom fakultetu u 2018. i 2019. godini.

REFERENCE – prof. dr Veselinka Grudić

1. S.Mentus, D.Jelić, **V.Grudić**, "Lanthanum nitrate decomposition by both temperature programmed heating and citrate gel combustion", Journal of thermal analysis and calorimetry, Vol. 87 (2), 2007.ISSN 1388- 6150.str.393-397
2. S.Mentus, I. Bošković, J.M. Pješčić, **V.Grudić** and Ž. Bogdanov, "Tailoring the morphology and electrocatalytic properties of electrochemically formed Ag/TiO₂ composite deposits on titanium surfaces", J.Serb.Chem.Soc. 72 (12) (2007), pp. 1403-1418, ISSN 0352-5139
3. V.L. Vukašinović Pešić, V.N. Rajaković-Ognjanović, N.Z. Blagojević, **V.V. Grudić**, B.M. Jovanović, Lj.V. Rajaković, "Enhanced arsenic removal from water by activated red mud based on hydrated iron(III) and titan(IV) oxides", Chem. Eng. Commun., (2012), 199(7): 849-864. ISSN: 0098-6445
4. **Veselinka V. Grudić**, Đina Perić, Nada Z. Blagojević, Vesna L. Vukašinović-Pešić, Snežana Brašanac, Bojana Mugoša, "Pb(II) and Cu(II) sorption from aqueous solutions using activated red mud –evaluation of kinetic, equilibrium and thermodynamic models", Pol. J. Environ. Stud. (2013), 22(2): 377-385. ISSN: 1230-1485
5. **Grudić Veselinka V.**, Blagojević Nada Z., Vukašinović-Pešić Vesna L., Brašanac Snežana R., "Kinetics of degradation of ascorbic acid by cyclic voltammetry method", CI&CEQ, (2015), 21(2): 351-357. ISSN: 1451-9372
6. **V.Grudić**, J.Pješčić-Šćepanović, I.Bošković, "Removal of cadmium (II) from aqueous solution using fermented grape marc as a new adsorbent", CI&CEQ (2015), 21(2): 285 – 293. ISSN 1451- 9372
7. **Veselinka V. Grudić**, Snežana Brašanac,Vesna L. Vukašinović- Pešić and Nada Z. Blagojević "Sorption of cadmium from water using neutralized red mud and activated neutralized red mud " ARPJ Journal of Engineering and Applied Sciences (2013), 8(11): 933 - 943. ISSN: 1819 – 6608
8. **Veselinka Grudić**, Ivana Bošković, Željko Jaćimović, Sorption kinetics of Cd(II) ions on fermented grape marc, Environment Protection Engineering (2017), 43(4): 243 -252
9. **V.Grudić**, I. Bošković, A.Gezović "Inhibition of Copper Corrosion in NaCl Solution by Propolis Extract ", Chemical and Biochemical Engineering Quarterly, (2018), 32 (3):299-305, ISSN 0352-9568
10. Stojan Božović, Sanja Martinez and **Veselinka Grudić**, "A Novel Environmentally Friendly Synergistic Mixture for Steel Corrosion Inhibition in 0.51 M NaCl", Acta Chimica Slovenica, (2019), 66 pp:112–122, ISSN: 1580-3155
11. **Veselinka Grudić**, Ivana Bošković, Sanja Martinez, Bojana Knežević, "Study of corrosion inhibition for mild steel in NaCl solution by propolis extract", Macedonian Journal of Chemistry and Chemical Engineering, (2018) Vol. 37, No. 2, pp. 203–213, ISSN 1857-5552
12. **Grudić Veselinka**, Ivana Bošković, Dragan Radonjić, Željko Jaćimović, Bojana Knežević, The Electrochemical Behavior of Al Alloys in NaCl Solution in the Presence of Pyrazole Derivative, Iranian Journal of Chemistry & Chemical Engineering, Vol 38, Issue 2-Serial Number 93, 2019, pp. 127-138 ISSN:10219986
- 13.**Veselinka Grudić**, Sanja Martinez, Bojana Knežević and Ivana Bošković, Corrosion inhibition of steel in a sodium chloride solution by natural honey, Materials Testing 61(9), pp. 881-884, 2019, ISSN : 0025-5300
14. Stojan Božović, Tena Gvozdanović, Ana Kraš, **Veselinka Grudić**, Stanislav Kurajica, Sanja Martinez, Rust layer growth and modification by a tannin-based mixture for lowering steel corrosion rates in neutral saline solution, Corros. Eng. Sci. Technol., 2020, 55, 1-9.



