

ТЕХНОЛОШКО-МЕТАЛУРШКИ
ФАКУЛТЕТ

35/189
(Број захтева)

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

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

01.06.2018.
(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:

„Синтеза и карактеризација денталних композитних материјала ојачаних нановлакнима (Synthesis and characterisation of dental composite materials reinforced with nanofibers)“

(пун назив предложене теме докторске дисертације)

НАУЧНА ОБЛАСТ: ТЕХНОЛОШКО ИНЖЕЊЕРСТВО

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

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

FAISAL ALI ALZARRUG, мастер инжењер технологије

2. Назив и седиште факултета на коме је стекао основно образовање: **Универзитет Ал Габал Ал Гарби, Факултет зубне технологије, Налут, Либија**

3. Година дипломирања: 2005.

4. Назив и седиште факултета на коме је стекао мастер образовање: **Универзитет у Београду, Технолошко-металуршки факултет.**

5. Година дипломирања: 2011.

Решењем број 06-613-288/3-10 од 19.04.2011. године ректора Универзитета у Београду признаје се високошколска исправа Универзитета Ал Габал Ал Гарби, Факултет зубне технологије, Налут, Либија, из 2005. године, издате на име Faisal Ali Alzarrug. Студент је уписан на докторске академске студије школске 2011/2012. године.

На захтев студента, а увидом у приложена документа, декан је донео Решење број 20/12-1 од 27.03.2012. године о мировању права и обавеза студента у шк. 2011/2012. години.

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 Ђорђе Јанаћковић

Прилог:

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

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ

за кандидата Faisal Ali Alzarrug

Име и презиме ментора: Petar Uskokovic

Звање: redovni profesor

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. Grkovic, M., Stojanovic, D.B., Pavlovic, V.B., Rajilic-Stojanovic, M., Bjelovic, M., **Uskokovic, P.S.** *Improvement of mechanical properties and antibacterial activity of crosslinked electrospun chitosan/poly (ethylene oxide) nanofibers*, Composites Part B: Engineering, Vol 121, 2017, pp. 58-67. (IF = **4.727**) (ISSN 1359-8368) DOI: [10.1016/j.compositesb.2017.03.024](https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2017.03.024)
2. Prlainović, N.Z., Bezbradica, D.I., Rogan, J.R., **Uskoković, P.S.**, Mijin, D.Ž., Marinković, A.D. *Surface functionalization of oxidized multi-walled carbon nanotubes, Candida rugosa lipase immobilization*, Comptes Rendus Chimie, Vol 19, No 3, 2016, pp. 362-369. (IF= **1.879**) (ISSN 1631-0748) DOI: [10.1016/j.crci.2015.10.008](https://doi.org/10.1016/j.crci.2015.10.008)
3. 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, Vol 86, 2015, pp. 575-581. (IF= **4.364**) (ISSN 0264-1275) DOI: [10.1016/j.matdes.2015.07.069](https://doi.org/10.1016/j.matdes.2015.07.069)
4. Djokić, V.R., Marinković, A.D., Ersen, O., **Uskoković, P.S.**, Petrović, R.D., Radmilović, V.R., Janačković, D.T. *The dependence of the photocatalytic activity of TiO₂/carbon nanotubes nanocomposites on the modification of the carbon nanotubes*, Ceramics International, Vol 40, No 3, 2014, pp. 4009-4018. (IF= **2.986**) (ISSN 0272-8842) DOI: [10.1016/j.ceramint.2013.08.052](https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2013.08.052)
5. Ćolić, M., Džopalić, T., Tomić, S., Rajković, J., Rudolf, R., Vuković, G., Marinković, A., **Uskoković, P.** *Immunomodulatory effects of carbon nanotubes functionalized with a Toll-like receptor 7 agonist on human dendritic cells*, Carbon, Vol 67, 2014, pp. 273-287. (IF= **6.337**) (ISSN 0008-6223) DOI: [10.1016/j.carbon.2013.09.090](https://doi.org/10.1016/j.carbon.2013.09.090)

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: 05.04.2018.

М.П.

