

Факултет Машински

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

48/2

(Број захтева)

16.01.2025.

(Датум)

Веће научних области техничких наука(Назив већа научне области коме се захтев
упућује)**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:

**УТИЦАЈ НИСКИХ ТЕМПЕРАТУРА НА УДАРНУ ЖИЛАВОСТ КОМПОЗИТНОГ
МАТЕРИЈАЛА ДОБИЈЕНОГ АДИТИВНОМ ТЕХНОЛОГИЈОМ УЗ ВАРИРАЊЕ
УЛАЗНИХ ПАРАМЕТАРА**

(пун назив предложене теме докторске дисертације)

НАУЧНА ОБЛАСТ: Машинство (ужа научна област: отпорност конструкција)

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

1. Име, име једног од родитеља и презиме кандидата:
МИЛОВАН (РАДОМИР) ПАУНИЋ
2. Претходно образовање (назив и седиште факултета, студијски програм):
Универзитет у Београду - Машински факултет, Краљице Марије 16, 11120 Београд 35
3. Година завршетка претходног нивоа студија: 2017.
4. Година уписа на докторске студије: 2017.
5. Назив студијског програма докторских студија: Машинско инжењерство

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ:

Име и презиме ментора: Игор Балаћ

Звање: редовни професор

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. Obradović N.,Fahrenholtz W.G.,Filipović S.,Kosanović D., Dapčević A., Đorđević A., Balać I., Pavlović V.,The effect of mechanical activation on synthesis and properties of MgAl₂O₄ ceramics, Ceramics International, ISSN: 0272-8842 (IF= 3,45 за 2018.) Volume 45, Iss 9, No 15, 2019, Pp 12015-12021. (M21)
2. Filipović S., Obradović N., Marković S., Mitrić M., Balać I., Đorđević A., Pavlović V.,The effect of ball milling on properties of sintered manganese-doped alumina, Advanced powder technology, ISSN: 0921-8831 (IF=3,25 за 2018.), Vol 30, Iss 11, 2019, Pp 2533-2540. (M21)
3. A. Taha, V. Petrović , A. Grbović, J. Lozanović , I. Balać., Numerical evaluation of the elastic properties of carbon fiber reinforced composite material at elevated and lowered temperatures, Science of Sintering, ISSN: 0350-820X (IF= 1, 172 за 2019.) Vol 53, Iss 1, 2021., Pp 127 - 136. (M22)
4. A. Elayeb, M. Janković, S. Dikić, D. Bekrić, I.Balać, Influence of Raster Angle on Tensile Properties of FDM Additively Manufactured Plates made from Carbon Reinforced PET-G Material, Science of Sintering, ISSN: 0350-820X (IF= 1, 4 за 2023.) Vol 55, Iss 2, 2023., Pp 259 - 268. (M22)
5. M. Janković, I.Balać, M. Popović, M. Pjević, M. Miloš,Tensile strength and stiffness properties of additively manufactured PET-G polymer-based composite plates reinforced with different weight fractions of short carbon fibers, Journal of Mechanical Science and Technology, ISSN: 1738-494X (IF= 1, 5 за 2023.), Vol. 38 Iss.6, 2024, Pp. 1-7. (M23)

Обавештавамо вас да је Наставно – научно веће на седници одржаној 16.01.2025. 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 једном писаном примерку за архиву Универзитета

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
- МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ -
Број: 48/2
Датум: 16.01.2025. године
Београд, Краљице Марије 16

На основу члана 40. Закона о високом образовању („Службени гласник РС“, број 88/2017, 73/2018, 27/2018 – др. закон 67/2019, 6/2020 – др. закони, 11/2021 – аутентично тумачење, 67/2021, 67/2021 – др. закон и 76/2023), члана 64. Статута Машинског факултета – пречишћени текст (број 1136/4 од 28.06.2021. године), Одлуке о изменама и допунама Статута број 239/6 од 17.02.2023. године и члана 38. Правилника о докторским студијама на Универзитету у Београду - Машинском факултету, Наставно-научно веће Машинског факултета на седници од 16.01.2025. године донело је:

