

ТЕХНОЛОШКО-МЕТАЛУРШКИ
ФАКУЛТЕТ
35/466
(Број захтева)

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

10.10.2016.
(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:

„Композитни материјали на бази р-ПЕТ влакана и незасићених полиестарских смола добијених из био-обновљивих извора“
(пун назив предложене теме докторске дисертације)

НАУЧНА ОБЛАСТ: ТЕХНОЛОШКО ИНЖЕЊЕРСТВО

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

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

БОЈАНА (Зоран) ФИДАНОВСКИ, дипл. инж. технологије

2. Назив и седиште факултета на коме је стекао високо образовање: Универзитет у Београду, Технолошко-металуршки факултет.

3. Година дипломирања: 2008.

Студент је шк. 2008/2009. године уписан на докторске академске студије.

На захтев студента, а уз сагласност ментора, Наставно-научно веће Факултета је Одлуком бр. 35/240 од 12.09.2014. године студенту продужило рок за завршетак студија за два семестра шк. 2014/2015. године.

На захтев студента, Решењем декана бр. 05-10/10 од 20.04.2015. године студенту је одобрено мировање права и обавеза у школској 2014/2015. години због теже болести, на основу извештаја лекара специјалисте.

Школске 2015/2016. године студент је уписан у продужену годину од два семестра која су му одобрена за школску 2014/2015. годину, када је био у статусу мировања права и обавеза.

На захтев студента, а на прелог ментора, Наставно-научно веће Факултета је Одлуком бр. 35/487 од 29.09.2016. године студенту продужило рок за завршетак студија за још годину дана шк. 2016/2017. године.

Обавештавамо Вас да је Наставно-научно веће,
(назив надлежног тела Факултета)

на седници одржаној 29.09.2016. године размотрило предложену тему и закључило да је тема подобна за израду докторске дисертације.

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

Проф. др Ђорђе Јанаћковић

ДП

На основу чл. 30. став 3. Закона о високом образовању, чл. 40. Статута ТМФ-а и чл. 32. Правилника о докторским студијама ТМФ, на седници Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета од 29.09.2016. 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 БОЈАНЕ ФИДАНОВСКИ, дипл. инж. технологије, под називом:
„Композитни материјали на бази р-ПЕТ влакана и незасићених полиестарских смола добијених из био-обновљивих извора“.

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

За менторе се одређују: др Иванка Поповић, редовни професор Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет и др Павле Спасојевић, доцент Универзитета у Крагујевцу, Факултет техничких наука у Чачку.

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

Д Е К А Н

Проф. др Ђорђе Јанаћковић

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ

за кандидата: Бојана Фидановски

Име и презиме ментора: Иванка Поповић

Звање: редовни професор, Универзитет у Београду, Технолошко-металуршки факултета

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. Spasojevic Pavle M Panic Vesna V Dzunuzovic Jasna V Marinkovic Aleksandar D Woortman AJJ Loos K **Popovic Ivanka G**, High performance alkyd resins synthesized from postconsumer PET bottles, RSC ADVANCES, (2015), vol. 5 br. 76, str. 62273-62283, IF=3,840; ISSN: 2046-2069.
2. Radoman Tijana S Dzunuzovic Jasna V Jeremic Katarina B Grgur Branimir N Milicevic Dejan S **Popovic Ivanka G**, Dzunuzovic Enis S, Improvement of epoxy resin properties by incorporation of TiO₂ nanoparticles surface modified with gallic acid esters, MATERIALS & DESIGN, (2014), vol. 62 br. , str. 158-167, IF=3,501; ISSN: 0261-3069.
3. Antanasijevic Davor Z, Pocajt Viktor V, **Popovic Ivanka G**, Redzic Nebojsa D, Ristic Mirjana Dj, The forecasting of municipal waste generation using artificial neural networks and sustainability indicators, SUSTAINABILITY SCIENCE, (2013), vol. 8 br. 1, str. 37-46, IF=3,119; ISSN: 1862-4065.
4. **Popovic Ivanka G** Katsikas Lynne, The thermal degradation of some polymeric di-alkyl esters of itaconic acid, JOURNAL OF THE SERBIAN CHEMICAL SOCIETY, (2013), vol. 78 br. 12, str. 2179-2200, IF=0,871; ISSN: 0352-5139
5. Milosavljevic Nedeljko B Milasinovic Nikola Z **Popovic Ivanka G** Filipovic Jovanka M Kalagasidis-Krusic Melina T, Preparation and characterization of pH-sensitive hydrogels based on chitosan, itaconic acid and methacrylic acid, POLYMER INTERNATIONAL, (2011), vol. 60 br. 3, str. 443-452, IF=2,409; ISSN: 0959-8103.

