

Факултет Технолошко-металуршки

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

2026 – 35/289

(Број захтева)

9. 7. 2026.

(Датум)

Веће научних области техничких наука

(Назив већа научне области коме се захтев упућује)

ЗАХТЕВ**за давање сагласности на одлуке о усвајању извештаја Комисије за оцену докторске дисертације и о именовању комисије за одбрану**

Молимо да, сходно чл. 48 ст. 5 тач. 3) Статута Универзитета у Београду („Гласник Универзитета“ бр. 201/2018, 207/2019, 213/2020, 214/2020, 217/2020, 230/21, 232/22, 233/22 и 236/22), дате сагласност на одлуку о прихватању теме докторске дисертације:

КАНДИДАТ Марко (Слободан) Симић

(име, име једног од родитеља и презиме)

студент докторских студија на студијском програму: **Металуршко инжењерство**

пријавио је докторску дисертацију под називом:

Развој композитних материјала са основом бакраиз научне области: **Металуршко инжењерство**

Универзитет је дана 10. 10. 2022. својим актом под бр. 61206-3971/2-22 дао сагласност на предлог теме докторске дисертације која је гласила:

Развој композитних материјала са основом бакра

Име и презиме ментора: др Татјана Волков Хусовић, редовни професор Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет

Име и презиме ментора 2.: др Јована Ружић, виши научни сарадник Универзитета у Београду, Институт за нуклеарне науке „Винча“, Институт од националног значаја за Републику Србију

Комисија за оцену докторске дисертације именована је на седници одржаној **7. 5. 2026.**одлуком факултета под бр. 2026-35/165, у саставу:

	Име и презиме члана комисије	звање	научна област	Установа у којој је запослен
1.	Др Васо Манојловић	ванредни професор	Металуршко инжењерство	ТМФ
2.	Др Стефан Дикић	доцент	Металуршко инжењерство	ТМФ
3.	Др Ана Алил	виши научни сарадник	Металуршко инжењерство	ИХТМ

Датум стављања извештаја Комисије и докторске дисертације на увид јавности **22. 5. 2026.**

Наставно-научно веће факултета усвојило је извештај Комисије за оцену докторске дисертације на седници одржаној дана **9. 7. 2026.**

Комисија за одбрану докторске дисертације именована је на седници одржаној **9. 7. 2026.**одлуком факултета под бр. 2026-35/290, у саставу:

	Име и презиме члана комисије	звање	научна област	Установа у којој је запослен
1.	Др Васо Манојловић	ванредни професор	Металуршко инжењерство	ТМФ
2.	Др Стефан Дикић	доцент	Металуршко инжењерство	ТМФ
3.	Др Ана Алил	виши научни сарадник	Металуршко инжењерство	ИХТМ

Напомена: уколико је члан Комисије у пензији навести датум пензионисања.

Студент је уписан на докторске студије школске 2019/2020. године.
Решењем декана бр. 2025-20/220 од 1. 12. 2025. године одобрено је продужење рока за завршетак студија до истека троструког броја школских година потребних за реализацију уписаног студијског програма, односно до 30. 9. 2028. године

ДЕКАНКА ФАКУЛТЕТА

др Мирјана Кијевчанин, редовни професор

-
- Прилози:**
1. Одлука Наставно-научног већа о усвајању извештаја Комисије за оцену докторске дисертације и одлука о именовању Комисије за одбрану докторске дисертације
 2. Извештај Комисије о оцени докторске дисертације
 3. Примедбе на извештај Комисије о оцени докторске дисертације (уколико их је било) и мишљење Комисије о примедбама

Напомена: Факултет доставља Универзитету захтев са прилозима у електронској форми и у једном писаном примерку за архиву Универзитета



Република Србија
Универзитет у Београду
Технолошко-металуршки факултет

РЕПУБЛИКА СРБИЈА
УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
ТЕХНОЛОШКО-МЕТАЛУРШКИ ФАКУЛТЕТ

бр. 2025-20/220

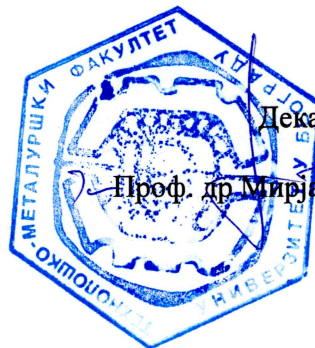
1. 12. 2025 год.
БЕОГРАД

На основу члана 101. Статута Универзитета у Београду ("Гласник Универзитета у Београду бр. 201/2018") и члана 76. Статута Технолошко-металуршког факултета у Београду, као и захтева студента за продужење рока за завршетак студија Декан доноси

РЕШЕЊЕ

о продужењу рока за завршетак студија

Студенту **Марко Симић**, број индекса 2019/4002, уписан у прву годину докторских академских студија школске 2019/2020 године продужава се рок за завршетак студија до истека троструког броја школских година потребних за реализацију уписаног студијског програма, односно до 30.09.2028 године.