Проф. др Ђорђе Јанаћковић

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ

за кандидата Faisal Ali Alzarrug

Име и презиме ментора: Dušica Stojanović

Звање: viši naučni saradnik

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. Pajnik, J., Radetić, M., **Stojanovic, D.B.**, Jankovic-Častvan, I., Tadic, V., Stanković, M.V., Jovanović, D.M., Zizovic, I. *Functionalization of polypropylene, polyamide and cellulose acetate materials with pyrethrum extract as a natural repellent in supercritical carbon dioxide*, Journal of Supercritical Fluids, Vol 136, 2018, pp. 70-81. (**IF= 2.991**) (ISSN 0896-8446) DOI: [10.1016/j.supflu.2018.02.014](https://doi.org/10.1016/j.supflu.2018.02.014)
2. Alzarrug, F.A., **Stojanovic, D.B.**, Obradovic, V., Kojovic, A., Nedeljkovic, J.M., Rajilic-Stojanovic, M., Uskokovic, P.S. *Multiscale characterization of antimicrobial poly(vinyl butyral)/titania nanofibrous composites*, Polymers for Advanced Technologies, Vol 28, No7, 2017, pp. 909-914. (**IF= 1.907**) (ISSN 1042-7147) DOI: [10.1002/pat.3996](https://doi.org/10.1002/pat.3996)
3. Brajovic, L.M., **Stojanovic, D.B.**, Mihailovic, P., Markovic, S.B., Romcevic, M., Mitric, M., Lazovic, V., Dramlic, D., Petricevic, S., Romcevic, N. *Preparation and characterization of bismuth germanium oxide (BGO) polymer composites*, Journal of Alloys and Compounds, Vol 695, 2017, pp. 841-849. (**IF= 3.133**) (ISSN 0925-8388) DOI: [10.1016/j.jallcom.2016.10.140](https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2016.10.140)
4. Milovanovic, S., Markovic, D., Aksentijevic, K., **Stojanovic, D.B.**, Ivanovic, J., Zizovic, I. *Application of cellulose acetate for controlled release of thymol*, Carbohydrate Polymers, Vol 147, 2016, pp. 344-353. (**IF= 4.811**) (ISSN 0144-8617) DOI: [10.1016/j.carbpol.2016.03.093](https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2016.03.093)
5. Milanović, P., Dimitrijević, M., Jančić Heinemann, R., Rogan, J., **Stojanović, D.B.**, Kojović, A., Aleksić, R. *Preparation of low cost alumina nanofibers via electrospinning of aluminium chloride hydroxide/poly (vinyl alcohol) solution*, Ceramics International, Vol 39, No2, 2013, pp. 2131–2134. (**IF= 2.986**) (ISSN 0272-8842) DOI: [10.1016/j.ceramint.2012.07.062](https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2012.07.062)

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: 05.04.2018.

М.П.

Проф. др Ђорђе Јанаћковић

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 **Faisal Ali Alzarrug**, мастер инжењеру технологије, под називом: „Синтеза и карактеризација денталних композитних материјала ојачаних нановлакнима (Synthesis and characterisation of dental composite materials reinforced with nanofibers)“.

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 менторе се одређују др Петар Ускоковић, редовни професор Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет и др Душица Стојановић, виши научни сарадник 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

NASTAVNO-NAUČNOM VEĆU

Predmet: Podobnost teme i kandidata **Faisal Ali Alzarruga** za izradu doktorske disertacije

Odlukom br. 35/154 od 12. 04. 2018. godine, imenovani smo za članove Komisije za ocenu podobnosti teme i kandidata **Faisal Ali Alzarruga** za izradu doktorske disertacije i naučne zasnovanosti teme:

Sinteza i karakterizacija dentalnih kompozitnih materijala ojačanih nanovlaknima

Synthesis and characterisation of dental composite materials reinforced with nanofibers

Na osnovu materijala priloženog uz Zahtev kandidata, Komisija podnosi sledeći

REFERAT

1. Podaci o kandidatu

1.1. Biografski podaci

Faisal Ali Alzarrug rođen je 10.03.1983. u Nalutu, Libija. Diplomirao je medicinsku tehnologiju 2005. na El-Jabel Univerzitetu El Garbi, Libija, Nalut. Master studije je završio 2011. godine na Univerzitetu u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet, profil Inženjerstvo materijala. Doktorske studije upisao je 2011. godine na Univerzitetu u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet, profil Inženjerstvo materijala.

1.2. Stečeno naučnoistraživačko iskustvo

Kandidat **Faisal Ali Alzarrug** odbranio je Završni master rad sa temom: Sinteza i fizičko-mehanička svojstva dentalnih materijala ojačanih nanovlaknima 2011 godine. Školsku 2011/2012 je proveo u statusu mirovanja. U okviru doktorskih studija položio je sve ispite predviđene planom i programom, postigavši sledeće ocene:

Predmet	Ocena	ESPB
1. Odabrana poglavlja matematičke analize	8	5
2. Hemijska kinetika	6	5
3. Biokompozitni materijali	8	4
4. Fizičko-mehanička ispitivanja materijala - viši kurs	10	4
5. Nauka o materijalima i inženjerstvo materijala	10	6
6. Termodinamika čvrstog stanja	6	5
7. Metal, ugljenični i keramički kompoziti	10	3

8. Materijali sa specifičnim električnim, toplotnim, magnetnim i optičkim svojstvima	10	4
9. Sintaza, svojstva i primena biokeramičkih materijala	10	4
10. Fizika materijala	10	4
11. Polimerni biomaterijali	10	4
12. Struktura i svojstva kompozitnih materijala	10	5
13. Završni ispit	10	30

Završni ispit na doktorskim studijama odbranio je 26.09.2014. godine.

