

NASTAVNO-NAUČNOM VEĆU
TEHNOLOŠKO-METALURŠKOG FAKULTETA
UNIVERZITETA U BEOGRADU

Predmet: Referat o urađenoj doktorskoj disertaciji kandidatkinje Jelene Luković, diplomiranog inženjera tehnologije, Odlukom br. 35/248 od 06.07.2018. godine, imenovani smo za članove Komisije za pregled, ocenu i odbranu doktorske disertacije kandidatkinju Jelenu Luković, diplomiranog inženjera tehnologije, pod naslovom „**Sinteza i karakterizacija vatrostalnih materijala na bazi volframa**“

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

REFERAT

1. UVOD

1.1. Hronologija odobravanja i izrade disertacije

- Školske 2010/11 kandidatkinja Jelena Luković, diplomirani inženjer tehnologije, upisala je doktorske akademske studije na Univerzitetu u Beogradu, Tehnološko – metalurški fakultet, studijski program Inženjerstvo materijala.
- 15.09.2016. na sednici Nastavno-naučnog veća Tehnološko – metalurškog fakulteta, Univerziteta u Beogradu doneta je odluka (br. 35/443 od 15.09.2018.) o imenovanju članova Komisije za ocenu podobnosti teme i kandidatkinje Jelene Luković, diplomirani inženjer tehnologije pod naslovom „**Sinteza i karakterizacija vatrostalnih materijala na bazi volframa**“.
- 6.10.2016 godine, Dekan Tehnološko – metalurškog fakulteta, Univerziteta u Beogradu na lični zahtev studenta Jelene Luković produžava rok za završetak studija za dve semestra, odluka br. 30/129 od 6.10.2016.
- 24.11.2016. na sednici Nastavno-naučnog veća Tehnološko – metalurškog fakulteta, Univerziteta u Beogradu doneta je odluka o prihvatanju teme doktorske disertacije „**Sinteza i karakterizacija vatrostalnih materijala na bazi volframa**“, a za mentora imenovana je prof. dr Tatjana Volkov-Husović, redovni profesor Tehnološko – metalurškog fakulteta, Univerziteta u Beogradu i za komentora dr Branko Matović, naučni savetnik Instituta za nuklearne nauke Vinča, Univerziteta u Beogradu, odluka br. 35/510 od 24.11.2016.

- 21.09.2017. na sednici Nastavno-naučnog veća Tehnološko – metalurškog fakulteta, Univerziteta u Beogradu doneta je odluka o produženju roka za završetak doktorskih studija Jelene Luković još godnu dana školska 2017/2018, broj odluke 35/343, od 21.09.2017.
- 06.07.2018. na sednici Nastavno-naučnog veća Tehnološko – metalurškog fakulteta, Univerziteta u Beogradu, doneta je odluka o imenovanju Komisije za ocenu i odbranu doktorske disertacije Jelene Luković, diplomiranog inženjera tehnologije pod naslovom „**Sinteza i karakterizacija vatrostalnih materijala na bazi volframa**“. odluka broj 35/248.

1.2. Naučna oblast disertacije

Istraživanja u okviru ove doktorske disertacije pripadaju naučnoj oblasti Tehnološko inženjerstvo u užoj naučnoj oblasti Hemijsko inženjerstvo za koju je matičan Tehnološko – metalurški fakultet, Univerziteta u Beogradu. Mentor je prof. dr, Tatjana Volkov-Husović, redovan profesor Tehnološko – metalurškog fakulteta, Univerziteta u Beogradu i komentor dr Branko Matović, naučni savetnik Instituta za nuklearne nauke Vinča, Univerziteta u Beogradu. Mentor i komentor su na osnovu dosadašnjih objavljenih radova i iskustava kompetentan tim da rukovodi izradom ove doktorske disertacije.

