

Образац 3.

Факултет ТЕХНОЛОШКО-
МЕТАЛУШКИ

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

35/188

(Број захтева)

Веће научних области техничких наука

(Назив већа научне области коме се захтев
упућује)

30.06.2020.

(Датум)

ЗАХТЕВ

за давање сагласности на одлуку о прихватању теме докторске дисертације
и о одређивању ментора

Молимо да, сходно члану 47. ст. 5. тач. 3. Статута Универзитета у Београду ("Гласник Универзитета",
број 186/15-пречишћени текст и 189/16), дате сагласност на одлуку о прихватању теме докторске
дисертације:

Синтеза и карактеризација стакла и стаклокерамике на бази летећег пепела и отпадног
стакла

(пун назив предложене теме докторске дисертације)

НАУЧНА ОБЛАСТ Технолошко инжењерство

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

1. Име, име једног од родитеља и презиме кандидата:

Вељко (Векослав)Савић

2. Претходно образовање (назив и седиште факултета, студијски програм):

Универзитет у Београду,

Технолошко-металуршки факултет, Мастер студије, Мастер инжењер технологије

3. Година завршетка
претходног нивоа студија: 2016.

4. Година уписа на докторске студије: 2016.

5. Назив студијског програма
докторских студија:

Хемијско инжењерство

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ:

Име и презиме ментора: др Снежана Грујић

Звање: Редовни професор

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. M. B. Tošić, J. D. Nikolić, **S. R. Grujić**, V. D. Živanović, S. N. Zildžović, S. D. Matijašević, S. V. Ždrle, Dissolution behavior of a polyphosphate glass into an aqueous solution under static leaching conditions, *J. Non-Cryst. Solids*, 362, 2013, 185-194, M21 (ISSN 0022-3093 IF 2013: 1.716).
2. S. V. Smiljanić, **S. R. Grujić**, M. B. Tošić, V. D. Živanović, J. N. Stojanović, S. D. Matijašević, J. D. Nikolić, Crystallization and sintering behavior of glass-ceramics in the system $\text{La}_2\text{O}_3\text{--SrO--B}_2\text{O}_3$, *Ceram Int.*, 40, 2014, 297-305, M21 (ISSN 0272-8842, IF 2014:2.605).
3. V. Topalović, **S. R. Grujić**, V. D. Živanović, S. D. Matijašević, J. D. Nikolić, J. N. Stojanović, S. V. Smiljanić, Bioactive glass-ceramics prepared by powder sintering and crystallization of polyphosphate glass containing strontium, *Ceram. Int.*, 43, 2017, 12061-12069, M21a (ISSN 0272-8842, IF 2017:3.057).
4. S. Smiljanić, E. Karamanova, **S. Grujić**, J. Rogan, J. Stojanović, S. Matijašević, A. Karamanov, Sintering, crystallization and foaming of $\text{La}_2\text{O}_3\cdot\text{SrO}\cdot 5\text{B}_2\text{O}_3$ glass powders - effect of the holding temperature and the heating rate, *J. Non-Cryst. Solids*, 2018, 375-382, M21 (ISSN 0022-3093 IF 2017: 2.488).
5. A. Karamanov, S. Smiljanić, E. Karamanova, S. Matijašević, J. Nikolić, V. Savić, **S. Grujić**, Sintering, crystallization and foaming of $\text{La}_2\text{O}_3\cdot\text{SrO}\cdot 5\text{B}_2\text{O}_3$ glass powders: effect of the holding time, *J. Non-Cryst. Solids*, Vol. 554, 2020, 120168, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jnoncrysol.2020.120168>, M21 (ISSN 0022-3093 IF 2018: 2.600).

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ 2:

