

ЗАХТЕВ

за давање сагласности на реферат о урађеној докторској дисертацији

Молимо да, сходно члану 47. ст. 5. тачка 4. Статута Универзитета у Београду (“Гласник Универзитета у Београду” број 162/11, пречишћен текст, 167/12, 172/13 и 178/14), дате сагласност на реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата:

Милица (Гојко) Кошевић, дипломирани инжењер

КАНДИДАТ: **Милица Кошевић** пријавила је докторску дисертацију под називом:

„Синтеза и карактеризација структурно уређених интерактивних електрокаталитичких композита заснованих на оксидима метала и платини“

Из научне области: **ХЕМИЈСКО ИНЖЕЊЕРСТВО**

Универзитет је дана **24.09.2018.** године, својим актом **61206-4055/2-18**, дао сагласност на предлог теме докторске дисертације која је гласила:

„ Синтеза и карактеризација структурно уређених интерактивних електрокаталитичких композита заснованих на оксидима метала и платини “

Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата **Милице Кошевић** образована је на седници Наставно-научног већа одржаној **24.12.2020.** године Одлуком Факултета под бр. **35/394**, у саставу:

Име и презиме	Звање	Научна област
1.Др Снежана Гојковић	Редовни професор	Електрохемија
2.Др Владимир Панић	Научни саветник	Хемијска технологија
3.Др Бранимир Гргур	Редовни професор	Електрохемија
4.Др Владислава Јовановић	Научни саветник	Катализа

Студент је уписан на докторске студије школске 2013/2014. године.

На захтев студента, у складу са Статутом Универзитета у Београду и Статутом Факултета, декан је донео Решење бр. 20/130-1 од 23.10.2019. године о продужењу рока за завршетак студија до истека троструког броја школских година потребних за реализацију уписаног студијског програма, односно до краја школске 2021/2022. године.

Наставно-научно веће Факултета прихватило је реферат Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације на седници одржаној дана **04.02.2021. године.**

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

Проф. др Петар Ускоковић

На основу чл. 40. став 3. Закона о високом образовању, чл. 112. став 3. Статута Универзитета у Београду, чл. 88. став 3. Статута ТМФ-а и чл. 39. Правилника о докторским студијама ТМФ, на седници Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета од 04.02.2021. године, донета је

О Д Л У К А

о прихватању Реферата о оцени докторске дисертације

Прихвата се Реферат Комисије у саставу: др Снежана Гојковић, редовни професор Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет, др Владимир Панић, научни саветник Универзитета у Београду, Институт за хемију, технологију и металургију- Институт од националног значаја за Републику Србију, др Бранимир Гргур, редовни професор Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет, др Владислава Јовановић, научни саветник у пензији Универзитета у Београду, Институт за хемију, технологију и металургију-Институт од националног значаја за Републику Србију, о прегледу и оцени урађене докторске дисертације под називом: „**Синтеза и карактеризација структурно уређених интерактивних електрокаталитичких композита заснованих на оксидима метала и платини**“ коју је поднела **Милица Кошевић**, дипломирани инжењер и упућује се на сагласност Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду.

Веће научних области техничких наука Универзитета у Београду дало је сагласност на предлог теме докторске дисертације Милице Кошевић, под називом „**Синтеза и карактеризација структурно уређених интерактивних електрокаталитичких композита заснованих на оксидима метала и платини**“ Одлуком број: 61206-4055/2-18 од 24.09.2018. године.

Верификација научних доприноса:

Категорија M21a:

1. **Milica Košević**, Srećko Stopić, Vesna Cvetković, Michael Schroeder, Jasmina Stevanović, Vladimir Panić, Bernd Friedrich, Mixed RuO₂/TiO₂ uniform microspheres synthesized by low-temperature ultrasonic spray pyrolysis and their advanced electrochemical performances, *Applied Surface Science*, 464 (2019) 1-9, doi:10.1016/j.apsusc.2018.09.066, ISSN 0921-8831, IF(2019)= 6,182.

2. **Milica Košević**, Nataša Vukićević, Srećko Stopić, Jasmina Stevanović, Bernd Friedrich, Vladimir Panić, Branislav Nikolić, Structure–Activity/Stability Correlations from the Electrochemical Dynamic Responses of Titanium Anode Coatings Formed of Ordered TiO₂@RuO₂ Microspheres, *Journal of The Electrochemical Society*, 165 (2018) J3363-J3370, doi:10.1149/2.0521815jes, ISSN 0013-4651, IF(2018)=3,405.

Категорија M21:

1. **Milica Košević**, Srećko Stopić, Andreas Bulan, Jürgen Kintrup, Reiner Weber, Jasmina Stevanović, Vladimir Panić, Bernd Friedrich, A continuous process for the ultrasonic spray pyrolysis synthesis of RuO₂/TiO₂ particles and their application as a coating of activated titanium anode, *Advanced Powder Technology*, 28 (2017) 43-49, doi:10.1016/j.appt.2016.07.015, ISSN 0921-8831, IF (2017)=2,943.

2. **Milica G. Košević**, Milana M. Zarić, Srećko R. Stopić, Jasmina S. Stevanović, Thomas E. Weirich, Bernd G. Friedrich, Vladimir V. Panić, Structural and Electrochemical Properties of Nesting and Core/Shell Pt/TiO₂ Spherical Particles Synthesized by Ultrasonic Spray Pyrolysis, *Metals*, 10 (2020) 11, doi:10.3390/met10010011, ISSN 2075-4701, IF(2019)= 2,117.

Категорија M23:

1. **Milica Košević**, Gavril Šekularac, Ljiljana Živković, Vladimir Panić, Branislav Nikolić, TiO₂ From Colloidal Dispersion as Support in Pt/TiO₂ Nanocomposite for Electrochemical Applications, *Croatica Chemica Acta*, 90 (2017) 251–258, doi: 10.5562/cca31752, ISSN 0011-1643, IF(2017)=0,861.

Одлуку доставити: Већу научних области техничких наука Универзитета, менторима, Служби за наставно-студентске послове, Библиотеци и Архиви факултета.

Д Е К А Н

Проф. др Петар Ускоковић

NASTAVNO-NAUČNOM VEĆU

Predmet: Referat o urađenoj doktorskoj disertaciji kandidata Milice Košević

Odlukom br. 35-394 od 24.12.2020. godine imenovani smo za članove Komisije za ocenu i odbranu doktorske disertacije kandidata Milice Košević, dipl.inž. tehnologije, sa naslovom

„Sinteza i karakterizacija strukturno uređenih interaktivnih elektrokatalitičkih kompozita zasnovanih na oksidima metala i platini”