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

☒ А) У случају менторства дисертације на докторским студијама у групацији техникотехнолошких, 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 М24 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 М11, М12, М13, М14, М41 и М51.)

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: 15.09.2016.

М.П.

Проф. др Ђорђе Јанаћковић

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ

за кандидата Бојана Фидановски

Име и презиме ментора: Павле Спасојевић

Звање: Доцент

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. **Spasojevic P**, Panic V, Dzunuzovic J, Marinkovic A, Woortman AJJ, Loos K, Popovic I, High performance alkyd resins synthesized from postconsumer PET bottles, RSC Advances, 2015, 5, 76, 62273-62283, ISSN 2046-2069, IF 3.289
2. **Spasojevic P**, Jovanovic J, Adnadjevic B, Unique effects of microwave heating on polymerization kinetics of poly(methyl methacrylate) composites, Materials Chemistry and Physics, 2013, 141, 882-890, ISSN 0254-0584, IF 2.129
3. Marinkovic A, Radoman T, Dzunuzovic E, Dzunuzovic J, **Spasojevic P**, Isailovic B, Bugarski B, Mechanical properties of composites based on unsaturated polyester resins obtained by chemical recycling of poly(ethylene terephthalate), Hemijska Industrija, 2013, 67, 913-922, ISSN 0367-598X, IF 0.437
4. **Spasojevic P**, Panic V, Jovic M, Markovic J, Van Roost C, Popovic I, Velickovic S, Biomimic hybrid polymer networks based on casein and poly(methacrylic acid). Case study: Ni²⁺ removal, Journal of Materials Chemistry A, 2016, 4, 1680-1693, ISSN 2050-7488, IF 8.262
5. Panic V, **Spasojevic P**, Radoman T, Dzunuzovic E, Popovic I, Velickovic S, Methacrylic acid based polymer networks with a high content of unfunctionalized nanosilica: Particle distribution, swelling, and rheological properties, Journal of Physical Chemistry C, 2015, 119, 610-622, ISSN 1932-7447, IF 4.509

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

А) У случају менторства дисертације на докторским студијама у групацији техникотехнолошких, 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: 15.09.2016.

М.П.

Проф. др Ђорђе Јанаћковић

NASTAVNO-NAUČNOM VEĆU

Predmet: Podobnost teme i kandidata Bojane Fidanovski za izradu doktorske disertacije

Na sednici Nastavno-naučnog veća Tehnološko-metalurškog fakulteta održanoj 15.09.2016. godine, imenovani smo za članove Komisije za ocenu podobnosti teme i kandidatkinje Bojane Fidanovski, dipl.inž.tehnologije za izradu doktorske disertacije i naučne zasnovanosti teme „Kompozitni materijali na bazi r-PET vlakana i nezasićenih poliestarskih smola dobijenih iz bio-obnovljivih izvora“.

Na osnovu materijala priloženog uz Zahtev kandidata, Komisija podnosi sledeći

R E F E R A T

1. Podaci o kandidatu

1.1. Biografski podaci

Bojana Fidanovski, dipl.inž.tehnologije, rođena je 21.03.1983. godine u Beogradu, gde je završila osnovnu i srednju školu sa odličnim uspehom. Osnovne studije na Tehnološko-metalurškom fakultetu Univerziteta u Beogradu, na odseku za Organsku hemijsku tehnologiju i polimerno inženjerstvo upisala je školske 2002/2003. godine. Diplomirala je 2008. godine sa prosečnom ocenom 8,35 (8 i 35/100). Doktorske akademske studije na Tehnološko-metalurškom fakultetu u Beogradu upisala je školske 2008/2009. godine, na smeru Inženjerstvo materijala.

Od aprila 2010. godine zaposlena je u Vojnotehničkom institutu, gde je raspoređena na mesto istraživača-saradnika u Sektoru za materijale i zaštitu, u Odeljenju za energetske materijale, odnosno u Odsek za ispitivanje energetskih materijala. Pored redovnih dužnosti na mestu istraživača – saradnika u Odseku za ispitivanje energetskih materijala, angažovana je kao referent za metrološku delatnost, a u periodu od oktobra 2013. godine do marta 2015. godine je bila angažovana kao sekretar Naučnog veća Vojnotehničkog instituta.

Pohađala je kurs "Savremene metode i tehnike praćenja stanja municije u cilju produženja veka upotrebe, pravci delovanja razvoja municije, savremeni energetske materijali i njihova primena u proizvodnji municije" na Univerzitetu Krenfield, Velika Britanija, od 23. do 27. 09. 2013. godine.