О Д Л У К У
о прихватању Извештаја Комисије за оцену научне заснованости теме докторске дисертације

Прихвата се Извештај Комисије за оцену научне заснованости теме докторске дисертације кандидата **МИЛОВАНА ПАУНИЋА**, магист. инж. маш. под насловом **„УТИЦАЈ НИСКИХ ТЕМПЕРАТУРА НА УДАРНУ ЖИЛАВОСТ КОМПОЗИТНОГ МАТЕРИЈАЛА ДОБИЈЕНОГ АДИТИВНОМ ТЕХНОЛОГИЈОМ УЗ ВАРИРАЊЕ УЛАЗНИХ ПАРАМЕТАРА“**.

Извештај је поднела Комисија у саставу: др Владимир Буљак, ред. проф., др Александар Седмак, проф. емеритус и др Милорад Милованчевић, ред. проф. МФ у пензији.

За ментора докторске дисертације именује се др Игор Балаћ, редовни професор Универзитета у Београду - Машинског факултета.

Одлуку доставити: Универзитету у Београду, кандидату, ментору и архиви Факултета.

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

проф. др Владимир Поповић

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Извештај о научној заснованости теме докторске дисертације кандидата Милована Р. Паунића, студента докторских студија.

Одлуком Наставно-научног већа Машинског факултета у Београду број 1875/3 од 28.11.2024. године, именовани смо чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидата **Милована Р. Паунића**, студента докторских студија на Универзитету у Београду – Машинском факултету, за израду докторске дисертације и научне заснованости теме:

**УТИЦАЈ НИСКИХ ТЕМПЕРАТУРА НА УДАРНУ ЖИЛАВОСТ КОМПОЗИТНОГ
МАТЕРИЈАЛА ДОБИЈЕНОГ АДИТИВНОМ ТЕХНОЛОГИЈОМ УЗ ВАРИРАЊЕ
УЛАЗНИХ ПАРАМЕТАРА**

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ

1.1. Биографски подаци

Милован Р. Паунић, рођен 07.12.1993. у Панчеву, Република Србија. Држављанин је Републике Србије, по националности Србин. Завршио основну школу „Свети Сава“ и гимназију „Урош Предић“, у којој матурира 2012. године. Основно и средње образовање завршава са одличним успехом у свим школским годинама.

Основне академске студије на Машинском факултету, Универзитета у Београду уписује 2012. године, које завршава 2015. године са оствареним просеком оцена 9,12 (девет и 12/100). Завршни испит основних студија одбранио је из предмета Основи биомедицинског инжењерства, под називом „МРТ и ЦТ скенер као дијагностички уређаји у медицини“. Рад је одбрањен са оценом 10, чиме кандидат стиче стручно звање инжењер машинства- инж.маш. (енг, B.Sc.ME). Мастер академске студије уписује на Машинском факултету, Универзитета у Београду школске 2015/16, на смеру за биомедицинско инжењерство. У току Мастер академских студија остварује просек оцена 9,60 (девет и 60/100). Завршни мастер рад брани из предмета Биоматеријали у медицини и стоматологији, код ментора проф. др Александра Седмака на тему: „Хидроксиапатитне структуре и нанохидроксиапатитне превлаке као и примена нумеричких метода на моделовање фиксационих плочица“, одбрањен у септембру 2017. године са оценом 10. Тиме је кандидат стекао стручно звање мастер инжењер машинства - маст. инж. маш. (енг, M.Sc.ME). Током академских студија, Милован Паунић је био стипендиста Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије. Добитник је

Похвала Машинског факултета у Београду за одличан успех током свих година студирања. Школске 2017/18. године кандидат уписује Докторске академске студије на Универзитету у Београду - Машинском факултету и ступа у радни однос као истраживач приправник на пројекту Министарства просвете, науке и технолошког развоја.

