

Факултет **ТЕХНОЛОШКО-
МЕТАЛУШКИ**

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

35/43

Веће научних области техничких наука

(Број захтева)

(Назив већа научне области коме се захтев
упућује)

12.03.2020.

(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:

**Механичка и термичка својства синтетисаних нанокомпозитних материјала на бази халојзита и
калцијум-силиката**

(пун назив предложене теме докторске дисертације)

НАУЧНА ОБЛАСТ Технолошко инжењерство

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

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

Александра (Никола) Јелић

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

Универзитет у Београду,

Технолошко-металуршки факултет, Мастер студије, Хемијско инжењерство

3. Година завршетка
претходног нивоа студија: 2016.

4. Година уписа на докторске студије: 2016.

5. Назив студијског програма
докторских студија: Инжењерство материјала

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ:

за кандидата **Александру Јелић**

Име и презиме ментора: **Славиша Путић**

Звање: **редовни професор Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет**

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. Veljović Đ., Jančić-Hajneman R., Balać I., Jokić B., Putić S., Petrović R., Janačković Đ., "The effect of the shape and size of the pores on the mechanical properties of porous HAP-based bioceramics", Ceram. Int. 37 (2011) 471-479, ISSN 0272-8842, IF 2010=1,472, Materials Science, Ceramics (2010: 5/25) (kategorija M21 za 2010. godinu)
2. Međo B., Rakin M., Arsić M., Sarkočević Ž., Zrilić M., Putić S., "Determination of the Load Carrying Capacity of Damaged Pipes Using Local Approach to Fracture", Mater. Trans., JIM / Japan Institute of Metals Vol. 53, No. 1 (2012) 185-190, DOI: 10.2320/matertrans.M2011210, ONLINE ISSN 1347-5320, PRINT ISSN 1345-9678, IF 2010=0,787, Metallurgy & Metallurgical Engineering (2010: 22/76) (kategorija M21 za 2010. godinu), Materials Science, Multidisciplinary (2010: 145/225).
3. Grujić M., Stijepović J., Trošić S., Putić S., Nedeljković D., Stajčić A., Aleksić R., "Dynamic Mechanical Behaviour of Polymer Bonded NdFeB Composite Materials", Mater. Trans., JIM / Japan Institute of Metals Vol. 53, No. 2 (2012) 395-400, DOI: 10.2320/matertrans. M2011218, PRINT ISSN 1345-9678, IF 2010=0,787, Metallurgy & Metallurgical Engineering (2010: 22/76) (kategorija M21 za 2010. godinu), Materials Science, Multidisciplinary (2010: 145/225).
4. Stamenović M., Putić S., Međo B., Rakin M., Zrilić M., "Effect of solution pH on crack initiation and propagation in glass-polyester pipes subjected to impact", Polym. Compos. Vol. 33, Issue 7 (2012),

DOI: 10.1002/PC.22258, ISSN 0272-8397, IF 2010=0,998 Materials Science, Composites (2010: 7/24) (kategorija M21 za 2010. godinu).

5. Veljović Đ., Palcevskis E., Dindune A., Putić S., Balać I., Petrović R., Janačković Đ., “Microwave sintering improves the mechanical properties of biphasic calcium phosphates from hydroxyapatite microspheres produced from hydrothermal processing”, J. Mater. Sci. 45(12) (2010): 3175-3183, ISSN 0022-2461, IF 2010=1,859, Materials Science, Multidisciplinary (2010: 68/225) (kategorija M22 za 2010. godinu).

6. Stamenović M., Putić S., Rakin M., Međo B., Čikara D., “Effect of alkaline and acidic solutions on the tensile properties of glass-polyester pipes”, Mater. Des. Vol. 32/4 (2011) 2456-2461, ISSN 0261-3069, IF 2010=1,696, Materials Science, Multidisciplinary (2010: 76/225) (kategorija M22 za 2010. godinu).