Деканка

Проф. др Мирјана Кијевчанин

ДIУ

На основу чл. 40. став 3. Закона о високом образовању, чл. 112. став 3. Статута Универзитета у Београду, чл. 88. став 3. Статута ТМФ-а и чл. 41. Правилника о докторским студијама ТМФ, на седници Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета од 9. 7. 2026. године, донета је

О Д Л У К А

о прихватању Извештаја о оцени докторске дисертације

Прихвата се Извештај Комисије у саставу: др Васо Манојловић, ванредни професор Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет, др Стефан Дикић, доцент Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет и др Ана Алил, виши научни сарадник Универзитета у Београду, Институт за хемију, технологију и металургију, Институт од националног значаја за Републику Србију, о прегледу и оцени урађене докторске дисертације под називом: „**Развој композитних материјала са основом бакра**“ коју је поднео **Марко Симић**, мастер инжењер металургије 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 Марка Симића, под називом „**Развој композитних материјала са основом бакра**“ Одлуком број: 61206/3971/2-22 од 10. 10. 2022. године.

Верификација научних доприноса:

Категорија M21:

1. **Simić, M.**, Nidžović, E., Butulija, S., Radovanović, Ž., Vuksanović, M. M., Ružić, J. (2026). Correlation Between Manufacturing Conditions, Microstructure, and Electrical–Mechanical Properties of Cu Matrix Composites. *Materials*, 19(7), 1347. (IF = 3.2) (ISSN: 1996-1944) (<https://doi.org/10.3390/ma19071347>)

Категорија M22:

1. **Simić, M.**, Ružić, J., Božić, D., Stoimenov, N., Goshev, S., Karastoyanov, D., Stašić, J. (2023). The influence of boron addition on properties of copper-zirconium alloys. *Science of Sintering*, 55(2), 205–219. (IF = 1.725) (ISSN: 0350-820X) (<https://doi.org/10.2298/SOS2302205S>)

Категорија M23:

1. **Simić, M.**, Alil, A., Martinović, S., Vlahović, M., Savić, A., Volkov-Husović, T. (2020). High temperature materials: properties, demands and applications. *Hemijska industrija*, 74(4), 273–284. (IF = 0.627) (ISSN: 0367-598X) (<https://doi.org/10.2298/HEMIND200122017S>)

Категорија M24:

1. **Simić, M.**, Radović, N., Gordić, M., Ružić, J. (2020). Effect of process parameters on the phase transformation kinetics in copper-based alloys and composites. *Metallurgical and Materials Engineering*, 26(4), 365–373. (ISSN: 2217-8961) (<https://doi.org/10.30544/571>)

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

Д Е К А Н К А

Проф. др Мирјана Кијевчанин

ДV

На основу чл. 40. став 3. Закона о високом образовању, чл. 112. став 3. Статута Универзитета у Београду, чл. 88. став 3. Статута ТМФ-а и чл. 41. и 42. Правилника о докторским студијама ТМФ, на седници Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета од 9. 7. 2026. године, донета је

О Д Л У К А

о именовању Комисије за одбрану докторске дисертације

Именује се Комисија за одбрану докторске дисертације **Марка Симића**, мастер инжењера металургије, са темом под називом **„Развој композитних материјала са основом бакра“**, у саставу:

1. Др Васо Манојловић, ванредни професор Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет,
2. Др Стефан Дикић, доцент Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет,
3. Др Ана Алил, виши научни сарадник Универзитета у Београду, Институт за хемију, технологију и металургију, Институт од националног значаја за Републику Србију.

Одлуку доставити: Одлуку доставити: члановима Комисије, Универзитету у Београду, Служби за наставно-студентске послове и Архиви Факултета.

