

ТЕХН ОЛОШКО-МЕТАЛУРШКИ
ФАКУЛТЕТ
35/191
(Број захтева)

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
ВЕЋЕ НАУЧНИХ ОБЛАСТИ ТЕХНИЧКИХ НАУКА
(Назив већа научне области и коме се захтев упућује)

06.02.2020.
(Датум)

ЗАХТЕВ

за давање сагласности на предлог теме докторске дисертације

Молимо да, сходно члану 47. ст. 5. тач. 3. Статута Универзитета у Београду („Гласник Универзитета“, број 131/06), дате сагласност на предлог теме докторске дисертације:

„Функционализација честица алуминијум-оксида за композите на бази незасићених полиестарских смола добијених из рециклованог поли(етилентерефталата) (Functionalization of aluminium oxide for composites based on unsaturated polyester resins synthesized from waste poly(ethylene terephthalate))“

(пун назив предложене теме докторске дисертације)

НАУЧНА ОБЛАСТ: ТЕХНОЛОШКО ИНЖЕЊЕРСТВО

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

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

ABDUSALAM MOHAMED DRAH, мастер инжењер

Привременим решењем број 06-61301-2011/5-19 од 26.09.2019. године ректора Универзитета у Београду признаје се високошколска исправа Универзитета у Триполију-Факултет техничких наука, Триполи, Либија (Уверење о дипломирању, које је под бројем 142 издато на његово име и којим се потврђује да је именовани на наведеној установи савладао студијски програм другог степена студија). Укупан број признатих бодова у систему ЕСПБ на претходним нивоима високог образовања износи 300, чиме је стекао право да конкурише за упис на студијски програм докторских академских студија–Инжењерство материјала на Универзитету у Београду–Технолошко-металуршки факултет.

Студент је уписан на докторске академске студије школске 2015/2016. године.

Обавештавамо Вас да је Наставно-научно веће, на седници одржаној 31.05.2018. године размотрило предложену тему и закључило да је тема подобна за израду докторске дисертације.

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

Проф. др Петар Ускоковић

Прилог:

1. Предлог теме докторске дисертације са образложењем
2. Акт надлежног тела факултета о подобности теме за израду докторске дисертације
3. Подаци о ментору.



УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

Адреса: Студентски трг 1, 11000 Београд, Република Србија
Тел.: 011 3207400; Факс: 011 2638818; E-mail: officebu@rect.bg.ac.rs

Београд, 26. септембар 2019. године
Број: 06-61301-2011/5-19
МЧБ

На основу члана 132. став 1. Закона о високом образовању („Службени гласник РС”, бр. 88/2017, 27/2018 – др. закон и 73/2018), члана 19 став 1. Правилника о вредновању страних студијских програма и признавању страних високошколских исправа ради наставка образовања („Гласник Универзитета у Београду”, бр. 187/16 и 199/17) и одлуке Комисије за вредновање страних студијских програма и признавање страних високошколских исправа бр. 06-61301-2011/4-19 од 26. септембра 2019. године, доносим

ПРИВРЕМЕНО РЕШЕЊЕ

На основу података из документације која је прикупљена у покренутом поступку признавања стране високошколске исправе ради наставка образовања, ОМОГУЋУЈЕ СЕ да **Abdusalam (Mohamed) Drah**, подносилац захтева за признавање стране високошколске исправе ради наставка образовања, конкурише за упис на студијски програм докторских академских студија – **Инжењерство материјала на Универзитету у Београду – Технолошко-металуршки факултет** и, уколико испуни услове уписа и рангира се на листи у оквиру одобреног броја студената, да буде уписан на наведени студијски програм.

У оквиру наведене документације, у поступку признавања стране високошколске исправе, кандидат је Универзитету у Београду доставио **Уверење о дипломирању**, које је под бр. 142 на његово име издато од стране високошколске установе **Универзитет у Триполију – Факултет техничких наука, Триполи, Либија** и којим се потврђује да је именовани на наведеној установи савладао студијски програм другог степена студија.

Укупан број признатих бодова у систему ЕСПБ на претходним нивоима високог образовања износи 300.

Просечна оцена на претходним нивоима високог образовања усклађена са системом високог образовања Републике Србије износи 7,70 (седам и 70/100). Будући да је у поступку признавања наведене исправе утврђено да кандидат, у складу са чл. 9, ст. 3, т. 2. Правилника о докторским студијама Универзитета у Београду („Гласник Универзитета у Београду” бр. 191/16), има два научна рада објављена у стручном часопису и зборнику радова са рецензијом, и то: 1) **Abdusalam Drah, Jelena Rusmirović, Milena Milošević, Mustafa Kalifa, Ivana Stojiljković, Milica Rančić, Aleksandar Marinković, Techno-economic analysis of unsaturated polyester production from waste PET, Zastita materijala 57 (4) 605-612 (2016); 2) Nenad Đorđević, Ivana Stojiljković, Milica Rančić, Jelena Rusmirović, Krstimir Pantić, Abdusalam Drah, Milutin Milosavljević, Aleksandar D. Marinković, 5th International Conference „Economics and Management-Based on New Technologies“ EMoNT-2015 18-21 June 2015, Vrnjačka Banja, Serbia (2015) 249-256**, одлучено је да предметна исправа може да буде призната у сврху конкурса за упис на назначени студијски програм докторских студија.