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

R E F E R A T

1. UVOD

1.1. Hronologija odobravanja i izrade disertacije

- Školske 2013/14 godine Milica Košević, dipl. inž. tehnologije, upisala je doktorske akademske studije na Tehnološko-metalurškom fakultetu Univerziteta u Beogradu, profil Hemijsko inženjerstvo.
- **11.04.2018.** Milica Košević je prijavila temu doktorske disertacije „Sinteza i karakterizacija strukturno uređenih interaktivnih elektrokatalitičkih kompozita zasnovanih na oksidima metala i platini”.
- **26.04.2018** – Na sednici Nastavno-naučnog veća Tehnološko-metalurškog fakulteta doneta je Odluka (br. 35/169) o imenovanju članova Komisije za ocenu podobnosti teme i kandidata Milice Košević za izradu doktorske disertacije i naučne zasnovanosti teme „Sinteza i karakterizacija strukturno uređenih interaktivnih elektrokatalitičkih kompozita zasnovanih na oksidima metala i platini”.
- **06.07.2018** – Nastavno-naučno veće Tehnološko-metalurškog fakulteta je donelo Odluku (br. 35-242) o prihvatanju referata Komisije za ocenu podobnosti teme „Sinteza i karakterizacija strukturno uređenih interaktivnih elektrokatalitičkih kompozita zasnovanih na oksidima metala i platini” kandidata Milice Košević za izradu doktorske disertacije. Za mentore ove doktorske disertacije imenovani su dr Snežana Gojković, redovni profesor Univerziteta u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet, i dr Vladimir Panić, naučni savetnik Univerziteta u Beogradu, Institut za hemiju, tehnologiju i metalurgiju, Institut od nacionalnog značaja Republike Srbije.

- Na molbu studenta, a uz saglasnost mentora, dekan Fakulteta je **23.10.2019.** doneo Rešenje broj **20/130-1** od o produženju roka za završetak studija do šk. **2021/22.**
- **24.09.2018** – Na 30. sednici Veća naučnih oblasti tehničkih nauka Univerziteta u Beogradu jednoglasno je data saglasnost (odluka br. **61206-4055/2-18**) na predlog teme doktorske disertacije Milice Košević, dipl. inž. tehnologije, pod nazivom: „Sinteza i karakterizacija strukturno uređenih interaktivnih elektrokatalitičkih kompozita zasnovanih na oksidima metala i platini”.
- **24.12.2020** – Na sednici Nastavno-naučnog veća Tehnološko-metalurškog fakulteta, doneta je Odluka (br. **35/394**) o imenovanju članova Komisije za ocenu i odbranu doktorske disertacije Milice Košević, dipl. inž. tehnologije, pod nazivom: „Sinteza i karakterizacija strukturno uređenih interaktivnih elektrokatalitičkih kompozita zasnovanih na oksidima metala i platini”.

1.2. Naučna oblast disertacije

Istraživanja u okviru ove doktorske disertacije pripadaju naučnoj oblasti Tehnološko inženjerstvo i užoj naučnoj oblasti Hemijsko inženjerstvo, za koje je matičan Tehnološko-metalurški fakultet Univerziteta u Beogradu. Mentori su dr Snežana Gojković, redovni profesor Univerziteta u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet, i dr Vladimir Panić, naučni savetnik Univerziteta u Beogradu, Institut za hemiju, tehnologiju i metalurgiju, koji su, na osnovu dosadašnjih objavljenih publikacija i iskustva, kompetentni da rukovode izradom ove disertacije.

1.3. Biografski podaci o kandidatu

Milica Košević je rođena 05.05.1985. u Benkovcu, Hrvatska. Završila je Osmu beogradsku gimnaziju. Diplomirala je 2011. godine na Tehnološko-metalurškom fakultetu Univerziteta u Beogradu, na Odseku za hemijsko inženjerstvo, sa srednjom ocenom položenih ispita 8,03. Doktorske akademske studije na Tehnološko-metalurškom fakultetu u Beogradu upisala je školske 2013/14 godine, na Odseku za hemijsko inženjerstvo.

Na Institutu za hemiju, tehnologiju i metalurgiju, Univerzitet u Beogradu, zaposlena je kao istraživač pripravnik 01.01.2014, uz angažovanje na projektu „Geološka i ekotoksikološka istraživanja u identifikaciji geopatogenih zona toksičnih elemenata u akumulacijama vode za piće – istraživanje metoda i postupaka smanjivanja uticaja biogeochemijskih anomalija“. U zvanje istraživač saradnik izabrana je 2015. godine. Od januara 2018. bila je angažovana na projektu osnovnih istraživanja “Nov pristup dizajniranju materijala za konverziju i skladištenje energije”.

Tokom 2016–2017. bila je angažovana na međunarodnom projektu „Superkondenzatori visoke snage zasnovani na grafen/pseudokapacitivnim materijalima” u saradnji sa Fakultetom kemijskog inženjerstva i tehnologije Sveučilišta u Zagrebu, Hrvatska, a 2017–2018. na projektu „Novi pristupi sintezi za dobijanje uređenih struktura multikomponentnih metalnih oksida kao uniformnih prevlaka aktiviranih titanskih anoda” u saradnji sa Institutom IME, Univerziteta RWTH Aachen, Nemačka. Takođe, u saradnji sa Institutom IME RWTH je od 2020. učesnik projekta „Selektivno luženje obojenih metala kontrolom kiselosti i elektrodnog potencijala”, u okviru programa saradnje srpske nauke sa dijasporom, koji finansira Fond za nauku Republike Srbije. Bila je član organizacionog

odbora međunarodnog skupa „Yuccor”, 2015. i 2016. godine. Član je Međunarodnog društva za elektrohemiju i Srpskog hemijskog društva.

2. OPIS DISERTACIJE

2.1. Sadržaj disertacije

Doktorska disertacija kandidata Milica Košević, dipl. inž. tehnologije, pisana je na srpskom jeziku i sadrži 95 strana, 63 slike, 13 tabela i 196 literaturnih navoda. Doktorska disertacija sadrži sledeća poglavlja: Izvod (na srpskom i engleskom jeziku), Uvod, Teorijski deo, Eksperimentalni deo, Rezultati i diskusija, Zaključak, Literatura, Biografija i Prilozi. Prilozi sadrže izjavu o autorstvu, izjavu o istovetnosti štampane i elektronske verzije rada, izjavu o korišćenju i izjavu o originalnosti teze. Po svojoj formi i sadržaju, podneti rad zadovoljava sve standarde Univerziteta u Beogradu za doktorsku disertaciju.

2.2. Kratak prikaz pojedinačnih poglavlja

U *Uvodu* je dat kratak osvrt na oblast istraživanja i definisan predmet rada, istaknut značaj istraživanja, cilj rada, doprinos i aktuelnost istraživanja ove doktorske disertacije.

Istraživanja u okviru ove disertacije odnose se na ispitivanje mogućnosti primene titan-dioksida kao nosača elektrokatalitičkih materijala, odnosno RuO_2 i Pt. Sintetizovani su uzorci TiO_2 , kao i kompozita $\text{RuO}_2/\text{TiO}_2$ i Pt/TiO_2 , najpre u formi praha, a $\text{RuO}_2/\text{TiO}_2$ potom i u formi prevlaka na titanu, čime su dobijene aktivirane titanske anode. Ispitana su svojstva dobijenih kompozita i pokazalo se da je njihovom karakteristično vođenom sintezom postignuta željena hijerarhijska uređenost komponenti u kompozitima, koja omogućava bolju elektrohemijsku aktivnost i stabilnost.

