

Универзитет у Београду

Технички факултет у Бору

НАСТАВНО – НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Реферат комисије о урађеној докторској дисертацији кандидата Жаклине Тасић, мастер инж. технологије

Одлуком Наставно-научног већа Техничког факултета у Бору број VI/4-2-16 од 28.04.2017. године, именовани смо у Комисију за преглед, оцену и одбрану урађене докторске дисертације кандидата Жаклине Тасић, мастер инж. технологије под називом: **КОРОЗИОНО ПОНАШАЊЕ БАКРА У ПРИСУСТВУ ДЕРИВАТА БЕНЗОТРИАЗОЛА, КАЛИЈУМ-СОРБАТА И ЖЕЛАТИНА У КИСЕЛОЈ СРЕДИНИ**. Након прегледа достављене докторске дисертације и других пратећих докумената Комисија подноси следећи

РЕФЕРАТ

1. УВОД

1.1. Хронологија одобравања и израде докторске дисертације

Хронологија одобравања и израде докторске дисертације одвијала се следећом динамиком:

14.11.2016. – Кандидат Жаклина Тасић, мастер инж. технологије пријавила је тему за докторску дисертацију Катедри за Хемију и хемијску технологију Техничког факултета у Бору Универзитета у Београду. Наставно-научном Већу Техничког факултета у Бору Универзитета у Београду предложена је комисија за давање мишљења о научној заснованости предложене теме докторске дисертације.

01.12.2016. – Одлуком број VI/4-17-7.2. Наставно-научног Већа Техничког факултета у Бору Универзитета у Београду, именована је Комисија за оцену научне заснованости предложене теме докторске дисертације.

22.12.2016. – Одлуком број VI/4-18-10.2. Наставно-научног Већа Техничког факултета у Бору Универзитета у Београду усвојен је извештај Комисије за оцену научне заснованости теме пријављене докторске дисертације.

30.01.2017. – Веће научних области техничких наука Универзитета у Београду прихватило је извештај Комисије за оцену научне заснованости теме и донело је одлуку под бројем 61206-76/2-17 о давању сагласности на предлог теме докторске дисертације под називом „Корозионо понашање бакра у присуству деривата бензотриазола, калијум-сорбата и желатина у киселој средини“.

12.04.2017. – На Катедри за Хемију и хемијску технологију Техничког факултета у Бору Универзитета у Београду, потврђено је да је кандидат Жаклина Тасић, мастер

инж. Технологије завршила израду докторске дисертације и Наставно-научном већу Техничког факултета у Бору Универзитета у Београду је предложена Комисија за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације.

28.04.2017. – Одлуком број VI/4-2-16 Наставно-научног већа Техничког факултета у Бору Универзитета у Београду, именована је Комисија за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Жаклине Тасић, мастер инж. Технологије, у саставу: проф. др Милан Антонијевић, Технички факултет у Бору, Универзитет у Београду (ментор), др Марија Петровић Михајловић, Технички факултет у Бору, Универзитет у Београду (члан), научни саветник др Миомир Павловић, Институт за хемију, технологију и металургију (ИХТМ), Универзитет у Београду.

1.2. Научна област дисертације

Истраживања у оквиру ове докторске дисертације припадају научној области Технолошко инжењерство и ужој научној области Хемија, хемијска технологија и хемијско инжењерство. Ментор докторске дисертације, др Милан Антонијевић, редовни професор Техничког факултета у Бору Универзитета у Београду, објавио је 75 радова у часописима на SCI листи и на основу искуства компетентан је да руководи израдом ове докторске дисертације.

1.3. Биографски подаци о кандидату

Жаклина Тасић рођена је 28.06.1988. године у Бору где је завршила основну школу. Средњу Медицинску школу завршила је у Зајечару. Основне академске студије на Технолошко – металуршком факултету у Београду, Универзитет у Београду, смер Биохемијско инжењерство и биотехнологија уписала је 2007. године, а завршила 2011. године са просечном оценом 8,78 и оценом 10 на завршном раду. Исте године уписала је мастер академске студије на Технолошко – металуршком факултету у Београду, Универзитет у Београду. Мастер академске студије завршила је 2012. године са просечном оценом 9,75 у току студија и оценом 10 на завршном мастер раду. Докторске академске студије на Техничком факултету у Бору, Универзитет у Београду, на одсеку Технолошко инжењерство уписала је 2012. године.

