

ОБРАЗАЦ 3

ФАКУЛТЕТ ИНЖЕЊЕРСКИХ НАУКА  
УНИВЕРЗИТЕТ У КРАГУЈЕВЦУ

Бр. 01-1/2104

13.06.24 год

КРАГУЈЕВАЦ

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ  
ФАКУЛТЕТА ИНЖЕЊЕРСКИХ НАУКА У КРАГУЈЕВЦУ

и

ВЕЋУ ЗА ТЕХНИЧКО-ТЕХНОЛОШКЕ НАУКЕ  
УНИВЕРЗИТЕТА У КРАГУЈЕВЦУ

На седници Већа за техничко-технолошке науке Универзитета у Крагујевцу одржаној 22.5.2024. године (број одлуке: IV-04-381/12) одређени смо за чланове Комисије за писање Извештаја о оцени научне заснованости теме докторске дисертације под насловом: „ИСТРАЖИВАЊЕ ПОРОЗНИХ СТРУКТУРА ОД КОМПОЗИТА НА БАЗИ БАКРА ПРИМЕНОМ АДИТИВНИХ ТЕХНОЛОГИЈА”, и испуњености услова кандидата **Никола Которчевић**, истраживач-приправник и предложеног ментора **Фатима Живић**, ванредни професор за израду докторске дисертације.

На основу података којима располажемо достављамо следећи:

ИЗВЕШТАЈ

О ОЦЕНИ НАУЧНЕ ЗАСНОВАНОСТИ ТЕМЕ И ИСПУЊЕНОСТИ УСЛОВА  
КАНДИДАТА И ПРЕДЛОЖЕНОГ МЕНТОРА  
ЗА ИЗРАДУ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

<b>1. Подаци о теми докторске дисертације</b>
1.1. Наслов докторске дисертације:
ИСТРАЖИВАЊЕ ПОРОЗНИХ СТРУКТУРА ОД КОМПОЗИТА НА БАЗИ БАКРА ПРИМЕНОМ АДИТИВНИХ ТЕХНОЛОГИЈА
1.2. Научна област докторске дисертације:
Машински инжењерство
1.3. Образложење теме докторске дисертације (до 15000 карактера):
1.3.1. Дефинисање и опис предмета истраживања
Предмет истраживања докторске дисертације биће примена адитивних технологија код производње микро порозних структура од композита са металном матрицом, намењених за израду филтерских система. Реализоваће се истраживање утицаја улазних параметара процеса 3Д штампе на геометријску тачност, механичке особине као и функционалост произведених структура у релевантним експерименталним условима. У оквиру истраживања биће разматране врсте композитних материјала са матрицом од бакра, с аспекта утицаја материјала на процес

филтрирања флуида. Анализираће се теоријска основа протока флуида кроз микро порозне средине и утицај геометрије пора на проток, као и на процес филтрације.

### 1.3.2. Полазне хипотезе

На основу дефинисаног циља истраживања и истраживачког рада кандидата, као и других аутора у дефинисаној области, формиране су основне хипотезе које се састоје из неколико претпоставки:

- Адитивне технологије производње се могу применити за производњу порозних филтерских система и варијацијом процесних параметара могу се постићи одговарајуће димензионе карактеристике на макро и микро нивоу

- Повезаност између улазних параметара односно параметара производне технологије и излаза односно крајње геометријске тачности и механичких особина добијеног дела може да омогући контролисани дизајн порозних структура за примену код филтера

- Композитни филаменти са металном основом као што је бакар (на пример Cu/PLA композит) могу се користити код ФДМ адитивне технологије и подешавањем композитног састава могу се добити жељене порозне структуре за примену код филтера

- Композити на бази бакра се могу применити за израду стабилних филтера који се не морају мењати у дужем периоду, односно могу обезбедити пречишћавање воде и фину филтрацију флуида у комбинацији са механичким филтрирањем кроз микро порозну структуру, јер чист бакар доказано поседује антибактеријске карактеристике

### 1.3.3. План рада

План рада обухвата почетни опширни преглед литературе везан за постојање тренутних решења и доступних технологија и материјала, с аспекта производње филтерских система, примене композита са металном основом за израду микро порозних структура, као и примену адитивних технологија.

На основу прикупљених података биће реализовано експериментално испитивање: израда порозних узорака од Cu/PLA композита, уз варирање параметара ФДМ адитивне технологије са циљем утврђивања и провере параметара процеса релевантних за испитивање. Експериментално испитивање произведених узорака ће бити реализовано с аспекта жељених функционалних особина филтерског елемента. Упоредо са експерименталним истраживањима, биће анализирани теоријски модели релевантни за примењене материјале и процесе филтрације.

