

Примљено: 02.04.2012			
Орг.јед.	Број	Прилог	Вредности
73	612-246		12012

**Наставно - научном већу
Машинског факултета у Нишу**

Предмет: Извештај комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације

Одлуком Наставно - научног већа Машинског факултета у Нишу 612-183-6/2012 од 09.03.2012, именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Мирослава М. Мијајловића, дипл. инж. маш., IWE, под називом:

"Истраживање и развој аналитичког модела за одређивање количине генерисане топлоте при поступку заваривања трењем са мешањем"

Након прегледа докторске дисертације, сагласно Закону о високом образовању и Статуту Машинског факултета Универзитета у Нишу, комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

Подаци о кандидату

Кандидат Мирослав (Миодраг) Мијајловић рођен је 16.09.1979. године у Књажевцу. Основну и средњу (техничку) школу завршио је у Књажевцу и носилац је дипломе „Вук Караџић“ за остварен одличан успех у обе школе. Дипломирао је на Машинском факултету у Нишу 2004. године са просечном оценом 9.08. Запослен је на Машинском факултету у Нишу у звању асистента на Катедри за машинске конструкције, развој и инжењеринг.

Кандидат је од јануара 2002 године, као студент, ангажован у реализацији наставе на предмету Системи за конструисање на Катедри за машинске конструкције и механизацију, на Машинском факултету у Нишу. Од новембра 2004. године, кандидат је, као стипендиста Министарства за науку и заштиту животне средине Републике Србије, ангажован као сарадник у настави и истраживач на пројектима Министарства који се реализују на Машинском факултету у Нишу. Истовремено је ангажован у реализацији наставе из предмета Системи за конструисање, Машински елементи, Пројектовање софтвера и Индустијски дизајн. Као истраживач, кандидат је учествовао у реализацији више научно-истраживачких пројеката: Развој система за пресовање дрвног отпада пелетирањем, Истраживање и развој фамилије планетних мултипликатора за погон ветроелектрана, Развој гумено-металних елемената за железничка возила, Израда и испитивање прототипа пресе за пелетирање дрвног отпада и Развој енергетски ефикасних пумпних станица вишеспратних зграда у Нишу. Кандидат је учествовао у реализацији међународног пројекта "ENTWICKLUNG UND EINFÜHRUNG EINES LEHRMODULS FÜR PRODUKTENTWICKLUNG NACH DEM KARLSRUHER MODELL".

Од јуна 2008., кандидат ради на Машинском факултету у Нишу као асистент на Катедри за машинске конструкције, развој и инжењеринг. Ангажован је у настави на предметима Виртуално конструисање, Индустрijски дизајн, Поузданост машинских система, Софтвер у логистици, CAD, CAPD технологије развоја производа, Пројектовање софтвера, Теорија конструисања, Трибологија и Технологија заваривања 2. У овом периоду учествовао је у реализацији више националних пројеката које финансира Министарство за науку и технологију Републике Србије: Истраживање и унапређење примарног огибљења електричних локомотива за отежане услове експлоатације, Истраживање примене савремених неконвенционалних технологија у производним предузећима са циљем повећања ефикасности коришћења, квалитета производа, смањења трошкова и уштеде енергије и материјала, Истраживање и развој енергетски и еколошки високоефективних система полигенерације заснованих на обновљивим изворима енергије, као и међународног пројекта (CEEPUS II): TECHNICAL CHARACTERISTICS RESEARCHING OF MODERN PRODUCTS IN MACHINE INDUSTRY (MACHINE DESIGN, FLUID TECHNIQUES AND CALCULATIONS) WITH THE PURPOSE OF IMPROVEMENT THEIR MARKET CHARACTERISTICS AND BETTER PLACEMENT ON THE MARKET.

Од 01.11.2005. до 28.02.2006. кандидат је боравио на Техничком факултету у Берлину где је био ангажован у реализацији пројекта SONDERFORSCHUNGSBEREICH 281: "DEMONTAGEFABRIK" TEILPROJEKT A5: SENSOREN ZUR PROZESSFÜHRUNG UND ZUSTANDSERKENNUNG.

