

Универзитет у Крагујевцу

Факултет за машинство и грађевинарство у Краљеву

у Крагујевцу,
Универзитет у Крагујевцу,
Број: 1074/2
Датум: 17 07 2017 год.
Краљева, Даситејева 19.

**НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ ФАКУЛТЕТА ЗА МАШИНСТВО И
ГРАЂЕВИНАРСТВО У КРАЉЕВУ И ВЕЋУ ЗА ТЕХНИЧКО-ТЕХНОЛОШКЕ
НАУКЕ УНИВЕРЗИТЕТА У КРАГУЈЕВЦУ**

Предмет: Извештај комисије о оцени научне заснованости теме докторске дисертације и испуњености услова кандидата Александра Вранића, маг. инж. маш.

Одлуком већа за техничко-технолошке науке Универзитета у Крагујевцу, број IV-04-476/11 од 10.05.2017. године, именовани смо за чланове комисије за оцену научне заснованости теме докторске дисертације и испуњености услова кандидата Александра Вранића, дипломираног машинског инжењера, као и оцену теме докторске дисертације под насловом:

**„Динамичка издржљивост делова од челика произведених
директним ласерским синтеровањем“**

која припада научној области Машинско инжењерство и ужој научној области Машински елементи и Конструисање. На основу увида у приложену документацију, Комисија подноси Наставно научно већу Факултета за машинство и грађевинарство у Краљеву Универзитета у Крагујевцу следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Научни приступ проблему предложеног нацрта докторске дисертације и процена научног доприноса крајњег исхода

У предложеном нацрту докторске дисертације кандидат је дао образложени предмет истраживања наводећи актуелност и допринос истраживања у области изучавања утицаја параметара производње и завршне обраде на динамичку издржљивост делова од алатног челика EOS MS1 (1.2709) и нерђајућег челика EOS PH1 (15-5 PH) произведених технологијом директног ласерског синтеровања метала (у даљем тексту ДМЛС – „Direct Metal Laser Sintering“).

За разлику од конвенционалних технологија израде, где делови настају коришћењем алата за уклањање материјала или обликовање, принцип израде дела технологијом ДМЛС се заснива на додавању потребних количина материјала у слојевима дебљине 20 или 40 μm . Материјал је фини метални прах сачињен од сферних куглица пречника неколико десетина микрометара. Ласерски снап малог пречника, високог интензитета и релативно мале снаге, селективно делује на изабране честице материјала, не услед чега настаје топљење металног праха тако да температура материјала после проласка ласерског снопа брзо опадне испод тачке топљења, а материјал се споји у процесу

очвршћавања. Поменути процес узрокује настанак карактеристичне микроструктуре материјала. Имајући у виду разлику у структури материјала, могућу појаву анизотропности у правцу градње делова и у равни самог попречног пресека, као и могућност појаве укључака и мехурића гаса, испитивање динамичког понашања ДМЛС делова у складу са важећим стандардима је примаран истраживачки подухват да би делови произведени ДМЛС технологијом могли да се користе под истим или сличним условима у експлоатацији као и делови произведени неком од конвенционалних производних технологија. Предлаже се методологија истраживања са посебним освртом на утицај положаја делова током израде, као и завршних поступака обраде, што може довести до значајне промене динамичке издржљивости делова.

Кандидат је предложио програм истраживања у наведеној области која је у складу са савременим научним методама истраживања. Истраживања се базирају на теоријским сазнањима из области одређивања динамичке издржљивости. Динамичка издржљивост делова од челика произведених ДМЛС технологијом ће бити одређивана експерименталним испитивањима у складу са ISO 1143 стандардом за наизменично променљиво оптерећење на савијање. С обзиром да обе хипотезе које се у докторској дисертацији испитују подразумевају упоређивање динамичких издржљивости различитих скупова узорака, различитих оријентација у односу на правац израде или различитих завршних обрада, постојање значајних варијација унутар једног скупа захтева веома пажљиву статистичку обраду података приликом доношења закључака. У складу са тим, добијени резултати ће бити статистички обрађени и међусобно упоређивани према методи коју прописује ISO стандард 12107, који обухвата статистичко планирање експеримената за истраживања динамичке издржљивости, поступке статистичке процене временске и трајне динамичке издржљивости (метод степеника), као и начин обраде и приказивања резултата (Велерова /или S-N/ крива). Такође, у циљу утврђивања повезаности технолошких карактеристика производње са одређеном динамичком издржљивошћу, кандидат предлаже и примену микрографије ради анализе микроструктуре материјала узорака на површини лома, користећи технике и методе: светлосну микроскопију и скенинг електронску микроскопију.