7. Putić S., Bajčeta B., Vitković D., Stamenović M., Pavićević V., “The Interlaminar Strength of the Glass Fibre Polyester Composite”, CI&CEQ Vol.15 (1) (2009) 45-48 ISSN 1451-9372, IF 2010=0,580, Chemistry Applied (52/70), Engineering, Chemical (94/135) (kategorija M23 za 2010. godinu)

8. Stamenović M., Putić S., Zrilić M., Milović Lj., Pavlović-Krstić J., “Specific Energy Absorption Capacity Of Glass-Polyester Composite Tubes Under Static Compressive Loading”, Metalurgija Vol. 50, br. 3 (2011) 197-200, ISSN 0543-5846, IF 2010=0,348, Metallurgy & Metallurgical Engineering, (2010: 48/76) (kategorija M23 za 2010. godinu).

9. Stamenović M., Putić S., Drmanić S., Rakin M., Medjo B., “The influence of service solutions on the longitudinal and circumferential tensile properties of glass-polyester composite pipes”, Mater. Sci. Vol. 47, No 1 (2012): 61-69, ISSN 1068-820X, IF 2010=0,210, Materials Science, Multidisciplinary (2010: 207/225) (kategorija M23 za 2010. godinu).

Обавештавамо вас да је Наставно-научно веће

(назив надлежног тела факултета)

на седници одржаној 05.03.2020. године размотрило предложену тему и закључило да је

тема подобна за израду докторске дисертације јер садржи оригиналну идеју и да је од значаја за развој науке, примену њених резултата, односно развој научне мисли уопште.

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

Др Петар Ускоковић, редовни професор

- 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 05.03.2020. 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 **Александре Јелић**, број индекса 4009/2016, под називом: **„Механичка и термичка својства синтетисаних нанокомпозитних материјала на бази халојита и калцијум-силиката“**.

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

За ментора се одређује др Славиша Путић, редовни професор Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет, уз сагласност Комисије за докторске студије.

Одлуку доставити: Универзитету у Београду, кандидату, ментору, 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 Александре Н. Јелић за израду докторске дисертације

Одлуком 35/13 бр. од 30.01.2020. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидата Александре Н. Јелић за израду докторске дисертације и научне заснованости теме „Механичка и термичка својства синтетисаних нанокompозитних материјала на бази халојзита и воластонита“.

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи

РЕФЕРАТ

1. Подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

Александра Н. Јелић рођена је 30.08.1992. године у Пријеполу, Република Србија. Основну школу и гимназију је завршила у Новој Вароши, Република Србија. На Технолошко-металуршки факултет, Универзитета у Београду, студијски програм Биохемијско инжењерство и биотехнологија, уписала се 2011. године, где је у септембру 2015. на Катедри за опште техничке науке успешно одбранила Завршни рад са оценом 10. Мастер академске студије је уписала 2015/16. године на Технолошко-металуршком факултету Универзитета у Београду, студијски програм Хемијско инжењерство. Завршни мастер рад „Прорачун изреза на омотачу колоне на месту прикључака“ је одбранила септембра 2016. године на Катедри за опште техничке науке са оценом 10.

Докторске студије уписала је 2016. године на Технолошко-металуршком факултету Универзитета у Београду, студијски програм Инжењерство материјала. Запослена је у Иновационом центру Технолошко-металуршког факултета где је од марта 2017. до децембра 2019. године била ангажована као истраживач приправник на пројекту Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије ТП 35011 „Интегритет опреме под притиском при истовременом деловању замарајућег оптерећења и температуре“ под руководством проф. др Љубице Миловић.

Део резултата свог истраживачког рада Александра Јелић је представила у оквиру 7 предавања по позиву са скупа националног значаја штампана у целини од којих 6 у

категорији M61 и 1 у категорији M63. Саопштила је 2 рада на међународним скуповима штампана у изводу у категорији M34. Поседује сертификат о завршеном курсу AutoCAD 2D. Говори и пише енглески, француски и македонски језик.

1.2. Стечено научноистраживачко искуство

Александра Н. Јелић је у октобру 2016. године уписала докторске студије на Технолошко-металуршком факултету Универзитета у Београду. Положила је све испите предвиђене програмом докторских студија на студијском програму Инжењерство материјала са просечном оценом 10. У октобру 2018. године успешно је одбранила Завршни испит на докторским студијама под називом „Испитивања механичких својстава материјала на бази биообновљивих извора“ са оценом 10 пред комисијом у саставу: др Славиша Путић, ред. проф., др Александар Маринковић, ван. проф. и др Љубица Миловић, ред. проф.

