

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ ФАКУЛТЕТА ИНЖЕЊЕРСКИХ НАУКА

ВЕЋУ ЗА ТЕХНИЧКО-ТЕХНОЛОШКЕ НАУКЕ УНИВЕРЗИТЕТА У КРАГУЈЕВЦУ

На седници Наставно-научног већа Факултета инжењерских наука у Крагујевцу одржаној 24.12.2020. (број одлуке: 01-1/4822-21) и на седници Већа за техничко-технолошке науке одржаној 20.01.2021. (број одлуке: IV-04-16/16) одређени смо за чланове Комисије за подношење извештаја за оцену научне заснованости теме и испуњености услова кандидата за израду докторске дисертације:

РАЧУНАРСКА СИМУЛАЦИЈА И ОПТИМИЗАЦИЈА ПОСТУПКА ЗАВАРИВАЊА АЛУМИНИЈУМСКИХ ЛЕГУРА

у научној области Машинско инжењерство кандидата **Андреје Радовановића, маг. инж. маш.** На основу података којима располажемо достављамо следећи

ИЗВЕШТАЈ

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

У предложеном нацрту докторске дисертације кандидат је образложио предмет истраживања наводећи актуелности и значај предложене теме у области рачунарске симулације и оптимизације поступка заваривања алуминијумских легура.

Генерални циљ истраживања је креирање софтверског алата који омогућава брзу оптимизацију процеса заваривања за добијање бољих механичко-металографских карактеристика заварених спојева алуминијумских легура. Квалитет завареног споја се може дефинисати у погледу својстава као што су геометрија, механичко-металографска својства и деформације након заваривања. Успостављање корелација између параметара процеса заваривања и механичко-металографских карактеристика завареног споја, омогућиће креирање софтверске симулације поступка заваривања са датим параметрима, у циљу предвиђања механичких карактеристика завареног споја (затезна чврстоћа, отпорност на савијање и тврдоћа) као и микроструктуре (величина и облик зрна) и евентуално појављивање микропрелина.

Веза са досадашњим истраживањима

Увидом у објављене радове у научним и стручним часописима, као и радове објављене на међународним конференцијама може се закључити да је кандидат Андреја Радовановић био укључен у истраживања из области рачунарске симулације, нумеричког моделирања и оптимизације. Веома значајно за успешну реализацију планираних активности, је велико практично искуство кандидата у области заваривања алуминијумских компоненти у области шинске индустрије, више од 3 године, у компанијама које се баве производњом елемената шинских возила. Кандидат поседује и лиценцу Међународног инжењера заваривања IWE/EWE, бр. лиценце: SRB/IWE/00611.

Рад у оквиру предложене дисертације омогућава кандидату да оствари континуитет у свом истраживачком раду, што поред стручног усавршавања кандидата има за циљ и оптимизацију поступка заваривања алуминијумских легура у циљу добијања одговарајућих механичких и металографских карактеристика заварених спојева који имају примену у реалној производњи у области шинске индустрије.

Предстојећа истраживања кандидата такође настављају истраживања у којима је кандидат учествовао до сада, према листи наведених радова, као и радове других аутора, а ослањала би се на публиковане радове следећих аутора:

(Nenad Grujovic, Fatima Zivic, Miroslav Zivkovic, Milan Sljivic, **Andreja Radovanovic**, Luka Bukvic, Milos Mladenovic, Aleksandar Sindjelic, 2017)¹ приказује развој нових композитних материјала применом адитивних технологија, у оквиру којих софтверско моделирање за дизајн материјала представља основу развоја ових дигиталних производних технологија. Приказан је софтверски развој CAD модела финалних производа, приказана производна технологија и њена оптимизација, као и утицај параметара процеса производње на квалитет финалног производа.

(Nenad Grujović, Miroslav Živković, Fatima Živić, Milan Šljivić, **Andreja Radovanović**, Miloš Mladenović, 2015)² проучава оптимизацију трошкова производње код примене адитивних технологија које су базиране на софтверском управљању производног процеса. Приказан је преглед адитивних технологија производње и утицајних трошкова на цену производа, као и варијабли у процесу нумеричке оптимизације. Анализиран је један случај с аспекта свих трошкова у производњи, и дата упоредна анализа две производне технологије.