Д Е К А Н К А

Проф. др Мирјана Кијевчанин

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Извештај о урађеној докторској дисертацији кандидата Марка С. Симића

Одлуком бр. 2026-35/165 од 7. маја 2026. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену докторске дисертације кандидата Марка С. Симића под насловом „Развој композитних материјала са основом бакра”.

После прегледа достављене дисертације и других пратећих материјала и разговора са кандидатом, Комисија је сачинила следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. УВОД

1.1. Хронологија одобравања и израде дисертације

11. октобра 2019. Марко С. Симић, мастер инж. металургије, уписао је докторске академске студије на Технолошко-металуршком факултету Универзитета у Београду, студијски програм Металуршко инжењерство.

19. августа 2022. Кандидат подноси Факултету пријаву теме за израду докторске дисертације под називом: „Развој композитних материјала са основом бакра”.

25. августа 2022. Наставно-научно веће Технолошко-металуршког факултета на седници доноси Одлуку бр. 35/205 о именовању Комисије за оцену подобности теме и кандидата за израду докторске дисертације, у саставу: др Татјана Волков-Хусовић, редовни професор Технолошко-металуршког факултета, др Јована Ружић, виши научни сарадник, Институт за нуклеарне науке „Винча“ – Институт од националног значаја за Републику Србију и др Васо Манојловић, ванредни професор, Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет.

20. септембра 2022. Наставно-научно веће Технолошко-металуршког факултета на седници доноси Одлуку бр. 35/227 о прихватању Реферата Комисије за оцену подобности теме и кандидата за израду докторске дисертације, и за менторе именују др Татјану Волков-Хусовић, редовног професора Технолошко-металуршког факултета и др Јовану Ружић, вишег научног сарадника, Института за нуклеарне науке „Винча“ – Института од националног значаја за Републику Србију.

10. октобра 2022. Веће научних области техничких наука Универзитета у Београду, на седници доноси Одлуку бр. 61206-3971/2-22 о давању сагласности на одлуку Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета о прихватању теме докторске дисертације кандидата Марка С. Симића под називом: „Развој композитних материјала са основом бакра” и потврђује за менторе др Татјану Волков-Хусовић, редовног професора Технолошко-металуршког факултета и др Јовану Ружић, вишег научног сарадника, Института за нуклеарне науке „Винча“ – Института од националног значаја за Републику Србију.

7. маја 2026. Наставно-научно веће Технолошко-металуршког факултета на седници доноси Одлуку бр. 2026-35/165 о именовању Комисије за оцену докторске дисертације, у саставу: др Васо Манојловић ванредни професор, Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет, др Стефан Дикић, доцент, Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет, и др Ана Алил, виши научни сарадник, Универзитета у Београду, Институт за хемију, технологију и металургију - Институт од националног значаја за Републику Србију.

На основу члана 101. Статута Универзитета у Београду, члана 76. Статута Универзитета у Београду Технолошко-металуршког факултета и захтева студента, одобрено је продужење рока за завршетак

студија до истека троструког броја школских година потребних за реализацију уписаног студијског програма.

1.2. Научна област дисертације

Истраживања у оквиру ове дисертације припадају научној области Технолошко инжењерство, ужа научна област Металуршко инжењерство, за коју је матична установа Технолошко-металуршки факултет Универзитета у Београду. Ментори др Татјана Волков-Хусовић, редовни професор на Катедри за Металуршко инжењерство Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду и др Јована Ружић, виши научни сарадник, Институт за нуклеарне науке „Винча“ – Институт од националног значаја за Републику Србију Универзитета у Београду, на основу објављених научних публикација и досадашњег научног искуства, компетентне су да руководе изработком ове докторске дисертације.

