

Факултет Машински

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

833/5

(Број захтева)

Веће научних области техничких наука

(Назив већа научне области коме се захтев
упућује)

07.09.2023.

(Датум)

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

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

„ANALYSIS OF RASTER ANGLE INFLUENCE ON TENSILE MECHANICAL PROPERTIES OF ADDITIVELY MANUFACTURED COMPOSITE PLATES MADE FROM PET-G POLYMER REINFORCED WITH SHORT CARBON FIBERS (АНАЛИЗА УТИЦАЈА УГЛА ДЕПОНОВАЊА НА ЗАТЕЗНЕ МЕХАНИЧКЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ АДИТИВНО ПРОИЗВЕДЕНИХ КОМПОЗИТНИХ ПЛОЧА НАПРАВЉЕНИХ ОД ПЕТ-Г ПОЛИМЕРА ОЈАЧАНОГ КРАТКИМ УГЉЕНИЧНИМ ВЛАКНИМА)“

(пун назив предложене теме докторске дисертације)

НАУЧНА ОБЛАСТ

Отпорност конструкција

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

1. Име, име једног од родитеља и презиме кандидата:
ABDELNASER A. ELAYEB
2. Претходно образовање (назив и седиште факултета, студијски програм):
University of New Brunswick, Faculty of Engineering, Mechanical Eng. Dep., Canada
3. Година завршетка претходног нивоа студија: 2011.
4. Година уписа на докторске студије: 2014.
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. 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, 172 за 2019.), (2022) <https://doi.org/10.2298/SOS220916010E.>, (M22).
2. 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).
3. A. Elmiladi, V. Petrović, A. Grbović, A. Sedmak, I. Balać, Numerical evaluation of thermal stresses generated in laminated composite structure exposed to low temperatures, Thermal science, ISSN:0353-9836, (IF=1,625 за 2020.), Vol 25, Iss. 5B, 2021, Pp. 3847–3856. (M23).
4. Elmiladi A., Balać I., Čolić K., Grbović A., Milovančević M., Jelić M., Numerical Modeling of the Porosity Influence on the Elastic Properties of Sintered Materials, Science of Sintering, ISSN: 0350-820X (IF= 0, 885 за 2018.) Vol 51, Iss 4, 2018, Pp153-161. (M22).
5. 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).

Обавештавамо вас да је Наставно – научно веће на седници одржаној 07.09.2023. 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: 833/5
Датум: 07.09.2023. године
Београд, Краљице Марије 16

На основу захтева студента **Abdelnaser A. Elayeb**, маг. инж. маш., бр. 833/1 од 26.05.2023. године да му се одобри израда докторске дисертације, реферата Комисије у саставу: др Милорад Милованчевић, ред. проф., др Александар Грбовић, ред. проф. и др Петар Ускоковић, ред. проф., ТМФ Београд, број 833/4 од 31.08.2023. године, а на основу члана 30. Закона о високом образовању („Службени гласник РС“, број 76/2005, 100/2007 – аутентично тумачење, 97/2008, 93/2012 и 89/2013), члана 64. Статута Машинског факултета – пречишћени текст (број 1136/4 од 28.06.2021. године) и Одлуке о изменама и допунама Статута (број. 239/6 од 17.02.2023. године) и члана 38. Правилника о докторским студијама Машинског факултета, Наставно-научно веће Машинског факултета на седници од 07.09.2023. године, донело је следећу

ОДЛУКУ

Прихвата се научна заснованост теме докторске дисертације и констатује да студент **ABDELNASER A. ELAYEB**, маг. инж. маш. испуњава услове за израду докторске дисертације «**ANALYSIS OF RASTER ANGLE INFLUENCE ON TENSILE MECHANICAL PROPERTIES OF ADDITIVELY MANUFACTURED COMPOSITE PLATES MADE FROM PET-G POLYMER REINFORCED WITH SHORT CARBON FIBERS (АНАЛИЗА УТИЦАЈА УГЛА ДЕПОНОВАЊА НА ЗАТЕЗНЕ МЕХАНИЧКЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ АДИТИВНО ПРОИЗВЕДЕНИХ КОМПОЗИТНИХ ПЛОЧА НАПРАВЉЕНИХ ОД ПЕТ-Г ПОЛИМЕРА ОЈАЧАНОГ КРАТКИМ УГЉЕНИЧНИМ ВЛАКНИМА)**».

