

УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ
ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА У НОВОМ САДУ

ОБРАЗАЦ 6.

ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

-обавезна садржина- свака рубрика мора бити попуњена

(сви подаци уписују се у одговарајућу рубрику, а назив и место рубрике не могу се мењати или изоставити)

I ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ
<p>1. Датум и орган који је именовao комисију: Решење Декана Факултета техничких наука у Новом Саду, број 012-199/7-2018 од 19.07.2018.</p> <p>2. Састав комисије са назнаком имена и презимена сваког члана, звања, назива уже научне области за коју је изабран у звање, датума избора у звање и назив факултета, установе у којој је члан комисије запослен:</p> <p>1. др Драгољуб Новаковић, редовни професор, УО Графичко инжењерство, 10.02.2011., Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука, Нови Сад;</p> <p>2. др Себастиан Балош, ванредни професор, УО Материјали и технологије спајања, 19.05.2016., Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука, Нови Сад;</p> <p>3. др Магдолна Пал, доцент, УО Графичко инжењерство, 01.05.2015., Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука, Нови Сад;</p> <p>4. др Младен Станчић, доцент, Универзитет у Бањој Луци, УО Графичке технологије, 07.04.2016., Универзитет у Бањој Луци, Технолошки факултет, Бања Лука;</p> <p>5. др Гојко Владић, доцент, УО Графичко инжењерство, 13.02.2014., Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука, Нови Сад</p>
II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ
<p>1. Име, име једног родитеља, презиме: Бојан, Војислав, Бањанин</p> <p>2. Датум рођења, општина, држава: 12.10.1986., Нови Сад, Република Србија</p> <p>3. Назив факултета, назив студијског програма дипломских академских студија – мастер и стечени стручни назив Факултет техничких наука; Графичко инжењерство и дизајн; дипломирани инжењер графичког инжењерства и дизајна – мастер</p> <p>4. Година уписа на докторске студије и назив студијског програма докторских студија 2010; Графичко инжењерство и дизајн</p> <p>5. Назив факултета, назив магистарске тезе, научна област и датум одбране: -</p> <p>6. Научна област из које је стечено академско звање магистра наука: -</p>

III НАСЛОВ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Карактеризација производних параметара алата за утискивање израђених техником 3Д штампе

IV ПРЕГЛЕД ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Навести кратак садржај са назнаком броја страна, поглавља, слика, шема, графикона и сл.

Дисертација садржи 238 нумерисаних страна, написана је на српском језику, латиничним писмом. У оквиру дисертације је 137 слика, 32 графикона, 58 табела и 4 прилога.

Структура дисертације обухвата следећа поглавља:

УВОД – садржи концизан преглед тематске области докторске дисертације са нагласком на значај и актуелност тематике истраживања.

ОБРАЗЛОЖЕЊЕ О ПОТРЕБАМА ИСТРАЖИВАЊА – наводи разлоге актуелности одабране теме и значај укључивања технологије 3Д штампе у област графичке производње.

ПРОЦЕС УТИСКИВАЊА И ФАКТОРИ КОЈИ УТИЧУ НА КВАЛИТЕТ РЕЗУЛТАТА УТИСКИВАЊА – садржи наводе утицајних фактора у процесу утискивања.

АКТУЛЕНО СТАЊЕ У ОБЛАСТИ ИСТРАЖИВАЊА ТЕХНИКА 3Д ШТАМПЕ – даје концизан и систематичан преглед актуелних истраживања доступних из литературних извора од значаја за дефинисање циља истраживања и поставку хипотеза и методологије истраживања.

ПРЕДМЕТ, ПРОБЛЕМ И ЦИЉ ИСТРАЖИВАЊА - садржи јасан опис тематике истраживања, концизно дефинише проблем и циљ истраживања и јасно представља решење проблема истраживања којем се тежи.

ХИПОТЕЗЕ – садрже дефинисане хипотезе истраживања чија је поставка произашла из анализе досадашњих ставова у области истраживања као и из уочених недостатака довољног броја литературних извора из области примене 3Д техника у области графичке струке. Хипотезе су јасно постављене и дефинисане.