Abdusalam (Mohamed) Drah има обавезу да у року од годину дана од издавања овог привременог решења Универзитету у Београду достави две оверене фотокопије стечене дипломе, као и два превода дипломе на српски језик, те да истовремено приложи њен оригинални примерак на увид.

Уколико именовани у наведеном року поступи у складу са обавезом из т. 4. овог привременог решења, Универзитет у Београду ће на његово име издати коначно решење о признавању, којим ће бити укинута ово привремено решење.

Уколико именовани у наведеном року не поступи у складу са обавезом из т. 4. овог привременог решења, Универзитет у Београду ће поништити ово привремено решење, на основу чега ће изгубити права која је евентуално остварила на основу овог привременог решења од дана његовог издавања до дана његовог поништења.

Образложење

Универзитету у Београду обратио се Abdusalam (Mohamed) Drah, рођен 01.01.1961. године у Злитену, Либија, захтевом за признавање Уверења о дипломирању издатог од стране високошколске установе Универзитет у Триполију – Факултет техничких наука, Триполи, Либија, које потврђује да је именовани на наведеној установи савладао студије другог степена и стекао звање Master of Technology in Production Engineering. Претходни ниво високог образовања именовани је савладао на Универзитету Бани Валид – Инжењерски факултет, Триполи, Либија, након окончаних студија првог степена у трајању од 5 година.

Универзитет у Београду је спровео поступак признавања и вредновања страног студијског програма. По прибављању података о акредитованости стране високошколске установе на којој је исправа стечена и студијског програма који је подносилац захтева савладао, Комисија за вредновање страних студијских програма и признавање страних високошколских исправа Универзитета у Београду је, утврдивши релевантне чињенице и обавивши стручну процену студијског програма, донела одлуку о вредновању страног студијског програма, бр. 06-61301-2011/2-19 од 07.06.2019. године.

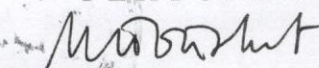
Одлука о вредновању је, уз целокупну документацију, достављена Технолошко-металуршком факултету, који је размотрио све списе предмета и констатовао да је подносилац захтева стекао довољно знања и вештина и да су испуњени услови за признавање стране високошколске исправе ради наставка образовања. Комисија Универзитета у Београду, узимајући у обзир предлог Факултета и утврђена правила о признавању јавних исправа, донела је одлуку о признавању стране високошколске исправе, бр. 06-61301-2011/4-19 од 25.09.2019. године.

Будући да је, у току поступка признавања, констатовано да је кандидат Универзитету у Београду приложио оверене фотокопије и преводе на српски језик Уверења о дипломирању, које нема статус стране високошколске исправе према Закону о високом образовању и Правилнику о вредновању страних студијских програма и признавању страних високошколских исправа ради наставка образовања, одлучено је као у изреци овог привременог решења.

УПУТСТВО О ПРАВНОМ СРЕДСТВУ:

Ово привремено решење има важење од највише годину дана и на њега је могуће уложити жалбу Сенату Универзитета у Београду у року од 30 дана од дана пријема.

РЕКТОРКА



Проф. др Иванка Поповић

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ

за кандидата: Абдусалам Драx (Abdusalam Drah)

Име и презиме ментора: Др Александар Маринковић
Звање: ванредни професор

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. J. Rusmirović, J. Ivanović, V. Pavlović, V. Rakić, M. Rančić, V. Djokić, **A. D. Marinković**, *Novel modified nanocellulose applicable as reinforcement in high-performance nanocomposites*, Carbohydrate Polymers, 164(15) (2017) 64–74, ISSN 0144-8617; IF(2015)=4.219 (M21a); <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.-2017.01.086>.

2. T. Kovačević, J. Rusmirović, N. Tomić, M. Marinović-Cincović, Ž. Kamberović, M. Tomić, **A. D. Marinković**, *New composites based on waste PET and non-metallic fraction from waste printed circuit boards: Mechanical and thermal properties*, Composite part. B Engineering, 127, (2017) 1-14, ISSN: 1359-8368; IF(2016)=4.727 (M21a); <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2017.06.020>.

3. Nataša Z. Tomić, **Aleksandar D. Marinković**, Đorđe Veljović, Kata Trifković, Steva Lević, Vesna Radojević, Radmila Jančić Heinemannb, *A new approach to compatibilization study of EVA/PMMA polymer blend used as an optical fibers adhesive: Mechanical, morphological and thermal properties*, International Journal of Adhesion and Adhesives, 81 (2018) 11-20, ISSN 0143-7496, IF(2018)=2.501 (M22), <https://doi.org/10.1016/j.ijadhadh.2017.11.002>

4. Jelena D. Rusmirović, Milica P. Rančić, Vladimir B. Pavlović, Vesna M. Rakić, Sanja Stevanović, Jasna Djonlagić, **Aleksandar D. Marinković**, *Cross Nanocellulose/Polyester Resin Nanocellulose Modification on Material Performances*, Macromolecular Materials and Engineering, Volume 303 (8) (2018) 1700648 (1-12), ISSN 1438-7492, IF(2018)=3.038 (M21), <https://doi.org/10.1002/mame.201700648>.