Од децембра 2012. године Жаклина Тасић ради као асистент на Техничком факултету у Бору, Универзитет у Београду, и ангажована је на извођењу вежби на основним и мастер академским студијама.

Кандидат Жаклина Тасић ангажована је на пројекту Министарства просвете, науке и технолошког развоја под називом: „Неки аспекти растварања метала и природних минерала“ (број пројекта ОИ 172031). Такође, учествује и у међународном пројекту JST SATREPS project: Research on the Integration System of Spatial Environment Analyses and Advanced Metal Recovery to Ensure Sustainable Resource Development, 2014-2019.

Као један од представника Техничког факултета у Бору, 2013. и 2014. године учествовала је на пројекту Центра за промоцију науке – „Тимочки научни торнадо“. Такође, учествовала је на Сајму Науке - „Научни торнадо“ одржаног у Бору, 2015. и 2016. године и на манифестацији БОНИС – Борска ноћ истраживача 2014., 2015. и 2016. године. Циљ ове манифестације јесте обележавање Светског дана науке и промоција науке међу младима.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација кандидата Жаклине Тасић под насловом **КОРОЗИОНО ПОНАШАЊЕ БАКРА У ПРИСУСТВУ ДЕРИВАТА БЕНЗОТРИАЗОЛА, КАЛИЈУМ-СОРБАТА И ЖЕЛАТИНА У КИСЕЛОЈ СРЕДИНИ**, написана је у облику четири научна рада, који су повезани и састављени у једну логичну целину уводним прегледом литературе из области теме дисертације и закључком, који је дат у последњем поглављу дисертације. На крају се налазе кратка биографија аутора и списак објављених радова из дисертације. Дисертација је написана на 152 стране и састоји се из седам поглавља:

1. Литературни преглед из области инхибиције корозије бакра (обим 59 страна, 3 слике, 6 табела и 155 литературних цитата)
2. Циљ рада (обим 1 страна)
3. Корозионо понашање бакра у киселом раствору сулфата у присуству 5-метил-1Н-бензотриазола и 5-хлор-1Н-бензотриазола (обим 31 страна, 15 слика, 7 табела и 62 литературна цитата)
4. Синергистички ефекат 5-метил-1Н-бензотриазола и калијум-сорбата односно 5-метил-1Н-бензотриазола и желатина у киселом раствору сулфата (обим 32 стране, 14 слика, 13 табела и 63 литературна цитата)
5. Утицај Cl^- јона на антикорозионе особине азола и калијум-сорбата у киселом раствору сулфата (обим 21 страна, 8 слика, 3 табеле и 57 литературних цитата)
6. Утицај Cl^- јона на антикорозионе особине азола и желатина у киселом раствору сулфата (обим 19 страна, 8 слика, 2 табеле и 45 литературних цитата)
7. Закључак (обим 2 стране)

2.2. Кратак приказ појединих поглавља

У Уводу је је јасно приказана проблематика процеса корозије бакра и објашњена је потреба за изналажење адекватних инхибитора корозије.

У *првом поглављу* дат је детаљан литературни преглед из области корозије бакра и инхибиције корозије у различитим срединама. Међу анализираним радовима уочено је да су различита органска једињења, где припадају и деривати бензотриазола, калијум-сорбат и желатин, испитивана као потенцијални инхибитори корозије бакра. Уочено је да структура испитиваних једињења утиче на постигнуту ефикасност инхибиције. Исто тако, примећено је и да се даље трага за адекватним инхибитором корозије бакра, нарочито у киселој сулфатној средини у присуству хлоридних јона, што је и испитивано у оквиру дисертације. На крају је дата коришћена литература.

У *другом поглављу* је детаљно изложен циљ рада.