Objavljeni naučni radovi i saopštenja:

M21 Rad u vrhunskom međunarodnom časopisu

1. **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, Vol. 86, No. 5, 2015, pp. 575–581. (IF=3.997) (Materials Science, Multidisciplinary (45/271), (ISSN 0264-1275), [doi:10.1016/j.matdes.2015.07.069](https://doi.org/10.1016/j.matdes.2015.07.069).

M22 Rad u istaknutom međunarodnom časopisu

1. **Alzarrug, F.A.**, Stojanovic, D. B., Obradovic, V., Kojovic, A., Nedeljkovic, J. M., Rajilic-Stojanovic, M., & Uskokovic, P. S. *Multiscale characterization of antimicrobial poly(vinyl butyral)/titania nanofibrous composites*, Polymers for Advanced Technologies, Vol. 28, No. 7, 2017, pp. 909–914. (IF=1.907) (Polymer Science (33/86), (ISSN 1042-7147), [DOI:10.1002/pat.3996](https://doi.org/10.1002/pat.3996)

M 34 Rad saopšten na skupu međunarodnog značaja štampan u izvodu

1. **Alzarrug, F.A.**, Stojanovic, D. B., Obradovic, V., Radisavljević A.N., Kojović A.M., Uskoković P.S., Aleksić R.R., *Rapid fabrication of antimicrobial poly(vinyl butyral)/titania nanofibers using multi-needle electrospinning*, The eighteenth annual conference YUCOMAT 2016, Herceg Novi, Montenegro, September 5-10, 2016, p. 55. <http://www.mrs-serbia.org.rs>

1.3. Ocena podobnosti kandidata za rad na predloženoj temi

Na osnovu dosadašnjeg rada i pokazanih rezultata tokom doktorskih studija i izrade disertacije, kandidat **Faisal Ali Alzarrug** je pokazao sklonost i sposobnost za bavljenje naučno-istraživačkim radom. Iz same predložene teme doktorske disertacije, do sada je objavio dva rada u međunarodnim časopisima kategorije M21 i M22, i ima saopštenje sa međunarodne konferencije kategorije M34. Na osnovu prikazanih aktivnosti i rezultata komisija smatra da kandidat ispunjava uslove za rad na predloženoj temi doktorske disertacije.

2. Predmet i cilj istraživanja

Kompozitni materijali sa polimernom matricom predstavljaju jednu od najznačajnijih grupa građivnih materijala u stomatologiji. Savremeni dentalni kompozitni materijali se uglavnom sastoje od polimerne matrice i neorganskih ojačanja od čijih odnosa zavise fizičke i hemijske karakteristike kompozita. Pored toga, dodaju se aktivatori i inicijatori polimerizacije, pigmenti, sredstva za bolju aplikaciju i stabilizaciju. Dalji napredak u razvoju ovih materijala vodi ka primeni nanokompozitnih dentalnih materijala. Oni predstavljaju najnoviju generaciju materijala koji svojim karakteristikama (tvrdoća, čvrstoća, elastičnost, žilavost) nadmašuju konvencionalne materijale.

Predmet ove doktorske disertacije obuhvata istraživanja u oblasti kompozitnih materijala sa polimernom matricom ojačanom keramičkim i kompozitnim nanovlaknima za primenu u stomatologiji. Kao polimerna matrica koristiće se dentalni akrilati, koji predstavljaju i dalje najčešće korišćene materijale u stomatologiji zbog svojih estetskih svojstava, jednostavnog načina sinteze i oblikovanja, hemijskih, fizičkih i mehaničkih svojstava. Dentalni materijal mora posedovati pre svega odgovarajuća mehanička svojstva kao što su tvrdoća, čvrstoća, modul elastičnosti, otpornost na habanje, uključujući toplotno i udarno opterećenje. Važna su takođe i fizičko-hemijska svojstva, poput nerastvorljivosti dentalnog polimera u usnoj šupljini, biološka inertnost, mala apsorpcija vode, neutralni ukus i miris, transparentnost i dimenziona stabilnost. Ovi materijali treba da ispunjavaju i temeljni zahtev za stomatološki materijal, a to je pre svega biokompatibilnost, kao i bakteriološka, fiziološka i patološka svojstva, zatim odgovarajuća adhezivna svojstva sa metalima i porculanom.