Кандидат је коаутор једног универзитетског уџбеника и аутор или коаутор преко 60 научних и стручних радова објављених у часописима или изложених на домаћим и међународним конференцијама. Радови кандидата објављени у међународним часописима са SCI листе који су непосредно повезани са темом докторске дисертације су:

<p>Mijajlović Miroslav, Milčić Dragan, Stamenković Dušan, Živković Aleksandar: <i>Mathematical Model for Generated Heat Estimation During</i> 1. <i>Plunging Phase of FSW Process</i>, Transactions of Famena, Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture, Zagreb, Croatia, XXXV-1/2011, April 2011, pp 39 - 54, ISSN 1333-1124, UDC 621.791.1.</p>	<p>M23 - 3.0 R52 - 3.0</p>
<p>Mijajlović Miroslav, Milčić Dragan, Anđelković Boban, Vukićević Miomir, Bjelić Mišo: <i>Mathematical Model for Analytical Estimation of</i> 2. <i>Generated Heat During Friction Stir Welding. Part 1</i>, Journal of Balkan Tribological Association, Vol. 17, No 2, 2011, pp. 179-191, ISSN 1310-4772, Sofia, Bulgaria, 2011.</p>	<p>M23 - 3.0 R52 - 3.0</p>
<p>Mijajlović Miroslav, Milčić Dragan, Anđelković Boban, Vukićević Miomir, Bjelić Mišo: <i>Mathematical Model for Analytical Estimation of</i> 3. <i>Generated Heat During Friction Stir Welding. Part 2</i>, Journal of Balkan Tribological Association, Vol. 17, No 3, 2011, pp. 361-370, ISSN 1310-4772, Sofia, Bulgaria, 2011.</p>	<p>M23 - 3.0 R52 - 3.0</p>

Radovi kandidata izloženi na domaćim ili međunarodnim konferencijama ili objavljeni u nacionalnim časopisima, a vezani su za temu disertacije, su:

1.	Durđanović Miroslav, Mijajlović Miroslav, Milčić Dragan, Stamenković Dušan: <i>Heat Generation During Friction Stir Welding Process</i> . SERBIATRIB '09, 11 th International Conference on Tribology, Belgrade, 13-15 May 2009, pp. 135-140. ISBN 978-86-7083-659-4.	M33 - 1.0 R54 - 1.0
2.	Durđanović Miroslav, Mijajlović Miroslav, Milčić Dragan, Stamenković Dušan: <i>Heat Generation During Friction Stir Welding Process</i> , Tribology in Industry, no. 1-2, Journal, vol. 31, pp. 8-14, no. 1-2, Faculty of Mechanical Engineering Kragujevac, Kragujevac, Serbia, May, 2009, ISSN 0354-8996.	M52 - 1.5 R62 - 1.5
3.	Milčić Dragan, Mijajlović Miroslav, Durđanović Miroslav, Živković Aleksandar: <i>Proces generisanja toplote kod frikcionog zavarivanja sa mešanjem – FSW</i> , Mašinski fakultet Niš, 14. Simpozijum termičara Srbije, 13.-16. oktobar 2009, Sokobanja, Srbija, rad IV.6, strana 338 – 346, Zbornik radova na CD-u, ISBN 978-86-80587-96-7.	M63 - 0.5 R65 - 0.5
4.	Mijajlović Miroslav, Živković Aleksandar, Milčić Dragan, Radisavljević Igor: <i>Uticaj parametara FSW postupka zavarivanja na kvalitet zavarenog spoja aluminijske legure 5052</i> , Dvadeset šesto savetovanje sa međunarodnim učešćem ZAVARIVANJE 10, 2.6.2010.-4.6.2010, Srbija, planina Tara, Društvo za unapređivanje zavarivanja u Srbiji (DUZS), Zbornik radova na CD, rad broj 47.	M63 - 0.5 R65 - 0.5
5.	Mijajlović Miroslav, Milčić Dragan, Durđanović Miroslav: <i>Heat Generation - Temperature Phases of the FSW Process</i> , 10 th International Conference "Research and Development in Mechanical Industry" RaDMI 2010, 16 - 19. September 2010, Donji Milanovac, Serbia, volume 1, pp 331-335, ISBN 978-86-6075-017-6.	M33 - 1.0 R54 - 1.0
	Mijajlović Miroslav, Milčić Dragan, Durđanović Miroslav, Mitić Dragan: <i>An Overview on FSW and its Application in Railway Vehicle Industry</i> ; XIV naučno – stručna konferencija o železnici, Želkon 10, Mašinski fakultet Niš, 7. i 8. oktobar 2010, Niš, Srbija Zbornik radova/Proceedings, str./page 61 – 64, ISBN 978-86-6055-007-3.	M63 - 0.5 R65 - 0.5
7.	Mijajlović Miroslav, Durđanović Miroslav, Milčić Dragan, Dušan Stamenković, Boban Anđelković: <i>Tribological Analysis of Contact Between Welding Tool and Base Metal as Function of Heat Generation Within FSW Process</i> , Proceedings / The International Conference – Mechanical Engineering in XXI Century, Faculty of Mechanical Engineering, Niš, Serbia, 25 – 26 November, 2010, 129 – 132 p, ISBN 978-86-6055-008-0, COBISS.SR-ID 179681036.	M33 - 1.0 R54 - 1.0