¹ Nenad Grujovic, Fatima Zivic, Miroslav Zivkovic, Milan Sljivic, Andreja Radovanovic, Luka Bukvic, Milos Mladenovic, Aleksandar Sindjelic, Custom design of furniture elements by fused filament fabrication, Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part C: Journal of Mechanical Engineering Science, 2017, Vol. 231, No. 1, pp. 88-95, ISSN: 0954-4062

² Nenad Grujović, Miroslav Živković, Fatima Živić, Milan Šljivić, Andreja Radovanović, Miloš Mladenović, Cost Optimization of Additive Manufacturing in Wood Industry, 12th International Conference on Accomplishments in Electrical and Mechanical Engineering and Information Technology – DEMI 2015, Banja Luka, Bosna i Hercegovina, 29 - 30 maj 2015., pp.275-286, ISBN 978-99938-39-53-8

(M. Islam, A. Buijk, M. Rais-Rohani, K.Motoyama, 2014)³ анализира нумеричку оптимизацију процеса заваривања базирану на симулацији заварених структура. Дат је један предлог метода оптимизације код процеса заваривања који се базира на методи коначних елемената и генетским алгоритмима. Приказан је начин оптимизације параметара као подршка експерименту са циљем утврђивања оптималних параметера процеса заваривања с аспекта тражених карактеристика заверног споја.

(D. Weller, C. Hagenlocher, T. Steeb, R. Weber, T.Graf, 2018)⁴ у раду је приказан начин карактеризације и оптимизације алуминијумских легура применом корелације дигиталних слика. Анализирана је комбинација експерименталних испитивања са нумеричким и софтверским методама оптимизације.

(D. Pathak, R.P. Singh, S. Gaur, V. Balu, 2020)⁵ анализира утицај различитих параметара заваривања на затезну чврстоћу заварених спојева код челика са ниским садржајем угљеника.

(M. Vigneshwar, S.T. Selvamani, P. Hariprasath, K. Palanikumar, 2018)⁶ проучаване су механичке карактеристике, металуршка својства и замор код фриксионо заварених различитих легура алуминијума, с аспекта оптимизованих услова заваривања. Посматране су легуре серије бxxx, као широко примењени материјали. Заваривање легура алуминијума серије бxxx са другим врстама алуминијумских легура је изузетно значајно код елемената код којих се захтева смањена тежина.

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 ове докторске дисертације је софтверска симулација и оптимизација процеса параметара заваривања алуминијумских легура, односно систематско истраживање могућности оптимизације параметара за постизање захтеваних карактеристика завареног споја, с аспекта финалних механичко-металографских карактеристика алуминијумских легура, за практичну примену у области шинске индустрије.

³ M. Islam, A. Buijk, M. Rais-Rohani, K.Motoyama: Simulation-based numerical optimization of arc welding process for reduced distortion in welded structures, 54-64, 2014

⁴ D. Weller, C. Hagenlocher, T. Steeb, R. Weber, T.Graf, Self-restraint hot cracking test for aluminum alloys using digital images correlation, 10th CIRP Conference on Photonic Technologies, 430-433, 2018

⁵ D. Pathak, R.P. Singh, S. Gaur, V. Balu, Experimental investigation of effects of welding current and electrode angle on tensile strength of shielded metal arc welded low carbon steel plates, 929-931, 2020

⁶ M. Vigneshwar, S.T. Selvamani, P. Hariprasath, K. Palanikumar, Analysis of mechanical, metallurgical and Fatigue behavior of friction welded AA60661-AA2024 dissimilar aluminum alloys in optimized condition, 7853-7863, 2018

Основни циљ предложене дисертације је оптимизација процеса и параметара заваривања који ће бити усмерени ка практичној примени заварених спојева на елементима који се користе у области шинске индустрије. Легуре на бази алуминијума су веома специфичне због својих својстава (густина, механичке карактеристике, корозиона отпорност, деформабилност и могућност заваривања, цена) и њихово истраживање с аспекта заваривања је веома актуелно. Рад има за циљ да анализира утицај улазних параметара заваривања (амбијентални и процесни) алуминијумских легура, као и утицај истих параметара на комбинације група алуминијумских легура, у циљу добијања захтеваног квалитета крајњег производа и оптимизације поступка заваривања, а усмерено ка постизању уштеда с аспекта ангажовања људских ресурса, материјала и енергије.

