

УНИВЕРЗИТЕТ У КРАГУЈЕВЦУ
ФАКУЛТЕТ ИНЖЕЊЕРСКИХ НАУКА
УНИВЕРЗИТЕТА У КРАГУЈЕВЦУ

бр. 01-11 4255

6.12. 2024 год.
КРАГУЈЕВАЦ

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ ФАКУЛТЕТА ИНЖЕЊЕРСКИХ НАУКА У КРАГУЈЕВЦУ

Предмет: Извештај Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Вукашина Славковића, дипломираног машинског инжењера

Одлуком Већа за техничко-технолошке науке Универзитета у Крагујевцу број IV-04-844/20 од 10.11.2021. године, на предлог Наставно-научног већа Факултета инжењерских наука у Крагујевцу (одлука бр. 01-1/3545-8 од 21.10.2021. године), именовани смо за чланове Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Вукашина Славковића, дипломираног машинског инжењера, под насловом:

„РАЗВОЈ И ПРИМЕНА МАТЕРИЈАЛНОГ МОДЕЛА ПОЛИМЕРНИХ МАТЕРИЈАЛА СА СВОЈСТВОМ ПАМЋЕЊА ОБЛИКА“

На основу увида у приложену докторску дисертацију и Извештаја комисије за оцену научне заснованости теме докторске дисертације, која је одобрена за израду Одлуком Наставно-научног већа Факултета инжењерских наука у Крагујевцу бр. 01-1 / 935-16 од 23.03.2017. године и одлуком Већа за техничко-технолошке науке бр. IV-04-379/13 од 12.04.2017. године, на основу Правилника о пријави, изради и одбрани докторске дисертације Универзитета у Крагујевцу, Комисија подноси Наставно-научном већу следећи:

ИЗВЕШТАЈ

1. Значај и допринос докторске дисертације са становишта актуелног стања у одређеној научној области

Докторска дисертација кандидата Вукашина Славковића, дипломираног машинског инжењера, под насловом „Развој и примена материјалног модела полимерних материјала са својством памћења облика“, представља резултат оригиналног научно-истраживачког рада кандидата у области полимерних материјала, применом експерименталних и нумеричких поступака, а односи се на примену и нумеричку симулацију биокompatibilних полимерних материјала са својством памћења облика добијених применом адитивних технологија. Узевши у обзир предмет

истраживања и добијене експерименталне и нумеричке резултате, ова докторска дисертација представља јединствен научни рад.

Индустрија адитивних технологија, нарочито у спрези са полимерним материјалима са својством памћења облика, представља најбрже растућу грану развоја биокомпатибилних материјала. Фузијом нових паметних материјала и адитивних технологија 3Д штампања (енг. 3D printing), настала је потпуно нова област изучавања и израде материјала - 4Д штампа. 4Д штампање је, први пут представљено 2013. на ТедЕкс (енг. TedEx) конференцији и интензивно се развија од тад. Укратко, представља израду паметних структура, које могу да одговоре на спољашњи стимуланс променом облика, применом адитивних технологија. Већина теорија развијених како би се моделирао ефекат памћења облика базирају се на термо-механичким теоријама вискоеластичности и теорији фазних транзиција. Неколико студија које се баве карактеризацијом паметних штампаних структура објављено је у последњих неколико година. Значајан број истраживача у глобално се бави испитивањем материјала са својством памћења облика, како легура тако и полимера. Највећи број истраживања још увек се односи на експерименталну карактеризацију полимерних материјала са својством памћења облика. Одређени број модела који служе у симулацији понашања полимера са својством памћења облика заступљен је у литератури. Ипак, област моделирања материјала са својством памћења облика које је могуће користити у адитивним технологијама готово уопште није разматран у литератури. Све наведено отвара потпуно ново поље анализе материјала, како експериментално, тако и применом познатих метода моделирања. Полимерни материјали са својством памћења облика (енг. Shape Memory Polymers – SMP) представљају брзо растућу групу, чак и међу напредним материјалима. Ова група материјала одликује се способношћу обнове облика након деформације применом адекватног спољашњег стимуланса. Ефекат памћења облика прати сложеном термомеханичко понашање, које се манифестује двојачко: израженом осетљивошћу материјала на температуру испитивања/експлоатације и осетљивошћу на брзину деформације/испитивања. Такође, материјали са наведеним својством могу бити изложени изузетно великим деформацијама (> 300 %) па се услед тога морају користити формулације за решавање великих деформација. Полимерни материјали са својством памћења облика због својих карактеристика биоразградивости и биокомпатибилности, али и одговарајућих механичких карактеристика, почињу у значајној мери да замењују металне компоненте у биомедицини. О значају истраживања говори и чињеница да полимери са својством памћења облика све више добијају своје место у биомедицини, прецизној механици и роботизи, пре свега због могућности олакшане израде компонената применом адитивних технологија.

