

Образац 3.

Факултет ТЕХНОЛОШКО-
МЕТАЛУШКИ

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

35/91

(Број захтева)

Веће научних области техничких наука

(Назив већа научне области коме се захтев
упућује)

21.04.2017.

(Датум)

ЗАХТЕВ

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

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

**Процесирање и карактеризација хибридних композита на бази полиетилена високе
моларне масе**

(пун назив предложене теме докторске дисертације)

НАУЧНА ОБЛАСТ

Технолошко инжењерство

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

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

Јелена (Радослав) Зеџ

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

Факултет техничких наука, Графичко инжењерство и дизајн

Универзитет у Новом Саду,

3. Година завршетка претходног нивоа студија: 2009.
-

4. Година уписа на докторске студије:

2016. (Поновни упис након истека рока за завршетак студија)

5. Назив студијског програма докторских студија:

Инжењерство материјала

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ:

Име и презиме ментора: др Radmila Jančić Heinemann

Звање: Редовни професор

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. **Nataša Z. Tomić**, B. I. Međo, D. B. Stojanović, V. J. Radojević, M. P. Rakin, R. M. Jančić-Heinemann, R. R. Aleksić†, A rapid test to measure adhesion between optical fibers and ethylene–vinyl acetate copolymer (EVA), International Journal of Adhesion and Adhesives, vol. 68, pp. 341–350, 2016 (**IF=1.773**) (ISSN: 0143-7496) doi: 10.1016/j.ijadhadh.2016.04.012
2. Alzarrug F.A , Dimitrijević M.M, **Jančić Heinemann R.M.**, Radojević V., Stojanović D.B. , Uskoković P.S., Aleksić R., The use of different alumina fillers for improvement of the mechanical properties of hybrid PMMA composites, Materials & Design, Volume 86, 5 December 2015, Pages 575–581 , (ISSN 0261-3069 Materials Science, Multidisciplinary (43/259) (IF 3,507) doi:10.1016/j.matdes.2015.07.069
3. Stojanović D. B., Zrilić M., **Jančić-Heinemann R.**, Živković I., Kojović A., Uskoković P.S. and Aleksić R., Mechanical and anti-stabbing properties of modified thermoplastic polymers impregnated multiaxial p-aramid fabrics, vol 24 (8), (2013) pp. 772-776 (ISSN 1099-1581, Polymer Science 22/79, IF 2,007) DOI: 10.1002/pat.3141
4. Stojanović D. B., Zrilić M., **Jančić-Heinemann R.**, Živković I., Kojović A., Uskoković P.S. and Aleksić R., Mechanical and anti-stabbing properties of modified thermoplastic polymers impregnated multiaxial p-aramid fabrics, vol 24 (8), (2013) pp. 772-776 (ISSN 1099-1581, Polymer Science 22/79, IF 2,007) DOI: 10.1002/pat.3141
5. SrdjanTadić, **Radmila Jančić-Heinemann**, Katarina Čolić, Aleksandar Sedmak, „High-temperature deformation behaviour of Ti3Al–11Nb intermetallic“, International Journal of Materials Research, [4] 2011 Page 452-456 (**IF 0,86** za 2010, 20/73 metallurgy and Metallurgical Engineering, ISSN 1862-5282)

Обавештавамо вас да је Наставно-научно веће

(назив надлежног тела факултета)

на седници одржаној 20.04.2017. године размотрило предложену тему и закључило да је
тема подобна за израду докторске дисертације јер садржи оригиналну идеју и да је од
значаја за развој науке, примену њених резултата, односно развој научне мисли уопште.

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

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

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

ДП

На основу чл. 30. став 3. Закона о високом образовању, чл. 40. Статута ТМФ-а и чл. 43. Правилника о докторским студијама ТМФ, на седници Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета од 20.04.2017. 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 **Јелени Зеџ**, дипл. инж. технологије, под називом: **„Процесирање и карактеризација хибридних композита на бази полиетилена високе моларне масе“**.

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

За ментора се одређује: др Радмила Јанчић Хајнеман, редовни професор Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет, уз сагласност Комисије за трећи степен Факултета.

