

Факултет Технолошко-металуршки

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

35/146

(Број захтева)

30.06.2022.

(Датум)

Веће научних области техничких наука

(Назив већа научне области коме се захтев упућује)

ЗАХТЕВ

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

Молимо да, сходно 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 Александра (Никола) Јелић

(име, име једног од родитеља и презиме)

студент докторских студија на студијском програму :**Инжењерство материјала**

пријавио је докторску дисертацију под називом:

Механичка и термичка својства синтетисаних нанокompозитних материјала на бази халојзита и калцијум-силикатаиз научне области: **Технолошко инжењерство**

Универзитет је дана 30.04.2020. својим актом под бр. 61206-1475/2-20 дао сагласност на предлог теме докторске дисертације која је гласила:

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

Име и презиме ментора: др Славиша Путић, редовни професор Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет.

Комисија за оцену докторске дисертације именована је на седници одржаној 10.03.2022. одлуком факултета под бр. 35/57, у саставу:

	Име и презиме члана комисије	звање	научна област	Установа у којој је запослен
1.	Др Александар Маринковић	ванредни проф.	Органска хемија	ТМФ
2.	Др Марина Стаменовић	научни сарадник	Инжењерство материјала студија, Београд	Академија техничких струковних
3.	Др Љубица Миловић	редовни професор	Машинство	ТМФ
4.	Др Зијаж Бурзић	научни саветник	Инжењерство материјала Београду	Војнотехнички институт у

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

Датум стављања извештаја Комисије и докторске дисертације на увид јавности **19.04.2022.**

Наставно-научно веће факултета усвојило је извештај Комисије за оцену докторске дисертације на седници одржаној дана **2.06.2022.**

Комисија за одбрану докторске дисертације именована је на седници одржаној **2.06.2022.**

одлуком факултета под бр. 35/147, у саставу:

	Име и презиме члана комисије	звање	научна област	Установа у којој је запослен
1.	Др Александар Маринковић	ванредни професор	Органска хемија	ТМФ
2.	Др Марина Стаменовић	научни сарадник	Инжењерство материјала студија, Београд	Академија техничких струковних
3.	Др Љубица Миловић	редовни професор	Машинство	ТМФ
4.	Др Зијаж Бурзић	научни саветник	Инжењерство материјала у Београду	Војнотехнички институт

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

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА
др Петар Ускоковић, редовни професор

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

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

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. 52. Правилника о докторским студијама ТМФ, на седници Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета од 02.06.2022. године, донета је

О Д Л У К А

о прихватању Реферата о оцени докторске дисертације

Прихвата се Реферат Комисије у саставу: др Александар Маринковић, ванредни професор Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет, др Марина Стаменовић, научни сарадник Академије техничких струковних студија у Београду, др Љубица Миловић, редовни професор Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет и др Зијаж Бурзић, научни саветник Војнотехничког института у Београду, о прегледу и оцени урађене докторске дисертације под називом: „**Механичка и термичка својства синтетисаних нанокомполитних материјала на бази халојзита и калцијум-силиката**“ коју је поднела **Александра Јелић** мастер инжењер и упућује се на сагласност Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду. Веће научних области техничких наука Универзитета у Београду дало је сагласност на предлог теме докторске дисертације Александре Јелић, под називом „**Механичка и термичка својства синтетисаних нанокомполитних материјала на бази халојзита и калцијум-силиката**“ Одлуком број: 61206-1475/2-20 од 30.04.2020. године.

Верификација научних доприноса:

Категорија M14:

1. **Jelić, A.**, Božić, A., Stamenović, M., Sekulić, M., Porobić, S., Dikić, S., Putić, S.: Effects of Dispersion and Particle-Matrix Interactions on Mechanical and Thermal Properties of HNT/Epoxy Nanocomposite Materials, In: Mitrovic N., Mladenovic G., Mitrovic A. (eds) *Experimental and Computational Investigations in Engineering*. CNNTech 2020. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 153, pp. 310-325, https://doi.org/10.1007/978-3-030-58362-0_18 (ISBN 978-3-030-58361-3)

Категорија M21:

1. **Jelić, A.**, Sekulić, M., Travica, M., Gržetić, J., Ugrinović, V., Marinković, A. D., Božić, A., Stamenović, M., Putić, S.: Determination of mechanical properties of epoxy composite materials reinforced with silicate nanofillers using Digital Image Correlation (DIC), *-Polymers*, 2022, vol. 14, no. 6, pp. 1255, <https://doi.org/10.3390/polym14061255> (IF=4.329) (ISSN 2073-4360).