У оквиру ове дисертације развијена је методологија и извршена су обимна термо-механичка експериментална испитивања два полимерна материјала са својством памћења облика – полимлечне киселине (ПЛА) и фотополимера. Развијен је идентификациони алат за калибрацију материјалних параметара и формулисан је нови материјални модел за полимере са својством памћења облика. Експериментална испитивања карактеризације оба материјала у сложеним термо-механичким циклусима подразумевају испитивање применом различитих брзина деформације и температура.

Извршена експериментална испитивања односе се на квази-статичко испитивање и термо-механичко испитивање својства обнове облика наведених полимерних материјала. Поред развоја методологије за експерименталну карактеризацију полимерних материјала са својством памћења облика, извршена је и адаптација мерних система и опреме, ради постизања адекватних резултата. Добијени експериментални резултати послужили су као улазни подаци у нумеричкој симулацији понашања полимерних материјала са својством памћења облика коришћењем формулисаног материјалног модела. С обзиром на број експерименталних резултата и број параметара материјалног модела, у оквиру дисертације је развијен и идентификациони алат који је послужио за одређивање улазних материјалних карактеристика применом оптимизационих метода а на бази добијених експерименталних резултата.

Због свега наведеног, Комисија сматра да резултати и закључци ове дисертације отварају простор и правце за даља истраживања у овој научној области, јер спроведена обимна експериментална испитивања, развијен идентификациони алат за калибрацију параметара материјалних модела и развијен нови материјални модел општег карактера, имају велики потенцијал и могу допринети већој и значајнијој практичној примени адитивних технологија у области паметних биокompatibilних материјала.

2. Оцена да је урађена докторска дисертација резултат оригиналног научног рада кандидата у одговарајућој научној области

Докторска дисертација кандидата Вукашина Славковића, дипломираног машинског инжењера, под насловом „Развој и примена материјалног модела полимерних материјала са својством памћења облика“ представља резултат научно-истраживачког рада кандидата у актуелној научној области. На основу експерименталних резултата и резултата приказаних у докторској дисертацији добијених нумеричком анализом на примеру два полимерна материјала са својством памћења облика, може се закључити да дисертација представља оригинални научни рад. Кандидат је детаљно анализирао доступне литературне изворе из разматране области. Утврдио је да је област полимерних материјала са својством памћења облика у адитивним технологијама, недовољно разматрана.

На основу детаљног прегледа и анализе научних радова из области докторске дисертације може се закључити да постоје значајне фундаменталне разлике у односу на друга научна истраживања, па је у том смислу докторска дисертација оригинална.

Оригиналност научног рада, истраживања и добијених резултата у оквиру ове дисертације оглада се у следећем:

- за симулације термо-механичког понашања полимера са памћењем облика коришћено је спрегнуто моделирање повезивањем програма за структурну анализу и пренос топлоте, чиме се поред ефекта памћења облика моделира и пораст температуре у материјалу услед пластичне дисипације. Код проблема великих деформација коришћена је логаритамска деформација.

- мултипликативна декомпозиција укупног градијента деформације извршена је за сваки од микромеханизама посебно, на еластични и пластични део
- одлике материјала потврђене су експерименталним испитивањима на узорцима од ПЛА и фотополимера. Израда узорака и експерименти су спроведени на опреми Факултета инжењерских наука. Део резултата који није било могуће добити услед ограничења опреме преузет је из доступне литературе. Добро слагање експерименталних резултата са резултатима модела показало је исправност теоријских претпоставки и оправдало формулисање модела
- Кандидат је, у складу са научним принципима, детаљно систематизовао и реализовао врло обимна експериментална испитивања узорака из (овде напиши од чега су ти узорци и који су узорци);
- Кандидат је систематизовао и анализирао резултате добијене експерименталним испитивањима, што је представљало основу за развој нумеричког дела методологије;
- У оквиру истраживања урађена је нумеричка анализа ефекта памћења облика у полимерним материјалима са својством памћења облика
- Оригиналним радом кандидат је дошао до резултата који показују зависност проучаваних материјала од брзине деформације и температуре испитивања
- Развијена методологија је примењена на полимерне материјале попут ПЛА и фотополимера које је могуће произвести адитивним технологијама

Потврђивањем постављених хипотеза, изведено је једно обимо истраживање са циљем формулисања модела који решава самозагревање и ефекат памћења облика, али и проблеме великих деформација полимерима са памћењем облика. Кандидат је дошао до актуелних и оригиналних научних резултата који налазе примену у пракси.

