

ЗАХТЕВ

за давање сагласности на реферат о урађеној докторској дисертацији

Молимо да, сходно члану 46. ст. 5. Статута Универзитета у Београду (“Гласник Универзитета” број 131/06),
дате сагласност на реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата

Мр АЛЕКСАНДРА (Раде) ЋОСОВИЋА, дипл. инж.,
(име, име једног од родитеља и презиме)

КАНДИДАТ: **Мр АЛЕКСАНДАР (Раде) ЋОСОВИЋ, дипл. инж.,**

пријавила је докторску дисертацију под називом:

**„Синтеза нанокристалног никл-ферита у наткритичним условима и применом
скробне микроемулзије“**

Из научне области: **ХЕМИЈА И ХЕМИЈСКА ТЕХНОЛОГИЈА**

Универзитет је дана **23.11.2015.** године, својим актом **02 број: 61206-5065/2-15** дао сагласност
на предлог теме докторске дисертације која је гласила:

**„Синтеза нанокристалног никл-ферита у наткритичним условима и применом
скробне микроемулзије ”**

Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата:

Мр АЛЕКСАНДРА (Раде) ЋОСОВИЋА, дипл. инж.,
(име, име једног од родитеља и презиме)

образована је на седници одржаној **03.03.2016.** године Одлуком Факултета под бр. **35/84,** у
саставу:

Име и презиме	Звање	Научна област
1. Др Александар Орловић	Редовни професор	Хемијско инжењерство
2. Др Сандра Глишић	Виши научни сарадник	Хемијско инжењерство
3. Др Рада Петровић	Редовни професор	Инжењерство неорганских хемијских производа
4. Др Мирослав Сокић	Виши научни сарадник	Инжењерство материјала

Наставно-научно веће Факултета прихватило је реферат Комисије за оцену и одбрану докторске
дисертације на седници одржаној дана **26.05.2016.** године.

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

Проф. др Ђорђе Јанаковић

На основу чл. 128. Закона о високом образовању и чл. 129. Статута ТМФ-а, на седници Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета од 26.05.2016. године, донета је

О Д Л У К А

о прихватању Реферата о оцени докторске дисертације

Прихвата се Реферат Комисије у саставу: др Александар Орловић, редовни професор Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет, др Сандра Глишић, виши научни сарадник, Технолошко-металуршки факултет, др Рада Петровић, редовни професор Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет, др Мирослав Сокић, виши научни сарадник Института за технологију нуклеарних и других минералних сировина (ИТНМС), Београд, о прегледу и оцени урађене докторске дисертације под називом: „Синтеза нанокристалног никл-ферита у наткритичним условима и применом скробне микроемулзије“ коју је поднео мр Александар Ћосовић 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 Александра Ћосовића под називом „Синтеза нанокристалног никл-ферита у наткритичним условима и применом скробне микроемулзије“ Одлуком 02 број: 61206-5065/2-15 од 23.11.2015. године.

Верификација научних доприноса:

Kategorija M21

- Aleksandar R. Ćosović, Vladan R. Ćosović, Tomáš Žák, Bohumil David, Nadežda M. Talijan, *Structure and Properties of Nanosize NiFe₂O₄ Prepared by Template and Precipitation Methods*, Journal of Mining and Metallurgy Section B: Metallurgy, Vol. 49, No. 3B, 2013, p. 271-277; (IF (2013) =1,135 (22/75) Metallurgy & Metallurgical engineering) ISSN: 1450 - 5339
- Aleksandar R. Ćosović, Tomáš Žák, Sandra B. Glišić, Miroslav D. Sokić, Slavica S. Lazarević, Vladan R. Ćosović, Aleksandar M. Orlović, *Synthesis of nano-crystalline NiFe₂O₄ powders in subcritical and supercritical ethanol*, Journal of Supercritical Fluids 113 (2016) 96–105(IF (2014) =2,919 (24/135) Engineering, Chemical) ISSN: 0896-8446

Kategorija M23

- Tomáš Žák, Vladan Ćosović, Aleksandar Ćosović, Bohumil David, Nadežda Talijan, Dragana Živković, *Formation of Magnetic Microstructure of the Nanosized NiFe₂O₄ Synthesized Via Solid-State Reaction*, Science of Sintering, Međunarodni Institut za nauku o sinterovanju, Vol. 44, No. 1, 2012, p. 103-112; (IF (2012) =0,430 (15/27) Materials science, Ceramics) ISSN: 0350-820X

- Tomáš Žák, Bohumil David, Aleksandar Ćosović, Vladan Ćosović, Dragana Živković, Nadežda Talijan, *Structure and Magnetic Properties of Nano crystalline NiFe₂O₄ Prepared via Precipitation Route*, Acta Physica Polonica A, (2014), vol. 126 br. 1, p. 142-143; (IF (2014) =0,530 (69/78) Physics, Multidisciplinary) ISSN: 1898 – 794X