У *трећем поглављу* испитиван је утицај деривата бензотриазола на процес корозије бакра у киселој сулфатној средини, без и са додатком различитих концентрација хлоридних јона. На почетку је приказан увод, као и опис експерименталног рада. У наставку су приказани и анализирани добијени резултати: потенцијал отвореног кола, криве потенциодинамичке поларизације и цикличне волтаметрије, као и резултати добијени на основу методе губитка масе. Резултати добијени на основу наведених метода употпуњени су карактеризацијом површине узорака (СЕМ-ЕДС метода). На основу корозионих параметара, одређивана је адсорпциона изотерма, енергија адсорпције и ефикасност инхибиције испитиваних једињења. Резултати добијени у

електрохемијским експериментима комплементарни су са резултатима добијеним на основу методе губитка масе. На крају је приказана коришћена литература.

У *четвртој поглављу* приказан је утицај калијум-сорбата и желатина на корозионо понашање бакра у киселој средини. Такође, испитивана је и појава синергетског ефекта између једињења азола и калијум-сорбата, као и једињења азола и желатина. Након датог уводног дела и описаног експерименталног рада, разматрани су добијени резултати: потенцијал отвореног кола, криве потенциодинамичке поларизације и цикличне волтаметрије, губитак масе уз карактеризацију површине бакарних узорака (СЕМ-ЕДС). На основу корозионих параметара одређиван је степен ефикасности, затим степен синергизма, адсорпциона изотерма и енергија адсорпције. На крају је наведена коришћена литература.

У *петом поглављу* испитиване су антикорозионе особине двокомпонентних инхибитора (једињења азола и калијум-сорбата) на корозионо понашање бакра у киселом раствору сулфата уз додавање различитих концентрација хлоридних јона. Најпре је дат кратак уводни део, након чега следи опис изведених експеримената. У наставку су приказани и анализирани постигнути резултати на основу електрохемијских метода и то одређивање потенцијала отвореног кола, затим потенциодинамичка поларизација и циклична волтаметрија, као и на основу методе губитка масе. Добијени резултати употпуњени су карактеризацијом површине третираних узорака бакра, СЕМ-ЕДС методом. Корозиони параметри одређени на основу електрохемијских мерења указали су на који начин двокомпоненти инхибитор утиче на понашање бакра у испитиваном систему. На крају је приказана коришћена литература.

У *шестом поглављу* су приказани резултати испитивања, који се тичу утицаја двокомпонентних инхибитора (азола и желатина) на понашање бакра у киселом сулфатном раствору у присуству различитих концентрација хлоридних јона. Поред уводног дела и примењених метода, највећи део овог поглавља чине приказ и дискусија постигнутих резултата: потенцијал отвореног кола, криве потенциодинамичке поларизације и цикличне волтаметрије, као и резултати добијени методом губитка масе. Корозиони параметри који су одређивани на основу поларизационих кривих указали су на који начин двокомпонентни инхибитори утичу на процес корозије бакра у испитиваном систему. На крају је дат приказ коришћене литературе.

У *седмом поглављу* су дати закључци донети на основу прегледа резултата добијених у овом раду, који обухватају: опис корозионих параметара и понашања бакра у испитиваним системима, опис механизма адсорпције органских једињења на бакру, одговарајуће адсорпционе изотерме и енергије адсорпције, као и карактеризација површина третираних узорака.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост и оригиналност

Одговарајуће хемијске и физичке карактеристике бакра чине га погодним за употребу у различитим сферама попут електронске и микроелектронске индустрије, затим за производњу цеви, лимова, жица и за добијање легура. Међутим, због примене у различитим агресивним срединама, долази до растварања бакра и самим тим до нарушавања трајности и поузданости самог материјала. Осим тога, долази и до великих новчаних губитака. Због тога су истраживања о изналажењу адекватних инхибитора корозије бакра веома важна и за индустрију као и за научна истраживања.

Посебна пажња у овом истраживању усмерена је на испитивање једињења из групе азолa, затим калијум-сорбата и желатина као инхибитора корозије бакра у киселој сулфатној средини. Такође, испитиван је и утицај ових једињења на корозионо понашање бакра у сулфатној средини уз додавање различитих концентрација хлоридних јона (у радном раствору). Испитивана је и појава синергетског ефекта између једињења азолa (1*H*-бензотриазол, 5-метил-1*H*-бензотриазол) и желатина, као и наведених азолa и калијум-сорбата.