За ментора студенту **Abdelnaser A. Elayeb**, именује се др **Игор Балаћ**, ред. проф.

Одлуку доставити: Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду, ментору и архиви Факултета.

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

проф. др Владимир Поповић

ВЕЋУ ДОКТОРСКИХ СТУДИЈА

Предмет: Подобност теме и кандидата **Абделнасера А. Елајеба** (Abdelnaser A. Elayeb), маг. инж. маш. за израду докторске дисертације

Одлуком Научно-наставног већа Универзитета у Београду - Машинског факултета бр. 833/2 од 22.06.2023. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидата **Абделнасера А. Елајеба** (Abdelnaser A. Elayeb), маг. инж. маш. за израду докторске дисертације и научне заснованости теме: **“Analysis of raster angle influence on tensile mechanical properties of additively manufactured composite plates made from PET-G polymer reinforced with short carbon fibers”** (“Анализа утицаја угла депоновања на затезне механичке карактеристике адитивно произведених композитних плоча направљених од ПЕТ-Г полимера ојачаног кратким угљеничним влакнима”).

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи

РЕФЕРАТ

1. Подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

Абделнасера А. Елајеба (Abdelnaser A. Elayeb) је рођен у Сук Алкамесу (Souq-Alkhamees), Либија, где је у периоду од 1977. године до 1988. године завршио основну и средњу школу. Школске 1993/94 уписао је, а 1998. године завршио студије на Универзитету Насер у Ал Кумсу, Либија (Naser University, Faculty of Engineering, Mechanical Eng. Dept., Al Khums, Libya), да би магистарске студије уписао 2007. и исте завршио 2011.г. на Универзитету у New Brunswick-у, Канада (University of New Brunswick, Faculty of Engineering, Mechanical Eng. Dep., Canada). Абделнасера А. Елајеба поседује вишегодишње радно искуство. У периоду од 1998. године до 2006. године био је запослен као асистент на Машинском факултету Универзитета Елмергиб у Ал Кумсу, Либија (Elmergib University, Faculty of Mechanical Eng., Al Khums, Libya), док у периоду од 2009. године до 2011. године ради као асистент на Универзитету у New Brunswick-у, Канада (University of New Brunswick, Faculty of Engineering, Mechanical Eng. Dep., Canada). У периоду од 2012. године до 2015. године ради као предавач на Машинском факултету Универзитета Елмергиб у Ал Кумсу, Либија (Elmergib University, Faculty of Mechanical Eng., Al Khums - Libya). Докторске студије на Универзитету у Београду Машинском факултету уписује школске 2014/15 године. Ожењен је и отац је шесторо деце.

1.2. Сечено научноистраживачко искуство

Абделнасер А. Елајеб (Abdelnaser A. Elayeb) уписао је прву годину докторских студија на Универзитету у Београду – Машинском факултету школске 2014/15 године, да би наредне школске године уписао другу годину студија. У складу са Планом усавршавања положио је следеће испите:

Редни број	Назив предмета	Предметни наставник	Оцена
1	Наномеханичка карактеризација материјала	Проф. Др Игор Балаћ	10 (десет)
2	Напредно коришћење компјутера у пројектовању	Проф. Др Александар Грбовић	10 (десет)
3	Методологија истраживања и развоја	Проф. Др. Златко Петровић	10 (десет)
4	Примена механике лома на интегритет конструкција	Проф. Др Седмак Александар	10 (десет)
5	Моделирање микромеханике композитних материјала	Проф. Др Игор Балаћ	10 (десет)
6	Планирање, извођење и управљање пројектима	Проф. Др Бојан Бабић	10 (десет)
7	Напредни курс из нумеричких метода	Проф. Др Златко Петровић	10 (десет)
8	Примене методе коначних елемената	Проф. Др Александар Грбовић	9 (девет)
9	Метода коначних елемената у примени	Проф. Др Александар Грбовић	10 (десет)
10	Истраживање и публикавање 1	Проф. Др Александар Грбовић	10 (десет)
11	Истраживање и публикавање 2	Проф. Др Мирко Динуловић	10 (десет)
12	Истраживање и публикавање 3	Проф. Др Игор Балаћ	10 (десет)
13	Истраживање и публикавање 4	Проф. Др Игор Балаћ	10 (десет)
14	Пројекат идеје докторске дисертације	Комисија	10 (десет)