Имајући у виду приказ проблема истраживања, полазне хипотезе и предложене научне методе истраживања нацрт докторске дисертације садржи све елементе који су потребни да би се у изради докторске дисертације дао научни допринос значајан за даљи развој научних истраживања у изучавању динамичког понашања делова од челика произведених ДМЛС технологијом.

Веза са досадашњим истраживањима

Научно-истраживачка активност кандидата припада области Машински елементи и конструисање, а уско је везана за примену дигиталних технологија у конструисању и развоју производа. Научни и стручни радови кандидата објављени у научним и стручним часописима, као и радови презентовани на међународним конференцијама усмерени су на изучавање динамичког понашања делова, на примену поступака адитивне производње и технике тродимензионалног скенирања за контролу димензија и оптимизацију геометрије. Кандидат се фокусирао на приступ који комбинује примену аналитичких и експерименталних метода, као и примену методе коначних елемената. Рад везан за ову дисертацију омогућава кандидату да оствари континуитет у

свом истраживачком раду, што поред стручног усавршавања има за циљ и расветљавање проблематике у поменутој области истраживања.

2. Образложење предмета, метода и циља који уверљиво упућују да је предложена тема од значаја за развој науке

Предмет, циљеви и хипотезе ове дисертације обухватају следеће:

Предмет дисертације је спровођење експеримената и анализа добијених резултата ради утврђивања динамичке издржљивости епрувета од челика произведених технологијом директног ласерског синтеровања метала (у даљем тексту – ДМЛС, изведено из назива на енглеском језику „Direct Metal Laser Sintering“).

ДМЛС припада групи адитивних технологија производње (у даљем тексту АМ – „Additive Manufacturing“) које се заснивају на принципу израде делова додавањем материјала, без коришћења алата за обликовање или уклањање материјала. Производни процес АМ обухвата три фазе: припрему модела (предпроцесирање), изградњу дела и завршну обраду. Прва фаза почиње моделовањем геометрије делова коришћењем неког од САД програма. Коришћењем развијеног 3Д модела, специјализовани софтвер затим израчунава хоризонталне попречне пресеке дела на међусобним растојањима реда десет микрометара, који служе као полазна информација за реализацију друге фазе. Изградња дела се врши производњом слојева који имају облик израчунатих попречних пресека, а дебљина слоја је једнака растојању међу попречним пресецима. АМ технологије се међусобно разликују према материјалима који се користе у производњи и начину на који се материјал повезује при изградњи слојева.

Материјал који се користи код ДМЛС је метални прах сачињен од сферних куглица пречника од 10-50 микрометара. Спајање материјала се код ове технологије изводи топљењем металног праха у контролисаним условима у погледу температуре, радне атмосфере и дебљине слоја металног праха. Метални прах се топи ласерским снопом високог интензитета али релативно мале снаге, тако да температура материјала после проласка ласерског снопа брзо опадне испод тачке топљења, а материјал се споји у процесу очвршћавања. Оптички систем усмерава ласерски снап тако да спојени материјал има облик одговарајућег попречног пресека дела, а с обзиром на малу дебљину слоја, истопљени материјал се повезује и са претходно формираним, очврстнутим, слојем дела [4-6].

Током *ДМЛС процеса* настаје карактеристична микроструктура материјала која је формирана брзим топљењем *танког слоја праха*, ласерским снопом малог пречника. За разлику од тога, *ливењем се*, на пример, *целокупна запремина* из растопљене фазе хлађењем преводи у чврсту фазу. При томе брзина хлађења зависи од количине материјала. Спорије хлађење и очвршћавање код ливења, у односу на брзо топљење и брзо хлађење код ДМЛС-а, за исти материјал доводи до формирања различитих структура и механичких карактеристика [33,34].

Описани процес изградње делова производњом и спајањем међусобно паралелних слојева захтева разматрање изотропности особина материјала и делова, јер се могу очекивати разлике у особинама материјала у правцу градње и правцима који леже у

равни слојева. Овој анизотропији доприноси и постојање температурског градијента дуж правца градње који настаје због тога што се слојеви материјала не изграђују истовремено. Оријентација делова у односу на правац градње је стога један од значајних фактора који могу утицати на све, па и на динамичке, карактеристике делова произведених овом технологијом.