Добијени резултати у току истраживања указују на ефикасност примене органских једињења различите структуре и представљају основу за даља истраживања. Испитивана једињења су показала инхибиторска својства, те се могу применити као инхибитори корозије бакра у индустријским условима. На тај начин, допринело би се значајном смањењу новчаних губитака и оштећења самог материјала.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

Током израде дисертације кандидат је истражио постојећу релевантну литературу и навео радове објављене у часописима са SCI листе и другим међународним часописима који су у вези са темом дисертације. У наставку су наведени најзначајнији коришћени и цитирани радови:

1. R. Ravinchandran, N. Rajendran, Influence of benzotriazole derivatives on the dezincification of 65–35 brass in sodium chloride, *Appl. Surf. Sci.* 239 (2005) 182.
2. M. Scendo, Corrosion inhibition of copper by purine or adenine in sulphate solutions, *Corros. Sci.* 49 (2007) 3953.
3. H. O. Curkovic, E. Stupnisek-Lisac, H. Takenouti, Electrochemical quartz crystal microbalance and electrochemical impedance spectroscopy study of copper corrosion inhibition by imidazoles, *Corros. Sci.* 51 (2009) 2342.
4. K. Rahmounia, N. Hajjaji, M. Keddam, A. Srhiri, H. Takenouti, The inhibiting effect of 3-methyl 1,2,4-triazole 5-thione on corrosion of copper in 3% NaCl in presence of sulphide, *Electrochim. Acta* 52 (2007) 7519.
5. M. Scendo, Inhibition of copper corrosion in sodium nitrate solutions with nontoxic inhibitors, *Corros. Sci.* 50 (2008) 1584.
6. S. M. Abd El Halem, S. Abd El Wanees, A. Bahgat, Environmental factors affecting the corrosion behaviour of reinforcing steel. VI. Benzotriazole and its derivatives as corrosion inhibitors of steel, *Corros. Sci.* 87 (2014) 321.
7. E. M. Sherif, S.-M. Park, Effects of 2-amino-5-ethylthio-1,3,4-thiadiazole on copper corrosion as a corrosion inhibitor in aerated acidic pickling solutions, *Electrochim. Acta* 51(22) (2006) 4665.
8. J. B. Matos, L. P. Pereira, S. M. L. Agostinho, O. E. Barcia, G. G. O. Cordeiro, E. D'Elia, Effect of cysteine on the anodic dissolution of copper in sulfuric acid medium, *J. Electroanal. Chem.* 570 (2004) 91.
9. G. Moretti, F. Guidi, Tryptophan as copper corrosion inhibitor in 0.5 M aerated sulfuric acid, *Corros. Sci.* 44 (2002) 1995.
10. A. T. Simonović, M. B. Petrović, M. B. Radovanović, S. M. Milić, M. M. Antonijević, Inhibition of copper corrosion in acidic sulphate media by eco-friendly amino acid compound, *Chem. Pap.* 68 (2014) 362.
11. M. Finsgar, I. Milosev, Inhibition of copper corrosion by 1,2,3-benzotriazole: A review, *Corros. Sci.* 52 (2010) 2737.

12. D. Gelman, D. Starosvetsky, Y. Ein-Eli, Copper corrosion mitigation by binary inhibitor compositions of potassium sorbate and benzotriazole, *Corros. Sci.* 82 (2014) 271.
13. S. M. Milić, M. M. Antonijević, Some aspects of copper corrosion in presence of benzotriazole and chloride ions, *Corros. Sci.* 51 (2009) 28.
14. M. M. Antonijević, S. M. Milić, M. D. Dimitrijević, M. B. Petrović, M. B. Radovanović, A. T. Stamenković, The Influence of pH and Chlorides on Electrochemical Behavior of Copper in the Presence of Benzotriazole, *Int. J. Electrochem. Sci.* 4 (2009a) 962.
15. R.F. V. Villamil, P. Corio, J. C. Rubim, S. M. L. Agostinho, Effect of sodium dodecylsulfate on copper corrosion in sulfuric acid media in the absence and presence of benzotriazole, *J. Electroanal. Chem.* 472 (1999) 112.
16. E. Szocs, G. Vastag, A. Shaban, E. Kálmán, Electrochemical behaviour of an inhibitor film formed on copper surface, *Corros. Sci.* 47 (2005) 893
17. A. Arancibia, J. Henriquez-Roman, M. A. Paez, L. Padilla-Campos, J. H. Zagal, J. Costamagna, G. Cardenas-Jiron, Influence of 5-chloro and 5-methyl benzotriazole on the corrosion of copper in acid solution: an experimental and a theoretical approach, *J. Solid State Electrochem.* 10 (2006) 894.