1.3. Биографски подаци о кандидату

Марко Симић, мастер инжењер металургије, рођен је 16. августа 1994. године у Београду. Основну и средњу школу завршио је у Београду. Школске 2013/2014. године уписао је основне академске студије на Технолошко-металуршком факултету Универзитета у Београду, на студијском програму Металуршко инжењерство. Дипломирао је у септембру 2017. године на катедри за Металуршко инжењерство, са завршеним радом на тему „Рециклажа групе платинских метала из нежелезних шљака пирометалуршким поступком таложења”, под менторством професора др Карла Раића, са оценом 10. Средња оцена током основних студија била је 8,45. У октобру исте године, уписао је мастер академске студије на студијском програму Металуршко инжењерство, на Технолошко-металуршком факултету. Завршни мастер рад на тему „Добијање Скандијума (Sc) лужењем црвеног муља”, одбранио је у септембру 2018. године на катедри за Металуршко инжењерство, под менторством професора др Карла Раића, са оценом 10. Просечна оцена током мастер студија била је 8,88. Општа просечна оцена (ОПО) Марка Симића је 8,54. У периоду од септембра до новембра 2017. године, био је на стручној пракси на Националном Техничком Универзитету у Атини (NTUA). Докторске академске студије уписао је школске 2019/2020. године на Технолошко-металуршком факултету, студијски програм Металуршко инжењерство, под менторством професорке др Татјане Волков Хусовић, редовног професора Технолошко-металуршког факултета. У јуну 2020. године као студент докторских академских студија, прикључује се као истраживач приправник под менторством др Јоване Ружић, вишег научног сарадника, Лабораторији за материјале Института за нуклеарне науке „Винча“ – Института од националног значаја за Републику Србију Универзитета у Београду. Од 2021. године учествује у раду на истраживачкој теми под називом „In situ образовање нано и микрочестица ојачивача код металних композита добијених ласерским топљењем и техникама металургије праха“, (ев.бр.1702204) која се у Институту за нуклеарне науке „Винча“ реализује под руководством др Јелене Сташић, научног саветника, у оквиру Програма: Нови материјали и нано науке. Члан је центра изузетних вредности “CEXTREME LAB”. Такође је ангажован на DisSFusionMat пројекту под пуним називом “Development of dispersion-strengthened metal-based materials for applications in fusion reactor”, број гранта 7365, који финансира Фонд за науку Републике Србије у оквиру програма PRIZMA.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација кандидата Марка С. Симића, мастер инж. металургије, под називом: „Развој композитних материјала са основом бакра“, написана је на српском језику на 117 страна, од којих је 108 страна нумерисано, садржи 49 слика, 4 табеле и 154 литературна навода. Наведена докторска дисертација садржи поглавља следећих назива: Увод, Теоријски део, Експериментални део, Резултати и дискусија, Закључак, Литература, Биографија аутора, као и сажетак на српском и енглеском језику. Дисертација, такође, садржи прилоге са Изјавом о ауторству, Изјавом о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада и Изјавом о коришћењу, као и Оцену извештаја о провери оригиналности докторске дисертације. Наведена докторска дисертација по свом облику и садржају испуњава прописе и стандарде за докторске дисертације које се бране на Универзитету у Београду.

2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

У поглављу Увод размотрени су савремени трендови развоја композитних материјала са основом бакра и њихов значај у савременим индустријама као што су електротехника и електроника, ваздухопловна и ракетна техника, војна и нуклеарна индустрија. Композити на бази бакра препознати су као материјали који обједињују високу електричну и топлотну проводљивост са побољшаним механичким својствима у односу на чист бакар, што их чини погодним за примене у којима је неопходна стабилност на повишеним температурама. У уводном поглављу дата је и мотивација предложеног истраживања, односно потреба за свеобухватним истраживањем утицаја параметара металургије праха на финална својства *in situ* формираних Cu-ZrB₂ композита, као и формулисани циљеви рада. Поглавље Теоријски део подељено је у пет целина: Композитни материјали, Композитни материјали са металном матрицом (ММС), Основне карактеристике композитних материјала са основом бакра, Механизми ојачавања у легурама бакра и Технике добијања композитних материјала са основом бакра. У оквиру теоријског дела дате су основне дефиниције и класификације композитних материјала, принципи дизајна ММС и преглед актуелних индустријских примена, као и анализа физичких, механичких и електричних својстава бакарне матрице и потенцијалних керамичких ојачивача. Обрађене су све релевантне варијанте механизма ојачавања, пошто је један од циљева рада био утврђивање доминантних механизма ојачавања у синтетисаним Cu-ZrB₂ композитима. Посебан осврт дат је на технику механичког легирања, која представља кључну фазу у синтези Cu-ZrB₂ композита, као и на три различите технике консолидације, хладно пресовање праћено синтеровањем (CPS), топло пресовање (HP) и синтеровање плазмом (SPS) пошто је циљ рада био системско поређење ових техника на истом полазном систему. У поглављу Експериментални део су, као саставни делови подпоглавља, Карактеризација полазних прахова, Хомогенизација елементарних прахова, Механичко легирање елементарних прахова, Карактеризација механички легираних прахова, Коришћене методе консолидовања механички легираних прахова и Карактеризација испресака. Описан је систематски експериментални план који обухвата два различита уређаја за механичко легирање (Атритор и Турбула миксер), варирање времена легирања, односа масе кугли и праха (BPR) и конфигурације кугли. За консолидацију механички легираних прахова коришћене су три различите технике (CPS, HP и SPS) уз детаљно навођење свих процесних параметара. Карактеризација прахова и испресака изведена је применом рендгенодифракционе анализе (XRD) уз Williamson–Hall методу, скенирајуће електронске микроскопије (SEM) са квантитативном анализом микрографија помоћу софтвера MIPAR, мерења густине Архимедовом методом, мерења макротврдоће Викерсовом методом, наноиндентације, као и мерења електричне и топлотне проводљивости. Поглавље Резултати и Дискусија подељено је у четири целине: Избор легирајућих елемената композитног материјала, Карактеризација елементарних прахова, Карактеризација механички легираних прахова и Карактеризација Cu-ZrB₂ композита. У делу о механички легираним праховима обрађени су микроструктурни и морфолошки параметри прахова при различитим временима и условима механичког легирања, уз поређење два уређаја за легирање, систематску анализу утицаја BPR-а и испитивање утицаја различитих конфигурација кугли. У делу о Cu-ZrB₂ композитима приказани су резултати микроструктурне анализе, испитивања густине, испитивања механичких својстава и мерења електричне и топлотне проводљивости консолидованих узорака добијених са све три технике консолидације. У дискусионом делу анализирана је корелација између процесних параметара, микроструктурних параметара и финалних функционалних својстава композита, уз идентификацију доминантних механизма ојачавања. У поглављу Закључак су таксативно наведена и објашњена најважнија нова сазнања до којих је аутор дошао радом на овој дисертацији. На крају дисертације наведена је Литература, која садржи све коришћене литературне наводе.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост и оригиналност