Списак положених испита и број освојених ЕСП бодова

Назив предмета	Оцена	ЕСПБ
1. Хемијска кинетика	10	5
2. Термодинамика чврстог стања	10	5
3. Одабрана поглавља нумеричке анализе	10	5
4. Отпорност материјала	10	5
5. Структура и својства композитних материјала са полимерном матрицом	10	5
6. Процесирање материјала за електронику	10	5
7. Механика ламинатних композитних плоча и љуски	10	5
8. Наука о материјалима и инжењерство материјала	10	6
9. Метода коначних елемената у инжењерству материјала	10	4
10. Биокмполитни материјали	10	5
11. Енглески језик	10	/
12. Завршни испит	10	30
УКУПНО	10	120

У оквиру свог истраживачког рада Александра Јелић се бави синтезом, карактеризацијом, механичким испитивањем са микромеханичком анализом полимерних композитних материјала, нумеричким предвиђањем понашања материјала. Део свог истраживачког рада је изложила на 7 предавања по позиву са скупа националног значаја штампана у целини и у оквиру 2 саопштења са међународних скупова штампана у изводу. Тренутно је више радова из ове области на рецензији у водећим међународним и међународним часописима.

Активност у току израде докторске дисертације се заснива на синтези композитних и неорганских материјала. Синтетисани материјали су на бази комерцијалних смола и епоксидних смола добијених из природних извора и ојачани нанопуниоцима на бази халојзита и калцијум-силиката. Бави се анализом термичке стабилности материјала и синтезом додатака за горивост материјала.

M34 Саопштења са међународних скупова штампаних у изводу

1. **Jelić A., Mališić V., Pavićević V., Stamenović M., Putić S.:** Mikromehanička analiza staklo-poliester kompozitnog materijala ($\pm 45^\circ$) nakon udarnog opterećenja, XII

Conference of chemists, technologists and environmentalists of Republic of Srpska, Book of abstracts, Teslić 2018, str. 71.

2. **Jelić A.**, Putić S.: Numerical confirmation of experimental tension test results during first fracture layer of carbon-epoxy material, Program and the Book of Abstracts: Eighteenth Young Researchers' Conference Materials Sciences and Engineering, Belgrade 2019, pp. 30, ISBN 8680321354, 9788680321356

M61 Предавања по позиву са скупа националног значаја штампана у целини

1. **Jelić A.**, Stefanović A., Mališić V., Putić S.: Mehaničko ispitivanje kompozitnih materijala SM-ST/POL i ST-EP, Zbornik radova, Savetovanje "Novi materijali i mogućnost njihove primene, Požarevac 2017, str. 24-33, ISBN 978-86-911159-6-8.
2. Mališić V., **Jelić A.**, Stefanović A., Putić S.: Mikromehanička analiza kompozitnih materijala SM-ST/POL i ST-EP, Zbornik radova, Savetovanje "Novi materijali i mogućnost njihove primene, Požarevac 2017, str. 34-42, ISBN 978-86-911159-6-8.
3. Stefanović A., **Jelić A.**, Mališić V., Putić S.: Primena biokompozitnih materijala u automobilske industriji, Zbornik radova, Savetovanje "Novi materijali i mogućnost njihove primene, Požarevac 2017, str. 54-63, ISBN 978-86-911159-6-8.
4. **Jelić A.**, Mališić V., Stamenović M., Putić S.: Određivanje udarne energije staklo-poliester kompozitnog materijala slaganja $\pm 45^\circ$, Zbornik radova, Savetovanje "Novi materijali i mogućnost njihove primene, Požarevac 2018, str. 36-40, ISBN 978-86-911159-7-5.
5. Mališić V., **Jelić A.**, Tomić N., Marinković A., Putić S.: Termička i mehanička svojstva kompozitnih materijala na bazi akrilata, Zbornik radova "Novi materijali i mogućnosti njihove primene", Požarevac 2019. str. 30-37, ISBN 978-86-911159-8-2
6. **Jelić A.**, Mališić V., Stamenović M., Putić S.: Numeričko određivanje napona i deformacije u trenutku početka loma prvog sloja u ugljenik-epoksi kompozitnom materijalu, Zbornik radova "Novi materijali i mogućnosti njihove primene", Požarevac 2019, str. 38-44, ISBN 978-86-911159-8-2