Кандидат наводи да поседује знања и вештине за рад у програмском пакету Microsoft Office, као и инжењерским програмима CATIA, ABAQUS CAE (Dassault Systèmes, France), MatLab (MathWorks®, Natick, MA, USA), итд. Кандидат такође наводи да поседује завидно знање енглеског језика (говор, читање, писање).

1.2. Стечено научноистраживачко искуство

Докторске академске студије на Машинском факултету Универзитета у Београду кандидат **Милован Р. Паунић** је уписао школске 2017/18. У складу са Правилником о Докторским студијама Машинског факултета Универзитета у Београду кандидат је остварио укупно 120 ЕСПБ, чиме је испунио основни услов за пријаву докторске дисертације. Кандидат је положио све испите предвиђене планом и програмом са просечном оценом 9,60 (девет и 60/100).

Кандидат је аутор и коаутор 3 рада објављених у националним часописима категорије М24, а остатак чини 9 публикација са међународних скупова штампано у целини односно изводу, категорије М33/М34.

Списак објављених радова и других релевантних резултата и активности које опредељују афинитет кандидата за рад на предложеној теми

Рад у националном часопису међународног значаја (М24)

1. Milovanović A., Sedmak A., **Паунић М.**, Mitrović A., Popović M., Milošević M.: *Tensile properties of pure PLA polymer dedicated for additive manufacturing*, Structural integrity and life, Vol 24, No 3, 2024, pp. 263–268. doi: 10.69644/ivk-2024-03-0263.
2. **Paunić M.**, Balać I.: *Cryogenic temperature influence on composite material behaviour*, Structural integrity and life, Vol 23, No 2, 2023, pp. 133–137.
3. **Paunić M.**, Balać I., Sedmak A., Čolić K.: *Numerical analysis of geometric characteristics of mandible fixation plates made of hydroxyapatite structures*. Structural integrity and life, Vol 19, No 1, 2019, pp. 23-28.

Саопштење са међународног скупа штампано у целини (М33)

1. **Paunić M.**, Černicin V.: *Application of finite element method for analysis the parameters of fracture mechanics*, 8th International conference on Industrial engineering - SIE 2022, Belgrade 2022, pp. 263-266. ISBN 978-86-6060-131-7
2. **Paunić M.**, Černicin V.: *Virtual model generation of representative volume element for unidirectional composite*, 8th international conference on Industrial engineering - SIE 2022, Belgrade 2022, pp. 338-341. ISBN 978-86-6060-131-7
3. **Paunić M.**, Filijović M.: *Application of 3D technologies in the manufacture of personalized bone tissues*, International Scientific & Professional Conference MEFkon 2021, Belgrade 2021, pp. 44-50. ISBN 978-86-84531-55-3
4. **Paunić M.**, Filijović M.: *The principle of operation of solar cells and the possibility of increasing efficiency by applying quantum dots*, The first international conference on

sustainable environment and technologies, Belgrade 2021, pp. 129-137. ISBN 978-86-89529-33-3

5. **Paunić M.**, Jovanović M., Černicin V.: *Optimal characteristics of a self-expanding nitinol stent under the action of arterial forces*, Third International Student Scientific Conference - Multidisciplinary Approach to Contemporary Research, Belgrade 2019, pp. 90-99. ISBN: 978-86-6179-071-3
6. **Paunić M.**, Balać I., Sedmak A., Čolić K.: *Numerical analysis of geometric characteristics of mandible fixation plates made of hydroxyapatite structures*, First International Student Scientific Conference - Multidisciplinary Approach to Contemporary Research, Belgrade 2017, pp. 190-197 ISBN 978-86-6179-056-0

Саопштење са међународног скупа штампано у изводу (M34)