Име и презиме ментора: др Срђан Матијашевић

Звање: виши научни сарадник

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. S.D. Matijašević, M.B. Tošić, S.R. Grujić, J.N. Stojanović, V.D. Živanović, J.D. Nikolić, The effect of K₂O on the crystallization of niobium germanate glasses, *Sci. Sinter.*, 43 (1), 2011, 47-53, M23 (ISSN 0350-820X, IF 2011:0.274).
2. S.D. Matijašević, M.B. Tošić, J.N. Stojanović, S.R. Grujić, V.D. Živanović, J.D. Nikolić, M.S. Đošiћ, The crystallization of potassium germanate glass with high content of niobium oxide, *Ceram-Silikáty*, 56 (1), 2012, 61-68, M22 (ISSN 0862-5468, IF 2012: 0.418).
3. M.B. Tošić, J.D. Nikolić, S.R. Grujić, V.D. Živanović, S.N. Zildžović, S.D. Matijašević, S.V. Ždrale, Dissolution behavior of a polyphosphate glass into an aqueous solution under static leaching conditions, *J. Non-Cryst. Solids*, 362, 2013, 185-194, M21 (ISSN 0022-3093 IF 2013: 1.716).
4. S.V. Smiljanić, S.R. Grujić, M.B. Tošić, V.D. Živanović, J.N. Stojanović, S.D. Matijašević, J. D. Nikolić, Crystallization and sintering behavior of glass-ceramics in the system La₂O₃–SrO–B₂O₃, *Ceram. Int.*, 40, 2014, 297-305, M21 (ISSN 0272-8842, IF 2014:2.605).
5. V.S. Topalović, S.R. Grujić, V.D. Živanović, S.D. Matijašević, J. D. Nikolić, J. N. Stojanović, S. V. Smiljanić, Bioactive glass-ceramics prepared by powder sintering and crystallization of polyphosphate glass containing strontium, *Ceram. Int.*, 43 [15] 2017, 12061-12069, M21a (ISSN 0272-8842, IF 2017:3.057).

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

Проф.дрПетарУскоковћ

- Прилог
1. Одлука Наставно-научног већа о прихватању теме и одређивању ментора
 2. Извештај Комисије о оцени научне заснованости теме докторске дисертације

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

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. 43. Правилника о докторским студијама ТМФ-а на седници Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета од 25.06.2020. године, донета је

О Д Л У К А

о прихватању Реферата Комисије за оцену подобности теме и кандидата
за израду докторске дисертације

Прихвата се Реферат Комисије за оцену подобности теме и кандидата и одобрава израда докторске дисертације **Вељко Савић**, број индекса 4005/2016, под називом: „**Синтеза и карактеризација стакла и стаклокерамике на бази летећег пепела и отпадног стакла**“.

Одлуку о давању сагласности на предлог теме докторске дисертације доноси Универзитет у Београду.

За ментора се одређује др Снежана Грујић, редовни професор, Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет, а за коментора др Срђан Матијашевић, виши научни сарадник Института за технологију нуклеарних и других минералних сировина у Београду.

Одлуку доставити: Универзитету у Београду, кандидату, менторима, Служби за наставно студентске послове и архиви Факултета.

Д Е К А Н

Проф. др Петар Ускоковић

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет Подобност теме и кандидата Вељка В. Савића за израду докторске дисертације

Одлуком 35/84 бр. од 28. 05. 2020. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидата Вељка Савића за израду докторске дисертације и научне заснованости теме **Синтеза и карактеризација стакла и стаклокерамике на бази летећег пепела и отпадног стакла**

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи

РЕФЕРАТ

1. Подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

Вељко В. Савић рођен је 03.10.1992. године у Краљеву, Република Србија. Основну школу “Вук Караџић” и средњу Пољопривредно- хемијску школу “Др Ђорђе Радић”, смер техничар за заштиту животне средине, завршио је у Краљеву. Школске 2011/2012. уписао је основне академске студије на Технолошко-металуршком факултету, Универзитета у Београду. Дипломирао је 2015. године на Катедри за Неорганску хемијску технологију, са просечном оценом у току студија 8,08. Завршни рад „Уклањање анјонских и катјонских боја из воде адсорпцијом на меркаптосиланизираним сепиолитима“ одбранио је оценом 10, на Катедри за Неорганску хемијску технологију.

Школске 2015/2016. уписао је мастер академске студије на Технолошко-металуршком факултету, студијски програм Хемијско инжењерство. Дипломирао је 2016. године са просечном оценом 9,50. Завршни мастер рад „Бељење сунцокретовог уља природним и модификованим сепиолитима“ одбранио је оценом 10, на Катедри за Неорганску хемијску технологију.

Школске 2016/2017. уписао је докторске студије на Технолошко-металуршком факултету. Положио је све испите предвиђене студијским програмом докторских студија са просечном оценом 10,0. Приступни рад за израду докторске дисертације одбранио је оценом 10, 2018. године.

Кандидат говори, чита и пише на енглеском језику.

