

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

Predmet: Referat o urađenoj doktorskoj disertaciji kandidata Jovane Ružić, dipl. inž. tehnologije.

Na sednici Nastavno-naučnog veća Tehnološko-metalurškog fakulteta, Univerziteta u Beogradu, održanoj 03.04.2014. godine (odluka br. 35/74 od 04.04.2014.), imenovani smo za članove Komisije za ocenu referata o urađenoj doktorskoj disertaciji i odbranu doktorske disertacije kandidata Jovane Ružić, dipl. inž. tehnologije pod nazivom: „**Sinteza i karakterizacija kompozita sa osnovom bakra ojačanog nano- i mikro česticama ZrB₂**”.

Posle pregleda dostavljene disertacije i drugih pratećih materijala kao i razgovora sa kandidatom, Komisija podnosi Nastavno-naučnom veću Tehnološko-metalurškog fakulteta Univerziteta u Beogradu sledeći

REFERAT

1. UVOD

1.1. Hronologija odobravanja i izrade disertacije

- 25.04.2013. – Na sednici Nastavno-naučnog veća Tehnološko-metalurškog fakulteta doneta je Odluka (br. 35/141) o imenovanju Komisije za ocenu naučne zasnovanosti teme doktorske disertacije Jovane Ružić, dipl. inž. tehnologije, pod nazivom: „**Sinteza i karakterizacija kompozita sa osnovom bakra ojačanog nano- i mikro česticama ZrB₂**”.
- 30.05.2013. – Na sednici Nastavno-naučnog veća Tehnološko-metalurškog fakulteta doneta je Odluka (br. 35/162) o prihvatanju Izveštaja Komisije za ocenu naučne zasnovanosti teme i odobrenju izrade doktorske disertacije Jovane Ružić, dipl. inž. tehnologije, pod nazivom: „**Sinteza i karakterizacija kompozita sa osnovom bakra ojačanog nano- i mikro česticama ZrB₂**”, a za mentora ove doktorske disertacije imenovan je dr Karlo Raić, redovni profesor TMF-a.
- 08.07.2013. – Na sednici Veća naučnih oblasti tehničkih nauka Univerziteta u Beogradu data je saglasnost (Odluka br. 61206-3076/2-13 od 08.07.2013. god., 1634/1) na predlog teme doktorske disertacije Jovane Ružić, dipl. inž. tehnologije, pod nazivom: „**Sinteza i karakterizacija kompozita sa osnovom bakra ojačanog nano- i mikro česticama ZrB₂**”.
- 03.04.2014. – Na sednici Nastavno-naučnog veća Tehnološko-metalurškog fakulteta doneta je Odluka (br. 35/74 od 03.04.2014.) o imenovanju Komisije za ocenu referata o urađenoj doktorskoj disertaciji i odbranu doktorske disertacije Jovane Ružić, dipl. inž. tehnologije, pod nazivom: „**Sinteza i karakterizacija kompozita sa osnovom bakra ojačanog nano- i mikro česticama ZrB₂**”.

1.2. Naučna oblast disertacije

Istraživanja u okviru ove doktorske disertacije pripadaju naučnoj oblasti Metalurško inženjerstvo, za koju je matičan Tehnološko-metalurški fakultet Univerziteta u Beogradu. Mentor dr Karlo Raić, redovni profesor TMF-a, je do sada iz ove oblasti publikovao 35 radova (M21, M22 i M23) u časopisima koji su na SCI listi, rukovodio izradom 5 odbranjenih doktorskih disertacija, i bio član 7 komisija odbranjenih doktorskih disertacija, što govori o kompetentnosti da rukovodi izradom ove doktorske disertacije.

1.3. Biografski podaci o kandidatu

Jovana Ružić rođena je 05.04.1986. godine u Čačku, Republika Srbija, gde je stekla osnovno i srednje obrazovanje (Gimnazija, prirodno – matematički smer). Školske godine 2005/2006 upisala se na Tehnološko – metalurški fakultet Univerziteta u Beogradu. Diplomirala je 2010. godine na Katedri za Inženjerstvo zaštite životne sredine sa prosečnom ocenom studija 8,28 odbranivši diplomski rad sa temom „Analiza mogućnosti izdvajanja sekundarnih sirovina iz komunalnog otpada u Čačku“ sa ocenom 10.