### 1.3.4. Методе истраживања

Истраживања планирана у оквиру докторске дисертације биће теоријског, експерименталног и аналитичког карактера. Методе које ће се у раду користити су:

- Експерименталне методе
- Аналитичке методе
- Статистичке корелације

Процесни параметри адитивне технологије имају пресудни утицај на димензиону тачност планираних материјалних структура. Поред тога, материјалне карактеристике суштински одређују термо-механичка напрезања у материјалу током штампе и тиме додатно утичу на димензиону тачност, као и механичке особине финалног објекта. Корелација улазних параметара са финалним карактеристикама штампаног објекта је потврђена и теоријски и у пракси, али није детерминистички одређена. Нумеричке методе оптимизације и математички алгоритми који постоје представљају ефикасан алат којим се могу симулирати различите комбинације и варијације параметара и одређивати корелација између улазних поставки и финалног резултата. Тиме ће се добити одређени мањи број препоручених комбинација с аспекта добијања жељених



структурних и механичких особина узорака. Користиће се вишекритеријумски алати и статистичке корелације применом различитих метода процене.

Експерименталне методе ће укључивати израду узорака различитим адитивним технологијама (ФДМ, СЛА). Експериментално испитивање механичких својстава материјала реализоваће се на савременим уређајима за механичка испитивања (и при протоку флуида). Нумерички резултати ће се упоредити са експериментално добијеним резултатима за напоне и деформације и анализирати. За структурну карактеризацију и анализу димензионе тачности експерименталних узорака, примениће се савремене методе и уређаји као што су ЦТ скенирање, СЕМ и АФМ микроскопија. Димензиона анализа узорака ће омогућити дефинисање препорука за улазне и процесне параметре адитивне технологије.

Сви експериментални узорци биће међусобно упоређивани са циљем добијања најбољих структура с аспекта области практичне примене. Експериментална студија ће омогућити валидацију и унапређење аналитичких модела тестирањем структура произведених према параметрима процеса добијеним оптимизационим моделом. На основу нумеричких и експерименталних резултата проучаваће се методе оптимизације за специфичне примене.

#### 1.3.5. Циљ истраживања

Циљ рада је истраживање и унапређивање порозних структура филтерског система коришћењем адитивних технологија односно технологијом 3Д штампе металних материјала. Ове технологије омогућавају израду производа комплексне геометрије на основу 3Д (CAD) модела генерисаног у неком од одговарајућих софтвера. Истопљени материјал се наноси један по један слој све док се не формира геометрија комада која је дефинисана моделом. Ово се може искористити за израду мрежастих структура чија оријентација би се разликовала са сваком наредним слојем и на тај начин формирала порозну структуру. Добијена структура би креирала филтерски систем који би заустављао продирање контаминената, првенствено својим обликом.

Примарно је неопходно утврђивање оптималног дизајна порозне структуре применом одговарајуће адитивне технологије. Потребно је одредити утицајне параметре на добијање финалног производа са аспекта димензионе тачности и функционалности. Могуће је предвидети добијање излазних вредности на основу задатих улазних параметара. Како и сам материјал и уређај која се користи за израду имају своје особине и ограничења, варирањем одговарајућих параметара попут температуре загревања, брзине штампе, растојања између слојева, правца итд. могу се произвести узорци жељених карактеристика.

Биће формирана већа група узорака од Cu/PLA композита која ће бити произведена адитивном технологијом. За сваки од узорака биће извршено варирање улазних параметара. Након фабрикације узорака, биће подвргнути димензионој контроли, као и испитивањима на макро и микро нивоу.

У даљем истраживању у оквиру докторске дисертације биће извршена експериментална испитивања са циљем утврђивања повољности остварених механичких особина добијеног материјала, као и протока флуида односно биће креиран аналитички модел струјања кроз порозну средину. На основу добијених резултата, биће формирана база података на основу које ће бити извршено поређење добијених резултата и доношење закључака о најповољнијим оствареним вредностима, као и о параметрима који су коришћени приликом њиховог добијања.

#### 1.3.6. Резултати који се очекују

- Дефинисање оптималних параметара производње са циљем постизања одговарајуће димензионе тачности код микро порозних структура
- Дефинисање препорука за добијање одговарајућег модела порозног филтерског система применом адитивних технологија



- Одређивање метода испитивања материјала са аспекта функционалности и механичких карактеристике код микро порозних структура
- Одређивање механичких карактеристика финалне порозне структуре експерименталним методама
- Дефинисање аналитичког модела протока флуида кроз микро порозну средину

1.3.7. Оквирни садржај докторске дисертације са предлогом литературе која ће се користити (до 10 најважнијих извора литературе)

Оквирни садржај рада у себи укључује:

1. Увод
2. Теоријска разматрања
  - 2.1. Материјали
  - 2.2. Технологије
  - 2.3. Филтерски системи
3. Експериментална истраживања
4. Резултати истраживања
5. Анализа резултата истраживања
6. Закључци
7. Литература

У оквиру увода ће ближе бити презентовани проблеми и решења везана за поступке израде порозних структура адитивним технологијама, доступних у литератури.

У теоријским разматрањима материјала ће бити извршена анализа доступних материјала који се користе у процесима производње адитивним технологијама, као и њихове карактеристике и подобност.