Поред тога, анизотропности и нехомогености материјала делова у равни слојева доприноси и неравномерно загревање попречног пресека делова током градње, које настаје услед кретања интензивног ласерског снопа по површини попречног пресека.

Поред претходних разлога, који су везани за анизотропност материјала од кога се граде делови, нехомогеност материјала дела узрокују и мехурићи гаса и неметални укључци. Узроци појаве укључака могу бити смањење растворљивости растворених елемената у растопу током хлађења и очвршћавања, хемијске реакције, или захватање мехурића гаса који не стигну да испливају из растопа.

Из претходно описаних разлога се механичка својства делова добијених ДМЛС технологијом могу разликовати од својстава делова произведених конвенционалним технологијама производње. Упркос чињеници да се овом технологијом производе делови густином која је готово једнака (~ 98-99%) густини делова произведених ковањем, постојећа порозност може представљати проблем за примене које захтевају високу чврстоћу и отпорност на замор. Имајући у виду да је материјал у облику финог праха и да се процес израде састоји у изради делова слој по слој, при чему дебљина слоја износи између 20 и 40 μm , порозност је присутна у мањој или већој мери по целој запремини дела. Са тачке гледишта динамичке издржљивости, код необрађених узорака је осим храпавости, проблем и порозност која је распоређена како по запремини тако и на површини узорака, и може представљати извор иницијалне прслине [8, 9, 13, 14, 26, 28, 29]. У радовима [7, 9, 13, 15, 19, 20, 23, 24, 26, 27, 28, 30] су разматрани разлози настанка и утицаја порозности на механичке карактеристике делова произведених АМ технологијама. Места порозности осим што слабе материјал у смислу смањења површине попречног пресека, узрокују и појаву микроконцентрације напона. Порозност је везана за специфичност производње, и зависи од комбинације параметара попут снаге и брзине кретања ласера, дебљине слоја, преклапања трагова ласера [31,32].

Иако ДМЛС, као и друге АМ технологије, пружа јединствене предности које су повезане са могућностима производње сложених облика и већом брзином производње у односу на конвенционалне технологије, стање површинског слоја израђених делова може бити важан недостатак, посебно посматрано са аспекта динамичке издржљивости. Стога трећа фаза производног процеса ДМЛС технологијом представља завршну обраду дела, најчешће термичком обрадом, пескарењем и/или резањем. Додатни поступци обраде утичу на повећање тврдоће, али имају улогу и да смање или потпуно елиминишу заостале напоне који се јављају као последица велике брзине топљења и хлађења материјала [5,10,13,18,24-27]. *Машинском обрадом* се елиминише утицај стања површинског слоја дела па дебљина слоја који се уклања приликом машинске обраде може представљати значајан фактор за динамичку издржљивост.

Да би делови произведени ДМЛС технологијом могли да се користе под истим или сличним условима у експлоатацији као и делови произведени неком од конвенционалних технологија израде, а имајући у виду разлику у структури материјала, потребно је да се у потпуности испита статичко и динамичко понашање ових делова у складу са важећим стандардима. Док су статичке карактеристике делова произведених АМ технологијама познате, истраживања, па самим тим и знања, о њиховим динамичким карактеристикама су оскудна [7-12]. У литератури су доступни резултати динамичких испитивања узорака од легура алуминијума [10,13,14] произведених технологијом селективног топљења ласером. За ДМЛС технологију су доступни резултати динамичких испитивања узорака од легура титанијума [15-18] и легуре никла [19,20], док се проблемом динамичке издржљивости узорака од алатног челика бави истраживачки тим са Универзитета у Болоњи /Италија/ и Факултета за машинство и грађевинарство у Краљеву [21].

Познато је да челици поседују високу чврстоћу, добру заварљивост и димензионалну стабилност током термичке обраде. Челични делови произведени ДМЛС технологијом се углавном користе за три подручја примене: 1) у медицини, 2) у ваздухопловној и аутомобилској индустрији, у којима супериорна механичка својства и способност заваривања представљају врло важне карактеристике, и 3) за израду алата за примене које захтевају врхунску машинску обраду, и за израду уметака алата за бризгање пластике са оптимизованим каналима за хлађење. Након завршеног процеса градње директним ласерским синеровањем, тврдоћа челичних делова износи 30-35 HRC. Повећање тврдоће се постиже накнадном обрадом термалним старењем на повишеним температурама.