-Linkable Modifi
-Based Composi

5. J. D. Rusmirović, T. Radoman, E. S. Džunuzović, J. V. Džunuzović, J. Markovski, P. Spasojević, **A. D. Marinković**, *Effect of the Modified Silica Nanofiller on the Mechanical Properties of Unsaturated Polyester Resins Based on Recycled Polyethylene Terephthalate*, Polymer Composites 38(3) (2017) 538-554; IF(2016)=2,324 (M22); ISSN 0272-8397; DOI: 10.1002/pc.23613.

Заокружити одговарајућу опцију (А, Б, В или Г):

A) У случају менторства дисертације на докторским студијама у групацији техничкотехнолошких, природно-математичких и медицинских наука ментор треба да има најмање три рада са SCI, SSCI, AHCI или SCIE листе, као и Math-Net.Ru листе.

Б) У случају менторства дисертације на докторским студијама у групацији друштвено-хуманистичких наука ментор треба да има најмање три рада са релевантне листе научних часописа (Релевантна листа научних часописа обухвата SCI, SSCI, AHCI и SCIE листе, као и ERIH листу, листу часописа које је Министарство за науку класификовало као M24 и додатну листу часописа коју ће, на предлог универзитета, донети Национални савет за високо образовање. Посебно се вреднују и монографије које Министарство науке класификује као M11, M12, M13, M14, M41 и M51.)

В) У случају израде докторске дисертације према ранијим прописима за кандидате који су стекли академски назив магистра наука ментор треба да има пет радова (референци) које га, по оцени Већа научних области, квалификују за ментора односне дисертације.

Г) У случају да у ужој научној области нема квалификованих наставника, приложити одлуку Већа докторских студија о именовању редовног професора за ментора.

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

Датум: 30.05.2018. године

М.П.

Проф. др Петар Ускоковић

ДП

На основу чл. 40. Закона о високом образовању, чл. 104. став 3. Статута Универзитета у Београду, чл. 40. Статута ТМФ-а и чл. 32. Правилника о докторским студијама ТМФ-а, на седници Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета од 31.05.2018. 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 **Abdusalam Mohamed Drah**, мастер инж., под називом: „Функционализација честица алуминијум-оксида за композите на бази незасићених полиестарских смола добијених из рециклованог поли(етилентерефталата) (Functionalization of aluminium oxide for composites based on unsaturated polyester resins synthesized from waste poly(ethylene terephthalate))“.

Студенту се одобрава да докторску дисертацију пише и брани на енглеском језику.

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

За ментора се одређује др Александар Маринковић, ванредни професор Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет.

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

Д Е К А Н

Проф. др Ђорђе Јанаћковић

**UNIVERZITET U BEOGRADU
TEHNOLOŠKO-METALURŠKI FAKULTET
NASTAVNO-NAUČNOM VEĆU**

Predmet: Podobnost teme i kandidata Abdusalam Draha, diplomiranog inženjera mašinstva, za izradu doktorske disertacije

Odlukom br. 35/91 od 29. marta 2018. godine, imenovani smo za članove Komisije za ocenu naučne zasnovanosti i podobnosti teme i kandidata Abdusalam Draha, diplomiranog inženjera mašinstva za izradu doktorske disertacije i ocenu teme: **„Funkcionalizacija čestica aluminijum-oksida za kompozite na bazi nezasićenih poliestarskih smola dobijenih iz reciklovanog poli(etilentereftalata) (Functionalization of aluminium oxide for composites based on unsaturated polyester resins synthesized from waste poly(ethylene terephthalate))“**

Na osnovu materijala priloženog uz Zahtev kandidata, Komisija podnosi sledeći

REFERAT

1. Podaci o kandidatu

1.1. Biografski podaci

Abdusalam Mohamed Ali Alhemali Drah je rođen 1.1.1961. godine u Zlitenu, Libija. Završio je Engleski jezik i Pomorske studije 1989. godine na Arapskoj Pomorskoj Akademiji (Arab Maritime Academy) u Sharjahu u Ujedinjenim Arapskim Emiratima (UAE). Tokom studija obučavao se na različitim tipovima brodova radi sticanja iskustva. Tokom 2002. godine dobio je Uverenje o osposobljenosti za glavnog inženjera (Chief Engineering Certificate) na temu „The influence of the thermal stresses on marine water tube boilers under normal and maximum water working pressures“ sa prosečnom ocenom 72%, od strane Libijske Akademije za pomorska ispitivanja u Tripoliju. Istovremeno, kandidat je završio osnovne akademske studije u oblasti mašinskog i industrijskog inženjerstva na temu „Comparing of ductile iron and austempered ductile iron mechanical properties“, sa prosečnom ocenom 78%. Nakon toga kandidat je upisao Školu za Tehničke studije i ispitivanja, Fakulteta za inženjerstvo na Univerzitetu Alfateh gde je tokom 2009. godine završio master studije odbranivši tezu pod naslovom „The influence of laser surface hardening on austempered ductile iron“ sa prosečnom ocenom 82%. Tokom 2015. godine kandidat je upisao doktorske studije na Tehnološko-metalurškom fakultetu, Univerziteta u Beogradu, Katedra za Konstrukcije i specijalne materijale, smer Inženjerstvo materijala, položio sve ispite, kao i završni ispit, predviđene

planom i programom. Kandidat tečno govori engleski jezik, poznaje metodologiju za ispitivanje materijala i rad na računaru.