Tokom 2012. godine usavršila je poznavanje engleskog jezika, pohađanjem i uspešnim završetkom intenzivnog kursa u skladu sa STANAG 2 standardom u organizaciji Uprave za obuku i doktrinu GŠ VS (J-7).

Odlukom Nastavno-naučnog veća Vojne akademije (br. 60-444 od 04.06.2014. godine) izabrana je u zvanje asistenta za užu naučnu oblast "Opasne materije".

1.2. Stečeno naučnoistraživačko iskustvo

U okviru doktorskih studija položila je 12 ispita, kao i završni ispit, predviđenih studijskim planom i programom sa prosečnom ocenom 9,82 (9 i 82/100). Spisak položenih ispita i ocena prikazan je u tabeli:

R.br.	Naziv predmeta	Ocena	ESPB
1.	Termodinamika čvrstog stanja	10 (deset)	5
2.	Fizička hemija polimera	10 (deset)	4
3.	Odabrana poglavlja matematičke analize	10 (deset)	5
4.	Hemijska kinetika	10 (deset)	5
5.	Nauka o materijalima i inženjerstvo materijala	10 (deset)	6
6.	Otpadni organski proizvodi kao sekundarne sirovine	10 (deset)	5
7.	Postupci prerade polimera	10 (deset)	5
8.	Principi organske sinteze – savremene metode i reakcije	10 (deset)	6
9.	Degradacija i stabilizacija polimera	10 (deset)	5
10.	Viši kurs karakterisanja makromolekula	8 (osam)	4
11.	Engleski jezik	10 (deset)	
12.	Završni ispit	10 (deset)	30
Ukupno		9,82	80

Na Vojnotehničkom institutu je samostalno organizovala i izvodila praktičnu nastavu iz predmeta: „Karakterizacija eksplozivnih materija“ i „Analiza i praćenje stanja eksplozivnih materija“ u letnjem semestru školske 2013/2014. godine na master akademskim studijama, studijski program Vojna-hemijsko inženjerstvo za pripadnike Ministarstva nacionalne odbrane DNR Alžir.

Bojana Fidanovski je koautor rada objavljenog u časopisu međunarodnog značaja (M23), kao i 5 saopštenja na naučnim skupovima (M33-3 saopštenja, M34-1 i M64-1) i 3 rada objavljena u vodećim časopisima nacionalnog značaja M51-3.

Spisak objavljenih naučnih radova i saopštenja za časopise:

Rad objavljen u međunarodnom časopisu (M23)

1. Brzić S., Ušćumlić G., Dimić M., Tomić M., Rodić V., **Fidanovski B.**: *Viscoelastic behavior of carboxyl-terminated (butadiene-co-acrylonitrile) based composite rocket propellant binder containing polyglycidyl-type bonding agent*, Chem. Ind., 2015, DOI: 2298/HEMIND150918062B, ISSN 0367-598X, IF=0,319

Saopštenje sa međunarodnog skupa štampano u celini (M33)

1. Dimić M., **Fidanovski V.**, Jelisavac LJ., Stojiljković S., Karišik N.: *Determination compatibility of double base propellant with polymer materials using different test methods*, Proceedings of the 7th International Scientific Conference on Defensive Technologies, OTEH 2016, Belgrade, 2016.
2. **Fidanovski B.**, Dimić M., Milojković A., Karišik N.: *Define method Vacuum stability test for chemical stability of single base and double base propellants*, Proceedings of the 6th

International Scientific Conference on Defensive Technologies, OTEH 2014, Belgrade, 2014., pp. 368-371. ISBN: 987-86-81123-71-3

3. Jelisavac LJ., Bobić N., Stojiljković S., Koibiš A., Brzić S., **Fidanovski B.**: *Chemical Stability Assessment of Unusual Double-Base Propellants Compositions Without a Stabilizer*, Proceedings of the 6th International Scientific Conference on Defensive Technologies, OTEH 2014, Belgrade, 2014., pp. 241-246, ISBN: 987-86-81123-71-3

Radovi saopšteni na skupu međunarodnog značaja štampani u izvodu (M34)

1. Dimić M., Simić D., Terzić S., **Fidanovski B.**, Anđelić U.: *Recycled explosive characterization and estimation of processing possibilities*, Processing '16, Belgrade, 2-3. June 2016., pp 87-102, ISBNL: 987-86-81505-81-6

Radovi objavljeni u vodećim časopisima nacionalnog značaja (M51)