Sveučilište u Zagrebu

REPUBLIKA HRVATSKA

Na temelju članka 21. i 84. Statuta Sveučilišta u Zagrebu,
sukladno članku 93. Zakona o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju,
na prijedlog Povjerenstva za utvrđivanje kriterija i potvrdu izbora u zvanje,

Senat Sveučilišta u Zagrebu potvrđuje da je

dr. sc. **SANJA MARTINEZ**

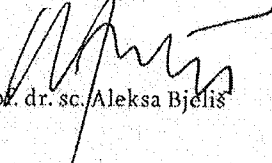
izvanredna profesorica
Fakulteta kemijskog inženjerstva i tehnologije Sveučilišta u Zagrebu
izabrana na vrijeme od pet godina u znanstveno-nastavno zvanje

REDOVITE PROFESORICE

u području tehničkih znanosti,
polje: kemijsko inženjerstvo – analiza, sinteza i vođenje kemijskih procesa
i
polje: temeljne tehničke znanosti – materijali

Klasa: 640-03/12-07/120
Urbroj: 380-021/081-12-2
Zagreb, 18. rujna 2012.

REKTOR


Prof. dr. sc. Aleksa Bjeliš

Biografija – prof. sr Sanja Martinez

Dr. sc. Sanja Martinez rođena je 23. prosinca 1968. u Zagrebu, gdje je završila osnovnu i srednju školu. Diplomirala je na Prirodoslovno-matematičkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu, smjer inženjerska fizika. Doktorirala je 26. svibnja 2000. Od travnja 1994. zaposlena je na Fakultetu kemijskog inženjerstva i tehnologije, momentalno kao redoviti profesor u trajnom zvanju. Prof. dr. sc. Sanja Martinez znanstveno se bavi izuzetno širokim spektrom elektrokemijskih i elektrokemijsko-inženjerskih tema. U području elektrokemijskog i korozijskog inženjerstva treba istaknuti njezin doprinos istraživanjima sustava katodne zaštite, modeliranja raspodjele struja i potencijala u tim sustavima te istraživanjima korozije u protočnim sustavima pod različitim hidrodinamičkim uvjetima rada. Također izučava zaštitu metalnih konstrukcija od korozije uporabom premaza, kao i pojavu katodne delaminacije. Posebno velik znanstveni doprinos daje u području zaštite čeličnih materijala od korozije pomoću prirodnih, ekološki prihvatljivih inhibitora. U periodu od 1994. do 2017. aktivno je sudjelovala u realizaciji četiri znanstvena projekta MZOŠ-a, pri čemu je bila voditelj dvaju projekata. Od 2014. do 2017. bila je suradnik na projektu NANOSENS HRZZ-a. Sudjelovala je na jednom europskom istraživačkom IPA projektu, a trenutno je lokalni koordinator jednog CEEPUS projekta. Prof. dr. sc. Sanja Martinez objavila je jedno poglavlje u znanstvenoj knjizi, 35 znanstvenih radova u časopisima citiranima u tercijarnim publikacijama, 8 znanstvenih radova u časopisima citiranima u sekundarnim publikacijama, 19 radova u zbornicima radova s međunarodnih skupova te 9 radova u zbornicima s domaćih skupova. Prof. dr. sc. Sanja Martinez predavala je vrlo velik broj kolegija na svim razinama visokog obrazovanja (preddiplomska, diplomska i poslijediplomska nastava). Po izboru u zvanje docenta 2003. predavanja održava najprije na kolegijima Elektrokemijska korozija materijala i Tehnike zaštite od korozije, a kasnije i na kolegijima: Metalni materijali, korozija i zaštita, Konstrukcijski materijali i zaštita, Elektrokemijsko i korozijsko inženjerstvo (50 %), Elektrokemija (50 % – 100 %), Korozijska stabilnost materijala i Elektrokemija bioloških procesa i biomolekula (33 %). U poslijediplomskoj nastavi sudjelovala je u predavanjima i izvođenju vježbi u okviru nekoliko kolegija: Korozija materijala i računalno modeliranje u koroziji (izborni kolegij), Odabrana poglavlja elektrokemije (temeljni kolegij na specijalističkom poslijediplomskom studiju Korozija i zaštita) te izbornih kolegija Tehnike zaštite od korozije i Katodna zaštita. Od 2014. na doktorskom studiju Kemijsko inženjerstvo i primijenjena kemija predaje predmet Novi izazovi u korozijskoj problematici (50 %), a od 2016. predmet Eko-prihvatljivi inhibitori korozije na III. Ciklusu Dokorskog studija iz Primijenjene kemije Sveučilišta u Tuzli (33 %).