Теоријским разматрањима технологије, извршиће се преглед адитивних технологија производње, као и њихове могућности и перформансе.

У поглављу о филтерским системима ће бити анализиран задатак који се поставља пред порозне структуре, као и захтеви који су неопходни да се испуне.

Експерименталним истраживањима биће формирана група узорак адитивним технологијама производње чија ће се релевантна својства испитивати на одговарајућој апаратури, а у складу са доступним стандардима.

У оквиру резултата истраживања ће, на основу података прикупљених у претходном кораку, биће извршено њихово сортирање и разматрање могућности оптимизације.

У поглављу анализе резултата истраживања прикупљени подаци ће пружити увид у остварене резултате и могућности за њихову опширнију анализу.

У закључцима ће се на основу претходно формираних резултата и анализа донети одговарајући закључци о подобности целог процеса израде.

Биће приложена одговарајућа литература односно сазнања других аутора настала као производ ранијих истраживања сличних проблема, у оквиру поглавља литературе.

Адитивна производња (Additive manufacturing- AM) обухвата у себи неколико различитих технологија. Принцип израде крајњих комада је наношење материјала слој по слој док се не постигне жељена геометрија финалног производа [1]. Технологије адитивне производње обухватају: екструзију материјала (МЕ), млаз везива (БЈ), усмерено таложење енергије (ДЕД), бризгање материјала (МЈ), фузију прашкастог слоја (ПБФ), ламинацију листова (СЛ), фотополимеризацију у кади (ВП). Екструзија материјала се може поделити у подгрупе технологија као што су: моделирање фузионисаног таложења (Fused Deposition Modeling- FDM)



и фабрикација фузионих филамената (Fused Filament Fabrication- FFF) [2]. То су два веома слична процеса у којима су сирови материјали обично у виду термопластичних полимера или композита. Сирови материјали, у облику филамената, потискују се кроз загрејану дизну главе 3Д штампача и наносе слој по слој на радну површину, стапајући се и формирајући на тај начин завршни део. Главна разлика између ФДМ-а и ФФФ-а је у томе што се у процесу ФДМ-а боље врши контролисање радног окружења, захваљујући томе што машине имају затворене грејне коморе, док ФФФ представља јефтинију, стону варијанту [1,2]. Ове технологије имају широку примену јер су једноставне и лаке за коришћење, са широким спектром индустријске примене [3]. Неке од области примене су: електронски уређаји [4], брза израда прототипова и уређаја за проток флуида [5], грађевинарство, аутомобилска и ваздухопловна индустрија [1], медицински производи [6] и др.

Широко су распрострањени филаментни материјали на бази полимљечне киселине (Polyactic acid - PLA). Представља еколошки прихватљив материјал који се састоји од понављајућих јединица млечне киселине која се може добити од биоматеријала попут: шећерне трске, маниока или кукуруза [7]. Филаменти се могу припремити процесима екструзије. Сирови материјал у облику гранула се доводи у екструдер где се просејава, дроби, меша, меље и екстудира [8]. Велики истраживачки напори се улажу зарад унапређивања ове филаментне жице додавањем различитих материјала за пуњење на бази минералних, животињских или биљних извора (као што су дрвена прашина, влакна уљане палме, кенаф, бамбус итд.) термопластичној матрици са циљем стварања биоразградивих и одрживих филаментних раствора [8]. Међутим, ово утиче на механичке карактеристике материјала, јер је ПЛА по природи крт и нема високу отпорност на растварање и топлоту [7].

Пречишћавање воде је значајна област у којој се проучава имплементација технологија 3Д штампања. Уклањање микроорганизама из воде може се постићи на различите начине, као што су хемијска дезинфекција, или порозне мембране и филтери [9]. Вода може бити загађена јонима метала као што су: олово (Pb), кадмијум (Cd), бакар (Cu), цинк (Zn), манган (Mn) и арсен (As). За уклањање јона користе се технике као што су филтрација, преципитација, седиментација, адсорпција и јонска размена [10]. Стварање порозних структура које имају способност уклањања загађивача из воде може се реализовати помоћу 3Д штампе, нарочито због тога што је ПЛА већ бази природних материјала и може се даље хемијски модификовати без деградације квалитета воде [9]. Проучаване су методе за побољшање способности ПЛА да уклони микроорганизме. Пријављено је да се комбинацијом 3Д штампања и фотополимеризације може добити површински модификовани ПЛА, као што је додавање агенса за пренос ланца (ЦТА) на бази ксантата који је показао способност да смањи присуство микроорганизама [9]. Други истраживачи су користили метално-органо-оквире (МОФ) са матрицом на бази ПЛА за производњу филтера са високом ефикасношћу адсорпције који показују велики потенцијал зарад стварања одрживог решења за третман воде [10].