1. **Paunić M.**, Sedmak A., Milovanović A., Janković M., Galaţanu S., Dascau H., Balać I.: *The effect of build orientations and raster angles on impact toughness of PET-G FDM material*, 12th Annual conference of Society for Structural Integrity and Life (DIVK12), Belgrade 2024, pp.131. ISBN 978-86-900686-2-3
2. Milovanović A., **Paunić M.**, Filipović I., Galaţanu S., Marşavina L., Milošević M., Sedmak A.: *Impact properties of FDM-grade PLA material relative to infill density*, 12th Annual conference of Society for Structural Integrity and Life (DIVK12), Belgrade 2024, pp.128. ISBN 978-86-900686-2-3
3. **Paunić M.**, Sedmak A., Janković M., Galaţanu S., Dascau H., Balać I.: *Influence of build orientation and different printing angles on impact toughness of carbon-reinforced PET-G FDM material*. Twenty-fifth Jubilee Annual Conference YUCOMAT 2024 & Thirteenth World Round Table Conference on Sintering XIII WRTCS 2024, Herceg Novi 2024, pp. 103. DOI: 10.5281/zenodo.13303138, ISBN: 978-86-919111-9-5

Приказане референце доказују да кандидат поседује знања и вештине за рад на предложеној докторској дисертацији. Референце из категорије M24, 2 референце из категорије M33 (редни бр. 1-2) и референце из категорије M34, повезане су са предложеном темом дисертације и представљају прве резултате истраживања.

1.3 Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

Досадашњим истраживачким активностима кандидат **Милован Р. Паунић** је исказао заинтересованост, квалитет и стручност за научни и истраживачки рад. Публиковани радови у националним часописима, као и радови изложени на међународним конференцијама указују на смисао кандидата да се бави научним истраживањима. Објављени радови и истраживачка делатност кандидата припадају ужој научној области Отпорност конструкција, те кандидата квалификују за успешан и ефикасан теоријски и експериментални рад на предложеној теми.

На основу биографских и библиографских података кандидата, положених испита, научних и стручних активности, објављених радова, Комисија сматра да је кандидат подобан за самосталан рад на предложеној теми докторске дисертације.

2. Предмет и циљ истраживања

Предмет истраживања ове докторске дисертације је анализа утицаја ниских и веома ниских (криогених) температура на ударну жилавост композитног материјала добијеног

адитивном технологијом екструдирањем полимера ојачаног кратким угљеничним влакнима а на основу резултата добијених при тестирању на удар који доводи до ширења прслине у смислу мода I. Поменута адитивна технологија се назива и 3Д штампа депоновањем топљеног материјала (енг., *Fused Deposition Modeling - FDM*). Ова адитивна технологија користи полимерне материјале у облику филамената, који се топе у делу који се зове екструдер и наносе на равну површину (платформу) слој-по-слој. Према подацима из литературе, код делова од полимера добијених методама ове адитивне производње, одређени параметри 3Д штампе као што су: оријентација штампе (равно, на ивици и усправно) и угао депоновања (0° и 90°), могу у знатној мери утицати на коначне механичке карактеристике готовог дела [11]. Управо из овог разлога утицај ниских и веома ниских температура на ударну жилавост поменутог композитног материјала биће анализиран и уз варирање поменутих параметара 3Д штампе.

Циљеви истраживања у оквиру ове докторске дисертације су:

- Анализа утицаја оријентација штампе и угла депоновања на ударну жилавост композитног материјала добијеног адитивном технологијом екструдирањем полимера ојачаног кратким угљеничним влакнима;
- Анализа утицаја ниских и веома ниских температура на ударну жилавост композитног материјала добијеног адитивном технологијом екструдирањем полимера ојачаног кратким угљеничним влакнима;
- Успостављање функционалане везе између вредности температуре и вредности специфичне енергије лома композитног материјала (очитане са Шарпијевог клатна) добијеног адитивном технологијом екструдирањем полимера ојачаног кратким угљеничним влакнима.