МАТЕРИЈАЛИ И МЕТОДОЛОГИЈА – садржи план и методолошки оквир истраживања и даје потребне елементе експеримента и методе истраживања, коришћену опрему и мерења.

РЕЗУЛТАТИ – садрже систематичан преглед релевантних резултата истраживања у оквиру карактеризације производних параметара алата за утискивање израђених ФДМ техником 3Д штампе као и квалитета резултата утискивања таквим алатима.

ДИСКУСИЈА – садржи критички осврт на резултате реализованих експеримента везаних за карактеризацију производних параметара алата за утискивање израђених ФДМ техником 3Д штампе као и квалитета резултата утискивања таквим алатима.

ЗАКЉУЧЦИ – садрже кључне закључке истраживања индуковане из добијених резултата истраживања са фокусом на примењивост и значај резултата.

МОГУЋНОСТ ПРИМЕНЕ РЕЗУЛТАТА У ПРОИЗВОДЊИ – садржи наводе постигнутих научних доприноса истраживања у предметној области. На основу добијених резултата истраживања наведене су предности укључивања технологије 3Д штампе у производни процес малих и средњих производних целина, као и могућност смањења штетног утицаја на животну средину у односу на конвенционалне технике израда алата за утискивање.

ЛИТЕРАТУРА – попис коришћене литературе садржи велики број значајних литературних извора који су анализирани и коришћени у дисертацији.

ПРИЛОЗИ – представљају посебно издвојен додатни графички и табеларни материјал у циљу употпуњења приказа резултата истраживања на које се позива у обради тезе.

БИОГРАФИЈА СА БИБЛИОГРАФИЈОМ - по уобичајеној форми даје биографске и библиографске податке о кандидату.

V ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Дисертација даје преглед нових и релевантних истраживања и ставова у научној заједници у области карактеризације утицаја процесних параметара, термо-механичких карактеристика и утицаја завршне обраде на карактеристике делова израђених ФДМ техником штампе, у циљу употребе ове технике за израду алата за утискивање папирних материјала у производњи мањих серија.

Дисертација садржи све релевантне целине.

Наслов дисертације је јасно формулисан и у потпуности указује на садржај рада.

Поглавље УВОД даје елементарне теоријске основе неопходне за разумевање предмета, проблема и значаја истраживања.

Поглавље АКТУЕЛНО СТАЊЕ У ОБЛАСТИ ИСТРАЖИВАЊА ТЕХНИКА 3Д ШТАМПЕ презентује актуелно стање у следећим областима: 1) испитивање механичких карактеристика делова добијених ФДМ техником 3Д штампе, 2) испитивања термо-механичких карактеристика делова израђених ФДМ техником 3Д штампе, 3) утицај завршне обраде на карактеристике делова добијених ФДМ техником 3Д штампе 4) утицајни фактори на производњу објеката ФДМ техником 3Д штампе 5) примена техника 3Д штампе у индустријској производњи укључујући и област графичке производње и 6) ефекти примене техника 3Д штампе на животну средину.

Поглавље ПРЕДМЕТ, ПРОБЛЕМ И ЦИЉ ИСТРАЖИВАЊА дефинише основни циљ истраживања као карактеризацију утицаја процесних параметара израде алата за утискивање ФДМ технике 3Д штампе. Додатни циљеви обухватају дефинисање ограничења ФДМ технике 3Д штампе и примену стечених знања на остале технике адитивне производње. На основу постављеног циља, дефинисане су одговарајуће научне хипотезе.

Поглавље ХИПОТЕЗЕ истраживања дефинише четири хипотезе које покривају могућност примене техника 3Д штампе за израду алата за утискивање на графичким производима, карактеризације производних параметара алата за утискивање израђених ФДМ техником штампе у циљу замене конвенционалних техника израде алата и примену дефинисаних параметара на остале технике 3Д штампе. Доказивање појединачних хипотеза потврђује основну хипотезу истраживања да је могућа употреба 3Д штампе за израду алата за утискивање на графичким производима.