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

NASTAVNO-NAUČNOM VEĆU

Predmet: Podobnost teme i kandidata Jelene Zec za izradu doktorske disertacije

Odlukom br. 35/661 od 29.12.2016. godine, imenovani smo za članove Komisije za ocenu podobnosti teme i kandidata Jelene Zec za izradu doktorske disertacije i naučne zasnovanosti teme „PROCESIRANJE I KARAKTERIZACIJA HIBRIDNIH KOMPOZITA NA BAZI POLIETILENA VISOKE MOLARNE MASE. Na osnovu materijala priloženog uz Zahtev kandidata, Komisija podnosi sledeći:

REFERAT

1. Podaci o kandidatu

1.1. Biografski podaci

Jelena R. Zec, master inženjer grafičkog inženjerstva i dizajna, rođena je 13. 02. 1973. u Knjaževcu. Osnovnu školu je pohađala u Beogradu, nakon čega je upisala X beogradsku gimnaziju koju je završila 1991. godine. Iste godine je upisala Hemijski fakultet Univerziteta u Beogradu koji je zbog porodičnih obaveza napustila 1994. Nakon duže pauze, paralelno sa zaposlenjem, 2003. godine završava studije na Višoj politehničkoj školi u Beogradu i dobija zvanje Inženjer za grafičku tehnologiju.

Od 2003. godine počinje sa radom na neodređeno vreme u Telekom Srbija a.d i 2005. godine upisuje treću godinu integrisanih master studija na Fakultetu tehničkih nauka Univerziteta u Novom Sadu, smer Grafičko inženjerstvo i dizajn. Master studije završila je 2009. godine sa prosečnom ocenom 8,59. Master rad odbranila je sa ocenom 10. Doktorske studije na Tehnološko-metalurškom fakultetu Univerziteta u Beogradu upisala je školske 2009/10. godine, studijski program Inženjerstvo materijala. U prvoj i drugoj godini doktorskih studija, sve ispite predviđene planom i programom položila je u roku. Nakon toga, zbog zdravstvenih problema napravila je pauzu u trajanju od dve godine.

S obzirom na to da je 2016. godine izgubila pravo na produženje završetka doktorskih studija, iste je ponovo upisala školske 2016/17. Kako je do isteka navedenog perioda predviđenog za završetak doktorskih studija položila sve ispite predviđene programom i odbranila završni rad, upisala je 3. godinu doktorskih studija na Tehnološko-metalurškom fakultetu Univerziteta u Beogradu i time stekla pravo da prijavi doktorsku disertaciju.

1.2. Stečeno naučnoistraživačko iskustvo

U okviru doktorskih studija položila je sve ispite predviđene studijskim programom sa prosečnom ocenom 9,46 i odbranila je Završni ispit pod naslovom Hibridni balistički kompozitni materijali keramika, polimeri sa ocenom 10.

Spisak položenih i spita i ocena prikazan je u tabeli:

Predmet	Ocena	ESPB
1. Matematička obrada eksperimentalnih podataka	9	5
2. Hemijska kinetika	6	5
3. Termodinamika čvrstog stanja	9	5
4. Nauka o materijalima i inženjerstvo materijala	9	6
5. Fizičko-mehanička ispitivanja materijala – viši kurs	10	4
6. Struktura i svojstva kompozitnih materijala	10	5
7. Upravljanje kvalitetom i optimizacija procesa u grafičkoj industriji	10	4
8. Materijali sa specifičnim električnim, toplotnim, magnetnim i optičkim svojstvima	10	4
9. Kvantifikacija vizuelnih informacija u ispitivanju materijala	10	4
10. Metal, ugljeni i keramički kompoziti	10	3
11. Biokompozitni materijali	10	4
12. Mehanika laminarnih kompozitnih ploča i ljuski	10	3
13.Engleski jezik – dopunski ispit	10	/
14. Završni ispit	10	30
Srednja ocena/ukupno	9,46	82

Ponovni upis 2016.

Objavljeni naučni radovi i saopštenja:

- Rad u naučnom časopisu (M53)

Zec J., Novaković D., Karlović I.: Usklađivanje otiska sa ISO normama na osnovu proizvodnog otiska, Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka, 2009, Vol. 24, No 5, pp. 1652-1655, ISSN 0350-428X

Rad na domaćoj konferenciji (M64)

Jelena Zec, Nataša Tomić, Kata Trifković, Vesna Radojević, Dušica Stojanović, Radmila Jančić-Heinemann, Processing of hybrid unidirectional composites reinforced with UHMWPE fibers and ceramic particles in EVA (ethylene vinyl acetate) matrix, Zbornik radova sa 29. Međunarodnog kongresa o procesnoj industriji, PROCESING '16 Beograd, 2-3. jun 2016, p. 129, ISBN:978-86-81505-81-6.