Познато је да су компоненте добијене адитивном производњом нехомогене, а поготову у технологији екструдирањем топљеног материјала [12], те је један од циљева истраживања и проналазак оптималних параметара адитивне производње (оријентација штампе и угао депоновања) у односу на примењено оптерећење које доводи до ширења прслине у смислу мода I. Тиме би се дао практичан допринос у процени интегритета адитивно произведених делова за примене у различите индустријске сврхе где постоји утицај ниских и/или веома ниских температура.

2.1 Преглед литературе релевантне за предложену тему дисертације

1. Hunt M., Salmon K., Haney J., Evans C., Gozen A., Leachman J.: *Ultimate tensile strengths of 3D printed carbon-fibre reinforced thermoplastics in liquid nitrogen*, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering, Vol 755, 2020, Art. No 012118 pp. 1-6. doi: 10.1088/1757-899X/755/1/012118
2. Li D.-S., Zhao C.-Q., Jiang L., Jiang N.: *Experimental study on the bending properties and failure mechanism of 3D integrated woven spacer composites at room and cryogenic temperature*, Composite Structures, Vol 111, 2014, pp.56-65. doi: 10.1016/j.compstruc.2013.12.026
3. Gómez-del Río T., Zaera R., Barbero E., Navarro C.: *Damage in CFRPs due to low velocity impact at low temperature*, Composites Part B: Engineering, Vol 36, No 1, 2005, pp. 41-50. doi: 10.1016/j.compositesb.2004.04.003

4. Kaushik V., Bar H.N., Ghosh A.: *Influence of extremely cold environmental conditions on interfacial fracture phenomenon of aerospace grade unidirectional composites*, Thin-Walled Structures, Vol 161, 2021, Art. No 107431, pp. 1-16. doi: 10.1016/j.tws.2020.107431
5. Meng J., Wang Y., Yang H., Wang P., Lei Q., Shi H., Lei H., Fang D.: *Mechanical properties and internal microdefects evolution of carbon fiber reinforced polymer composites: Cryogenic temperature and thermocycling effects*, Composites Science and Technology, Vol 191, 2020, Art. No 108083, pp. 1-14. doi: 10.1016/j.compscitech.2020.108083
6. Li F., Hua Y., Qu C.-B., Xiao H.-M., Fu S.-Y.: *Greatly enhanced cryogenic mechanical properties of short carbon fiber/polyethersulfone composites by graphene oxide coating*, Composites Part A: Applied Science and Manufacturing, Vol 89, 2016, pp. 47-55. doi: 10.1016/j.compositesa.2016.02.016
7. Li S., Chen D., Yuan Y., Gao C., Cui Y., Wang H., Liu X., Liu M., Wu Z.: *Influence of flexible molecular structure on the cryogenic mechanical properties of epoxy matrix and carbon fiber/epoxy composite laminate*, Materials & Design, Vol 195, 2020, Art. No 109028, pp. 1-10. doi: 10.1016/j.matdes.2020.109028
8. Coronado P., Argüelles A., Viña J., Viña I.: *Influence of low temperatures on the phenomenon of delamination of mode I fracture in carbon-fibre/epoxy composites under fatigue loading*, Composite Structures, Vol 112, 2014, pp. 188-193. doi: 10.1016/j.compstruct.2014.02.007
9. Jia Z., Li T., Chiang F.-P., Wang L.: *An experimental investigation of the temperature effect on the mechanics of carbon fiber reinforced polymer composites*, Composites Science and Technology, Vol 154, 2018, pp. 53-63. doi: 10.1016/j.compscitech.2017.11.015
10. Elmiladi A., Petrović V., Grbović A., Sedmak A., Balać I.: *Numerical evaluation of thermal stresses generated in laminated composite structure exposed to low temperatures*, Thermal Science, Vol 25, No 5B, 2021, pp. 3847-3856. doi: 10.2298/TSCI200729338E
11. Elayeb A., Janković M., Dikić S., Bekrić D., Balać I.: *Influence of Raster Angle on Tensile Properties of FDM Additively Manufactured Plates made from Carbon Reinforced PET-G Material*, Science of Sintering, Vol 55, 2023, pp. 259-268, <https://doi.org/10.2298/SOS220916010E>
12. Janković M., Balać I., Popović M., Pjević M., Miloš M.: *Tensile strength and stiffness properties of additively manufactured PET-G polymer-based composite plates reinforced with different weight fractions of short carbon fibers*, Journal of Mechanical Science and Technology, Vol 38, 2024, pp. 2971-2977. <http://doi.org/10.1007/s12206-024-0517-y>