<p>Mijajlović Miroslav, Milčić Dragan, Anđelković Boban: <i>Influence of The Technological Hole in Welding Plates on Weld Creation And Heat Generation During Friction Stir Welding</i>, The 7th International Scientific Conference – Research and Development of Mechanical Elements and Systems, Proceedings, pp. 327 – 332 (typing error in the Proceedings – the paper is paginated as pp. 1 – 6), 27th & 28th of April, 2011, Zlatibor, Serbia, ISBN 978-86-6055-012-7.</p>	<p>M33 - 1.0 R54 - 1.0</p>
<p>Mijajlović Miroslav, Stamenković Dušan, Đurđanović Miroslav, Milčić Dragan: <i>About The Influence of Friction Coefficient on Heat Generation During Friction Stir Welding</i>, SERBIATRIB '11, 12th International Conference on Tribology, 11th - 13th May 2011, Kragujevac, Serbia, Proceedings, pp. 234-239, ISBN 978-86-86663-74-0.</p>	<p>M33 - 1.0 R54 - 1.0</p>
<p>Mijajlović Miroslav, Stamenković Dušan, Milčić Dragan, Đurđanović Miroslav: <i>Study About Friction Coefficient Estimation in Friction Stir Welding</i>, Balkantrib 11, The 7th International Conference on Tribology, Proceedings, pp 323-330, ISBN 978-960-98780-6-7, 3-5 October, 2011, Thessaloniki, Greece.</p>	<p>M33 - 1.0 R54 - 1.0</p>
<p>Živković, A., Mijajlović, M., Dașcău, H., Sedmak, A., Radisavljević, I., Milčić, D., Veljić, D. <i>Influence of the welding tool's geometry on productivity of friction stir welding process</i>, The 5th International Conference Innovative technologies for joining advanced materials, June 16-17, 2011, Timisoara, Romania, ISSN 2067-3809;</p>	<p>M33 - 1.0 R54 - 1.0</p>
<p>Milčić Dragan, Aleksandar Živković, Mijajlović Miroslav: <i>An Overview on Friction Stir Welding of the Al 2024 T351</i>, 34th International Conference on Production Engineering, Proceedings, University of Niš, Faculty of Mechanical Engineering, Niš, pp 477-480, ISBN 978-86 -6055-019-6, 28-30 September, 2011, Niš, Serbia.</p>	<p>M33 - 1.0 R54 - 1.0</p>

Анализа рада

Докторска дисертација кандидата Мирослава М. Мијајловића, дипл. инж. маш. IWE, обухвата 215 страна формата А4. Дисертација садржи 7 поглавља која су обрађена на 154 страна, садржај приказан на 3 стране, 4 стране наслова и резимеа докторске дисертације на српском и енглеском језику, 2 стране захвалности аутора, 2 стране предговора, списак појмова и термина на 6 страна, 7 страна литературе са 87 библиографских јединица и 37 страна прилога. Дисертација садржи 27 нумерисаних табела и 128 нумерисаних слика. Докторска дисертација је урађена у MS Word текст процесору.

Дисертација обухвата следећа поглавља:

1. Увод
2. Поступак заваривања трењем са мешањем
3. Генерисање топлоте
4. Аналитички поступак одређивања количине генерисане топлоте код ЗТМ поступка
5. Експериментална истраживања

6. Нумеричка симулација поступка заваривања трењем са мешањем
7. Дискусија и закључци
8. Литература
9. Прилози

Рад је обухватио следеће:

- Анализу процеса генерисања топлоте код ЗТМ поступка као и стварање аналитичког модела за одређивање количине генерисане топлоте током поступка заваривања трењем са мешањем.
- Препознавање параметара и величина који доминантно утичу на процес генерисања топлоте код ЗТМ поступка, одређивање њихове зависности од осталих величина и њихов утицај на процес генерисања топлоте. Истраживања су вршена са тежњом да се прати процес генерисања топлоте при стварању квалитетног завареног споја.
- Развој аналитичког модела за израчунавање количине генерисане топлоте на активним површинама алата.
- Осмишљавање експерименталних истраживања кандидата као основу провере развијеног аналитичког модела.
- Нумеричка истраживања која су обухватила развој алгоритма и софтвера којим се симулира процес заваривања код ЗТМ поступка.
- Упоредивање резултата добијених нумеричком симулацијом са експериментално одређеним резултатима.

