

Факултет МАШИНСКИ

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

515/4

(Број захтева)

13.07.2023.

(Датум)

Већу 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 члану 47. ст. 5. тач. 4. Статута Универзитета у Београду ("Гласник Универзитета", број 186/15-пречишћени текст и 189/16), дате сагласност на одлуку о усвајању извештаја Комисије за оцену докторске дисертације:

КАНДИДАТ ВЛАДИМИР (ДРАГАН) ПАВКОВ

(име, име једног од родитеља и презиме)

студент докторских студија на студијском програму МАШИНСКО ИНЖЕЊЕРСТВО

пријавио је докторску дисертацију под називом:

СИНТЕЗА И КАРАКТЕРИЗАЦИЈА КОМПОЗИТНИХ МАТЕРИЈАЛА НА БАЗИ МЕТАЛ-СТАКЛО-КЕРАМИКА

из научне области: Технологија материјала

Универзитет је дана 24.02.2020. својим актом под бр. 61206-754/2-20

дао сагласност на предлог теме докторске дисертације

која је гласила:

СИНТЕЗА И КАРАКТЕРИЗАЦИЈА КОМПОЗИТНИХ МАТЕРИЈАЛА НА БАЗИ МЕТАЛ-СТАКЛО-КЕРАМИКА

Име и презиме ментора др Гордана Бакић, ред. проф. и др Весна Максимовић, научни саветник, ИНН Винча Београд**Комисија за оцену докторске дисертације** именована је на седници одржаној од 06.04.2023.одлуком факултета под бр. 515/2. у саставу:

	Име и презиме члана комисије	звање	научна област	Установа у којој је запослен
1.	др Оливера Поповић	ред. проф.	Техн. мат. – маш. мат. и заваривање и сродни поступци	Машински факултет
2.	др Милош Ђукић	ред. проф.	Техн. мат. – маш. мат. и заваривање и сродни поступци	Машински факултет
3.	др Ненад Митровић	ред. проф.	Процесна техника	Машински факултет
4.	др рер. нат Бранко Матовић	научни саветник	Наука о материјалима	ИНН Винча Београд
5.	др Ивана Цвијовић-Алагић	виши научни сарадник	Наука о материјалима	ИНН Винча Београд

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

Датум стављања извештаја Комисије и докторске дисертације на увид јавности **02.06.2023.**

Наставно-научно веће факултета усвојило је извештај Комисије за оцену докторске дисертације на седници одржаној дана **13.07.2023.**

Комисија за одбрану докторске дисертације именована је на седници одржаној 06.04.2023.

одлуком факултета под бр. 515/2

, у саставу:

	Име и презиме члана комисије	звање	научна област	Установа у којој је запослен
1.	др Оливера Поповић	ред. проф.	Техн. мат. – маш. мат. и заваривање и сродни поступци	Машински факултет
2.	др Милош Ђукић	ред. проф.	Техн. мат. – маш. мат. и заваривање и сродни поступци	Машински факултет
3.	др Ненад Митровић	ванр. проф.	Процесна техника	Машински факултет
4.	др рер. нат. Бранко Матовић	научни саветник	Наука о материјалима	ИНН Винча Београд
5.	др Ивана Цвијовић-Алагић	виши научни сарадник	Наука о материјалима	ИНН Винча Београд

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

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

Проф. др Владимир Поповић

- 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

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
- МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ –
Број: 515/4
Датум: 13.07.2023. године
Београд, Краљице Марије 16

На основу члана 40. Закона о високом образовању („Службени гласник РС“, број 88/2017, 27/2018 – др. закон 73/2018, 67/2019, 11/2021 – аутентично тумачење, 67/2021 – др. Закон, 67/2021), члана 48. Статута Универзитета у Београду, члана 42. Правилника о докторским студијама на Универзитету у Београду и члана 46. Правилника о докторским студијама Машинског факултета Универзитета у Београду и реферата Комисије у саставу: др Оливера Поповић, ред. проф., др Милош Ђукић, ред. проф., др Ненад Митровић, ванр. проф., др рер. нат. Бранко Матовић, научни саветник, ИНН Винча Београд и др Ивана Цвијовић-Алагић, виши научни сарадник, ИНН Винча Београд о оцени докторске дисертације **„Синтеза и карактеризација композитних материјала на бази метал-стакло-керамика“** студента докторских студија **Владимира Павкова, маг. инж. маш.**, Наставно-научно веће Машинског факултета на седници одржаној 13.07.2023. године, донело је следећу

ОДЛУКУ

Усваја се реферат Комисије о урађеној докторској дисертацији **„СИНТЕЗА И КАРАКТЕРИЗАЦИЈА КОМПОЗИТНИХ МАТЕРИЈАЛА НА БАЗИ МЕТАЛ-СТАКЛО-КЕРАМИКА“** студента **ВЛАДИМИРА ПАВКОВА, маг. инж. маш.**

Докторску дисертацију и реферат Комисије о урађеној докторској дисертацији доставити на давање сагласности Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду, по истеку рока од 30 дана у коме су били на увиду јавности.

Одлуку доставити: Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду, студенту, ментор и архиви Факултета.

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

проф. др Владимир Поповић

ВЕЋУ ДОКТОРСКИХ СТУДИЈА

Предмет: Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата **Владимира Д. Павкова, мастер инжењера машинства.**

Одлуком Наставно-научног већа Универзитета у Београду - Машинског факултета, број 515/2 од 06.04.2023. године, именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата **Владимира Д. Павкова, мастер инжењера машинства** под насловом

Синтеза и карактеризација композитних материјала на бази метал-стакло-керамика

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

РЕФЕРАТ

1. УВОД

1.1. Хронологија одобравања и израде дисертације

Кандидат Владимир Д. Павков, мастер инжењер машинства, уписан је на Докторске академске студије Универзитета у Београду - Машинског факултета, школске 2016/2017 године и по програму студија, током четири семестра је положио све испите и одбранио пројекат идеје докторске дисертације са одличним успехом 9,79. Од децембра 2016. године запослен је у Институту за нуклеарне науке „Винча“ - Институт од националног значаја за Републику Србију - Универзитет у Београду, где је финансиран са пројекта Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије под називом „Синтеза, процесирање и карактеризација наноструктурних материјала за примену у области енергије, механичког инжењерства, заштите животне средине и биомедицине“, број III 45012, под руководством др рер. нат. Бранка Матовића.