Тема ове дисертације проистекла је из савремених захтева индустрије за развојем композитних материјала са основом бакра који ће истовремено обезбедити високу електричну и топлотну проводљивост, побољшана механичка својства, отпорност на хабање и структурну стабилност на повишеним температурама. Овакав приступ има посебан значај, јер је један од централних циљева рада било дефинисање технологије добијања Cu-ZrB₂ композита поступцима металургије праха са *in situ* формирањем ZrB₂ ојачавајуће фазе. Поред тога, оптимизација параметара механичког легирања и

системско поређење три различите технике консолидације (CPS, HP, SPS) представљају сталан изазов савремене металургије праха, чије решавање омогућава истовремено побољшање квалитета и снижење трошкова производње композита на бази бакра. Оригинално представљена дисертација огледа се и у свеобухватном и системском приступу испитивања процесно-структурно-функционалних корелација у Cu-ZrB₂ композитима, какав у литератури до сада није спроведен. У оквиру јединственог експерименталног оквира испитан је утицај типа уређаја за механичко легирање (Атритор и Турбула миксер), времена легирања у опсегу 2-40 h, односа масе кугли и праха (BPR 10:1 и 15:1) и конфигурације кугли на структурне параметре и морфологију полазних прахова, као и њихова повезаност са финалним својствима композита добијених са три различите технике консолидације, синтеровањем плазмом (SPS), топлим пресовањем (HP) и хладним пресовањем праћеним синтеровањем (CPS), примењене на исти полазни систем Cu-2Zr-0,6B (wt.%). Овакав интегрални приступ омогућава директно успостављање корелације између процесних параметара, микроструктурних карактеристика и финалних електричних, топлотних и механичких својстава композита, што представља значајан помак у односу на постојећа истраживања која су углавном фокусирана на оптимизацију појединачних процесних рута.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

При изради ове докторске дисертације, кандидат је користио 154 литературних навода. Поред најновијих научних радова, коришћене су и стручне књиге и монографије из области науке о материјалима и металургије праха, прегледни радови који обједињују развој ове области током протеклих деценија, основна фундаментална литература из области механичког легирања и механизма ојачавања металних композита, као и сопствене публикације кандидата и његових сарадника у којима су претходно испитивани поједини аспекти синтезе и карактеризације ових материјала. Наведене референце садрже експерименталне резултате истраживања многих истраживача, анализу и дискусију добијених резултата и изведене закључке, као и теоријске основе примењених метода испитивања. Кандидат је проширио до сада позната сазнања о поступцима синтезе и карактеризације композита са матрицом бакра ојачаном честицама ZrB₂, са посебним нагласком на корелацију између процесних параметара металургије праха, микроструктурних карактеристика и финалних функционалних својстава добијених композита. Из пописа литературе која је коришћена у истраживању, уочава се адекватно познавање предметне области истраживања, као и познавање актуелног стања истраживања у овој области у свету. Резултати приказани у дисертацији у потпуности су у складу са савременим научним токовима у области развоја композитних материјала са основом бакра.