Категорија M22:

1. **Jelić, A.**, Marinković, A., Sekulić, M., Dikić, S., Ugrinović V., Pavlović, V., Putić, S.: Design of halloysite modification for improvement of mechanical properties of the epoxy based nanocomposites. *Polymer Composites*. 2021; vol. 42, no. 5, pp. 2180–2192. <https://doi.org/10.1002/pc.25967> (IF= 3.171) (ISSN 1548-0569)

Категорија M33:

1. **Jelić, A.**, Božić, A., Stamenović, M., Sekulić, M., Porobić, S., Dikić, S., Putić, S.: Effects of Dispersion and Particle-Matrix Interactions on Mechanical and Thermal Properties of HNT/Epoxy Nanocomposite Materials, *Programme and the book of Abstracts, International Conference of Experimental and Numerical Investigations and New Technologies – CNN TECH 2020*, Zlatibor, 2020, pp. 82

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

Д Е К А Н

Проф. др Петар Ускоковић

ДV

На основу чл. 40. став 3. Закона о високом образовању, чл. 112. став 3. Статута Универзитета у Београду, чл. 88. став 3. Статута ТМФ-а и чл. 52. Правилника о докторским студијама ТМФ, на седници Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета од 02.06.2022. године, донета је

О Д Л У К А

о именовању Комисије за одбрану докторске дисертације

Именује се Комисија за одбрану докторске дисертације Александре Јелић, мастер инжењера технологије, са темом под називом „Механичка и термичка својства синтетисаних нанокompозитних материјала на бази халојзита и калцијум-силиката“, у саставу:

1. Др Александар Маринковић, ванредни професор Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет,
2. Др Марина Стаменовић, научни сарадник Академија техничких струковних студија Београд,
3. Др Љубица Миловић, редовни професор Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет,
4. Др Зијаж Бурзић, научни саветник Војнотехничког института у Београду.

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

Д Е К А Н

Проф. др Петар Ускоковић

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата Александра Н. Јелић

Одлуком 35/57. бр. од 2022. године, именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Александра Н. Јелић под насловом

„Механичка и термичка својства синтетисаних нанокompозитних материјала на бази халојзита и калцијум-силиката“

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

- Школске 2016/2017, кандидат Александра Јелић, мастер хемијског инжењерства уписује докторске академске студије на Технолошко-металуршком факултету, Универзитета у Београду, студијски програм Инжењерство материјала.
- 30.01.2020. Катедра за опште техничке науке, Технолошко-металуршког факултета, Универзитета у Београду је предложила Комисију за оцену научне заснованости теме кандидата Александра Јелић под насловом „Механичка и термичка својства синтетисаних нанокompозитних материјала на бази халојзита и воластонита“ у следећем саставу: др Славиша Путић, редовни професор Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду, др Љубица Миловић, редовни професор Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду, др Александар Маринковић, ванредни професор Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду, др Мирослав Драмићанин, научни саветник Института за нуклеарне науке „Винча“ и редовни професор Физичког факултета Универзитета у Београду, др Зијаж Бурзић, научни саветник Војнотехничког института у Београду, која је именована Одлуком бр. 35/13.
- 30.01.2020. кандидат Александра Јелић је предложила тему докторске дисертације под називом „Механичка и термичка својства синтетисаних нанокompозитних материјала на бази халојзита и воластонита“
- На седници Наставно-научног већа 05.03.2020. донета је одлука о прихватању Реферата Комисије о оцени подобности теме и кандидата и одобрена је израда докторске дисертације под називом „Механичка и термичка својства синтетисаних нанокompозитних материјала на бази халојзита и калцијум-силиката“ (Одлука бр. 35/43)

- Веће научних области техничких наука Универзитета у Београду на електронској седници одржаној од 24.04.2020. до 30.04.2020. године дало је сагласност на предлог теме докторске дисертације (02 број: 61206-1475/2-20)
- Дана 10.03.2022. на седници Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета донета је Одлука бр. 35/57 о именовању Комисије за оцену докторске дисертације Александре Јелић, под називом „Механичка и термичка својства синтетисаних наноконтролисаних материјала на бази халојзита и калцијум-силиката“ у саставу др Александар Маринковић, ванредни професор Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду, др Љубица Миловић, редовни професор Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду, др Марина Стаменовић, научни сарадник и професор струковних студија Академије техничких струковних студија Београд, др Зијанх Бурзић, научни саветник Војнотехничког института у Београду.