1.2. Стечено научноистраживачко искуство

Кандидат Вељко Савић запослен је од 01. 12. 2016. године у Институту за технологију нуклеарних и других минералних сировина у Београду. У Институту је укључен у реализацију пројеката из програма основних истраживања и технолошког развоја Министарства просвете, науке и технолошког развоја:

ОИ172004 Феномени и процеси синтезе нових стакластих и наноструктурних стакло-керамичких материјала (2011-2019)

ТР34001 Развој стакала са контролисаним отпуштањем јона за примену у пољопривреди и медицини (2011-2019)

Осим ангажовања на пројектима Министарства просвете, науке и технолошког развоја кандидат је ангажован и у активностима у Институту, као сарадник Центра за неорганску технологију. Кандидат је учествовао у истраживањима припреме, карактеризације и модификације различитих стакластих и стаклокерамичких материјала. Предложени научни рад кандидата је из области стакла и стаклокерамичких материјала, односно истраживање у области нуклеације и кристализације стакала, феномена и процеса растварања стакала, синтеровање стакала и карактеризације добијене стакло керамике.

Аутор и коаутор је више радова објављених у домаћим и страним часописима као и радова представљених на домаћим и међународним конференцијама.

Положени испити и остварени бодови у току докторских студија:

Назив предмета	Оцена	ЕСПБ
1. Одабрана поглавља нумеричке анализе	10	5
2. Енглески језик	10	
3. Термодинамика чврстог стања	10	5
4. Стакло-керамика	10	5
5. Нискотемпературни керамички процеси	10	5
6. Хемијска кинетика	10	5
7. Структура стакла и стакластих материјала	10	5
8. Теорија процеса сагоревања	10	6
9. Методе карактеризације керамичких и стакластих материјала	10	4
10. Теоријски основи керамике и стакла	10	5
11. Феномени преноса у инжењерству материјала	10	5
12. Завршни испит	10	30

Списак радова који показују афинитет, способност и подобност кандидата за израду дисертације са предложеним насловом и датим приказом:

M21 Рад у врхунском међународном часопису

1. Karamanov A., Smiljanić S., Karamanova E., Matijašević S., Nikolić J., **Savić V.**, Grujić S.: *Sintering, crystallization and foaming of $\text{La}_2\text{O}_3\cdot\text{SrO}\cdot 5\text{B}_2\text{O}_3$ glass powders: effect of the*

holding time, Journal of Non-Crystalline Solids, Vol. 554, 2020, 120168, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jnoncrysol.2020.120168>, IF: 2.600 ISSN: 0022-3093

M22 радови у истакнутим међународним часописима

2. Matijašević S., Grujić S., Topalović V., Nikolić J., Smiljanić S., Labus N., **Savić V.:** *Non-isothermal crystallization of lithium germanophosphate glass studied by different kinetic methods*, Science of Sintering, Vol 50 No. 2, 2018, pp. 193-203, IF: 0.885 ISSN: 0350-820X
3. Stojanović J., Smiljanić S., Grujić S., Vulić P., Matijašević S., Nikolić J., **Savić V.:** *Structure and Microstructure Characterization of the $La_2SrB_{10}O_{19}$ Glass-Ceramics*, Science of Sintering, Vol. 51 No. 4, 2019, pp. 389-399, IF: 0.885 ISSN: 0350-820X

M24 рад у часопису међународног значаја верификован посебном одлуком

4. Vujošević A., Matijašević S., Smiljanić S., Nikolić J., Zečević B., Topalović V., **Savić V.:** *Polyphosphate glass as fertilizer for plant seedlings*, Zaštita Materijala, Vol 60, No 1, 2019, pp. 96-104.