3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

Cu-ZrB₂ композити добијени су применом техника металургије праха, кроз комбиновање механичког легирања и три различите технике консолидације. Полазни прахови стехиометријског састава Cu-2Zr-0,6B (wt.%) механички су легирани у Атритору и Турбула миксеру у инертној атмосфери аргона, уз варирање времена млевења (2-40 h), односа масе кугли и праха (BPR 10:1 и 15:1) и конфигурације кугли. Овакав поступак омогућава истовремено мешање, уситњавање и мобилизацију елемената на атомском нивоу, што представља предуслов за *in situ* формирање ZrB₂ ојачавајуће фазе током консолидације. Карактеризација прахова извршена је рендгенском дифракционом анализом (XRD) уз CuK α зрачење, а структурни параметри (величина кристалита, микронапрезања и густина дислокација) одређени су применом Williamson-Hall методе. Морфологија и величина честица испитани су скенирајућом електронском микроскопијом (SEM), уз додатну квантитативну обраду микрографија применом софтвера MIPAR, чиме је обезбеђено објективно одређивање морфолошких параметара честица. Механички легирани прахови консолидовани су применом три фундаментално различите технике: хладним пресовањем праћеним синтеровањем (CPS), топлим пресовањем (HP) и синтеровањем плазмом (SPS). Овакав избор омогућио је директно поређење економичног конвенционалног поступка, традиционалне технике топлог пресовања и савремене напредне технике код које истовремено дејство притиска и пулсирајуће струје обезбеђује брзо загревање и кратко време синтеровања. Карактеризација добијених композита извршена је свеобухватним сетом метода: густина је одређена Архимедовом методом, микроструктура је испитана светлосном оптичком микроскопијом и скенирајућом електронском микроскопијом (SEM), Специфична површина и порозност механички легираних прахова одређене су методом BET (Brunauer-Emmett-Teller) анализе, макротврдоћа је

мерена Викерсовом методом, а нанотврдоћа и редуковани модул еластичности одређени су методом наноиндентације. Електрична проводљивост измерена је методом четири тачке и изражена у %IACS, док је топлотна проводљивост одређена преко мерења топлотне дифузивности. Овакав свеобухватан приступ омогућио је свестрано вредновање функционалних својстава Cu-ZrB₂ композита и потврду да примењене методе у потпуности одговарају постављеним циљевима и хипотезама ове дисертације.

3.4. Применљивост остварених резултата

Избор теме ове докторске дисертације у великој мери је условио применљивост остварених резултата у савременој индустрији. Резултати испитивања Cu-ZrB₂ композита добијених поступцима металургије праха могу се посматрати кроз неколико целина: (1) утврђивање оптималних параметара механичког легирања који омогућавају ефикасну синтезу композитних прахова уз минимализацију енергетских и временских трошкова процеса, (2) системско поређење три различите технике консолидације (CPS, HP, SPS) и идентификација оне која омогућава најповољнији однос финалних својстава и трошкова производње, и (3) повезивање процесних параметара и микроструктурних карактеристика са финалним електричним, топлотним и механичким својствима композита. Спроведена експериментална испитивања, у комбинацији са анализом доступних литературних података, омогућила су значајан напредак у разумевању и оптимизацији параметара синтезе и консолидације Cu-ZrB₂ композита, као и у њиховој свеобухватној карактеризацији применом савремених метода. Овакви високопроводни ојачани композитни материјали са основом бакра имају потенцијалну примену у различитим индустријским гранама и то електротехничкој, ваздухопловној, аутомобилској, ракетној и нуклеарној, где се истовремено захтевају висока електрична и топлотна проводљивост и побољшана механичка својства на повишеним температурама.