1.2. Научна област дисертације

Истраживања у оквиру докторске дисертације припадају научној области Инжењерство материјала за коју је Технолошко-металуршки факултет Универзитета у Београду матична установа. Ментор, др Славиша Путић, редовни професор Технолошко-металуршког факултета, Универзитета у Београду, је, на основу досадашњег научног искуства и објављених научних публикација, компетентан да руководи израдом ове докторске дисертације.

1.3. Биографски подаци о кандидату

Александра Н. Јелић рођена је 30.08.1992. у Пријеполу, 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 и просечном оценом током студија 9,38. Докторске студије уписала је 2016. године на Технолошко-металуршком факултету Универзитета у Београду, студијски програм Инжењерство материјала. Током докторских студија положила је све испите предвиђене наставним програмом, просечном оценом 10,00

У Иновационом центру Технолошко-металуршког факултета 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. У јулу 2017. стекла је звање истраживач приправник. До 15.10.2020. била је запослена у Иновационом центру Технолошко-металуршког факултета. Дана 5.11.2020. Наставно-научно веће Технолошко-металуршког факултета донело је решење о стицању звања Истраживач сарадник.

Наставно-стручно веће Одсека Београдска политехника Академије техничких струковних студија Београд 15.10.2020. је донело одлуку о именовању Александра Јелић у звање Наставника вештина за ужу стручну област Методе и технике испитивања материјала. Дана 16.10.2020. засновала је радни однос за обављање послова наставника вештина за ужу стручну област Методе и технике испитивања материјала у Високој школи струковних студија – Београдска политехника. На Академији техничких струковних студија Београд је

ангажована приликом извођења наставе на основним и мастер студијама на следећим предметима: Материјали, Амбалажа 2, Енергетско искоришћење отпадних материјала, Методе и технике испитивања графичких материјала, Оцењивање животног циклуса, Обновљиви извори енергије, Савремени амбалажни материјали и паковања, Практикум рециклажних технологија и Материјали у ентеријеру.

Била је члан програмског одбора 10 саветовања националног значаја и члан организационог одбора скупа „Политехника 6“.

Учествовала је на Такмичењу за најбољу технолошку иновацију 2021. међу студентским тимовима као део тима ТМФлотатори са идејом Иновативна технологија производње нових флотационих и антикорозивних флотореагенаса, која је изабрана међу 5 најбољих идеја међу студентским тимовима Републике Србије.

Говори енглески, француски и македонски језик.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација кандидата Александре Јелић, мастер хемијског инжењерства, под називом „Механичка и термичка својства синтетисаних наноконтролисаних материјала на бази халојзита и калцијум-силиката“, написана је српском језику на 120 страна, од којих је 107 страна нумерисано, и садржи 53 слике, 13 табела и 230 литературних навода. Наведена докторска дисертација садржи поглавља следећих назива: Увод, Теоријски део, Циљ истраживања, Експериментални део, Резултати и дискусија, Литература, Биографија кандидата, као и потписане прилоге са Изјавама о ауторству, о истовестности штампане у електронске верзије докторског рада, изјаву о коришћењу, и Оцену извештаја о провери оригиналности докторске дисертације. Дисертација садржи и сажетак на српском и енглеском језику. Докторска дисертација под називом: „Механичка и термичка својства синтетисаних наноконтролисаних материјала на бази халојзита и калцијум-силиката“, по свом облику и садржају испуњава стандарде за докторске дисертације које се бране на Универзитету у Београду.

2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

Увод дисертације садржи образложење предмета истраживања и дефинисане научне циљеве дисертације, као и теоријске основе на којима је докторска дисертација заснована, а у вези синтезе и карактеризације наноконтролисаних материјала на бази халојзита (ХНТ) и калцијум-силиката.