1.3. Biografski podaci o kandidatu

Jelena (Milosav) Luković je rođena 08.05.1984. godine u Beogradu. Osnovnu školu završila je u Beogradu, a zatim upisuje VI beogradsku gimnaziju, koju završava 2003. godine. Iste godine upisuje Tehnološko-metalurški fakultet, Univerziteta u Beogradu. Diplomira 2010 godine na smeru hemijsko inženjerstvo sa ocenom 10, odbranivši diplomski rad sa temom: “Primena modela kubne jednačine stanja za izračunavanje dopunske molarne zapremine binarnih i ternernih smeša neelektrolita“

Godine 2010. upisuje doktorske studije na smeru hemijsko inženjerstvo Tehnološko-metalurškog fakulteta, Univerziteta u Beogradu. gde je u oktobru 2013. godine odbranila završni rad pred komisijom u sastavu: prof. dr Mirjana Kiječčanin, redovni profesor, prof. dr Ivona Radović, vanredni profesor, prof. dr Emila Živković, vanredni profesor. U okviru doktorskih studija položila je sve ispite predviđene studijskim programom, sa prosečnom ocenom 9,50.

NAUČNO-ISTAŽIVAČKI RAD

Jelena Luković, diplomirani inženjer tehnologije, od februara 2011. godine stalno je zaposlena u Institutu nuklearnih nauka „Vinča“ u Laboratoriji za materijale. Angažovana je na projektu integralnih i interdisciplinarnih istraživanja: „Sinteza, procesiranje i karakterizacija nanosrukturnih materijala za primenu u oblasti energije, mehaničkog inženjerstva, zaštite životne sredine i biomedicine“, Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije (broj projekta 45012). Naučno istraživački rad Jelene Luković odvija se u oblasti nanomaterijala, gde je uključena na istraživanja u vezi sa sintezom i karakterizacijom ovih materijala, sa posebnim

zanimanjem za vatrostalne materijale na bazi volframa. U svom dosadašnjem naučno-istraživačkom radu autor i koautor je 6 radova u vrhunskom međunarodnom časopisu (M21), 3 rada u istaknutom međunarodnom časopisu (M22).

2. OPIS DISERTACIJE

2.1. Sadržaj disertacije

Doktorska disertacija kandidatkinje Jelene Luković, diplomiranog inženjera tehnologije napisana je na srpskom jeziku i sadrži 102 strane A4 formata, 45 slika, 14 tabela i 245 literaturna navoda.

Doktorska disertacija sadrži sledeća poglavlja: Uvod, Teorijski deo, Eksperimentalne metode, Teorijske metode za proučavanje materijala, Rezultati i diskusija, Zaključak, Literatura, Biografija, Izjava o autorstvu, Izjava o istovetnosti štampane i elektronske verzije doktorskog rada i Izjava o korišćenju.

2.2. Kratak prikaz pojedinačnih poglavlja

U uvodnom delu prikazan je predmet, sadržaj i cilj doktorske disertacije. Predmet ove doktorske disertacije obuhvata istraživanja oblasti optimizacije uslova sinteze vatrostalnih materijala na bazi volframa i njegovih jedinjenja od elementarnih prahova. U okviru disertacije razmatrani su vatrostalni materijala na bazi volframa: volfram karbid (WC) i volframovi silicidi (volfram disilicid - WSi_2 i pentavolfram trisilicid W_5Si_3)

U prvom poglavlju **Teorijskog dela** date su osnovne postavke i literaturni pregled vezan za oblast vatrostalnih materijala, njihov istorijat, kao i najznačajnije fizičke i hemijske osobine ove grupe materijala. Naredna poglavlja se odnose na elementarni volfram, karbide i silicide volframa, gde su prikazani istorijat, date njihove fizičke i hemijske osobine. Metode sinteze reakcijom u čvrstom stanju su objašnjene kroz posebno poglavlje, sa posebnim osvrtom na eksperimentalne metode koje se koriste, a posebno je objašnjeno spark plazma sinterovanje. Kroz naredna poglavlja detaljno su opisane eksperimentalne metode koje su bile korišćene, kao što su rendgenska difrakcija, skenirajuća elektronska mikroskopija, određivanje specifične površine putem Brauner-Emmet-Teller (BET) metode gasne adsorpcije, određivanje mehaničkih osobina materijala metodom nanoindentacije, profilometrijska analiza, kavitacija. Prikazani su i osnovi teorijskih metoda za optimizaciju strukturnih kandidata u sistemima WC i WSi_2 .