Поглавље МАТЕРИЈАЛИ И МЕТОДОЛОГИЈА истраживања описује процедуру и све потребне елементе који су неопходни за извођење истраживања. У оквиру овог поглавља детаљно је описан процес карактеризације коришћених материјала, као и производних параметара алата за утискивање израђених техникама 3Д штампе, као и методе за одређивање квалитета утиснутих узорка.

Поглавље РЕЗУЛТАТИ чини више целина. Представљени су резултати карактеризације коришћених папира за проверу резултата утискивања, резултати карактеризације особина узорка од термопластичних материјала коришћених за израду алата за утискивање техникама 3Д штампе, резултати карактеризације процесних параметара за израду алата за утискивање техникама 3Д штампе, анализа квалитета узорка утиснутих израђеним алатима и на крају отпорност израђених алата за утискивање на хабање приликом употребе. Приказани резултати истраживања су у складу са постављеним циљем и у потпуности одговарају методолошком аспекту дисертације. Резултати истраживања презентовани су целовито, јасно и адекватно и пропраћени су графичким приказима.

Поглавље ДИСКУСИЈА резултата даје критички осврт на резултате карактеризације производних параметара алата за утискивање израђених техникама 3Д штампе као и на квалитет утиснутих елемената на папиру у поређењу са узорцима утиснутим конвенционалном методом израде алата за утискивање техником хемијског нагризања.

Поглавље ЗАКЉУЧЦИ сумира изведене закључке истраживања и пружа смернице за примену ФДМ технике, не само у графичкој већ и у другим гранама производних делатности. Изведени су закључци о постављеним хипотезама и дате су смернице за будућа истраживања. Закључци су јасно дефинисани и повезани са циљем рада и постављеним хипотезама.

Поглавље МОГУЋНОСТ ПРИМЕНЕ РЕЗУЛТАТА У ПРОИЗВОДЊИ приказује доприносе истраживања у актуелној научној области дисертације и даје предлоге за примену резултата у

производном процесу малих и средњих предузећа у циљу смањења трошкова производње као и штетног утицаја на животну средину.

Поглавље ЛИТЕРАТУРА садржи значајан број најновијих литературних навода што додатно потврђује да је приступ литературним подацима критички адекватан, а тема дисертације актуелна и атрактивна.

У поглављу ПРИЛОЗИ табелама, графиконима и коришћеним кодом за методу анализе слика утиснутих узорака, допуњени су резултати истраживања.

На основу увида у досадашња истраживања у области истраживане тематике Комисија сматра да су обухваћени и реализовани сви дефинисани аспекти за истраживање изведени у овој дисертацији.

VI СПИСАК НАУЧНИХ И СТРУЧНИХ РАДОВА КОЈИ СУ ОБЈАВЉЕНИ ИЛИ ПРИХВАЋЕНИ ЗА ОБЈАВЉИВАЊЕ НА ОСНОВУ РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА У ОКВИРУ РАДА НА ДОКТОРСКОЈ ДИСЕРТАЦИЈИ

Таксативно навести називе радова, где и када су објављени. Прво навести најмање један рад објављен или прихваћен за објављивање у часопису са ISI листе односно са листе министарства надлежног за науку када су у питању друштвено-хуманистичке науке или радове који могу заменити овај услов до 01.јануара 2012. године. У случају радова прихваћених за објављивање, таксативно навести називе радова, где и када ће бити објављени и приложити потврду о томе.

Рад у међународном часопису (M23)

1. Banjanin B., Vladić G., Pál M., Baloš S., Dramićanin M., Rackov, M, Knežević I.: Consistency analysis of mechanical properties of elements produced by FDM additive manufacturing technology, Revista Materia, 2018, v.23, No.04 (прихваћен за објављивање 24.01.2018.).

2. Boeva R., Spiridonov I., Bozhkova T., Novaković D., **Banjanin B.:** Evaluation of changes in the optical properties of high yield fibrous materials under thermal treatment, Bulgarian Chemical Communications, 2017, Vol. 49, No L, ISSN 0324-1130, pp. 115-120.