3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

Током досадашњих докторских студија и активног укључивања у научноистраживачки рад на пројектима, Марко С. Симић, мастер инж. металургије, испољио је висок ниво самосталности и зрелости у научноистраживачком раду. Кандидат је овладао свим фазама истраживачког процеса, од критичког прегледа литературе и формулисања истраживачких питања, преко самосталног планирања и реализације експеримената, до анализе, интерпретације и презентације добијених резултата. У досадашњем научноистраживачком раду публиковао је, као аутор и коаутор, један рад у врхунском међународном часопису (M21), један рад у истакнутом међународном часопису (M22), један рад у међународном часопису (M23), два рада у часопису међународног значаја верификованим посебном одлуком (M24), као и два рада у научном часопису (M54). Поред тога, резултате својих истраживања је представио кроз десет саопштења штампаних у изводу на научним скуповима међународног и националног значаја. На основу свега изложеног, Комисија закључује да кандидат Марко С. Симић својим стручним компетенцијама, континуираним залагањем и квалитетом публикованих научних резултата у потпуности испуњава све услове за самосталан рад на предложеној теми докторске дисертације.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

Научни доприноси проистекли из истраживања у докторској дисертацији кандидата Марка С. Симића односе се на:

- изучавање утицаја параметара механичког легирања на структурне и морфолошке карактеристике полазних Cu-Zr-B прахова. Посебно су анализирани тип уређаја, односно Атритор и Турбула миксер, време легирања, однос масе кугли и праха и конфигурација кугли. На основу добијених резултата проширено је разумевање механизма уноса енергије и кинетике легирања у систему Cu-Zr-B, као и утицаја процесних услова на развој структуре добијеног композитног материјала;
- испитивање *in situ* формирања ZrB₂ ојачавајуће фазе у бакарној матрици током консолидације праха стехиометријског састава Cu-2Zr-0,6B (wt.%). Квантитативним одређивањем

структурних и микроструктурних параметара добијених композита омогућено је боље разумевање везе између реакционог формирања ZrB_2 фазе, развоја микроструктуре и својстава композитног материјала;

- системску анализу утицаја различитих техника консолидације на структуру и својства Cu-ZrB_2 композита. Упоредени су хладно пресовање праћено синтеровањем (CPS), топло пресовање (HP) и синтеровање плазмом (SPS), примењени на исти полазни систем. Овакво поређење омогућило је да се јасније утврди утицај три различита поступка консолидације на згушњавање, микроструктуру и функционална својства композита;
- успостављање корелације између параметара механичког легирања и консолидације, микроструктурних карактеристика и финалних електричних, топлотних и механичких својстава Cu-ZrB_2 композита. Корелација је изведена на основу интегрисане примене савремених метода карактеризације, укључујући XRD анализу са Williamson–Hall методом, SEM анализу са квантитативном обрадом микрографија у софтверу MIPAR, BET анализу, наноиндентацију, као и мерења електричне и топлотне проводљивости.

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

Прегледом литературе из области композитних материјала са матрицом бакра уочено је да упркос порасту истраживачког интересовања за Cu-ZrB_2 системе током последње деценије, до сада није спроведена студија која у оквиру јединственог експерименталног приступа повезује различите параметре механичког легирања са системским поређењем различитих техника консолидације. Управо у том контексту, остварени научни доприноси представљају суштински помак у унапређењу постојећег знања у области. Системска анализа утицаја параметара механичког легирања пружио је нове увиде у механизме уноса енергије и понашање Cu-Zr-B система током млевења, док је кључни оригинални допринос поређење CPS, HP и SPS техника на истом полазном систему које је омогућило успостављање директне корелације између процесних параметара, микроструктуре и финалних својстава композита, коју претходна истраживања, фокусирана на појединачне процесне руте, нису обухватила.

Остварени резултати указују на широке могућности практичне примене Cu-ZrB_2 композита у савременим високотехнолошким индустријама, пре свега у авио и ракетној техници, као и у нуклеарној индустрији, где се истовремено захтевају висока топлотна проводљивост, отпорност на хабање и задржавање високе чврстоће на повишеним радним температурама. На основу свега изложеног може се закључити да резултати ове дисертације представљају значајан допринос разумевању процесно-структурно-функционалних веза у Cu-ZrB_2 системима и отварају нове могућности за пројектовање ових материјала према конкретним захтевима индустријских апликација.