Teorijski deo je podeljen u 6 tematskih celina: *Savremeni elektrokatalitički materijali za reakcije od značaja u elektrokatalizi i izvorima energije, Neplatinski elektrokatalizatori, Pt kao elektrokatalizator, TiO_2 u katalizi, TiO_2 u fotokatalizi i Savremene metode sinteze višekomponentnih nanostrukturiranih elektrokatalizatora i uređenih struktura jezgro/ljuska*. Trenutno najzastupljeniji nosač za Pt i RuO_2 kao katalizatora u gorivnim ćelijama i superkondenzatorima je ugljeni prah. S obzirom na to da ugljeni prah ima ograničenu stabilnost, cilj istraživanja je da ispita postupke sinteze kompozitnih elektrokatalizatora na bazi Pt i RuO_2 na drugoj vrsti potencijalno interaktivnog nosača - TiO_2 . Kako TiO_2 poseduje poluprovodnička svojstva, pored potencijalnog interaktivnog doprinosa preko hipo/hiper mehanizma i velike stabilnosti, neophodno je sintetizovati kompozite uređene strukture, koja obezbeđuje dobar električni kontakt između čestica provodničke komponente i njihovu interakciju sa poluprovodničkim nosačem za dobru aktivnost kompozita. Zadovoljavajuća aktivnost bi se tako postigla bez potrebe za poboljšanjem provodnosti poluprovodničkog TiO_2 velikim sadržajem Pt ili ugradnjom dodatnih komponenti u strukturu TiO_2 , što su osnovni nedostaci ovog kompozita sintetizovanog drugim postupcima. U *Teorijskom delu* dat je pregled savremenih elektrokatalitičkih materijala koji se najčešće koriste za reakcije izdvajanja kiseonika i hlora. Opisani su struktura, svojstva i metode dobijanja RuO_2 , kao najaktivnijeg materijala za elektrolitičku

proizvodnju hlora i izdvajanje kiseonika. Dat je pregled metoda za dobijanje TiO_2 , svojstava tako dobijenog TiO_2 , zatim elektrokatalizatora na nosaču TiO_2 , kao i moguće modifikacije TiO_2 u cilju njegove optimizacije kao nosača. Definisane su aktivirane titanske anode, koje se koriste u proizvodnji gasovitog hlora u hlor-alkalnoj industriji, kao i u procesima sa reakcijom izdvajanja kiseonika. Dat je pregled svojstava ovih anoda u zavisnosti od uslova pripreme, morfologije i sastava njihovih prevlaka.

U *Eksperimentalnom delu* navedeni su postupci sinteze koji su korišćeni za dobijanje materijala. Takođe, u ovom poglavlju navedene su i metode karakterizacije, a dat je i detaljan opis eksperimentalnih procedura, opis metoda i opreme korišćenih u okviru doktorske disertacije za karakterizaciju i testiranje kompozitnih materijala.

Rezultati i diskusija su prikazani u okviru jednog poglavlja, koje se sastoji iz više tematskih celina. U prvoj je prikazana strukturna i morfološka karakterizacija materijala, dok druga celina obuhvata analizu njihovih elektrohemijskih karakteristika. Rezultati su u okviru ove dve celine podeljeni u zasebne odeljke. U prvom delu su prikazani rezultati analize TiO_2 koji je korišćen kao nosač za elektrokatalizator Pt. U drugom delu je data morfološka karakterizacija čestica Pt koje su dobijene istom metodom, ultrazvučnom sprej pirolizom (USP), kao i jednog seta kompozita Pt/ TiO_2 . Treći deo obuhvata rezultate analize prahova $\text{RuO}_2/\text{TiO}_2$ koji su kasnije korišćeni kao prevlake za dobijanje anoda ($\text{RuO}_2/\text{TiO}_2$)/Ti. Zatim su u četvrtom delu prikazani rezultati analize dobijenih anoda. I konačno, u petom delu su obrađivani kompoziti Pt/ TiO_2 .

Prvo su ispitana morfološka svojstva praha TiO_2 , naknadno termički tretiranog nakon sinteze i netretiranog, a potom je uspostavljena veza između fizičko-hemijskih svojstava TiO_2 i raspodele komponenata u kompozitu Pt/ TiO_2 i njegovih osnovnih elektrohemijskih karakteristika. Analiza SEM slika i rezultata dobijenih metodom dinamičkog rasipanja svetlosti je pokazala da se i termički tretiran i netretiran prah sastoji od čestica veličine 20 nm koji formiraju aglomerate mikrometarske veličine. Analizom kristalne strukture i rezultata FTIR merenja je utvrđeno da termički tretman dovodi do razvoja uglavnom rutilne kristalne faze u uzorku, dok je termički netretiran uzorak amorfne strukture. Morfološka analiza prahova $\text{RuO}_2/\text{TiO}_2$ dobijenih na 200 i 800 °C pokazuje da se oba uzorka sastoje od sferičnih agregata. XRD analiza je pokazala da je kompozit $\text{RuO}_2/\text{TiO}_2$ dobijen na nižoj temperaturi niske kristaliničnosti, dok viša temperatura sinteze pogoduje razvoju kristalne strukture, jer prah dobijen na višoj temperaturi pokazuje prisustvo dobro razdvojenih anatas i rutilnih faza. Osim na kristalnu strukturu kompozita, temperatura sinteze utiče i na njihov izgled i sastav. Uzorak sintetizovan na nižoj temperaturi se sastoji od nešto manjih aglomerata, sastavljenih od čestica neujednačenog oblika i veličine, u odnosu na uzorak sintetizovan na višoj temperaturi. EDX analiza prahova je pokazala da je kod oba uzorka udeo RuO_2 na površini aglomerata veći od projektovanog, koji je bio 25 %, pri čemu je nađeni udeo veći kod uzorka dobijenog na 800 °C. Ovi prahovi su naknadno nanošeni na Ti u vidu prevlake, čime su dobijene aktivirane titanske anode. Morfološka analiza anoda je pokazala da je sferičan oblik čestica prisutnih u prahovima zadržan i u prevlakama koje se tokom pripreme anoda tretira na visokim temperaturama. Dobijene anode su elektrohemijski analizirane ubrzanim testom stabilnosti, a takođe je ispitana i njihova aktivnost za reakcije dobijanja kiseonika i hlora. Anoda dobijena od praha sintetizovanog na nižoj temperaturi je pokazala bolje elektrohemijske karakteristike, što je posledica većeg prisustva Ti u prevlaci, koji doprinosi stabilnosti, a takođe i većem broju aktivnih mesta u prevlaci kao i njihovoj lakšoj dostupnosti usled prisustva širih pukotina. Elementalna analiza kompozita Pt/ TiO_2 je pokazala da je udeo platine približan projektovanom od 20 mas. %, odnosno da iznosi 18 %. Međutim, voltametrijski odgovor kompozita je

ukazivao na prisustvo samo 3 mas. % Pt, što ukazuje na mogućnost da su čestice platine zarobljene unutar aglomerata TiO_2 i samim tim nisu dostupne za volatometrijski odgovor. Kako hidrotermalnom metodom nisu dobijeni kompoziti odgovarajuće hijerarhijske uređenosti koja bi omogućila dobru iskorišćenost platine, kompoziti Pt/TiO_2 su sintetizovani i metodom ultrazvučne sprej pirolize. Rezultati analize ovako dobijenih kompozita su pokazali da je ovom metodom moguće dobiti uređene kompozite Pt/TiO_2 . Svi dobijeni kompoziti su bili pravilnog sfernog oblika. Utvrđeno je da se na temperaturi od 650 °C dobija uzorak sa najboljim elektrohemijskim karakteristikama.