Теоријски део садржи приказ доступне литературе на халојзита, структуре, својстава, примене и метода функционализације и калцијум-силиката, као и припреме полимерних наноконтролисаних материјала. Теоријски део је подељен на следећа поглавља:

1. *Халојзитне нанотубе – структура* – садржи релевантне податке о структури халојзита;
2. *Халојзитне нанотубе – својства и примена* – садржи релевантне податке о својствима халојзита изазваних структуром и могуће примене;
3. *Функционализација ХНТ* – садржи литературни преглед модификација халојзита и утицаја на примену; односи се на деконтаминацију, нековалентну и ковалентну модификацију халојзита;
4. *Калцијум – силикати* – садржи литературни преглед својстава волластонита, дикалцијум силиката и трикалцијум силиката и њихову потенцијалну примену; и

5. *Методе припреме полимерних нанокомпозитних материјала* – садржи потенцијалне методе припреме нанокомпозитних материјала са полимерном матрицом, њихове предности и недостатке.

Циљ истраживања садржи основе припреме нанокмполитних материјала на бази халојзита и калцијум-силиката, као и методе карактеризације примењених и синтетисаних материјала.

У *Експерименталном делу* су наведени сви реагенси, хемикалије и материјали примењени током израде експерименталног дела докторске дисертације; детаљно су описани експериментални поступци синтезе и карактеризације испитиваних материјала, уз навођење стандарда, апаратуре, инструмената, опреме и софтверских пакета коришћених приликом експерименталног рада и обраде и анализе резултата. Објашњен је детаљан поступак површинске модификације халојзита помоћу (3-Глицидилоксипропил)триметоксисилана, (3-аминопропил)триетоксисилана и бисфенол А диглицидилетра. Такође, дат је детаљан поступак синтезе дикалцијум силиката, магнезијум силиката, властонита и трикалцијум силиката. Физичко-хемијска својства немодификованог и модификованог халојзита су испитана и потврђена аналитичким методама одређивања епоксидног и аминског броја, анализом Фуријеове трансформације инфрацрвене спектроскопије, Рендгенском дифракционом анализом. Термичка својства халојзита су одређена помоћу термогравиметријске и деривативне термогравиметријске анализе. Синтетисани калцијум-силикати су испитани анализом Фуријеове трансформације инфрацрвене спектроскопије, Рендгенском дифракционом анализом, скенирајућом електронском микроскопијом. Услови извођења наведених метода анализе су наведени у овом делу. Детаљно су описани поступци припреме нанокомпозитних материјала ојачаних немодификованим и модификованим халојзитним нанотубама и синтетисаним калцијум-силикатима. Нанокомпозитни материјали који садрже халојзитне нанотубе су испитани на затезање; изведена је анализа узорака помоћу трансмисионе електронске микроскопије; скенирајућом електронском микроскопијом је анализирана површина лома узорака; термичка својства су испитана стандардном методом за одређивање горивости материјала, термогравиметријском и деривативном термогравиметријском анализом. Услови извођења свих наведених метода су детаљно описани. Уз то, карактеризација нанокомпозитних материјала ојачаних калцијум-силикатима је изведена испитивањем на затезање уз примену 3Д методе корелације дигиталних слика, након чега је површина лома узорака анализирана 3Д скенирањем; добијени узорци су испитани трансмисионом електронском микроскопијом; термичка својства материјала су испитана стандардним тестом испитивања горивости материјала и динамичко-механичком анализом. Поступак извођења наведених метода је детаљно описан.

Резултати и дискусија обрађују резултате добијене током израде докторске дисертације. Састоји се из следећих поглавља:

1. *Карактеризација немодификованих/модификованих ХНТ* – која се садржи резултате добијене одређивањем епоксидне еквивалентне масе и аминског броја модификованих халојзитних нанотуба, резултате о структури немодификованих и модификованих ХНТ на основу анализе изведене Фуријеовом трансформацијом инфрацрвене спектроскопије и рендгенске дифракционе анализе. Такође, у овом поглављу су приказани и објашњени резултати добијени термогравиметријском и деривативном термогравиметријском анализом. Добијеним подацима се дошло до сазнања да је површинска модификација ХНТ успешно изведена.
2. *Карактеризација силикатних честица* – садржи резултате о структури синтетисаних калцијум-силиката на основу анализе изведене Фуријеовом трансформацијом инфрацрвене спектроскопије, рендгенске дифракционе анализе и скенирајуће електронске микроскопије. Добијеним подацима о структури калцијум-силиката се дошло до сазнања да су дикалцијум силикатне, дикалцијум силикатне и властонитне

честице успешно синтетисане модификованим поступцима сагоревања у односу на оне наведене у литератури.