Од 2020. године кандидат је ангажован на две истраживачке теме под називом „Дизајнирање композитних материјала“ и „Истраживање, развој и модификација савремених металних биоматеријала“ у оквиру истраживачког програма Нови материјали и нано науке у Институту за нуклеарне науке „Винча“ - Институт од националног значаја за Републику Србију - Универзитет у Београду.

Израда докторске дисертације под насловом „Синтеза и карактеризација композитних материјала на бази метал-стакло-керамика“ одобрена је одлуком Већа научних области техничких наука Универзитета у Београду, број 61206-754/2-20 од 24.02.2020. године.

На основу обавештења др Гордане Бакић, редовног професора и др Весне Максимовић, научног саветника, ИНН „Винча“ Београд, ментора да је кандидат завршио докторску дисертацију и предлога Катедре за технологију материјала, Наставно-научно веће Универзитета у Београду - Машинског факултета је на седници одржаној 06.04.2023. године донело одлуку број 515/2 којом се именују чланови Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације у саставу:

- др Оливера Поповић, редовни професор, Универзитет у Београду - Машински факултет,
- др Милош Ђукић, редовни професор, Универзитет у Београду - Машински факултет,
- др Ненад Митровић, ванредни професор, Универзитет у Београду - Машински факултет,
- др рер. нат. Бранко Матовић, научни саветник, Институт за нуклеарне науке „Винча“ - Институт од националног значаја за Републику Србију - Универзитет у Београду,
- др Ивана Цвијовић-Алагић, виши научни сарадник, Институт за нуклеарне науке „Винча“ - Институт од националног значаја за Републику Србију - Универзитет у Београду.

1.2. Научна област дисертације

Докторска дисертација се односи на синтезу материјала на бази стакло-керамика и композитних материјала на бази стакло-керамика-метал и метал-стакло добијених применом металургије праха као технолошког поступка за добијање материјала, као и карактеризацију материјала са аспекта фазне анализе, физичких и механичких својстава као и корозионе постојаности у различитим условима, како би се користила широко доступна, еколошки прихватљива и недовољно искоришћена природна магматска стана, андезит базалт, са територије Републике Србије за ширу индустријску примену.

Докторска дисертација Владимира Павкова под насловом „Синтеза и карактеризација композитних материјала на бази метал-стакло-керамика“ припада области техничких наука - машинство, Машински материјали и заваривање и сродни поступци, за коју је матичан Универзитет у Београду - Машински факултет.

1.3. Биографски подаци о кандидату

Владимир Д. Павков рођен је 04.01.1990. године у Сомбору. Основну школу „Доситеј Обрадовић“ као и основну музичку школу „Петар Коњовић“ завршио је 2005. године у Сомбору. Након тога је уписао Средњу техничку школу у Сомбору на смеру Електротехничар енергетике, коју је завршио 2009. године. Основне струковне студије машинства уписао је 2009. године на Високој техничкој школи струковних студија у Зрењанину, на одсеку Процесно и пољопривредно машинство. Струковне студије машинства је завршио 2012. године са просечном оценом 9,22 и тиме стекао звање струковни инжењер машинства. Исте године уписује другу годину Основних академских студија на Универзитету у Београду - Машинском факултету, а завршава 2014. године са просечном оценом 9,03 и стиче звање инжењер машинства. Године 2014. уписује Мастер академске студије на Универзитету у Београду - Машинском факултету, на модулу Заваривање и заварене конструкције. Јуна 2016. године завршава Мастер академске студије, са просечном оценом 9,75 и одбрањеним мастер радом на тему „Процена интегритета и експлоатационе

употребљивости парног колектора термоенергетског постројења снаге 300 MW“ и стиче звање мастер инжењер машинства. У октобру 2016. године, кандидат уписује Докторске академске студије на модулу Машинско инжењерство на Универзитету у Београду - Машинском факултету. Докторанд је положио све испите и одбранио пројекат идеје докторске дисертације у предвиђеном року студија, са просечном оценом 9,79.

Од 01.12.2016. године до данас, докторанд је запослен као истраживач у Институту за нуклеарне науке „Винча“ - Институт од националног значаја за Републику Србију - Универзитет у Београду, у Лабораторији за материјале, где је у марту 2017. године стекао звање истраживач приправник, а у фебруару 2020. године звање истраживач сарадник.

У току докторских студија био је члан организационих и техничких одбора на међународним конференцијама ELMINA 2018, IMEC 2022 и ELMINA 2022. Учествовао је на међународном војном пројекту G5526 под називом „Explosive Trace Detection for STANDEX (EXTRAS)“ у периоду од 2018 до 2022. године. Такође, учествовао је на билатералном пројекту са Немачком (University of Bayreuth) под називом „Развој новог SiCN влакнима ојачаног кордијеритног композита са побољшаном отпорношћу на термички шок“ у периоду од 2019 до 2020. године.

Кандидат је тренутно ангажован на билатералном пројекту бр. 337-00-577/2021-09/39 са Аустријом (Montanuniversität Leoben) под називом „Иновативна решења за израду лаких композита на бази легура алуминијума и базалта“ и билатералном пројекту бр. 337-00-00230/2022-09/04 са Белорусијом (Државно научно-производно удружење „Научно-практични центар Националне академије наука Белорусије о науци о материјалима“) под називом „Иновативни високоотпорни интерметални нанокмполити“ у периоду од 2022. до 2024. године.