#### Литература:

1. Vidakis, N.; Petousis, M.; Michailidis, N.; Grammatikos, S.; David, C.N.; Mountakis, N.; Argyros, A.; Boura, O. Development and Optimization of Medical-Grade Multi-Functional Polyamide 12-Cuprous Oxide Nanocomposites with Superior Mechanical and Antibacterial Properties for Cost-Effective 3D Printing. *Nanomaterials* 2022, 12, 534, doi:10.3390/nano12030534.
2. Stefaniak, A.B.; Du Preez, S.; Du Plessis, J. Additive Manufacturing for Occupational Hygiene: A Comprehensive Review of Processes, Emissions, & Exposures. *J. Toxicol. Environ. Health Part B* 2021, 24, 173–222, doi:10.1080/10937404.2021.1936319.
3. Huu, N.H.; Phuoc, D.P.; Huu, T.N.; Thu, H.T.T. Optimization of The FDM Parameters to Improve The Compressive Strength of The PLA-Copper Based Products. *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.* 2019, 530, 012001, doi:10.1088/1757-899X/530/1/012001.



4. Piekarz, I.; Sorocki, J.; Wincza, K.; Gruszczynski, S.; Papapolymerou, J. Suspended Microstrip Low-Pass Filter Realized Using FDM Type 3D Printing with Conductive Copper-Based Filament. In Proceedings of the 2018 IEEE 68th Electronic Components and Technology Conference (ECTC); IEEE: San Diego, CA, May 2018; pp. 2470–2476.
5. Clark, M.J.; Garg, T.; Rankin, K.E.; Bradshaw, D.; Nightingale, A.M. 3D Printed Filtration and Separation Devices with Integrated Membranes and No Post-Printing Assembly. *React. Chem. Eng.* 2024, 9, 251–259, doi:10.1039/D3RE00245D.
6. Nishal, M.; Ram Prasad, K.; Salman Dasthageer, M.; Rangunath, A.G. Significance of Additive Manufacturing amidst the Pandemic. *Mater. Today Proc.* 2023, 72, 2540–2546, doi:10.1016/j.matpr.2022.09.571.
7. Fijoł, N.; Mathew, A.P. Accelerated Ageing of 3D Printed Water Purification Filters Based on PLA Reinforced with Green Nanofibers. *Polym. Test.* 2023, 129, 108270, doi:10.1016/j.polymertesting.2023.108270.
8. Ahmad, M.N.; Ishak, M.R.; Mohammad Taha, M.; Mustapha, F.; Leman, Z. A Review of Natural Fiber-Based Filaments for 3D Printing: Filament Fabrication and Characterization. *Materials* 2023, 16, 4052, doi:10.3390/ma16114052.
9. Lehnen, A.; Hanke, S.; Schneider, M.; Radelof, C.M.L.; Perestrelo, J.; Reinicke, S.; Reifarth, M.; Taubert, A.; Arndt, K.M.; Hartlieb, M. Modification of 3D-Printed PLA Structures Using Photoiniferter Polymerization: Toward On-Demand Antimicrobial Water Filters. *Macromol. Rapid Commun.* 2023, 44, 2300408, doi:10.1002/marc.202300408.
10. Fijoł, N.; Mautner, A.; Grape, E.S.; Bacsik, Z.; Inge, A.K.; Mathew, A.P. MOF@Cell: 3D Printed Biobased Filters Anchored with a Green Metal–Organic Framework for Effluent Treatment. *J. Mater. Chem. A* 2023, 11, 12384–12394, doi:10.1039/D3TA01757E.

1.4. Веза са досадашњим истраживањем у овој области уз обавезно навођење до 10 релевантних референци:

У оквиру досадашњих истраживања одређивана су механичка својстава материјала и вршена њихова експериментална испитивања. Извршено је упознавање са начином сортирања, руковања, обраде и анализе резултата у оквиру испитивања металних узорака, као и о начину њиховог чувања [1]. Разматране су различите врсте доступних производних технологија и њихових могућности. Тим истраживањем су биле обухваћене и адитивне технологије производње, као и њихове могућности и ограничења при изради делова од којих се очекује микрометарска тачност [2]. Уочена је могућност и важност примене микроскопа, али и начин на који је потребно са њим руковати. На основу истраживања површинских слојева могуће је донети закључке о квалитету материјала и претпоставити или израчунати релевантне параметре који ће служити као показатељи за описивање понашања материјала приликом његове експлоатације у будућности [3]. Приликом истраживања у области науке о материјалима, уочена је важност правилног избора одговарајућег материјала за специфичну примену и спектар особина које је неопходно узети у разматрање како би се сагледала шира слика о подобности његове примене, као и начина потврђивања да се ради о најбољем могућем решењу. Применом метода за вишекритеријумску оптимизацију могу се ефикасно одабрати одговарајући материјали [4].

Иако је већина ФДМ филамената на бази полимера, метални филаменти су такође комерцијално доступни. Међутим, комерцијални метални филаменти у својој структури не садрже само метале, већ су обично помешани са полимерима у одређеном проценту. Филаменти на бази бакра имају добру отпорност на корозију, топлотну и електричну проводљивост и такође показују антибактеријска својства [5]. Позната је особина бакра да уништава патогене и вирусе који се нађу на површини бакра или његових легура [6].