3. *Карактеризација ХНТ/епокси нанокомпозитних материјала* – даје приказ добијених затезних својстава материјала испитиваних на затезање, након чега је скенирајућом електронском микроскопијом изведена анализа површине лома испитиваних материјала и трансмисиона електронска микроскопија како би се добио увид од дисперзији ХНТ у епоксидној матрици и утицају на механичка својства материјала; други део овог поглавља се односи на резултате добијене термогравиметријском и деривативном термогравиметријском анализом синтетисаних нанокомпозитних материјала, њихова термичка својства и класификацију на основу изведених тестова горивости. Објашњен је утицај структуре ХНТ и површинске модификације ХНТ на дисперзију ХНТ у епоксидној матрици и даљи утицај коначна затезна и термичка својства припремљених материјала. Немодификоване халојзитне нанотубе су побољшале својства новосинтетисаних нанокомпозитних материјала, али у мањој мери у односу на модификоване ХНТ. Модификоване ХНТ су у знатној мери мање агломерисале у односу на немодификоване ХНТ. Добијени резултати указали су на значај површинске модификације ХНТ на дисперзију у епоксидној матрици и стварање јаче интеракције између њих што је, даље, довело до побољшања коначних својстава добијених нанокомпозитних материјала.
4. *Карактеризација нанокомпозитних материјала ојачаних силикатним наночестицама* – даје увид у резултате добијене испитивањем наведених материјала на затезање уз примењену методу 3Д корелације дигиталних слика. Такође, 3Д скенирањем површине лома материјала, добијене су детаљне информације о понашању и лому материјала приликом испитивања на затезање. Трансмисионом електронском микроскопијом дошло се до података о дисперзији калцијум-силикатних честица у епоксидној матрици. Динамичко-механичком анализом су добијени подаци о вискоеластичним својствима материјала и интеракцији између калцијум-силиката и епоксидне матрице. Тестом горивости је изведена класификација материјала према UL 94 стандарду. Дисперзија калцијум-силиката у епоксидној матрици, добијена затезна и термичка својства материјала су објашњена структуром калцијум-силиката и интеракцијама са епоксидном матрицом.

Закључак садржи систематично приказане закључке које је кандидат издвојио на основу представљених резултата у докторској дисертацији, њихов значај и образложење иновативности припремљених нанокомпозитних материјала.

Литература садржи списак коришћених референци, навода књига, поглавља, радова, стандарда испитивања релевантних за предмет истраживања ове докторске дисертације.

Дисертација садржи биографију кандидата, изјаве о ауторству, истовестности штампане и електронске верзије докторског рада, Изјаву о коришћењу и Оцену извештаја о провери оригиналности докторске дисертације потписане од стране ментора.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост и оригиналност

Композитни материјали ојачани наночестицама, с обзиром на могућности широке примене, изазивају велико интересовање у различитим научним областима. Разумевање хемијске структуре и морфологије, метода синтезе и функционализације уграђених наночестица, као и

метода процесирања нанокмполитних материјала је од значаја за побољшање својстава истих.

Докторска дисертација Александре Н. Јелић се бави синтезом нанокмполитних материјала ојачаних халојзитним нанотубама и калцијум-силикатима са циљем побољшања својстава новосинтетисаних материјала у односу на почетни. Један од главних проблема приликом припреме нових материјала је била потенцијална агломерација наночестица у епоксидној смоли као матрици која би као таква водила до негативних ефеката у ојачавању материјала. Спроведена истраживања су довела до нових сазнања и метода са циљем спречавања агломерације наночестица утицаја поступака модификације халојзитних нанотуба, начина синтезе калцијум-силикатних наночестица и побољшане међуфазне адхезије са епоксидном матрицом, односно до поспешене дисперзије наночестица у истој, што је даље довело до побољшања механичких и термичких својстава нових материјала.