Ослањајући се на сарадњу са поменутиим истраживачким тимом, ова дисертација има за **циљ** да утврди утицај технолошких карактеристика производног процеса на динамичку издржљивост делова произведених директним ласерским синтеровањем челика.

Специфични циљеви дисертације су да се утврди како на издржљивост делова произведених ДМЛС технологијом утичу:

- Оријентација делова приликом израде,
- Обрада термалним старењем на повишеним температурама и
- Завршна обрада уклањањем површинских слојева материјала резањем

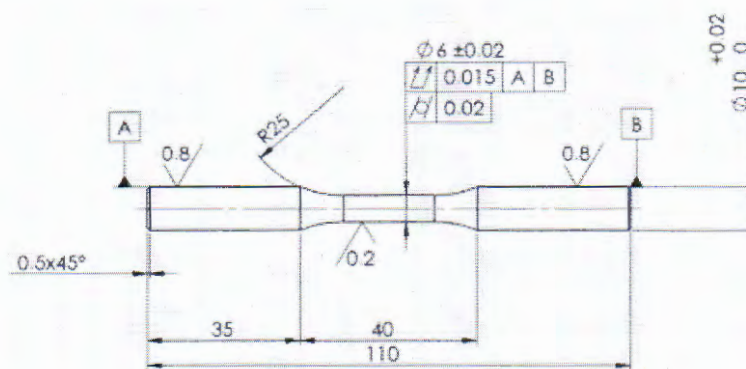
Основне хипотезе

- 1) Оријентација делова утиче на динамичку издржљивост делова произведених ДМЛС технологијом;
- 2) Термичком обрадом и завршном обрадом резањем се смањује разлика између динамичке издржљивости делова произведених ДМЛС технологијом и делова произведених од конвенционалним технологијама;

Методe истраживања

Динамичка издржљивост делова произведених директним ласерским синтеровањем челика ће бити одређивана експерименталним испитивањима у складу са ISO 1143 стандардом за наизменично променљиво оптерећење на савијање које се остварује ротационим кретањем. Стандард ISO 1143 објашњава принцип испитивања, прописује

облик и димензије узорака/спрувета (слика 3) начињених од материјала чија се динамичка издржљивост испитује, припрему узорка за испитивање, тачност мерне опреме, поступак мерења, начин обраде података и предстаљање крајњег резултата.



Слика 3. Епрувета малих димензија ISO 1143

Познато је да резултати одређивања динамичке издржљивости узорака према ISO стандарду показују значајну варијацију чак и када се експерименти изводе веома пажљиво и у потпуно контролисаним условима. Варијације експерименталних резултата међу појединим узорцима који су номинално једнаки настају услед два различита узрока: 1) случајних разлика међу узорцима и 2) услед суштински стохастичке природе лома услед замора материјала који се одвија при овим експерименталним испитивањима. С обзиром да обе хипотезе које се у докторској дисертацији испитују подразумевају упоређивање динамичких издржљивости различитих скупова узорака (различитих оријентација у односу на правац израде или различитих завршних обрада), постојање значајних варијација унутар једног скупа захтева веома пажљиву статистичку обраду података приликом доношења закључака. Да би се дошло до поузданих закључака, добијени резултати ће бити статистички обрађени и међусобно упоређивани према методи коју прописује ISO стандард 12107. Овај стандард представља статистичке принципе на којима се обрада података заснива, статистичко планирање експеримената за истраживања динамичке издржљивости, поступке статистичке процене временске и трајне динамичке издржљивости (метод степеника), као и начин обраде и приказивања резултата (Велерова /или S-N/ крива).

Ради утврђивања повезаности технолошких карактеристика производње са одређеном динамичком издржљивошћу, металографским испитивањима ће бити анализирана микроструктура материјала узорака на површини лома. С обзиром да се у дисертацији истражују утицај оријентације узорака у односу на правац градње и завршне обраде, као фактора који утичу на динамичку издржљивост, металографска испитивања ће се фокусирати на карактеристике микроструктуре које су повезане са тим факторима, а пре свега порозности, присуства укључака и праваца слојева материјала. Циљ светлосне микроскопије је да на полираним узорцима уз квантитативну и квалитативну анализу микроструктурних конститутената путем анализе слике утврди у којој мери порозност, присуство укључака и правац слојева материјала утиче на настанак иницијалне прелине, јер би се на тај начин могао објаснити механизам којим

оријентације узорака у односу на правац градње и завршне обраде утичу на динамичку издржљивост.