У циљу развоја нумеричког модела за оптимизацију процеса заваривања са аспекта улазних параметара, постављене су следеће хипотезе:

- Различите методе софтверске оптимизације могу да обезбеде моделирање процеса заваривања чиме се омогућава управљање улазним параметарима према захтеваним механичко-металографским карактеристикама завареног споја. Оптимизацијом се може постићи ефикасан и правилан избор параметара заваривања чиме се знатно смањују потребни ресурси за добијање високог квалитета производа (материјал, енергија, људски ресурси и уређаји).
- Улазни параметри процеса заваривања суштински одређују квалитет завареног споја, с аспекта његових механичких карактеристика (затезна чврстоћа, отпорност на савијање и тврдоћа), микроструктуре (величина и облик зрна), као и појаве прелина. Успостављањем корелације између улазних параметара процеса и финалних карактеристика завареног споја могу се дефинисати методе за процену квалитета завареног споја (механичко-металографских карактеристика), на основу улазних параметара процеса заваривања.
- Неповољне механичке и микроструктурне карактеристике завареног споја, код алуминијумских легура које су практично примењене у индустрији шинских возила, могу се потпуно елиминисати правилним избором параметара процеса заваривања, што представља дуготрајан процес код било каквих измена основних материјала. Претпоставља се да ће оптимизација процеса омогућити најбоља решења за значајно краће време, чиме се штеде важни ресурси у индустрији (време, материјал, енергија, ангажовање људских ресурса).
- База података експериментално одређених карактеристика заварених спојева код серије алуминијумских легура које се практично примењују у индустрији шинских возила може да омогући ефикасно креирање нумеричког модела за оптимизацију процеса заваривања са аспекта улазних параметара и даље креирање софтвера као помоћног алата код избора оптималних параметара заваривања. Тренутно постојећи експериментални подаци за механичко-металографске карактеристике заварених спојева алуминијумских легура се већином односе на генералне класе легура.

Експериментално истраживање у предложеном раду којим ће се утврдити механичко-металографске карактеристике заварених спојева код серије алуминијумских легура које се практично примењују у индустрији шинских возила допуниће постојећу базу знања и омогућити успостављање потпуних корелација, као и валидацију постављених нумеричких модела.

Методe истраживања

Истраживања планирана у оквиру докторске дисертације биће теоријска, експериментална и софтверска. Методе које ће се у раду користити су:

- Експерименталне методе
- Нумеричко моделирање
- Симулације
- Квантитативна и квалитативна анализа података

Процесни параметри заваривања имају пресудан утицај на крајње механичко-металографске карактеристике завареног споја. На те карактеристике директно утичу термо-механичка напрезања у материјалу у току и након заваривања. Заваривање алуминијумских легура је посебно изазовна област у практичној индустријској примени, јер чак и мале промене структуре основних материјала који се заварују може довести до драстичних неповољних карактеристика завареног споја и појаве дефектних делова, чиме се онемогућава примена тако заварених елемената у реалним системима, као што су структурни елементи вагона.

Експерименталне методе ће укључивати израду заварених узорака различитим поступцима заваривања под различитим условима и улазним параметрима. Провера механичко-металографских карактеристика материјала ће бити реализована на савременим уређајима за одређивање затезне и савојне чврстоће материјала, жилавости, тврдоће као и металографских карактеристика. За структурну карактеризацију и анализу квалитета експерименталних узорака, примениће се савремене методе и уређаји као што су оптичка и SEM микроскопија. Мериће се релевантни параметри за квалитет завареног споја, као што су: величина и облик зрна, ширина и структурни конституенти у зони завареног споја; величина секундарних дендритних грана (ДАС), као главног показатеља брзине хлађења; величина, присутност и расподела порозности, величина и број прелина. Нумеричко моделирање ће бити реализовано применом методе коначних елемената и других метода, што ће омогућити нумеричку анализу механичких карактеристика завареног споја. Софтверске симулације понашања завареног споја ће бити реализоване применом софтверских алата, уз коришћење нумеричких резултата. Нумерички резултати ће се упоређивати са експериментално добијеним механичким карактеристикама заварених узорака алуминијумских легура, након чега ће се извршити анализа добијених резултата. Анализа експерименталних и нумеричких резултата ће обезбедити формирање мањег броја комбинација различитих улазних параметара заваривања. Користиће се

вишекритеријумски алати и статистичке корелације применом различитих метода процене.