Од 2020. године члан је Центра за синтезу, процесирање и карактеризацију материјала за примену у екстремним условима (CEXTREME LAB) који припада Центрима изузетних вредности за Републику Србију, а од 2021. године је члан и Српског вакуумског друштва.

Владимир Павков је у јуну 2021. године добио Годишњу награду у категорији младих истраживача за изузетне резултате постигнуте у области примењених истраживања за 2020. годину, коју додељује Институт за нуклеарне науке „Винча“ - Институт од националног значаја за Републику Србију - Универзитет у Београду.

Докторанд је тренутно ангажован на две истраживачке теме под називом „Дизајнирање композитних материјала“ и „Истраживање, развој и модификација савремених металних биоматеријала“ у оквиру истраживачког програма Нови материјали и нано науке.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација под насловом „Синтеза и карактеризација композитних материјала на бази метал-стакло-керамика“ је обима 145 страница, са 80 слика и 8 табела. Конципирана је тако да се синтетишу и испитају три групе материјала на бази стакло-керамика, стакло-керамика-метал и метал-стакло користећи као полазне материјале домаћи агрегат андезит базалта и комерцијални прах нерђајућег челика 316L широке индустријске намене. Основна идеје је испитати и оптимизовати технолошки поступак у циљу добијања материјала високе густине, а потом извршити детаљну карактеризацију материјала са аспекта фазне анализе, физичких и механичких својстава како би се сагледала њихова потенцијална примена.

Циљ докторске дисертације је побољшање жилавости лома и спречавање катастрофалног лома у стакло-керамичком материјалу као и испитивање постојаности синтетисаних материјала у корозионој средини попут кључале воде и киселе кише за индустријску примену у грађевинарству, прехранбеној и хемијској индустрији.

У оквиру докторске дисертације наменски су конструисани и израђени алати који чине сет калупа за једноосно пресовање праха различитих димензија, сет калупа за хладно изостатичко пресовање испресака, као и носача чврстих узорака за рендгеноструктурну анализу.

Докторска дисертација је подељена у 5 поглавља: Увод, Теоријски део, Експериментални део, Резултати и дискусија и Закључак, с тим што су Резултати и дискусија подељени у три целине према групи синтетисаних материјала на бази стакло-керамика, стакло-керамика-метал и метал-стакло. Поред наведеног, докторска дисертација садржи сажетак на српском и енглеском језику, садржај, литературу и прилог (Биографија аутора, Библиографија, Изјава о ауторству, Изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада и Изјава о коришћењу).

2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

Увод

У уводу је наведен значај и примена инжењерских материјала у људском друштву као и њихова употреба у различитим гранама индустрије. С обзиром да многе индустрије захтевају својства која конвенционални метали и њихове легуре, нити керамички или полимерни материјали не могу да задовоље, истраживање у докторској дисертацији је усмерено на синтетисање нових композитних материјала на бази метал-стакло-керамика са унапређеним физичким и механичким својствима у односу на полазне конституенте који у овом случају чине агрегат андезит базалта као магматска стена из Републике Србије и комерцијални прах аустенитног нерђајућег челика класе 316L. Такође, приказан је значај и примена металургије праха као технолошког процеса за производњу праха и финалних производа коришћеног у овом истраживању. Указано је на веома важне механизме оштећења у индустрији који се јављају код керамичких и металних материјала попут катастрофалног лома и корозије као и последице које могу настати услед њихове појаве. Поред наведеног у уводу је приказан предмет, општи и посебни научни циљеви, основне хипотезе и научни допринос докторске дисертације. Приказан је и преглед експерименталног истраживања који је подељен у три целине према групи синтерованих материјала на бази стакло-керамика, стакло-керамика-метал и метал-стакло, где је укупно синтетисано 20 различитих материјала.

Теоријски део

У поглављу Теоријски део дата су кроз више подпоглавља теоријске основе, литературни преглед актуелних истраживања и добијени резултати који представљају оквир за надоградњу и израду докторске дисертације. У првом подпоглављу су описани композитни материјали са акцентом на честичне композите. У оквиру овог подпоглавља су описани базалт као магматска стена вулканског порекла и нерђајући челик са акцентом на аустенитни нерђајући челик који представљају конституенте за израду композитних материјала различите структуре. У другом подпоглављу је описана металургија праха као технолошки процес за синтетисање композитних материјала. У оквиру овог подпоглавља описане су методе металургије праха које чине: добијање праха, млевење, ситовна анализа, компактирање праха и синтеровање као и утицај порозности у

синтерованим материјалима на њихова својства. У трећем подпоглављу је описана отпорност на пропагирање прслина у керамичким материјалима, где је акценат стављен на типове лома, катастрофалан лом и жилавост лома код керамичких материјала као и последице које настају услед лома машинског елемента или конструкције. У четвртом подпоглављу је описана корозија као механизам оштећења како металних тако и керамичких материјала. У овом подпоглављу је акценат стављен на киселе кише као тип атмосферске корозије, њихов утицај на животну средину као и постојаност стена и нерђајућег челика услед њиховог присуства.