Kategorija M51

- Vladan Ćosović, Aleksandar Ćosović, Nadežda Talijan, Dragana Živković, Tomáš Žák, Bohumil David, *NiFe₂O₄ Nanocrystalline Powders Precipitated with Addition of Soluble Starch as a Dispersing Agent*, Journal of Trends in the Development of Machinery and Associated Technology, (2014), vol. 18, br. 1, p. 115-118; ISSN: 2303 - 4009
- Aleksandar Ćosović, Vladimir Adamović, Miroslav Sokić, Nada Štrbac, *Primena niki-ferita kao senzora za detekciju gasovitih zagađujućih materija*, Ecologica, (2015), vol. 22, br. 80, p. 671-676; ISSN: 0354 – 3285

Kategorija M33

- Vladan Ćosović, Aleksandar Ćosović, Tomáš Žák, Bohumil David, Nadežda Talijan, Dragana Živković, *Thermomagnetic analysis and its influence on structure and magnetic properties of NiFe₂O₄ nanocrystalline powders*, Proceedings of the 46th International October Conference on Mining and Metallurgy, 01-04 October 2014, Bor Lake, Bor, Serbia, p. 330-333; ISBN: 978-86-6305-026-6
- Vladan Ćosović, Nadežda Talijan, Dragana Živković, Aleksandar Ćosović, Tomáš Žák, Bohumil David, *NiFe₂O₄ Nanocrystalline Powders Precipitated With Addition Of Soluble Starch As A Dispersing Agent*, Proceedings of the 18th International Research/Expert Conference "Trends in the Development of Machinery and Associated Technology" TMT 2014, 10-12 September 2014, Budapest, Hungary, p. 141-144; ISSN: 1840-4944
- Aleksandar Ćosović, Vladan Ćosović, Ljubiša Balanović, Dragana Živković, Tomáš Žák, Nadežda Talijan, *Nanocrystalline NiFe₂O₄ synthesized by modified precipitation method*, Proceedings of the 1st Metallurgical & Materials Engineering Congress of South-East Europe, May 23rd-25th 2013, Belgrade, Serbia, p. 92-98; ISBN: 987-86-87183-24-7
- Vladan Ćosović, Nadežda Talijan, Tomáš Žák, Bohumil David, Aleksandar Ćosović, Dragana Živković, *Characterisation of BaFe₁₂O₁₉ and NiFe₂O₄ Magnetic Materials*, Proceedings of the 9th Scientific - Research Symposium Metallic and Nonmetallic Materials production – properties – application, University of Zenica, Zenica, Bosnia and Herzegovina, 23. – 24. april, 2012; ISBN: 978-9958-785-26-9

Докторска дисертација и Реферат о оцени докторске дисертације достављају се на увид јавности, а по истеку рока од 30 дана, на сагласност Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду.

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

Д Е К А Н

Проф. др Ђорђе Јанаћковић

**NASTAVNO-NAUČNOM VEĆU
TEHNOLOŠKO-METALURŠKOG FAKULTETA
UNIVERZITETA U BEOGRADU**

Predmet: Referat o urađenoj doktorskoj disertaciji kandidata mr Aleksandra Ćosovića, dipl. ing.tehnologije.

Odlukom Nastavno-naučnog veća Tehnološko-metalurškog fakulteta, Univerziteta u Beogradu, od 03.03.2016. godine, imenovani smo za članove Komisije za ocenu i odbranu doktorske disertacije kandidata mr Aleksandra Ćosovića, diplomiranog inženjera tehnologije, istraživača-saradnika u Institutu za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, pod nazivom:

**„SINTEZA NANOKRISTALNOG NIKL-FERITA U NATKRITIČNIM USLOVIMA I
PRIMENOM SKROBNE MIKROEMULZIJE”**

Komisija je pregledala doktorsku disertaciju i podnosi Nastavno-naučnom veću Tehnološko-metalurškog fakulteta sledeći

REFERAT

1. UVOD

1.1 Hronologija odobravanja i izrade disertacije

04.09.2015. – Kandidat mr Aleksandar R. Ćosović dipl. ing, predložio je temu doktorske disertacije pod nazivom: „Sinteza nanokristalnog nikel-ferita u natkritičnim uslovima i primenom skrobne mikroemulzije“.

17.09.2015. – Na sednici Nastavno-naučnog veća Tehnološko-metalurškog fakulteta u Beogradu doneta je Odluka br. 35/377 o imenovanju Komisije za ocenu podobnosti teme i kandidata mr Aleksandra R. Ćosovića, dipl. ing. za izradu doktorske disertacije pod nazivom: „Sinteza nanokristalnog nikel-ferita u natkritičnim uslovima i primenom skrobne mikroemulzije“.

22.10.2015. – Na sednici Nastavno-naučnog veća Tehnološko-metalurškog fakulteta u Beogradu doneta je odluka o prihvatanju Referata Komisije za ocenu podobnosti teme i kandidata i odobravanju izrade doktorske disertacije mr Aleksandra R. Ćosovića, dipl. ing, pod nazivom: „Sinteza nanokristalnog nikel-ferita u natkritičnim uslovima i primenom skrobne mikroemulzije“, a za mentora ove doktorske disertacije imenovan je dr Aleksandar Orlović, redovni profesor Tehnološko-metalurškog fakulteta Univerziteta u Beogradu.