Сви експериментални узорци биће међусобно упоређивани са циљем добијања најбољих механичких и металографских карактеристика с аспекта области практичне примене. Експериментална студија ће омогућити валидацију и унапређење оптимизационог модела тестирањем структура произведених према параметрима процеса добијеним оптимизационим моделом. На основу нумеричких и експерименталних резултата проучаваће се методе оптимизације за специфичне примене, на основу чега ће бити креиран софтвер са базом података, који ће омогућити да се на основу улазних величина одреде оптимални параметри заваривања као и пост-процесирања након заваривања у циљу добијања захтеваних карактеристика материјала.

Оквирни садржај докторске дисертације

Кандидат је планирао да докторска дисертација буде реализована кроз седам поглавља:

1. Увод
2. Теоријска разматрања
3. Експериментална истраживања
4. Оптимизација поступка заваривања
5. Анализа резултата
6. Закључак
7. Литература

3. Образложење теме за израду докторске дисертације које омогућава закључак да је у питању оригинална идеја или оригиналан начин анализирања проблема

На основу пријаве теме докторске дисертације Комисија закључује да постоји потреба за рачунарском симулацијом и оптимизацијом поступка заваривања алуминијумских легура, што ће обезбедити унапређење карактеристика заварених спојева. Докторска дисертација је усмерена на елементе у реалној примени, при чему ће оптимизацијом поступка заваривања механичке и металографске карактеристике заварених делова бити прилагођени за специфичну примену у области шинске индустрије, што чини значајан научни допринос.

Комисија закључује да је предложена тема докторске дисертације, са образложеним предметом као и циљевима рада, научним доприносима и очекиваним резултатима, насталим досадашњим самосталним истраживањима и детаљном анализом доступних научних радова у научном и стручном смислу, 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 Андреја Радовановић ће у својој дисертацији обухватити све елементе савременог научно-истраживачког начина рада поштујући основне критеријуме науке, научних циљева и метода анализе, имплементацијом постојећих и развијањем оригиналних идеја научног истраживања.

У достављеној пријави теме, кандидат се служио одговарајућом терминологијом из области, која је предмет рада. Дефиниција предмета истраживања је усклађена са основним појмовима, предложеним хипотезама и методама истраживања. Кандидат је показао изразиту способност да планира и реализује експерименте уз коришћење савремене мерне и производне опреме и селекцију и анализу литературних извора.

Циљеви истраживања су проистекли из запажених недостатака заваривања алуминијумских легура код реалних производа, односно постојања потребе за оптимизацијом поступка заваривања, са аспекта механичких и металографских карактеристика заварених спојева.

Узимајући у обзир да ће кандидат користити савремену опрему за експериментална истраживања (опрема за заваривање, као и опрема за испитивање механичких и металографских карактеристика) и креирати нове аналитичке и нумеричке моделе симулације, добијени резултати ће представљати оригиналан допринос истраживачкој области.

5. Преглед научно-истраживачког рада кандидата

Кратка биографија кандидата

Андреја Радовановић је завршио основну школу „Драгиша Михаиловић“ у Крагујевцу, а након тога Прву техничку школу у Крагујевцу, као грађевински техничар за нискоградњу.

Школске 2009/2010. године уписао је Факултет инжењерских наука у Крагујевцу, студијски програм машинско инжењерство. Основне академске студије завршио је 2012. године на модулу информатика у инжењерству, са просечном оценом 8.17. Дипломски рад из предмета Коначни елементи I “Генерисање 3Д модела кости на основу 2D DICOM снимака”, под менторством проф. др Мирослава Живковића, одбранио оценом 10.

Мастер академске студије на модулу Информатика у инжењерству уписао је школске 2012/2013. године на Факултету инжењерских наука у Крагујевцу, и завршио их 2014. године, са просечном оценом 9.13. Мастер рад из предмета Пројектовање информационих система и база података “Информациони систем центра за социјалну помоћ”, под менторством проф. др Милана Ерића, одбранио је оценом 10.

Докторске академске студије (ДАС) уписао је школске 2014/15. године на студијском програму Машинско инжењерство, научна област Примењена информатика и рачунарско инжењерство. Током прве две године ДАС успешно је положио све испите предвиђене наставним планом и програмом. У склопу реализованих активности прикупљена је литература и реализовани су експерименти из области теме докторске дисертације, на основу којих су публиковани радови.