Делови добијени адитивном технологијом екструдирањем полимера уз ојачање угљеничним влакнима имају потенцијал примене у условима ниских и/или екстремно ниских температура што се може видети у референтној литератури. Истраживање утицаја ниских температура на механичке карактеристике композитних материјала за случај истезања, савијања и испитивања на удар приказано је у радовима [1-3]. У радовима [4, 5] испитиван је утицај замора на композитни материјал у случају ниских температура. Утицај типа облоге угљеничних влакана [6] је испитиван како би се добиле боље

карактеристике композитног материјала за случај примене при екстремно хладним условима док је у раду [7] приступ био усмерен на анализу утицаја примене флексибилног полимера. У радовима [8-10] истражен је утицај ниских температура на деламинацију и појаву термичких напона код полимерних композитних материјала ојачаних угљеничним влакнима. У раду [11] испитиван је утицај правца штампе на својства епрувете израђене од ПЕТ-Г материјала ојачаног кратким угљеничним влакнима при испитивању на затезање. Рад [12] представља проширење претходног рада где је за испитивање на затезање упоређиван ПЕТ-Г материјал са две верзије ПЕТ-Г материјала ојачаног кратким угљеничним влакнима различитих запреминских удела.

Наведени радови указују на потребу испитивања и бољег разумевања понашања различитих адитивно добијених композитних материјала при ниским и/или екстремно ниским температурама. Одатле се може закључити да би наредни очекиван корак био испитивање подобности примене компоненти добијених адитивном технологијом за овакве температурне услове. Температурни утицај на понашање адитивно произведеног композитног материјала (ПЕТ- Г са кратким угљеничним влакнима) и даље остаје недовољно истражен.

3. Полазне хипотезе

Полазне хипотезе, до којих се дошло на основу прегледа литературе су:

1. Употреба композитних материјала направљених од ПЕТ-Г полимера ојачаног кратким угљеничним влакнима је могућа код носивих делова који су оптерећени умереним интензитетом напрезања а који су изложени утицају ниских и веома ниских температура.
2. Утицај параметара штампе (правац штампе и орјентација епрувете приликом штампе) код адитивно произведеног композитног материјала (ПЕТ-Г са кратким угљеничним влакнима) мења способност материјала да се одупре ударном оптерећењу.
3. Температурни утицај ниских и веома ниских температура драстично мења способност материјала да се одупре ударном оптерећењу.

4. Научне методе истраживања

У току истраживања користиће се експерименталне методе за процену интегритета конструкција адитивно произведених композитних епрувета (ПЕТ-Г са кратким угљеничним влакнима).

Анализа интегритета адитивно произведеног композитног материјала би се спроводила кроз следеће фазе:

- Испитивања брзине промене температуре епрувете након временаведеног у хладној комори или потапања у течни азот. За праћење ове промене биће употребљени термопарови калибрисани у акредитованој институцији и уређај за аквизицију и праћење попут GRAPHTEC GL840.
- Динамичка испитивања на (инструментализованом) Шарпијевом клатну, попут INSTRON Ceast 9050, како би се добили детаљнији подаци о одзиву материјала (узорковање је 1000 Hz). Све епрувете имају 100% количину испуне и разликују се по правцу штампе 0° и 90° као и по орјентацији епрувете приликом штампања

(равно, на ивици и усправно). Дакле, реч је о шест серије епрувета и више различитих ниских и/или веома ниских температура.