Током Докторских студија кандидат Абделнасер А. Елајеб је положио 9 изборних предмета од којих сваки носи 5 ЕСПБ, чиме је стекао укупно **45 ЕСПБ**. Пројекат идеје докторске дисертације одбранио је пред Комисијом у саставу: проф. др Милорад Милованчевић, проф. др Александар Грбовић, и проф. др Петар Ускоковић, Универзитет у Београду, Технолошко-металуршки факултет, чиме је стекао још **22 ЕСПБ**. Поред тога,

истраживачким радом евалуираним кроз предмете Истраживање и публикавање 1-4 кандидат је стекао још **53 ЕСПБ**, тако да је, у складу са Правилником о Докторским студијама на Универзитету у Београду - Машинском факултету, кандидат Абделнасер А. Елајеб остварио укупно **120 ЕСПБ** уз просечну оцену 10,00.

Као резултат истраживања у оквиру предмета Истраживање и публикавање, кандидат Абделнасер А. Елајеб објавио је 1 (један) рад у часопису са SCI листе:

1. Рад у истакнутом међународном часопису (M22)

- 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, <https://doi.org/10.2298/SOS220916010E>.

Линк ка раду:

<https://doiserbia.nb.rs/img/doi/0350-820X/2023%20OnLine-First/0350-820X2300010E.pdf>

1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

Током својих досадашњих истраживачких активности Абделнасер А. Елајеб маг. инж. маш. је испољио нарочиту склоност и велико интересовање за научно истраживачки рад. Научни рад публикован у истакнутом међународном часопису указује на смисао кандидата за бављење теоријским и експерименталним истраживањима.

Досадашња истраживања и објављени рад кандидата припадају ужој научној области отпорност конструкција и то проблематици структуралне анализе анизотропних тела и у потпуности је повезан са научном облашћу којој припада предложена тема докторске дисертације.

Досадашњи рад и истраживања, као и исказани смисао за научно истраживачки рад, квалификују кандидата Абделнасера А. Елајеба за успешан и ефикасан самосталан рад на предложеној докторској дисертацији.

2. Предмет и циљ истраживања

Аддитивна производња (*Additive manufacturing*) обухвата производне технологије које омогућавају израду тродимензионалних објеката на основу 3Д модела у дигиталном формату, додавањем материјала слој-по-слој при чему тај материјал може бити: полимер, метал, керамика, композитни материјали итд. Најпознатији адитивни поступци су: депоновање истопљеног филамента, везивна 3Д штампа, стереолитографија, селективно ласерско синтеровање и др. У протеклих двадесетак година, све је популарнија брза израда делова од полимера добијених депоновањем истопљеног филамента. Употреба овако добијених делова у различитим индустријским гранама је све заступљенија имајући у виду пре свега: брзу и релативно јефтину израду комплексних геометрија, висок степен флексибилности, одличан однос носивости и тежине (значајно су лакши од стандардних хомогених материјала нпр. метала). Међутим, за разлику од метала, структура адитивно добијених делова на бази полимера је нехомогена и далеко сложенија и стога захтева потпуно другачији приступ пројектовању делова и склопова уколико су они намењени да носе неко оптерећење.