3. Преглед остварених резултата кандидата у одређеној области

3.1 Биографија кандидата

Кандидат Вукашин Славковић рођен је 05.08.1983. године у Крагујевцу, Република Србија. Завршио је основну школу „Мирко Јовановић“ у Крагујевцу и „Прву крагујевачку гимназију“ у Крагујевцу.

Основне академске студије у трајању од пет година на Машинском факултету у Крагујевцу (сада Факултет инжењерских наука) уписао је 2002. године. Дана, 30.10.2010. године одбранио је дипломски рад на смеру Примењена механика и аутоматско управљање са просечном оценом током студија 9,45 и тиме стекао академски назив „дипломирани мапински инжењер“.

Докторске академске студије, на Факултету инжењерских наука у Крагујевцу, научна област Примењена механика, уписао је 30.09.2015. године. Положио је све предмете предвиђене планом и програмом, са просечном оценом 10.

У току докторских студија имао је неколико кратких стручних усавршавања:

- 1) Једномесечни боравак на Институту за рачунарство на Техничком универзитету у Брауншвајгу, Немачка (TU Braunschweig)
- 2) Двонедељни боравак на Институту за рачунарство на Техничком универзитету у Брауншвајгу, Немачка (TU Braunschweig)
- 3) Петодневни боравак на Универзитету у Јањини, Грчка

У периоду 2010-2011 био је стипендиста Министарства за науку и технолошки развој Републике Србије. У периоду од 2011. године до данас учествовао је на 2 национална и 2 међународна пројекта. Од 2011. године ангажован је на националним пројектима министарства TR32036 и ИИИ41007. Биран је у сва истраживачка звања. Добитник је награде за најбољу постер презентацију на међународној конференцији Савремени материјали 2018, Бих. Од 01.03.2019.године запослен је на Факултету инжењерских наука у звању асистента.

Током рада на Факултету инжењерских наука учествовао је у извођењу вежби из предмета: Механика 1 и 3, Отпорност материјала, Рачунарски алати, Програмски језици, Програмирање мобилних апликација, Инжењеринг ткива, Брза израда прототипова.

Научно-истраживачка активност кандидата припада области Примењена информатика у инжењерству.

3.2 Референце кандидата

Кандидат је до сада као аутор или коаутор објавио укупно **20** научно-истраживачких радова. Објављени радови кандидата су:

Монографска студија/поглавље у књизи M11 или рад у тематском зборнику водећег међународног значаја – категорија M13

1. Grujovic N., **Slavkovic V.**, Modeling of Mechanical Behaviour of Fiber Reinforced Composites, Elsevier, Netherlands, Chapter In book: Reference Module in Materials Science and Materials Engineering, 2021, DOI:10.1016/B978-0-12-819724-0.00043-4

Рад у истакнутом међународном часопису - категорија M21

1. Milenković S., **Slavković V.**, Fragassa C., Grujović N., Palić N., Živić F., Effect of the Raster Orientation on Strength of the Continuous Fiber Reinforced PVDF/PLA Composites, Fabricated by Hand-Layup and Fused Deposition Modeling, Composite Structures, Vol.270, No.114063, pp. 1-12, ISSN 0263-8223, Doi <https://doi.org/10.1016/j.compstruct.2021.114063>, 2021
2. Dunić Vladimir, Busarac Nenad, **Slavković Vukašin**, Rosić Bojana, Niekamp Rainer, Matthies Hermann, Slavković Radovan, Živković Miroslav, A thermo-mechanically coupled finite strain model considering inelastic heat generation, Continuum Mechanics and Thermodynamics (2016), vol. 28 n. 4, pp. 993-1007, ISSN 0935-1175, Doi <http://dx.doi.org/10.1007/s00161-015-0442-5>, 2016
3. Sharma Varun, Zivic Fatima, Grujovic Nenad, **Slavkovic Vukasini**, Influence of Porosity on the Mechanical Behavior during Uniaxial Compressive Testing on