Радови саопштени на научним скуповима међународног значаја

M33 Радови са међународних скупова штампани у целини

5. Topalović V., Matijašević S., **Savić V.**, Grujić S., Smiljanić S., Vujošević A.: *Crystallization properties and sinterability of bioactive phosphate glass-ceramic*, Proceedings of 49th International October Conference on Mining and Metallurgy - IOCMM 2017, Bor Lake 2017, pp. 416-419.
6. Topalović V., Matijašević S., Nikolić J., **Savić V.**, Smiljanić S., Grujić S.: *Lanthanum-doped phosphate glass for biomedical application*, Proceedings of 50th International October Conference on Mining and Metallurgy - IOCMM 2018, Bor Lake 2018, pp. 223-226.
7. **Savić V.**, Matijašević S., Topalović V., Zildžović S., Smiljanić S., Grujić S.: *Non-isothermal analysis of nucleation of the $Li_2O-GeO_2-Al_2O_3-P_2O_5$ glass*, Proceedings of 50th International October Conference on Mining and Metallurgy - IOCMM 2018, Bor Lake 2018, pp. 219-223.
8. Topalović V., Matijašević S., Đošić M., Nikolić J., **Savić V.**, Smiljanić S., Grujić S.: *The crystallization of glass samples from the system $P_2O_5-CaO-SrO-Na_2O-TiO_2$* , Proceedings of 51st International October Conference on Mining and Metallurgy-IOCMM 2019, Bor Lake 2019, pp. 311-314.
9. **Savić V.**, Topalović V., Nikolić J., Matijašević S., Đošić M., Grujić S.: *Dissolution of coal fly ash glass in different media*, Proceedings of 51st International October Conference on Mining and Metallurgy-IOCMM 2019, Bor Lake 2019, pp. 93-96.
10. **Savić V.**, Topalović V., Matijašević S., Nikolić J., Zildžović S., Smiljanić S., Grujić S., *Production of glass- ceramics from coal fly ash and limestone*, Proceedings of XIII International Mineral Processing and Recycling Conference-IMPRC 2019, Belgrade 2019, pp. 135-140.

M34 Саопштења са међународних скупова штампана у изводу

11. **Savić V.**, Matijašević S., Grujić S., Topalović V., Smiljanić S., Nikolić J., Zildžović S.: *Ion conductive glass-ceramics in the system $Li_2O-Al_2O_3-GeO_2-P_2O_5$* , Proceedings of 3rd Metallurgical & Materials Engineering Congress of South-East Europe 2017 - MME SEE 2017, Belgrade 2017, pp. 46.

12. Topalović V., Matijašević S., Nikolić J., Došić M., **Savić V.**, Smiljanić S., Grujić S.: *Dissolution properties of bioactive glasses containing strontium*, Proceedings of Advanced Ceramics and Applications VII: New Frontiers in Multifunctional Material Science and Processing - ACAVII 2018, Belgrade 2018, pp. 61.
13. Topalović V., Matijašević S., Nikolić J., Došić M., **Savić V.**, Grujić S., Smiljanić S.: *Synthesis and Characterization of Phosphate Based Bioactive Glass-ceramics Scaffolds*, Proceedings of Electron Microscopy of Nanostructures - ELMINA 2018 Conference, Belgrade 2018, pp. 249-251.
14. **Savić V.**, Matijašević S., Smiljanić S., Nikolić J., Zildžović S., Grujić S.: *GLASS-CERAMICS OBTAINED FROM COPPER MINE TAILINGS AND GLASS CULLETS*, Proceedings of 4th Metallurgical & Materials Engineering Congress of South-East Europe 2019- MME SEE 2019, Belgrade 2019, pp. 33
15. Topalović V., Matijašević S., Nikolić J., Došić M., **Savić V.**, Smiljanić S., Grujić S.: *CHARACTERIZATION OF LANTHANUM-DOPED PHOSPHATE GLASS*, Proceedings of 4th Metallurgical & Materials Engineering Congress of South-East Europe 2019- MME SEE 2019, Belgrade 2019, pp. 34
16. **Savić V.**, Topalović V., Matijašević S., Nikolić J., Zildžović S., Smiljanić S., Grujić S.: *Corrosion of coal fly ash glass*, Proceedings of Advanced Ceramics and Applications VIII: New Frontiers in Multifunctional Material Science and Processing, ACAVIII 2019, Belgrade 2019, pp. 59.
17. Topalović V., Matijašević S., Nikolić J., Došić M., **Savić V.**, Smiljanić S., Grujić S.: *Characterization of different bioactive phosphate glasses*, Proceedings of Advanced Ceramics and Applications VIII: New Frontiers in Multifunctional Material Science and Processing, ACAVIII 2019 Belgrade 2019, pp.60.

