

УНИВЕРЗИТЕТ У ПРИШТИНИ
ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА
КОСОВСКА МИТРОВИЦА

УНИВЕРЗИТЕТ У ПРИШТИНИ
ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА
КОСОВСКА МИТРОВИЦА

ПРИМЉЕНО: 06. 12. 2024			
ОРГ ЈЕДИН	БРОЈ	ПЕРИОД	ВРЕДНОСТ
	1439/3-8		

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ
ФАКУЛТЕТА ТЕХНИЧКИХ НАУКА У КОСОВСКОЈ МИТРОВИЦИ

Предмет: Извештај Комисије за преглед, оцену и одбрану урађене докторске дисертације кандидата Страхиње Ђуровића

Одлуком Наставно-научног већа Факултета техничких наука у Косовској Митровици број 1439/3-8 од 27.11.2024. године именована је Комисија за преглед и оцену докторске дисертације кандидата Страхиње Ђуровића под насловом „Унапређење квалитета обрађене површине 3D штампаних делова применом CNC глодања“ у саставу:

1. др Богдан Недић, редовни професор, Факултет инжењерских наука, Крагујевац, председник
2. др Драган Лазаревић, ванредни професор, Факултет техничких наука, Косовска Митровица, ментор
3. др Богдан Ђирковић, редовни професор, Факултет техничких наука, Косовска Митровица, члан

На основу увида у приложену документацију, Комисија подноси Наставно-научном већу Факултета техничких наука у Косовској Митровици следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Хронологија

Одлуком број 1584/3-6 Наставно-научног већа Факултета Техничких Наука у Косовској Митровици од 15.11.2022. године именована је Комисија за оцену научне заснованости теме докторске дисертације под називом „Унапређење квалитета обрађене површине 3D штампаних делова применом CNC глодања“ и подобности кандидата Страхиње Ђуровића у саставу:

1. др Драган Лазаревић, ванредни професор, Факултет техничких наука, Косовска Митровица, председник,
2. др Богдан Недић, редовни професор, Факултет инжењерских наука, Крагујевац, члан,
3. др Богдан Ђирковић, редовни професор, Факултет техничких наука, Косовска Митровица, члан.

Кандидат Страхиња Ђуровић је урађену докторску дисертацију поднео на оцену дана 15.11.2024. У складу са чланом 9 правилника о пријави, изради и одбрани докторске дисертације, кандидат Страхиња Ђуровић доставио је и доказ да има један научни рад са SCI листе, као и два рада на међународним конференцијама.

2. Научна област дисертације

Научна област докторске дисертације је Машинско инжењерство, а ужа научна област Производно машинство. Ова ужа научна област је предмет проучавања студијског програма докторских студија Машинско инжењерство Факултета техничких наука у Косовској Митровици.

Докторска дисертација је рађена под менторством др Драгана Лазаревића, ванредног професора. Ментор испуњава све формалне и законске услове за ментора ове докторске дисертације. Аутор је већег броја радова у истакнутим међународним часописима и предаје већи број предмета на Факултету техничких наука у Косовској Митровици, а који су повезани са предметом докторске дисертације. Релевантни радови ментора наведени су приликом пријаве теме докторске дисертације кандидата.

3. Подаци о кандидату

Кандидат Страхиња (Саша) Ђуровић је рођен 23.07.1995. године у Приштини. Средњу школу гимназију у Врњачкој Бањи, завршио је 2014. године. Исте године, уписао је Факултет техничких наука (студијски програм: индустријско инжењерство) Универзитета у Приштини са привременим седиштем у Косовској Митровици. Дипломирао је 2018. године са просечном оценом 7,87 и стекао звање дипломираног индустријског инжењера. Исте године уписује мастер академске студије на студијском програму Машинско инжењерство, модул: Производно машинство. Дипломирао је 2019. године са просечном оценом 9,14 и стекао звање Мастер инжењер производног машинства. Докторске академске студије уписао је школске 2019/2020 године на Катедри за производно машинство, Факултета техничких наука у Косовској Митровици. Положио је све испите и стекао услов за пријаву теме докторске дисертације.