1. **Fidanovski B.**, Dimić M., Milojković A., Rodić V.: *Determination of chemical stability of propellants using the vacuum stability test method*, Scientific-Technical Review, Military Technical Institute, Beograd, 2016., vol. 66, No 1, pp 18-22, ISSN 1820-0206
2. Rodić V., **Fidanovski B.**: *Burning Stability of Composite Solid Propellants Including Zirconium Carbide*, Scientific-Technical Review, Military Technical Institute, Beograd, 2013., vol. LVIII, No 3, pp 33-40, ISSN 1820-0206
3. Srećković M., Fidanovski Z., Hribšek M., Milosavljević A., Jevtić S., **Fidanovski B.**, Ivanović N., Janićijević A., Nešić I., Negovanović V.: *Savremene metrološke tehnike i kvantni generatori u energetici i ekologiji*, Energija 5, Beograd, 2012., pp. 7-21, ISSN 03548651

Saopštenje sa skupa nacionalnog značaja štampano u izvodu (M64)

1. Trišović N., **Fidanovski B.**, Valentić N., Ušćumlić G.: *Sinteza, struktura i solvatohromizam potencijalno farmakološki aktivnih 3-alkil-5-etil-5-fenilhidantoina*, XLVII savetovanje Srpskog hemijskog društva, Beograd, 2009., Kratki izvodi radova, r. 138, ISBN 978-86-7132-038-2

1.3. Ocena podobnosti kandidata za rad na predloženoj temi

Na osnovu dosadašnjeg rada i pokazanih rezultata tokom doktorskih studija i u okviru naučno-istraživačkog rada, kandidatkinja Bojana Fidanovski, diplomirani inženjer tehnologije, postigla je značajne rezultate, pokazavši visok stepen samostalnosti i sposobnosti za naučno-istraživački rad. Položila je sve ispite na doktorskim studijama kao i završni rad vezan za temu disertacije. Kandidatkinja je koautor na naučnom radu objavljenom u međunarodnim časopisima, saopštila je i pet radova na međunarodnim naučnim skupovima, kao i tri rada u vodećim časopisima nacionalnog značaja. Na osnovu izloženog Komisija smatra da je Bojana Fidanovski kvalitetom ostvarenih naučnih rezultata, kao i svojom kompetentnošću i zalaganjem, ispunila sve uslove za rad na predloženoj temi doktorske disertacije.

2. Predmet i cilj istraživanja

Predmet naučnog istraživanja u okviru predložene teme ove doktorske disertacije jeste razvoj novih kompozitnih polimernih materijala poboljšanih fizičko-mehaničkih karakteristika baziranih na vlaknima dobijenih od recikliranog polimera, koja su dispergovana u polimernoj matrici-nezasićenoj poliestarskoj smoli dobijenoj iz bio-obnovljivih izvora.

Prethodnu deceniju je obeležilo veliko interesovanje akademske javnosti za prelazak sa fosilnih izvora na bio-obnovljive izvore. Ovakav trend je zastupljen kako iz razloga smanjenja zavisnosti od nafte, tako i zbog smanjenja uticaja na klimatske promene. U nekim oblastima došlo je do fundamentalnih promena u proizvodnji koja se zasniva na bio-obnovljivim izvorima. Jedna od tih oblasti kod koje je sve više zastupljena ovakva izmena jeste hemijska industrija, odnosno, proizvodnja hemijskih industrijskih proizvoda za široku potrošnju, kao što su smole [1].

Nezasićene poliestarske smole predstavljaju jedan od najvažnijih reaktivnih polimernih materijala. Kombinacija dobrih mehaničkih svojstava, niske gustine, niske cene i lakoće prerade čini da su ovi materijali veoma popularni u raznim oblastima [2]. Godišnje se oko 2,2 miliona tona nezasićenih poliestarskih smola koristi za proizvodnju širokog asortimana proizvoda, kao što su krovne konstrukcije, veštački mermeri i gitovi. Druge značajne primene nezasićenih poliestarskih smola uključuju rezervoare i cevi, propelere za vetrogeneratore, kao i razni delovi u automobilskoj industriji. Tokom poslednje dve godine, potrošnja nezasićenih poliestarskih smola stalno raste zbog povećanja potražnje [3]. Najčešće korišćene sirovine za proizvodnju ovih smola dobijaju se iz petrohemijskih izvora i njihova toksičnost i isparljivost zahtevaju strogi nadzor uticaja na životnu sredinu i zdravlje ljudi, pa se iz tog razloga teži zameni petrohemijskih polimera polimerima dobijenih iz bio-obnovljivih izvora. Potrebno je istaći da svi reaktanti koji se koriste u sintezi utiču na svojstva ovih smola uključujući mehanička svojstva, sorpciju vode, hemijsku otpornost i otpornost na gorenje, i td. Prema tome, kao jedan od značajnih pomaka, sa stanovišta istraživanja u okviru ove doktorske disertacije, bila bi zamena neželjenih reaktanata u smolama dobijenim iz bio-obnovljivih izvora, a da se pritom željena svojstva zadrže.