Radno iskustvo:

1984-1987–mlađi inženjer na brodu - General National Maritime Transport Company (GNMTC),

1990-2002–pomorski inženjer kod iste kompanije,

2004-2014–učitelj i instruktor za studente smera mašinsko inženjerstvo na master studijama na Institutu za poslovne studije, Zliten, Libija.

1.2. Stečeno naučno-istraživačko iskustvo

Kandidat je naučno-istraživačko iskustvo počeo da stiče upisivanjem doktorskih studija 2015. godine na Tehnološko-metalurškom fakultetu, Univerziteta u Beogradu.

Položeni ispiti i ostvareni bodovi u okviru doktorskih studija

Redni br.	Naziv predmeta	ESPB	Ocena
1.	Fizička hemija polimera	5	10
2.	Odabrana poglavlja numeričke analize	5	10
3.	Nauka o materijalima i inženjerstvo materijala	6	10
4.	Hemijska kinetika	5	7
5.	Struktura i svojstva kompozitnih materijala sa polimernom matricom	5	10
6.	Termodinamika čvrstog stanja	5	10
7.	Otkazi i integritet konstrukcija procesne opreme	6	10
8.	Fizika materijala	4	10
9.	Viši kurs karakterisanja makromolekula	5	10
10.	Kvantifikacija vizuelnih informacija	5	10
11.	Završni ispit	30	10
Ukupno/srednja ocena		81	9,73

Objavljeni naučni radovi i saopštenja:

1.1 Rad u međunarodnom časopisu izuzetnih vrednosti (M21a=10)

A. Drah, N. Tomić, Z. Veličić, A. Marinković, Ž. Radovanović, Z. Veličković, R. Jančić-Heinemann, Highly ordered macroporous γ -alumina prepared by modified sol-gel method with PMMA microsphere template for enhanced Pb^{2+} , Ni^{2+} and Cd^{2+} removal, *Ceram. Int.*, 43, (2017) 13817-13827; ISSN 0272-8842; IF(2016)=2.986 (M21a); DOI: 10.1016/j.ceramint.2017.07.102

1.2. Nacionalni časopis međunarodnog značaja koji nije na SCI listi (M24=3)

A. Drah, J. Rusmirović, M. Milošević, M. Kalifa, I. Stojiljković, M. Rančić, A. Marinković, Techno-economic analysis of unsaturated polyester production from waste PET, *Zaštita materijala* 57 (2016) 605-612; ISSN: 0351-9465, DOI:10.5937/ZasMat1604605D

2. Zbornici međunarodnih naučnih skupova - M30

3.1 Saopštenja na skupu međunarodnog značaja štampani u celini (M33=1)

N. Đorđević, I. Stojiljković, M. Rančić, J. Rusmirović, K. Pantić, **A. Drah**, M. Milosavljević, A. Marinković, Barrier properties of films based on nanocellulose, Proceedings, 5th International Conference "Economics and Management based on New Technologies" - EMoNT 2015, 249-256, Vrnjačka Banja, 18-21 June, 2015, ISBN 978-86-6075-055-8

M. Milošević, A. Živković, I. Popović, J. Rusmirović, J. Markovski, **A. Drah**, K. Pantić, A. Marinković, Synthesis and techno-economic analysis of plasticizers based on bis(diethylene glycol)terephthalate used for rubber processing, Proceedings, 5th International Conference "Economics and Management based on New Technologies" - EMoNT 2015, 336-342, Vrnjačka Banja, Serbia, ISBN 978-86-6075-055-8

M. Rančić, I. Popović, J. Rusmirović, A. Živković, J. Markovski, **A. Drah**, M. Milosavljević, A. Marinković, Synthesis and techno-economic analysis of polymer compatibilizers obtained from waste pet used for wood/plastic composites, Proceedings, 5th International Conference "Economics and Management based on New Technologies" - EMoNT 2015, 438-444, Vrnjačka Banja, Serbia, ISBN 978-86-6075-055-8

1.3. Ocena podobnosti kandidata za rad na predloženoj temi

Dosadašnjim radom i postignutim rezultatima tokom doktorskih studija i u okviru naučno-istraživačkog rada Abdusalam Drah je pokazao sposobnost za bavljenje naučno-istraživačkim radom. Na osnovu izloženog, Komisija smatra da je Abdusalam Drah ispunio sve potrebne uslove za rad na predloženoj temi doktorske disertacije. Abdusalam Drah je autor jednog rada objavljenog u međunarodnom časopisu izuzetnih vrednosti (M21a), jednog rada u nacionalnom časopisu međunarodnog značaja koji nije na SCI listi (M24) i koautor tri rada saopštena na skupovima međunarodnog značaja štampana u celini (M33).

Predmet i cilj naučnog istraživanja

Predmet i cilj doktorske disertacije je ispitivanje uticaja čestica aluminijum(III)-oksida (Al_2O_3) na mehanička i termička svojstva kompozita na bazi nezasićene poliestarske smole sintetisane iz otpadnog poli(etilentereftalata), kao i ispitivanja mogućnosti njihovog korišćenja u procesima prečišćavanja vode.