M63 Предавања по позиву са скупа националног значаја штампана у целини

1. **Jelić A.**, Kicošević M., Milović Lj., Janjušević M., Putić S.: Opasnost i procena rizika kod opreme u inženjerstvu zaštite životne sredine, V Naučno-stručni skup POLITEHNIKA 2019, Zbornik radova prihvaćen za štampu, Beogradska politehnika, Beograd 2019, str. 275-281, ISBN: 978-86-7498-081-1

1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

На основу досадашњих истраживачких активности кандидат Александра Јелић је показала стручност, знање као и заинтересованост за научно-истраживачки рад у области механичког испитивања, микромеханичке и термичке анализе материјала. Посебно се истиче њена креативност и самосталност у реализацији идеја и извођења закључака током њеног целокупног научно-истраживачког рада. На основу досадашњег рада и активности, као и објављених радова, биографских и библиографских података, може се закључити да кандидат испуњава све услове за рад на докторској дисертацији из области инжењерства материјала.

2. Предмет и циљ истраживања

Полимерни композитни материјали имају добра механичка и термичка својства и као такви налазе широку примену за израду делова машинских конструкција, посуда под

притиском, лопатица турбинских или пумпних кола, делова транспортних средстава. У циљу постизања што бољих механичких и термичких својстава потребно је наћи једноставнији начин синтетисања композитних материјала јер је познато да се својства полимерних композитних материјала обезбеђују у току процеса њиховог формирања [1, 2]. У претходним деценијама постигнут је напредак у изради композитних материјала увођењем пунилаца нанометарских димензија у полимерну матрицу у циљу побољшања механичких, термичких, електричних, оптичких и магнетних својстава материјала [3, 4].

Предмет и циљ истраживања предвиђен овом докторском дисертацијом обухватиће синтезу, проучавање структуре, механичких својстава са микромеханичком анализом, проучавање горивости и анализу термичких својстава полимерних композитних материјала ојачаних халојзитним нанотубама и калцијум-силикатом.

Полимерни композитни материјали ојачани халојзитним нанотубама нашли су широку примену као биоматеријали и у медицинске сврхе у циљу контролисаног отпуштања лекова, као ватроотпорни материјали, антикорозивни материјали, као и у уклањању боја и фарби. Међутим, доста мање је испитана њихова примена у електроници, авионским деловима и деловима транспортних средстава. Ако се узму у обзир досадашња испитивања и добијени резултати о побољшаним механичким и термичким својствима, постоји основ за њихову даљу примену у изради делова транспортних средстава, авионских делова, делова машинских конструкција где би могли заменити до сада примењиване пуниоце [5].

На основу предмета и циља истраживања, разматраће се пуниоци: халојзитне нанотубе и калцијум-силикатни нанопуниоци. Халојзит је шупљи тубуларни наноматеријал великог односа размера, високих перспектива у погледу функционалности, биокомпатибилности и доступности, добре механичке чврстоће и добрих термичких својстава [2, 6-8]. Калцијум-силикатни нанопуниоци на основу својих добрих механичких и термичких својстава могу бити искоришћени у ојачавању полимерних композитних материјала [9-12].

У оквиру ове докторске дисертације биће синтетисани композитни материјали на бази епоксидне смоле ојачани модификованим и немодификованим халојзитним нанотубама и калцијум-силикатним нанопуниоцима како би се проучиле механичке и термичке карактеристике у раду разматраних композитних материјала. Нанопуниоци имају тенденцију ка формирању агломерата у полимерној матрици, па је у склопу ове докторске дисертације предвиђена синтеза композитних материјала ојачаних халојзитним нанотубама: комерцијалним, немодификованим и модификованим како би ефекат агломерације нанотуба у полимерној матрици био минималан [13, 14]. Нанотубе ће бити додате у полимерну матрицу у различитим процентуалним односима, заједно и одвојено и поредиће се утицај нанопунилаца на коначна механичка и термичка својства новосинтетисаног материјала. Као неоргански пуниоци у полимерној матрици биће примењени калцијум-силикатни нанопуниоци, а у циљу поређења механичких и термичких својстава новосинтетисаних материјала и утицаја нанопунилаца.