Rad saopšten na skupu međunarodnog značaja štampan u celosti (M33)N. Tomić, M. Dimitrijević, J. Zec, M. Zrilić, I. Živković, R. Jančić Heinemann, R. Aleksić, Finite Element Modeling of Hydride Composite Material Subjected to Ballistic Impact, Proceedings & Book of Abstracts, 1st MME SEE 2013, Metallurgical & Materials Engineering Congress of South-East Europe, (2013), 458-462.

1.3. Ocena podobnosti kandidata za rad na predloženoj temi

Na osnovu dosadašnjeg rada i pokazanih rezultata tokom doktorskih studija, kandidat Jelena Zec pokazala je sklonost i sposobnost za bavljenje naučno-istraživačkim

radom. Do sada je bila koautor u jednom radu objavljenom u domaćem naučnom časopisu i u radu saopštenom na nacionalnom i međunarodnom skupu. Tokom doktorskih studija pokazala je sklonost ka eksperimentalnom radu i pokazala sposobnost samostalnog donošenja zaključaka na osnovu eksperimentalnih istraživanja. Komisija zaključuje da kandidat ispunjava uslove za rad na predloženoj temi doktorske disertacije.

2. Predmet i cilj istraživanja

Kompozitni materijali jesu među najdinamičnijim oblastima istraživanja inženjerstva materijala s obzirom na to omogućavaju da se njihova svojstva podešavaju prema zahtevima korisnika. Kod materijala kod kojih je potrebno obezbediti odlična mehanička svojstva kombinuju se ojačanje koje nosi opterećenje, sa matricom koja materijal čini kompaktnim i omogućava lakše rukovanje materijalom. Osnovni zahtev koji se postavlja pred inženjera za materijale prilikom projektovanja kompozitnog materijala jeste da se obezbedi da se preko granične površine prenese opterećenje sa matrice na fazu koja nosi ojačanje. Hibridni kompozitni materijali često kombinuju ojačanje koje nosi glavno opterećenje sa matricom koja je sama po sebi hibridni kompozitni materijal. Hibridni kompozitni materijali u vidu užadi imaju široku primenu u vojnoj, građevinskoj i pomorskoj industriji, a njihova zastupljenost nije ništa manja u sportu, ribolovu i drugim komercijalnim oblastima. Izrada ovakve vrste kompozita predstavlja izazov kada je potrebno istovremeno uspostaviti kompatibilnost između nekoliko vrsta materijala različitih karakteristika i kao krajnji rezultat dobiti materijal očekivanih svojstava.

Polietilenska vlakna veoma velike molekularne mase (*eng. Ultra high molecular weight polyethylene fibers – UHMWPE*) karakterišu dugi molekulski lanci koji obezbeđuju prenos sile među makromolekulima, što za posledicu ima izuzetna mehanička svojstva. S obzirom na njegovu otpornost na habanje, hemijsku inertnost, čvrstoću (koja je čak petnaest puta veća od čelika), veliku otpornost na udar, žilavost i zateznu čvrstoću, postao je jedan od najčešće modifikovanih polimera. Kombinacija visoke zatezne čvrstoće, tvrdoće, male gustine i otpornosti na oštećenje čine UHMWPE vlakna idealnim materijalom koji se koristi u razvoju kompozitnih materijala visokih performansi gde spadaju i užad visokih zahteva.

S obzirom da su UHMWPE vlakna kompatibilna sa etilen-vinil acetatom (EVA), koriste se kao ojačanja u polimernoj matrici koja sama po sebi ima slabija mehanička svojstva.

Etilen-vinil acetat je kopolimer koji se dobija polimerizacijom etilena i različitih udela monomera vinil acetata. Ovaj kopolimer ima široku primenu u medicini, prehrambenoj industriji, građevinarstvu, transportu, u izradi žica i kablova i to kao . adheziv, električni izolator, za zaštitu od korozije, za pakovanje. Zbog svojih dobrih adhezivnih svojstava, EVA se kombinuje sa različitim materijalima – drvo, guma, metali, staklo, polimeri. Karakteristike EVA kopolimera zavise od sadržaja monomera. Uticaj vinil acetatnih grupa se ogleda u tome što povećanjem sadržaja vinil acetata polimer postaje mekši zbog smanjenja kristaliničnosti i niže temperature kristalizacije. Prisustvo etilena obezbeđuje svojstvo „plastifikacije“ polimera i povećanje reaktivnosti.