Досадашњи научно-истраживачки рад и интересовања тежишно су усмерена на области примењене информатике и рачунарског инжењерства, као и области композитних материјала, 3Д штампе и реверзног инжењеринга. У септембру 2015. године изабран је у истраживачко звање истраживач-сарадник на период од 3 године на Факултету инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу.

Као инжењер заваривања поседује више од 3 године искуства у области заваривања „Милановић инжењеринг“ а касније „Siemens Mobility“ где се бавио проблематиком заваривања алуминијумских компоненти у области шинске индустрије.

Тренутно је запослен у „IMW Institut doo Lužnice“ као Директор Института. Институт се бави испитивањима металних делова методама са и без разарања.

Научно-истраживачки рад

Као аутор или коаутор објавио је укупно 7 радова у научно–стручним часописима, као и на међународним и домаћим научно–стручним скуповима.

Списак објављених радова:

M23 (Рад у међународном часопису)

1. Nenad Grujovic, Fatima Zivic, Miroslav Zivkovic, Milan Sljivic, **Andreja Radovanovic**, Luka Bukvic, Milos Mladenovic, Aleksandar Sindjelic, Custom design of furniture elements by fused filament fabrication, Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part C: Journal of Mechanical Engineering Science, 2017, Vol. 231, No. 1, pp. 88-95, ISSN: 0954-4062

M24 (Рад у часопису међународног значаја верификованог посебном одлуком)

1. F. Živić, N. Grujović, S. Mitrović, D. Adamović, V. Petrović, **A. Radovanović**, S. Đurić and **N. Palić**: Friction and Adhesion in Porous Biomaterial Structure, Tribology in Industry, Vol. 38, No. 3, 2016, pp. 361-370, ISSN 0354-8996

M33 (Саопштење са међународног скупа штампано у целини)

1. Nenad Grujović, Milan Šljivić, Fatima Zivić, **Andreja Radovanović**, Miloš Mladenović, Primena aditivne proizvodne tehnologije za kompozitne prototipove elemenata

građevinske stolarije unapređene sa aspekta energetske efikasnosti, XIII Međunarodna Konferencija održavanja i proizvodnog inženjeringa KODIP-2015, Budva, 24-27.06.2015. ISBN 978-9940-527-35-8, br. strane 289-294.

2. Nenad Grujović, Miroslav Živković, Fatima Živić, Milan Šljivić, **Andreja Radovanović**, Miloš Mladenović, Cost Optimization of Additive Manufacturing in Wood Industry, 12th International Conference on Accomplishments in Electrical and Mechanical Engineering and Information Technology – DEMI 2015, Banja Luka, Bosna i Hercegovina, 29 - 30 maj 2015., pp.275-286, ISBN 978-99938-39-53-8
3. Fatima Zivic, Nenad Grujovic, Slobodan Mitrovic, Dragan Adamovic, Vojislav Petrovic, Luka Bukvic, **Andreja Radovanovic**, Influence of the Biomaterial Porosity on the Host Tissue Response, the Friction and Adhesion, SERBIATRIB '15, 14th International Conference on Tribology, Belgrade, Serbia, 13 - 15 May, 2015., pp. 475-484, ISBN 978-86-7083-857-4

M34 (Саопштење са међународног скупа штампано у изводу)

1. Nenad Grujović, Milan Šljivić, Miroslav Živković, Fatima Zivić, **Andreja Radovanović**, Milos Mladenović, Application of new composites for Fused Deposition Modeling (FDM) technology in wood industry, The 20 Anniversary YUCOMAT 2015 conference, Herceg Novi, Montenegro, 31.08.-04.09.2015. ISBN 978-86-9199111-0-2, br. strane 65.

M63 (Саопштења са националног скупа штампана у целини)

1. **Andreja Radovanović**, Miloš Mladenović, Milan Bojović, Nikola Jovanović, Nenad Grujović, Miroslav Živković, Fatima Živić, Mogućnost primene tehnologija brze izrade prototipova u drвноj industriji, YU INFO konferencija, pp.479-484, ISBN: 978-86-85525-15-5, Kopaonik - Srbija, 2015.