Производња бакарног праха и његових легура (бронзе, месинга, никл-сребра) за комерцијалну употребу остварује се топљењем, атомизацијом, завршним просејавањем и



мешањем. Процес топљења не нуди добру рафинацију. То значи да почетне сировине које се користе у процесу треба да имају високу чистоћу. Након топљења у примарној пећи, растопљени метал се обично преноси у другу пећ како би се обезбедила хомогеност и континуитет. Затим, у процесу атомизације, метал који се доводи из пећи, у облику растопљеног млаза, се излаже сувом ваздуху средњег притиска. То доводи до уситњавања материјала до облика честица који се затим сакупљају и преноси на даљу контролу [7]. Треба напоменути да делови од чистог бакра произведени процесом адитивних технологија на бази ласера често имају високу порозност што доводи до деградације механичких својстава и проводљивости [8].

Бакар има велики потенцијал за складиштење топлотне енергије [9,10]. Постоје примери додавања наночестица у структуре материјала који мењају фазно стање или њиховог додавања у порозне матрице, попут металне пене, како би се побољшале њихове термичке перформансе. Проучаване су наночестице бакра, алуминијума, никла и графита [9,10]. Друга истраживања истичу да присуство бакра у материјалима може довести до смањења времена топљења и побољшања топлотне проводљивости [10].

#### Литература:

1. Kotorcevic, N.; Busarac, N.; Njezic, S.; Dzunic, D.; Grujovic, N.; Zivic, F. Tribological investigation of the automotive grade aluminium alloy with epoxy primer coating. *Contemp. Mater.* 2022, 13, doi:10.7251/COMEN2202204K.
2. Pajić N., Kotorčević N., Grujović N., Živić F., Micro and nano technologies (MNTs) in industry 4.0 communication systems, , 10th International Scientific Conference - IRMES 2022, Belgrade, 2022, 26 May, Pp. 74-81; ISBN 978-86-6060-119-5.
3. Busarac, N.; Kotorčević, N.; Mitrovic, S.; Adamovic, D.; Todorovic, P.; Grujovic, N.; Zivic, F. Application of the Fractal Geometry in Wear Volume Calculations at Micro Scale. In *Proceedings of the Proceedings; University of Kragujevac : Serbian Tribology Society: Kragujevac, May 17 2023.*
4. Sharma, V.; Zivic, F.; Adamovic, D.; Ljusic, P.; Kotorcevic, N.; Slavkovic, V.; Grujovic, N. Multi-Criteria Decision Making Methods for Selection of Lightweight Material for Railway Vehicles. *Materials* 2022, 16, 368, doi:10.3390/ma16010368.
5. Buj-Corral, I.; Sivatte-Adroer, M. An Experimental Investigation about the Dimensional Accuracy and the Porosity of Copper-Filled PLA Fused Filament Fabrication Parts. *Metals* 2023, 13, 1608, doi:10.3390/met13091608.
6. Nishal, M.; Ram Prasad, K.; Salman Dasthageer, M.; Rangunath, A.G. Significance of Additive Manufacturing amidst the Pandemic. *Mater. Today Proc.* 2023, 72, 2540–2546, doi:10.1016/j.matpr.2022.09.571.
7. Davis, J.R., Copper and Copper Alloys, ASM International, Eds.; ASM specialty handbook; ASM International: Materials Park, Ohio, 2001;pp 232-234, ISBN 978-0-87170-726-0.
8. Liu, Y.; Zhang, J.; Niu, R.; Bayat, M.; Zhou, Y.; Yin, Y.; Tan, Q.; Liu, S.; Hattel, J.H.; Li, M.; et al. Manufacturing of High Strength and High Conductivity Copper with Laser Powder Bed Fusion. *Nat. Commun.* 2024, 15, 1283, doi:10.1038/s41467-024-45732-y.
9. Adesusi, O.M.; Adetunji, O.R.; Kuye, S.I.; Musa, A.I.; Erinle, T.J.; Gbadamosi-Olatunde, O.B.; Ipadeola, S.O. A Comprehensive Review of the Materials Degradation Phenomena in Solid-Liquid Phase Change Materials for Thermal Energy Storage. *Int. J. Thermofluids* 2023, 18, 100360, doi:10.1016/j.ijft.2023.100360.
10. You, X.; Sun, X.; Huang, J.; Wang, Z.; Zhang, H. Influence of Copper Foam on the Thermal Characteristics of Phase Change Materials. *Energies* 2023, 16, 1994, doi:10.3390/en16041994.