Оквирни садржај докторске дисертације

Докторски рад биће изложен у седам поглавља са следећим садржајем:

1. Уводни део који ће садржати: преглед развоја адитивне производње. Преглед доступних технологија и материјала за адитивну производњу. Преглед досадашњих резултата истраживања. Преглед литературе из области истраживања
 2. Опис технологије директног ласерског синтеровања метала, припреме производње, израде и завршне обраде делова.
 3. Извођење експерименталног испитивања различитих сетова епрувета са статистичком обрадом података.
 4. Анализа експерименталних резултата
 5. Анализа микроструктуре материјала и површине лома
 6. Дискусија резултата
 7. Закључак
 8. Литература.
- 3. Образложење теме за израду докторске дисертације која омогућава закључак да је у питању оригинална идеја или оригинални начин анализирања проблема**

Комисија закључује да је предложена тема докторске дисертације „Динамичка издржљивост делова од челика произведених директним ласерским синтеровањем“ кандидата Александра Вранића оригинална идеја.

- 4. Усклађеност дефиниције предмета истраживања, основних појмова, предложене хипотезе, извора података, метода анализе са критеријумима науке уз поштовање научних принципа у изради коначне верзије докторске дисертације**

Кандидат Александар Вранић је у достављеној пријави теме докторске дисертације користећи одговарајућу научно стручну терминологију дефинисао предмет истраживања и ускладио са основним појмовима, наведеним хипотезама и методама истраживања. Кандидат ће, у својој докторској тези, обухватити све елементе савременог научно-истраживачког рада поштујући основне критеријуме науке и научних принципа и метода анализе, имплементацијом постојећих и развијењем оригиналних идеја научног истраживања. Предложена научно стручна литература је адекватна и актуелна, из чега се закључује да ће тему дисертације кандидат обрадити студиозно, користећи теоријске основе научних дисциплина релевантних за проблематику. У дисертацији ће бити анализирани и вредновани бројни научни и стручни извори који се односе на сагледану тематику. Добијени резултати би

представљали оригинални допринос истраживачкој области кандидата јер тематика предложене теме докторске дисертације није довољно истражена.

5. Преглед научно-истраживачког рада кандидата

Рођен 20.10.1983. године у Краљеву. Завршио основну школу „Драган Ђоковић – Уча“ у Лађевцима. Након основне школе уписао средњу машинску школу „14. октобар“ у Краљеву, коју је завршио са врло добрим и одличним успехом. Студије на Машинском факултету у Краљеву (сада Факултет за машинство и грађевинарство у Краљеву) уписао школске 2002/03. године. Дипломирао 14.07.2009. године на смеру Конструисање и пројектовање у машиноградњи, група за Компјутерско пројектовање и дизајн. Током студија остварио просечну оцену 8.89 (осам и 89/100) и одбранио дипломски рад под називом „Развој и анализа носеће конструкције система за коси транспорт у отвореној кабини“ са оценом 10 (десет).

У периоду од 2008.-2009. године је радио у предузећу АМИГА д.о.о. у Краљеву као техничар конструктор. Радни однос је засновао пре завршених основни студија, што је делимично утицало на продужетак студија али је довело до значајног практичног искуства на изради техничке документације за стубове јавне расвете, семафорске стубове, решеткасте стубове за расвету и мобилну телефонију. Руководио пословима постављања система за вештачки снег на стазама Караман гребен А, Караман гребен Б и Панчић центар на Копаонику. У периоду 2010-2011 је радио у Горњем Милановцу у Фабрици ауто делова ФАД а.д. као главни инжењер погона финализације и као главни планер производње у одељењу оперативне припреме производње. Завршио је курс за интерни аудит ISO TS 16949. Као главни инжењер погона финализације, стекао је значајно искуство у руковођењу, планирању и раду са људима.

Докторске студије је уписао школске 2010/11. године на Машинском факултету у Краљеву (сада Факултет за машинство и грађевинарство у Краљеву). Студент је III (треће) године докторских студија. Положио је све испите предвиђене програмом студија, са просечном оценом 9,40 (девет и 40/100). Чита, пише и говори енглески језик.