3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

За испитивање процеса корозије бакра у киселој средини и инхибиције корозије у присуству органских једињења коришћене су најадекватније и најчешће коришћене методе у датој области.

Метода мерења потенцијала отвореног кола – добијене вредности потенцијала отвореног кола указују на тип инхибитора, односно да ли испитивано органско једињење има израженији утицај на катодну или анодну реакцију.

Метода потенциодинамичке поларизације – показује утицај промене потенцијала у катодном или анодном смеру на понашање бакарне електроде у испитиваном раствору. Као резултат добијане су поларизационе криве на основу којих су одређивани корозиони параметри који карактеришу процесе који се одвијају у испитиваним системима. Један од њих је корозиона струја чија је вредност даље коришћена у израчунавању степена покривености површине електроде инхибитором и ефикасности инхибиције.

Метода цикличне волтаметрије – је метода поларизације која указује на то како се мења вредност густине корозионе струје електроде са потенцијалом у раствору одговарајућег састава. Снимања су вршена у опсегу потенцијала од -1,0 до 1,0 V у односу на zasiћену каломелову электроду. На основу ових мерења потврђено је дејство испитиваних органских једињења као инхибитора корозије бакра.

Поред електрохемијских метода коришћена је и метода губитка масе како би се забележиле промене масе узорка бакра након излагања у одговарајућем раствору.

Осим наведених метода, примењена је и метода скенирајуће електронске микроскопије са енергетско-дисперзивном спектроскопијом, (СЕМ-ЕДС) како би се забележиле промене на површини узорка бакра након излагања у испитиваном раствору.

Примењене методе за изведена испитивања у овој докторској дисертацији су адекватне за дату врсту истраживања и користе се у истраживањима објављеним у најновијим публикацијама у часописима са импакт фактором.

3.4. Примењивост остварених резултата

На основу до сада објављених резултата приказаних у оквиру ове дисертације остварен је значајан допринос у овој области. Изнети резултати и закључци у дисертацији потврђују могућност примене једињења из групе азола, затим калијум-сорбата и

желатина као инхибитора корозије бакра у киселој сулфатној средини, као и у киселој сулфатној средини у присуству хлоридних јона. Такође, потврђена је и појава синергетског ефекта између једињења из групе азола и калијум-сорбата, као и азолних једињења и желатина. Применом метода коришћених у овом истраживању могуће је утврдити степен остварене заштите бакра у присуству поменутих једињења.

Како су резултати до којих је кандидат дошао практични и примењиви, могуће је кроз даљи рад у овој области утврдити која се још једињења могу применити као инхибитори корозије бакра.

3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

Анализа резултата приказаних у оквиру докторске дисертације и проистекли публиковани научни радови, као и учешће у реализацији научно-истраживачког пројекта потврђују способност кандидата за самостални научни рад.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

У оквиру ове дисертације остварен је значајан научни допринос у области заштите метала односно бакра од корозије у агресивним киселим срединама. Научни значај ове дисертације огледа се у следећем:

- Потврђена је могућност примене деривата бензотриазола (5-метил-1*H*-бензотриазола и 5-хлор-1*H*-бензотриазола), калијум-сорбата и желатина као инхибитора корозије бакра у киселој средини.
- Уочена је и појава синергетског ефекта између једињења азола и калијум-сорбата, односно азола и желатина.
- Испитиван је утицај концентрације наведених органских једињења на ефикасност инхибиције. Присуство хлоридних јона у киселом раствору сулфата доприноси повећању брзине корозије бакра, те је стога испитиван инхибиторски ефекат датих једињења при оваквим условима.
- Електрохемијска мерења су вршена у широком опсегу потенцијала. Тако добијени резултати омогућили су разумевање механизма растварања бакра и адсорпције инхибитора што даље доводи до формирања заштитног филма.
- На основу карактеризације површине третираних узорака бакра, потврђено је да долази до формирања заштитних слојева на површини смањујући тако брзину корозије.
- У литератури нема довољно података о корозионом понашању бакра у киселом раствору сулфата уз додатак хлоридних јона и инхибитора. Стога, добијени резултати доприносе бољем познавању датих система са научне тачке гледишта, и омогућују процену могућности примене инхибитора корозије у индустријским условима.