Обавиће се синтеза епоксидне смоле у коју ће бити инкорпорирани нанопуниоци. У новосинтетисани материјал биће додати синтетисани додаци за горивост ради поређења горивости и термичке анализе материјала [15, 16].

Након синтетисања, обавиће се детаљна анализа морфолошких, структурних, механичких и термичких својстава материјала. Посебна пажња ће бити посвећена експерименталној и теоријској анализи промене својстава материјала у зависности од типа пунилаца и њиховог процентуалног односа у материјалу [17-19].

Циљ рада је добијање нових материјала побољшаних механичких и термичких својстава једноставнијим начином припреме у широким областима примене.

Релевантни библиографски извори

- [1] Putić S., Mehanička svojstva polimernih kompozitnih materijala, monografija, Tehnološko-metalurški fakultet, Univerzitet u Beogradu, Beograd (2016)
- [2] Du, M., Guo, B. and Jia, D. (2010), Newly emerging applications of halloysite nanotubes: a review. *Polym. Int.*, 59: 574-582. doi:10.1002/pi.2754
- [3] Crosby, A. J., & Lee, J. (2007). Polymer Nanocomposites: The “Nano” Effect on Mechanical Properties. *Polymer Reviews*, 47(2), 217–229. doi:10.1080/15583720701271278
- [4] Hussain, F., Hojjati, M., Okamoto, M., & Gorga, R. E. (2006). Review article: Polymer-matrix Nanocomposites, Processing, Manufacturing, and Application: An Overview. *Journal of Composite Materials*, 40(17), 1511–1575. doi:10.1177/0021998306067321
- [5] Kausar, A. (2017). Review on Polymer/Halloysite Nanotube Nanocomposite. *Polymer-Plastics Technology and Engineering*, 57(6), 548–564. doi:10.1080/03602559.2017.1329436
- [6] Mingxian Liu, Zhixin Jia, Demin Jia, Changren Zhou, Recent advance in research on halloysite nanotubes-polymer nanocomposite, *Progress in Polymer Science*, Volume 39, Issue 8, 2014, Pages 1498-1525, ISSN 0079-6700, doi:10.1016/j.progpolymsci.2014.04.004.
- [7] P.Yuan, D. Tan, Faiza Annabi-Bergaya, Properties and applications of halloysite nanotubes: recent research advances and future prospects, *Applied Clay Science*, Volumes 112–113, 2015, Pages 75-93, ISSN 0169-1317, doi:10.1016/j.clay.2015.05.001.
- [8] Prakash Krishnaiah, Chantara Thevy Ratnam, Sivakumar Manickam, Development of silane grafted halloysite nanotube reinforced polylactide nanocomposites for the enhancement of mechanical, thermal and dynamic-mechanical properties, *Applied Clay Science*, Volume 135, 2017, Pages 583-595, ISSN 0169-1317, doi:10.1016/j.clay.2016.10.046.
- [9] Prasanth, R., Owuor, P. S., Shankar, R., Joyner, J., Kosolwattana, S., Jose, S. P., ... Shelke, M. (2015). Eco-Friendly Polymer-Layered Silicate Nanocomposite–Preparation, Chemistry, Properties, and Applications. *Eco-Friendly Polymer Nanocomposites*, 1–42. doi:10.1007/978-81-322-2473-0_1
- [10] A.S. Luyt, M.D. Dramićanin, Ž. Antić, V. Djoković, Morphology, mechanical and thermal properties of composites of polypropylene and nanostructured wollastonite filler, *Polymer Testing*, Volume 28, Issue 3, 2009, Pages 348-356, ISSN 0142-9418, doi:10.1016/j.polymertesting.2009.01.010.
- [11] Lin, Y., Chen, H., Chan, C.-M., & Wu, J. (2008). High Impact Toughness Polypropylene/CaCO₃Nanocomposites and the Toughening Mechanism. *Macromolecules*, 41(23), 9204–9213. doi:10.1021/ma801095d
- [12] Hadal, R. ., Dasari, A., Rohrmann, J., & Misra, R. D. . (2004). Effect of wollastonite and talc on the micromechanisms of tensile deformation in polypropylene composites. *Materials Science and Engineering: A*, 372(1-2), 296–315. doi:10.1016/j.msea.2004.01.003
- [13] Alberto Rosas-Aburto, Ismael A. Gabaldón-Saucedo, Francisco Espinosa-Magaña, M.T. Ochoa-Lara, Pedro Roquero-Tejeda, Martín Hernández-Luna, Javier Revilla-Vázquez, Intercalation of poly(3,4-ethylenedioxythiophene) within halloysite nanotubes: Synthesis of composites with improved thermal and electrical properties, *Microporous and Mesoporous Materials*, Volume 218, 2015, Pages 118-129, ISSN 1387-1811, doi:10.1016/j.micromeso.2015.06.032.
- [14] B. Lecouvet, M. Sclavons, S. Bourbigot, C. Bailly, Thermal and flammability properties of polyethersulfone/halloysite nanocomposites prepared by melt compounding, *Polymer Degradation and Stability*, Volume 98, Issue 10, 2013, Pages 1993-2004, ISSN 0141-3910, doi:10.1016/j.polymdegradstab.2013.07.013.
- [15] Zhiyu Xia, Weeradech Kiratitanavit, Patrick Facendola, Sammaiah Thota, Shiran Yu, Jayant Kumar, Ravi Mosurkal, Ramaswamy Nagarajan, Fire resistant polyphenols based on chemical modification of bio-derived tannic acid, *Polymer Degradation and Stability*, Volume 153, 2018, Pages 227-243, ISSN 0141-3910, doi:10.1016/j.polymdegradstab.2018.04.020.
- [16] Young-O Kim, Jaehyun Cho, Hyeonuk Yeo, Byoung Wan Lee, Byung Joon Moon, Yu-Mi Ha, Ye Rin Jo, and Yong Chae Jung, Flame Retardant Epoxy Derived from Tannic Acid as