Doktorske studije je upisala 2010/2011 školske godine na Katedri za Metalurško inženjerstvo, a u oktobru 2012. godine odbranila je završni rad pod nazivom „Dobijanje i ispitivanje legure Cu-ZrB₂“ sa ocenom 10 pred komisijom u sastavu: mentor – dr Karlo Raić, red. prof. i ko-mentori: dr Tatjana Volkov-Husović, red. prof. i dr Zagorka Acimović-Pavlović, red. prof. u penziji.

Od februara 2011. godine stalno je zaposlena u Institutu za nuklearne nauke „Vinča“ u Laboratoriji za materijale sa zvanjem istraživač pripravnik. Odlukom Naučnog veća Instituta za nuklearne nauke „Vinča“, održanog 2. 12. 2011. godine u Beogradu, Jovana Ružić stekla je zvanje istraživač saradnik. Angažovana je na projektu osnovnih istraživanja iz oblasti hemije: „Uticaj nano i mikrostrukturnih konstituenata na sintezu i karakteristike savremenih kompozitnih materijala sa metalnom osnovom“, Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije (broj projekta 172005). Gde je uključena na istraživanjima vezanim za metalne materijale dobijene postupcima metalurgije praha. Iz ove oblasti publikovala je tri rada u vrhunskim međunarodnim časopisima (M21), jedan rad u istaknutom međunarodnom časopisu (M22), jedan rad u međunarodnom časopisu (M23) i jedan rad u nacionalnom časopisu (M51).

2. OPIS DISERTACIJE

2.1. Sadržaj disertacije

Doktorska disertacija Jovane Ružić, dipl. inž. tehnologije, sadrži 91 stranu u okviru kojih se nalazi 6 poglavlja, sa ukupno 33 slike, 5 tabela i 112 literaturnih navoda. Doktorska disertacija sadrži: Uvod, Teorijski deo, Eksperimentalnu proceduru, Rezultate i diskusiju, Zaključak i Literaturu. Na početku disertacije dati su izvodi na srpskom i engleskom jeziku.

Po svojoj formi i sadržaju, podneti rad zadovoljava sve standarde Univerziteta u Beogradu za doktorsku disertaciju.

2.2. Kratak prikaz pojedinačnih poglavlja

U Uvodu (poglavlje 1) su obrazloženi predmet i ciljevi istraživanja, kao i naučni doprinos doktorske teze.

U Teorijskom delu disertacije (poglavlje 2) dat je literaturni pregled predmetne oblasti, izložen kroz tri podpoglavlja. Opisana je problematika vezana za poboljšanje mehaničkih svojstva primenom različitih mehanizmima ojačavanja matrice bakra. Prikazane su postojeće tehnike metalurgije praha korišćene za sintezu kompozita Cu-ZrB₂. Zatim, dat je prikaz modela koji je korišćen za predviđanje uticaja procesnih parametara na mehanička i električna svojstva ispitivanog kompozita Cu-ZrB₂.

U eksperimentalnom delu disertacije (poglavlje 3) opisani su materijali i metode dobijanja kompozita Cu-ZrB₂; optimizacija parametara sinteze; karakterizacija mehanički legiranih prahova i ispresaka. Postupak sinteze kompozita Cu-ZrB₂ sastojao se od pripreme i homogenizacije polaznih prahova, a zatim su primenjene tehnike mehaničkog legiranja i toplog presovanja. Dobijeni mehanički legirani prahovi i ispresci su okarakterisani primenom rendgenske difrakcione analize (XRD) i skenirajuće elektronske mikroskopije (SEM). Određena su i mehanička svojstva: mikrotvrdoća prahova, makrotvrdoća i kompresiona tvrdoća ispresaka. Takođe, utvrđena su i električna svojstva ispresaka.