Mehanička svojstva etilen-vinil acetata, kao matrice, su slabija u odnosu na polimere kao što je UHMWPE, ali se mogu poboljšati dodavanjem ojačanja kao što su

neorganski punioci. Glavni razlog inkorporacije neorganskih čestica u polimernu matricu, primenom različitih mehanizama ojačavanja, je dobijanje kompozita poboljšanih mehaničkih svojstava kao što su zatezna čvrstoća, tvrdoća, modul elastičnosti, otpornost na lom ili povećanje otpornosti na visokim temperaturama. Prilikom odabira materijala za ojačanje, različiti parametri se uzimaju u razmatranje: veličina čestica, geometrija, disperzivnost, čvrstoća i jačina veze matrica-ojačanje. Interakcije između ojačanja i polimerne matrice su važne zbog poboljšanja disperzije čestica ojačanja i njihove adhezije na polimernu matricu, što utiče na povećanje zapremine i omogućava transfer opterećenja od matrice ka ojačanju kada je materijal izložen mehaničkoj deformaciji.

U ovom radu aluminijum oksid je odabran kao ojačanje za matricu zbog njegovih karakteristika kao što su tvrdoća, otpornost na habanje, visok modul elastičnosti, termička stabilnost, visoka čvrstoća i tvrdoća, kao i dobra otpornost na hemijske uticaje. Aluminijum oksid, ima nekoliko kristalnih oblika. S obzirom na to da je $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ (korund) najtvrdi oblik aluminijum oksida, on predstavlja najbolji izbor ojačanja matrice kada se ima za cilj dobijanje kompozita unapređenih mehaničkih i termičkih karakteristika. Kao i drugi metalni oksidi, u slučaju izlaganja dejstvu spoljašnjih uticaja, aluminijum oksid apsorbuje vodu stvarajući terminalne OH grupe na površini koje dalje mogu reagovati sa polimernom matricom. Da bi se sprečila aglomeracija čestica, agensi u vidu silana koriste se za modifikaciju površine zbog njihove dobre disperzije i deaglomeracije, kao i radi formiranja hemijskih veza sa organskim komponentama. Kao ojačanje za matricu će se koristiti komercijalne nanočestice aluminijum-oksida, komercijalno dostupni viskresi aluminijum-oksida i čestice sintetisane sol-gel postupkom koje će biti termički obrađene kako bi se postigla odgovarajuća kristalna struktura.

UHMWPE vlakna će biti impregnirana etilen-vinil acetatom (EVA) sa različitim vrstama i masenim udelima punioca, takođe će biti ispitano kako modifikacija polimera (EVA) utiče na mehanička svojstva dobijenog hibridnog kompozita. Radi poboljšanja adhezivnih svojstava, matrica će biti hidrolizovana u cilju stvaranja većeg broja reaktivnih OH grupa koje će ostvariti bolju interakciju sa puniocima i ojačanjem. Površina čestica Al_2O_3 će biti modifikovane GLYMO silanom - (3-glicidiloksi)propil)trimetoksilan.

Literatura

1. Razavi-Nouri M., Karami M., *Effect of rubber content on morphology and thermal and rheological behaviors of acrylonitrile-butadiene rubber/poly(ethylene-co-vinyl acetate)/organoclay nanocomposites*, Polymer 55 (2014) 6940-6947.
2. Cavodeau F., Sonnier R., Otazaghine B., Lopez-Cuesta J. M., Delaite C., *Ethylene-vinyl acetate copolymer/aluminium trihydroxide composites: A new method to predict the barrier effect during cone calorimeter tests*, Polymer Degradation and Stability 120 (2015) 23-31.
3. El Hage R., Viretto A., Sonnier R., Ferry L., Lopez-Cuesta J. M., *Flame retardancy of ethylene vinyl acetate (EVA) using new aluminum-based fillers*, Polymer degradation and Stability 108 (2014) 56-67.
4. Chalykh E., Stepanenko V. Yu., Shcherbina A. A., Balashova E. G., *Adhesive Properties of Ethylene and Vinyl Acetate Copolymers*, Polymer Science, Series D. Glues and Sealing Materials, 2009, Vol. 2, No. 1, pp. 8–15.