Такође, ради посматрања површине лома и процене нехомогености структуре на испитаним епруветама користе се методе оптичке и електронске СЕМ микроскопије.

5. Очекивани научни допринос

Током рада на дисертацији очекује се да ће кандидат дати следећи научни допринос:

- Утврђивање и објашњење понашања композитног материјала (ПЕТ-Г са кратким угљеничним влакнима) при удару ниског интензитета приликом излагања ниским и веома ниским температурама у зависности од орјентације приликом штампања (равно, на ивици и усправно) и од угла депоновања материјала (0° и 90°).

Процена интегритета произведене компоненте на основу експерименталних истраживања се такође очекује као посебан научни допринос којим ће се омогућити поузданија примена адитивно произведених делова намењених за примену у високотехнолошким индустријама где постоји присуство ниских и веома ниских температура при радни условима.

6. План истраживања и структура рада

Планом истраживања предвиђене су целине:

- 1) Израда композитних епрувета (ПЕТ-Г са кратким угљеничним влакнима) за испитивање на удар према стандарду ISO 179-1: 2010 (3Д штампа);
- 2) Употреба одговарајућих термопарова и њихова калибрација за ниске и веома ниске (криогене) температуре у акредитованој институцији;
- 3) Прибављање уређаја за аквизицију података добијених са термопарова;
- 4) Спровођење теста којим се добијају информације о брзини промене температуре композитних епрувета охлађених у хладној комори или течном азоту;
- 5) Експериментално испитивање епрувета на удар за случајеве различитих ниских температура;
- 6) Анализа добијених експерименталних података како би се утврдили оптимални параметри штампе који пружају одговарајућу отпорност на лом за различите температуре;
- 7) Посматрање преломне површине на испитаним епруветама помоћу електронске микроскопије (енг., *Scanning Electron Microscopy- SEM*) као и тумачење механизма лома.

Структура докторске дисертације обухвата целине које ће бити обрађене:

- 1) Уводна разматрања, преглед литературе и опис проблема који се истражује;
- 2) Приказ поставке експеримената за испитивање на удар;
- 3) Приказ и анализа експерименталних резултата истраживања;
- 4) Дискусија добијених експерименталних резултата са предлогом оптималних параметара штампе композитног материјала;
- 5) Закључак изведен из добијених резултата и дискусија, са нагласком на научном доприносу докторске дисертације.

7. Закључак и предлог

На основу анализе пријаве теме докторске дисертације кандидата **Милована Р. Паунића**, маг. инж. маш, Комисија за оцену за оцену научне заснованости теме докторске дисертације и подобности кандидата закључује да је предложена тема актуелна и научно заснована као и да кандидат испуњава све предвиђене услове прописане Законом о високом образовању и Статутом Универзитета у Београду - Машинског факултета који га квалификују за рад на предметној докторској дисертацији.

Имајући у виду наведено, Комисија предлаже Научно-наставном већу Универзитета у Београду - Машинског факултета да се кандидату **Миловану Р. Паунићу**, маг. инж. маш, одобри израда докторске дисертације под називом:

УТИЦАЈ НИСКИХ ТЕМПЕРАТУРА НА УДАРНУ ЖИЛАВОСТ КОМПОЗИТНОГ МАТЕРИЈАЛА ДОБИЈЕНОГ АДИТИВНОМ ТЕХНОЛОГИЈОМ УЗ ВАРИРАЊЕ УЛАЗНИХ ПАРАМЕТАРА

у научној области Машинство – ужа научна област Отпорност конструкција, за коју је Универзитет у Београду – Машински факултет матичан.

За ментора током израде предметне дисертације предлаже се др Игор Балаћ, редовни професор на Катедри за Отпорност конструкција Универзитета у Београду - Машинског факултета.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

др Владимир Буљак, редовни професор
Универзитет у Београду - Машински факултет

др Александар Седмак, професор емеритус
Универзитет у Београду - Машински факултет

др Милорад Милованчевић, редовни професор у пензији
Универзитет у Београду - Машински факултет