Poli(etilentereftalat) (PET) predstavlja jedan od najčešće upotrebljivanih inženjerskih polimera koji ima primenu u raznim granama industrije, kao što su automobilska, proizvodnja

ambalaže za hranu i piće, tekstilna, elektronska i dr. Usled masovne proizvodnje, vrlo kratkog veka primene proizvoda od PET-a i ljudskog nemara prilikom odlaganja, dolazi do generisanja velike količine otpada koji ima štetan uticaj kako na životnu sredinu, tako i na zdravlje ljudi i životinja. Zbog toga je neophodna reciklaža PET-a koja može biti: primarna (tokom oblikovanja proizvoda u fabričkom krugu), sekundarna (ponovno oblikovanje čistog ili u smeši sa svežim PET-om nakon svog korisnog veka), tercijarna (termičkim ili hemijskim tretmanom PET se prevodi u svoje polazne reaktante ili druge korisne hemijske sirovine) i kvaternarna (koristi se kao gorivo). Proizvodi tercijarne reciklaže PET-a se mogu koristiti za sintezu nezasićenih poliestarskih, vinil estarskih i alkidnih smola koje se koriste za proizvodnju kompozita za primenu u građevinarstvu i rudarstvu, kao i premaza. Da bi se poboljšala mehanička svojstva u tako dobijene smole se dodaju razna punila kao što su titan(IV)-oksid, modifikovane čestice silicijum-oksida, višeslojne ugljenične nanocevi i dr.

Pored navedenih, materijal koji ima značajan potencijal za primenu kao ojačanje u termoreaktivnim smolama i koji pokazuje dobra adsorpciona svojstva je aluminijum-oksid (Al_2O_3). Aluminijum-oksid se nalazi u više kristalnih stanja, kao što su: α -, χ -, η -, δ -, κ -, θ -, γ -, ρ - Al_2O_3 od kojih je termički najstabilniji α - Al_2O_3 (korund). Metastabilne faze, obično se nazivaju "prelazne" faze, mogu se nepovratno prevesti u α - Al_2O_3 odgovarajućim termičkim ili dehidratacionim tretmanom. Tako dobijena faza α - Al_2O_3 , zbog svojih strukturnih i površinskih svojstava, pokazuje veliki efekat ojačanja u termoreaktivnim smolama. Pored primene kao ojačanje, aluminijum-oksid se koristi i kao: adsorbent u analitičkoj hemiji, katalizator u raznim hemijskim reakcijama i materijal za visoko temperaturne primene zbog visoke termičke stabilnosti. Takođe efikasno prečišćavanje vode uz pomoć aluminijum-oksida se postižu primenom γ - Al_2O_3 ili drugih prelaznih faza koje imaju veću specifičnu površinu od α - Al_2O_3 .

Shodno navedenom, cilj predložene doktorske teze je dobijanje i karakterizacija novih kompozitnih materijala u kojima će polimernu matricu činiti nezasićena poliestarska smola sintetisana iz otpadnog PET-a, a kao punilo će se koristiti nano- i mikročestice aluminijum-oksida: komercijalne nano-aluminijum-oksidne čestice, sintetisan aluminijum-oksid dopiran gvožđe oksidom, aluminijum-oksid modifikovan organo-silanima i drugim organskim molekulima. Pratiće se uticaj vrste, udela, granulacije i tipa modifikacije dodatih čestica aluminijum-oksida mehanička i termička svojstva dobijenih kompozitnih materijala. Takođe, u cilju ispitivanja mogućnosti upotrebe čestica aluminijum-oksida, ispitaće se njihove adsorpcione performance u procesima uklanjanja katjona, kao što su Ni^{2+} , Cd^{2+} i Pb^{2+} , iz vode.

Naučni cilj ove doktorske disertacije će se odnositi na proučavanje uticaja nano- i mikročestica aluminijum-oksida na mehanička i termička svojstva kompozita na bazi nezasićene poliestarske smole sintetisane iz otpadnog PET-a, kao i ispitivanja mogućnosti njihovog korišćenja u procesima prečišćavanja voda.

Naučni ciljevi doktorske disertacije

Nezasićene poliestarske smole imaju veliku primenu u industriji: za proizvodnju cevi, delova brodova i čamaca, u automobilske industriji i dr. Zbog toga je bitno pomenuti da je potrebno da

materijal ima adekvatna svojstva neophodna za određeni tip namene zbog čega mu se dodaju razni aditivi, pre svega punila neorganskog i organskog porekla. U tu svrhu koriste se titan(IV)-oksid, organohemijski modifikovane čestice silicijum-oksida [1-3] ili organski/neogranski modifikovane višeslojne ugljenične nanocevi. Pokazano je da je značajno poboljšanje mehaničkih i termičkih svojstava nanokompozitnih materijala dodatkom silicijum-oksida uzrokovano snažnim interakcijama između čestica nano silicijum-oksida i nezasićene poliestarske smole [4, 5]. Takođe, utvrđeno je da se dobra kompatibilnost i disperzivnost čestica nanopunioaca sa polimernom matricom ostvaruje modifikacijom površinskih grupa istih upotrebom organosilana [6, 7]. Međutim, o upotrebi aluminijum-oksida u ove svrhe postoji vrlo malo podataka. Do sada je najčešće korišćen kao punilo u polimetilmetakrilatu (PMMA)[8] ili drugim polimernim materijalima [9], kao i za prečišćavanje otpadnih voda [10].