Akrilati koji se primenjuju u stomatologiji su još uvek daleko od idealnih u ispunjavanju mehaničkih zahteva za zubne proteze zbog veoma male otpornosti na lom i velike krtosti materijala. Naponi da se poboljšaju i mehanička i hemijska svojstva ovih materijala kroz uključivanje ojačanja u vidu mikro ili nanočestica na bazi silicijuma detaljno su istraživana proteklih godina. Ojačanja kod kompozitnih materijala uopšte mogu biti u obliku kontinualnih i kratkih vlakana, čestica ili slojeva. Pored čestica, nanovlakna i viskeri, zbog specifičnog kritičnog odnosa dužina- prečnik (L/D) koji trpi opterećenje, pokazuju izuzetno dobre rezultate u poboljšanju fizičko-mehaničkih svojstava kompozita. Pored toga, za dobra fizičko-mehanička svojstva kompozitnog materijala takođe je važno da se ostvari veza između matrice i ojačanja. Na taj način se ostvaruje dobar prenos i raspodela opterećenja kod mehaničkih naprezanja. Kao vezujući agensi za ostvarivanje što bolje veze matrica-ojačanje obično su se koristili silani za tretiranje silikatnih čestica, jer su oni trenutno bili mehanički i hemijski pogodni. Tokom vremena oni takođe pokazuju pukotine, koje se javljaju i propagiraju oko čestica punioca. Ovaj nedostatak se javlja kada su stomatološki kompoziti smešteni u vodenom oralnom okruženju zbog hidrolitičke degradacije mikro/nanočestica silicijum-dioksida zasnovanih na reakciji vezivanja sa silanima. Klinički problem korišćenja silana u poboljšanju adhezije ovih kompozitnih materijala je degradacija veza tokom vremena u oralnoj sredini.

Ova doktorska disertacija predstavlja iskorak u istraživanju primenom alumine i kompozitnih nanovlakana sa titanijum dioksidom kao alternativu silikatnim ojačanjima zbog njihove hemijske kompatibilnosti i relativno visoke stabilnost u vodenoj sredini. Uopšteno, alumina a naročito titanijumske nanočestice su poželjne u stomatologiji zbog prijatne boje i dobre biokompatibilnosti. Ostala poželjna svojstva kao što su niska toksičnost i visoka stabilnost i efikasnost, kao i dostupnost i niske cene, učinili su titanijumske čestice odgovarajućim antimikrobnim aditivom za dentalne materijale.

U okviru ove disertacije predviđena je sinteza nanoojačanja u vidu keramičkih alumina vlakana i kompozitnih vlakana sa polimernom matricom sa titanijumskim puniocima, primenom tehnike elektropredenja, zatim njihova ugradnja u akrilatne materijale i na kraju sveobuhvatna karakterizacija. Tehnika brzog razvoja elektropredenja je dostigla intenzivni napredak od devedesetih godina prošlog veka zbog mogućnosti izrade kontinualnih vlakana prečnika na nanometarskoj skali. Uprkos naporima posvećenim istraživanju primene elektropredenih nanovlakana, kao što su separacija, kataliza, nanoelektronika, senzori, pretvaranje/skladištenje energije i biomedicinska upotreba, postoje ograničeni pokušaji primene ovih nanovlakana kao ojačanja u polimernim kompozitima. Elektropredena nanovlakna poseduju mnogobrojne prednosti koje se obično ne javljaju u drugim nanokompozitnim oblicima za ojačavanje, kao što su kontinuitet, raznovrstan izbor materijala, kontrolisani prečnik i struktura, mogućnost lake ugradnje, sposobnost masovne proizvodnje itd. Zbog toga elektropredena nanovlakna imaju veliki potencijal kao napredna ojačanja dentalnih polimernih kompozita sledeće generacije.

Naučni cilj istraživanja je da se prouče procesi sinteze kompozitnih materijala sa keramičkim i kompozitnim vlaknima dobijenim elektropredenjem; da se ustanove procesni parametri za dobijanje ovih kompozita; da se ispita uticaj procesnih parametara na dobijena mehanička, termička i funkcionalna svojstva kompozita.