Rezultati i diskusija su prikazani u poglavlju 4 gde su analizirani eksperimentalni rezultati i rezultati teorijskog modelovanja. Ostvareni rezultati su ukazali da veliki uticaj na mehanička i električna svojstva imaju parametri sinteze kompozita Cu-ZrB₂, i to prvenstveno vreme mehaničkog legiranja. Pokazano je da u toku toplog presovanja (pri uslovima: 950°C, 35MPa, 2,5h) dolazi do *in situ* formiranja čestica ZrB₂, što je bio jedan od ciljeva eksperimenata. Takođe, utvrđeno je da formiranje čestica ojačivača zavisi od temperature toplog presovanja, tako da je najniža temperatura formiranja 655°C. Međutim, za temperaturu toplog presovanja izabrana je temperatura od 950°C da bi se postigao maksimalni efekat densifikacije. Najbolje performanse pokazali su ispresci dobijeni za vreme mehaničkog legiranja od 25 sati. Rezultati teorijskog modelovanja, dobijeni primenom neuronskih mreža sa opštom regresijom (GRNN) su pokazali dobro slaganje sa eksperimentalnim podacima i ilustrovali uticaj vremena mehaničkog legiranja na mehanička i električna svojstva kompozita Cu-ZrB₂.

Rezultati dobijeni u ovom radu obezbedili su bolje razumevanje sinteze kompozita sa osnovom bakra primenom tehnike metalurgije praha.

U Zaključku (poglavlje 5) je dat kratak pregled i analiza dobijenih rezultata istraživanja, koji odgovaraju postavljenim ciljevima disertacije, kao i predlog za dalja istraživanja u ovoj oblasti.

Na kraju disertacije navedena je Literatura, koja sadrži sve reference citirane u radu.

3. OCENA DISERTACIJE

3.1. Savremenost i originalnost

Visoke vrednosti električne provodljivosti, kao i dobre mehaničke karakteristike mogu da omoguće potencijalnu široku tehnološku primenu Cu-7%vol.ZrB₂ legura. Poslednjih godina velika pažnja se poklanja dobijanju i ispitivanju legura bakra sa dodatkom legirajućih elemenata u veoma malim procentima, do 10% vol. U okviru ove doktorske disertacije sprovedeno je niz istraživanja sa ciljem da se odrede optimalni procesni parametri metalurgije praha za dobijanje legure Cu-7%vol.ZrB₂. Takođe, u okviru izrade ove doktorske disertacije ispitana je mogućnost primene veštačkih neuronskih mreža za modelovanje odabranih mehaničkih i električnih svojstava. Primena ovog modela omogućava efikasnu proveru i predviđanje određenih svojstva ispitivanog materijala, što može doprineti znatnoj uštedi u izradi novih kompozitnih materijala sa matricom bakra i različitim udelom čestica ojačavajuće faze ZrB₂. Rezultati ispitivanja prikazanih u ovom radu pokazuju da se metalurgijom praha može uspešno dobiti kompozit sa osnovom bakra sa približno 7vol.% ZrB₂, koji može postati potencijalni kandidat za primenu u nuklearnoj i raketnoj tehnici. Povoljni rezultati eksperimenata ohrabruju nastavak ispitivanja kompozita Cu-7%vol.ZrB₂, kako bi se još više optimizirali parametri i tehnike za dobijanje ovog visokoprovodnog čestično ojačanog materijala. Dobijeni rezultati istraživanja u ovoj disertaciji veoma su korisni za dalja proučavanja kompozita Cu-ZrB₂, s obzirom da takvih podataka nema dovoljno u literaturi. Na osnovu opsežnog pregleda literature, može se zaključiti da se istraživanja u okviru ove doktorske disertacije uklapaju u svetske trendove i ukazuju na značaj i aktuelnost proučavane problematike.

3.2. Osvrt na referentnu i korišćenu literaturu

U literaturnom pregledu doktorske disertacije navedeno je 112 literaturnih navoda, od kojih veći broj čine najnoviji radovi iz međunarodnih časopisa sa tematikom značajnom za izradu doktorske disertacije. Navedene reference sadrže eksperimentalne rezultate istraživanja mnogih istraživača, analizu i diskusiju dobijenih rezultata i izvedene zaključke, kao i teorijske osnove primenjenih metoda ispitivanja, njihove mogućnosti i ograničenja. Kandidat je proširio do sada poznata saznanja o postupcima sinteze i karakterizacije kompozita sa matricom bakra ojačanom česticama ZrB₂.

Iz obrazloženja predložene teme doktorske disertacije i objavljenih radova koje je kandidat priložio, kao i iz popisa literature koja je korišćena u istraživanju, uočava se adekvatno poznavanje predmetne oblasti istraživanja, kao i poznavanje aktuelnog stanja istraživanja u ovoj oblasti u svetu.