Eksperimentalni deo se odnosi na sinteze prahova volfram karbida i volfram silicida, kao na sinterovanje prahova volfram karbida uz dodatak prahova volfram silicida. Kroz naredna poglavlja data je Karakterizacija dobijenih prahova koja je obuhvatala fazni sastav, Određivanje specifične površine, veličine i raspodele veličina pora, Određivanje morfologije prahova, Određivanje mehaničkih osobina materijala metodom nanoindentacije, Određivanje otpornosti materijala na

dejstvo kavitacije, Profilometrijska analiza. Posebno poglavlje obuhvata Teorijske metode za proučavanje materijala i strukturnu optimizaciju u sistemima WC i WSi_2 .

Rezultati i diskusija obuhvataju detaljni prikaz dobijenih rezultata. U okviru ovog poglavlja dati su: Rezultati ispitivanja praha WC rendgenske difraktometrije praha. Posebna podpoglavljja se odnose na Uticaj temperature i vremena zadržavanja na sintezu praha WC. Ispitivanja su se odnosila na temperature od 700, 800, 900 i 1000 °C i vremena zadržavanja od 2, 4 i 8 časova. Posebna poglavljja se odnose na Određivanje specifične površine, poroznosti i raspodele veličine pora prahova, i morfologiju dobijenu primenom Skenirajuće elektronska mikroskopija, kao i rezultati strukturne optimizacije. Posebno poglavlje se odnosi na dobijene rezultate koji se odnose na sinterovane ispreske WC uz dodatak aditiva WSi_2 i W_5Si_3 . Dati su rezultati ispitivanja prahova metodom rendgenske difraktometrije, Mehanička ispitivanja metodom nanoindentacije, Skenirajuća elektronska mikroskopija, Ispitivanje otpornosti materijala dejstvo kavitacije i Profiometrijska analiza.

Rezultati proučavanja XRD metodom pokazali su da je temperatura od 1000 °C dovoljna za sintezu praha WC posle 8 h termičkog tretiranja prahova kod kojih je početni molarni odnos ugljenika prema volframu 4. Temperatura od 1350 °C i vreme trajanja zagrevanja prahova od 4 časa su optimalni uslovi za sintezu prahova silicida volframa, ukoliko su početni elementarni prahovi uzeti u stehiometrijskom odnosu.

Drugi deo disertacije se odnosi na sinterovanje komercijalnog praha WC uz dodatak sintetisanih prahova volframovih silicida. Prahovi silicida dobijeni su na optimalnim uslovima sinteze predstavljenim u ovoj disertaciji. Smeše prahova su spark plazma sinterovane. Dobijeni su porozni ispresci, koji su pokazali odličnu otpornost na kavitacionu eroziju. Ispitivanja kavitacione erozije su praćena profilometrijskom analizom. Dodatno, metodom nanoindentacije izračunate su vrednosti Jungovog modula elastičnosti i tvrdoće sinterovanih materijala. Urađena je i skenirajuća elektronska mikroskopija sinterovanih uzoraka.

Na osnovu pregleda literaturnih podataka, predstavljeni rezultati istraživanja doprinose povećanju znanja o vatrostalnim materijalima na bazi volframa na dva načina:

1. ugljenična tkanina velike specifične površine je po prvi put korišćena za sintezu praha WC, što je uticalo na smanjenje temperature sinteze ovog praha u odnosu na slične metode sinteze WC.

2. WSi_2 i W_5Si_3 su, po prvi put, korišćeni kao dodaci pri sinterovanju praha WC. Dobijeni ispresci su odlične otpornosti na kavitacionu eroziju.

Na kraju izveden je **Zaključak** u kome su koncizno izneti postignuti rezultati u istraživanju, a koji odgovaraju postavljenim ciljevima disertacije. Na kraju su dati i spisak korišćenje **Literature**, biografija kandidata, izjave o autorstvu i istovetnosti štampane i elektronske verzije rada.

OCENA DISERTACIJE

3.1. Savremenost i originalnost

Još od kako je tokom XX veka u metalurgiji WC uveden kao tvrdi metal (WC sa dodatkom veziva kobalta) do danas postoji velika potreba za ovim materijalom. Ima nezamenjivu ulogu u rudarstvu, gde je kroz istoriju doprineo ubrzanju, trajnosti materijala i smanjenju lomova mašina koje se koriste u ovoj industriji. U savremenom dobu volfram karbid ima veliku primenu u različitim industrijama koje se razvijaju velikom brzinom: industriji automobila, sporta i medicine.