У првом поглављу је дат кратак историјат поступка заваривања и објашњен принцип настајања завареног споја. Објашњен је поступак заваривања метала у чврстој фази чији представник је поступак заваривања трењем са мешањем – ЗТМ (*енглески: Friction Stir Welding - FSW*). У поглављу је приказана примена ЗТМ поступка у различитим индустријским гранама, детаљан преглед претходних истраживања и наведени су главни правци истраживања ЗТМ поступка.

Друго поглавље дисертације посвећено је терминима, појмовима и принципу заваривања код ЗТМ. Приказан је преглед малобројних националних (америчких) и међународних стандарда везаних за ЗТМ и установљени су основни термини поступка на српском језику. Објашњени су принцип ЗТМ, основни облик алата који се користи за заваривање, дефинисане су активне површине алата и физичке фазе поступка. Дефинисана је ангажованост активних површина алата при заваривању и објашњено је кретање материјала основног метала око алата и дат је преглед најважнијих истраживања и резултата истраживања кретања материјала. Формулисани су основни принципи кретања материјала основног метала при ЗТМ. На крају поглавља су сумиране предности и недостаци ЗТМ поступка

У трећем поглављу се описује појам генерисања топлоте и објашњава механизам генерисања топлоте код ЗТМ. Детаљно су објашњени најутицајнији параметри и величине које утичу на генерисање топлоте: коефицијент трења, структура метала, оптерећење, брзина клизања, температура, површина додира, технолошки параметри процеса, хабање, додир тела итд.

У четвртном поглављу је дат оригиналан аналитички поступак одређивања количине генерисања топлоте код ЗТМ поступка. Дати су општи изрази за одређивање количине генерисане топлоте који су трансформисани у изразе за одређивање количине генерисане топлоте на свакој од активних површина алата. Такође, у овом поглављу су дати изрази по којима се одређују контактни напон притиска на алату и напони смицања у основном металу. Дефинисан је коефицијент типа контакта којим се одређују карактер и интензитет генерисања топлоте.

Пето поглавље дисертације посвећено је експерименталним истраживањима. Приказани су основни циљеви експерименталних истраживања – поједини параметри процеса заваривања, неопходни за аналитички модел, могу се одредити само експериментално али и потврда аналитичког модела се може извршити поређењем аналитички одређених величина са експерименталним. Детаљно су описани радно место на коме су извршена експериментална истраживања, радна машина, радни комади, алат, опрема и мерни систем. Приказане су две мерне конфигурације којима се мере оптерећења, обртни момент, температурно поље радних комада и алата, као и момент трења при експерименталним заваривањима. Дефинисани су оптимални технолошки параметри процеса заваривања за предложена експериментална истраживања и до детаља описани поступци експерименталног одређивања коефицијента трења, обртног момента, аксијалне силе на алату и температурног поља.

У шестом поглављу се детаљно описује нумеричка симулација поступка заваривања трењем са мешањем. Дати су оригинални алгоритам нумеричке симулације, алгоритам оригиналног софтвера којим се врши нумеричка симулација и описан је софтвер којим се врши нумеричка симулација. Аналитички модел одређивања количине генерисане топлоте је саставни део софтвера којим се врши нумеричка симулација заваривања трењем са мешањем. Велики део овог поглавља посвећен је одређивању величина неопходних за извршење прорачуна, односно, нумеричке симулације. Посебна пажња у поглављу посвећена је одређивању температурног поља радних комада и алата. За одређивање температурног поља користи се метода коначних разлика. На основу истраживања кретања материјала основног метала око алата, развијен је оригиналан нумерички модел којим се симулира кретање материјала око алата. Овај модел чине три фазе: предпроцесирање, процесирање и пост процесирање. У фази предпроцесирања приказан је поступак неопходне примарне дискретизације простора и времена, затим је приказан поступак секундарне дискретизације простора (наметнут симулацијом кретања материјала), дефинисане су везе између координатних система којима се одређују положаји тела у дискретизованом простору, дају модели којима се описује кретање материјала током одређених фаза процеса заваривања и одређују коефицијента кретања дискретизованих елемената. Дефинисани су почетни и гранични услови, као и топлотни запремински флуks који су неопходни за нумеричко одређивање температурног поља. На крају поглавља дати су резултати нумеричке симулације током које су одређени температурно поље радних комада, контактни притисци, напони смицања, коефицијент трења итд. и на крају количина генерисане топлоте. Резултати

добијени нумеричком симулацијом су упоређени са експериментално одређеним резултатима.