Biobased Hardener, ACS Sustainable Chemistry & Engineering 2019 7 (4), 3858-3865 doi:10.1021/acssuschemeng.8b04851

[17] Mingliang Du, Baochun Guo, Demin Jia, Thermal stability and flame retardant effects of halloysite nanotubes on poly(propylene), European Polymer Journal, Volume 42, Issue 6, 2006, Pages 1362-1369, ISSN 0014-3057, doi:10.1016/j.eurpolymj.2005.12.006.

[18] Ulrich A. Handge, Katrin Hedicke-Höchstötter, Volker Altstädt, Composites of polyamide 6 and silicate nanotubes of the mineral halloysite: Influence of molecular weight on thermal, mechanical and rheological properties, Polymer, Volume 51, Issue 12, 2010, Pages 2690-2699, ISSN 0032-3861, doi: 10.1016/j.polymer.2010.04.041.

[19] T. Kogure, Chapter 5 - Characterisation of Halloysite by Electron Microscopy, Editor(s): Peng Yuan, Antoine Thill, Faiza Bergaya, Developments in Clay Science, Elsevier, Volume 7, 2016, Pages 92-114, ISSN 1572-4352, ISBN 9780081002933, doi:10.1016/B978-0-08-100293-3.00005-4.

3. Полазне хипотезе

- Комбинацијом полимерне матрице и халојзитних нанотуба и калцијум-силикатних нанопунилаца добија се материјал високог модула еластичности и чврстоће са минималним смањењем издужења под дејством оптерећења
- Правилан одабир пуниоца и матрице утиче на коначна својства композитног материјала
- Увођење наночестица у полимерну матрицу доводи до побољшања механичких и термичких својстава материјала
- Униформно распоређене наночестице обезбеђују одговарајуће карактеристике на површинама од интереса, побољшана механичка и термичка својства композитних материјала
- Увођење нових функционалних група у структуру нанопунилаца утиче повољно на степен диспергованости нанопунилаца у полимерној матрици
- Већи процентуални удео нанопунилаца у полимерној матрици утиче на побољшање механичких својстава и термалне стабилности композитног материјала

4. Научне методе истраживања

Предвиђене научне методе истраживања које су планиране у изради ове докторске дисертације се планирају у више етапа. Пре свега, биће изведена површинска модификација халојзитних нанотуба помоћу: (3-Аминопропил)триетоксисилана и (3-Глицидилоксипропил)триметоксисилана. Халојзитне нанотубе чија је функционализација изведена помоћу (3-Аминопропил)триетоксисилана биће модификоване помоћу бисфенола А. Три добијена типа модификованих нанотуба биће окарактерисани помоћу елементарне анализе, FT-IR.