1.5. Оцена научне заснованости теме докторске дисертације:



На основу пријаве теме докторске дисертације Комисија закључује да постоји потреба за оптимизацијом процеса и параметара производње порозних структура од бакра применом адитивних технологија, што ће обезбедити унапређене карактеристике израђених елемената, као и прилагођавање порозне структуре с аспекта жељених механичких особина. Докторска дисертација је усмерена на истраживање микро порозних структура од композита са металном матрицом, намењених за израду филтерских система, при чему ће се оптимизацијом процеса и параметара прилагођавати ниво и величина порозности материјалне структуре према дефинисаној димензионој тачности са циљем постизања тачно дефинисане микро порозне структуре, као и одређивања аналитичког модела протока флуида кроз микро порозну средину.

Комисија закључује да је предложена тема докторске дисертације, са образложеним предметом и циљевима рада, научним доприносима и очекиваним резултатима, насталим досадашњим самосталним истраживањима и детаљном анализом доступних научних радова у научном и стручном смислу, оригинална идеја.

## 2. Подаци о кандидату

2.1. Име и презиме кандидата:

Никола Которчевић

2.2. Студијски програм докторских академских студија и година уписа:

Машински инжењерство, 2021.

2.3. Биографија кандидата (до 1500 карактера):

Никола Которчевић, рођен 03.04.1997. у Смедеревској Паланци. Завршио је основну школу „Свети Сава“ у Великој Плани 2012. године, са одличним успехом (добитник Вукове дипломе). Уписао гимназију у Великој Плани и завршио је са одличним успехом 2016. године. Школске 2016/2017. године уписао основне академске студије на Факултету инжењерских наука у Крагујевцу, Студијски програм: Машинско инжењерство. Одбраном завршног рада на тему: „Анализа обраде озубљењем“ (из предмета: Машине алатке) завршио основе академске студије 2019. године (просек: 9,69).

Уписао мастер академске студије (Студијски програм: Машинско инжењерство, модул: Производно машинство) школске 2019/2020. године на Факултету инжењерских наука у Крагујевцу. Стекао звање мастер машинског инжењера 2021. године (просек 9,81) одбраном мастер рада на тему: „Микроструктурне карактеристике фриксионо заварених спојева“ (предмет: Технологије модификације и регенерације површина). Од 24.08.2020. до 14.12.2020. корисник плаћене студентске праксе у компанији „АММ Manufacturing“, MIND; од 14.12.2020. до 27.05.2021. корисник програма „Моја прва плата“; од 27.05.2021. запослен у компанији „АММ Manufacturing“ на позицији Инжењер за измене и управљање документацијом; од 01.05.2022. запослен као истраживач приправник на Факултету инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу.

Докторске академске студије уписао школске 2021/2022. године на Факултету инжењерских наука у Крагујевцу, студијски програм докторских академских студија Машинско инжењерство. Дана 18.11.2021. изабран у истраживачко звање: истраживач приправник у периоду од три године.

Стручно усавршавање:

- 2022, Сертификат о завршеној летњој школи AMS22 summer school;



- 2023, Сертификат о завршеном курсу за интернационалног инжењера заваривања (IWE-International Welding Engineer)

- 2023, Сертификат о завршеној онлајн школи DEEPTech AND INNOVATION

Учествовао је у реализацији два научноистраживачка пројекта:

- SMART-2M project, Innovation Capacity Building for Higher Education in Industry 4.0 and Smart Manufacturing, HEI Initiative, European Institute of Innovation and Technology (EIT), EIT RawMaterials; 2021 – 2023

- DEEPTech-2M, Deep tech Materials and Manufacturing Talent Development of an Improved EU Economy and Climate, 2023 – 2024

2.4.Преглед научноистраживачког рада кандидата (до 1500 карактера):

Кандидат је објавио 2 рада M21 категорије, 2 рада M33 категорије и 1 рад M53 категорије.

2.5.Списак објављених научних радова кандидата из научне области из које се пријављује тема докторске дисертације (аутори, наслов рада, назив часописа, волумен, година објављивања, странице од-до, DOI број<sup>1</sup>, категорија):

1. Varun Sharma, Fatima Zivic, Dragan Adamovic, Petar Ljusic, **Nikola Kotorcevic**, Vukasin Slavkovic, Nenad Grujovic, Multi-criteria Decision Making Methods for Selection of the Lightweight Material for Railway Vehicles, Materials, Vol.16, No.368, 2022, pp. 368, ISSN 1996-1944, Doi 10.3390/ma16010368, (M21a)
2. Brankovic, M.; Zivic, F.; Grujovic, N.; Stojadinovic, I.; Milenkovic, S.; **Kotorcevic, N.**, Review of Spider Silk Applications in Biomedical and Tissue Engineering. Biomimetics 2024, 9, 169. <https://doi.org/10.3390/biomimetics9030169> (M21)
3. Nemanja Pajić, **Nikola Kotorčević**, Nenad Grujović, Fatima Živić, Micro and nano technologies (MNTs) in industry 4.0 communication systems, 10th International Scientific Conference - IRMES 2022, Belgrade, 2022, 26 May, pp. 74-81, ISBN 978-86-6060-119-5 (M33)
4. Nina Busarac, **Nikola Kotorčević**, Slobodan Mitrović, Dragan Adamović, Petar Todorović, Nenad Grujović, Fatima Živić, Application of the fractal geometry in wear volume calculations at microscale, SERBIATRIB '23, Kragujevac, 2023, 17.05., pp. 67-73, ISBN 978-86-6335-103-5 (M33)
5. **Nikola Kotorčević**, Nina Busarac, Saša Nježić, Dragan Džunić, Nenad Grujovic, Fatima Živić, Tribological investigation of the automotive grade aluminium alloy with epoxy primer coating, Contemporary Materials, 2022, Vol.13, No.2, pp. 204-210, ISSN 1986-8677, DOI:10.7251/COMEN2202204K (M53)