Од 2011. до 2017. радио је на Факултету за машинство и грађевинарство у Краљеву као асистент је за ужу научну област Машински елементи и Конструисање. Ангажован на извођењу аудиторних и самосталних вежби из предмета: Машински елементи 1, Машински елементи 2, Конструисање, Развој и дизајн машина, Техничко цртање и Адитивне технологије за развој производа. Учествоје у раду лабораторије „3Д Импулс“, на пословима везаним за сарадњу са привредом. У оквиру рада у лабораторији, учествује на пословима моделовања, тродимензионалног скенирања, реверзног инжењеринга, пројектовања и припреме модела за производњу адитивним технологијама.

Од почетка рада на Факултету, кандидат је активно учествовао у реализацији домаћих и међународних истраживачких пројеката.

- Од 2014. до данас је део истраживачког тима у пројекту „Развој методологија и средстава за заштиту од буке урбаних средина“, евиденциони број ТР37020, Министарства за науку и технолошког развоја Републике Србије.

- Од 2011. до 2013. је радио на ЕУ РСЕДП2 пројекту „Innovation Management for new Products (IMPuls)“, у оквиру којег је прошао обуке из области дигиталних технологија. Овладао је технологијом тродимензионалног скенирања и примене адитивних технологија за оптимизацију облика и унапређење функције делова.
- Од 2017. је део истраживачког тима пројекта, који се финансира у оквиру ЕУ програма ХОРИЗОНТ 2020, „Advanced design rules for optimMAI Dynamic properties of Additive Manufacturing products (A_MADAM)“, уговор No: 734455, који за циљ има да истражи динамичко понашање и постави напредна правила дизајна за делове произведене адитивном производњом, „Дизајн за адитивну производњу“.

У оквиру програма размене наставног особља и студената Ерасмус+, боравио је у Италији на Универзитету у Болоњи четири месеца, школске 2016/2017 године, на департману за индустријски инжењеринг. У оквиру размене усавршавао се у области испитивања динамичке издрљивости, анализе и обраде експерименталних резултата.

Научно-истраживачка активност кандидата припада области машинских елемената и конструисања, а уско је везана за примену дигиталних технологија у конструисању и развоју производа. Кандидат је објавио четрнаест научних и стручних радова у домаћим и међународним часописима, као и на међународним скуповима.

На основу података датих у оквиру биографије, као и на основу личног познавања и рада са кандидатом, сматрамо да је кандидат Александар Вранић у досадашњем раду показао висок степен интересовања за освајање нових знања и способност и креативност у научно-истраживачком раду. Кандидат говори и пише на енглеском језику, што је неоподно за научни рад.

Објављени радови кандидата

Као аутор и коаутор објавио радове у међународним, домаћим часописима и међународним на скуповима.

Радови у часописима са SCI листе:

(категорија M21)

1. Croccolo, D., De Agostinis, M., Fini, S., Olmi, G., Vranic, A., Ciric-Kostic, S.: *Influence of the build orientation on the fatigue strength of EOS maraging steel produced by additive metal machine*, Fatigue and Fracture of Engineering Materials and Structures 39 (5) (2016), pp. 637-647, DOI: 10.1111/ffe.12395, ISSN: 8756-758X

Радови у међународним часописима који нису на СЦИ листи:

(Категорија M51)

2. Bogojević N., Ćirić Kostić S., Šoškić Z., **Vranić A.**: *Calculation of bandwidth of a transducer for lateral force acting in wheelsets of railway vehicles*, Mechanics Transport Communications 2011, Issue 3, Article No. 0576, 2011, ppVI-13 – VI-19 (ISSN 1312-3823).

3. Ćirić Kostić S., **Vranić A.**: *Basic Concepts, Applications and Possibilities of Additive Manufacturing Technologies*, Mechanics Transport Communications, Vol. 10, 2012 , pp. UK-7.10-7.19 (ISSN:1312-3823).
4. **Vranić A.**, Ćirić Kostić A., Šoškić Z.: *Dimension control and measurement of turbine blades by optical 3D scanner*, Mechanics Transport Commnications , Vol. 11, 3/2013, article № 0882, pp DS 72-DS 79 (ISSN 1312-3823).

Радови у домаћим часописима:

(Категорија M24)

5. Šalinić S., **Vranić A.**, Nešić N., Tomović A. :*On the Torque Transmission by a Cardan-Hooke Joint*, FME Transactions, (2017), VOL. 45, No 1, pp117-121, (ISSN1451-2092), doi:10.5937/fmet1701117S.