23.11.2015. – Na sednici Veća naučnih oblasti tehničkih nauka Univerziteta u Beogradu data je saglasnost na predlog teme doktorske disertacije mr Aleksandra R. Ćosovića, dipl. ing, pod nazivom: „Sinteza nanokristalnog nikel-ferita u natkritičnim uslovima i primenom skrobne mikroemulzije“.

03.03.2016. – Na sednici Nastavno-naučnog veća Tehnološko-metalurškog fakulteta u Beogradu doneta je Odluka br. 35/84 o imenovanju Komisije za ocenu i odbranu doktorske disertacije mr Aleksandra R. Ćosovića, dipl. ing, pod nazivom: „Sinteza nanokristalnog nikl-ferita u natkritičnim uslovima i primenom skrobne mikroemulzije“.

1.2 Naučna oblast disertacije

Istraživanja u okviru ove doktorske disertacije pripadaju naučnoj oblasti Hemija i hemijska tehnologija, za koju je matičan Tehnološko-metalurški fakultet, Univerziteta u Beogradu. Za mentora ove doktorske disertacije imenovan je dr Aleksandar Orlović, redovni profesor Tehnološko-metalurškog fakulteta, Univerziteta u Beogradu, koji je na osnovu objavljenih publikacija i iskustva kompetentan da rukovodi izradom ove doktorske disertacije.

1.3 Biografski podaci o kandidatu

Aleksandar R. Ćosović je rođen 07.03.1974. godine u Beogradu, gde je završio Osnovnu školu i gimnaziju „Sveti Sava“. Diplomirao je 2001. godine na Tehnološko-metalurškom fakultetu u Beogradu, na odseku za hemijsko inženjerstvo, sa prosečnom ocenom tokom studija 8,92 (osam i devedesetdva). Diplomski rad je odbranio na Katedri za hemijsko inženjerstvo sa ocenom 10. Nakon diplomiranja upisao je postdiplomske studije na Tehnološko-metalurškom fakultetu u Beogradu, smer Fenomeni prenosa, gde je u martu 2008. godine odbranio magistarsku tezu pod nazivom: „Ispitivanje uklanjanja tečnog otpada kombinovanim postupkom isparavanja i katalitičkog sagorevanja“. Od 2002. godine je zaposlen u Institutu za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih sirovina (ITNMS) u Beogradu, gde radi i danas. Angažovan je na projektima Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja u zvanju istraživač saradnik i obavlja funkciju koordinatora Laboratorije za zaštitu životne sredine i rukovodioca Centralne Laboratorije za ispitivanja.

Od 2002. godine bio je uključen u realizaciju sledećih naučno-istraživačkih projekata finansiranih od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije u zvanju istraživač pripravnik i istraživač saradnik:

- „Primena tehničko-tehnoloških rešenja u sanaciji i unapređenju životne sredine“ - MNT 0098, (2002.-2004.);
- „Tehničko-tehnološka rešenja u razvoju čistih tehnologija kao osnova strategije održivog industrijskog razvoja“ - TR 6707, (2005.-2007.);
- „Rekultivacija deponija isplake i mogućnosti remedijacije i bioremedijacije zemljišta, otpadnih voda i teških taloga, akcidentno incidentno kontaminiranih naftom i njenim derivatima“ - TD 7032, (2005.-2007.);
- „Razvoj postupaka, metoda i materijala za prečišćavanje otpadnih industrijskih gasnih tokova i praćenje uticaja na životnu sredinu“ – TR 21020 A (2008.-2010.);
- „Razvoj tehnoloških procesa prerade nestandardnih koncentrata bakra u cilju optimizacije emisije zagađujućih materija” – TR 34023 (2011.-2015.).

2. OPIS DISERTACIJE

2.1 Sadržaj disertacije

Doktorska disertacija Aleksandra Ćosovića pod naslovom „Sinteza nanokristalnog nikl-ferita u natkritičnim uslovima i primenom skrobne mikroemulzije” napisana je na 196

strana A4 formata (sa proredom 1,5) i sadrži 60 slika. Tekst disertacije obuhvata sledeća poglavlja: Uvod i teorijski deo (33 strane), Eksperimentalni deo (24 strane), Rezultate i diskusiju (58 strana), Zaključak (2 strane), Literaturu (154 literaturna navoda, 15 strana), Prilog (64 strane) i kratku Biografiju autora. Pored toga, postoji Izvod na srpskom i engleskom jeziku (po 2 strane), Sadržaj i Zahvalnica. 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 osvrt na oblast istraživanja predmet ove doktorske disertacije koji podrazumevaju sintezu nanokristalnih prahova oksida metala i ispitivanje inovativnih metoda sinteze nanokristalnog praha nikl-ferita iz jeftinih i lako dostupnih prekursora, primenom mikroemulzije na bazi rastvorljivog skroba i natkritičnog fluida. Istaknut je značaj predmetnih istraživanja i ukratko je predstavljen i realizovani plan istraživanja i različite karakterizacije instrumentalne tehnike koje su korišćene za određivanje hemijskog sastava, fizičko-hemijskih i magnetnih svojstava dobijenih prahova. Takođe u kratkim crtama predstavljen je cilj istraživanja, koji se odnosi na definisanje reakcionih parametara i kvantifikaciju njihovih performansi u odnosu na klasične i već dostupne metode, kao i nova saznanja do kojih se došlo tokom realizacije.