U *Zaključku* su sumirani dobijeni rezultati iz prikazanih istraživanja.

Literatura sadrži navode citirane u disertaciji kao i radove proistekle istraživanjem u okviru disertacije.

3. OCENA DISERTACIJE

3.1. Savremenost i originalnost

Savremeni pravci istraživanja u elektrokatalizi su u velikom delu usmereni ka sintezi i karakterizaciji višekomponentnih materijala definisane strukture i raspodele čestica katalizatora, kojima se traži alternativa jedinjenjima zasnovanim na plemenitim metalima. Usled ograničenih količina fosilnih goriva, poslednjih nekoliko decenija se intenzivno istražuju novi, lako dostupni i jeftini elektroodni materijali za alternativne izvore energije. Jedan od bitnih vidova alternativnih izvora energije su elektrohemijski uređaji koji konvertuju hemijsku energiju u električnu. Važan segment istraživanja elektrokatalitičkih materijala čine i elektroodni materijali u industrijskim procesima elektrohemijske sinteze i tretmana otpadnih voda i zemljišta, posebno tzv. aktivirane titanske anode, odnosno dimenziono stabilne anode (DSA). DSA su jedno od najznačajnijih otkrića u oblasti primenjene elektrohemije u 20. veku, zbog velike i do sada najveće poznate aktivnosti u reakcijama izdvajanja hlora i kiseonika.

Platina je jedan od najboljih elektrokatalitičkih materijala za katodnu i anodnu reakciju u niskotemperaturnim gorivnim ćelijama sa elektroprovodnim polimerom kao elektrolitom. Međutim, usled visoke cene i rutenijuma i platine, postoji stalna potreba da se smanji njihov udeo kao aktivne komponente u elektrokatalitičkom kompozitu i poveća aktivnost/stabilnost, a uz održanje isplativosti. Zbog toga se ovi materijali kombinuju u kompozite sa drugim jeftinijim materijalima visoke specifične površine koji služe kao nosač elektrokatalitički aktivne komponente. Uloga nosača bi trebalo da bude da poveća specifičnu elektrohemijski aktivnu površinu katalitičkog materijala i da doprinese njegovoj stabilnosti, ali i aktivnosti. Na taj način se interaktivnim dejstvom nosača elektrokatalitičkog materijala mogu, uz uređenu, i u visokom stepenu kontrolisanu, kompozitnu strukturu, poboljšati elektrokatalitička svojstva izvorne elektrokatalitičke komponente.

Cilj disertacije je definisanje uslova za formiranje kompozita $\text{RuO}_2/\text{TiO}_2$ i Pt/TiO_2 uređenih tako da elektrokatalizator (sloj RuO_2 , odnosno Pt) bude ravnomerno raspoređen na česticama TiO_2 kao interaktivnom nosaču. U cilju određivanja strukture koja ima najveću elektrokatalitičku aktivnost, ispitane su karakteristike kompozita dobijenih sintezom u jednom koraku, sa vremenski pomerenim formiranjem centara nukleacije nosača i njihovim rastom, i nukleusa aktivne komponente nastale od prekursora adsorbovanog na čestici nosača, ili dvostepenom sintezom – prvo definisane strukture

nosača, a zatim i aktivne komponente redukcijom prekursora na prethodno formiranoj matrici nosača. Takođe, cilj je i dobijanje nosača i/ili jezgra TiO_2 , čestica elektrokatalizatora i odgovarajućih kompozita takvih strukturno-morfoloških karakteristika koje bi imale zadovoljavajuću aktivnost i stabilnost uz minimalnu količinu elektrokatalizatora. U okviru doktorske disertacije su primenjene do sada poznate metodologije sinteza sličnih materijala i diskutovano je o uzročno-posledičnim odnosima struktura/aktivnost/stabilnost. Usled povoljnih svojstava, kao što su dostupnost, hemijska inertnost, interaktivni potencijal (pripada grupi hipo-d oksida) i fotokatalitička aktivnost, TiO_2 je prepoznat kao potencijalni nosač elektrokatalizatora. Međutim, TiO_2 kao poluprovodnik nema dobru elektronsku provodljivost, što ograničava njegovu upotrebu kao nosača u elektrokatalizi. Jedan od načina da se prevaziđe ovaj nedostatak TiO_2 kao nosača jeste uređen raspored faza kroz kompozit, odnosno formiranje hijerarhijski uređene strukture pri čemu elektrokatalitički aktivna komponenta čini tanak sloj u vidu ljuske koji pokriva površinu TiO_2 .

Istraživanja u okviru ove disertacije obuhvatila su ispitivanje mogućnosti primene TiO_2 kao nosača elektrokatalitički aktivnih materijala, kao i mogućnosti primene do sada poznatih metodologija sinteze sličnih materijala i razumevanju uzročno-posledičnih odnosa struktura/aktivnost/stabilnost. Za potrebe istraživanja, najpre su sintetizovani kompoziti $\text{RuO}_2/\text{TiO}_2$ i Pt/TiO_2 , a potom su ispitane njihove morfološke i elektrohemijske karakteristike. Kompoziti $\text{RuO}_2/\text{TiO}_2$ su naknadno korišćeni za izradu prevlaka na Ti, čime su dobijene aktivirane titanske anode. Pokazalo se da se pod određenim uslovima sinteze primenjenim u disertaciji dobijaju materijali sličnih ili poboljšanih karakteristika sa manjim nominalnim udelom plemenitih elektrokatalizatora, usled formiranja uređene strukture prema cilju istraživanja. U slučajevima kod kojih nije bilo poboljšanja, posebno u slučaju kompozita Pt/TiO_2 , diskutovani su i analizirani uslovi koji dovode do pojave takvih karakteritika materijala, na osnovu korelacija između strukture i elektrokatalitičkih svojstava. Prikazanom detaljnom analizom i odgovarajućom diskusijom ostvaren je cilj istraživanja u okviru ove doktorske teze.

Na osnovu pregleda savremene stručne literature, može se reći da sprovedena istraživanja u okviru ove doktorske disertacije spadaju u veoma aktuelno polje istraživanja u oblasti kompozitnih materijala koji se koriste kao elektrokatalitički materijali. Primenjeni uslovi sinteze, kojim vode ka formiranju karakterističnih uređenih struktura, ne sreću se u metodološkim pristupima savremene literature, što važi i za detaljan analitički pristup uzročno-posledičnih karakteristika materijala, pa je sa tog aspekta ova disertacija originalna i savremena.