Саопштење са међународног скупа штампано у целини (M33)

3. Banjanin B., Vladić G., Delić G., Adamović (Majkić) S., Kašiković N.: Influence of post-treatment methods on mechanical properties of PLA parts fabricated by fused deposition modeling, 5. International Scientific Conference on Advances in Mechanical Engineering – ISCAME, Debrecen: Department of Mechanical Engineering, Faculty of engineering, University of Debrecen, 12-14 Oktober, 2017, ISBN 978-963-473-304-1, pp. 41-47.

Рад у научном часопису (M53)

4. Delić, G., Vladić, G., Pál, M., **Banjanin, B.,** Dedijer, S.: Performance evaluation of paper embossing tools produced by Fused Deposition Modelling additive manufacturing technology, Journal Of Graphic Engineering And Design, 2017, Vol. 8, No. 2, ISSN 2217-379x, Department of Graphic Engineering and Design, pp. 47-53.

5. Banjanin B., Nedeljković U.: Sidebearings analysis of alphabet letters with complex shape, Journal Of Graphic Engineering And Design, 2014, Vol. 5, No 2, ISSN 2217-379x, UDK: 655.26, Department of Graphic Engineering and Design, pp. 17-22.

Саопштење са скупа националног значаја штампано у целини (M63)

6. Puškarević I., **Banjanin B.,** Milošević R.: Principi održivog razvoja u primeni grafičkog oblikovanja, 10. Conference of Chemists, Technologists and Environmentalists of Republic of Srpska, Banja Luka: Univerzitet u Banjoj Luci, Tehnološki fakultet, 15-16 Novembar, 2013, ISBN 978-99938-54-50-0, pp. 513-522.

VII ЗАКЉУЧЦИ ОДНОСНО РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА

Предмет овог рада је истраживање могућности замене традиционалне технике израде алата за утискивање хемијским нагризањем, ФДМ техником 3Д штампе у циљу скраћивања времена производње, смањења отпадног материјала и цене коначног производа. Било је неопходно истражити и окарактерисати параметре који утичу и начин на који утичу на процес израде алата за утискивање и његове особине.

- Анализом механичких карактеристика папира може се закључити да је највећи утицај смера влакана на затезну чврстоћу уочен код непремазних папира. Приликом процеса утискивања елемента са ивицама које заклапају различите углове са смером влакана папира, очекивано је да ће се приликом деформације папир понашати другачије. Непремазни папири већих граматура су се по својим механичким особинама показали као добар избор за процес утискивања. Премазни папири због већих вредности издужења представљају такође добар одабир, али због слоја премаза на својој површини, показују већу склоност ка оштећењима приликом утискивања. Волуминозни папири су се по својим механичким особинама и по резултатима утискивања показали као неадекватан избор за процес утискивања.
- Резултати карактеризације процесних параметара ФДМ технике 3Д штампе указују да методе анализе С/Н односа као и фракционално рангирање тестираних комбинација дају увид у најутицајније факторе ФДМ технике штампе и вредности њихових нивоа у циљу постизања оптималних резултата затезне чврстоће, површинске храпавости, времена потребног за штампу, као и количине потрошеног материјала. Оптимална подешавања улазних параметара за израду алата од ПЛА термопластичног материјала, ФДМ техником 3Д штампе израђеног у овој дисертацији износе 0,2 мм за дебљину слоја, 80% унутрашње линијске попуње, 3 контуре спољашњих зидова, 0,6 мм дебљине завршних слојева, са оријентацијом на платформи у току штампе од 0°, 60 мм/мин брзином кретања главе за штампу и температуром дизне од 225 °С.
- Узорци израђени од ПЛА материјала ФДМ техником 3Д штампе, у односу на АБС узорке, показују већа одступања тестираних механичких карактеристика, већу крутост и мању подложност пластичној деформацији. Вредност затезне чврстоће ПЛА узорака износи 27,39 МПа, издужење 1,93% и модул еластичности 1,76 ГПа. У случају АБС узорака вредност затезне чврстоће износи 30,81 МПа, издужење 2,57% и модул еластичности 1,6 ГПа. Приликом утискивања, пожељна је већа крутост и мања деформација алата за утискивање, па је за његову израду одабран ПЛА материјал.
- Истраживање термо-механичких особина узорака израђених ФДМ техником штампе показују да ни ПЛА ни АБС материјал нису погодни за утискивање са фолијом, с обзиром да су им измерене вредности температуре стакљења (T_g) доста ниже од захтеваних за овај тип утискивања ($T_{g(PLA)}=50\text{ }^\circ\text{C}$, $T_{g(ABS)}=80\text{ }^\circ\text{C}$).
- Механичка и хемијска метода завршне обраде погодне су за побољшање површинске храпавости уз смањење затезне чврстоће ФДМ узорака. Механички обрађени узорци мање утичу на механичке особине од узорака третираних хемијском методом. Умереном употребом механичке обраде брусним папиром могуће је смањити површинску храпавост узорака, без веће деградације механичких особина.
- Осмишљени механизам функционисања, геометрија и димензије елемената ФДМ алата за утискивање, воде до сличних резултата утискивања као и у случају конвенционалних алата. Одабрана је дубина елемената алата од 0,5 мм, зазор између елемената 0,2 мм и косина бочних страница од 20°. Променом параметара дубине елемената, зазора између патрице и матрице и косине бочних страница, могуће је израдити алате за утискивање прилагођене ФДМ техници 3Д штампе.
- Одређен је проценат промене димензија елемената алата по x , y и z оси, односно одређен је проценат ширења/скупљања елемената алата за утискивање. Анализом ситних елемената на алату за утискивање израђеном ФДМ техником штампе могуће је одредити проценат ширења ПЛА материјала и на основу тих резултата израдити модификован алат. Димензије утиснутих елемената модификованим алатом приближне су дефинисаним вредностима, односно добија се изглед сличан узорцима утиснутим конвенционалним алатима.