Volfram karbid treba da se sintetiše jednostavnim metodama koje ne zahtevaju specijalne opreme. Zbog toga su u ovom radu ispitani uticaji parametara sinteze koji mogu doprineti poboljšanju procesa sinteze. Prilikom sinteze WC na komercijalne načine zahtevaju se visoke temperature i/ili duga vremena mehaničkog mlevenja. Uvođenjem novog materijala veoma velike specifične površine koji predstavlja izvor C prilikom sinteze, snižena je temperatura jednostavne reakcije u čvrstom stanju kojom je dobijen WC..

S druge strane, silicidi volframa su veoma mnogo primenjivani u mikroelektronici, grani elektronike koja je danas u punom razvoju uz potencijal širenja.

Uzorci dobijeni sinterovanjem WC uz dodatak silicida volframa, koji, prema literaturnim podacima, do sada nisu istraživani. Ispitivanja prikazana u ovom radu daju optimistične mogućnosti za dalja ispitivanja i varijacije u sastavu ovakvog kompozita. Uzorci dobijeni pod opisanim uslovima sinterovanja pokazali su odličnu otpornost na kavitacionu eroziju. Karakteristike ovakvog kompozitnog materijala bi mogle biti poboljšane ili promenjene daljim istraživanjima usmerena na materijale ovakvog sastava.

Još jedan bitan doprinos ovog rada predstavlja optimizacija strukturnih tipova u sistemima WC i WSi_2 . Rezultati ovih teorijskih istraživanja daju mogućnost za dalja istraživanja sinteze i karakterizacije vatrostralnih jedinjenja volframa novih osobina.

3.2. Osvrt na referentnu i korišćenu literaturu

U disertaciji je citirano 245 referenca. Dat je pregled literature koji pokazuje razvoj metoda sinteze i upotrebe materijala na bazi volframa, volfram karbida i volfram silicida. Korišćena literatura je bila neophodna kako bi se kritički sagledali rezultati istraživanja pa je tako za objašnjenje dobijenih rezultata korišćena obimna literatura koja je u velikoj meri nastala poslednjih godina tako da upućuje na savremenost istraživanja.

3.3. Opis i adekvatnost primenjenih naučnih metoda

Cilj koji je postavljen na početku ovog istraživanja bio je pronalaženje optimalnih uslova za sintezu vatrostralnih materijala na bazi volframa. Optimizacija procesa predstavlja inženjerski pristup rešavanju problema već poznate sinteze, ali na efikasniji način. Da bi se pratile promene sastava dobijenih materijala u zavisnosti od temperature, dužine termičkog tretiranja i početnih molarnih odnosa prahova, primenjena je metoda rendgenske difrakcije. Ovaj metod se pokazao kao izuzetno koristan. Kada su određeni optimalni uslovi za dobijanje željenih jedinjenja, pristupljeno je karakterizaciji ovih materijala: određivanju specifične površine prahova WC kao i raspodela i veličine pora, BET metodom, površinske morfologije pomoću skenirajuće mikroskopije, ali i optimizacije strukture WC i WSi_2 na osnovu teorijskih proračuna.

Različit set istraživanja bio je usmeren ka sinterovanju materijala WC uz dodatak silicida volframa. Na ovaj način dobijen je materijal, koji na osnovu pregleda literaturnih podataka do sada nije izučavan. Ovako dobijen čvrsti materijal ispitivan je metodom nanoindentacije radi određivanja mehaničkih osobina materijala - tvrdoće i Jungovog modula elastičnosti. Dalje je materijal ispitivan na otpornost usled kavitacione erozije koja je praćena profilometrijskom analizom površine, koja je nedestruktivna metoda i omogućava lakše praćenje promena usled kavitacione erozije.

Pokazalo se da primenjene metode odgovaraju zadatim ciljevima ovog rada.

3.4. Primenljivost ostvarenih rezultata

U ovom radu određeni su optimalni uslovi sinteze prahova WC kao i WSi_2 i W_5Si_3 jednostavnom reakcijom u čvrstom stanju. Optimizacija procesa doprinosi efikasnosti sinteze u energetskom i vremenskom smislu. Snižavanje temperature sinteze utiče na mogućnost lakšeg sintetisanja WC koji ima veoma rasprostranjenu primenu u metalurškoj industriji, kao i u industriji alata, mašina, ali i svakodnevnu primenu u raznovrsnim oblastima sporta, medicine i izrade nakita. S druge strane, dobijeni silicidi volframa mogu biti primenjeni u oblasti mikroelektronike. Takođe, sinterovanjem WC uz dodatak aditiva silicida dobijen je porozni materijal čija primena može biti u nekim oksido-redukcionim reakcijama, kao katalizator.