Teorijski deo disertacije je podeljen na četiri tematske celine: Feriti, Sinteza nanokristalnih prahova nikl-ferita na atmosferskom i povišenom pritisku, Procesi sinteze u natkritičnim uslovima i Svojstva magnetnih materijala. U prvoj celini predstavljeni su feriti kao grupa jedinjenja, njihova struktura, način dobijanja i primena. U kratkim crtama predstavljen je i nikl-ferit, čija je sinteza predmet ove disertacije. Druga i treća celina su zasnovane na detaljnom pregledu dostupne literature. U drugoj celini pažnja je posvećena metodama koje se najčešće primenjuju za sintezu nanokristalnog nikl-ferita u subkritičnim uslovima, njihovim karakteristikama i svojstvima prahova dobijenim ovim metodama, dok se treća celina odnosi na natkritične fluide i njihovu dosadašnju primenu u sintezi oksida metala i nikl-ferita. U obe celine poseban naglasak je dat na uzorčno posledičnu vezu između uslova sinteze i svojstava dobijenih prahova. Četvrta celina obuhvata pregled važnijih pojmova i veličina u magnetizmu, neophodnih za diskusiju magnetnog ponašanja sintetisanih nanokristalnih prahova nikl-ferita.

Eksperimentalni deo sadrži detaljan opis primenjenih procedura sinteze i opis metoda kojima je vršena karakterizacija dobijenih prahova. Izabrani procesi sinteze obuhvataju predlog novih metoda sinteze na bazi taloženja u tečnoj fazi i solvotermalnog procesa u natkritičnoj oblasti, kao i tri klasične metode sinteze u tečnoj i čvrstoj fazi kojima su sintetisani kontrolni uzorci. Novopredložene metode se odnose na modifikovanu reakciju u čvrstoj fazi, unapređenu reakciju taloženja u tečnoj fazi, koja se izvodi u skrobnoj emulziji i metodu „kalupa“, kao i na solvotermalnu sintezu u sub- i natkritičnom etanolu koja uključuje i redukciju jona gvožđa. Svojstva dobijenih prahova određena su primenom instrumentalnih tehnika i upoređena sa svojstvima kontrolnih uzoraka dobijenih reakcijom taloženja u vodenom i alkoholnom rastvoru na ambijentalnim uslovima i reakcijom u čvrstoj u fazi.

Poglavljje Rezultati i diskusija sastoji se iz četiri celine, u kojima su prikazani i detaljno analizirani dobijeni rezultati za svaku pojedinačnu metodu sinteze. U prvom potpoglavlju prikazani su i prodiskutovani rezultati koji se odnose na fazni sastav, morfološke karakteristike i magnetno ponašanje nanokristalnog praha nikl-ferita dobijenog reakcijom u čvrstoj fazi. Dobijeni prah je ispitan XRD, SEM, TEM analizom, a dodatna strukturna analiza je izvedena Mössbauer-ovom spektroskopskom analizom (MS) i termomagnetnim merenjima (TM). Magnetno ponašanje uzorka analizirano je na vibracionom magnetometru (VSM). Diskusija uticaja uslova sinteze na osobine materijala potkrepljena je i dopunskom DTA-TGA

analizom. U drugom potpoglavlju predstavljeni su rezultati analize nanokristalnog praha nikel-ferita dobijenog reakcijom taloženja u vodenom rastvoru. Pored već pomenutih tehnika za strukturnu (XRD, MS i TM) i morfološku analizu (SEM), uzorak praha je ispitan i FTIR i BET tehnikama. Treće potpoglavlje se odnosi na novu metodu sinteze reakcijom taloženja u skrobnoj emulziji i metodu „kalupa“ na bazi skrobne emulzije. Sintetisani prahovi su ispitani svim nabrojanim tehnikama, s tim što je za analizu morfoloških karakteristika umesto BET metode korišćena FE-SEM tehnika. U četvrtom potpoglavlju prikazani su rezultati analize uzoraka prahova nikel-ferita sintetisanih taloženjem u etanolu, kao i primenom natkritičnog etanola i etanola u uslovima bliskim natkritičnim. Kao i prethodno potpoglavlje i ovo se odnosi na novu metodu sinteze koja je predložena i ispitivana u okviru disertacije. Sintetisani prahovi su ispitani svim nabrojanim tehnikama, s tim što je za analizu morfoloških karakteristika korišćena i TEM tehnika. Na kraju poglavlja jasno i pregledno su sumirana sva zapažanja za nanokristalne prahove dobijene svim primenjenim metodama sinteze i dat je tabelarni pregled karakteristika svih prahova. U svim potpoglavljima prikazani su samo najznačajniji rezultati sprovedenih analiza, dok su svi relevantni rezultati dati u Prilogu organizovani po oznakama sintetisanih uzoraka na koje se odnose.