Kako se poliestri često koriste za dobijanje kompozitnih materijala, odličnih mehaničkih svojstava, poliestri iz bio-obnovljivih izvora postaju zanimljiva alternativna sirovina. Mnoga istraživanja su pokazala da nezasićeni poliestri iz bio-obnovljivih izvora imaju lošije mehanička svojstva od poliestara iz petrohemijskih sirovina [4-6]. Jedan od glavnih ciljeva ove doktorske disertacije je poboljšanje svojstava poliestarskih smola dobijenih iz bio-obnovljivih izvora ojačavanjem vlaknima recikliranog poli(etilen tereftalata) (r-PET).

Sintetski, takozvani „virdžin“ (engleski „virgin“) PET se smatra jednim od najzastupljenijih i najiskorišćenijih inženjerskih polimera u poslednjih nekoliko decenija. Zbog svojih izuzetnih mehaničkih, barijernih, hemijskih i estetskih karakteristika značajnu primenu je našao u proizvodnji ambalaže, odnosno u proizvodnji plastičnih boca za tečnosti. Takođe, ovaj polimer sve više zamenjuje tradicionalne inženjerske materijale, kao što su čelik i aluminijum, zbog svojih svojstava kao što su: bolja otpornost na koroziju, visoka specifična čvrstoća, relativno niska cena i lako recikliranje [7-11].

Sa druge strane, trenutna potrošnja PET ambalaže proizvodi ogromnu količinu otpada. Da bi se smanjio i predupredio problem zagađenja životne sredine, hemijska reciklaža polimera i razvoj novih materijala baziranih na recikliranim sirovinama dobija na izuzetnom značaju. Taj značaj se ogleda i u ostvarenju tehničkih, ekoloških i ekonomskih dobiti koje odlikuju ušteda prirodnih resursa, smanjena količina otpada i potrošnje energije, što je u skladu sa principom održivog razvoja [12,13].

Međutim, PET je hidrofoban polimer, ima nisku površinsku energiju i nije kompatibilan sa drugim materijalima. Jedan od ciljeva u okviru ove doktorske disertacije biće modifikovanje površinu r-PET vlakana, povećanjem površinske energije bez promene u svojstvima polimera, da bi se obezbedila šira komercijalna primena. Postoji nekoliko metoda modifikacije površine polimera koje se mogu postići hemijskim, termičkim, mehaničkim i elektro tretmanima [14,15]. U nedavnim

istraživanjima sve više je u upotrebi plazma tretman – dielektrično barijerno pražnjenje (DBD). Ovaj tretman se izvodi u atmosferi vazduha ili inertnih gasova, i vrlo je ekološki povoljan [16-18]. Tretman dielektričnog barijernog pražnjenja je popularna tehnika iz razloga što je to suv proces i omogućava bolju uniformnost modifikovane površine, što je ujedno i razlog njegove široke primene u industriji. Mehanizam delovanja DBD-a je veoma složen, ali glavni rezultati dobijeni ovom tehnikom su: površinsko čišćenje, aktivacija površine, umrežavanje, ili u većini slučajeva kombinacija ovih efekata [17].

U poslednje vreme sve veća pažnja naučne javnosti je posvećena kompozitnim materijalima sačinjenih od recikliranog polimera koja su bila izložena DBD tretmanu i polimernog veziva. Ovako dobijeni kompozitni materijali imaju daleko bolja mehanička svojstva. Dobra fizičko-mehanička svojstva ovakvih kompozitnih materijala su posledica dobre disperzije recikliranog polimera u matrici, kao i povećane zatezne čvrstoće i sile istezanja recikliranog polimera koja su bila izložena DBD tretmanu u odnosu na polimer koji nije tretiran na ovaj način [19-21]. S obzirom da je oblast ispitivanja kompozitnih materijala baziranih na recikliranim sirovinama koji su podvrgnuti tretmanu plazme, odnosno na bio-obnovljivim izvorima, još uvek nova i nije do kraja rasvetljena, rezultati istraživanja koji će biti obuhvaćeni ovom doktorskom disertacijom daće doprinos i u ovom segmentu.