Саопштења са међународног скупа штампана у целини - категорија М33

1. Radovan Slavković, **Vukašin Slavković**, Miroslav Živković, Vladimir Dunić, Stress integration for FCC crystal plasticity by finite element method, The 3rd International Conference of Serbian Society of Mechanics (IConSSM 2011), Vlasinsko Jezero, 2011, ISBN ISBN 978-86-909973-3-6
2. Vladimir Dunić, Nenad Busarac, **Vukašin Slavković**, Nenad Grujović, Miroslav Živković, Radovan Slavković, Partitioned thermo-mechanical coupling procedure of FEM components, Fourth Serbian (29th Yu) Congress on Theoretical and Applied Mechanics, Vrnjačka Banja, Serbia, 2013, 4-7 June 2013
3. Vladimir Dunić, Radovan Slavković, Nenad Busarac, **Vukašin Slavković**, Miroslav Živković, Implicit integration method of Shape Memory Alloys constitutive model, SECCM III, 3rd South-East European Conference on Computational Mechanics, Kos Island, Greece, 2013
4. Nenad Busarac, Vladimir Dunić, **Vukašin Slavković**, Radovan Slavković, Partitioned approach thermo-mechanical coupling with consideration to cyclic plasticity model at large deformations, The 5th International Congress of Serbian Society of Mechanics, Aranđelovac, 2015, June 15-17, ISBN 978-86-7892-715-7
5. Vladimir Dunić, Nenad Busarac, **Vukašin Slavković**, Radovan Slavković, Thermo-mechanical Numerical Analysis of Stent Unit Cell, 15th IEEE International Conference on BioInformatics and BioEngineering, Beograd, 2015, November 02-04, ISBN 978-1-4673-7982-3
6. Vladimir Dunić, Nenad Busarac, **Vukašin Slavković**, Radovan Slavković, Implicit thermo-mechanical stress integration of shape memory alloys, The 5th International Congress of Serbian Society of Mechanics, Aranđelovac, 2015, June 15-17, 2015, ISBN 978-86-7892-715-7
7. **Vukašin Slavković**, Nenad Busarac, Vladimir Dunić, Radovan Slavković, Implicit stress integration algorithm for polymeric materials at wide range of strain rates and temperatures, The 5th International Congress of Serbian Society of Mechanics, Aranđelovac, 2015, June, 15-17, ISBN 978--86-7892-715-7
8. Vladimir Lj. Dunić, Nenad A. Grujović, Radovan B. Slavković, Nenad M. Busarac, **Vukašin R. Slavković**, FEM Analysis of Concrete Gravity Dam by Damage Plasticity Constitutive Model, Sixth Congress of Serbian Society of Mechanics, Hotel Omorika – Mountain Tara, 2017, ISBN 978-86-909973-6-7
9. **Vukaslin Slavkovic**, Nenad Grujovic, Aleksandar Disic, Andreja Radovanovic, Influence of Annealing and Printing Directions on Mechanical Properties of PLA Shape Memory Polymer Produced by Fused Deposition Modeling, Sixth Congress of Serbian Society of Mechanics, Tara, Serbia, 2017, ISBN 978-86-909973-6-7
10. **V. Slavković**, N. Palić, V. Sharma, N. Grujović, F. Živić, Mori-Tanaka Method in Characterisation of Composite Structures, Serbiatrib '19, 16th International Conference of Tribology, Kragujevac, 2019, 15 – 17 May, pp. 84-89, ISBN 2620-2832

Саопштење са међународног скупа штампано у изводу - категорија М34

1. N. Palić, **V. Slavković**, Ž. Jovanović, F. Živić, N. Grujović, Mechanical Behaviour of Small Load Bearing Structures Fabricated by 3D Printing, 9th International Scientific

- Conference - IRMES 2019, Research and Development of Mechanical Elements and Systems, Kragujevac, 2019, 5-7 September, pp. 164-165, ISBN 978-86-6335-061-8
2. Vladimir Dunić, Radovan Slavković, Nenad Busarac, **Vukasin Slavković**, Miroslav Živković, Implicit stress integration method of Shape Memory material model, GAMM - 84th Annual Meeting of the International Association of Applied Mathematics and Mechanics, Novi Sad, Srbija, 2013, pp. 151-152, ISBN 1617-7061
 3. Vladimir Dunić, Elzbieta Pieczyska, Nenad Busarac, Radovan Slavković, **Vukašin Slavković**, Partitioned Thermo-Mechanical Coupling of SMA Constitutive Model, 39th SOLID MECHANICS CONFERENCE, Zakopane, Poland, 2014, pp. 255-256, ISBN 978-83-89687-89-0