U poglavlju Zaključak su sumirani izvedeni zaključci za nove metode sinteze. Navedena literatura (154 citata) obuhvata relevantne radove iz oblasti istraživanja i pokriva sve delove disertacije. Disertacija sadrži još i kratku biografiju kandidata, izjavu o autorstvu, izjavu o istovetnosti štampane i elektronske verzije rada i izjavu o korišćenju.

3. OCENA DISERTACIJE

3.1 Savremenost i originalnost

Spinelni feriti opšte formule AFe_2O_4 ($A = Mn, Co, Ni, Mg, Zn, \dots$), kojima pripada i nikel-ferit ($NiFe_2O_4$), su jedni od najznačajnijih i najšire korišćenih funkcionalnih materijala, koji se u velikoj meri koriste zahvaljujući svojim magnetnim, električnim i optičkim svojstvima. Iako su poznati i nalaze se u primeni već duže vreme, sa razvojem nanotehnologije i mikroelektronike došlo je do nove ekspanzije njihove primene. Naročito veliko interesovanje vlada za nanostrukturnim feritima, s obzirom da poseduju znatno drugačija svojstva od klasičnih mikrokristalnih materijala. Danas se ovi materijali koriste u izradi magnetnih memorijskih uređaja visoke gustine, mikrotalasnih uređaja, telekomunikacione opreme, magnetnih fluida, magnetnih sistema za dostavu lekova, zaštite od elektromagnetnog zračenja, katalizatora, gorivnih ćelija i senzora gasova.

$NiFe_2O_4$ je u osnovi keramički materijal, čija sinteza u nanokristalnoj formi još uvek predstavlja izazov. Kako funkcionalna svojstva ovog materijala direktno zavise od njegove strukture (morfologije, veličine kristala) i faznog sastava tako je izbor uslova kao i same metode sinteze presudan za njegovu dalju primenu. Konvencionalne metode sinteze $NiFe_2O_4$ podrazumevaju fazu termičke obrade – žarenja, koju karakteriše unos velike količine energije, i koja ima jako veliki uticaj na strukturu, a time i na svojstva materijala. Ovo je prvenstveno značajno zbog toga što su mnoge poželjne karakteristike materijala, kao što su nano dimenzije, razvijena površina i visok kvalitet magnetnih svojstava upravo favorizovane suprotnim reakcionim uslovima. U tom smislu izbor metode sinteze $NiFe_2O_4$ uvek predstavlja kompromis i izbor između veličine kristala, oblika čestica i kvaliteta magnetnih svojstava materijala. Iz tog razloga postoji značajan interes za istraživanje i razvoj novih metoda sinteze koje bi omogućavale drugačiji odnos željenih svojstava.

Upotreba nadkritičnih fluida u sintezi nanočestičnih metala i oksida metala uopšteno privlači dosta pažnje zahvaljujući njihovim jedinstvenim i podesivim svojstvima. Posebnu

pogodnost predstavlja to što pružaju određeni stepen kontrole nad procesom sinteze, jer se jednostavnim podešavanjem pritiska i temperature u sistemu mogu ostvariti povoljni uslovi za kristalizaciju. U ovom domenu poslednjih godina naročito je interesantna upotreba primarnih alkohola, koji u nadkritičnim uslovima pokazuju i redukujuća svojstva.

U okviru disertacije ispitivana je mogućnost primene dve nove metode sinteze koje do sada nisu korišćene za sintezu nanokristalnog praha nikl-ferita. Prva metoda sinteze predstavlja modifikaciju reakcije taloženja u vodenom rastvoru, koja je unapređena primenom skrobne emulzije. Ovom metodom se dobijaju prahovi dobre kristalne strukture i uske raspodele veličina čestica bez korišćenja skupih i toksičnih organskih rastvarača i površinski aktivnih jedinjenja. Druga metoda predstavlja prvu primenu natkritičnih primarnih alkohola za sintezu nanokristalnog praha nikl-ferita koja se zasniva na primeni alkohola kao reakcionog medijuma i redukcionog agensa.

3.2 Osvrt na referentnu i korišćenu literaturu

U toku izrade doktorske disertacije kandidat je pregledao literaturu vezanu za sintezu nanokristalnih prahova, sa posebnim osvrtom na uslove sinteze i karakteristike dobijenih prahova. Pregledana je obimna literatura koja se odnosi na sintezu nanokristalnih prahova ferita i nikl-ferita, kao i literatura koja se odnosi na različite instrumentalne metode za karakterizaciju čvrstih nanokristalnih materijala. Iz popisa literature koja je korišćena u istraživanju, od čega je više od 60 % radova objavljenih u poslednjih 10 godina, kao i objavljenih radova kandidata mr Aleksandra Čosovića može se videti da kandidat na adekvatnom nivou poznaje predmetnu oblast istraživanja i aktuelno stanje istraživanja u ovoj oblasti u svetu.