Cilj rada je ispitivanje uticaja površinske modifikacije r-PET vlakana na fizička i hemijska svojstva dobijenih polimernih kompozita. r-PET vlakna će se dobiti ekstruzijom r-PET ljustica, pod optimalnim uslovima (pritisak, temperatura). Površinskom modifikacijom vlakana dobijenih od r-PET, koja su podvrgnuta tretmanu DBD u različitim vremenskim intervalima, izvršiće se njihova hidrofobizacija i površinska aktivacija. Time će doći do promene u površinskoj topografiji r-PET vlakana, čime će biti uvedeni reaktivni centri koji će omogućiti umrežavanje kompozitnih materijala intramolekulskim interakcijama sa poliestarskim polimernim lancima. Na ovaj način će se postići bolja kompatibilnost i disperzija vlakana u polimernoj matrici, a takođe se javlja i poboljšani uticaj na kvašljivost. Izvršiće se ispitivanja fizičko-mehaničkih svojstava novo dobijenih kompozitnih polimernih materijala, koji su na bazi nemodifikovanih r-PET vlakana i nezasićene poliestarske smole, dobijene sintezom iz bio-obnovljivih izvora, sa kompozitnim materijalima koji su dobijeni od modifikovanih r-PET vlakana, DBD tretmanom, i iste smole.

Literatura:

- [1] S. Cousinet, A. Ghadban, E. Fleury, F. Lortie, J. P. Pascault and D. Portinha, Eur. Polym. J., 67, 539 (2015).
- [2] J. K. Fink, Reactive polymers fundamentals and application, Elsevier, Oxford, UK, Second edition, (2013).
- [3] Unsaturated polyester resin market: global industry analysis, size, share, growth, trends and forecast, 2013 - 2019, Dublin, Ireland, (2014).
- [4] J. Cousinet, A. Ghadban, I. Allaoua, F. Lortie, D. Portinha, E. Drockenmuller and J.-P. Pascault, J. Polym. Sci. Part A: Polym. Chem., 52, 3356 (2014).
- [5] V. Besse, F. Camara, C. Voirin, R. Auvergne, S. Caillol and B. Boutevin, Polym. Chem., 4, 4545 (2013).
- [6] J. M. Sadler, F. R. Toulon, A.-P. T. Nguyen, R. V. Kaye, S. Ziaee, G. R. Palmese and J. J. La Scala, Carbohydr. Polym., 100, 97 (2014).
- [7] F. Awaja, D. Pavel, Eur. Polym. J., 41, 1453 (2005).
- [8] G. Akovali, Z. M. O. Rzaev, D. H. Mamedov, J. Appl. Polym. Sci., 58, 645 (1995).

- [9] D. S. Bag, V. P. Kumar, S. Maiti, J. Appl. Polym. Sci., 71, 1041 (1999).
- [10] M. R. Sanchis, V. Blanes, M. Blanes, D. Garcia, R. Balart, Eur. Polym. J., 42, 1558, (2006).
- [11] M. Firedman, G. Walsh, Polym. Eng. Sci., 42, 1756, (2002).
- [12] M. Atta, M. E. Abdel-Raouf, S. M. Elsaheed, and A.-A. A. Abdel-Azim, J. Appl. Polym. Sci., 103, 3175 (2007).
- [13] S. M. Al-Salem, P. Lettieri, and J. Baeyens, Waste Manage., 29, 2625 (2009).
- [14] J. Behnisch, A. Hollander, H. Zimmermann, J. Appl. Polym. Sci., 49, 117 (1993).
- [15] S. Bhowmik, P. K. Ghosh, S. Ray, S. K. Barthwal, J. Adhes. Sci. Technol., 12, 1181 (1998).
- [16] Y. Zhao, S. Tang, S. W. Myung, N. Lu, H. S. Choi, Polym. Test, 25, 327 (2006).
- [17] I. Gancarz, G. Pozniak, M. Bryjak, Eur. Polym. J., 36, 1563 (2000).
- [18] J. Lai, B. Sunderland, J. Xue, S. Yan, W. Zhao, M. Folkard, et al. Appl. Surf. Sci., 252, 3375 (2006)
- [19] Joo Hyung Lee, Ki Sub Lim, Wan Gyu Hahm, Seong Hum Kim, J. Appl. Polym. Sci., 128, 1250 (2013).
- [20] K. N. Pandiyaraj, V. Selvarajan, R. R. Deshmukh, C. Gao, Vacuum, 83, 332 (2009).
- [21] P. Klimek, T. Moravek, J. Rahel, M. Stupavska et al. Comp. Part B, 90, 188 (2016).

3. Polazne hipoteze

Uzimajući u obzir primarni cilj doktorske disertacije, a to je ispitivanje uticaja površinske modifikacije r-PET vlakana na fizičko-hemijska svojstva dobijenih polimernih kompozita, polazna hipoteza jeste da se tretmanom dielektričnog barijernog pražnjenja pruža dovoljno mogućnosti za ostvarenje takvog cilja.