2.6. Оцена испуњености услова кандидата у складу са студијским програмом, општим актом факултета и општим актом Универзитета (до 1000 карактера):

Кандидат је испунио све услове неопходне за пријаву докторске дисертације у складу са условима студијског програма, општим актом Факултета инжењерских наука и општим актом Универзитета у Крагујевцу и испунио све обавезе које су предвиђене наставним планом и програмом докторских академских студија.

### 3. Подаци о предложеном ментору

3.1. Име и презиме предложеног ментора:

Фатима Живић

3.2. Звање и датум избора:

<sup>1</sup> Уколико публикација нема DOI број уписати ISSN и ISBN



Ванредни професор, датум избора: 09.06.2021.
3.3. Научна област/ужа научна област за коју је изабран у звање:
Машинско инжењерство/Производно машинство
3.4. НИО у којој је запослен:
Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу
3.5. Списак референци којима се доказује испуњеност услова за ментора у складу са Стандардом 9 (аутори, наслов рада, назив часописа, волумен, година објављивања, странице од-до, DOI број, категорија):
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Milenkovic S, Slavkovic V, Fragassa C, Grujovic N, Palic N, Zivic F. Effect of the raster orientation on strength of the continuous fiber reinforced PVDF/PLA composites, fabricated by hand-layup and fused deposition modeling. <i>Composite Structures</i> 2021;270:114063. <a href="https://doi.org/10.1016/j.compstruct.2021.114063">https://doi.org/10.1016/j.compstruct.2021.114063</a>. ISSN 0263-8223 (M21a)</li> <li>2. Sharma, V.; Grujovic, N.; Zivic, F.; Slavkovic, V. Influence of Porosity on the Mechanical Behavior during Uniaxial Compressive Testing on Voronoi-Based Open-Cell Aluminium Foam. <i>Materials</i>, 2019, 12, 1041, ISSN 1996-1944, doi:10.3390/ma12071041 (M21)</li> <li>3. Varun Sharma, Fatima Zivic, Dragan Adamovic, Petar Ljusic, Nikola Kotorcevic, Vukasin Slavkovic, Nenad Grujovic, Multi-criteria Decision Making Methods for Selection of the Lightweight Material for Railway Vehicles, <i>Materials</i> 2023, 16, 368, <a href="https://doi.org/10.3390/ma16010368">https://doi.org/10.3390/ma16010368</a>, ISSN 1996-1944 (M21)</li> <li>4. Fatima Živić, Slobodan Mitrović, Petar Todorović, Dragan Adamović, Nenad Grujović, Marko Spasić, Ivan Stojadinović, Microstructure Influence on Friction Behavior of Ti6Al4V Biomedical Alloy at Low Loads, <i>Facta Universitatis, Series: Mechanical Engineering</i>, 2023, ISSN 0354 2025, DOI 10.22190/FUME230308013Z (M21)</li> <li>5. Marina Rakanović, Andrijana Vukojević, Maria Marinko, Savanović, Stevan Armaković, Svetlana Pelemiš, Fatima Živić, Slavica Sladojević and Sanja Josip Armaković, Zeolite-based composite for removal of dyes from water by adsorption and photocatalysis, <i>Special Issue "Modeling Adsorption Properties of Molecular and Nanostructured Systems for Environmental Applications"</i>, <i>Molecules</i> 2022, 27(19), 6582. ISSN 1420-3049 <a href="https://doi.org/10.3390/molecules27196582">https://doi.org/10.3390/molecules27196582</a> (M21)</li> </ol>
3.6. Списак референци којима се доказује компетентност ментора у вези са предложеном темом докторске дисертације (аутори, наслов рада, назив часописа, волумен, година објављивања, странице од-до, DOI број, категорија):
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Milenkovic S, Slavkovic V, Fragassa C, Grujovic N, Palic N, Zivic F. Effect of the raster orientation on strength of the continuous fiber reinforced PVDF/PLA composites, fabricated by hand-layup and fused deposition modeling. <i>Composite Structures</i> 2021;270:114063. <a href="https://doi.org/10.1016/j.compstruct.2021.114063">https://doi.org/10.1016/j.compstruct.2021.114063</a>. ISSN 0263-8223 (M21a)</li> <li>2. Sharma, V.; Grujovic, N.; Zivic, F.; Slavkovic, V. Influence of Porosity on the Mechanical Behavior during Uniaxial Compressive Testing on Voronoi-Based Open-Cell Aluminium Foam. <i>Materials</i>, 2019, 12, 1041, ISSN 1996-1944, doi:10.3390/ma12071041 (M21)</li> <li>3. Varun Sharma, Fatima Zivic, Dragan Adamovic, Petar Ljusic, Nikola Kotorcevic, Vukasin Slavkovic, Nenad Grujovic, Multi-criteria Decision Making Methods for Selection of the Lightweight Material for Railway Vehicles, <i>Materials</i> 2023, 16, 368, <a href="https://doi.org/10.3390/ma16010368">https://doi.org/10.3390/ma16010368</a>, ISSN 1996-1944 (M21)</li> <li>4. Fatima Živić, Slobodan Mitrović, Petar Todorović, Dragan Adamović, Nenad Grujović, Marko Spasić, Ivan Stojadinović, Microstructure Influence on Friction Behavior of Ti6Al4V Biomedical Alloy at Low Loads, <i>Facta Universitatis, Series: Mechanical Engineering</i>, 2023, ISSN 0354 2025, DOI 10.22190/FUME230308013Z (M21)</li> </ol>