Према доступним подацима из литературе, затезна чврстоћа епрувета направљених од полимера који се најчешће користе у адитивној производњи (ABS, PLLA PLA, PET) је у опсегу 20-60 МПа, док је модул еластичности у опсегу 1-2 ГПа. Ове вредности чврстоће и крутости ограничавају могућност употребе делова од полимера добијених методама адитивне производње на структуралне делове ниског нивоа напрезања. Управо из тог разлога се последњих година полимерима, који се најчешће користе у адитивној производњи, у смислу ојачања, додају кратка угљенична влакана са циљем побољшања механичких карактеристика а првенствено чврстоће и крутости. Запремински удео ових угљеничних влакана је код поменутих полимера релативно умерен, најчешће до 30%. Према подацима из литературе, код делова од полимера добијених методама адитивне производње, параметри штампе као што су: оријентација штампе, дебљина слоја, угао депоновања, брзина депоновања, запреминска испуњеност, преклапање линија штампе, ширина линије истиснуте из дизне, температура дизне, температура радне плоче, итд. могу у знатној мери утицати на коначне механичке карактеристике готовог дела. Од претходно наведених параметара штампе, управо угао депоновања (угао између правца штампе материјала и правца уноса оптерећења) се према доступној литератури је параметар који код делова типа танке плоче, а који су израђени принципом „равне штампе“, има значајан утицај на затезне механичке карактеристике, као и на изражену појаву анизотропије код ове врсте материјала. Сходно томе, за делове типа танке плоче који су намењени да преносе неко оптерећење а који су израђени од полимера ојачаних кратким угљеничним влакнима од изузетне је важности анализа утицаја угла депоновања на затезне механичке карактеристике као и евалуација појаве анизотропије.

Предмет истраживања ове дисертације је анализа утицаја угла депоновања на затезне механичке карактеристике као и на појаву анизотропије код адитивно произведених композитних плоча израђених принципом „равне штампе“ депоновањем истопљеног филамента а направљених од ПЕТ-Г полимера ојачаног кратким угљеничним влакнима. Ова анализа подразумева имплементацију неколико различитих експерименталних и аналитичких метода.

Циљеви истраживања у оквиру ове докторске дисертације су:

- Анализа утицаја угла депоновања на затезне механичке карактеристике (крутост и чврстоћу) адитивно произведених плоча направљених од полимера ојачаног кратким угљеничним влакнима;
- Да се успостави функционална зависност између измерене вредности чврстоће и угла депоновања;
- Да се за различите углове депоновања одреде затезне константе еластичности које дефинишу анизотропно понашање код ове врсте композита а првенствено *коэффициент узајамног утицаја другог облика* који представља спрегу између појаве клизања у равни узорка и дејства нормалног напона при једноосном затезању;
- Да се успостави функционална веза између вредности константи еластичности и вредности угла депоновања као и да се ове функционалне зависности упореде са резултатима које даје Класична теорија ламинације.

Очекује се да ће по реализацији циљева истраживања **дисертација допринети** дефинисању будућег конститутивног модела који ће омогућити примену нумеричке структуралне анализе на делове типа танке плоче добијене адитивном производњом а који су

израђени од ове врсте материјала. Сходно томе, очекује се и да ће дисертација допринети бољем разумевању и даљем унапређењу могуће примене ове врсте композитних материјала за брзу и јефтину израду носивих делова који преносе умерен интензитет оптерећења.

2.1. Преглед литературе релевантне за предложену тему дисертације

У наставку су наведене референце које описују основе предложене дисертације и које опредељују даљи рад кандидата на предложеној теми:

- [1] A. Maguire, N. Pottackal., M.A.S.R. Saadi, M.M. Rahman, P. Ajayan, Additive manufacturing of polymer-based structures by extrusion technologies, Review article, Oxford Open Materials Science, 1(1) (2021) itaa004, doi: 10.1093/oxfmat/itaa004
- [2] J.R. Dizon, A.H. Espera Jr., Q. Chen, R. C. Advincula, Mechanical characterization of 3D-printed polymers, Additive Manufacturing 20 (2018) 44-67
- [3] E. Cuan-Urquizo, E. Barocio, V. Tejada-Ortigoza, R. B. Pipes, C. A. Rodriguez, A. Roman-Flores, Characterization of the Mechanical Properties of FFF Structures and Materials: A Review on the Experimental, Computational and Theoretical Approaches, Materials (2019)
- [4] N. van de Werken, H. Tekinalp, P. Khanbolouki, S. Ozcan, A. Williams, M. Tehrani, Additively manufactured carbon fiber -reinforced composites: State of the art and perspective, Additive Manufacturing 31 (2020) 100962
- [5] M. Somireddy, C.V. Singh, A. Czekanski, Mechanical behaviour of 3D printed composite parts with short carbon fiber reinforcements, Engineering Failure Analysis (2019)
- [6] H. L. Tekinalp, V. Kunc, G. M. Velez-Garcia, C. E. Duty, L. J. Love, A. K. Naskar, C. A. Blue, S. Ozcan, Highly oriented carbon fiber-polymer composites via additive manufacturing, Composites Science and Technology 105 (2014) 144-150
- [7] D. Jiang, D. E. Smith, Anisotropic mechanical properties of oriented carbon fiber filled polymer composites produced with fused filament fabrication, Additive Manufacturing 18 (2017) 84-94
- [8] B. Almeshari, H. Junaedi, M. Baig, A. Almajid, Development of 3D printing short carbon fiber reinforced polypropylene composite filaments, Journal of Materials Research and Technology 24 (2023) 16-26
- [9] A. F. Calles, D. Carou, R. T. Luiz Ferreira, Experimental Investigation on the Effect of Carbon Fiber Reinforcements in the Mechanical Resistance of 3D Printed Specimens, Applied Composite Materials (2021)
- [10] E. Lobov, A. Dobryднева, I. Vindokurov, M. Tashkinov, Effect of Short Carbon Fiber Reinforcement on Mechanical Properties of 3D-Printed Acrylonitrile Butadiene Styrene, Polymers 15 (2023)
- [11] K.M. Pradeep, P. Senthil, Prediction of in-plane stiffness of multi-material 3D printed laminate parts fabricated by FDM process using CLT and its mechanical behaviour under tensile load, Materials Today Communications 23 (2020) 100955
- [12] C. Casavola, A. Cazzato, V. Moramarco, C. Pappalettere, Orthotropic mechanical properties of fused deposition modelling parts described by classical laminate theory, Materials and Design 90 (2016) 453-458

- [13] N. Zohdi, R.C. Yang, Material Anisotropy in Additively Manufactured Polymers and Composites: A Review, *Polymers* 13 (2021) 3368
- [14] S. S. Ganesh Iyer, O. Keles, Effect of raster angle on mechanical properties of 3D printed short carbon fiber reinforced acrylonitrile butadiene styrene, *Composites Communications* 32 (2022) 101163
- [15] M. Spoerk, C. Savandaiah, F. Arbeiter, G. Traxler, L. Cardon, C. Holzer, J. Sapkota, Anisotropic properties of oriented short carbon fibre filled polypropylene parts fabricated by extrusion-based additive manufacturing, *Composites Part A* 113 (2018) 95-104
- [16] J.M. Chacón, M.A. Caminero, E. García-Plaza, P.J. Núñez, Additive manufacturing of PLA structures using fused deposition modelling: Effect of process parameters on mechanical properties and their optimal selection, *Materials and Design* 124 (2017) 143–157
- [17] M. Popović, M. Pjević, A. Milovanović, G. Mladenović, M. Milošević, Printing parameter optimization of PLA material concerning geometrical accuracy and tensile properties relative to FDM process productivity, *Journal of Mechanical Science and Technology*, 37 (2023) 697-706
- [18] M. Domingo-Espin, S. Borros, N. Agullo, A.A. Garcia-Granada, G. Reyes, Influence of building parameters on the dynamic mechanical properties of polycarbonate fused deposition modeling parts, *3D Printing and Additive Manufacturing*, 1 (2014) 70–77

Прегледни радови [1, 2] садрже целовити приказ адитивних техника производње, као и осврт на базне материјале који се користе у адитивној производњи и њихове механичке карактеристике. Пошто структуре засноване на полимерима и ојачане влакнима пружају унапређење својства функционалних делова у употреби, као што је нижа густина у односу на конвенционалне материјале, али и повишене механичке перформансе у поређењу са базним материјалима („чисти“ полимери), прегледни рад [1] додатно наглашава значај и потенцијал развоја таквих делова помоћу адитивне производње и њихове примене као структурних елемената. Наведен је приметан напредак у новоразвијеним полимерним и композитним материјалима и актуелност њиховог добијања адитивном производњом. У прегледном раду [3] дат је детаљан приказ досадашњих приступа карактеризацији и дефинисању модела понашања ових материјала експерименталним путем, са циљем сумирања примене и ограничења тих приступа. Додатно, у раду [2] наведени су и уобичајени ASTM и ISO стандарди које су користиле различите истраживачке групе за испитивања механичких карактеристика делова добијених адитивном производњом.