Relevantni bibliografski izvori:

1. Ahn Y. C., Park S. K., Kim G. T., Hwang Y. J., Lee C. G., Shin H. S., Lee J. K.: *Development of high efficiency nanofilters made of nanofibers*, Current Applied Physics, Vol 6, No 6, 2006, pp. 1030–1035.
2. Sill T. J., Von Recum H. A.: *Electrospinning: Applications in drug delivery and tissue engineering*, Biomaterials, Vol 29, 2008, pp. 1989–2006.
3. Zhang C., Yuan X., Wu L., Han Y., Sheng J.: *Study on morphology of electrospun poly(vinyl alcohol) mats*, European Polymer Journal, Vol 41, No 3, 2005, pp. 423–432.
4. Garg K., Bowlin G. L.: *Electrospinning jets and nanofibrous structures*, Biomicrofluidics, Vol 5, 2011, pp. 013403.
5. Reneker D. H., Yarin A. L., Xu H., Zussman E.: *Electrospinning of nanofibers from polymer solutions and melts*, Advances in Applied Mechanics, Vol 41, 2007, pp. 43–195.
6. Ramesh Kumar P., Khan N., Vivekanandhan S., Satyanarayana N., Mohanty A. K., Misra M.: *Nanofibers: Effective generation by electrospinning and their applications*, Journal of Nanoscience and Nanotechnology, Vol 12, 2012, pp. 1–25.
7. Yang Y., Jia Z., Li Q., Hou L., Guan Z.: *Electrospun uniform fibres with a special regular hexagon distributed multi-needles system*, Journal of Physics: Conference Series, Vol 142, 2008, 012027.
8. Tian L., Zhao C., Li J., Pan Z.: *Multi-needle, electrospun, nanofiber filaments: effects of the needle arrangement on the nanofiber alignment degree and electrostatic field distribution*, Textile Research Journal, Vol 85, No 6, 2015, pp. 621–631.
9. Xu H., Li H., Chang J.: *Controlled drug release from a polymer matrix by patterned electrospun nanofibers with controllable hydrophobicity*, Journal of Materials Chemistry B, Vol 1, 2013, pp. 4182–4188.
10. Lee K., Lee S.: *Multifunctionality of Poly (vinyl alcohol) Nanofiber Webs Containing Titanium Dioxide*, Journal of Applied Polymer Science, Vol 124, 2012, pp. 4038–4046.
11. Yalcinkaya F., Komarek M., Lubasova D., Sanetrik F., Maryska J.: *Preparation of Antibacterial Nanofibre/Nanoparticle Covered Composite Yarns*, Journal of Nanomaterials, 2016, 7565972.

12. Torki A. M., Živković I., Radmilović V. R., Stojanović D. B., Radojević V. J., Uskoković P. S., Aleksić R. R.: *Dynamic mechanical properties of nanocomposites with poly (Vinyl Butyral) matrix*, International Journal of Modern Physics B, Vol 24, No 6-7, 2010, pp. 805–812.
13. Medeiros D.G., Jardim P.M., de Tatagiba M.K.V., d'Almeida J.R.M.: *Composites of recycled nylon 11 and titanium based nanofilers*, Polymer Testing, Vol 42, 2015, pp. 108–114.
14. Mancic L., Pontón P. I., Letichevsky S., Costa A. M., Marinkovic B. A., Rizzo F. C.: *Application of silane grafted titanate nanotubes in reinforcing of polyamide 11 composites*, Composites Part B: Engineering, Vol 93, 2016, pp. 153–162.
15. Ahmadpoor P., Nateri A. S., Motaghtalab V.: *The Optical Properties of PVA/TiO₂ Composite Nanofibers*, Journal of Applied Polymer Science, Vol 130, No 1, 2013, pp. 78–85.
16. Lv Y., Xu Z. L., Asai H., Shimada N., Nakane K.: *Thoroughly mesoporous TiO₂ nanotubes prepared by a foaming agent-assisted electrospun template for photocatalytic applications*, RSC Advances, Vol 6, 2016, pp. 21043–21047.
17. Radoicic M., Ciric-Marjanovic G., Saponjic Z. V., Mitric M., Konstantinovic Z., Stoiljkovic M., Nedeljkovic J. M.: *Structural and magnetic properties of nanocomposites based on nanostructured polyaniline and titania nanotubes*, Journal of Materials Science, Vol 48, 2013, pp. 5776–5787.
18. Kulkarni M., Mazare A., Gongadze E., Perutkova Š., Kralj-Iglič V., Milošev I., Schmuki P., Iglič A., Mozetič M.: *Titanium nanostructures for biomedical applications*, Nanotechnology, Vol 26, 2015, 062002.
19. Saponjic Z. V., Dimitrijevic N. M., Tiede D. M., Goshe A. J., Zuo X., Chen L. X., Barnard A. S., Zapol P., Curtiss L., Rajh T.: *Shaping Nanometer-Scale Architecture Through Surface Chemistry*, Advanced Materials, Vol 17, No 8, 2005, pp. 965–971.
20. Stojanovic D. B., Orlovic A., Zrilic M., Balac I., Tang C. Y., Uskokovic P. S., Aleksić R.: *The Effects of Functionalization on the Thermal and Tribo-Mechanical Behaviors of Neat and Grafted Polyethylene Nanocomposites*, Polymer Composites Vol 34, 2013, pp. 1710–1719.
21. Oliver W. C., Pharr G. M.: *Measurement of hardness and elastic modulus by instrumented indentation: Advances in understanding and refinements to methodology*, Journal of Materials Research, Vol 19, 2004, pp. 3–20.
22. Cai Y., Stromme M., Welch K.: *Photocatalytic antibacterial effects are maintained on resin-based TiO₂ nanocomposites after cessation of UV irradiation*, PLOS One, Vol 8, No 10, 2013, 75929.
23. Gamage McEvoy J., Cui W., Zhang Z.: *Degradative and disinfective properties of carbon-doped anatase–rutile TiO₂ mixtures under visible light irradiation*, Catalysis Today, Vol 207, 2013, pp. 191–199.
24. Pant H. R., Pandeya D. R., Nam K. T., Baek W. I., Hong S. T., Kim H. Y.: *Photocatalytic and Antibacterial Properties of a TiO₂/Nylon-6 Electrospun Nanocomposite Mat Containing Silver Nanoparticles*, Journal of Hazardous Materials, Vol 189, No 1-2, 2011, pp. 465–71.
25. Chen J., Zhao A., Chen H., Liao Y., Yang P., Sun H., Huang N.: *The effect of full/partial UV-irradiation of TiO₂ films on altering the behavior of fibrinogen and platelets*, Colloids and Surfaces B: Biointerfaces, Vol 122, 2014, pp. 709–718.
26. Daoud W. A., Xin J. H., Zhang Y.-H.: *Surface functionalization of cellulose fibers with titanium dioxide nanoparticles and their combined bactericidal activities*, Surface Science, Vol 599, No 1–3, 2005, pp 69–75.
27. Ahmed Ben Hassan S., Stojanović D. B., Kojović A., Janković-Častvan I., Janačković Dj., Uskoković P. S., Aleksić R.: *Preparation and characterization of poly(vinyl butyral) electrospun nanocomposite fibers reinforced with ultrasonically functionalized sepiolite*, Ceramics International, Vol 40, 2014, pp. 1139–1146.
28. Chakraborty H., Sinha A., Mukherjee N., Chattopadhyay P. P.: *Journal of Nanotechnology*, (2012) 940516.