(Категорија M52)

6. **Vranić A.**, Ćirić Kostić S., Šoškić Z., *Razvoj procedure za kontrolu kvaliteta lopatice turbine pomoću trodimenzionalnog skeniranja*, IMK 14 – Istraživanje i razvoj, Vol.19, 2/2013, str. 51-56, Kruševac 2013. (ISSN 0354-6829).
7. **Vranić A.**, Ćirić Kostić S., *Analiza uticaja geometrijskih parametara na modalno ponašanje sendvič panela*, IMK 14 – Istraživanje i razvoj, Vol.21, 1/2015, str. 29-34, Kruševac 2015. (ISSN 0354-6829).

Саопштења на међународним научним скуповима:

(Категорија M33)

8. Ćirić Kostić S., Ognjanović M., **Vranić A.**: *Effect of Design Parameters to Modal Behavior of Gear Unit Housings*, Proceedings of the VII International Conference Heavy Machinery - HM2011, Vrnjačka Banja, Srbija, 2011, pp D61-D67 (ISBN 978-86-82631-58-3).
9. Ćirić Kostić S., Ognjanović M., **Vranić A.**, *Influence of structural parameters and excitation on modal behaviour of gearbox housings*, Proceedings of the 7th International symposium machine and industrial design in mechanical engineering, KOD – 2012, Balatonfured, Hungary, pp 375-380 (ISBN 978-86-7892-399-9).
10. Poodts E., **Vranić A.**, Ćirić Kostić S., Šoškić Z., *Method for control 3D scanned turbine blade in accordance with the alignment of coordinate planes*, 35th International Conference on Production Engineering, Kraljevo, 2013, Serbia, pp. 229-234 (ISBN 978-86-82631-69-9).
11. **Vranić A.**, Ćirić Kostić S., Tatić B.: *Influence of Sub-structures' Shape on Vibration Behaviour of Sandwich Walls*, Proceedings of the VIII International Conference Heavy Machinery - HM2014, Zlatibor, Serbia, 2014, pp E.17-E.22, (ISBN 978-86-82631-74-3.)
12. **Vranić A.**, Todić N., Ćirić Kostić S.: *Influence of Design Parameters on modal Behaviour of Sandwich panels*, Proceedings of the 24th International Conference Noise and Vibration, Niš Serbia, 29-31.10.2014, pp 129-134, (ISBN 978-86-6093-062-2).

13. Croccolo D., De Agostinis M., Fini S., Olmi G., **Vranić A.**, Ćirić Kostić S.: *Influence of the Growth Angle on the Fatigue Strength of EOS Maraging Steel Produced by Additive Metal Machine*, Proceedings M2D2015 6th International Conference on Mechanics and Materials in Design, Ponta Delgada Azores, Portugal, 26-30 July 2015, 2015, pp. 235 – 244. (ISBN: 978-989-98832-3-9)

На основу свега наведеног у претходним тачкама овог извештаја Комисија доноси следећи

ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ КОМИСИЈЕ

Александар Вранић, мастер инжењер машинства, испунио је све предвиђене услове за израду докторске дисертације.

Комисија предлаже Наставно-научном већу Факултета за машинство и грађевинарство у Краљеву Универзитета у Крагујевцу и Већу за техничко-технолошке науке Универзитета у Крагујевцу да наведену предложену тему за докторску дисертацију:

„Динамичка издржљивост делова од челика произведених директним ласерским синтерованем“

прихвати и одобри њену израду кандидату Александру Вранићу, маг. инж. маш.

Комисија предлаже да ментор ове докторске дисертације буде др Снежана Ћирић Костић, доцент Факултета за машинство и грађевинарство у Краљеву Универзитета у Крагујевцу.

У Краљеву,

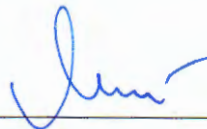
20.06.2017.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

1. **Др Снежана Ћирић Костић**, доцент, Факултет за машинство и грађевинарство у Краљеву, ужа начна област: Машински елементи и Конструисање, председник комисије.



2. **Др Марко Милош**, ванредни професор, Машински факултет Београд, ужа научна област: Опште машинске конструкције – дизајн у машинству, члан комисије



3. **Др Оливера Ерић Цекић**, ванредни професор, Факултет за машинство и грађевинарство у Краљеву, ужа начна област: Машински материјали, члан комисије