5. Sviridenok A. I., Zharin A. L., Krautsevich A. U., Tyavlovsky A. K., *The Effect of High-Dispersion Fillers on Adhesive and Frictional Properties of Ethylene-Vinyl Acetate Copolymer*, Journal of Friction and Wear, 2014, Vol. 35, No. 4, pp. 255–262.
6. Shi X. M., Zhang J., Jin J., Chen S. J., *Non-isothermal crystallization and melting of ethylene-vinyl acetate copolymers with different vinyl acetate contents*, Polymer Letters Vol.2, No.9 (2008) 623–629.
7. Soto Puente J. A., Fatyeyeva K., Marais S., Dargent E., *Multifunctional hydrolyzed EVA membranes with tunable microstructure and water barrier properties*, Journal of Membrane Science 480 (2015) 93–103.
8. Zhang Y., Gu J., Tan H., Shi J., Di M., Zuo Y., Qiu S., *Preparation and characterization of film of poly vinyl acetate ethylene copolymer emulsion*, Applied Surface Science 276 (2013) 223–228.
9. Kango S., Kalia S., Celli A., Njuguna J., Habibi Y., Kumar R., *Surface modification of inorganic nanoparticles for development of organic–inorganic nanocomposites – A review*, Progress in Polymer Science 38 (2013) 1232–1261.
10. Marissen R., *Design with Ultra Strong Polyethylene Fibers*, Materials Sciences and Applications, 2011, 2, 319–330.
11. Chang B. P., Md. Akil H., Bt. Md. Nasir R., *Comparative study of micro- and nano-ZnO reinforced UHMWPE composites under dry sliding wear*, Wear 297 (2013) 1120–1127.
12. Hsieh A. J., Chantawansri T. L., Hu W., Cain J., Yu J. H., *New insight into the influence of molecular dynamics of matrix elastomers on ballistic impact deformation in UHMWPE composites*, Polymer 95 (2016) 52–61.
13. McDaniel P. B., Deitzel J. M., Gillespie Jr. J. W., *Structural hierarchy and surface morphology of highly drawn ultra high molecular weight polyethylene fibers studied by atomic force microscopy and wide angle X-ray diffraction*, Polymer 69 (2015) 148–158.
14. Oliveira M., Machado A. V., *Preparation and characterization of ethylene-vinyl acetate nanocomposites: enhanced flame retardant*, Polym Int 2013; 62: 1678–1683.
15. Jin B., Zhang W., Sun G., Gu H-B., *Fabrication and characterization of ethylene-vinyl acetate copolymer/Al₂O₃ nanocomposites*, Journal of Ceramic Processing Research. Vol. 8, No. 5, pp. 336~340 (2007).
16. Baskaran R., Sarojadevi M., Vijayakumar C. T., *Unsaturated polyester nanocomposites filled with nano alumina*, J Mater Sci (2011) 46:4864–4871.
17. Chee C. Y., Song N. L., Abdullah L. C., Choong T. S. Y., Ibrahim A., Chantara T. R., *Characterization of Mechanical Properties: Low-Density Polyethylene Nanocomposite Using Nanoalumina Particle as Filler*, Journal of Nanomaterials Volume 2012.
18. Mallakpour S., Khadem E., *Recent development in the synthesis of polymer nanocomposites based on nano-alumina*, Progress in Polymer Science 51 (2015) 74–93.
19. Milanović P., Dimitrijević M., Jančić-Heinemann R., Rogan J., Stojanović D. B., Kojić A., Aleksić R., *Preparation of low cost alumina nanofibers via electrospinning of aluminium chloride hydroxide/poly (vinyl alcohol) solution*, Ceramics International 39 (2013) 2131–2134.