1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

На основу биографских података, података о докторским студијама, списка објављених радова и приказаних резултата у оквиру научно-истраживачког рада на пројектима Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије, уочава се да је Вељко Савић, мастер инжењер технологије, показао склоност и способност бављења научно-истраживачким радом. Као коаутор објавио је један рад у врхунском међународном часопису, два рада у истакнутом међународном часопису, један рад у часопису међународног значаја верификовним посебном одлуком, шест саопштења са међународног скупа штампана у целини, седам саопштења са међународног скупа штампана у изводу, од тога као први аутор објавио три саопштења са међународног скупа штампана у целини и три саопштења са међународног скупа штампана у изводу. Тема докторске дисертације припада области из које је кандидат објавио научне радове. На основу досадашње сарадње са кандидатом, као и објављених научних радова, Комисија сматра да кандидат испуњава услове за рад на предложеној теми.

2. Предмет и циљ истраживања

Рециклажа и заштита животне средине су један од приоритета данашњице. У Србији се од укупно генерисаног отпада рециклира тек око 3%, што је значајно испод просека Европске Уније. Развој стакла и стаклокерамике на бази различитих отпадних материјала представља важну област испитивања, с обзиром да се коришћењем отпадних материјала може добити стакласти или стаклокерамички материјали чија су својства упоредива са својствима комерцијално доступних материјала који налазе примену на пример у грађевинарству. У том

смислу разматрано је добијање стаклокерамике на бази летећег пепела, гранулисане згуре високе пећи, пепела пиринчаних љуски, бокситног муља и других отпадних материјала.

Летећи пепео настаје као отпадни материјал у процесу сагоревања угља у термоелектранама. Несагориви део материје угља после сагоревања заостаје као пепео на дну пећи као ложишни пепео и шљака, а део излази из постројења димним гасовима и прикупља се на електростатичким филтерима, те се због тога назива летећи, односно електрофилтерски пепео. У Србији се у термоелектранама годишње сагори око 40 милиона тона лигнита и настаје око 6 милиона тона летећег пепела. Летећи пепео се највећим делом одлаже на депоније, али се због свог хемијског састава где доминирају SiO_2 , Al_2O_3 , CaO и Fe_2O_3 може употребити за изградњу путева, у индустрији цемента и за добијање стакла и стаклокерамике. Због тога је значајно пронаћи решење за рециклажу генерисаног летећег пепела и санацију депонија.

Стакло је материјал који се у многим земљама успешно користи у ланцу примарне рециклаже, односно за производњу нових стаклених производа. Међутим, ипак се јављају велике количине отпадног стакла које не испуњавају услове за примену у примарној рециклажи. Због тога се стално истражују нове могућности примене овог отпадног материјала.

У индустрији шећера, приликом чишћења дифузног сока од нешећерних примеса се уводи CaO , затим CO_2 , при чему настаје CaCO_3 , који се као талог заједно са примесама одваја филтрацијом и назива се сатурациони муљ. Сатурациони муљ се одлаже на депоније, а јако мали проценат се користи за ремедијацију земљишта и у индустрији цемента. Садржај CaCO_3 у сатурационом муљу је 50 - 90 %, те се може употребити као секундарна сировина за добијање стакла и стаклокерамике.

Предмет овог истраживања је синтеза стакла од отпадних материјала, на бази летећег пепела и отпадног стакла са додатком: сатурационог муља, CaCO_3 или Na_2CO_3 и испитивање услова топлотне обраде за добијање густе стаклокерамике жељених својстава, као и утицаја додатака на синтерабилност прахова стакла. У овире истраживања биће изведена и синтеза порозног стакластог или стаклокерамичког материјала - стаклене пене на бази отпадног стакла са додатком сатурационог муља и испитивање утицаја топлотне обраде на особине порозног стакла.

Научни циљеви овог рада биће добијање стакла на бази летећег пепела и отпадног стакла, дефинисање услова топлотне обраде за добијање стаклокерамике, одређивање утицаја додатака на синтерабилност прахова стакла, као и услова добијања стаклене пене. Биће изведена детаљна испитивања процеса синтеровања и кристализације стакла било у циљу добијања густог или порозног стакластог или стаклокерамичког материјала. Коначни резултати би требало да омогуће одређивање утицаја услова синтеровања на микроструктуру стаклокерамике на бази летећег пепела добијене синтеркристализацијом и одређивање утицаја топлотне обраде на микроструктуру стаклене пене.

Циљеви истраживања ове докторске дисертације могу се поделити на:

1. Дефинисање стакларске мешавине и услова добијања стакла на бази пепела и/или отпадног стакла.
2. Одређивање области максималног скупљања и кристализације стакла.