- Методом анализе дигитализованих слика утиснутих узорака закључује се да су одабране вредности сила притисака за утискивање папира алатима израђеним са све три технике, у већини случајева довеле до сличних вредности разлика интензитета нијанси сиве између површина слике под сенком и ван сенке. То значи да су за све папире постигнуте сличне вредности контраста приликом утискивања, односно да су употребљене адекватне силе притиска које повољно утичу на видљивост утиснутих елемената.
- Визуелном методом оцене квалитета утиснутих узорака, помоћу Ликертове скале, по питању четири одабрана параметра закључује се да је ФДМ техника штампе, као једна од непрецизнијих техника 3Д штампе, у стању да произведе утиснуте узорке задовољавајућег квалитета без оштећења папира. Унапређењем методе описане овим радом и коришћењем квалитетнијих 3Д штампача, могуће је израдити квалитетне алате, а самим тим и квалитетније утиснуте узорке, што ће бити тема будућих истраживања.
- Показано је да алати израђени ФДМ техником 3Д штампе, могу бити коришћени за израду тиража до 1000 утиснутих узорака без знатног оштећења и промена на утиснутим елементима. Преко 500. утискивања се јављају промене у виду заобљења ивица, али визуелном методом је показано да испитаници не могу уочити разлику између првог и 1000. утиснутог узорка.

Анализом резултата свих претходно спроведених истраживања, закључује се да је употреба 3Д штампе за израду алата за утискивање папирних материјала у графичким производима могућа.

Карактеризацијом производних параметара алата за утискивање израђених ФДМ техником 3Д штампе у циљу побољшања самог процеса израде алата за утискивање, могуће је произвести резултате утискивања приближно сличне резултатима утискивања добијеним употребом конвенционалних алата.

Истраживањем производних параметара ФДМ технике штампе и њиховом карактеризацијом дефинисана је методологија коју је могуће применити и на друге технике адитивне производње превазилазећи ограничења ФДМ технике у домену репродукције ситних елемената форме за утискивање, што је и учињено израдом алата за утискивање СЛА техником 3Д штампе.

Генерални закључак ове докторске дисертације је у складу са Хипотезом 4 у којој је претпостављено да је адекватним одабиром материјала и технике 3Д штампе, могуће произвести алате који задовољавају услове употребе у графичкој производњи уз смањене трошкове и олакшан процес израде алата за утискивање са минималним штетним утицајем на животну средину.