20. Opelt C. V., Becker D., M. Lepienski C. M., Coelho L. A. F., *Reinforcement and toughening mechanisms in polymer nanocomposites – Carbon nanotubes and aluminum oxide*, Composites Part B 75 (2015) 119-126.
21. Wetzell B., Rosso P., Hauptert F., Friedrich K., *Epoxy nanocomposites – fracture and toughening mechanisms*, Engineering Fracture Mechanics 73 (2006) 2375–2398.
22. Cho J., Joshi M.S., Sun C.T., *Effect of inclusion size on mechanical properties of polymeric composites with micro and nano particles*, Composites Science and Technology 66 (2006) 1941–1952.
23. Opelt C. V., Coelho L. A. F., *Reinforcement and toughening mechanisms in polymer nanocomposites – Reinforcement effectiveness and nanoclay nanocomposites*, Materials Chemistry and Physics 169 (2016) 179-185.
24. Heydari-Meybodi M., Saber-Samandari S., Sadighi M., *A new approach for prediction of elastic modulus of polymer/nanoclay composites by considering interfacial debonding: Experimental and numerical investigations*, Composites Science and Technology 117 (2015) 379-385.
25. Alzarrug F. A., Dimitrijević M. M., Jančić-Heinemann R. M., Radojević V., Stojanović D. B., Uskoković P. S., Aleksić R., *The use of different alumina fillers for improvement of the mechanical properties of hybrid PMMA composites*, Materials and Design 86 (2015) 575–581.
26. Tomić N. Z., Međo B. I., Stojanović D. B., Radojević V. J., Rakin M. P., Jančić-Heinemann R. M., Aleksić R. R., *A rapid test to measure adhesion between optical fibers and ethylene–vinyl acetate copolymer (EVA)*, International Journal of Adhesion & Adhesives 68 (2016) 341–350.
27. Janković-Častvan I., Lazarević S., Stojanović D., Živković P., Petrović R., Janačković Đ., *Improvement of the mechanical properties of paper by starch coatings modified with sepiolite nanoparticles*, Starch/Stärke 2015, 67, 373–380.
28. Shukla D. K., Kasisomayajula S. V., Parameswaran V., *Epoxy composites using functionalized alumina platelets as reinforcements*, Composites Science and Technology 68 (2008) 3055–3063.
29. Ghezelbash Z., Ashouri D., Mousavian S., Hossein Ghandi A. Rahnama Y., *Surface modified Al_2O_3 in fluorinated polyimide/ Al_2O_3 nanocomposites: Synthesis and characterization*, Bull. Mater. Sci., Vol. 35, No. 6, November 2012, pp. 925–931.
30. Zunjarrao S. C., Singh R. P., *Characterization of the fracture behavior of epoxy reinforced with nanometer and micrometer sized aluminum particles*, Composites Science and Technology 66 (2006) 2296–2305.
31. Ash B. J., Schadler L. S., Siegel R. W., *Glass transition behavior of alumina/polymethylmethacrylate nanocomposites*, Materials Letters 55 (2002) 83–87.
32. Guo Z., Pereira T., Choi O., Wang Y., Hahn H. T., *Surface functionalized alumina nanoparticle filled polymeric nanocomposites with enhanced mechanical properties*, Journal of Materials Chemistry, 2006, 16, 2800–2808.

3. Polazne hipoteze

Primarni cilj doktorske disertacije je sinteza i ispitivanje svojstava hibridnog kompozita i njegova primena u izradi užadi poboljšanih mehaničkih svojstava.

U skladu sa navedenim, u okviru doktorske disertacije biće ispitana mehančka svojstva komponenata hibridnog kompozitnog materijala na osnovu kojih će se odrediti koje komponente su najbolji kandidati za izradu kompozita koji zadovoljavaju postavljene zahteve.

Pretpostavka je da će povećanjem masenog udela ojačanja do određenog procenta, hibridni kompozit pokazivati poboljšanje mehaničkih svojstava, ali da će nakon dostizanja granične vrednosti masenog udela ova svojstva početi da se pogoršavaju. Uzrok ovakvog ponašanja materijala je najverovatnije pojava aglomeracije. Iz tog razloga, tretiranjem čestica silanom postiže se aktivacija površine Al_2O_3 čestica uvođenjem epoksidnih ili hidroksilnih grupa, postupcima hidrolize prethodno uvedenih epoksidnih grupa, čime se doprinosi povećanju interakcija sa matricom i istovremeno smanjenje stvaranja aglomerata. Takođe, očekivani rezultati koji se odnose na karakteristike UHMWPE vlakana pre i nakon modifikacije hromnom kiselinom idu u prilog netretiranim vlaknima, jer hromna kiselina pored povećanja površine istovremeno dovodi i do nagrizanja vlakana koja se i pre primene bilo kakvih mehaničkih opterećenja ili termičkih uticaja kidaju. Hidroliza EVA polimera dovodi do stvaranja većeg broja OH grupa koje dalje mogu da reaguju sa aluminijum dioksidom što ukazuje na tendenciju stvaranja jačih veza, a samim tim i boljih karakteristika krajnjeg proizvoda. Ovako modifikovan kompozit može da bude osnova za izradu užadi, ali može biti osnova za dobijanje materijala poboljšanih mehaničkih svojstava i istovremeno materijala male gustine što je veoma značajno u nekim primenama.

4. Naučne metode istraživanja

4.1 Metode rada

U okviru istraživanja u ovoj disertaciji predviđene su modifikacije kako nano čestica, tako i polimerne matrice. Modifikacija matrice je predviđena da se izvrši uvođenjem polarnih hidroksilnih grupa čime će se doprinositi povećanju inteziteta intermolekulskih interakcija građenjem vodoničnih veza, a izводиće se hidrolizom EVA kopolimera u tetrahidrofuranu (THF) kao rastvaraču pomoću alkoholnog rastvora natrijum hidroksida ($\text{NaOH}/\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$).