Више типова калцијум-силикатних нанопунилаца биће припремљени и окарактерисани помоћу елементарне анализе, XRD.

Спироциклични пентаеритритол ди (фосфорил хлорид) (SPDPC) биће синтетисан кроз реакцију пентаеритритола са фосфор оксихлоридом. Добијени (SPDPC) ће даље реаговати са глицидом. Карактеризација ће бити изведена помоћу FT-IR.

Епоксидна смола која представља комбинацију две комерцијалне епоксидне смоле биће ојачана немодификованим халојзитним нанотубама, модификованим халојзитним нанотубама (одвојено и заједно у различитим процентуалним односима) и калцијум-

силикатним нанопуниоцима. Циљ је да нови материјали буду добијени на једноставан начин уз механичко мешање епоксидне и аминске компоненте и добијање хомогеног материјала.

Синтетисана епоксидна смола биће ојачана комерцијалним нанотубама уз синтетисани додатак који поспешује горивост материјала: спироциклични SPDPC.

Изведеним механичким испитивањем биће добијени подаци о чврстоћи и крутости новодобијених материјала. Помоћу метода Скенирајуће електронске микроскопије (SEM), Трансмисионе електронске микроскопије (TEM) биће одређена микроструктура синтетисаних материјала. Рендгенском дифракцијом (XRD) биће одређен фазни састав материјала.

Термичка стабилност свих нових материјала биће испитана користећи тест горивости и методе термичке анализе TGA/DSC. Добијени резултати биће примењени у циљу поређења утицаја немодификованих и модификованих нанопунилаца на полимерну матрицу.

5. Очекивани научни допринос

Очекивани научни допринос се одгледа у:

1. Стицању нових знања у области синтезе и структуре полимерних нанокомпозитних материјала;
2. Развоју нових полимерних нанокомпозитних материјала на бази халојзитних и калцијум-силикатних нанопунилаца;
3. Новим сазнањима о утицају структуре и типа модификације на механичка и термичка својства полимерних нанокомпозитних материјала;
4. Детаљној анализи утицаја функционализације на дисперзију нанопунилаца и ефеката на везу између нанопунилаца и полимерне матрице;
5. Даљем међусобном повезивању експерименталних података ради бољег разумевања структурних, механичких и термичких својстава новосинтетисаних материјала; и
6. Добијању нових материјала побољшаних механичких и термичких својстава једноставнијим начином припреме у широким областима примене.

6. План истраживања и структура рада

У оквиру израде ове докторске дисертације прво ће бити модификоване халојзитне нанотубе помоћу: (3-Аминопропил)триетоксисилана, (3-Глицидилоксипропил)триметоксисилана и (3-Аминопропил)триетоксисилана и Бисфенола А. Структура модификованих нанотуба ће бити потврђена елементарном анализом и помоћу FT-IR. Ова три типа нанопунилаца и немодификоване халојзитне нанотубе ће бити уграђене у смешу две комерцијалне епоксидне смоле у различитим процентуалним односима.

У другом кораку истраживања, више типова калцијум-силикатних нанопунилаца ће бити уграђено у исту смешу две комерцијалне епоксидне смоле. Структура калцијум-силикатних нанопунилаца ће бити потврђена елементарном анализом и помоћу XRD.

Синтетисаће се епоксидна смола чија ће структура бити потврђена елементарном анализом и помоћу FT-IR. Биће припремљен композитни материјал са новом епоксидном смолом ојачан нанопуниоцима и уз додатак за горивост материјала, SPDPC.