U ovom radu će se pratiti uticaj komercijalnog (nano) i sintetisanog (mikro) aluminijum-oksida na svojstva kompozitnih materijala i na efikasnost uklanjanja jona teških metala iz vodenih rastvora. Aluminijum-oksid dopiran gvožđe(III)-oksidom će se sintetisati sol-gel postupkom nakon čega će uslediti hemijska funkcionalizacija organosilanima i drugim organskim agensima. Ispitaće se uticaj vrste, veličine i udela čestica aluminijum-oksida, kao i tipa funkcionalizacije na svojstva dobijenih kompozita sa matricom od nezasićene poliestarske smole sintetisane iz otpadnog PET-a. Pre izvođenja eksperimenata, aluminijum-oksid i nezasićena poliestarska smola će biti okarakterisani upotrebom sledećih metoda: difrakcija X zracima (XRD), infracrvena spektroskopija sa Furievom transformacijom (FTIR), nuklearno-magnetno-rezonantna spektroskopija (^1H i ^{13}C NMR), skenirajuća elektronska mikroskopija (SEM) i optička mikroskopija. U prvoj fazi eksperimenata, nano- i mikročestice (komercijalni i sintetisani aluminijum-oksid dopiran gvožđem) će se, bez prethodnog tretmana, dodavati kao punioci u polimernu matricu nezasićene poliestarske smole. Dobijeni materijali će biti podvrgnuti ispitivanju mehaničkih i termičkih svojstava gde će se pratiti uticaj udela, granulacije i tipa dodatih čestica aluminijum-oksida na pomenuta svojstva. U tu svrhu će se upotrebiti sledeće metode karakterizacije dobijenih kompozita: dinamičko-mehanička analiza (DMA), termogravimetrijska analiza (TGA), ispitivanja zatezne i savojne jačine, određivanje maksimalne temperature i vremena geliranja standardnom metodom i ispitivanje kinetike umrežavanja FTIR metodom. U drugoj fazi će aluminijum-oksid biti površinski aktiviran pomoću organo-silana i estara masnih kiselina. Tako dobijeni kompoziti će biti karakterisani na način opisan kao u prvoj fazi nakon čega će se izvršiti uporedna analiza svojstava kompozita dobijenih u prvoj i drugoj fazi eksperimenata. Ovako dobijeni kompoziti bi se upotrebljavali za izradu proizvoda koji trpe dinamičko-mehanička opterećenja u industriji i građevinarstvu. Kao jedna od alternativa ispitaće se i uticaj strukturnih i površinskih svojstava aluminijum-oksida na efikasnost uklanjanja jona teških metala iz vodenih rastvora. Koncentracije teških metala će se određivati uz pomoć atomske apsorpcione spektroskopije (AAS).

Najvažniji literaturni podaci koji se odnose na ovu temu su:

- [1] Jastrzêbska M., Janik H., Paukszta D.: The investigation of polyester composites filled by modified bentonite. *Polimery*, 59, 656–661 (2014)
- [2] Rusmirović J. D., Radoman T., Džunuzović E. S., Džunuzović J. V., Markovski J., Spasojević P., Marinković A. D.: Effect of the modified silica nanofiller on the mechanical properties of unsaturated polyester resins based on recycled polyethylene terephthalate. *Polymer Composites*, in press (2015), DOI:10.1002/pc.23613
- [3] Rusmirović J. D., Trifković K. T., Bugarski B., Pavlović V. D., Džunuzović J. V., Tomić M., Marinković A. D.: High performance unsaturated polyester based nanocomposites: Effect of vinyl modified nanosilica on mechanical properties. *Express Polymer Letters*, 10, 139-159 (2016)
- [4] Guo L., Xu X., Zhang Y., Zhang Z.: Effect of functionalized nanosilica on properties of polyoxymethylenematrix nanocomposites. *Polymer Composites*, 35, 127–136 (2014)
- [5] Tong L., Pu Z., Chen Z., Huang X., Liu X.: Effect of nanosilica on the thermal, mechanical, and dielectric properties of polyarylene ether nitriles terminated with phthalonitrile. *Polymer Composites*, 35, 344–350 (2014)
- [6] Castellano M., Turturro A., Marsano E., Conzatti L., Vicini S.: Hydrophobation of silica surface by silylation with new organo-silanes bearing a polybutadiene oligomer tail. *Polymer Composites*, 35, 1603–1613 (2014)
- [7] Hong R. Y., Fu H. P., Zhang Y. J., Liu L., Wang J., Li H. Z., Zheng Y.: Surface-modified silica nanoparticles for reinforcement of PMMA. *Journal of Applied Polymer Science*, 105, 2176–2184 (2007)
- [8] Faisal Ali Alzarrug, Marija M. Dimitrijević, Radmila M. Jančić Heinemann, Vesna Radojević, Dušica B. Stojanović, Petar S. Uskoković, Radoslav Aleksić, The use of different alumina fillers for improvement of the mechanical properties of hybrid PMMA composites *Materials & Design*, 86 (2015) 575-581
- [9] Gamal Lazouzia, Marija M. Vuksanović, Nataša Z. Tomić, Miodrag Mitrić, Miloš Petrović, Vesna Radojević, Radmila Jančić Hainemann, Optimized preparation of alumina based fillers for tuning composite properties, *Ceramics International* 44 (2018) 7442-7449
- [10] Kasprzyk-Hordern B. Chemistry of alumina, reactions in aqueous solution and its application in water treatment. *Adv Colloid Inter-face Sci* 2004; 110:19–48

3. Polazne hipoteze

Kompozitni materijali predstavljaju klasu materijala kod kojih je moguće podešavati svojstva izborom komponenata pri čemu se između njih ostvaruje sinergetsko ili aditivno dejstvo. Prvi korak u istraživanjima u okviru ove doktorske disertacije baziraće se na sintezi kompozitnih materijala polazeći od pripreme polimerne matrice, sinteze i funkcionalizacije ojačanja i pripreme kompozitnih materijala. Nakon toga predviđemo je ispitivanje mehaničkih svojstava dobijenih kompozitnih materijala.