3.3. Opis i adekvatnost primenjenih naučnih metoda

Kako bi se potvrdile postavljene hipoteze, u radu su korišćene opšte i posebne naučne metode istraživanja. Od opštih naučnih metoda istraživanja primenjeno je induktivno i deduktivno zaključivanje, komparacija, analiza i sinteza, apstrakcija i konkretizacija, generalizacija i specijalizacija.

Kompoziti Cu-ZrB₂ su dobijeni primenom tehnike metalurgije praha tj. kombinovanjem procesa mehaničkog legiranja i toplog presovanja. Smeša prahova bakra, cirkonijuma i elementarnog bora je mehanički tretirana u Netzsch atritoru sa čeličnim lopaticama pri brzini mešanja od 330 rpm. Krišćene su kugle od nerđajućeg čelika prečnika 6 mm, a odnos kugli i praha bio je 5:1. Raspodela veličine čestica elementarnih i mehanički legiranih prahova određena je korišćenjem uređaja Mastersizer 2000 koja pokriva opseg veličina čestica od 20 nm do 2 mm. Primenjena je metoda laserske difrakcije (LD), pri čemu je korišćeno Fraunhoferovo rasejanje. Mikrotvrdoća mehanički legiranih prahova ispitivana je pod opterećenjem od 100 g na uređaju Buehler MicroMet Microindentation Hardness Vickers Tester, Model MicroMet 5101 sa utiskivačem oblika prave piramide sa kvadratnom osnovom. Vrednosti mikrotvrdoće određene su po Vikersu. Mehanički legirani prahovi su toplo presovani u inertnoj atmosferi (argon) na temperaturi 950°C sa vremenom zadržavanja od 2,5 h pri pritisku 35 MPa. Korišćena je topla presa marke ASTRO, SAD. Karakterizacija dobijenih prahova i ispresaka izvršena je rendgenskom difrakcionom analizom (XRD) pomoću difraktometra za prah marke Ultima IV Rigaku, korišćenjem CuK α zračenja ($\lambda = 1,54178 \text{ \AA}$), propuštenom kroz Ni-filter postavljen ispred detektora zračenja. Skenirajućom elektronskom mikroskopijom (SEM) ispitana je morfologija čestica prahova, oblik i veličina nastalih čestica ZrB₂ u ispresku, a metodom energetske disperzione spektroskopije (EDS) utvrđen je sastav svake faze dobijene legure. Određivanje makrotvrdoće ispresaka pre i posle hladne plastične deformacije, odnosno pre i posle odgovarajućeg termičkog tretmana, izvršeno je na uređaju Buehler SemiMacro Vickers Indentation Hardness Tester, Model 1114, pod opterećenjem 1 kg sa utiskivačem oblika prave piramide sa kvadratnom osnovom. Ispitivanje kompresione čvrstoće ispresaka (termički netretiranih i tretiranih) vršeno je pomoću uređaja Instron 1185 na sobnoj temperaturi pri brzini mosta od 1 mm/min. Električna provodljivost ispitivana je na uređaju Forester Sigma Test 2.069, pri frekvenciji od 120 kHz.

3.4. Primenljivosti ostvarenih rezultata

Na osnovu objavljenih literaturnih podataka iz ove oblasti, eksperimentalnih ispitivanja i dobijenih rezultata u okviru ove doktorske disertacije, ostvaren je veliki doprinos u razvoju i optimizaciji parametra sinteze i ojačavanja kompozita Cu-ZrB₂ primenom tehnika metalurgije praha i korišćenjem savremenih metoda za njegovu karakterizaciju. Ispitivani materijal ima potencijalnu primenu kao jedan od nove grupe visokoprovodnih ojačanih bakarnih materijala u kosmičkoj, elektro, auto i avio industriji.

3.5. Ocena dostignutih sposobnosti kandidata za samostalni naučni rad

Kandidat Jovana Ružić, dipl. inž. tehnologije, je tokom izrade doktorske disertacije ispoljila izuzetnu stručnost u pripremi i realizaciji eksperimenata, korišćenju različitih tehnika karakterizacije materijala i analizi rezultata. Kandidat poseduje sve kvalitete koji su neophodni za samostalni naučni rad.