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

Постављени задаци и циљеви истраживања у потпуности су остварени. Добијени резултати експерименталног истраживања пружају важне информације у циљу заштите бакра од корозије. Значај се огледа и у томе што је утврђено да долази до појаве синергизма између једињења азола и калијум-сорбата, односно азола и желатина при чему се на тај начин обезбеђује већи степен инхибирања корозије бакра. Такође,

додатком двокомпонентних инхибитора постигнут је значајан степен инхибирања корозије бакра у присуству хлоридних јона у основном раствору.

4.3. Верификација научних доприноса

Кандидат Жаклина Тасић верификовала је резултате добијене у току израде ове докторске дисертације њиховим објављивањем у часописима међународног значаја.

Рад у истакнутом међународном часопису (M22)

Z. Z. Tasic, M. M. Antonijevic, *Copper corrosion behaviour in acidic sulphate media in the presence of 5-methyl-1H-benzotriazole and 5-chloro-1H-benzotriazole*, Chemical Papers 70 (5) (2016) 620-634; IF=1,326 (2015)

Z. Z. Tasic, M. M. Antonijevic, M. B. Petrovic Mihajlovic, M. B. Radovanovic, *The influence of synergistic effects of 5-methyl-1H-benzotriazole and potassium sorbate as well as 5-methyl-1H-benzotriazole and gelatin on the copper corrosion in sulphuric acid solution*, Journal of Molecular Liquids 219 (2016) 463-473; IF=2,74 (2015)

Z. Z. Tasic, M. B. Petrovic Mihajlovic, M. M. Antonijevic, *The influence of chloride ions on the anti-corrosion ability of binary inhibitor system of 5-methyl-1H-benzotriazole and potassium sorbate in sulfuric acid solution*, Journal of Molecular Liquids 222 (2016) 1-7; IF=2,74 (2015)

Рад у међународном часопису (M23)

Z. Z. Tasic, M. B. Petrovic Mihajlovic, M. B. Radovanovic, M. M. Antonijevic, *Effect of gelatine and 5-methyl-1H-benzotriazole on corrosion behaviour of copper in sulphuric acid containing Cl⁻ ions*, Journal of Adhesion Science and Technology, DOI: 10.1080/01694243.2017.1311397; IF=0,863 (2015)

<http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/01694243.2017.1311397>

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

На основу прегледане докторске дисертације, као и увида у верификован научни допринос кроз објављене радове у часописима (4 рада у међународним часописима категорије M20), Комисија за оцену и одбрану урађене докторске дисертације закључује да кандидат Жаклина Тасић, мастер инж. технологије, испуњава све законске и остале услове за одбрану докторске дисертације. Такође, комисија закључује да је урађена дисертација написана према стандардима у научно-истраживачком раду, као и да испуњава све услове предвиђене Законом о високом образовању, Стандардима за акредитацију, као и Статутом Техничког факултета у Бору, Универзитета у Београду. Стога Комисија предлаже Наставно-научном већу Техничког факултета у Бору да прихвати позитиван извештај о урађеној докторској дисертацији кандидата Жаклине Тасић, мастер инж. технологије, под називом: **КОРОЗИОНО ПОНАШАЊЕ БАКРА У ПРИСУСТВУ ДЕРИВАТА БЕНЗОТРИАЗОЛА, КАЛИЈУМ-СОРБАТА И ЖЕЛАТИНА У КИСЕЛОЈ СРЕДИНИ**, и да исти упути на коначно усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду, те да након тога кандидата позове на јавну одбрану.

У Бору, 03.05.2017.

Чланови комисије

Др Милан Антонијевић,

редовни професор, Технички факултет у Бору, Универзитет у Београду – ментор

Др Марија Петровић Михајловић,

доцент, Технички факултет у Бору, Универзитет у Београду – члан

др Миомир Павловић,

научни саветник, Институт за хемију, технологију и металургију у Београду,
Универзитет у Београду - члан