Експериментални део

У поглављу Експериментални део, приказана су подпоглавља: План екперимента, Методе карактеризације, Карактеризација полазних материјала, Припрема полазних материјала за синтеровање и њихова карактеризација и Пресовање и синтеровање узорака. У подпоглављу План експеримента приказан је шематски ток синтезе три групе материјала: стакло-керамика (СК), стакло-керамика-метал (СКМ) и метал-стакло (МС). У подпоглављу Методе карактеризације приказане су коришћене методе за карактеризацију полазних материјала, прахова за синтезу, синтерованих узорака, као и узорака након утицаја корозионе средине. У оквиру овог подпоглавља приказан је и наменски конструисан и израђен носач чврстих узорака за рендгеноструктурну анализу уз примену 3Д штампача. У подпоглављу Карактеризација полазних материјала приказани су полазни материјали: агрегат андезит базалта, прах комерцијалног нерђајућег челика 316L и везиво парапласт, коришћени за синтезу три групе материјала различите структуре. У подпоглављу Припрема полазних материјала за синтеровање и њихова карактеризација приказан је поступак млевења агрегата андезит базалта и ситовна анализа прахова андезит базалта и челика 316L. У подпоглављу Пресовање и синтеровање узорака приказани су наменски конструисани и израђени алати за пресовање праха и испресака, као и материјали од којих су алати израђени. Такође, детаљно је описан поступак за компактирања полазних прахова и формирање испресака као и параметри синтеровања узорака за све три групе материјала (СК, СКМ и МС).

Резултати и дискусија

У поглављу Резултати и дискусија приказани су резултати са дискусијом за све три групе синтерованих материјала на бази стакло-керамика (СК) и композитни материјали на бази стакло-керамика-метал (СКМ) и метал-стакло (МС) у функцији структуре материјала. У првом подпоглављу је приказана синтеза материјала на бази стакло-керамика, где је као полазна сировина коришћен агрегат андезит базалта са локалитета „Доње Јариње“ из Републике Србије у циљу добијања материјала високе густине, при чему је синтетисано 9 материјала. Праћена је првенствено зависност густине узорака у функцији температуре и времена синтеровања, као и карактеризација физичко-механичких својстава и фазна анализа узорака. У другом подпоглављу је приказана синтеза композитних материјала на бази стакло-керамика-метал високе густине, где је синтетисано 7 материјала. Агрегат андезит базалта је коришћен као полазни материјал за добијење матрице у композитним материјалима на бази стакло-керамике, док је као ојачавач коришћен комерцијални прах аустенитног нерђајућег челика 316L. Карактеризација композитних материјала је извршена са аспекта физичко-механичких својстава, фазне анализе и корозионе постојаности композита у кључалој води и симулираном раствору киселе кише у функцији садржаја праха 316L. У трећем подпоглављу је приказана синтеза композитних материјала на бази метал-стакло високе густине, где је синтетисано 4 материјала. У овом случају као полазни

материјал за матрицу је коришћен комерцијални прах челика 316L док је као ојачавач коришћен прах андезит базалта. Праћена је густина синтерованих узорака композитних материјала у функцији садржаја андезит базалта при чему је синтеровање извршено у присуству течне фазе. Карактеризација композитних материјала на бази метал-стакло је спроведена са аспекта механичких својстава и фазне анализе.

Закључак

Закључак обухвата резиме рада који је подељен у три целине према синтерованим материјалима у складу са поглављем Резултати и дискусија уз сумирање научних и стручних доприноса као и предлога за даља истраживања. Истакнути су значајни научни доприноси постигнути експерименталним истраживањем и радом на реализацији постављених хипотеза у докторској дисертацији.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост и оригиналност

Докторска дисертација „Синтеза и карактеризација композитних материјала на бази метал-стакло-керамика“ представља савремен и оригиналан научни допринос у циљу повећања живљивости лома и спречавање катастрофалног лома код кртих материјала, попут стакло-керамике, користећи металургију праха као технолошки процес за синтетисање материјала високе густине, као и добијање материјала постојаних у корозиционој средини. Оригиналност дисертације се односи на примену јефтине, широко распрострањене и еколошки прихватљиве сировине андезит базалта из Србије са добрим физичко-механичким својствима погодним за израду машинских елемената различите индустријске намене. У докторској дисертацији је приказано да се од андезит базалта може синтетисати високо густа стакло-керамика као и стакло-керамичка матрица и стакласти ојачавач у композитним материјалима, што указује на велике могућности и потенцијал овог материјала.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

Спроведена експериментална истраживања су оригинална и иновативна, јер резултати сличних истраживања нису присутни у литератури. У докторској дисертацији је присутна одређена усклађеност са актуелним светским истраживањима и стандардима у одговарајућим областима, а односи се на методе карактеризације материјала и симулирање екстремних радних услова. За потребе докторске дисертације коришћено је 313 литературних навода из одговарајућих области, који обухватају књиге, научне часописе, зборнике са међународних конференција, националне и међународне патенте, као и различита релевантна истраживања из области науке о материјалима. Овим је научна област покривена најзначајнијим публикацијама које су у складу са тематиком и садржајем докторске дисертације.

3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

У докторској дисертацији су примењене једноставне и економски исплативе методе у оквиру металургије праха за синтетисање стакло-керамичких и композитних материјала на бази стакло-керамика-метал и метал-стакло који омогућавају велику серијску производњу елемената различитих геометријских облика у основи за индустријску примену. Такође, наменски су конструисани и израђени алати за потребе докторске дисертације. За пресовање праха у форму пастиле израђен је сет калупа за хладно једноосно једнострано и двострано пресовање као и сет калупа за хладно изостатичко пресовање испресака од челика С45Е и 16MnCr5 применом машинске обраде, док је за рендгеноструктурну анализу конструисан и израђен носач за чврсте узорке од полимерног материјала односно полиетилен терефталат гликола применом 3Д штампача. Такође, коришћене су савремене методе за карактеризацију праха и синтерованих узорака: енергијска дисперзиона спектрометријска анализа, метода рендгенске дифракције, метода дифракције ласерске светлости, оптичка и скенирајућа електронска микроскопија, Викерсова метода и оптичка емисиона спектрометрија са индуктивно спрегнутом плазмом.