Kao ojačanje koristiće se čestice na bazi aluminijum-oksida. Pokazalo se da čestice aluminijum-oksida u zavisnosti od načina termičke obrade menjaju svoju kristalnu strukturu i da je moguće na svojstva kompozitnog materijala uticati, kako podešavanjem hemijskog sastava

čestica za izradu kompozitnog materijala, tako i izborom načina termičke obrade. Nano aluminijum-oksidi će biti kupljeni od kompanije Sigma Aldrich, dok će mikro aluminijum-oksidi dopirani gvožđe(III)-oksidom biti sintetisani polazeći od aluminijum hlorhidrata, $(\text{Al}(\text{OH})_3)_2\text{Cl}_3 \cdot 2,5\text{H}_2\text{O}$, i gvožđe(III)-hlorida, $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$. Termička obrada dobijenog gela će se izvoditi u vazduhu na temperaturi od 800 °C i dobijene čestice će se koristiti kao ojačanja pri izradi kompozitnih materijala. Kristalografski sastav ovih čestica će biti određen primenom XRD metode.

Imajući to u vidu, polazne hipoteze koje se mogu izdvojiti kao osnova za započinjanje naučno-istraživačkog rada u okviru ove doktorske disertacije su sledeće:

- Nezasićenim poliestarskim smolama sintetisanim iz otpadnog PET-a će se kao punilo dodavati nemodifikovane i funkcionalizovane nano i mikro čestice aluminijum-oksida i izvršiti uporedna analiza dobijenih mehaničkih i dinamičko-mehaničkih svojstava kompozita u zavisnosti od tipa dodatih čestica.
- Modifikovanjem strukture i površine čestica aluminijum-oksida (funkcionalizacija) izvršiće se optimizacija/poboljšanje adsorpcionih svojstava, kao i njihova hidrofobizacija i uvešće se centri reaktivnosti koji učestvuju u reakcijama umrežavanja sa etilenskim grupama na poliestarskim lancima koji potiču od anhidrida maleinske kiseline, čime će se postići bolja kompatibilnost i disperzija čestica punila u polimernoj matrici.
- Dobijanje polimernih nano i mikro kompozita sa ravnomerno dispergovanim ojačanjima predstavlja svojevrsan izazov zbog otežanog procesiranja usled povećanja viskoznosti. Prevažilaženje tog problema je moguće dobro izabranom metodom funkcionalizacije čestica i tehnikom pripreme kompozita.
- Takođe sinteza aluminijum-oksida definisanih strukturnih i površinskih svojstava u cilju dobijanja adsorbentnih poboljšanih performansi za uklanjanje teških metala iz vode je od velikog značaja u oblasti zaštite životne sredine.

4. Naučne metode istraživanja

Kako bi se potvrdile postavljene hipoteze, biće korišćene opšte i posebne naučne metode istraživanja. Od opštih naučnih metoda istraživanja biće primenjene: induktivno i deduktivno zaključivanje, poređenje, analiza i sinteza, apstrakcija i konkretizacija, kao i generalizacija. U ovom radu će se koristiti otpadni PET za sintezu nezasićenih poliestarskih smola koje će biti ojačane dodatkom nemodifikovanih i funkcionalizovanih nano i mikro čestica komercijalnog i sintetisanog aluminijum-oksida. Za karakterizaciju dobijenih kompozitnih materijala, definisanje strukturnih svojstava, morfologije, dinamičko-mehaničkih i termičkih svojstava, koristiće se različite instrumentalne tehnike: difrakcije X zracima - XRD, infracrvena spektroskopija sa Furijeovom transformacijom – FTIR, skenirajuća elektronska mikroskopija – SEM, termogravimetrijska analiza – TGA, atomska apsorpciona spektroskopija – AAS, dinamičko-mehanička analiza - DMA, nuklearno-magnetno rezonantna spektroskopija – ^1H i ^{13}C NMR, a biće ispitana i zatezna čvrstoća i mikrotvrdoća metodom po Vickersu.

5. Očekivani naučni doprinos

Očekuje se da će rezultati istraživanja u okviru ove doktorske disertacije dati:

- Nove kompozitne materijale poboljšanih dinamičko-mehaničkih i termičkih svojstava;
- Strukturnom i površinskom modifikacijom čestica aluminijum-oksida očekuje se značajno poboljšanje adsorpcionih svojstava aluminijum-oksida i mehaničkih svojstava kompozitnih materijala;
- Potpunu karakterizaciju sintetisanih smola, nano i mikro čestica aluminijum-oksida, kao i dobijenih novih kompozitnih materijala;
- Doprinos saznanjima o uticaju granulacije, udela i funkcionalizacije nano- i mikročestica aluminijum-oksida na mehanička i termička svojstva dobijenih kompozitnih materijala;
- Bolji pristup u potpunom sagledavanju svojstava novih materijala na osnovu eksperimentalnih rezultata i metoda karakterizacije;

Takođe, očekuje se da će razvijena metodologija doprineti rešavanju problema otpadne PET ambalaže čime će se omogućiti proaktivna i efikasna zaštite životne sredine primenom cirkularne ekonomije i održivog razvoja.