3.2. Osvrt na referentnu i korišćenu literaturu

U okviru doktorske disertacije citirano je ukupno 196 referenci, koje ukazuju na aktuelnost istraživanja u ispitivanoj oblasti. Većina referenci predstavlja naučne radove objavljene u vrhunskim međunarodnim časopisima sa tematikom značajnom za izradu doktorske disertacije, publikovanih u poslednjoj deceniji. Istraživanja prikazana u navedenim referencama su korišćena za planiranje eksperimentalnog rada, analizu i tumačenje rezultata dobijenih tokom izrade doktorske disertacije i izvođenje zaključaka. Takođe, u navedenoj literaturi navedene su knjige, edicije i relevantni pregledni radovi ranijeg datuma, koji predstavljaju bazična saznanja iz predmetne oblasti i polaznu osnovu za tumačenje eksperimentalnih rezultata. U okviru navedene literature nalaze se i neke od publikacija kandidata Milice Košević, proistekle iz istraživanja u vezi sa ovom disertacijom i koje su objavljene u

međunarodnim časopisima. Pregledana literatura i priloženi objavljeni radovi ukazuju da kandidat dobro poznaje predmetne oblasti istraživanja.

3.3. Opis i adekvatnost primenjenih naučnih metoda

U okviru realizacije eksperimentalnog dela doktorske disertacije za sintezu kompozita su korišćene kako već poznate metode, tako i prilagođene metode, kao i brojne savremene metode za njihovu karakterizaciju:

- Pri sintezi uzoraka primenjene su hidrotermalna metoda, ultrazvučna sprej piroliza (ultrazvučni atomizer, Gauspol 9001, RBI/Francuska) i mikrotalasni reaktor.
 - o Određivanje veličine i raspodele veličina čestica TiO_2 u različitim sredinama izvršeno je primenom uređaja *Zeta-sizer Nano ZS instrument, Malvern Instruments Ltd., UK*.
 - o Kristalna struktura termički tretiranog i netretiranog praha TiO_2 , kao i kompozita $\text{RuO}_2/\text{TiO}_2$, Pt/TiO_2 i TiO_2 ispitivana je metodom difrakcije X zraka na rendgenskom difraktometru za polikristalne uzorke Ultima IV Rigaku (Rigaku Corporation 3-9-12, Matsubara-cho, Akishima-shi, Tokyo 196 8666, Japan). Cilj je bio odrediti uticaj temperature sinteze na kristalnu stukturu sintetizovanih uzoraka.
 - o Primenom FTIR spektroskopije (infracrvena spektroskopija sa Furijeovom transformacijom, FTIR, BOMEM spektrometar, Broun & Hartmann) prvo je analiziran uzorak TiO_2 , a potom i kompoziti $\text{RuO}_2/\text{TiO}_2$. Ramanskom spektroskopijom su na sobnoj temperaturi ispitivani prahovi $\text{RuO}_2/\text{TiO}_2$, pomoću spektrometra Jobin Yvon, model T64000. Cilj FTIR i Ramanske spektroskopije je bio određivanje prisustva veza metal-oksida u kompozitima.
 - o Morfološka svojstva kompozita Pt/TiO_2 sintetizovanog metodom ultrazvučne sprej pirolize ispitivana su metodom STEM ADF mapiranja tamnog kružnog polja (eng. annular dark field, ADF).
 - o Termogravimetrijska analiza i diferencijalna termička prahova $\text{RuO}_2/\text{TiO}_2$ urađene su na uređaju Q5000 (TA Instruments, SAD). TGA merenjima je analiziran stepen prelaza prekursora u odgovarajuće okside i stepen hidratisanosti dobijenih kompozita.
 - o Izgled sintetizovanih čestica $\text{RuO}_2/\text{TiO}_2$, njihova ugrađenost u anodu Ti, kao i poprečni presek dobijene anode su ispitani uz pomoć skenirajućeg elektronskog mikroskopa u Centralnom postrojenju za Elektronsku Mikroskopiju GFE, Ahen, Nemačka. Elementalni sastav čestica je dobijen metodom spektroskopije X-zraka sa diseprijom energije pridruženom skenirajućem elektronskom mikroskopu. Morfološka i elementalna analiza sintetizovanih prahova TiO_2 i Pt/TiO_2 je urađena na skenirajućem elektronskom mikroskopu JSM 5800 (20keV), Jeol, Japan, kojoj je pridružena metoda EDS, Oxford Inca 3.2.
- Elektrohemijaska karakterizacija materijala je rađena koristeći uređaj potencijostat/galvanostat, model SP-200 (Bio-Logic SAS, Francuska).
 - o Kompoziti $\text{RuO}_2/\text{TiO}_2$ su elektrohemijски ispitivani u obliku tankog sloja na elektrodi od staklastog ugljenika, pomoću sledećih tehnika: ciklična voltimetrija, spektroskopija elektrohemijske impadancije i linearna polarizacija u reakcijama izdvajanja kiseonika i

hlora. Ovi kompoziti su korišćeni i za dobijanje prevlaka aktiviranih titanskih anoda. Stabilnost dobijenih anoda je ispitana ubrzanim testom stabilnosti, a njihova aktivnost za reakcije dobijanja hlora i kisoenika je ispitvana metodom linearne polarizacije. Broj i raspodela aktivnih mesta za ove reakcije u prevlakama su ispitivani metodom spektroskopije elektrohemijske impadancije. Prevlake su podvrgnute i ispitivanju metodom ciklične voltametrije, pre testa stabilnosti i posle njega, da bi se utvrdile promene koje nastupaju prilikom propadanja prevlaka tokom testa.

- o Kompoziti Pt/TiO₂ su elektrohemijski ispitivani u obliku tankog sloja na elektrodi od staklastog ugljenika, metodama ciklične voltametrije i linearne polarizacije.

Iz navedenih metoda se može zaključiti da je u okviru eksperimentalnog dela disertacije sprovedena postupna, opsežna i temeljna analiza sintetizovanih kompozitnih materijala, od morfološke analize do, u nekim slučajevima, detaljne elektrohemijske karakterizacije. Primenjene su savremene metode karakterizacije i uređaji nove generacije. Ispitivanja su vršena na dovoljnom broju uzoraka, pa se može reći da su dobijeni rezultati statistički i suštinski validni.

3.4. Primenljivost ostvarenih rezultata

Eksperimentalni podaci i istraživanja sprovedena u okviru ove disertacije značajno doprinose boljem razumevanju uzročno-posledičnih odnosa primenjenih metoda sinteze, analize strukture, kao i aktivnosti i stabilnosti dobijenih materijala. Istraživanja u okviru ove disertaciji obuhvatila su temeljno ispitivanje mogućnosti primene TiO₂ kao nosača elektrokatalitičkih materijala. Za potrebe istraživanja, su sintetizovani uzorci TiO₂, RuO₂/TiO₂ i Pt/TiO₂, a potom su uzorci RuO₂/TiO₂ korišćeni za dobijanje prevlaka aktiviranih titanskih anoda. Analizirane su morfološke i elektrohemijske karakteristike svih dobijenih materijala. Na osnovu analize eksperimentalnih rezultata može se zaključiti da je ostvaren doprinos unapređenju postupka sinteze koji vode ka određenim i definisanim morfološkim, i posledično katalitičkim svojstvima sintetizovanih materijala. Naročito su bitna fundamentalna saznanja koja jasno povezuju uređenu strukturu materijala sa njegovim svojstvima. Cilj istraživanja u okviru ove doktorske teze, dobijanje hijerarhijski uređenih elektrokatalitički aktivnih kompozita, uspešno je realizovan. Time se otvara mogućnost, u saradnji sa privrednim subjektima, primene novodobijenih kompozitnih struktura u industrijskim elektrolizerima i u alternativnim izvorima energije. U disertaciji su laboratorijski ispitivani sintetizovani kompoziti RuO₂/TiO₂, dok se anoda koja je dobijena elektrostatičkim nanošenjem ovih kompozita na ekspanzirani titan već se koristi u industrijskom postrojenju u Kovestru, Nemačka.