Бави се научно-истраживачким радом од почетка студирања. Аутор је и коаутор више радова објављених у међународним и домаћим конференцијама, и то: 2 рада у истакнутом међународном часопису (M22), 1 рад у међународном часопису (M23), 1 рад у часопису међународног значаја верификованог посебном одлуком (M24), 7 радова на међународним скуповима штампаних у целости (M33), 1 рад са међународног скупа штампано у изводу (M34), 2 рада у часопису националног значаја (M52).

Област интересовања му је производно машинство, CNC обрада, 3D штампа, CAD/CAM/CAI системи и сл. Тренутно ради на Академији струковних студија Косовско метохијској као наставник вештина. Живи у Врњачкој Бањи. Говори, чита и пише енглески језик.

4. Опис докторске дисертације

а) Садржај докторске дисертације

Докторска дисертација под насловом „Унапређење квалитета обрађене површине 3D штампаних делова применом CNC глодања“ написана је у складу са упутством за обликовање докторске дисертације Универзитета у Приштини. Дисертација је написана на српском језику, ћириличног писма и садржи 163 нумерисане странице као и додатне странице са неопходним подацима. Материјал дисертације укључује 102 слике и дијаграма и 26 табела. У попису коришћене литературе кандидат је навео 286 референци. Текст докторске дисертације организован је у 13 поглавља, и то:

1. Уводне напомене и дефинисање теме истраживања
2. Циљеви истраживања
3. Полазне хипотезе
4. Релевантни библиографски извори

5. Методе истраживања
6. Теоретске основе
7. 3D штампа
8. Обрада 3D штампаних делова
9. Могућност интеграције 3D штампача и CNC машине
10. Примена вештачке интелигенције у домену 3D штампе и CNC технологија
11. Истраживања
12. Закључак, научни допринос и правци даљег истраживања
13. Литература

б) Кратак приказ поглавља

У поглављу 1 дате су уводне напомене које обухватају дефинисање теме истраживања и значај проучавања савремених производних процеса. Ово поглавље садржи основне концепте и методолошки оквир рада. Поглавље 2 фокусирано је на дефинисање циљева истраживања, који укључују унапређење ефикасности и прецизности производње кроз интеграцију 3D штампе и CNC машина, као и истраживање примене вештачке интелигенције у овим областима. У поглављу 3 разматрају се полазне хипотезе, које предвиђају да ће нове технологије омогућити значајна побољшања у производним процесима, укључујући смањење трошкова и повећање продуктивности. Поглавље 4 пружа преглед релевантних библиографских извора који подржавају анализу трендова у 3D штампи, CNC обради и применама вештачке интелигенције у производњи. У поглављу 5 описане су методе истраживања, које укључују комбинацију теоријских и експерименталних приступа, као и употребу софтверских алата за анализу података. Поглавље 6 садржи теоријске основе истраживања. У овом поглављу анализирани су концепти као што су геометријско димензионисање, толерисање и храпавост површина, савремени мерни системи (СММ, скенери и уређаји за мерење храпавости), грешке обраде глодањем, и триболошке карактеристике 3D штампаних делова. У поглављу 7 детаљно су описане технологије 3D штампе, њихове предности и недостаци, као и механичке особине различитих материјала који се користе у 3D штампи. Поглавље 8 бави се обрадом 3D штампаних делова, са посебним фокусом на изазове и могућности у процесу дораде ових делова након штампања. У поглављу 9 истражују се могућности интеграције 3D штампача и CNC машина кроз хибридни производни процес, уз анализу потенцијала за побољшање производних капацитета и квалитета производа. Поглавље 10 анализира примену вештачке интелигенције у области 3D штампе и CNC обраде, са нагласком на њен утицај на оптимизацију процеса и унапређење аутоматизације у производњи. Поглавље 11 приказује план истраживања, материјале и опрему који су коришћени као и резултате, уз анализу примене различитих технологија и процеса. На крају рада, у 12-том поглављу, су дати закључци и правци будућих истраживања. У поглављу 13 дат је преглед коришћене литературе.