4.3. Верификација научних доприноса

Категорија M21:

1. **Simić, M.**, Nidžović, E., Butulija, S., Radovanović, Ž., Vuksanović, M. M., Ružić, J. (2026). Correlation Between Manufacturing Conditions, Microstructure, and Electrical–Mechanical Properties of Cu Matrix Composites. *Materials*, 19(7), 1347. (IF = 3.2) (ISSN: 1996-1944) (<https://doi.org/10.3390/ma19071347>)

Категорија M22:

1. **Simić, M.**, Ružić, J., Božić, D., Stoimenov, N., Goshev, S., Karastoyanov, D., Stašić, J. (2023). The influence of boron addition on properties of copper-zirconium alloys. *Science of Sintering*, 55(2), 205–219. (IF = 1.725) (ISSN: 0350-820X) (<https://doi.org/10.2298/SOS2302205S>)

Категорија M23:

1. **Simić, M.**, Alil, A., Martinović, S., Vlahović, M., Savić, A., Volkov-Husović, T. (2020). High temperature materials: properties, demands and applications. *Hemijska industrija*, 74(4), 273–284. (IF = 0.627) (ISSN: 0367-598X) (<https://doi.org/10.2298/HEMIND200122017S>)

Категорија M24:

1. **Simić, M.**, Radović, N., Gordić, M., Ružić, J. (2020). Effect of process parameters on the phase transformation kinetics in copper-based alloys and composites. *Metallurgical and Materials Engineering*, 26(4), 365–373. (ISSN: 2217-8961) (<https://doi.org/10.30544/571>)

Категорија M54:

1. **Simić, M.**, Luković, A., Jovanović, G. (2024). Quantitative analysis of mechanically alloyed CuZrB powders. *Metallurgical and Materials Data*, 2(4), 147–152. (ISSN: 2956-1882) (<https://doi.org/10.30544/mmd2024.02.147>)
2. **Simić, M.**, Božić, D., Stašić, J., Ružić, J. (2025). The Effect of Ball-Powder Ratio on The Mechanical and Structural Properties of CuZrB Composite Materials Fabricated by Powder Metallurgy. *Metallurgical and Materials Data*, 3(1), 11–18. (ISSN: 2956-1882) (<https://doi.org/10.30544/mmd2025.03.011>)

5. ПРОВЕРА ОРИГИНАЛНОСТИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

На основу Правилника о поступку провере оригиналности докторских дисертација које се бране на Универзитету у Београду (Гласник Универзитета у Београду, бр. 204 од 22. јуна 2018. године), коришћењем програма iThenticate 7. маја 2026. године извршена је провера оригиналности докторске дисертације кандидата Марка С. Симића под називом „Развој композитних материјала са основом бакра“. Утврђено је да подударње текста износи 2%. Овај степен подударности последица је општих места, личних имена и назива, дефиниција, устаљених фраза, референци и стручних термина и израза. На основу свега изложеног Комисија сматра да је докторска дисертација кандидата Марка С. Симића оригинална, као и да су у потпуности поштована академска правила цитирања, те се прописани поступак припреме за њену одбрану може наставити.

6. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

Истраживања у оквиру ове дисертације припадају научној области Металуршко инжењерство, за коју је матична установа Технолошко-металуршки факултет Универзитета у Београду. Докторска дисертација је вођена под менторством др Татјане Волков-Хусовић, редовног професора Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду и др Јоване Ружић, вишег научног сарадника, Институт за нуклеарне науке „Винча“ – Институт од националног значаја за Републику Србију.

На основу раније изнете детаљне анализе остварених резултата докторске дисертације под називом „Развој композитних материјала са основом бакра“, кандидата Марка С. Симића, Комисија сматра да ова докторска дисертација представља значајан и оригиналан научни допринос у металургији композитних материјала са основом бакра. Предмет и циљ истраживања су јасно наведени и остварени, док истраживања прате актуелне трендове и доприносе новим сазнањима у оквиру ове проблематике. Комисија стога сматра да докторска дисертација у потпуности испуњава све захтеване критеријуме и предлаже Наставно-научном већу Технолошко-металуршког факултета да усвоји овај Реферат и да га, заједно са докторском дисертацијом под насловом „Развој композитних материјала са основом бакра“, кандидата Марка С. Симића, изложи на увид јавности у законски предвиђеном року, а затим и упуту на коначно усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду.

У Београду,
22. мај 2026. године

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

др Васо Манојловић ванредни професор
Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет

др Стефан Дикић, доцент
Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет

др Ана Алил, виши научни сарадник
Универзитета у Београду, Институт за хемију, технологију и металургију - Институт од националног значаја за Републику Србију