3.5. Ocena dostignutih sposobnosti kandidata za samostalni naučni rad

Kandidat Milica Košević, dipl. inž. tehnologije, je tokom izrade doktorske disertacije ispoljila visok nivo samostalnosti i stručnost u pripremi i realizaciji eksperimenata, korišćenju različitih tehnika karakterizacije dobijenih uzoraka kompozitnih materijala i analizi rezultata, kao i u pisanju naučnih radova koji su publikovani u vrhunskim međunarodnim časopisima i prezentovani na konferencijama. Na osnovu dosadašnjeg rada i pokazanih rezultata tokom doktorskih studija, kao i u okviru naučnoistraživačkog rada u Institutu za hemiju, tehnologiju i metalurgiju, Milica Košević je pokazala

sklonost i sposobnost za bavljenje naučno-istraživačkim radom. Komisija smatra da kandidat poseduje sve kvalitete koji su neophodni za samostalan naučni rad.

4. OSTVARENI NAUČNI DOPRINOS

4.1. Prikaz ostvarenih naučnih doprinosa

- Definisani su uslovi za formiranje kompozita Pt/TiO_2 i $\text{RuO}_2/\text{TiO}_2$ uređenih tako da elektrokatalizator (Pt odnosno RuO_2 sloj) bude ravnomerno i uređeno raspoređen na česticama TiO_2 kao interaktivnom nosaču. U cilju određivanja strukture koja ima najveću elektrokatalitičku aktivnost, ispitane su karakteristike kompozita dobijenih sintezom u jednom koraku sa vremenski pomerenim formiranjem centara nukleacije nosača i nukleusa aktivne komponente nastale od prekursora adsorbovanog na čestici nosača, ili dvostepenom sintezom, prvo definisane strukture nosača, a zatim i aktivne komponente redukcijom prekursora u matrici nosača. Zaključeno je da ukoliko se u sintezi primeni *ex-situ* pristup dobijaju kompoziti Pt/TiO_2 veće aktivnosti u kombinovanim reakcijama redukcije kiseonika i izdvajanja vodonika, u odnosu na uzorke dobijene *in-situ* pristupom.
- Dobijeni su nosač, elektrokatalizatori i njihovi kompoziti takvih strukturno-morfoloških karakteristika koje omogućavaju primenu ovih materijala uz zadovoljavajuću aktivnost i stabilnost i uz minimalnu količinu skupog elektrokatalizatora.
- Dat je doprinos do sada poznatim načinima sinteze sličnih materijala i razumevanju uzročno-posledičnih odnosa struktura/aktivnost/stabilnost.

4.2. Kritička analiza rezultata istraživanja

Istraživanja sprovedena u okviru ove doktorske disertacije spadaju u veoma aktuelno polje istraživanja u oblasti elektrokatalitičkih kompozitnih materijala i uopšte, u oblasti industrijskih elektroliza i alternativnih izvora energije. Predmet disertacije je ispitivanje mogućnosti korišćenja TiO_2 kao nosača elektrokatalitički aktivnih materijala, dobijanje hijerarhijski uređenih kompozitnih materijala koji se koriste u reakcijama od značaja za industrijsku elektrohemiju i alternativne izvore energije. Analizirano je i razmatrano kako u slučaju kompozita $\text{RuO}_2/\text{TiO}_2$ i Pt/TiO_2 , sintetizovanih na takav način da se dobijaju njihove uređene strukture, TiO_2 služi kao stabilizujuće i interaktivno jezgro, a RuO_2 , odnosno Pt, kao elektrokatalitički aktivna komponenta.

U dostupnoj literaturi su ispitivane moguće modifikacije TiO_2 u cilju njegove optimizacije kao nosača elektrokatalizatora, kako bi se prevazišla njegova poluprovodnička svojstva. Provodnost TiO_2 se obično poboljšava uvođenjem šupljina O_2 , zatim modifikacijom površine TiO_2 laserskim tretmanom ili dopiranjem jonima drugih metala. Oslanjanjem na ova saznanja o TiO_2 , došlo se na ideju o diskretno uređenom rasporedu aktivne komponente na površini nosača čime bi prevazišao nedostatak loše provodljivosti nosača. U skladu sa ovim, može se izvesti zaključak da su rezultati u ovoj doktorskoj disertaciji originalni, inovativni i značajni sa naučnog aspekta. Sinteza materijala i njihova karakterizacija izvršeni su u Institutu za hemiju, tehnologiju i metalurgiju, na Tehnološko-metalurškom fakultetu, u Institutu za tehnologiju metalurških procesa i reciklažu metala Tehničkog Univerziteta Severne Rajne-Vestfalije u Ahenu, Nemačka, u Institutu za nuklearne nauke „Vinča”, na

Fakultetu kemijskog inženjerstva u Zagrebu i u Institutu „Jožef Stefan“ u Ljubljani. U izradi uzoraka novih kompozitnih materijala koji su predmet ispitivanja u eksperimentalnom delu ove disertacije, korišćeni su materijali svetski poznatih i priznatih proizvođača, visokog kvaliteta. Rezultati istraživanja ove doktorske disertacije značajno unapređuju postojeća naučna znanja iz oblasti elektrokatalitičkih kompozitnih materijala. Sagledavanjem ciljeva i postavljenih hipoteza u odnosu na dobijene rezultate, može se konstatovati da prikazana istraživanja u potpunosti zadovoljavaju kriterijume jedne doktorske disertacije. Uvidom u dostupnu literaturu iz predmetne oblasti, kao i u rezultate koji su dobijeni primenom adekvatne metodologije, može se konstatovati da su korišćene metode u skladu sa savremenim metodama i relevantnim standardima.

4.3. Verifikacija naučnih doprinosa

Kandidat Milica Košević je svoje rezultate potvrdila objavljivanjem radova u časopisima i prezentovanjem na konferencijama. Iz disertacije su proistekla četiri rada u vrhunskim međunarodnim časopisima (M21), jedan rad u međunarodnom časopisu (M23), nekoliko saopštenja na domaćim i međunarodnim naučnim skupovima, kao i poglavlje u monografiji.