4. OSTVARENI NAUČNI DOPRINOS

4.1. Prikaz ostvarenih naučnih doprinosa

Naučni doprinos rezultata istraživanja ostvarenih u okviru ove doktorske disertacije u aspektu sinteze kompozita Cu-ZrB₂ se ogleda u:

- Pružanju informacija o sintezi kompozita Cu-ZrB₂ primenom tehnike metalurgije praha,
- Potpunom prikazu karakterizacije kompozita Cu-ZrB₂,
- Doprinosu saznanjima o uticaju dužine vremena mehaničkog legiranja na morfologiju i strukturu prahova i ispresaka legure Cu-ZrB₂, kao i na mehaničke i električne karakteristike kompozita Cu-ZrB₂.
- Potpunijem pristupu u sagledavanju sinteze i karakterizacije novih materijala dobijenih metalurgijom praha na osnovu eksperimentalnih i rezultata modelovanja.

4.2. Kritička analiza rezultata istraživanja

Istraživanja u okviru ove disertacije su koncipirana nakon detaljne analize literature iz oblasti kompozitnih materijala sa matricom bakra. Poslednjih godina, primenom procesa mehaničkog legiranja pri dobijanju legura bakra, postignuti su izuzetni rezultati u poboljšanju mehaničkih i strukturnih karakteristika u odnosu na svojstva klasično dobijenih legura. Dobra mehanička svojstva proširila su mogućnost primene ovih legura pre svega u vojnoj industriji, kao materijal za određene komponente podmornica i brodova, raketa i sl., ali i u elektro, avio, auto i kosmičkoj industriji. Potencijalna primena legura bakra u nuklearnoj tehnici i raketnoj industriji danas su prioritet kod istraživanja ovih materijala.

U skladu sa navedenim težnjama i zahtevima adsorpcionih materijala, u okviru ove doktorske teze predstavljeni su novi materijali optimalnih mehaničkih svojstava kao i tumačenje uticaja parametara sinteze na krajnja svojstva i mogućnost primene dobijenih materijala.

Na osnovu definisanih ciljeva istraživanja, određena je metodologija istraživanja koja je primenjena u doktorskoj disertaciji. Uvidom u dostupnu literaturu iz ove oblasti istraživanja, i rezultata istraživanja dobijenih u okviru ove disertacije, može se primetiti da su dobijeni veoma obećavajući rezultati u pogledu potencijalne praktične primene ispitivanih kompozita sa matricom bakra.

4.3. Verifikacija rezultata u časopisima i saopštenjima na konferencijama

Kandidat Jovana Ružić, dipl. inž., tehnologije je svoje rezultate potvrdila objavljivanjem radova u vodećim međunarodnim, istaknutim međunarodnim i međunarodnim časopisima, kao i saopštavanjem radova na međunarodnim skupovima. Iz disertacije su proistekla dva rada (jedan objavljen u vrhunskom međunarodnom časopisu i jedan rad objavljen u

međunarodnom časopisu). Još dva rada su prihvaćena za štampu i u postupku su dobijanja DOI broja (ovi radovi nisu prikazani u listi objavljenih radova).

Spisak objavljenih naučnih radova i saopštenja

Radovi objavljeni u vrhunskim međunarodnim časopisima –M21

1. D. Božić, J. Stašić, **J. Ružić**, M. Vilotijević, V. Rajković: *Synthesis and properties of a Cu-Ti-TiB(2) composite hardened by multiple mechanisms*, Materials Science and Engineering A – Structural materials properties microstructure and processing, Vol. 528, br. 28, str. 8139-8144, 2011 (**IF: 2.349**) (ISSN 0921-5093)
2. **J. Ružić**, J. Stašić, V. Rajković, D. Božić: *Strengthening effects in precipitation and dispersion hardened powder metallurgy copper alloys*, Materials and Design, Vol. 49, str. 746 – 754, 2013 (**IF:2.805**) (ISSN 0261-3069)
3. M. Gordić, D. Bučevac, **J. Ružić**, S. Gavrilović, R. Hercigonja, M. Stanković, B. Matović: *Biomimetic synthesis and properties of cellular SiC*, Ceramics International, Vol. 40, str. 3699-3705, 2014 ISSN (**IF:1.968**) (ISSN 0390-5519)

Radovi u istaknutim međunarodnim časopisima – M22

1. D. Božić, **J. Ružić**, J. Stasić, V. Rajković: *Synthesis and characteristics of precipitation hardened Cu-Cr alloy and multiply hardened Cu-Cr-Al₂O₃ nanocomposite obtained using powder metallurgy techniques*, International Journal Of Materials Research, vol. 105 br. 2, str. 194-199, 2014 (**IF:0.816**) (ISSN 1862-5282)