3.4. Применљивост остварених резултата

Применљивост остварених резултата из докторске дисертације је оптимизација параметара технолошког процеса за синтетисање домаће широко распрострањене и еколошки прихватљиве сировине односно агрегата андезит базалта за израду стакло-керамичких и композитних материјала високе густине као економски исплативог материјала за широку индустријску намену у грађевинарству, хемијској, прехранбеној као и нуклеарној индустрији, с обзиром да су истраживања у литератури показала да базалт нема токсична, канцерогена и мутагена дејства, као и да су добијени синтеровани материјали у овом истраживању високо постојани у корозионој средини попут кључале воде и симулираног раствора киселе кише. Такође, још један од применљивости остварених резултата је спречавање катастрофалног лом и повећање жилавости лома композитних материјала са стакло-керамичком матрицом од андезит базалта уз коришћење металног ојачавача у виду нерђајућег челика 316L који има широку индустријску намену, где би овакав материјал могао да се користити за израду конструкционих елемената у условима захтева високе поузданости.

3.5. Оцена достигнутих способности кандидата са самостални научни рад

Током докторских студија, кандидат је стекао значајно научно-истраживачко и практично искуство што потврђују многобројне публикације из области науке о материјалима. Кандидат је током израде докторске дисертације показао способност да сагледа проблеме тренутног светског истраживања као и да самостално и креативно приступи њиховом решавању. Кроз систематичан и детаљан преглед литературе и самостална истраживања, кандидат је стекао висок степен самосталности у истраживачком раду како у области металургије праха тако и у конструисању. На основу наведених чињеница, као и верификације резултата истраживања објављених у међународним часописима, саопштењима на међународним конференцијама, регистрованим и објављеним националним патентима, учешћу у организационим и техничким одборима међународних конференција, билатералним и међународним пројектима, може се донети оцена да је кандидат показао способност за самостални научни рад као и склоност за тимски рад.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

Научни допринос истраживања у докторској дисертацији је унапређење сазнања из области металургије праха и композитних материјала у ширем смислу који се односе на утицај температуре и времена синтеровања на добијање стакло-керамичких (СК) материјала високе густине, потом утицај садржаја ојачавача у облику металних честица праха 316L у стакло-керамичкој матрици од андезит базалта на повећање жилавости лома композитних материјала на бази стакло-керамика-метал (СКМ), као и њихова постојаност у кључалој води и симулираном раствору киселе кише, а потом утицај садржаја стакластог ојачавача од андезит базалта у металној матрици од нерђајућег челика 316L у циљу добијања композитних материјала на бази метал-стакло (МС) високе густине са добрим механичким својствима.

Од посебних научних доприноса у докторској дисертацији се издвајају следећи:

- При оптималним параметрима синтеровања андезит базалтног праха у ваздуху на температури 1060 °C током 60 min, постигнута је највећа релативна густина стакло-керамичког материјала од 99,5% у поређењу са доступним резултатима у литератури, док су измерене и одређене вредности тврдоће и жилавости лома 6,7 GPa и $2,2 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$, респективно. Добијени резултати су публиковани у часопису *Processing and Application of Ceramics* под називом “High-density ceramics obtained by andesite basalt sintering”, док су у докторској дисертацији они приказани у поглављу 4.1. на страници 74.
- Са повећањем садржаја честица челика 316L у синтерованом композиту на бази стакло-керамика-метал, отпорност на раст прслине расте и достиже максималну вредност жилавости лома од $2,56 \pm 0,71 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ за садржај од 20% честичне фазе, што је 32,6% више у односу на синтеровану стакло-керамику. Добијени резултати су публиковани у часопису *Science of Sintering* под називом “Novel basalt-stainless steel composite materials with improved fracture toughness”. Такође, стакло-керамика и композити на бази стакло-керамика-метал су показали високу корозиону постојаност у кључалој води након 5h испитивања као и у раствору киселе кише након 105 дана што је приказано у докторској дисертацији у поглављу 4.2. на страници 82.
- Повећањем садржаја стакласте фазе у композитима на бази метал-стакло, синтерованим у вакууму на температури 1250 °C током 30 min, повећава се густина, а смањује специфична тежина, док макротврдоћа композита расте и повећава се око 2,5 пута за максимални испитани садржај андезит базалта од 30%. Оптималну комбинацију својстава има композит на бази метал-стакло са 20% андезит базалта. Добијени резултати су приказани у докторској дисертацији у поглављу 4.3. на страници 96.

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

Докторска дисертација је планирана и заснована на основу релевантних података из литературе, искуства, индустријске потребе и захтева 21. века да се домаћа сировина чије количине су значајне у Републици Србији искористи као еколошки прихватљив материјал за индустријску примену на основу његових својстава, при чему ове услове испуњава андезит базалт. Тренутно стање које се односи на употребу и примену андезит базалта, магматске стене вулканског порекла, како у свету тако и у Републици Србији, је веома ограничено због недовољно спроведених испитивања и података о овом материјалу, што потврђује и веома мали број публикованих радова. Базалт је коришћен најчешће у грађевинарству и то не као производ или полупроизвод већ као сировина у облику агрегата, као и базалтно стакло добијено топљењем и ливењем базалта што захтева специјалне пећи за ливење, високе температуре као и губитак материјала током топљења.

Према подацима из литературе базалти покривају око 70% површине Земље што указује на значајну количину и потенцијал ове сировине у изради машинских елемената различитих геометријских облика у основи попут цигле, плоче, диска, шипке или цеви до елемената сложених облика за различиту инжењерску примену у грађевинарству, нуклеарној, хемијској, прехрамбеној и другим индустријама, као и за складиштење нуклеарног отпада, користећи металургију праха као технолошки процес за њихово добијање. Резултати експерименталних истраживања у докторској дисертацији показују да се од агрегата андезит базалта може добити стакло-керамика високе густине као и да се може користити у изради нових композитних материјала високе густине као стакло-керамичка матрица или стакласти ојачавач који би били економски исплативи.