Као један од закључака прегледа стања технологије, у раду [4] издваја се могућност побољшања карактеристика нових материјала употребом угљеничних влакана у адитивној производњи у виду ојачавача полимерних база. Истраживање механичких карактеристика адитивно произведених полимерних делова ојачаних кратким угљеничним влакнима обрађено је кроз радове [5, 6, 7, 8, 9, 10], при чему је у раду [8] као базни материјал посматран полипропилен (ПП), у радовима [6, 10] АБС полимер, а у раду [7] су додатно посматрани и ПЛА и ПЕТ-Г полимери. У радовима [5, 11, 12] испитује се релевантност механике традиционалних композитних ламината за карактеризацију механичког понашања адитивно произведених делова, тј. могућности и ограничења примене класичне теорије ламинације.

Појава анизотропије код адитивно произведених материјала анализирана је у раду [13], са детаљним прегледом досадашњег истраживачког рада усмереног ка разумевању природе

овог феномена, главним факторима и параметрима који утичу на интензитет те појаве. Код депоновања истопљеног филамента, као најчешће техника адитивне производње, између депонованих линија материјала као и између суседних слојева присутан је порозитет у различитим формама „заробљеног“ ваздуха који за последицу има слабљење механичких својстава. Поре између депонованих линија које прате угао депоновања материјала, узроци појаве анизотропног понашања и последични ефекти на механичке карактеристике анализирани су у раду [14] за АБС полимер ојачан кратким угљеничним влакнима.

Утицај различитих параметара депоновања истопљеног филамента (као производне технике) истражен је у радовима [15, 16, 17, 18] посвећеним проучавању ефеката производних параметара на затезну чврстоћу и крутост добијених компонената. У раду [15] наглашен је утицај угла депоновања материјала на механичка својства и топлотну проводљивост адитивно произведених композита од ПП полимера ојачаног кратким угљеничним влакнима. Оријентација „градње“ при депоновању, дебљина слоја и брзина депоновања материјала као утицајни параметри посматрани су у раду [16], температура дизне и брзина депоновања материјала у раду [17], док су у раду [18] као значајни параметри посматрани пречник дизне и празнина између две депоноване линије.

У доступној литератури може се приметити недостатак анализе утицаја угла депоновања материјала на механичке карактеристике композита направљених од ПЕТ-Г полимера ојачаног различитим процентуалним уделом кратких угљеничних влакана, као и недостатак процене утицаја угла депоновања на појаву и интензитет анизотропије код ове врсте материјала. Такође, недостају и предлози модела којим би се успоставила функционална зависност константи еластичности и чврстоће од угла депоновања код компонената типа танких плоча добијених адитивном производњом применом поменутог композитног материјала (ПЕТ-Г полимера ојачаног са угљеничним влакнима).

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.
2. Могуће је успоставити линеарну везу између тензора напона и тензора деформације у опсегу еластичних деформација за ову врсту материјала.
3. Одговарајућим експерименталним испитивањима је могуће одредити све константе еластичности које дефинишу анизотропно понашање ове врсте композита.
4. Промену константи еластичности од вредности угла депоновања је могуће представити применом принципа Класичне теорије ламинације.

4. Научне методе истраживања

За потребе овог истраживања предлажу се следеће методе и приступи:

1. Анализа постојећих приступа као и стручних сазнања из предметне области дисертације. Ово подразумева преглед доступне литературе релевантне за тему докторске дисертације.

2. Опис и поставка разматраног проблема (метод дескрипције).
3. Комбиноване Аналитичко-експерименталне методе за одређивање свих константи еластичности које дефинишу анизотропно понашање ове врсте композита.
4. Експерименталне методе у сврху верификације и поређења претходно поменутих прорачуна (метод компарације).

5. Очекивани научни допринос

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

- Да је принципе Класичне теорије ламинације, која је првенствено настала за потребе структуралне анализе композитних плоча код којих је дугим влакнима ојачана полимерна матрица, могуће са доста добром тачношћу применити код адитивно произведених композитних плоча (депоновањем истопљеног филамента) израђених принципом „равне штампе“ а направљених од ПЕТ-Г полимера ојачаног кратким угљеничним влакнима.