Rad u međunarodnom časopisu – M23

1. **J. Ružić**, J. Stašić, V. Rajković, K. Raić, D. Božić: *Microstructural and mechanical properties of Cu-7vol.%ZrB₂ alloy produced by metallurgy processing techniques*, Science and Engineering of Composite Materials, DOI: 10.1515/secm-2013-0178 (**IF: 0.579**) (ISSN 0334-181X)

Radovi objavljeni u nacionalnim časopisima –M50

– Radovi objavljeni u nacionalnim časopisima – M51

1. **J. Ružić**, M. Vilotijević, D. Božić, K. Raić: *Understanding plasma spraying process and characteristics of DC-arc plasma gun (PJ-100)*, Metallurgical & Materials Engineering, Vol. 18 br. 4 str. 273-282, 2012 (ISSN 2217-8961)

– Radovi objavljeni u nacionalnim časopisima – M52

1. A. Šiljić, **J. Ružić**, M. Knežević, A. Maksimović, V. Pocajt, M. Ristić: *Očuvanje prirodnih resursa reciklažom materijala iz komunalnog otpada*, Ecologica, Vol 16, No 54, 169-172, 2009 (ISSN 0354 – 3285)

Saopštenja u zbornicima sa međunarodnih i nacionalnih skupova –M60

– Rad saopšten na skupu nacionalnog značaja sa međunarodnim učešćem, štampan u celini – M63

1. **J. Ružić**, M. Rokvić, A. Šiljić: *Primena analize materijalnih tokova na sistem upravljanja otpadom u gradu Čačku*, 6. Simpozijum „Reciklažne tehnologije i održivi razvoj“, Zbornik radova, ISBN 978–86–80987–86–6, Soko Banja, Srbija, str. 2010-2015, 2011

2. **J. Ružić**, D. Božić, J. Stašić, V. Rajković, K. Raić: The Influence of Synthesis Parameters on Structural and Mechanical Properties of Cu-ZrB₂ Alloy, 1st Metallurgical & Materials Engineering Congress of South – East Europe, Proceedings and Book of Abstracts, Belgrade, Serbia, pp. – 320-325, 2013

5. ZAKLJUČAK

Kratak osvrt na disertaciju u celini

Na osnovu svega napred iznetog Komisija smatra da doktorska disertacija **Jovane Ružić**, dipl. inž. tehnologije, pod nazivom: „**Sinteza i karakterizacija kompozita sa osnovom bakra ojačanog nano- i mikro česticama ZrB₂**”, predstavlja značajan i originalni naučni doprinos u oblasti Metalurškog inženjerstva, što je potvrđeno objavljivanjem radova u vodećim međunarodnim, istaknutim međunarodnim i međunarodnim časopisima, kao i saopštavanjem radova na međunarodnim skupovima.

Predlog Komisije Nastavno-naučnom veću

Imajući u vidu kvalitet, obim i naučni doprinos postignutih rezultata, Komisija predlaže Nastavno-naučnom veću Tehnološko-metalurškog fakulteta Univerziteta u Beogradu da prihvati ovaj Referat i da ga zajedno sa podnetom disertacijom **Jovane Ružić**, dipl. inž. tehnologije, pod nazivom: „**Sinteza i karakterizacija kompozita sa osnovom bakra ojačanog nano- i mikro česticama ZrB₂**” izloži na uvid javnosti u zakonski predviđenom roku i uputi na konačno usvajanje Veću naučnih oblasti tehničkih nauka Univerziteta u Beogradu, te da nakon završetka ove procedure, pozove kandidata na usmenu odbranu disertacije.

U Beogradu, 12.05.2014. godine

ČLANOVI KOMISIJE

1. _____
dr Karlo Raić, red. prof.
Tehnološko-metalurški fakultet,
Univerzitet u Beogradu
2. _____
dr Dušan Božić, naučni savetnik
Institut za nuklearne nauke „Vinča“,
Univerzitet u Beogradu.
3. _____
dr Tatjana Volkov-Husović, red. prof.
Tehnološko-metalurški fakultet, Univerzitet u
Beogradu
4. _____
dr Zagorka Acimović-Pavlović, red. prof.u
penziji, Tehnološko-metalurški fakultet,
Univerzitet u Beogradu