3. Дефинисање услова и температурске области синтеровања прахова стакла и одређивање утицаја топлотне обраде на структурне, физичко-механичке и хемијске карактеристике добијене стаклокерамике
4. Одређивање утицаја услова састава и топлотне обраде на структурне, физичко-механичке и хемијске карактеристике добијене стаклене пене.

Најважнији литературни подаци који подржавају тему су:

1. A. Karamanov: *Vitrification and Sinter-Crystallization of Iron-Rich Industrial Wastes*, Advances in Science and Technology, Vol. 92, 2014, pp. 174-183
2. R.K. Chinnam, A.A. Francis, J. Will, E. Bernardo, A.R. Boccaccini: *Review. Functional glasses and glass-ceramics derived from iron rich waste and combination of industrial residues*, Journal of Non-Crystalline Solids, Vol 365, 2013, pp. 63–74
3. S. Papamarkou, C. Sifaki, P.E. Tsakiridis, G. Bartzas, K. Tsakalakis: *Synthetic wollastonitic glass ceramics derived from recycled glass and medical waste incinerator fly ash*, Journal of Environmental Chemical Engineering, Vol. 6, 2018, pp 5812–5819
4. S. Wang, C. Zhang, J. Chen: *Utilization of Coal Fly Ash for the Production of Glass-ceramics With Unique Performances: A Brief Review*, Journal of Materials Science and Technology, Vol. 30 No.12, 2014, pp. 1208-1212
5. J. Li, X. Zhuang, E. Monfort, X. Querol, A. S. Llaudis, O. Font, N. Moreno, F. J. G. Ten, M. Izquierdo: *Utilization of coal fly ash from a Chinese power plant for manufacturing highly insulating foam glass: Implications of physical, mechanical properties and environmental features*, Construction and Building Materials, Vol. 175, 2018, pp. 64–76
6. J. Lv, H. Yang, Z. Jin, M. Zhao: *Lead extraction and glass-ceramics synthesis from waste cathode ray tube funnel glass through cooperative smelting process with coal fly ash*, Waste Management Vol. 76, 2018, pp. 687–696
7. F. P. da Costa, C. Morais, A. M. Rodrigues: *Sustainable glass-ceramic foams manufactured from waste glass bottles and bentonite*, Ceramics International, Vol. 46, 2020, pp. 17957–17961
8. Yu-Ling Wei, Shao-Hsian Cheng, Kun-Tein Ou, Po-Jan Kuo, Tai-Heng Chung, Xiang-Qi Xie: *Effect of calcium compounds on lightweight aggregates prepared by firing a mixture of coal fly ash and waste glass*, Ceramics International, Vol. 43, 2017, pp. 15573–15579
9. A. Karamanov, L. Maccarini Schabbach, E. Karamanova, F. Andreola, L. Barbieri, B. Ranguelov, G. Avdeev, I. Lancellotti: *Sinter-crystallization in air and inert atmospheres of a glass from pre-treated municipal solid waste bottom ashes*, J. Non-Crystalline Solids, Vol. 389, 2014, pp. 50-59
10. D. Saparuddin, N. Hisham, S. Aziz, K. Matori, S. Honda, Y. Iwamoto, M. Zaid: *Effect of sintering temperature on the crystal growth, microstructure and mechanical strength of foam glass-ceramic from waste materials*, Journal of Materials Research and Technology, Vol 9, No. 3, 2020, pp.5640-5674
11. Y. Yue, J. Zhang, F. Sun, S. Wu, Y. Pan, J. Zhou, G. Qian: *Heavy metal leaching and distribution in glass products from the co-melting treatment of electroplating sludge and MSWI fly ash*, Journal of Environmental Management, Vol. 232, 2019, pp. 226–235
12. H. Wang, Y. Sun, L. Li, Ru. Ji, X. Wang: *Integrated utilization of fly ash and waste glass for synthesis of foam/dense bi-layered insulation ceramic tile*, Energy & Buildings, Vol. 168, 2018, pp. 67–75
13. M. Scheffler, P. Colombo (Eds.): *Cellular Ceramics: Structure, Manufacturing, Properties and Applications*, WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, 2005. ISBN: 3-527-31320-6
14. R. da Silva, E. Kubaski, E. Tenorio-Neto, M. Lima-Tenorio, S. Tebcherani: *Foam glass using sodium hydroxide as foaming agent: Study on the reaction mechanism in soda-lime glass matrix*, Journal of Non-Crystalline Solids Vol. 511, 2019, pp. 177–182