29. Díez-Pascual A.M., Gómez-Fatou M. A., Ania F., Flores A.: *Nanoindentation in polymer nanocomposites*, Progress in Materials Science, Vol 67, 2015, pp. 1–94.
30. Stojanovic D., Orlovic A., Markovic S., Radmilovic V., Uskokovic P. S., Aleksic R.: *Nanosilica/PMMA composites obtained by the modification of silica nanoparticles in a supercritical carbon dioxide-ethanol mixture*, Journal of Materials Science, Vol 44, No 23, 2009, pp. 6223–6232.

3. Polazne hipoteze

U toku izrade ove disertacije istražiće se mogućnosti sinteze i karakterizacije multifunkcionalnih nanokompozitnih vlakana i sinteze i karakterizacije hibridnih stomatoloških kompozitnih materijala sa poboljšanim svojstvima na bazi akrilatnih polimera koji se tradicionalno koriste za izradu mikro i makro dentalnih kompozitnih materijala.

Polazne hipoteze kreću od ideje da se nanočestice kao ojačanja u dentalnim kompozitima zamene nanovlaknima zbog povoljnije geometrije. U okviru disertacije biće istražen uporedni uticaj aluminijum oksidnih nanočestica, aluminijum oksidnih viskera i aluminijum oksidnih vlakana dobijenih metodom elektropredenja na termo-mehanička svojstva stomatoloških akrilata. Uticaj veličine čestica, viskera i nanovlakana, njihov oblik i udeo, na termo-mehanička svojstva biće proučavani pomoću nanoindentacionih merenja i dinamičko-mehaničke analize. U posebnoj poglavlju disertacije biće prikazani rezultati istraživanja uticaja procesnih parametara elektropredenja na uniformnost, morfologiju, i sastav nanokompozitnih vlakana u obliku kompozitnog mata titanium dioksid-poli (vinil butiral).

Kompozitna vlakna će se u daljem radu koristiti kao ojačanja u akrilatnom polimeru sa ciljem poboljšanja termo-mehaničkih svojstava, održanja transparentnosti materijala, poboljšanja adhezije između vlakana i matrice kao i žilavosti krajnjeg hibridnog kompozita što predstavlja jedan od najvećih nedostataka postojećih akrilatnih materijala. U poslednjem poglavlju biće prikazani modeli sa profilima rasejanja za čist polimer i hibridne kompozite sa različitom koncentracijom ojačanja pomoću Mie modela rasejanja. Izračunaće se transparentnost ojačanih vlakana i hibridnih akrilatnih kompozita i dati uporedni prikaz sa izmerenim eksperimentalnim vrednostima.