Халојзитне нанотубе су модификоване применом 2 силанска модификатора: 3-Глицидилоксипропилтриметокси силана и 3-Аминопропилтриметокси силана. Халојзитне нанотубе модификоване помоћу 3-Аминопропилтриметокси силана су даље модификоване помоћу 2,2-Бис[4-(глицидилокси)фенил] пропана. На тај начин, изведена је ковалентна функционализација површине нанотуба и веће реактивности међу епоксидним и аминским компонентама система. Комерцијалне нанотубе и модификоване нанотубе су уграђене заједно и одвојено у епоксидну матрицу и испитиван је њихов утицај на механичка и термичка својства материјала у односу на почетни материјал.

Калцијум-силикатне наночестице волстонита, дикалцијум силиката и трикалцијум силиката су добијене различитим поступцима сагоревања и, као такве, уграђене су у епоксидну смолу као матрицу. Резултати испитивања добијених нанокмполитних материјала су довели до сазнања о побољшаним механичким и термичким својствима материјала у односу на почетни материјал.

Детаљним увидом у докторску дисертацију и добијене резултате, закључено је да спроведена опсежна испитивања прате савремене трендове указујући на значај испитиване проблематике.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

У оквиру докторске дисертације Александре Н. Јелић, цитирано је 230 литературних навода од којих је већи број новијег датума, релевантних у испитиваној проблематици. Поред научних радова, као литературни наводи су наведене књиге, поглавља у књигама тематике коју ова докторска дисертација обрађује. Детаљном анализом резултата приказаних у наведеној литератури, изложене су полазне хипотезе и основне смернице истраживања спроведених у овој докторској дисертацији. Изведен је преглед литературе као основа за планирање и извођење експеримената, обраду добијених резултата и дискусију истих у контексту актуелних савремених светских трендова и истраживања која су релевантна последњих година.

На основу списка наведене литературе и објављених радова које је кандидат приложио, уочено је адекватно познавање предметне области истраживања и познавање тренутних истраживања исте тематике у свету.

3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

Добијени резултати приказани у овој докторској дисертацији су доказани одговарајућим експериментима и савременим аналитичким мерењима.

Најпре је изведена површинска модификација халојзитних нанотуба помоћу силанских модификатора. Уведене функционалне групе су имале улогу у обезбеђењу адекватне везе између нанотуба и епоксидне матрице. Комерцијалне нанотубе и модификоване нанотубе су одвојено и заједно, у различитим процентуалним односима, уведене као ојачање у епоксидну

смолу и испитивана су својства добијених нанокомпозитних материјала. Модификоване нанотубе су аналитички испитиване у циљу одређивања епоксидног односно аминског броја; изведена је њихова анализа помоћу Фуријеове трансформације инфрацрвене спектроскопије рендгенска дифракциона анализа и термогравиметријска и диференцијална термогравиметријска анализа. Нанокомпозитни материјали ојачани халојзитним нанотубама су испитани на затезање и изведене су анализа скенирајуће електронске микроскопије и трансмисионе електронске микроскопије; изведени су тестови горивости и термогравиметријска и диференцијална термогравиметријска анализа.

Калцијум-силикатне наночестице су синтетисане различитим методама сагоревања и њихова својства су испитана анализом Фуријеове трансформације инфрацрвене спектроскопије и рендгенском дифракционом анализом, као и анализом скенирајуће електронске микроскопије. Добијене калцијум-силикатне честице су, даље, уграђене у епоксидну матрицу и добијени нанокомпозитни материјали су испитани на затезање уз 3Д Дигиталну корелацију слика; изведени су анализа трансмисионе електронске микроскопије и 3Д скенирање површине лома материјала, тестови горивости, динамичко-механичка анализа нанокомпозитних материјала и одређена је вискозност неумрежене епоксидне матрице и суспензије епоксидне матрице и максималног процента калцијум-силиката и епоксидне смоле.

3.4. Применљивост остварених резултата

Након поређења резултата приказаних у оквиру ове докторске дисертације са досадашњим резултатима објављеним од стране других истраживачких група, закључили смо да је остварен значајан допринос у развоју нових нанокомпозитних материјала на бази халојзитних нанотуба и калцијум-силикатних наночестица побољшаних механичких и термичких својстава. Додавање ових ојачања одговарајућих димензија, мдофолошких својстава и површинске функционализације је довело до побољшања крајњих физичких, механичких и термичких својстава епоксидне смоле као матрице. Поред тога, на основу резултата, може се предложити адекватан избор метода модификације и синтезе наночестица које за циљ имају смањење агломерације, те побољшање дисперзије коришћених наночестица у епоксидној смоли.