Predviđanjem strukturnih kandidata u sistemima WC i WSi_2 teorijskim metodama optimizacije postoji mogućnost za određivanje uslova sinteze ovih materijala sa određenim karakteristikama, različitim od onih do sada eksperimentalno poznatih. Ovo daje mogućnost ka daljem istraživanju vatrostralnih materijala na bazi volframa.

3.5. Ocena dostignutih sposobnosti kandidata za samostalni naučni rad

Kandidatkinja Jelena Luković se pokazala kao uspešan istraživač koji sa lakoćom i razumevanjem sprovodi eksperimentalne procedure i koji je sposoban da učestvuje u karakterisanju dobijenih materijala i interpretaciji dobijenih rezultata. Kandidatkinja je pokazala dobre komunikacione

sposobnosti i razvila je sposobnost prezentacije rezultata što je više puta u toku doktorskih studija pokazala kroz prezentaciju rezultata na konferencijama. Kandidatkinja ima odlične organizacione sposobnosti što je značajno doprinelo prevazilaženju raznih problema vezanih za eksperimentalni deo disertacije. Kroz radove koji su publikovani u međunarodnim časopisima i izloženi na konferencijama, kandidatkinja je pokazala veliku samostalnost ka interpretaciji i tumačenju rezultata i na taj način.

4. OSTVARENI NAUČNI DOPRINOSI

4.1. Prikaz ostvarenih naučnih doprinosa

U okviru ove disertacije ostvarenu su rezultati koji predstavljaju naučni doprinos:

- Po prvi put je korišćena aktivirana ugljenična tkanina velike specifične površine i pokazalo se da se uspešno može koristiti kao prekursor za sintezu praha WC.
- Definisani su optimalni procesni uslovi sinteze praha WC,
- WSi_2 i W_5Si_3 su, po prvi put, korišćeni kao dodaci pri sinterovanju praha WC
- Ispitivani su i uslovi sinteze prahova volfram silicida. Rendgenskom strukturnom analizom pokazano je da posle 4 h zagrevanja smeše prahova W i Si na temperaturi od 1350 °C u protoku Ar moguće sintetisati smešu prahova WSi_2 i W_5Si , ukoliko su početni prekursori uzeti u stehiometrijskom odnosu.
- Skenirajućom elektronskom mikroskopijom sinterovanih uzoraka pokazano je da su dobijene porozne strukture.
- Urađeno je ispitivanje otpornosti sinterovanih materijala usled kavitacione erozije, i pokazano je da dobijeni uzorci izuzetno otporni na ova oštećenja, što je osim merenjem promene mase potvrđeno i profilometrijskom analizom praćenjem parametra hrapavosti, kao i analizom dobijene 3D slike površine uzoraka.

Kritička analiza rezultata istraživanja

Prilikom istraživanja materijala, veoma bitan pristup istraživanju predstavlja određivanje karakteristika materijala u odnosu sa njegovom pripremom. Da bi se sintetisao željeni materijal neophodno je optimizovati uslove njegove sinteze. U okviru ovog istraživanja postavljen je problem pronalaženja optimalnih vrednosti temperature i vremena termičkog tretiranja, kao i početnog molarnog odnosa prahova koji su korišćeni pri sintezi materijala. Ovaj problem je rešen praćenjem uticaja ovih parametara metodom rendgenske difraktometrije. Takođe, urađena je optimizacija struktura u sistemima WC i WSi_2 koja je otvorila put ka budućim ispitivanjima uslova sinteze ovih materijala.

Dalje je ispitivan materijal dobijen sinterovanjem smeše WC uz dodatak WSi_2 . Materijal je izložen kavitacionoj eroziji. Na osnovu merenja promene mase uzoraka određen je uticaj ovih ispitivanja, koji je praćen 3D profilometrijskom analizom površine. Takođe su određene vrednosti tvrdoće i Jungovog modula elastičnosti dobijenih čvrstih uzoraka.