4.3. Верификација научних доприноса

Резултате својих истраживања током докторских студија Владимир Павков је верификовао у научним радовима који су објављени у часописима и представљени на међународним конференцијама као и у регистрованим и објављеним националним патентима:

Рад у међународном часопису изузетних вредности (M21a)

1. B. Matovic, J. Maletaskic, J. Zagorac, **V. Pavkov**, R. S. S. Maki, K. Yoshida, T. Yano, "Synthesis and characterization of pyrochlore lanthanide (Pr, Sm) zirconate ceramics," *J. Eur. Ceram. Soc.*, Vol. 40, pp. 2652-2657, 2020 (ISSN: 0955-2219).

Рад у истакнутом међународном часопису (M22)

1. A. Maslarevic, G. M. Bakic, M. B. Djukic, B. Rajicic, V. Maksimovic, **V. Pavkov**, "Microstructure and Wear Behavior of MMC Coatings Deposited by Plasma Transferred Arc Welding and Thermal Flame Spraying Processes," *Trans. Indian. Inst. Met.*, Vol. 73, No. 1, pp. 259-271, 2020 (ISSN: 0972-2815).
2. **V. Pavkov**, G. Bakić, V. Maksimović, I. Cvijović-Alagić, M. Prekajski Đorđević, D. Bučevac, B. Matović, "High-density ceramics obtained by andesite basalt sintering," *Process. Appl. Ceram.*, Vol. 16, No. 2, pp. 143-152, 2022 (ISSN: 1820-6131).

3. **V. Pavkov**, G. Bakić, V. Maksimović, I. Cvijović-Alagić, D. Bučevac, B. Matović, “Novel basalt-stainless steel composite materials with improved fracture toughness,” *Sci. Sinter.*, 2023 (ISSN: 0350-820X) (Accepted for publication, doi: 10.2298/SOS220429002P)

Рад у међународном часопису (M23)

1. **V. D. Pavkov**, G. M. Bakić, V. M. Maksimović, A. Lj. Petrović, N. R. Mitrović, Ž. Z. Mišković, “Eksperimentalno i numeričko ispitivanje cevnog luka urađenog od cevi izlaznog međupregrejača pare nakon eksploatacije,” *Hem. Ind.*, Vol. 74, No. 1, pp. 51-63, 2020 (ISSN: 0367-598X).

Рад у националном часопису међународног значаја (M24)

1. V. Maksimović, M. Stoilković, **V. Pavkov**, J. Ciganović, I. Cvijović-Alagić, “Arc plasma deposition of TiO₂ nanoparticles from colloidal solution,” *Metall. Mater. Eng.*, Vol. 26, No. 4, pp. 341-348, 2020 (ISSN: 2217-8961).

Саопштење са међународног скупа штампано у целини (M33)

1. **V. D. Pavkov**, G. M. Bakić, V. Maksimović, B. Matović, M. Đukić, “Plazma metalizacija u vazduhu,” 5th International Scientific Conference on Information Technology and Data Related Research - Sinteza 2018, Singidunum University, Belgrade, Serbia, 20. April 2018, pp. 217-225, ISBN: 978-86-7912-675-7.
2. **V. D. Pavkov**, G. M. Bakić, V. Maksimović, B. Matović, M. Đukić, “Rendgenska difraktometrija praha – XRPD,” 6th International Scientific Conference on Information Technology and Data Related Research - Sinteza 2019, Singidunum University, Belgrade, Serbia, 20. April 2019, pp. 341-348, ISBN: 978-86-7912-703-7.

Саопштење са међународног скупа штампано у изводу (M34)

1. **V. D. Pavkov**, G. M. Bakic, V. Maksimovic, B. Matovic, “Materials and concept of plasma spraying,” 4th Conference of The Serbian Society for Ceramic Materials, The Serbian Society for Ceramic Materials et al., Belgrade, Serbia, 14-16. June 2017, p. 104, ISBN: 978-86-80109-20-6.
2. **V. Pavkov**, M. M. Stoilković, V. M. Maksimović, I. Lj. Cvijović-Alagić, J. Ciganović, M. R. Vranješ, “TiO₂ nanoparticle deposition on solid cp-Ti substrate through spraying water colloid in the arc plasma,” 1st International Conference on Electron Microscopy of Nanostructures ELMINA 2018, Serbian Academy of Sciences and Arts and Faculty of Technology and Metallurgy University of Belgrade, Belgrade, Serbia, 27-29. August 2018, pp. 222-224, ISBN: 978-86-7025-785-6.
3. **V. D. Pavkov**, G. M. Bakić, V. M. Maksimović, B. Matović, T. Volkov-Husović, “The influence of basalt content on the properties of austenitic stainless steel 316L,” 20th Annual Conference YUCOMAT 2018, Materials Research Society of Serbia, Herceg Novi, Montenegro, 3-7. September 2018, p. 111, ISBN: 978-86-919111-3-3.