Седмо поглавље садржи дискусију резултата и закључке везане за експериментална истраживања, аналитички модел, нумеричку симулацију, као и правце даљих истраживања и допринос ове дисертације.

Ради провере развијеног аналитичког модела за прорачун количине генерисане топлоте извршено је поређење нумерички одређеног температурног поља радних комада и температуре радних комада измерене током експерименталне пробе термовизијском (инфрацрвеном) камером.

Ради поређења температура, из аналитичког модела је изабрано 24 дискретних површинских тачака на радним комадима. Температуре ових тачака су познате за сваки од дискретних тренутака времена из нумеричког прорачуна. Коришћењем развијеног софтвера, на основу термовизијских снимака одређене су температуре тачака које се поклапају са изабраним дискретним тачкама и формиран су упоредни дијаграми температура.

ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

На основу прегледа докторске дисертације и анализе постигнутих резултата, чланови Комисије констатују следеће:

- Поднети рад у потпуности одговара теми прихваћеној од стране Наставно-научног већа Машинског факултета Универзитета у Нишу.
- Кандидат поседује знања из различитих области потребних за израду докторске дисертације.
- Кандидат Мирослав Мијајловић је израдом докторске дисертације испољио висок степен научног прилаза проблематици у области заваривања ЗТМ поступком. То је кандидату омогућило да комплексан проблем генерисања топлоте код ЗТМ поступка успешно реши и да дође до резултата који су значајни за даљи развој у овој области.
- Кандидат је показао потребан ниво самосталности у истраживању и способност да изврши синтезу научних знања како би реализовао постављени задатак, уз оригиналност у осмишљавању и креирању одређених научних и стручних решења.
- Основни допринос дисертације огледа се у оригиналном аналитичком моделу за прорачун количине генерисане топлоте код поступка заваривања трењем.
- Допринос дисертације је и оригинални софтвер за нумеричку симулацију поступка заваривања трењем са мешањем у који је имплементиран развијени аналитички модел прорачуна количине генерисане топлоте код ЗТМ поступка.
- Допринос дисертације огледа се и у бројним експерименталним истраживањима извршеним на легури алуминијума 2024 T351 високе чврстоће, којима је извршена верификација аналитичког модела генерисања топлоте код ЗТМ поступка.
- Остварени резултати пружају широке могућности за даља теоријска и експериментална истраживања у области заваривања трењем са мешањем.

- Рад је технички квалитетно урађен и читко написан, те омогућава добро праћење изложеног садржаја и постигнутих резултата истраживања.
- Резултати рада из дисертације су верификовани тиме што су презентирани на десетак домаћих и међународних конференција и публиковани у часописима са SCI листе.

На основу свега изложеног, чланови Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације са задовољством предлажу Наставно-научном већу Машинског факултета Универзитета у Нишу, да рад кандидата Мирослава М. Мијајловића, дипл. инж. маш., IWE, под називом:

“Истраживање и развој аналитичког модела за одређивање количине генерисане топлоте при поступку заваривања трењем са мешањем”

прихвати као докторску дисертацију и кандидата позове на усмену одбрану.

У Нишу, Београду,
марта 2012. год.

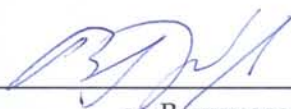
Чланови комисије:



др Драган Милчић
редовни професор Машинског факултета Универзитета у Нишу
(ужа научна област – Машинске конструкције)



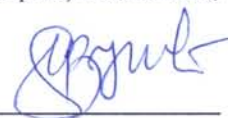
др Властимир Ђокић
редовни професор Машинског факултета Универзитета у Нишу
(ужа научна област: Машинске конструкције)



др Венцислав Грабулов
научни саветник – Институт ИМС Београд
(ужа научна област: Металургија, метални материјали - заваривање)



др Душан Стаменковић
редовни професор Машинског факултета Универзитета у Нишу
(ужа научна област: Саобраћајно машинство)



др Мића Вукић
ванредни професор Машинског факултета Универзитета у Нишу
(ужа научна област: Термотехника, термоенергетика и процесна техника)