6. Предлог за ментора са његовим референцама којима се доказује испуњеност услова за менторство

Комисија предлаже да ментор ове докторске дисертације буде др Ненад Грујовић, редовни професор Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу. Проф. др Ненад Грујовић је објавио укупно 14 радова категорије M20 и преко 60 радова на међународним научним скуповима, као и у националним научним часописима.

Референце којима се доказује испуњеност услова за менторство

1. Sharma V., **Grujovic N.**, Zivic F., Slavkovic V., Influence of Porosity on the Mechanical Behavior during Uniaxial Compressive Testing on Voronoi-Based Open-Cell Aluminium Foam, *Materials*, 2019, 12, 1041, doi:10.3390/ma12071041, ISSN: 1996-1944, M21
2. Sharma V., Zivic F., **Grujovic N.**, Babcsan N., Babcsan J., Numerical Modeling and Experimental Behavior of Closed-Cell Aluminum Foam Fabricated by the Gas Blowing Method under Compressive Loading, *Materials*, 2019, 12, 1582; doi:10.3390/ma12101582, ISSN 1996-1944, M21
3. **N. Grujovic**, F. Zivic, M. Zivkovic, M. Sljivic, A. Radovanovic, L. Bukvic, M. Mladenovic, A. Sindjelic, Custom design of furniture elements by fused filament fabrication, *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part C: Journal of Mechanical Engineering Science*, 2017, Vol. 231, No. 1, pp. 88-95, ISSN: 0954-4062, M23
4. V. Ranković, J. Radulović, **N. Grujović**, D. Divac, Neural Network Model Predictive Control of Nonlinear Systems Using Genetic Algorithms, *Journal of Computers, Communications & Control*, Vol.7, No.3, pp. 516-525, ISSN 1841-9836, 2012, M23
5. Milos Stojkovic, Jelena Milovanovic, Nikola Vitkovic, Miroslav Trajanovic, **Nenad Grujovic**, Vladimir Milivojevic, Slobodan Milisavljevic and Stanko Mrvic, Reverse modeling and solid free-form fabrication of sternum implant, *Australasian Physical & Engineering Science in Medicine*, Vol.33, No.13246, ISSN 0158-9938, Doi 10.1007/s13246-010-0029-1, 2010, M23

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

ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ КОМИСИЈЕ

Андреја Радовановић, мастер инжењер машинства, испунио је све предвиђене услове за одобрење израде докторске дисертације.

Предложена тема докторске дисертације је оригинална и има научну заснованост. Предложена методологија израде докторске дисертације је у складу са научним принципима. Очекивани резултати докторске дисертације требало би да представљају оригинални научни допринос у симулацији и оптимизацији поступка заваривања алуминијумских легура.

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

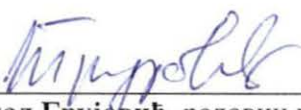
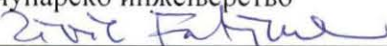
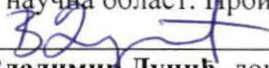
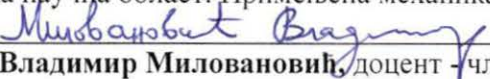

РАЧУНАРСКА СИМУЛАЦИЈА И ОПТИМИЗАЦИЈА ПОСТУПКА ЗАВАРИВАЊА АЛУМИНИЈУМСКИХ ЛЕГУРА

прихвати и одобри њену израду кандидату **Андреји Радовановићу, маг. инж. маш.**

Комисија предлаже да ментор ове докторске дисертације буде др Ненад Грујовић, редовни професор Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу.

У Крагујевцу,
02.02.2021. год.

КОМИСИЈА

1. 
др **Ненад Грујовић**, редовни професор - председник Комисије
Факултет инжењерских наука, Универзитет у Крагујевцу
Уже научне области: Примењена механика, Примењена информатика
и рачунарско инжењерство
2. 
др **Фатима Живић**, доцент - члан
Факултет инжењерских наука, Универзитет у Крагујевцу
Уже научна област: Производно машинство
3. 
др **Владимир Дунић**, доцент - члан
Факултет инжењерских наука, Универзитет у Крагујевцу
Уже научна област: Примењена механика
4. 
др **Владимир Миловановић**, доцент - члан
Факултет инжењерских наука, Универзитет у Крагујевцу
Уже научна област: Експериментална механика
5. 
др **Душан Петковић**, доцент - члан
Машински факултет, Универзитет у Нишу
Уже научна област: Производни системи и технологије