3.3 Opis i adekvatnost primenjenih naučnih metoda

U disertaciji je za realizaciju predloženog ispitivanja korišćena kombinacija detaljne analize prethodno objavljenih literaturnih podataka, teorijske analize i eksperimentalnih ispitivanja.

Analiza literaturnih podataka i teorijska analiza sprovedene su u cilju pripreme podloga za definisanje novih metoda sinteze nanokristalnog praha nikl-ferita, kao i kriterijuma na osnovu kojih je ocenjivan kvalitet dobijenih prahova i predloženih metoda.

U okviru eksperimentalnih ispitivanja pripremljeni su prahovi za koje je potom utvrđen hemijski sastav, fizičko-hemijska i magnetna svojstva primenom odgovarajućih instrumentalnih metoda. Preliminarni hemijski sastav dobijenih prahova određivan je primenom infracrvene spektroskopije sa Furijeovom transformacijom (FTIR). Za izvođenje kvantitativne mikrostrukturne analize i određivanje prosečne veličine kristalita korišćena je metoda difrakcije rendgenskog zračenja (XRD), a za obradu i interpretaciju dobijenih difraktograma korišćen je softverski paket FullProf. Morfologija i veličina čestica prahova je ispitivana metodama skenirajuće elektronske mikroskopije (SEM) i transmisione elektronske mikroskopije (TEM). Poroznost i specifična površina materijala određivani su primenom Brunauer-Emmett-Teller (BET) metode. Kvantifikacija i analiza magnetnih svojstava izvođene su na vibracionom magnetometru (VSM) kroz merenja na sobnoj temperaturi, kao i putem termomagnetnih merenja do 800°C. Za sticanje boljeg uvida u fazni sastav i magnetnu prirodu sintetizovanih prahova korišćena je ⁵⁷Fe Mesbauerova spektroskopija (MS). Analiza dobijenih MS spektara izvođena je uz pomoć softverskog paketa CONFIT.

Uporednom analizom tumačenjem dobijenih eksperimentalnih podataka dobijen je uvid u kvalitet sintetisanih prahova i karakteristike predloženih metoda pripreme

nanokristalnih prahova. Polazeći od teorijske osnove i načela primenjenih procesa i uočenih fenomena formulisana su zapažanja i doneti zaključci.

3.4. Primenljivost ostvarenih rezultata

Rezultati istraživanja proistekli iz ove doktorske disertacije imaju izuzetan doprinos uoblasti sinteze nanokristalnih prahova mešovutih oksida raznorodnih metala i doprinose razvoju funkcionalnih nanomaterijala. Metode sinteze ispitane u ovoj tezi imaju veliki potencijal primene, kako za sintezu nikl-ferita, tako i dobijanje drugih vrsta ferita i mešovutih oksida u formi nanokristalnih prahova.

Predloženi postupak sinteze taloženjem u mikroemulziji skroba je jednostavan i potpuno ponovljiv i može se koristiti za sintezu većih količina nanokristalnih prahova. Posebno je pogodan za primenu u slučajevima kada je potrebno na jeftin način iz lako dostupnih prekursora dobiti fine skoro monokristalne čestice koje imaju veliki odnos površine i zapremine. Opravdano je očekivati da će se koristiti za sintezu funkcionalnih nanomaterijala čije funkcionalne osobine zavise od površine i koji se primenjuju u oblastima detekcije gasova ili katalize. Takođe, daljim podešavanjem parametara predloženi postupak sinteze se može koristiti i za dobijanje superparamagnetnih čestica koje imaju veliku primenu u medicini.

S druge strane postupak sinteze u natkritičnom alkoholu se pokazao pogodniji za sintezu funkcionalnih magnetnih nanomaterijala za koje je potreban visok odnos remanence i koercitivnosti M_r/M_s , pa je opravdano očekivati da će naći primenu u sintezi prahova za potrebe izrade magnetnih memorijskih uređaja i magnetnog snimanja podataka.

3.5 Ocena dostignutih sposobnosti kandidata za samostalni naučni rad

Kandidat mr Aleksandar Ćosović je u okviru izrade doktorske disertacije tokom pripreme i realizacije eksperimenata, analize i obrade dobijenih rezultata, pokazao stručnost, kreativnost i sistematičnost. Komisija smatra da kandidat poseduje sve kvalitete koji su neophodni za samostalan naučni rad.