Imajući u vidu da su polimerni materijali zbog svoje ogromne primene, a samim tim i zbog njihovog dugog procesa razgradnje postali veliki problem u pogledu zaštite životne sredine, potreba za njihovom reciklažom, odnosno ponovnom primenom, je postala sve zastupljenija. Takođe je trend prelaska sa fosilnih izvora na bio-obnovljive izvore, počeo da uzima primat, kako zbog ekonomskih tako i zbog ekoloških razloga. Najbolji način da se povežu ovakva dva polimera (r-PET i polimeri dobijeni iz bio-obnovljivih izvora) jeste dobijanje kompozitnih polimernih materijala sa odgovarajućim fizičko-hemijskim karakteristikama. S obzirom da je u pitanju nezasićena poliestarska smola dobijena iz bio-obnovljivih izvora sa lošijim hemijskim i mehaničkim svojstvima u odnosu na smolu dobijenu iz petrohemijskih polimera, potrebno je izvršiti modifikaciju r-PET kako bi se tražene karakteristike poboljšale. Modifikacija r-PET se vrši tretmanom dielektričnog barijernog pražnjenja. Ovakav tretman je ekološki povoljan iz razloga što se izvodi u atmosferi vazduha. Površinskom aktivacijom hemijskih grupa na r-PET izvršiće se promene u njihovoj topografiji, čime će biti uvedeni reaktivni centri koji će omogućiti umrežavanje kompozitnih materijala intramolekulskim interakcijama sa poliestarskim polimernim lancima. Ovakav tretman r-PET doprineće boljoj disperziji u polimernoj matrici što će doprineti i zadovoljavajućim fizičko-hemijskim svojstvima. Ujedno, ovako dobijeni kompozitni polimerni materijali će pronaći svoju primenu kako iz ekoloških razloga njihove proizvodnje, tako i zbog svojih poboljšanih karakteristika i niske cene što je od posebnog značaja za tehnološku primenu.

4. Naučne metode istraživanja

Predpolimer nezasićenih poliestarskih smola će se sintetisati postupkom polikondenzacije i biće karakterisan primenom gel propusne hromatografije (GPC), infracrvene spektroskopije sa Furijeovom transformacijom (FTIR), nuklearne magnetne rezonancije (^1H i ^{13}C NMR). Predpolimer će se zatim rastvoriti u dimetil itakonatu (DMI) (60 mas.%), a zatim će se ispitati reološke karakteristike tako dobijenih poliestarskih smola korišćenjem dinamičko-mehaničke analize (DMA).

Od ljuspica prethodno prečišćenog i hemijski tretiranog r-PET, dobijenog iz PET boca, dobiće se vlakna postupkom ekstruzije kroz alat prečnika 2 mm i pri konstantnom atmosferskom pritisku i temperaturi od 265 °C. Ovaj proizvod, vlakna dobijena od r-PET, će se dalje usitnjavati na željenu dimenziju i izvršiće se njegova karakterizacija raspodele dimenzija vlakana.

Vlakna dobijena od r-PET će biti podvrgnuta dielektričnom barijernom pražnjenju (DBD tretman) u vazduhu u različitim vremenskim intervalima (od nekoliko sekundi do par minuta) na standardnoj temperaturi.

Polimerni kompoziti biće strukturno karakterisani FTIR, XRD i Raman spektroskopijom. Karakterizacija dobijenih polimernih kompozita (mikrostrukturna analiza) izvršiće se skenirajućom elektronskom mikroskopijom (SEM).

U svrhu ispitivanja uticaja vlakana dobijenih od r-PET tretiranih i netretiranih DBD postupkom na fizičko-mehanička svojstva biće urađeni eksperimenti jednoosnog istezanja (standardna metoda ASTM D882). Krive napon-deformacija odrediće se za ispitivane uzorke umreženih poliestara i kompozitnih materijala sa različitim koncentracijama tretiranih i netretiranih vlakana.

Termička svojstva dobijenih polimernih kompozita ispitaće se termogravimetrijskom analizom (TGA) i diferencijalnom skenirajućom kalorimetrijom (DSC).

Termomehanička svojstva (modul sačuvane i izgubljene energije) biće određeni dinamičko-mehaničkom analizom (DMA).