Dobijanje polimernih okompozita sa česticama alumine predstavlja svojevrsan izazov usled njihove sklonosti ka aglomeraciji. Prevazilaženje tog problema je moguće dobro izabranom metodom funkcionalizacije punioca i tehnikom pripreme nanokompozita.

Polazeći od dokazanog pozitivnog uticaja alumina čestica na fizičko-mehanička svojstva polimernih nanokompozitnih materijala, ustanovljenog pregledom aktuelne naučne literature, izvršiće se površinska njihova modifikacija GLYMO silanom. Takođe, izvršiće se ispitivanje uticaja modifikacije organosilana, tj. prisustva epoksidnih grupa, kao i čestica koje će dobiti postupcima hidrolize terminalnih epoksidnih grupa na svojstva punila i dobijenih kompozita.

Aktivacija površine UHMWPE vlakana oksidacijom u rastvoru kalijum dihromata i azotne kiseline i poređenje karakteristika nemodifikovanih i modifikovanih uzoraka u cilju odabira materijala boljih karakteristika za dalje ispitivanje. Analizom i uvidom u dobijene rezultate i ranije naučno-istraživačke radove biće određen maseni udeo čestica koje će biti konstantan tokom celog postupka pripreme uzoraka.

4.2 Metode karakterizacije

Za ispitivanje distribucije veličina komercijalnih nano čestica i viskera aluminijum oksida, kao i sintetisanih čestica kooristiće se laserski analizator (PSA) – Mastersizer 2000.

Vizuelna ispitivanja uzoraka biće izvedena korišćenjem optičke i elektronske mikroskopije. Iz ispitivanja će se dobiti podaci o veličini i morfologiji čestica, stepenu disperzije i izgledu međupovršine između faza u kompozitu. Dobijene slike analiziraće se metodama analize slike.

Strukturna karakterizacija nemodifikovanih i modifikovanih nanočestica aluminijum oksida izvršiće se primenom FTIR i FT-Raman spektroskopskih metoda. Kvantifikacija stepena modifikacije i termička svojstva nanopunila, kao i uticaj hemijske modifikacije na termičku stabilnost čestica ispitivaće se primenom termogravimetrijske analize spregnute sa masenom spektrometrijom (TG-MS).

Polimerni nanokompoziti biće strukturno okarakterisani FTIR, FT-Raman spektroskopijom. Hemijska analiza funkcionalnih grupa biće ispitivana infracrvenim spektrometrom sa Furijerovom transformacijom (FTIR) – Nicolet 6700. Karakterizacija dobijenih polimernih kompozita (mikrostrukturalna analiza) izvršiće se transmissionom elektronskom mikroskopijom (TEM). U svrhu ispitivanja uticaja različito modifikovanih nanopunila na fizičko-mehanička svojstva biće urađeni eksperimenti jednoosnog istezanja. Krive napon-deformacija odrediće se za ispitivane uzorke kompozitnih materijala sa različitim koncentracijama punila.

Mehanička svojstva dobijenih kompozita biće ispitivana na servo-hidrauličnom uređaju – INSTRON 1332 sa kontrolnom elektronikom FASTtrack 8800. Termička svojstva dobijenih polimernih nanokompozita ispitaće se termogravimetrijskom analizom (TG) i diferencijalnom skenirajućom kalorimetrijom (DSC).

5. Očekivani naučni doprinos

U ovom istraživanju se očekuje sledeći naučni doprinos:

- Sinteza čestica aluminijum-oksida sol gel tehnikom i termička obrada ovog praha kako bi se postigla struktura čestica pogodna za modifikaciju korišćenjem (3-glicidiloksiopropil)trimetoksisilan (GLYMO).
- Poboljšanje mehaničkih svojstava polimerne matrice ugradnjom čestica aluminijum-oksida modifikovanih GLYMO silanom. Predlog za izbor najpogodnijih čestica za izradu hibridnih kompozitnih materijala biće donet na osnovu mehaničkih i termomehaničkih svojstava kompozita.
- Poboljšanje mehaničkih svojstava kompozitnog materijala impregnacijom UHMWPE vlakana koja imaju funkciju ojačanja. Impregnacija će se vršiti prethodno hidrolizovanim EVA polimerom kome je prethodno dodata odabrana vrsta punioca (komercijalne ili sintetisane čestice).
- Uspostavljanje korelacije između procesnih parametara i postignutih mehaničkih svojstava dobijenog materijala.