4. Naučne metode istraživanja

Savremena tehnika proizvodnje nanovlakana, poznata kao elektropredenje, predstavlja bitan potencijal za dizajniranje nanokompozita organizovanih u više nivoa. Proces proizvodnje nanovlakana iz različitih materijala, kontrola uređenja nanovlakana u cilju optimizacije strukturnih zahteva i konačno, inkorporacija dodatnih komponenata u nanovlakna, su potrebni da bi se formirao kompleksni hijerarhijsko organizovan nanokompozitni materijal. U okviru ove disertacije koristiće se metoda elektropredenja iz rastvora polimera sa dve modifikacije elektropredenja sa jednom diznom i brzo elektropredenje sa više dizni za brzo dobijanje elektropredenog mata.

Geometrijska svojstva nanovlakana čine prečnik vlakna, raspodela prečnika, orijentacija vlakana i morfologija vlakana (npr. oblik poprečnog preseka i hrapavost površine). Za određivanje i ispitivanje morfologije uzoraka vlakana i kompozita koristiće se skenirajuća elektronska mikroskopija (SEM) i transmisiona elektronska mikroskopija (TEM). Za istraživanja geometrijskih svojstava morfologije formiranih slojeva vlakana koristiće se optička transmisija

mikroskopija. Karakterizacija dobijenih ojačanja u vidu kompozitnih nanovlakana ispitaće se metodom infracrvene spektroskopije (FTIR).

Fotokatalitička oksidaciona efikasnost nakon izlaganja UV zračenju i antimikrobna svojstva, biće određena agar disk difuzionom metodom za detekciju gram-negativne bakterije Ešerihije koli (*Escherichia coli* ATCC 25922).

Uticaj udela ojačanja kao i jačina veze ojačanje-polimer za različite temperature i frekvencije dinamičkih naprezanja biće uspitiani primenom dinamičko-mehaničke analize (DMA), specifično modifikovane za karakterizaciju nanokompozitnih vlakana izradom posebnih alata za karakterizaciju nano i mikro kompozitnih vlakana. Ispitivanje efekata ojačanja i žilavosti stomatoloških hibridnih kompozitnih materijala sa aspekta nanomehaničkih svojstava biće istraženo primenom metode nanoidentacije.

5. Očekivani naučni doprinos

Kao osnovni naučni doprinos doktorske disertacije očekuje se:

- Razvoj metode dobijanja keramičkih nanovlakana metodom elektropredenja iz polimernih prekursora uz naknadnu termičku obradu
- Definisanje optimalnih parametara polimernih rastvora i procesnih parametara dobijanja kompozitnih nanovlakana metodom elektropredenja
- Izbor pogodne metode *in situ* polimerizacije akrilatnih polimera i metode poboljšanja disperzije ojačanja u dentalnim nanokompozitima
- Uspostavljanje korelacije između parametara rastvora, procesnih parametara i postignutih mehaničkih, termičkih i funkcionalnih svojstava dobijenih dentalnih materijala
- Razvoj modela rasejanja za verifikaciju transparentnih dentalnih materijala
- Dizajniranje novog dentalnog nanokompozitnog materijala sa poboljšanim fizičkim, termo-mehaničkim svojstvima i povećanjem žilavosti krajnjeg hibridnog kompozita

Rezultati koji se očekuju u ovoj disertaciji predstavljaju početnu osnovu za nastavak daljih istraživanja u oblasti primene nanokompozitnih vlakana u modifikovanju standardno prihvaćenih receptura kompozitnih stomatoloških materijala.

6. Plan istraživanja i struktura rada

Doktorska disertacija će biti pisana na engleskom jeziku. U toku rada na disertaciji predviđene su sledeće faze i aktivnosti u istraživanju:

1. Definisaće se optimalni procesni parametri elektropredenja (viskoznost, provodnost, primenjeni napon, rastojanje od kolektora, protok i td. za dobijanje vlakana nano dimenzija metodom elektropredenja sa jednom diznom
2. Definisaće se optimalni procesni parametri elektropredenja (viskoznost, provodnost, primenjeni napon, rastojanje od kolektora, protok i td. za dobijanje vlakana nano dimenzija metodom elektropredenja sa više dizni (u našem slučaju 14 dizni za ubrzanje procesa elektropredenja i mogućnost komercijalne primene)