4. OSTVARENI NAUČNI DOPRINOS

4.1. Prikaz ostvarenih naučnih doprinosa

Rezultati do kojih se došlo u okviru ove disertacije ucelini daju naučni doprinos proširenju fundamentalnih znanja uoblasti dobijanja i primene funkcionalnih nanomaterijala i doprinose razvoju novih metoda sinteze nanokristalnih prahova oksida metala. Takođe, rezultati ovog rada daju značajan naučni doprinos i u oblasti primene natkritičnih fluida za sintezu neorganskih nanomaterijala.

Specifični naučni doprinosi rezultata istraživanja ostvarenih u okviru ove doktorske disertacije se ogledaju u:

- Proširenju fundamentalnih znanja u oblasti sinteze nanokristalnih prahova oksida metala u natkritičnim uslovima;
- Proširenju saznanja o redukcionom dejstvu primarnih alkohola u natkritičnom stanju i modifikaciji površine oksida metala usled alkoksilacije i hidroksilacije;
- Utvrđivanju reakcionih parametara dve nove metode sinteze nikl-ferita i drugih mešovutih oksida metala i kvantifikaciji njihovih performansi;

- Boljem razumevanju i korelaciji veze između reakcionih uslova i svojstava materijala dobijenog predloženim metodama;
- Boljem razumevanju strukturnih i magnetnih svojstava mešovitih oksida metala;
- Sticanju uvida u kvalitet dobijenih materijala u svetlu njihove dalje primene.

4.2. Kritička analiza rezultata istraživanja

Istraživanja kojima se bavi ova doktorska disertacija su koncipirana na osnovu definisanih ciljeva i detaljne analize literature iz oblasti sinteze nanokristalnih prahova ferita i nikl-ferita. Ispitivanje novih metoda sinteze nanokristalnih prahovanikl-ferita ostvareno je uporednom karakterizacijom prahova dobijenih novim i klasičnim metodama. Prilikom izrade disertacije primenom instrumentalnih tehnika analizirani su fazni sastav, morfološka i magnetna svojstva dobijenih prahova. Analizom uticaja uslova sinteze na svojstva prahova i poređenjem karakteristika prahova kao što su veličina kristala, vrednost specifične magnetizacije, vrednost koercitivnosti i remanence praćen je kvalitet dobijenih prahova i performanse primenjenih metoda sinteze. Na osnovu dobijenih rezultata sagledana je i potencijalna primena tako dobijenih prahova, odnosno predloženih metoda.

4.3 Verifikacija naučnih doprinosa

Rezultati proistekli iz ove disertacije potvrđeni su kroz objavljene radove u vrhunskim i međunarodnim časopisima, vodećim nacionalnim časopisima i saopštenjima na međunarodnim naučnim konferencijama. Iz rezultata ove doktorske disertacije proizašli su sledeći naučni radovi i saopštenja:

1. Rad u vrhunskom međunarodnom časopisu - M₂₁

- **Aleksandar R. Čosović**, Vladan R. Čosović, Tomáš Žák, Bohumil David, Nadežda M. Talijan, *Structure and Properties of Nanosize NiFe₂O₄ Prepared by Template and Precipitation Methods*, Journal of Mining and Metallurgy Section B: Metallurgy, Vol. 49, No. 3B, 2013, p. 271-277; (IF (2013) =1,135 (22/75) Metallurgy & Metallurgical engineering) ISSN: 1450 - 5339
- **Aleksandar R. Čosović**, Tomáš Zák, Sandra B. Glišić, Miroslav D. Sokić, Slavica S. Lazarević, Vladan R. Čosović, Aleksandar M. Orlović, *Synthesis of nano-crystalline NiFe₂O₄ powders in subcritical and supercritical ethanol*, Journal of Supercritical Fluids 113 (2016) 96–105 (IF (2014) =2,919 (24/135) Engineering, Chemical) ISSN: 0896-8446

2. Rad u međunarodnom časopisu - M₂₃

- Tomáš Žák, Vladan Čosović, **Aleksandar Čosović**, Bohumil David, Nadežda Talijan, Dragana Živković, *Formation of Magnetic Microstructure of the Nanosized NiFe₂O₄ Synthesized Via Solid-State Reaction*, Science of Sintering, Međunarodni Institut za nauku o sinterovanju, Vol. 44, No. 1, 2012, p. 103-112; (IF (2012) =0,430 (15/27) Materials science, Ceramics) ISSN: 0350-820X
- Tomáš Žák, Bohumil David, **Aleksandar Čosović**, Vladan Čosović, Dragana Živković, Nadežda Talijan, *Structure and Magnetic Properties of Nano crystalline NiFe₂O₄ Prepared via Precipitation Route*, Acta Physica Polonica A, (2014), vol. 126 br. 1, p. 142-143; (IF (2014) =0,530 (69/78) Physics, Multidisciplinary) ISSN: 1898 – 794X