4. V. M. Maksimović, A. M. Maslarević, G. M. Bakić, M. B. Đukić, B. M. Rajičić, **V. D. Pavkov**, "Characterisation of different MMC coatings deposited by PTA and FS processes," 20th Annual Conference YUCOMAT 2018, Materials Research Society of Serbia, Herceg Novi, Montenegro, 3-7. September 2018, p. 105, ISBN: 978-86-919111-3-3.
5. A. M. Maslarević, G. M. Bakić, V. M. Maksimović, M. B. Đukić, B. M. Rajičić, **V. D. Pavkov**, "Evaluation erosion resistance of metal-ceramics coatings," Engineering Ceramics 2019 - Ceramics for people, Smolenice castle, Slovakia, 12-16. May 2019, p. 80.
6. **V. Pavkov**, G. Bakic, V. Maksimovic, B. Matovic, A. Maslarevic, "Characterization of metal-glass composites material," 4th Metallurgical & Materials Engineering Congress of South-East Europe, Association of Metallurgical Engineers of Serbia, Belgrade, Serbia, 5-7. June 2019, p. 39, ISBN: 978-86-87183-30-8.
7. **V. Pavkov**, G. Bakic, V. Maksimovic, B. Matovic, A. Maslarevic, "Metal-glass composite materials," 5th Conference of The Serbian Society for Ceramic Materials, Institute for Multidisciplinary Research University of Belgrade, Belgrade, Serbia, 11-13. June 2019, p. 98, ISBN: 978-86-80109-22-0.
8. J. Luković, Z. Dohčević-Mitrović, S. Bošković, J. Maletaškić, M. Mirković, **V. Pavkov**, B. Matović, "The solid solutions of doped ceria prepared by self-propagating room temperature method," 5th Conference of The Serbian Society for Ceramic Materials, Institute for Multidisciplinary Research, University of Belgrade, Belgrade, Serbia, 11-13. June 2019, p. 83, ISBN: 978-86-80109-22-0.
9. **V. Pavkov**, G. Bakić, V. Maksimović, M. Mirković, J. Luković, A. Maslarević, B. Matović, "Synthesis and characterization of metal-glass composite material," 13th Conference for Young Scientists in Ceramics (CYSC-2019), Faculty of Technology, University of Novi Sad, Novi Sad, Serbia, 16-19. October 2019, pp. 122-123, ISBN: 978-86-6253-104-9.
10. **V. Pavkov**, G. Bakić, V. Maksimović, M. Đukić, B. Rajičić, A. Maslarević, B. Matović, "Damage to a tube of output reheater due to gas corrosion," 1st International Conference on Innovative Materials in Extreme Conditions - IMEC2022), Serbian Society for Innovative Materials in Extreme Conditions (SIM-EXTREME) et al., Belgrade, Serbia, 22-23. March 2022, p. 61, ISBN: 978-86-7306-158-0.
11. G. Bakic, M. Djukic, B. Raicic, A. Maslarevic, V. Maksimovic, **V. Pavkov**, N. Milosevic, "High temperature failures of metals," 1st International Conference on Innovative Materials in Extreme Conditions - IMEC2022), Serbian Society for Innovative Materials in Extreme Conditions (SIM-EXTREME) et al., Belgrade, Serbia, 22-23. March 2022, p. 25, ISBN:978-86-7306-158-0.
12. **V. Pavkov**, G. Bakić, V. Maksimović, I. Cvijović-Alagić, B. Matović, "Physical and mechanical properties of glass-ceramic-metal composite materials after sintering," XXIII YuCorr, Serbian Society of Corrosion and Materials Protection, Divčibare, Serbia, 16-19. May 2022, p. 84, ISBN: 978-86-82343-29-5.

13. **V. Pavkov**, G. Bakić, V. Maksimović, D. Bučevac, M. Prekajski Đorđević, B. Matović, "Synthesis and characterization of glass-ceramic-metal composite materials obtained by sintering," 23rd annual conference YUCOMAT 2022 & Twelfth world round table conference on sintering XII WRTCS, Materials Research Society of Serbia & International Institute for the Science of Sintering, Herceg Novi, Montenegro, 29. August - 2. September 2022, p. 104, ISBN: 978-86-919111-7-1.

Регистрован патент на националном нивоу (M92)

1. N. Grahovac, **V. Pavkov**, B. Matović, "Sistem za regulaciju temperature deponovanja kod postrojenja za deponovanje dijamantskih prevlaka oksi-acetilenskim plamenom," Centar za sintezu, procesiranje i karakterizaciju materijala za primenu u ekstremnim uslovima - CEXTREME LAB, Broj prijave: MP-2020/0051, Registarski broj: 1688, Datum objavljivanja: 29.01.2021., Međunarodna klasifikacija патената (IPC): G05D 23/22; C23C 16/27.
2. **V. Pavkov**, G. Bakić, V. Maksimović, J. Luković, B. Matović, "Postupak izrade elemenata podnih obloga za unutrašnje i spoljašnje popločavanje i element podne obloge," Institut za nuklearne nauke "Vinča" – Institut od nacionalnog značaja za Republiku Srbiju, Univerzitet u Beogradu (Centar za sintezu, procesiranje i karakterizaciju materijala za primenu u ekstremnim uslovima - CEXTREME LAB), Broj prijave: P-2020/0543, Registarski broj: 63186, Datum objavljivanja: 30.06.2022., Međunarodna klasifikacija патената: C04B 35/76; B28B 1/04; E04F 15/12.

Објављен патент на националном нивоу (M94)

1. N. Grahovac, **V. Pavkov**, V. Maksimović, B. Matović, "Postupak ocene obradljivosti superlegura mašinskom obradom," Institut za nuklearne nauke "Vinča" – Institut od nacionalnog značaja za Republiku Srbiju, Univerzitet u Beogradu (Centar za sintezu, procesiranje i karakterizaciju materijala za primenu u ekstremnim uslovima - CEXTREME LAB), Broj prijave: P-2021/0356, Datum objavljivanja: 30.09.2022., Međunarodna klasifikacija патената: B23P 15/00; C22C 19/03.
2. N. Grahovac, **V. Pavkov**, S. Stanković, B. Matović, "Postupak primene reznog alata sa dijamantskom prevlakom pri obradi legure Al-12%Si i kompozita staklena vlakna/poliesterska smola na strugu," Institut za nuklearne nauke "Vinča" – Institut od nacionalnog značaja za Republiku Srbiju, Univerzitet u Beogradu (Centar za sintezu, procesiranje i karakterizaciju materijala za primenu u ekstremnim uslovima - CEXTREME LAB), Broj prijave: P-2021/0115, Datum objavljivanja: 29.07.2022, Međunarodna klasifikacija патената: B23B 27/20; B23B 27/14; B23B 51/00; B23P 15/30.