3. Izvršiće se poredjenje ovih metoda elektropredenja u pogledu efikasnosti i dobijanja poboljšanih nanokompozitnih akrilata sa ovim vrstama ojačanja
4. Izvršiće se karakterizacija dobijenih alumina nanovlakana sa komercijalnim alumina ojačanjima u vidu oksida i nanoviskera:
 - Kristalna struktura alumina ojačanja ispitaće se XRD metodom, a struktura, morfologija i raspodela veličina ojačanja SEM metodom i Image Pro analizom.
5. Karakterizacija dobijenih ojačanja u vidu kompozitnih nanovlakana ispitaće se FTIR metodom, DSC i TEM metodom
6. Antimikrobna svojstva titanijumskih ojačanja isvršice se agar disk difuzionom metodom za ispitivanja antimikrobne osetljivosti i odrediće se fotokatalitička oksidaciona efikasnost nakon izlaganja UV zračenju ovih materijala
7. Definisaće se procesni parametri za dve metode *in situ* polimerizacije akrilatnih polimera i metode poboljšane disperzije ojačanja u dentalnim nanokompozitima
8. Izvršiće se karakterizacija dobijenih nanokompozitnih akrilatnih materijala u pogledu ispitivanja fizičko-mehaničkih i termičkih svojstava, kao i funkcionalnih svojstava za primenu u stomatologiji
9. Uspostaviće se korelacije između procesnih parametara i ostvarenih fizičko-mehaničkih i termičkih svojstava

U doktorskoj disertaciji biće obrađena sledeća poglavlja: *Uvod*, *Teorijski deo*, *Eksperimentalni deo*, *Rezultati i diskusija*, *Zaključak*, *Literatura*. U poglavlju *Uvod* biće dat kratak osvrt na područje ispitivanja, definisan predmet istraživanja i doprinos disertacije. Izvršiće se sveobuhvatan i najsavremeniji pregled najnovijih istraživanja u razvoju elektropredenih nanovlakana kao ojačanja u polimernim kompozitnim materijalima sa idejom da se stimulišu interesi kako u naučnim istraživanjima, tako i u industrijskoj primeni.

Teorijski deo doktorske disertacije obuhvatiće analizu prethodnih istraživanja koja se odnose na:

- Stanje ove problematike u dosadašnjim istraživanjima u svetu
- Klasifikaciju dentalnih materijala
- Fizička svojstva dentalnih materijala (hemijska, mehanička, optička i biokompatibilnost)
- Elektropredjenje nanovlakana i njihova karakterizacija
- Primena novih metoda sinteze kao i karakterizacije u zavisnosti od funkcionalnih svojstava projektovanih materijala

U okviru poglavlja *Eksperimentalni deo*, *Rezultati i diskusija* biće ispraćeni svi koraci prethodno postavljeni i definisani u okviru faza i aktivnosti planiranih istraživanja. U *Zaključku* će biti sumirani zaključci dobijeni na osnovu izvedenih ispitivanja. U poglavlju *Literatura* biće ispraćena teorijska razmatranja literaturnim navodima kao i radovi proistekli iz rezultata eksperimentalnih istraživanja iz ove disertacije.

7. Zaključak i predlog

Na osnovu izloženog Komisija smatra da kandidat **Faisal Ali Alzarrug** ispunjava sve potrebne uslove za rad na predloženoj temi doktorske disertacije. Komisija smatra da je tema predložene doktorske disertacije pod naslovom **Sinteza i karakterizacija dentalnih kompozitnih materijala ojačanih nanovlaknima (Synthesis and characterisation of dental composite materials reinforced with nanofibers)** naučno zasnovana i da predstavlja značajan naučni doprinos naučnoj oblasti Tehnološko inženjerstvo, uža naučna oblast Inženjerstvo materijala za koju je Tehnološko-metalurški fakultet Univerziteta u Beogradu matičan. Komisija predlaže Nastavno-naučnom veću Tehnološko-metalurškog fakulteta Univerziteta u Beogradu da kandidatu **Faisal Ali Alzarrugu** odobri izradu doktorske disertacije pod navedenim naslovom. Radi uspešne realizacije složenih multidisciplinarnih istraživanja za mentore ove doktorske disertacije se predlažu dr Petar Uskoković, redovni profesor Tehnološko-metalurškog fakulteta Univerziteta u Beogradu i dr Dušica Stojanović, viši naučni saradnik Tehnološko-metalurškog fakulteta Univerziteta u Beogradu.

U Beogradu, 18. 05. 2018.

ČLANOVI KOMISIJE

.....
Dr Petar Uskoković, redovni profesor,
Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet

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

.....
Dr Vesna Radojević, redovni profesor,
Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet

.....
Dr Radmila Jančić-Hajneman, redovni profesor,
Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet

.....
Dr Ljiljana Brajović, vanredni profesor,
Univerzitet u Beogradu, Gradjevinski fakultet