Радови у научном часопису - категорија М53

1. N. Palić, **V. Slavković**, Ž. Jovanović, F. Živić, N. Grujović, Mechanical Behaviour of Small Load Bearing Structures Fabricated by 3D Printing, Applied Engineering Letters : Journal of Engineering and Applied Sciences, vol. 4, no. 3, Vol.4, No.3, pp. 88-92, ISSN 24664847, Doi 10.18485/aeletters.2019.4.3.2, 2019
2. Vladimir Dunić, Nenad Busarac, Dragan Rakić, **Vukašin Slavković**, Radovan Slavković, Miroslav Živković, Thermo-mechanical coupling procedure using partitioned approach - Application to arc welding simulation, Journal of Serbian Society for Computational Mechanics, Vol.6, No.1, pp. 29-44, ISSN 1820-6530, 2012

Саопштење са скупа националног значаја штампано у целини М63

1. Vladimir Dunić, Nenad Busarac, **Vukašin Slavković**, Radovan Slavković, Miroslav Živković, Performance analysis of FEM software on different computer architectures, YuInfo 2012, Kopaonik, 2012

4. Оцена испуњености обима и квалитета у односу на пријављену тему

Докторска дисертација кандидата Вукашина Славковића, дипломираног машинског инжењера, под насловом „Развој и примена материјалног модела полимерних материјала са својством памћења облика“ одговара по садржају теми прихваћеној од стране Наставно-научног већа Факултета инжењерских наука у Крагујевцу одржаној 27.12.2016. (број одлуке: 01-1/4674-15) и Већа за техничко-технолошке науке Универзитета у Крагујевцу одржаној 18.01.2017. (број одлуке: IV-04-63/22). Ова докторска дисертација по квалитету, обиму и резултатима истраживања у потпуности задовољава све научне, стручне и законске услове за израду докторских дисертација. Наслов докторске дисертације, урађена истраживања, као и циљеви проучавања су у складу са онима који су наведени у пријави теме.

Дисертација је написана на 146 страна, садржи 102 слике и 13 табела, а цитирано је 174 библиографска податка.

Дисертација је организована у 9 поглавља, и то:

1. Увод;
2. Преглед литературе;

3. Кинематика деформације;
4. Експеримент;
5. Материјални модел полимера са памћењем облика;
6. Идентификација материјалних параметара;
7. Нумерички примери
8. Закључна разматрања
9. Литература;

Прилози.

Поглавље 1 приказује уводна разматрања проблема, предмет истраживања и циљ рада, уз релевантан преглед литературе у области полимерних материјала. У овом поглављу су такође истакнути доприноси дисертације, као и њена организациона структура.

У Поглављу 2 приказан је преглед понашања, примене, метода карактеризације, експерименталне студије и анализа постојећих материјалних модела полимерних материјала са својством памћења облика.

У Поглављу 3 наведене су, без детаљног извођења основне кинематске релације, величине напона и деформације које су коришћене у тези.

У Поглављу 4 приказана је доступна експериментална мерна опрема и опрема за израду узорака. Такође, приказана су побољшања и адаптација постојеће опреме, коришћене за испитивање узорака притискивањем у термо-механичким циклусима.

У Поглављу 5 представљен је имплементирани термо-механички материјални модел за велике деформације, којим се симулира понашање полимера са својством памћења на основу експерименталних резултата добијених у Поглављу 4. Применом теорије великих деформација, полимер са својством памћења облика је моделиран као термо-еласто-вископластичан материјал код кога температура и брзина деформације утичу на промену материјалних карактеристика.

У Поглављу 6 представљена је целокупна процедура идентификације параметара коришћењем доступних експерименталних резултата применом поједностављеним 1Д моделом изведеног на основу 3Д теорије. Приказан је изглед графичког корисничког окружења идентификационог алата развијеног за потребе калибрације и оптимизације параметара материјалног модела.