15. M. T. Souza , B. G.O. Maia, L. B. Teixeira, K. G. de Oliveira, A. H.B. Teixeira, A. P. Novaes de Oliveira: *Glass foams produced from glass bottles and eggshell wastes*, Process Safety and Environmental Protection Vol. 111, 2017, pp. 60–64
16. F. Fernandes, S. Arcaro, E. Tochtrop Junior, J. Serra, C. Bergmann: *Glass foams produced from soda-lime glass waste and rice husk ash applied as partial substitutes for concrete aggregates*, Process Safety and Environmental Protection, Vol. 128, 2019, pp. 77–84
17. J. König, R. R. Petersen, N. Iversen, Y. Yue: *Suppressing the effect of cullet composition on the formation and properties of foamed glass*, Ceramics International, Vol. 44, 2018, pp. 11143–11150
18. J. König, R. R. Petersen, Y. Yue, D. Suvorov: *Gas-releasing reactions in foam-glass formation using carbon and $MnxOy$ as the foaming agents*, Ceramics International, Vol. 43, 2017, pp. 4638–4646
19. S. Abbasi, S. M. Mirkazemi, A. Ziaee and M. Saeedi Heydari: *The Effects of Fe_2O_3 and Co_3O_4 on Microstructure and Properties of Foam Glass from Soda Lime Waste Glasses*, Glass Physics and Chemistry, Vol. 40 No.2, 2014, pp. 173–179

3. Полазне хипотезе

У истраживања примене отпадних материјала за добијање стакластог односно стаклокерамичког материјала најчешће коришћене технике су: добијање стакла топљењем одговарајуће мешавине што захтева дефинисање састава и услова топљења стакларске мешавине, припрема праха добијеног стакла, а затим синтеровање под тачно дефинисаним условима при којима ће доћи до максималног скупљања, односно добијења густог стакластог или стаклокерамичког производа. За добијање порозног стакластог или стаклокерамичког производа се примењује најчешће синтеровање праха отпадног материјала са додацима који у дефинисаним условима топлотне обраде ослобађају гасове и омогућавају добијање порозне структуре, односно добијање стаклене пене. Стаклена пена, због својих својстава: мала густина, хемијска постојаност, мала топлотна проводљивост, оптимална величина пора, обрадивост итд, представља погодан термоизолациони материјал.

Познавање процеса кристализације стакла важно је како за добијање стакла, тако и за добијање стаклокерاميце, јер је у првом случају потребно спречити кристализацију, а у другом добити стаклокерамичку одређених својстава и микроструктуре. Специфична својства стаклокерاميце одређена су не само природом издвојене фазе, већ и микроструктуром добијене стаклокерاميце, односно у великој мери зависе од услова топлотне обраде. Синтеровањем праха стакла процес кристализације се дешава на површини честица које се синтерују, те у зависности од тога да ли се скупљање и кристализације одвијају у истој области или не, може се добити густе или порозне стакласте или стаклокерамички производ. Јасно је да у зависности од услова топлотне обраде добијена стаклокерамика у односу на полазно стакло може имати: мањи коефицијент топлотног ширења, боља механичка својства, електрична својства, већу хемијску постојаност и др. Остакљивњем отпадних материјала, тоскичне материје које се ту налазе се хемијски везују и инкорпорирају у стаклену матрицу чиме се онемогућује њихово излуживање у животну средину, а истовремено се добија материјал задовољавајућих карактеристика. Познавањем услова топлотне обраде прахова стакла на бази летећег пепела и отпадног стакла могуће је контролисати микроструктуру, удео кристалне фазе, а тиме и механичку чврстоћу и хемијску постојаност добијене стаклокерاميце.

4. Научне методе истраживања

За одређивање хемијског састава летећег пепела, отпадног стакла, сатурационог муља, користиће се спектрофотометрија и атомска апсорпциона спектроскопија (AAS).

Рендгенска дифракциона анализа прахова (XRD) ће се употребити за потврду аморфности добијеног стакла, као идентификацију фаза насталих током синтеровања прахова добијених стакала. Кристалizacione карактеристике стакла биће одређене диференцијално-термијском анализом (DTA) и диференцијално скенирајућом калориметријом (DSC). За разматрање структуре стакла и промене у структури током топлотне обраде биће коришћена инфрацрвена спектроскопска анализа (FT-IR). Синтерабилност прахова биће одређене термомикроскопом (HSM) и оптичким дилатометром (OD). Скенирајућа електронска микроскопија (SEM) пружиће увид у микроструктуру добијене стаклокерاميце, као и микроструктуру стаклокерاميце после испитивања хемијске постојаности. Коефицијент топлотне проводљивости стаклене пене биће одређен методом грејне плоче.