5. Оцена докторске дисертације

1. Савременост и оригиналност

Докторска дисертација кандидата Страхине Ђуровића је у складу са принципима Индустрије 4.0, посебно у погледу дигитализације и аутоматизације производних процеса. Интеграција 3D штампе и CNC обраде у хибридни производни систем је релативно нов приступ са ограниченом базом доступних истраживања. Применом хибридног производног процеса, који комбинује адитивне и субтрактивне методе, истраживање одговара на изазове савремене производње, где се траже брза, прецизна и економична решења. Употреба вештачких неуронских мрежа за оптимизацију процеса је пример примене најновијих достигнућа у области машинског учења у производним системима.

Развијени модели и методологије омогућавају детаљну анализу утицаја различитих параметара на квалитет производа, што није довољно истражено у постојећој литератури. Употреба вештачке интелигенције за оптимизацију параметара CNC обраде 3D штампаних делова омогућава не само повећање квалитета производње, већ и смањење експерименталних трошкова кроз виртуелне симулације. Рад нуди иновативан приступ предвиђању хрпавости површине у функцији параметара обраде, што омогућава боље разумевање унутрашњих механизма хибридне производње.

2. Применљивост резултата

Резултати истраживања из дисертације показују значајну применљивост у различитим индустријским и истраживачким контекстима:

Са аспекта индустријске производње, комбинација 3D штампе и CNC обраде нуди нова решења за побољшање квалитета и прецизности делова, чинећи их применљивим у секторима као што су аутомобилска индустрија, авијација и производња медицинских имплантата. Хибридни процес омогућава производњу делова са високом димензионалном тачношћу и хрпавошћу која задовољава строге индустријске стандарде.

Употреба вештачке интелигенције за оптимизацију процеса омогућава уштеду времена и смањење трошкова у великим производним серијама.

Са аспекта развоја материјала и прототипова, оптимизација параметара 3D штампе и CNC обраде може се применити у развоју напредних материјала и изради прототипова. Методолошки оквир рада се може прилагодити за различите врсте материјала (ABS, PLA, PETG, итд.) и геометријске сложености делова.

Модели развијени у раду могу се користити за предвиђање и оптимизацију параметара и у другим хибридним производним процесима, што отвара могућност шире примене у производњи делова са специфичним захтевима.

У контексту Научно-истраживачког рада, резултати истраживања могу послужити као основа за даља истраживања у области хибридне производње и употребе вештачке интелигенције за предвиђање механичких својстава и површинске храпавости. Такође, рад пружа могућност за поређење са другим техникама завршне обраде и развој нових методологија.

3. Остварени научни допринос

На основу истраживања која су спроведена у оквиру ове докторске дисертације, могу се издвојити неки од главних научних доприноса:

- Научни допринос овог истраживања огледа се у унапређењу квалитета површина 3D штампаних делова применом CNC глодања. Кроз експерименте на различитим полимерним материјалима (ABS, PETG, PLA), истраживање је показало како CNC обрада може значајно побољшати димензиону тачност и смањити храпавост површине.
- Примена вештачких неуронских мрежа омогућила је креирање модела за предикцију утицаја параметара обраде на квалитет површине, што доприноси оптимизацији процеса. Резултати пружају индустрији конкретне смернице за избор оптималних параметара обраде у постизању боље завршне обраде 3D штампаних делова.
- Научни допринос овог истраживања додатно обухвата увођење хибридног процеса, који комбинује 3D штампу и CNC глодање, као напредан приступ за побољшање квалитета обрађених површина. Овај хибридни приступ омогућава искоришћавање предности обе технологије – флексибилност и брзину 3D штампе у изради сложених геометрија, уз високу прецизност и завршну обраду коју пружа CNC глодање. Резултати указују да хибридни процес може смањити храпавост површине, повећати димензиону тачност, и побољшати укупни естетски и функционални квалитет обрађених делова, што је од значаја за индустрије које захтевају високе стандарде квалитета.