3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

Спровођењем иновативних истраживања током израде докторске дисертације, кроз самоиницијативу и самосталност у планирању и реализацији експеримената, обради, анализи и дискусији добијених резултата и припреми публикација, кандидат Александра Н. Јелић, мастер инжењер технологије, показала је стручан, аналитичан и инжењерски приступ приликом истраживања. Део резултата свог истраживачког рада Александра Н. Јелић је представила у оквиру 2 рада објављена у монографији међународног значаја (M14), једног рада у врхунском међународном часопису (M21), једног рада у истакнутом међународном часопису (M22), једног рада у међународном часопису (M23), два рада у националном часопису међународног значаја (M24), два саопштења са међународних скупова штампана у целини (M33), три саопштења са међународних скупова штампана у изводу (M34), једном раду у часопису националног значаја (M51), 13 предавања по позиву са скупа националног значаја штампана у целини (M61), 9 радова предавања по позиву са скупа националног значаја штампана у целини (M63).

Комисија је мишљења да кандидат Александра Н. Јелић поседује квалитете неопходне за самосталан научно-истраживачки рад.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

Резултати добијени у оквиру истраживања приказаног у докторској дисертацији кандидата Александре Н. Јелић дају значајан допринос у разумевању синтезе, модификације, метода припреме и примене нанокмпозитних материјала на бази епоксидне смоле ојачане помоћу два типа ојачања: халојзитних нанотуба и калцијум-силикатних наночестица. Најзначајнији научни доприноси, проистекли из испитивања приказаних у оквиру докторске дисертације су:

- Површинска модификација халојзитних нанотуба помоћу силанских модификатора;
- Добијање калцијум-силикатних наночестица помоћу метода сагоревања;
- Испитивање утицаја функционализације на побољшање интеракција и компатибилности модификованих нанотуба са епоксидном матрицом и метода припреме калцијум-силиката водећи до боље дисперзије нанојачања у епоксидној матрици; и
- Испитивање утицаја дисперзије нанојачања на крајња механичка и физичка својства материјала.

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

Проучавањем нанокмпозитних материјала кроз бројне теоретске и експерименталне приступе, дошло се до нових сазнања о структури нанокмпозитних материјала и утицаја структуре на крајња својства и примену истих. Истраживања у оквиру ове докторске дисертације су конципирана након детаљне анализе литературе из области синтезе, припреме, карактеризације и примене нанокмпозитних материјала на бази халојзитних нанотуба и калцијум-силиката. Као полазни материјал је коришћена комерцијална епоксидна смола која је, даље, ојачана помоћу комерцијалних и модификованих халојзитних нанотуба и калцијум-силиката синтетисаних различитим методама сагоревања.

Како би био објашњен утицај синтезе, модификације и начина припреме материјала, од великог је значаја разумевање структуре и морфологије, начина синтезе, функционализације и процесирања наночестица као основних конституената нанокмпозитних материјала. Уколико су наночестице и нанокмпозитни материјали припремљени на адекватан начин односно применом одговарајућих метода, могу довести до побољшања свеукупних својстава добијених нанокмпозитних материјала.

У овој докторској дисертацији су коришћена два типа наночестица. Халојзитне нанотубе су уграђене у епоксидну матрицу као комерцијалне и површински модификоване помоћу 2 силанска модификатора: 3-Глицидилоксипропилтриметокси силана и 3-Аминопропилтриметокси силана. Халојзитне нанотубе модификоване помоћу 3-Аминопропилтриметокси силана су даље модификоване помоћу 2,2-Бис[4-(глицидилокси)фенил] пропана. Ковалентном функционализацијом, повећан је удео епокси односно аминске компоненте на површини нанотуба, те је повећана реактивност нанотуба уграђених у епоксидну матрицу.

Калцијум-силикатне наночестице воластонита, дикалцијум-силиката и трикалцијум-силиката су припремљене сагоревањем и, као такве, уграђене у епоксидну матрицу.