6. План истраживања и структура рада

Истраживање ће се спровести по следећем плану:

1. Прво ће бити урађен детаљан преглед литературе везане за претходна и актуелна истраживања у предметној области.
2. Потом ће се пажња усмерити на избор композита и креирању одговарајућих узорака за експериментална испитивања на затезање.
3. Следећи корак биће спровођење експеримената и одређивање затезних константи еластичности које дефинишу анизотропно понашање као и добијање вредности чврстоће изабраног композита.
4. По добијању експерименталних резултата биће дефинисани аналитички модели са функционалним зависностима константи еластичности и чврстоће композита у зависности од угла депоновања материјала.
5. Потом ће резултати добијени применом претходно дефинисаних аналитичких модела бити упоређени са резултатима које даје Класична теорија ламинације.
6. Коначно, приступиће се дискусији добијених резултата и изради закључка.

Предвиђено је да докторска дисертација има следећу структуру:

1. Увод са прегледом литературе
2. Основе теорије еластичности анизотропног тела
3. Општи Хуков закон за анизотропну плочу
4. Експериментална испитивања
5. Функционална зависност константи еластичности и чврстоће у зависности од угла депоновања материјала
6. Закључак и дискусија
7. Литература

7. Закључак и предлог

На основу изложене анализе пријаве теме докторске дисертације кандидата **Абделнасера А. Елајеба** (Abdelnaser A. Elayeb) маг. инж. маш., Комисија за оцену подобности и научне заснованости теме закључује да је предложена тема актуелна и научно заснована. Кандидат **Абделнасера А. Елајеба** испуњава све Законом и Статутом Универзитета у Београду – Машинског факултета предвиђене услове и има способности за рад на докторској дисертацији.

На основу свега горе наведеног Комисија предлаже Научно-наставном већу Универзитета у Београду - Машинског факултета да се кандидату

маг. инж. маш. Абделнасери А. Елајебу (Abdelnaser A. Elayeb)

одобри израда докторске дисертације са темом:

**„Анализа утицаја угла депоновања на затезне механичке карактеристике адитивно произведених композитних плоча направљених од ПЕТ-Г полимера ојачаног кратким угљеничним влакнима“
(Analysis of raster angle influence on tensile mechanical properties of additively manufactured composite plates made from PET-G polymer reinforced with short carbon fibers)**

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.

Београд, 30.08.2023. године

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

.....
Др Милорад Милованчевић, редовни професор,
Универзитет у Београду, Машински факултет

.....
Др Александар Грбовић, редовни професор,
Универзитет у Београду, Машински факултет

.....
Др Петар Ускоковић, редовни професор,
Универзитет у Београду, Технолошко-металуршки
факултет

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
- МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ –
Број:833/3
Датум: 22.06.2023.
Београд, Краљице Марије бр.16

На основу члана 64. Статута Машинског факултета Универзитета у Београду – 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 28. Правилника о докторским студијама на Универзитету у Београду од 24.05.2016.г., Наставно-научно веће Машинског факултета на седници одржаној дана 22.06.2023. године, донело је следећу

ОДЛУКУ

Именује се др Игор Балаћ, ред. проф. за ментора докторске дисертације „ANALYSIS OF RASTER ANGLE INFLUENCE ON TENSILE MECHANICAL PROPERTIES OF ADDITIVELY MANUFACTURED COMPOSITE PLATES MADE FROM PET-G POLYMER REINFORCED WITH SHORT CARBON FIBERS (АНАЛИЗА УТИЦАЈА УГЛА ДЕПОНОВАЊА НА ЗАТЕЗНЕ МЕХАНИЧКЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ АДИТИВНО ПРОИЗВЕДЕНИХ КОМПОЗИТНИХ ПЛОЧА НАПРАВЉЕНИХ ОД ПЕТ-Г ПОЛИМЕРА ОЈАЧАНОГ КРАТКИМ УГЉЕНИЧНИМ ВЛАКНИМА)“ кандидата ABDELNASER A. ELAYEB, маг. инж. маш., студента докторских студија.

Одлуку доставити: ментору, докторанту и архиви.

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

проф. др Владимир Поповић