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

На основу прегледа и анализе достављене докторске дисертације, Комисија је утврдила да иста представља оригинално научно дело са значајним научним и техничким доприносима. У докторској дисертацији је приказана синтеза и карактеризација три групе материјала на бази стакло-керамика, стакло-керамика-метал и метал-стакло високе густине. Металургија праха је коришћена као технолошки процес за синтетисање материјала, док је карактеризација материјала извршена са аспекта фазне анализе, физичких и механичких својстава, као и испитивање корозионе постојаности материјала. Наведени резултати представљају значајна сазнања и допринос у области науке о материјалима. Резултати експерименталног истраживања су верификовани у публикованим научним радовима који су на SCI листи часописа, као и у другим публикованим радовима на међународним конференцијама. На основу горе наведеног, Комисија предлаже Наставно-научном већу да се докторска дисертација под називом „Синтеза и карактеризација композитних материјала на бази метал-стакло-керамика“ кандидата Владимира Павкова, студента Докторских академских студија, прихвати, изложи на увид јавности и упуту на коначно усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

.....
др Оливера Поповић, редовни професор
Универзитет у Београду - Машински факултет

.....
др Милош Ђукић, редовни професор
Универзитет у Београду - Машински факултет

.....
др Ненад Митровић, ванредни професор
Универзитет у Београду - Машински факултет

.....
др рер. нат. Бранко Матовић, научни саветник
Институт за нуклеарне науке „Винча“
Институт од националног значаја за Републику Србију
Универзитет у Београду

.....
др Ивана Цвијовић-Алагић, виши научни сарадник
Институт за нуклеарне науке „Винча“
Институт од националног значаја за Републику Србију
Универзитет у Београду

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
- МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ –
Број: 515/4
Датум: 13.07.2023. године
Београд, Краљице Марије бр. 16

На основу члана 40. Закона о високом образовању („Службени гласник РС“, број 88/2017 и 27/2018-др. закон), члана 41. Правилника о докторским студијама на Универзитету у Београду, члана 64. Статута Машинског факултета – пречишћени текст (број 1136/4 од 28.06.2021. године), Одлуке о изменама и допунама Статута број 239/6 од 17.02.2023. године и члана 46. Правилника о докторским студијама Машинског факултета, Наставно-научно веће на седници одржаној 13.07.2023. године, донело је

ОДЛУКУ

Усваја се реферат Комисије о урађеној докторској дисертацији **„СИНТЕЗА И КАРАКТЕРИЗАЦИЈА КОМПОЗИТНИХ МАТЕРИЈАЛА НА БАЗИ МЕТАЛ-СТАКЛО-КЕРАМИКА“** студента **ВЛАДИМИРА ПАВКОВА**, маг. инж. маш.

Јавна одбрана докторске дисертације обавиће се по добијању сагласности Универзитета у Београду.

Универзитет у Београду је својом Одлуком број 61206-754/2-20, од 24.02.2020. године, дао сагласност на предлог теме докторске дисертације.

Објављени радови студента у часописима међународног значаја:
Рад у истакнутом међународном часопису (M22)

1. **V. Pavkov**, G. Bakić, V. Maksimović, I. Cvijović-Alagić, M. Prekajski Đorđević, D. Bučevac, B. Matović, “High-density ceramics obtained by andesite basalt sintering,” *Process. Appl. Ceram.*, Vol. 16, No. 2, pp. 143-152, 2022 (ISSN: 1820-6131).

2. **V. Pavkov**, G. Bakić, V. Maksimović, I. Cvijović-Alagić, D. Bučevac, B. Matović, “Novel basalt-stainless steel composite materials with improved fracture toughness,” *Sci. Sinter.*, 2023 (ISSN: 0350-820X) (Accepted for publication, doi: 10.2298/SOS220429002P)

Одлуку доставити: студенту, ментору, Катедри за технологију материјала и архиви Факултета.

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

проф. др Владимир Поповић

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
- МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ –
Број:515/2
Датум: 06.04.2023. године
Београд, Краљице Марије бр.16

На основу обавештења др Гордане Бакић, ред. проф., и др Весне Максимовић, научног саветника, ИНН Винча Београд, ментора да је студент **Владимир Павков, маг. инж. маш.**, завршио докторску дисертацију **“Синтеза и карактеризација композитних материјала на бази метал-стакло-керамика”**, предлога Катедре за технологију материјала, а сагласно члану 30. Закона о високом образовању („Службени гласник РС”, број 76/2005, 100/2007 – аутентично тумачење, 97/2008, 93/2012 и 89/2013) и члану 43. Правилника о докторским студијама Машинског факултета, Наставно-научно веће Машинског факултета на седници одржаној дана 06.04.2023. године, донело је следећу

ОДЛУКУ

- др Оливера Поповић, ред. проф.,
- др Милош Ђукић, ред. проф.
- др Ненад Митровић, ванр. проф.
- др пер. нат. Бранко Матовић, научни саветник, Универзитет у Београду, ИНН Винча
- др Ивана Цвијовић-Алагић, виши научни сарадник, Универзитет у Београду, ИНН Винча

именују се за чланове Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације **«СИНТЕЗА И КАРАКТЕРИЗАЦИЈА КОМПОЗИТНИХ МАТЕРИЈАЛА НА БАЗИ МЕТАЛ-СТАКЛО-КЕРАМИКА»** студента **ВЛАДИМИРА ПАВКОВА**, маг.инж.маш.

Одлуку доставити: члановима Комисије, студенту и архиви Факултета.

 **ДЕКАН** *ми*
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА
проф. др Владимир Поповић