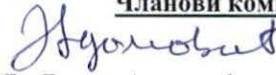


5. Marina Rakanović, Andrijana Vukojević, Maria Marinko, Savanović, Stevan Armaković, Svetlana Pelemiš, Fatima Živić, Slavica Sladojević and Sanja Josip Armaković, Zeolite-based composite for removal of dyes from water by adsorption and photocatalysis, Special Issue "Modeling Adsorption Properties of Molecular and Nanostructured Systems for Environmental Applications", Molecules 2022, 27(19), 6582. ISSN 1420-3049 <a href="https://doi.org/10.3390/molecules27196582">https://doi.org/10.3390/molecules27196582</a> (M21)
3.7. Да ли се предложени ментор налази на Листи ментора акредитованог студијског програма ДАС?
ДА
3.8. Оцена испуњености услова предложеног ментора у складу са студијским програмом, општим актом факултета и општим актом Универзитета (до 1000 карактера):
Предложени ментор испуњава све услове у складу са студијским програмом, општим актом Факултета инжењерских наука и општим актом Универзитета у Крагујевцу.
<b>4. Подаци о предложеном коментору</b>
4.1. Име и презиме предложеног коментора:
[унос]
4.2. Звање и датум избора:
[унос]
4.3. Научна област/ужа научна област за коју је изабран у звање:
[унос]
4.4. НИО у којој је запослен:
[унос]
4.5. Списак референци којима се доказује испуњеност услова коментора у складу са Стандардом 9 (аутори, наслов рада, назив часописа, волумен, година објављивања, странице од-до, DOI број*, категорија):
[унос]
4.6. Списак референци којима се доказује компетентност коментора у вези са предложеном темом докторске дисертације (аутори, наслов рада, назив часописа, волумен, година објављивања, странице од-до, DOI број, категорија):
[унос]
4.7. Да ли се предложени коментор налази на Листи ментора акредитованог студијског програма ДАС?
[изаберите]
4.8. Оцена испуњености услова предложеног коментора у складу са студијским програмом, општим актом факултета и општим актом Универзитета (до 1000 карактера):
[унос]
<b>5. ЗАКЉУЧАК</b>
На основу анализе приложене документације Комисија за писање извештаја о оцени научне заснованости теме и испуњености услова кандидата и предложеног ментора предлаже да се кандидату Николи Которчевићу одобри израда докторске дисертације под насловом



„ИСТРАЖИВАЊЕ ПОРОЗНИХ СТРУКТУРА ОД КОМПОЗИТА НА БАЗИ БАКРА ПРИМЕНОМ АДТИВНИХ ТЕХНОЛОГИЈА” и да се за ментора именује Фатима Живић, ванредни професор /, [звање]

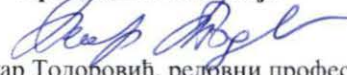
**Чланови комисије:**



Др Драган Адамовић, редовни професор  
Факултет инжењерских наука Универзитета у  
Крагујевцу

УНО: Производно машинство и Индустијски  
инжењеринг

**Председник комисије**



Др Петар Тодоровић, редовни професор  
Факултет инжењерских наука Универзитета у  
Крагујевцу

УНО: Производно машинство

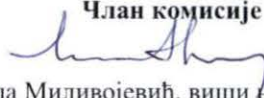
**Члан комисије**



Др Слободан Савић, редовни професор  
Факултет инжењерских наука Универзитета у  
Крагујевцу

УНО: Примењена механика


**Члан комисије**



Др Никола Миливојевић, виши научни сарадник  
Институт за водопривреду „Јарослав Черни“ а.д.

УНО: Електроника, телекомуникације и  
информационе технологије

**Члан комисије**



Др Никола Витковић, ванредни професор  
Машински факултет, Универзитет у Нишу

УНО: Производни системи и технологије

**Члан комисије**