Objavljeni naučni radovi i saopštenja kandidata proistekli iz disertacije:

M21a - Rad u međunarodnom časopisu izuzetnih vrednosti

1. **Milica Košević**, Srećko Stopić, Vesna Cvetković, Michael Schroeder, Jasmina Stevanović, Vladimir Panić, Bernd Friedrich, Mixed RuO₂/TiO₂ uniform microspheres synthesized by low-temperature ultrasonic spray pyrolysis and their advanced electrochemical performances, *Applied Surface Science*, 464 (2019) 1-9, doi:10.1016/j.apsusc.2018.09.066, ISSN 0921-8831, IF(2019)=6,182.

2. **Milica Košević**, Nataša Vukićević, Srećko Stopić, Jasmina Stevanović, Bernd Friedrich, Vladimir Panić, Branislav Nikolić, Structure–Activity/Stability Correlations from the Electrochemical Dynamic Responses of Titanium Anode Coatings Formed of Ordered TiO₂@RuO₂ Microspheres, *Journal of The Electrochemical Society*, 165 (2018) J3363-J3370, doi:10.1149/2.0521815jes, ISSN 0013-4651, IF(2018)=3,405.

M21 – Rad u vrhunskom međunarodnom časopisu

1. **Milica Košević**, Srećko Stopić, Andreas Bulan, Jürgen Kintrup, Reiner Weber, Jasmina Stevanović, Vladimir Panić, Bernd Friedrich, A continuous process for the ultrasonic spray pyrolysis synthesis of RuO₂/TiO₂ particles and their application as a coating of activated titanium anode, *Advanced Powder Technology*, 28 (2017) 43-49, doi:10.1016/j.appt.2016.07.015, ISSN 0921-8831, IF (2017)=2,943.

2. **Milica G. Košević**, Milana M. Zarić, Srećko R. Stopić, Jasmina S. Stevanović, Thomas E. Weirich, Bernd G. Friedrich, Vladimir V. Panić, Structural and Electrochemical Properties of Nesting and Core/Shell Pt/TiO₂ Spherical Particles Synthesized by Ultrasonic Spray Pyrolysis, *Metals*, 10 (2020) 11, doi:10.3390/met10010011, ISSN 2075-4701, IF(2019)= 2,117.

M23 – Rad u međunarodnom časopisu

1. **Milica Košević**, Gavrilko Šekularac, Ljiljana Živković, Vladimir Panić, Branislav Nikolić, TiO_2 From Colloidal Dispersion as Support in Pt/TiO_2 Nanocomposite for Electrochemical Applications, *Croatica Chemica Acta*, 90 (2017) 251–258, doi: 10.5562/cca31752, ISSN 0011-1643, IF(2017)=0,861.

Međunarodni nekatégorisani časopis

1. **Milica Košević**, Gavrilko Šekularac, Vladimir Panić, On the stability of platinum-composite electrocatalysts prepared with different substrate materials, *Journal of Electrochemical Science and Engineering*, 6 (2016) 29-35, doi:10.5599/jese.269, ISSN 1847-9286.

M14 – Poglavlje u monografiji

Milica Košević, Vesna Pavelkić and Bernd Friedrich, Structural, electrocatalytic and capacitive properties of ruthenium/titanium-oxide based electrodes synthesized by novel methods in *Metals and Metal-Based Electrocatalytic Materials for Alternative Energy Sources and Electronics*, ed. Jasmina Stevanović, Nova Science Publishers, Inc., Hauppauge, NY, USA, 2019, pp. 161-198; ISBN 978-153614663-9, e-ISBN 978-153614664-6

M34

- Saopštenje sa međunarodnog skupa štampano u

1. **Milica Košević**, Srećko Stopić, Bernd Friedrich, Jasmina Stevanović, Vesna Pavelkić, Sanja Krstić, Vladimir Panić, Elektrokatalitička svojstva u reakcijama izdvajanja kiseonika i hlora i stabilnost titanijumskih anoda sa $\text{RuO}_2/\text{TiO}_2$ prevlakama dobijenih ultrazvučnom sprej pirolizom u elektrostatičkom polju, 18. Yucorr International Conference, Tara, 12-15.09. 2016, Serbian Society of Corrosion and Materials Protection (UISKoZaM), Beograd.

2. **Milica Košević**, Gavrilko Šekularac, Synthesis procedures and electrochemical properties of TiO_2 supported electrocatalysts of ordered structures, 6th ISE Satellite Student Regional Symposium on Electrochemistry, Zagreb, Hrvatska, 08.07.2016, University of Zagreb, Faculty of Chemical Engineering and Technology, Zagreb, 2016, 23.

3. **Milica Košević**, Sanja Stevanović, Gavrilko Šekularac, Vesna Pavelkić, Vladislava Jovanović, Vladimir Panić, Controlled Colloidal Synthesis and Basic Electrochemical Properties of TiO_2 -Supported Pt, 5th Regional Symposium on Electrochemistry South-East Europe, Pravec, Bugarska, 07-11.06.2015, Academician Evgeni Budevski Institute of Electrochemistry, 118.

M63 Saopštenje sa skupa nacionalnog značaja štampano u celini

1. **Milica Košević**, Gavrilko Šekularac, Milka Vidović, Vladimir Panić, Spectrophotometric determination of Pt in Pt/TiO_2 composite catalyst, 52nd Meeting of the Serbian Chemical Society, Novi Sad, 29-30.05.2015, Srpsko hemijsko društvo, Beograd, 2015, 12.

3. **Milica Košević**, Gavrilko Šekularac, Ivana Drvenica, Aleksandar Dekanski, Branislav Nikolić, Vladimir Panić, Nanocrystalline ruthenium oxide coating on titanium, prepared by the sol-gel procedure from colloidal oxide dispersions synthesized in the microwave reactor, 53. Savetovanje Srpskog hemijskog društva, Kragujevac, 10-11.06.2016, Srpsko hemijsko društvo, Beograd, 2016, 37.

Ostali radovi kandidata:

M21 – Rad u vrhunskom međunarodnom časopisu

1. Gavrilko Šekularac, **Milica Košević**, Aleksandar Dekanski, Veljko Djokić, Matjaž Panjan, Vladimir Panić, High Energy/Power Supercapacitor Performances of Intrinsically Ordered Ruthenium Oxide Prepared through Fast Hydrothermal Synthesis, *ChemElectroChem*, 4 (2017), 2535-2541, doi: 10.1002/celec.201700609, ISSN 2196-0216, IF(2017)= 4,446.

M22 – Rad u istaknutom međunarodnom časopisu

1. Gavrilko Šekularac, **Milica Košević**, Ivana Drvenica, Aleksandar Dekanski, Vladimir Panić, Branislav Nikolić, Titanium coated with high-performance nanocrystalline ruthenium oxide synthesized by the microwave-assisted sol–gel procedure, *Journal of Solid State Electrochemistry*, 20 (2016) 3115–3123, doi: 10.1007/s10008-016-3343-z, ISSN 1432-8488, IF(2016)= 2,316.