Верификација резултата и научних доприноса дисертације извршена је публикавањем следећих радова:

Рад у истакнутом међународном часопису (M22)

1. Djurović, S., Lazarević, D., Ćirković, B., Mišić, M., Ivković, M., Stojčević, B., Petković, M., Ašonja, A. (2024). Modeling and Prediction of Surface Roughness in Hybrid Manufacturing—Milling after FDM Using Artificial Neural Networks. *Applied Sciences*, 14(14), 5980. <https://doi.org/10.3390/app14145980>

Рад у међународном часопису (M23)

1. **Đurović, S.**, Lazarević, D., Milovanović, V., Mišić, M., & Šarkoćević, Ž. (2024). The Influence of the Number of Layers and the Raster Angle on the Mechanical Properties of 3D Printed Materials. *Tehnički vjesnik*, 31(6), 1892-1897. <https://doi.org/10.17559/TV-20240325001430>

Саопштења на међународним скуповима штампана у целости (M33)

1. **Djurović, S.**, Lazarević, D., Ivković, M., Mišić, M., Stojčetić, B. (2023). Tribological Behaviour and Surface Roughness Quality of 3D Printed ABS Material, *SERBIATRIB '23, 18th International Conference on Tribology, Kragujevac*.
2. **Djurović, S.**, Lazarević, D., Mišić, M., Stojčetić, B., Šarkoćević, Z. (2023) Materials in 3D printing. *2nd International Conference „Advances in science and technology“ COAST*
3. **Djurović, S.**, Lazarević, D., Mišić, M., Šarkoćević, Ž., Golubović, Z. (2023). 3D Printing and CNC Machining: Materials, Technologies, and Process Parameters. *In International Conference of Experimental and Numerical Investigations and New Technologies (pp. 271-276). Cham: Springer Nature Switzerland*.

Саопштење са међународног скупа штампано у изводу (M34)

1. **Djurović, S.**, Lazarević, D., Mišić, M., Šarkoćević, Ž., Golubović, Z. (2023) 3D printing and CNC machining: an overview of technology and hybrid manufacturing, *International Conference of Experimental and Numerical Investigations and New Technologies“ CNN tech*

Рад у часопису националног значаја (M52)

1. **Djurović, S.**, Lazarević, D., Ivković, M., Mišić, M., Stojčetić, B. (2023). Tribological Behaviour and Surface Roughness Quality of 3D Printed ABS Material, *Journal of Materials and Engineering*, Vol. 01, Iss. 3 (2023) pp. 116-120, <https://doi: 10.61552/JME.2023.03.004>

ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

На основу извршеног увида у докторску дисертацију кандидата Страхине Ђуровића, комисија је мишљења да докторска дисертација има савремену тему, као и значајан и оригиналан научни допринос.

Резултати добијени у оквиру експерименталних истраживања верификовани су објављеним научним радовима, а у складу са чланом 9 правилника о пријави, изради и одбрани докторске дисертације, кандидат Страхина Ђуровић доставио је и доказ да има један научни рад са SCI листе, као и два рада на међународним конференцијама.

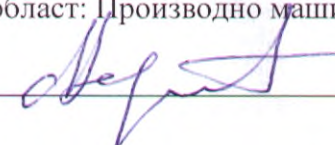
Прегледом докторске дисертације од стране Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације, и чињеници да је анализирана тема изузетно актуелна у научном погледу, са задовољством се констатује да је кандидат Страхиња Ђуровић успешно завршио докторску дисертацију у складу са постављеним циљевима докторске дисертације.

Докторска дисертација је урађена према савременим стандардима научно-истраживачког рада и испуњава све услове који су предвиђени Законом о високом образовању, Стандардима за акредитацију, као и Статутом Факултета техничких наука и Статутом Универзитета у Приштини са привременим седиштем у Косовској Митровици.

Према томе, чланови Комисије предлажу Наставно-научном већу Факултета техничких наука у Косовској Митровици да прихвати извештај о урађеној докторској дисертацији кандидата Страхиње Ђуровића, под насловом **„Унапређење квалитета обрађене површине 3D штампаних делова применом CNC глодања“**, и да га упути у даљу процедуру.

У Крагујевцу, Косовској Митровици, Чланови Комисије за преглед, оцену и одбрану:

др Богдан Недић, редовни професор у пензији,
Факултет инжењерских наука, Крагујевац,
председник.
Ужа научна област: Производно машинство.



др Драган Лазаревић, ванредни професор,
Факултет техничких наука, Косовска
Митровица, ментор.
Ужа научна област: Производно машинство и
индустријски инжењеринг.



др Богдан Ђирковић, редовни професор,
Факултет техничких наука, Косовска
Митровица, члан.
Ужа научна област: Производно машинство и
индустријски инжењеринг.