6. Plan istraživanja i struktura rada

Najpre će se izvršiti sinteza nezasićene poliestarske smole katalitičkom depolimerizacijom otpadnog PET-a i mikročestica aluminijum-oksida dopiranih gvožđe(III)-oksidom. Nakon toga, biće pripremljeni kompoziti sa dodatkom nemodifikovanih komercijalnih nanočestica i sintetisanih mikročestica aluminijum-oksida u sintetisanu polimernu matricu. Biće praćen uticaj udela, granulacije i tipa dodatih čestica aluminijum-oksida na mehanička i termička svojstva dobijenih kompozita. Ispitivaće se uticaj strukture aluminijum-oksida na njegova adsorpciona svojstva u cilju uklanjanja jona teških metala iz voda.

Potom će se nano- i mikročestice modifikovatiorgano-silanima i estrima masnih kiselina radi dobijanja reaktivne površine ojačanja pogodne za ostvarivanje dobre veze sa polimernom matricom u kompozitnim materijalima. Nakon toga će uslediti ispitivanje mehaničkih i termičkih svojstava dobijenih kompozita prethodno opisanim metodama, kao i uporedna analiza sa pomenutim svojstvima prethodno dobijenih kompozita sa nemodifikovanim nano- i mikročesticama aluminijum-oksida. Pored toga, biće izvršena i uporedna analiza uticaja odabranih sredstava za funkcionalizaciju nano i mikročestica aluminijum-oksida na svojstva dobijenih kompozita.

Predviđa se da će u doktorskoj disertaciji biti obrađena sledeća poglavlja: *Uvod, Teorijski deo, Eksperimentalni deo, Rezultati i diskusija, Zaključak i Literatura.*

U poglavlju *Uvod*, biće razmotreni aktuelni trendovi, predmet i cilj istraživanja, kao i očekivani doprinos disertacije.

Teorijski deo, podeljen na potpoglavlja, sadržiće osvrt na strukturu i svojstva aluminijum-oksida, kao i na PET i njegove postupke reciklaže. Pored toga, *Teorijski deo* će obuhvatiti literaturne podatke o metodama sinteze i primene aluminijum-oksida nano- i mikrodimenzija za primenu kao ojačanja u polimernim matricama i adsorbenta za uklanjanje teških metala Ni^{2+} ,

Cd^{2+} i Pb^{2+} . U okviru *Teorijskog dela* će biti prikazana i dosadašnja istraživanja vezana za nezasićene poliestarske smole dobijene iz otpadnog PET-a, poboljšanje mehaničkih svojstava smola ugradnjom punila u strukturu polimera, kao i mogućnost njihove primene u industriji.

U *Eksperimentalnom delu* biće navedeni svi korišćeni materijali, detaljan opis sinteze nezasićenih poliestarskih smola i mikro aluminijum-oksida dopiranog gvožđe(III)-oksidom, kao i priprema kompozita dodatkom nano- i mikročestica u polimernu matricu. Pored toga, biće detaljno opisana funkcionalizacija čestica, kao i sve metode karakterizacije koje će biti korišćene tokom izrade disertacije.

U poglavlju *Rezultati i diskusija* biće detaljno analizirani rezultati eksperimentalnog rada i upoređeni sa literaturnim podacima.

U *Zaključku* će biti sumirano celokupno istraživanje uz osvrt na inovativne metode i pristupe problematici, kao i prednosti koje se tiču potencijalne primene.

U *Literaturi* će biti navedeni radovi i literaturni izvori citirani u disertaciji, kao i radovi proistekli iz sprovedenih istraživanja.

7. Zaključak i predlog

Na osnovu iznetih podataka, Komisija smatra da je tema predložene doktorske disertacije kandidata Abdusalam Draha, diplomiranog inženjera mašinstva: „Funkcionalizacija čestica aluminijum-oksida za kompozite na bazi nezasićenih poliestarskih smola dobijenih iz reciklovanog poli(etilentereftalata) (Functionalization of aluminium oxide for composites based on unsaturated polyester resins synthesized from waste poly(ethylene terephthalate))“ naučno zasnovana i predlaže Nastavno-naučnom veću da je prihvati. Za mentora se predlaže dr Aleksandar Marinković, vanredni profesor Univerziteta u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet. Istraživanja u okviru ove doktorske disertacije pripadaju naučnoj oblasti Tehnološko inženjerstvo i užoj naučnoj oblasti Inženjerstvo materijala za koju je Tehnološko-metalurški fakultet Univerziteta u Beogradu matična ustanova.

U Beogradu 21. maj 2018.

ČLANOVI KOMISIJE

Dr Aleksandar Marinković, vanredni profesor
Univerziteta u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet

Dr Radmila Jančić-Heinmann, redovni profesor
Univerziteta u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet

Dr Zlate Veličković, docent
Univerziteta odbrane, Vojna akademija