4.3. Verifikacija naučnih doprinosa

Tokom izrade teze kandidatkinja Jelena Luković objavila je više naučnih radova sa rezultatima svog istraživanja. Iz teze su neposredno proizašla tri rada, jedan rad u časopisu kategorije M21, jedan rad u časopisu kategorija M22 i jedan kategorije M23 i nekoliko saopštenja na sa međunarodnih skupova štampanih u izvodu (kategorija M34).

Kategorija M21

1. Luković J., Babić B., Bučevac D., Prekajski M., Pantić, J., Baščarević Z., Matović B., *Synthesis and characterization of tungsten carbide fine powders*, - *Ceramics International*, 41 [1] (2015) 1271–1277, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2014.09.057>, (ISSN 0272-8842) (IF: 2.758, *Materials Science, Ceramics* 3/27).

Kategorija M22

1. Luković J., Milovanović D., Kumar R., Kijevčanin M., Radović I., Matović B., Volkov-Husović T., *Synthesis and characterization of porous tungsten carbide with added tungsten silicides*, *International Journal of Refractory Metals and Hard Materials*, 72, 9–14 (2018), DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijrmhm.2017.12.001>, (ISSN 0263-4368) (IF: 2.671 2.334, ISSN: 0263-4368. (IF 2.606, *Material Science* 97/285, *M22 Metallurgy & Metallurgical Engineering* 11/75, M 21)

Kategorija M23

1. Luković J., Zagorac, D., Schön, J. C., Zagorac J., Jordanov D., Volkov-Husović T., Matović B., *Tungsten Disilicide (WSi₂): Synthesis, Characterization, and Prediction of New Crystal Structures*, *Zeitschrift für anorganische und allgemeine Chemie*, 643 [23] (2017) 2088–2094, DOI: <https://doi.org/10.1002/zaac.201700329> (ISSN 0044-2313) (IF 1.179 Chemistry, Inorganic & Nuclear 33/45)

Kategorija M34

- 1. Luković, J.,** Stanković, N., Prekajski, M., Pantić, J., Matović, B., Kijevčanin, M., Babić, B.: Synthesis of Nanocrystalline Tungsten Carbide, Conference for Young Scientists, The Ninth Student' Meeting, SM-2011, and 2nd ESR COST MP0904 Workshop, November 16th-18th, 2011, Novi Sad, Srbija, Book of Abstracts, p.26
- 2. Luković, J.:** Characterization and sintering of tungsten carbide (WC), XIX International Scientific Conference of Young Scientist and Specialists, February 16-20, (2015), Dubna, Russia, Book of Abstracts, p.100.
- 3. Luković, J.,** Kumar, R., Pantić, J., Prekajski, M., Volkov Husović, T., Matović, B.: Sintering of WC with W-silicide additive, Advanced Research Workshop Engineering Ceramics 2015, May 10-14, (2015), Smolenice Castle, Slovakia, Book of Abstracts, p.80.
- 4. Luković, J.,** Volkov-Husović, T, Pantić, J., Prekajski, M., Kumar, R., Matović, B.: Sintering and Characterization of Tungsten Carbide with Tungsten Silicides as Sintering Additives, 3rd Conference of the Serbian Society for Ceramic Materials, June 15-17, (2015), Belgrade, Serbia, Book of Abstracts, p. 96.

5. ZAKLJUČAK I PREDLOG

Na osnovu pregleda disertacije i sagledavanja naučnih rezultata ostvarenih i prezentovanih u okviru teze Komisija predlaže Nastavno-naučnom veću Tehnološko – metalurškog fakulteta, da se doktorska disertacija pod nazivom "**Sinteza i karakterizacija vatrostalnih materijala na bazi volframa**", kandidatkinje Jelene Luković prihvati, izloži na uvid javnosti i uputi na konačno usvajanje Veću naučnih oblasti tehničkih nauka Univerziteta u Beogradu.

Beograd, 14.8. 2018.

ČLANOVI KOMISIJE

dr Tatjana Volkov-Husović, redovni profesor - mentor
Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet

dr Branko Matović, naučni savetnik -komentor
Univerzitet u Beogradu, Institut za nuklearne nauke „Vinča“,

dr Mirjana Kijevčanin, redovni profesor
Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet

dr Ivona Radović, vanredni profesor
Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet

dr Jelena Zagorac, naučni saradnik
Univerzitet u Beogradu, Institut za nuklearne nauke „Vinča“