У Поглављу 7 су представљени резултати нумеричке анализе више моделираних реалних структура од полимера са својством памћења облика, коришћењем развијеног материјалног модела. За поређење резултата модела су коришћени резултати добијени у оквиру истраживања и доступни резултати из литературе. Такође, на крају је ефикасност модела показана и на чисто нумеричком примеру без поређења са другим резултатима.

У Поглављу 8 дата су закључна разматрања и предочени коначни закључци о

различитим аспектима представљене дисертације, као и дискусија о правцима будућих истраживања.

У Прилогу А приказане су основне конститутивне релације полазног материјалног модела за температуре које не прелазе транзициону температуру.

5. Научни резултати докторске дисертације

Кандидат Вукашин Славковић, дипломирани инжењер машинства, је у оквиру своје докторске дисертације систематизовао и детаљно анализирао досадашња постојећа знања и искуства из области примењене механике и експерименталног испитивања полимерних материјала. У оквиру рада на докторској дисертацији, кандидат је дошао до резултата и закључака који су од научног значаја, а могу имати и практичну примену. Најважнији научни резултати ове докторске дисертације су:

- развијен је општи материјални модел сачињен од више микромеханизма, којим је могуће симулирати понашање полимерних материјала са својством памћења облика. Представљени модел је имплементиран у софтвер отвореног кода PAK Multiphysics и у комерцијални софтвер ABAQUS/Standard. Модел је, с обзиром на његове опште карактеристике, могуће применити за моделирање и симулацију већине полимерних материјала које карактерише зависност од температуре и брзине деформације;
- формулисани материјални модел је верификован поређењем резултата модела са резултатима спроведених експеримената и резултата доступних у литератури;
- израђен је идентификациони алат који користи 1Д формулацију материјалног модела развијеног из предложене теорије за 3Д модел, и експлицитни солвер за идентификацију и калибрацију материјалних параметара предложеног модела применом оптимизационих метода чиме је процес идентификација материјалних параметара у великој мери аутоматизован;
- добијени резултати коришћени су за моделирање нумеричких примера које се могу сматрати виртуелним експериментима - коришћење брзине деформације које није било могуће постићи опремом или симулирање убацивања стента у артерију
- развијени модел је примењен за верификацију експерименталних резултата добијених у оквиру истраживања, као и доступних експерименталних резултата у литератури

Научни резултати докторске дисертације верификовани су објављивањем 2 рада у истакнутим међународним часописима категорије M21 и M21a.

6. Применљивост резултата у теорији и пракси

Резултати докторске дисертације кандидата Вукашина Славковића, дипломираног машинског инжењера, под насловом „Развој и примена материјалног модела полимерних материјала са својством памћења облика“ применљиви су и корисни, како у теорији, тако и у пракси. Развијена методологија нуди низ значајних резултата како на пољу експеримената, тако и у области идентификације параметара и нумеричке симулације понашања полимерних материјала са својством памћења облика.

Обимна експериментална испитивања и добијени резултати представљају значајан теоријски допринос врло оскудним, литературно доступним, подацима о полимерима са својством памћења облика у области адитивних технологија.

Доступни резултати из литературе показују да је примена развијеног материјалног модела на примерима експерименталних испитивања корисна у пракси. Даља примена развијене методологије омогућава позитиван утицај у области полимерних материјала са својством памћења облика добијених адитивним технологијама.

Експериментална и нумеричка методологија, представљена у оквиру дисертације, је општег карактера и може се применити на све материјале који се одликују својством памћења облика, било да ради о полимерима или металима сва наведеним својством.

7. Начин презентовања резултата научној јавности

Део научних резултата кандидата је већ верификован објављивањем научно-стручних радова у врхунским међународним и међународним конференцијама. Кандидат је као непосредни резултат рада на дисертацији објавио два рада, под називима „*A thermo-mechanically coupled finite strain model considering inelastic heat generation*“ и „*Effect of the Raster Orientation on Strength of the Continuous Fiber Reinforced PVDF/PLA Composites*“ у истакнутим часописима међународном часопису (категирија M21) који су у директној вези са истраживањима која је обављао током израде дисертације. У овим радовима кандидат је приказао део методологије, развијене у оквиру дисертације, а која се односи на експериментална испитивања полимерних материјала са својством памћења облика, као и примену материјалног модела у софтверу отвореног кода и комерцијалном софтверу у симулацији понашања термо-механички спрегнутих проблема. Поред наведеног рада, кандидат је објавио рад на међународној конференцији (категирија M33) под насловом „*Influence of Annealing and Printing Directions on Mechanical Properties of PLA Shape Memory Polymer Produced by Fused Deposition Modeling*“, који је такође настао као резултат рада на докторској дисертацији а у којем је представљен део експерименталне методологије унапређења механичких карактеристика узорака од полимерних материјала са својством памћења облика добијених адитивном технологијом депоновања слојева материјала, термичким прогревањем у дужем временском периоду. О значају самог рада и представљене методологије сведочи да је конференцијски рад више пута цитиран у истакнутим међународним часописима.