Како на крајња својства нанокмпозитних материјала утичу однос димензија наночестица, запремински удео, облик и основна површина, као и интеракције са епоксидном матрицом, у овој докторској дисертацији се низом експерименталних испитивања дошло до сазнања о утицају процеса површинске модификације халојзитних нанотуба на својства нанотуба, процесу сагоревања као методе за добијање различитих типова калцијум-силиката, интеракције са епоксидном матрицом и укупна својства нових материјала у која су наночестице инкорпориране.

Истраживања у овој докторској дисертацији су отворила нове правце за даљи развој нових нанокompозитних материјала на бази халојзитних нанотуба и калцијум-силикатних честица ради добијања материјала побољшаних механичких и термичких својстава.

4.3. Верификација научних доприноса

Кандидат Александра Н. Јелић је резултате истраживања добијене у току израде ове докторске дисертације потврдила објављивањем радова у часописима међународног значаја и у поглављу монографије међународног значаја. Из дисертације су проистекли следећи радови:

Категорија M14:

1. **Jelić, A.**, Božić, A., Stamenović, M., Sekulić, M., Porobić, S., Dikić, S., Putić, S.: Effects of Dispersion and Particle-Matrix Interactions on Mechanical and Thermal Properties of HNT/Epoxy Nanocomposite Materials, In: Mitrovic N., Mladenovic G., Mitrovic A. (eds) *Experimental and Computational Investigations in Engineering*. CNNTech 2020. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 153, pp. 310-325, https://doi.org/10.1007/978-3-030-58362-0_18 (ISBN 978-3-030-58361-3)

Категорија M21:

1. **Jelić, A.**, Sekulić, M., Travica, M., Gržetić, J., Ugrinović, V., Marinković, A. D., Božić, A., Stamenović, M., Putić, S.: Determination of mechanical properties of epoxy composite materials reinforced with silicate nanofillers using Digital Image Correlation (DIC), *-Polymers*, 2022, vol. 14, no. 6, pp. 1255, <https://doi.org/10.3390/polym14061255> (IF=4.329) (ISSN 2073-4360).

Категорија M22:

1. **Jelić, A.**, Marinković, A., Sekulić, M., Dikić, S., Ugrinović V., Pavlović, V., Putić, S.: Design of halloysite modification for improvement of mechanical properties of the epoxy based nanocomposites. *Polymer Composites*. 2021; vol. 42, no. 5, pp. 2180–2192. <https://doi.org/10.1002/pc.25967> (IF= 3.171) (ISSN 1548-0569)

Категорија M33:

1. **Jelić, A.**, Božić, A., Stamenović, M., Sekulić, M., Porobić, S., Dikić, S., Putić, S.: Effects of Dispersion and Particle-Matrix Interactions on Mechanical and Thermal Properties of HNT/Epoxy Nanocomposite Materials, *Programme and the book of Abstracts, International Conference of Experimental and Numerical Investigations and New Technologies – CNN TECH 2020*, Zlatibor, 2020, pp. 82

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

На основу свега наведеног, Комисија сматра да докторска дисертација кандидата Александре Н. Јелић, мастер инжењера технологије, под насловом „Механичка и термичка својства синтетисаних нанокмполитних материјала на бази халојзита и калцијум-силиката“ представља значајан и оригиналан научни допринос у датој области, као што је потврђено кроз објављивање радова у часописима међународног значаја. Предмет и циљеви су јасно постављени, наведени и у потпуности остварени. Комисија је мишљења да предметна докторска дисертација у потпуности задовољава захтеване критеријуме, те да је кандидат приликом израде дисертације показао изузетну научно-истраживачку способност у свим фазама израде ове докторске дисертације.

Имајући у виду квалитет, обим и научни допринос добијених резултата, Комисија предлаже Наставно-научном већу Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду да прихвати овај Реферат и поднету дисертацију кандидата Александре Н. Јелић, мастер инжењера технологије, под називом „Механичка и термичка својства синтетисаних нанокмполитних материјала на бази халојзита и калцијум-силиката“ изложи на увид јавности и упуту коначно усвајање Већа научних области техничких наука Универзитета у Београду, као и да након завршетка процедуре позове кандидата на усмену одбрану дисертације пред Комисијом у истом саставу.

У Београду, 19.04.2022.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

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

.....
Др Марина Стаменовић, научни сарадник
Академија техничких струковних студија Београд

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

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