3. Rad u vodećem nacionalnom časopisu – M₅₁

- Vladan Ćosović, **Aleksandar Ćosović**, Nadežda Talijan, Dragana Živković, Tomáš Žák, Bohumil David, *NiFe₂O₄ Nanocrystalline Powders Precipitated with Addition of Soluble Starch as a Dispersing Agent*, Journal of Trends in the Development of Machinery and Associated Technology, (2014), vol. 18, br. 1, p. 115-118; ISSN: 2303 - 4009
- **Aleksandar Ćosović**, Vladimir Adamović, Miroslav Sokić, Nada Štrbac, *Primena nikl-ferita kao senzora za detekciju gasovitih zagađujućih materija*, Ecologica, (2015), vol. 22, br. 80, p. 671-676; ISSN: 0354 - 3285

4. Rad saopšten na skupu međunarodnog značaja štampan u celini – M₃₃

- Vladan Ćosović, **Aleksandar Ćosović**, Tomáš Žák, Bohumil David, Nadežda Talijan, Dragana Živković, *Thermomagnetic analysis and its influence on structure and magnetic properties of NiFe₂O₄ nanocrystalline powders*, Proceedings of the 46th International October Conference on Mining and Metallurgy, 01-04 October 2014, Bor Lake, Bor, Serbia, p. 330-333; ISBN: 978-86-6305-026-6
- Vladan Ćosović, Nadežda Talijan, Dragana Živković, **Aleksandar Ćosović**, Tomáš Žák, Bohumil David, *NiFe₂O₄ Nanocrystalline Powders Precipitated With Addition Of Soluble Starch As A Dispersing Agent*, Proceedings of the 18th International Research/Expert Conference "Trends in the Development of Machinery and Associated Technology" TMT 2014, 10-12 September 2014, Budapest, Hungary, p. 141-144; ISSN: 1840-4944
- **Aleksandar Ćosović**, Vladan Ćosović, Ljubiša Balanović, Dragana Živković, Tomáš Žák, Nadežda Talijan, *Nanocrystalline NiFe₂O₄ synthesized by modified precipitation method*, Proceedings of the 1st Metallurgical & Materials Engineering Congress of South-East Europe, May 23rd-25th 2013, Belgrade, Serbia, p. 92-98; ISBN: 987-86-87183-24-7
- Vladan Ćosović, Nadežda Talijan, Tomáš Žák, Bohumil David, **Aleksandar Ćosović**, Dragana Živković, *Characterisation of BaFe₁₂O₁₉ and NiFe₂O₄ Magnetic Materials*, Proceedings of the 9th Scientific - Research Symposium Metallic and Nonmetallic Materials production – properties – application, University of Zenica, Zenica, Bosnia and Herzegovina, 23. – 24. april, 2012; ISBN: 978-9958-785-26-9

5. ZAKLJUČAK I PREDLOG KOMISIJE

Na osnovu izloženog materijala se može zaključiti da doktorska disertacija kandidata mr Aleksandra Ćosovića, dipl. ing. pod naslovom „Sinteza nanokristalnog nikl-ferita u natkritičnim uslovima i primenom skrobne mikroemulzije” predstavlja značajan i originalan naučni doprinos u oblasti sinteze nanokristalnih prahova mešovitih oksida gvožđa. U okviru ove disertacije, primenjeno je pet metoda sinteze nikl-ferita, od kojih su dve po prvi put primenjene u ovoj doktorskoj disertaciji. Disertacija daje razvoju novih metoda sinteze nanokristalnih prahova, kao i razumevanju zavisnosti morfoloških i magnetnih svojstava od uslova sinteze. Rezultati istraživanja sadržani u ovoj doktorskoj disertaciji su do sada valorizovani u dva rada publikovana u vrhunskim međunarodnim časopisima (M₂₁), dva rada publikovana u međunarodnim časopisima (M₂₃), dva rada publikovana u vodećim nacionalnim časopisima (M₅₁) i četiri saopštenja sa skupova međunarodnog značaja štampana u celini (M₃₃).

Komisija predlaže Nastavno-naučnom veću Tehnološko-metalurškog fakulteta Univerziteta u Beogradu da podnetu doktorsku disertaciju mr Aleksandra Čosovića, dipl. ing, pod naslovom „Sinteza nanokristalnog nikl-ferita u natkritičnim uslovima i primenom skrobne mikroemulzije” prihvati, izloži na uvid javnosti i nakon isteka zakonom predviđenog roka uputi na konačno usvajanje Veću naučnih oblasti tehničkih nauka Univerziteta u Beogradu, te da nakon završetka ove procedure pozove kandidata na usmenu odbranu disertacije pred komisijom u istom sastavu.

Beograd, 26.04.2016.

ČLANOVI KOMISIJE:

.....

Prof. dr Aleksandar Orlović, redovni profesor
Univerziteta u Beogradu,
Tehnološko-metalurški fakultet

.....

Dr Sandra Glišić,
Viši naučni saradnik,
Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd

.....

Prof. dr Rada Petrović, redovni profesor
Univerziteta u Beogradu,
Tehnološko-metalurški fakultet

.....

Dr Miroslav Sokić,
Viši naučni saradnik,
Institut za tehnologiju nuklearnih i drugih
mineralnih sirovina (ITNMS), Beograd