Комисија сматра да истраживања и још необјављени резултати ове докторске дисертације, с обзиром да се ради о атрактивној и актуелној области истраживања, пружају обиман и користан материјал за даље објављивање у међународним часописима и на међународним научним скуповима који се баве проблемима испитивања полимерних материјала са својством памћења облика и анализе понашања материјала са својством памћења облика изложених термо-механичким условима експлоатације.

ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ КОМИСИЈЕ

Докторска дисертација кандидата Вукашина Славковића, дипломираног машинског инжењера, под насловом „Развој и примена материјалног модела полимерних материјала са својством памћења облика“, одговара прихваћеној теми од стране Наставно-научног већа Факултета инжењерских наука у Крагујевцу.

Кандидат је у приказу свог рада користио одговарајућу стандардизовану стручну терминологију, а структура докторске дисертације и методологија излагања су у складу са универзитетским нормама.

Докторска дисертација по квалитету, обиму и приказаним резултатима истраживања у потпуности задовољава законске услове и универзитетске норме прописане за израду докторске дисертације.

Кандидат је показао да влада методологијом научно-истраживачког рада и поседује способности системског приступа и коришћења литературе. При томе је, користећи своје професионално образовање, показао способност да сложеној проблематици приступи свеобухватно, у циљу добијања конкретних и применљивих резултата.

С обзиром на актуелност проблематике која је обрађена и остварене резултате, чланови Комисије сматрају да кандидат Вукашин Славковић, дипломирани машински инжењер, и поднета докторска дисертација, испуњавају све услове, који се у поступку оцене писаног дела докторске дисертације захтевају Законом о високом образовању, Статутом Универзитета у Крагујевцу и Статутом Факултета инжењерских наука у Крагујевцу.


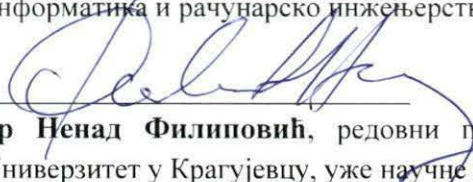
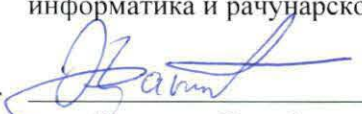


На основу свега наведеног, Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Вукашина Славковића, дипломираног машинског инжењера, предлаже Наставно-научном већу Факултета инжењерских наука у Крагујевцу и Већу за техничко-технолошке науке Универзитета у Крагујевцу да докторску дисертацију кандидата под називом:

„РАЗВОЈ И ПРИМЕНА МАТЕРИЈАЛНОГ МОДЕЛА ПОЛИМЕРНИХ МАТЕРИЈАЛА СА СВОЈСТВОМ ПАМЋЕЊА ОБЛИКА“

прихвате као успешно урађену и да кандидата позову на јавну одбрану докторске дисертације.

У Крагујевцу и Нишу, 03.12.2021. године

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

1. 
др **Мирослав Живковић**, редовни професор, Факултет инжењерских наука, Универзитет у Крагујевцу, уже научне области: Примењена механика, Примењена информатика и рачунарско инжењерство, председник Комисије
2. 
др **Ненад Филиповић**, редовни професор, Факултет инжењерских наука, Универзитет у Крагујевцу, уже научне области: Примењена механика, Примењена информатика и рачунарско инжењерство, члан Комисије
3. 
др **Драган Ракић**, ванредни професор, Факултет инжењерских наука, Универзитет у Крагујевцу; уже научна област: Примењена механика, члан Комисије
4. 
др **Никола Коруновић**, ванредни професор, Машински Факултет, Универзитет у Нишу; уже научна области: Производни системи и технологије, члан Комисије
5. 
др **Владимир Миловановић**, доцент, Факултет инжењерских наука, Универзитет у Крагујевцу; уже научна област: Експериментална механика, члан Комисије