M23 – Rad u međunarodnom časopisu

1. Denis Sačer, Magdalena Kralj, Suzana Sopčić, **Milica Košević**, Aleksandar Dekanski, Marijana Kraljić Roković, Supercapacitors based on graphene/pseudocapacitive materials, *Journal of the Serbian Chemical Society*, 82 (2017) 411-416, doi: 10.2298/JSC170207027S, ISSN 0352-5139, IF(2017)= 0,923.
2. Vesna Pavelkić, Tanja Brdarić, Marija Petrović, Gavrilko Šekularac, **Milica Košević**, Lato Pezo, Marija Ilić, Application of Peleg model on mass transfer kinetics during osmotic dehydration of pear cubes in sucrose solution, *Chemical Industry and Chemical Engineering Quarterly*, 21, 2015, 485-492, doi:10.2298/CICEQ141014004P, ISSN 1451-9372, IF(2015)= 0,739.

M24 – Rad u domaćem časopisu međunarodnog značaja verifikovanog odlukom

1. **Milica Košević**, Vladimir Panić, Jelena Bajat, Vesna Mišković-Stanković, Impedansni odgovor aluminijuma sa zaštitnom prevlakom oksida cerijuma tokom izlaganja hloridnoj korozionoju sredini, *Zaštita Materijala*, 57 (2016) 305 – 313, doi:10.5937/ZasMat1602305K, ISSN 0351-9465.

M33

- Saopštenje sa međunarodnog skupa štampano u c

1. Marijana Pantović, Zoran Stević, Mirjana Rajačić-Vujasinović, Dejan Antić, **Milica Košević**, Gavrilko Šekularac, Marko Jonović, Computer system for electrochemical investigations of materials, 47th International October Conference on Mining and Metallurgy, Bor, 04-06.10.2015, Mining and Metallurgy Institute Bor, Bor, 2015, 523-528.

M34

- Saopštenje sa međunarodnog skupa štampano u izvodu

1. Aleksandar Dekanski, **Milica Košević**, Denis Sačer, Vladimir Panić, Physicochemical Characteristics and Pseudocapacitive Response of RuO₂/Reduced-Graphene-Oxide Composites Prepared by Microwave Assisted Hydrothermal Synthesis, 70th Annual Meeting of the International

Society of Electrochemistry, Book of Abstracts, International Society of Electrochemistry, pp. 575 - 575, Durban Južna Afrika, 4 - 9. Aug, 2019.

2. Denis Sačer, Magdalena Kralj, Suzana Sopčić, **Milica Košević**, Aleksandar Dekanski, Marijana Kraljić Roković, Microwave-assisted synthesis of graphene/SnO₂ composite material and its supercapacitive properties, 6th RSE-SEE Conference, Balaton, Mađarska, 11-15.6.2017, 2017, 125

3. Magdalena Kralj, Denis Sačer, Marijana Kraljić Roković, Suzana Sopčić, **Milica Košević**, Dekanski Aleksandar, Hidrotermalna sinteza kompozitnog materijala grafen/SnO₂ potpomognuta mikrovalovima i njegova superkapacitivna svojstva, 7th ISE Satellite Regional Symposium on Electrochemistry, Zagreb, Hrvatska, 07.07.2017, University of Zagreb, Faculty of Chemical Engineering and Technology, Zagreb, 2017, 15-16

4. Gavriilo Šekularac, Aleksandar Dekanski, Vesna Pavelkić, Sanja Stevanović, **Milica Košević**, Saša Drmanić, Ivana Kostić, Vladimir Panić, Microwave Synthesis of Unusually-Shaped Crystalline RuO₂ Supercapacitor, 5th Regional Symposium on Electrochemistry South-East Europe, Pravec, Bugarska, 07-11.06.2015, Academician Evgeni Budevski Institute of Electrochemistry and Energy Systems Bulgarian Academy of Sciences, Sofija, Bugarska, 2015, 93

5. Gavriilo Šekularac, Aleksandar Dekanski, **Milica Košević**, Vladimir Panić, Microwave Synthesis of Crystalline RuO₂ Supercapacitor Materials, 5th Regional Symposium on Electrochemistry South-East Europe, Pravec, Bugarska, 07-11.06.2015, Academician Evgeni Budevski Institute of Electrochemistry, 228.

M63 - Saopštenje sa skupa nacionalnog značaja štampano u celini

1. Gavriilo Šekularac, Aleksandar Dekanski, **Milica Košević**, Sanja Stevanović, Saša Drmanić, Ivana Kostić, Vladimir Panić, Pseudocapacitive characteristics of the unusually -shaped nano ruthenium oxide prepared by hydrothermal synthesis in a microwave reactor, 52nd Meeting of the Serbian Chemical Society, Novi Sad, 29 -30.05.2015,

M64 - Saopštenje sa skupa nacionalnog značaja štampano u izvodu

1. **Milica Košević**, Vesna Radojević, Uticaj parametara procesa rasta kristala iz rastopa na oblik granice faza tečno-čvrsto, Druga konferencija mladih hemičara Srbije, Niš, 06-07.06.2014, Srpsko hemijsko društvo, Beograd, 2014, 142.

5. ZAKLJUČAK I PREDLOG

Rezultati istraživanja u okviru doktorske disertacije kandidata Milice Košević, dipl. inž. tehnologije, pod nazivom „Sinteza i karakterizacija strukturno uređenih interaktivnih elektrokatalitičkih kompozita zasnovanih na oksidima metala i platini“, doprinose povećanju nivoa znanja o elektrokatalitičkim kompozitnim materijalima koji se koriste u reakcijama od značaja za industrijsku elektrohemiju i alternativne izvore energije.

Pregledom doktorske disertacije, Komisija je konstatovala da podneta doktorska disertacija ima sve neophodne sadržaje i rezultate, kao i da je izloženi materijal sistematizovan u dobro organizovane celine. Predmet i cilj istraživanja su jasno navedeni, a ostvareni rezultati i doprinos istraživanja su verifikovani kroz odgovarajući broj naučnih publikacija.

Na osnovu svega izloženog, Komisija predlaže Nastavno-naučnom veću Tehnološko-metalurškog fakulteta da prihvati ovaj Referat i da se doktorska disertacija pod nazivom „Sinteza i karakterizacija strukturno uređenih interaktivnih elektrokatalitičkih kompozita zasnovanih na oksidima metala i platini“, kandidata Milice Košević, dipl. inž. tehnologije, prihvati, izloži na uvid javnosti i nakon isteka zakonom predviđenog roka, uputi na konačno usvajanje Veću naučnih oblasti tehničkih nauka Univerziteta u Beogradu, te nakon završetka procedure, pozove kandidat na usmenu odbranu doktorske disertacije pred Komisijom u istom sastavu.

U Beogradu, 25.01.2021.

ČLANOVI KOMISIJE

.....
1. Dr Snežana Gojković, redovni profesor Univerziteta u Beogradu,
Tehnološko-metalurški fakultet

.....
2. Dr Vladimir Panić, naučni savetnik Univerziteta u Beogradu,
Institut za hemiju, tehnologiju i metalurgiju –
Institut od nacionalnog značaja za Republiku Srbiju

.....
3. Dr Branimir Grgur, redovni profesor Univerziteta u Beogradu,
Tehnološko-metalurški fakultet

.....
4. Dr Vladislava Jovanović, naučni savetnik u penziji Univerziteta u Beogradu,
Institut za hemiju, tehnologiju i metalurgiju –
Institut od nacionalnog značaja za Republiku Srbiju