5. Очекивани научни допринос

Резултати ове докторске дисертације би требало да омогуће добијање стакла и стаклокерاميце на бази летећег пепела и отпадног стакла и добијање стаклене пене на бази отпадног стакла уз додатак сатурационог муља. На основу резултата испитивања:

- Биће разјашњена струкура и својства стакала и стаклокерاميце добијених синтеровањем прахова стакала на бази летећег пепела и отпадног стакла;
- Биће дефинисана синтерабилност прахова стакла односно дефинисана област синтеровања која ће омогућити добијање густог стакленог односно стаклокерамичког производа, односно биће одређена синтерабилност и кристалizacione карактеристике полазног стакла;
- Биће одређен утицај топлотне обраде и различитих додатака (сатурационог муља, CaCO_3 или Na_2CO_3) на својства стакла и стаклокерاميце;
- Биће разјашњен утицај топлотне обраде и састава (отпадно стакло и сатурациони муљ) на струкуру и својства стаклене пене.

6. План истраживања и структура рада

Предмет рада ове докторске дисертације је: синтеза стакала на бази летећег пепела и отпадног стакла и испитивање услова добијања стаклокерاميце; добијање стаклене пене на бази отпадног стакла и испитивање услова топлотне обраде на својства добијене стаклене пене.

У првом делу израде дисертације приступиће се прегледу и прикупљању досадашњих истраживања о: условима остакљивања мешавина на бази летећег пепела и отпадног стакла, карактеризацији добијених стакала, синтерабилности прахова стакла, кристалizacionим карактеристикама и синтеркристалizacionи прахова стакала. Експериментални део израде дисертације обухватиће: дефинисање састава мешавина за добијање стакала на бази летећег пепела и отпадног стакла, дефинисање услова топљења (температуре топљења и брзине хлађења растопа стакла). За добијање стакала на бази летећег пепела и отпадног стакла са различитим додацима (сатурациони муљ, CaCO_3 или Na_2CO_3) користиће се метода топљења и наглог хлађења. На основу испитивања синтерабилности прахова и кристалizacionих карактеристика биће изабрани услови топлотне обраде. Биће одређена својства добијене стаклокерاميце. У оквиру експерименталног дела биће изведена и синтеза изабраних састава стаклене пене и одређивање својстава стаклене пене. Даље ће се приступити обради и дискусији резултата и извођењу закључака. Имајући у виду наведени план, очекује се да ће дисертација имати следећа поглавља: *Увод, Теоријски део, Експериментални део, Резултати и дискусија, Закључак и Литература.*

7. Закључак и предлог

На основу изнетих података о досадашњем раду и постигнутим резултатима, Комисија сматра да кандидат Вељко Савић, мастер инжењер технологије, испуњава све услове за рад на предложеној теми докторске дисертације. Такође, на основу изложеног, Комисија сматра да је тема предложене докторске дисертације под називом: “Синтеза и карактеризација стакла и стаклокерамике на бази летећег пепела и отпадног стакла”, научно заснована, и предлаже Наставно-научном већу Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду да је прихвати. За коменторе се предлажу др Снежана Грујић, редовни професор Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет и др Срђан Матијашевић, виши научни сарадник, Институт за технологију нуклеарних и других минералних сировина у Београду. Истраживања у оквиру ове докторске дисертације припадају научној области Технолошко инжењерство, за коју је Технолошко-металуршки факултет Универзитета у Београду матична установа.

У Београду, 17. 06. 2020.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

.....
Др Снежана Грујић, редовни професор Универзитета
у Београду, Технолошко- металуршки факултет

.....
Др Рада Петровић, редовни професор Универзитета у
Београду, Технолошко- металуршки факултет

.....
Др Сања Јевтић, доцент Универзитета у Београду,
Технолошко- металуршки факултет

.....
Др Срђан Матијашевић, виши научни сарадник
Института за технологију нуклеарних и других
минералних сировина у Београду

.....
Др Даниела Поповић, научни сарадник
Иновационог центра Технолошко- металуршког
факултета