Bila je mentor 21 diplomskog i 20 završnih radova, 1 specijalističkog rada te izravni voditelj 3 diplomskih rada. Bila je mentor 4 i komentor 1 dokorskog rada, a trenutno je mentor 5 dokorskih radova. Posebno treba istaknuti da je koautorica jednog sveučilišnog udžbenika te jednog digitalnog udžbenika, jednog recenziranog i jednog nerecenziranog nastavnog teksta te koautorica Rječnika strukovnog nazivlja iz područja korozije i zaštite materijala

REFERENCE – Prof. dr Sanja Martinez

1. A. Ivanković, **S. Martinez**, I. Šoić, Suppression of General and Localized Corrosion by Air-Dried TiO₂ Nanostructured Coatings on AISI 304 Stainless Steel, *INTERNATIONAL JOURNAL OF ELECTROCHEMICAL SCIENCE*, **11** (2016) 7660-7673
2. D. Šamec, L. Valek-Žulj, **S. Martinez**, J. Grúz, A. Piljac, J. Piljac-Žegarac, Phenolic acids significantly contribute to antioxidant potency of *Gynostemma pentaphyllum* aqueous and methanol extracts, *INDUSTRIAL CROPS AND PRODUCTS*, **84** (2016) 104-107
3. N. Touabi, Noura, **S. Martinez**, M. Bounoughaz, Optimization of Electrochemical Copper Recovery Process: Effect of the Rotation Speed in Chloride Medium of pH=3 , *INTERNATIONAL JOURNAL OF ELECTROCHEMICAL SCIENCE*, **10** (2015) 7227-7240
4. L. Valek Žulj, M. Serdar, **S. Martinez**, Effect of tartrate on the electrochemical behaviour and semiconductive properties of passive film on steel in saturated calcium hydroxide, *MATERIALS AND CORROSION*, **66** (2015) 1344-1353
5. Šatović D, **Martinez S**, Bobrowski A, Electrochemical identification of corrosion products on historical and archaeological bronzes using the voltammetry of micro-particles attached to a carbon paste electrode, *TALANTA*, **81** (2010) 1760-1765
6. **Martinez S**, Evaluation of the uniform current density assumption in cathodic protection systems with close anode-to-cathode arrangement, *MATERIALS AND CORROSION*, **61**
7. Šatović, D, Valek Žulj L, Desnica V, Fazinić S, **Martinez S**, Corrosion evaluation and surface characterization of the corrosion product layer formed on Cu-6Sn bronze in aqueous Na₂SO₄ solution, *CORROSION SCIENCE*, **51** (2009) 1596-1603
8. **Martinez S**, Valek Žulj L, Kapor F, Disbonding of underwater-cured epoxy coating caused by cathodic protection current, *CORROSION SCIENCE*, **51** (2009) 2253 – 2258
9. **Martinez S**, Valek L, Stipanović I, Adsorption of Organic Anions on Low-Carbon Steel in Saturated Ca(OH)₂ and the HSAB Principle, *JOURNAL OF THE ELECTROCHEMICAL SOCIETY*, **154** (2007) 671-677
10. Valek L, **Martinez S**, Serdar M, Stipanović I, Ascorbic acid as corrosion inhibitor for steel in alkaline media containing chloride ions, *CHEMICAL AND BIOCHEMICAL ENGINEERING QUARTERLY*, **21** (2007)
11. Valek L, **Martinez S**, Mikulić D, Brnardić I, The inhibition activity of ascorbic acid towards corrosion of steel in alkaline media containing chloride ions, *CORROSION SCIENCE*, **50** (2008) 2705-2709
12. **Martinez S**, Metikoš-Huković, M, The Inhibition of Copper-Nickel Alloy Corrosion under Controlled Hydrodynamic Condition in Seawater, *JOURNAL OF APPLIED ELECTROCHEMISTRY*, **36** (2006) 12; 1311-1315
13. Valek L, **Martinez S**, Copper corrosion inhibition by *Azadirachta indica* leaves extract, in 0.5 M sulphuric acid, *MATER LETT*, **61** (2007) 148-151