5. Očekivani naučni doprinos

Očekuje se da će rezultati istraživanja u okviru ove doktorske disertacije dati naučni doprinos, koji se ogleda u sledećem:

- definisanju novih funkcionalizovanih kompozitnih materijala sa specifičnim i poboljšanim fizičko-mehaničkim svojstvima,
- doprinošenju proširenja fundamentalnih znanja iz oblasti hidrofobiziranja, funkcionalizacije i upotrebe recikliranog PET polimera i njehove primene u kompozitnim materijalima,
- doprinosu saznanjima o međusobnom uticaju i povezanosti strukture funkcionalnih grupa na površini vlakana dobijenih od r-PET, postupkom funkcionalizacije pomoću tretmana DBD,
- davanju analize svojstava koje funkcionalizovana vlakna dobijena od r-PET, sa i bez tretmana dielektričnog barijernog pražnjenja, poseduju,
- doprinosu boljem razumevanju intramolekulskih interakcija modifikovanih vlakana sa polimernim lancem čime će se postići bolja kompatibilnost i disperzija tretiranih vlakana u polimernoj matrici,
- rezultati istraživanja obuhvaćeni temom doprineće saznanjima o mogućnostima primene funkcionalizovanih vlakana dobijenih iz r-PET.

6. Plan istraživanja i struktura rada

Predviđa se da će doktorska disertacija biti sačinjena od sledećih 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.

Poglavljje *Teorijski deo* sadržaće relevantne podatke koji se odnose na:

- strukturu i svojstva: nezasićenih poliestarskih smola dobijenih iz bio-obnovljivih izvora i „virdžin“ i recikliranog PET polimera,
- sintezu postupkom polikondenzacije,
- proces ekstruzije polimera,
- proces plazma tretmana – dielektrično barijerno pražnjenje (DBD),
- metode karakterizacije materijala.

U *Eksperimentalnom delu* biće navedeni materijali i metode korišćene u eksperimentalnom radu:

- priprema i proces sinteze nezasićenih poliestarskih smola iz bio-obnovljivih izvora postupkom polikondenzacije,
- priprema i proces ekstruzije r-PET polimera,
- instrumentalne metode karakterizacije materijala dobijenih postupkom polikondenzacije i vlakana dobijenog r-PET polimera postupkom ekstruzije,
- priprema i proces plazma tretmana vlakana dobijenih od r-PET polimera,
- priprema i proces polimerizacije kompozitnih materijala na bazi modifikovanih i nemodifikovanih vlakana dobijenih od r-PET polimera,
- ispitivanje fizičko-mehaničkih i hemijskih svojstava dobijenih kompozitnih materijala.

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

U *Zaključku* će biti sumirano celokupno istraživanje uz osvrt na inovativne metode i pristupe problemu, zaključci na osnovu dobijenih rezultata izvedenih istraživanja, kao i prednosti koje se tiču potencijalne primene.

U *Literaturi* će biti navedeni radovi i literaturni izvori citirani u disertaciji, kao i publikacije koje su nastale kao rezultat istraživačkog rada vezanog za ovu doktorsku disertaciju.

7. Zaključak i predlog

Na osnovu iznetih podataka o dosadašnjem radu i postignutim rezultatima može se zaključiti da kandidatkinja Bojana Fidanovski, dipl. inž. tehnologije, ispunjava sve potrebne uslove za rad na predloženoj temi doktorske disertacije. Takođe, na osnovu svega što je rečeno, Komisija smatra da je tema predložene doktorske disertacije Bojane Fidanovski pod nazivom „Kompozitni materijali na bazi r- PET vlakana i nezasićenih poliestarskih smola dobijenih iz bio-obnovljivih izvora“ naučno zasnovana i predlaže Nastavno-naučnom veću Tehnološko-metalurškog fakulteta da je prihvati. Za mentora se predlaže dr Ivanka Popović, redovni profesor Tehnološko-metalurškog fakulteta Univerziteta u Beogradu, a za komentora dr Pavle Spasojević, docent na Fakultetu tehničkih nauka u Čačku Univerziteta u Kragujevcu. Istraživanja u okviru ove disertacije pripadaju naučnoj oblasti Tehnološko inženjerstvo, uža naučna oblast Inženjerstvo materijala za koju je matična ustanova Tehnološko-metalurški fakultet Univerziteta u Beogradu.

U Beograd, 19.09.2016.

ČLANOVI KOMISIJE

.....
dr Ivanka Popović, redovni profesor,
Univerziteta u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet

.....
dr Pavle Spasojević, docent,
Univerziteta u Kragujevcu, Fakultet tehničkih nauka u Čačku

.....
dr Vesna Radojević, redovni profesor,
Univerziteta u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet

.....
dr Melina Kalagasidis Krušić, vanredni profesor,
Univerziteta u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet

.....
Dr Zijah Burzić, naučni savetnik
Vojnotehnički institut u Beogradu