На новосинтетисаним материјалима ће бити изведено механичко испитивање. Микромеханичком анализом помоћу SEM и TEM биће одређен степен диспергованости нанопунилаца и веза између истих и матрице и утицај на механичка својства материјала. Помоћу XRD биће одређен састав фаза.

Стабилност новосинтетисаних материјала на повишеним температурама ће бити одређена помоћу метода термичке анализе које обухватају тест горивости и TGA/DSC методу.

Добијени експериментални резултати биће међусобно упоређени како би се утврдило који од нових материјала даје најоптималнија својства која би омогућила већу примену материјала.

Предвиђена структура рада подразумева следећа поглавља: *Увод, Теоријски део, Експериментални део, Резултати и дискусија, Закључак и Литература.*

У оквиру *Теоријског дела* биће приказане теоријске основе и преглед повезаних истраживања познатих у литератури.

Теоријски део ће обухватити анализу:

- Структуре, својстава и примене досад познатих полимерних композитних материјала ојачаних халојзитним нанотубама и калцијум-силикатним нанопуниоцима;
- Функционализације халојзитних нанотуба и припреме калцијум-силикатних нанопунилаца;
- Синтезе епоксидне смоле;
- Припреме хибридних нанокмполитних материјала;
- Горивости и додатака горивости у материјалима;
- Механичког испитивања и микромеханичке анализе које ће бити извођене у експерименталном делу; и
- Термичке анализе која ће се користити у експерименталном делу.

Експериментални део ће садржати:

- Детаљан опис функционализације халојзитних нанотуба;
- Детаљан опис припреме калцијум-силикатних нанопунилаца;
- Детаљан опис синтезе епоксидне смоле;
- Детаљан опис припреме додатка за горивост: Спироциклични пентаеритритол ди (фосфорил хлорид) (SPDPC);
- Методе карактеризације новосинтетисаних једињења (елементарна анализа, FT-IR);
- Опис припреме нанокмполитних материјала;
- Методе механичког испитивања са микромеханичком анализом; и
- Методе термичке анализе.

У Поглављу *Резултати и дискусија* ће бити приказани резултати добијени на основу свих поменутих метода са анализом резултата. Резултати добијени механичким испитивањем са микромеханичком анализом биће детаљно описани, анализирани и повезани са додатком нанопунилаца у епоксидним матрицама. Такође, приказаће се и резултати добијени термичком анализом материјала и биће детаљно повезани са додатком нанопунилаца различитих структура и додатака за горивост. Биће дискутован утицај структуре материјала на механичка и термичка својства испитиваних материјала.

Поглавље *Закључак* ће представљати допринос и значај у иновативности добијених резултата и новодобијених материјала.

У Поглављу *Литература* биће цитирани сви извори коришћени за писање ове докторске дисертације, као и радови проистекли током истраживања у оквиру израде ове докторске дисертације.

7. Закључак и предлог

На основу изнетих података Комисија сматра да кандидат Александра Јелић, мастер инжењер технологије, испуњава све услове за израду предложене докторске дисертације. Предмет, циљеви, методе, актуелност и значај теме су јасно дефинисани и научно засновани. У складу са подацима наведеним у Реферату, Комисија предлаже Наставно-научном већу Технолошко-металуршког факултета, Универзитета у Београду да одобри израду докторске дисертације „Механичка и термичка својства синтетисаних нанокompозитних материјала на бази халојзита и воластонита“ под измењеним насловом **„Механичка и термичка својства синтетисаних нанокompозитних материјала на бази халојзита и калцијум-силиката“**. Комисија за ментора предлаже др Славишу Путића, редовног професора Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет. Истраживања у оквиру ове докторске дисертације припадају научној области Инжењерство материјала за коју је Технолошко-металуршки факултет Универзитета у Београду матична установа.

У Београду, 20.02.2020.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

.....
Др Славиша Путић, редовни професор
Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет

.....
Др Љубица Миловић, редовни професор
Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет

.....
Др Александар Маринковић, ванредни професор
Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет

.....
Др Мирослав Драмићанин,
Научни саветник, Институт за нуклеарне науке Винча
Редовни професор, Универзитета у Београду, Физички факултет

.....
Др Зијаж Бурзић,
Научни саветник, Војнотехнички институт у Београду