BIOGRAFIJA – Stojan Božović

Stojan Božović je rođen 11.10.1990. u Nikšiću, gdje je završio osnovnu školu i gimnaziju „Stojan Cerović”- prirodno-matematički smjer. Osnovne studije na Metalurško-tehnološkom fakultetu u Podgorici upisao je akademske 2009/2010. godine na smjeru Hemijska tehnologija i iste završio 2012. godine. Specijalističke studije na istom fakultetu upisao je akademske 2012/2013. godine na Organskom usmjerenju i iste završio 2013. godine. Specijalistički rad na temu „Ispitivanje kinetike degradacije vitamina C metodom ciklične voltametrije” je radio pod mentorstvom dr. Veselinke Grudić. Pripravnički staž preko Programa Stručnog Osposobljavanja je odradio u P.Z.U. Apoteka „Lijek” Podgorica u periodu od 15.01. 2014. godine do 15.10.2014. godine. Master studije na Tehnološko-metalurškom fakultetu Univerziteta u Beogradu upisao je studijske 2014/2015. godine na smjeru Hemijsko inženjerstvo i iste završio 2015. godine. Master rad na temu „Određivanje sile istiskivanja tablete iz blister pakovanja Al/Al i PVC/Al” je radio pod mentorstvom dr. Milorada Zrilića. Doktorske studije na Metalurško-tehnološkom fakultetu u Podgorici upisao je studijske 2016/2017. godine na smjeru Hemijska tehnologija, oblast Elektrohemija-Korozija. Kao student doktorskih studija učestvovao je na razmjeni studenata na Fakultetu kemijskog inženjerstva i tehnologije, Sveučilišta u Zagrebu preko CEEPUS programa u ukupnom trajanju od 10 mjeseci. Ima objavljen naučni rad u časopisu sa SCI liste kao prvi autor, kao i više radova na kojima je bio autor i koautor na međunarodnim naučnim konferencijama.

Govori engleski i ruski jezik i služi se njemačkim jezikom.

SPISAK REFERENCI:

Stojan Božović, Sanja Martnez, Veselinka Grudić, A Novel Environmentally Friendly Synergistic Mixture for Steel Corrosion Inhibition in 0,51 M NaCl, Acta Chim. Slov., **2019**, 66, 112-122.

Stojan Božović, Sanja Martinez, Veselinka Grudić, Aleksandra Gezović, Sinergijski efekt propolisa, tanina i benzoata na korozijsko ponašanje metala u 0,51 M NaCl, 23. Međunarodno savjetovanje o zaštiti materijala i industrijskom finišu, KORMAT 2018, Zagreb, 25.04.2018.

Tena Gvozdanović, Stojan Božović, Sanja Martinez, Inhibicija korozije konstrukcijskog čelika u neutralnom kloridnom mediju smjesom netoksičnih korozijskih inhibitora, International Conference, 17th Ružička days, “Today science- tomorrow industry”, Book of Abstracts, Osijek, 2018.

Stojan Božović, Sanja Martinez, Veselinka Grudić, Primjena smjese ekološki prihvatljivih spojeva za inhibiciju korozije različitih metala u 0,51 M otopini NaCl, MTECH, International Conference on Materials Corrosion, Heat Treatment, Testing and Tribology, 2019.