VIII ОЦЕНА НАЧИНА ПРИКАЗА И ТУМАЧЕЊА РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА

Експлицитно навести позитивну или негативну оцену начина приказа и тумачења резултата истраживања.

На основу прегледа и анализе докторске дисертације Комисија сматра да је дисертација адекватно структурирана и у складу с пријављеном темом дисертације.

Приказани резултати су прегледни, систематски изложени и јасно потврђују постављене хипотезе дисертације. Дискусија резултата је аргументована и свеобухватна, а изведени закључци произилазе из добијених резултата. Коришћена литература указује да су размотрени актуелни ставови везани за проблематику карактеризације процесних параметара за израду алата за утискивање ФДМ техником 3Д штампе. На основу напред изложеног, Комисија позитивно оцењује поднету дисертацију. Рад је проверен у софтверу за детекцију плагијаризма *iThenticate (Similarity index 2%)*.

IX КОНАЧНА ОЦЕНА ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Експлицитно навести да ли дисертација јесте или није написана у складу са наведеним образложењем, као и да ли она садржи или не садржи све битне елементе. Дати јасне, прецизне и концизне одговоре на 3. и 4. питање:

1. Да ли је дисертација написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме

Дисертација је написана у складу са образложењем и циљевима истраживања наведеним у пријави теме.

2. Да ли дисертација садржи све битне елементе

Дисертација садржи све битне елементе: опис тематике и проблема, преглед досадашњих истраживања и актуелно стање у области, јасно постављене циљеве и полазне хипотезе истраживања, адекватно коришћене истраживачке методе, прегледан приказ и анализу резултата, адекватну дискусију и јасно презентоване закључке, као и предлог примене у пракси и предлог будућих истраживања. Полазне хипотезе и циљеви истраживања су доказани.

3. По чему је дисертација оригиналан допринос науци

Научни допринос дисертације представља развијена методологија за карактеризацију производних параметара алата за утискивање израђених техником ФДМ штампе, коју је могуће применити и за карактеризацију производних параметара осталих техника 3Д штампе. Оригинални научни допринос дисертације представља и приказ могућности замене традиционалних техника израде алата за утискивање хемијским нагризањем, техникама 3Д штампе, са циљем смањења штетних ефеката на животну средину, потребне опреме и простора за складиштење и производњу. Гледано још шире, допринос ове докторске дисертације је у имплементацији техника 3Д штампе у другим областима графичке струке.

4. Недостаци дисертације и њихов утицај на резултат истраживања

Комисија констатује да је докторска дисертација урађена по свим правилима научног истраживања, развоја и представљања резултата и да нема недостатака.

X ПРЕДЛОГ:
На основу укупне оцене дисертације, комисија предлаже:
<i>Да се докторска дисертација кандидата:</i>
БОЈАН БАЊАНИН
<i>под насловом:</i>
„Карактеризација производних параметара алата за утискивање израђених техником 3Д штампе“
<i>прихвати, а кандидату одобри јавна одбрана.</i>

Нови Сад, _____

НАВЕСТИ ИМЕ И ЗВАЊЕ ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ
ПОТПИСИ ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ

Председник комисије:

др Драгољуб НОВАКОВИЋ, редовни професор,
ФТН, Универзитет у Новом Саду

Члан 1:

др Себастиан БАЛОШ, ванредни професор,
ФТН, Универзитет у Новом Саду

Члан 2:

др Магдолна ПАЛ, доцент,
ФТН, Универзитет у Новом Саду

Члан 3:

др Младен СТАНЧИЋ, доцент,
Технолошки факултет, Универзитет у Бањој Луци

Члан 4, ментор:

др Гојко ВЛАДИЋ, доцент,
ФТН, Универзитет у Новом Саду

НАПОМЕНА: Члан комисије који не жели да потпише извештај јер се не слаже са мишљењем већине чланова комисије, дужан је да унесе у извештај образложење односно разлоге због којих не жели да потпише извештај.