Doprinos ove doktorske disertacije će se ogledati u mogućnosti dizajniranja naprednih hibridnih kompozita unapređenih mehaničkih karakteristika u formi užadi.

Kao ishod ovih naučnih rezultata može se očekivati primena ovog materijala prvenstveno u komercijalne svrhe (užad za čamce, brodove, za planinarenje i sl.) što predstavlja prednost u odnosu na specijalizovane kompozitne materijale koji imaju ograničenja u primeni u veoma specifičnim oblastima.

6. Plan istraživanja i struktura rada

Predviđeno je da doktorska disertacija obuhvata sledeća poglavlja *Uvod*, *Teorijski deo*, *Eksperimentalni deo (materijali, metode, karakterizacija)*, *Rezultati i diskusija*, *Zaključak* i *Literatura*.

U poglavlju *Uvod* biće definisani glavni ciljevi, predmet istraživanja i očekivani doprinos disertacije.

Teorijski deo obuhvataće opis strukture i svojstva polimera, sa posebnim osvrtom na etilen-vinil acetat kopolimer koji u radu ima funkciju matrice. Takođe, biće opisane i karakteristike UHMWPE i aluminijum oksida, kao osnovnih komponenti hibridnog kompozitnog materijala koji je predmet istraživanja. U cilju zaokruživanja teorijskog dela, biće navedeni i materijali sa njihovim osnovnim karakteristikama koji će se u istraživačkom delu koristiti za pripremu komponenti krajnjeg proizvoda (matrice, punioca i ojačanja). Na kraju navedenog poglavlja biće opisane metode karakterizacije materijala.

U *Eksperimentalnom delu* biće navedeni:

- Polazni materijali i hemikalije korišćene u postupku sinteze kompozitnog materijala.
- Detaljan opis postupaka pripreme i modifikacije svih komponenti kompozitnog materijala (matrice, punioca i ojačanja).
- Opis postupka izrade hibridnog kompozita.
- Opis opreme korišćene za karakterizaciju.

Rezultati i diskusija sadržaće detaljan prikaz dobijenih rezultata i njihovu diskusiju. Na osnovu navedenih metoda karakterizacije (raspodela čestica, SEM, FTIR, DSC, ispitivanje zatezne čvrstoće) biće izveden relevantan zaključak koje komponente su najpogodnije za izradu kompozita najboljih mehaničkih svojstava.

Ovome će prethoditi analiza na osnovu koje će se odrediti koji će se materijali koristiti u istraživanju, a koja obuhvata: definisanje vrste punioca (komercijalne čestice/sintetisane čestice); njihov maseni udeo (procenat masenog udela punioca koji bi trebalo da u kompozitu doprinese najboljim svojstvima krajnjeg proizvoda); procenu potrebe za modifikacijom površine odabranog punioca silanom; ispitivanje i upoređivanje karakteristika nemodifikovanog polimera i hidrolizovanog polimera; uticaj na karakteristike ojačanja (UHMWPE vlakana) u slučaju kada su vlakna pre impregnacije nemodifikovana ili modifikovana hromnom kiselinom.

U *Zaključku* će biti sumirani dobijeni rezultati izvedeni na osnovu prikazanih istraživanja i predstavljene moguće primene sintetisanog materijala.

Literatura će sadržati navode citirane u disertaciji kao i radove koji su proistekli iz istraživačkog rada u okviru ove doktorke disertacije.

7. Zaključak i predlog

Na osnovu izloženog Komisija smatra da je tema predložene doktorske disertacije „PROCESIRANJE I KARAKTERIZACIJA HIBRIDNIH KOMPOZITA NA BAZI POLIETILENA VISOKE MOLARNE MASE ” kandidata Jelene Zec, diplomiranog inženjera, naučno zasnovana i predlaže Nastavnom-naučnom veću da je prihvati.

Za mentora se predlaže prof. dr Radmila Jančić Heinemann, redovni profesor Tehnološko-metalurškog fakulteta Univerziteta u Beogradu. 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, 06. 04. 2017. godine

ČLANOVI KOMISIJE

.....
1. Prof. dr Radmila Jančić Heinemann, redovni profesor
Univerziteta u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet

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

.....
3. Dr Dušica Stojanović, viši naučni saradnik
Univerziteta u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet

.....
4. Dr Aleksandar Marinković, docent
Univerziteta u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet

.....
5. Dr Aleksandra Milutinović Nikolić, naučni savetnik
Univerziteta u Beogradu - Institut za hemiju, tehnologiju i metalurgiju