

Образац 2.

Факултет Машински

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

Веће научних области техничких наука
(Назив стручног већа коме се захтев упућује, сагласно
члану 6. и чл. 7 став 1. овог правилника)

1387/4
(Број захтева)

13.10.2013.године
(Датум)

ЗАХТЕВ

за давање сагласности на реферат о урађеној докторској дисертацији

Молимо да, сходно члану 46. ст. 5 тач. 4. Статута Универзитета у Београду („Гласник Универзитета“, број 131/06)“, дате сагласност на реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата:

ДАНИЈЕЛЕ (ДУШАН) ЖИВОЈИНОВИЋ

(име, име једног од родитеља и презиме)

КАНДИДАТ **ДАНИЈЕЛА (ДУШАН) ЖИВОЈИНОВИЋ**

(име, име једног од родитеља и презиме)

Пријавио је докторску дисертацију под називом:

ПРИМЕНА МЕХАНИКЕ ЛОМА НА ПРОЦЕНУ ИНТЕГРИТЕТА ЗАВАРЕНИХ КОНСТРУКЦИЈА ОД ЛЕГУРА АЛУМИНИЈУМА

Универзитет је дана 26.12.2011. год. својим актом под бр. 06-8780/17-11 дао сагласност на предлог теме докторске дисертације која је гласила:

ПРИМЕНА МЕХАНИКЕ ЛОМА НА ПРОЦЕНУ ИНТЕГРИТЕТА ЗАВАРЕНИХ КОНСТРУКЦИЈА ОД ЛЕГУРА АЛУМИНИЈУМА

Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата: **ДАНИЈЕЛЕ (ДУШАН) ЖИВОЈИНОВИЋ**

(име, име једног од родитеља и презиме)

Образована је на седници одржаној 11.07.2013. године, одлуком факултета под бр. 1387/2, у саставу:

Име и презиме члана комисије	звање	научна област	установа у којој је запослен
1. <u>Др Александар Седмак</u>	Редовни професор	Технологија материјала - Маш.матер. и заваривање	Машински факултет Београд
2. <u>Др Бошко Рашуо</u>	Редовни професор	Ваздухопловство	Машински факултет Београд
3. <u>Др Александар Грбовић</u>	Доцент	Ваздухопловство	Машински факултет Београд
4. <u>Др Вера Шијачки-Жеравчић</u>	Ред.проф. у пензији	Технологија материјала	Машински факултет Београд
5. <u>Др Љубица Миловић</u>	Доцент	Инжењерство материјала	ТМФ Београд

Наставно-научно веће факултета прихватило је извештај Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације на седници одржаној дана 05.09.2013. године.

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

Проф.др Милорад Милованчевић

Прилог: 1. Извештај комисије са предлогом.

2. Акт Наставно-научног већа факултета о усвајању извештаја.

3. Примедбе дате у току стављања извештаја на увид јавности,
уколико је таквих примедби било.

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
- МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ –
Број: 1387/4
Датум: 05.09.2013. године
Београд, Краљице Марије 16

На основу чл. 128. Закона о високом образовању и извештаја Комисије у саставу: проф.др Александар Седмак, ментор, проф.др Бошко Рашуо, доц.др Александар Грбовић, проф.др Вера Шијачки-Жеравчић и доц.др Љубица Миловић, ТМФ Београд о оцени докторске дисертације „Примена механике лома на процену интегритета заварених конструкција од легура алуминијума“ докторанта мр Данијеле Живојиновић, дипл.инж.маш., Наставно-научно веће Машинског факултета на седници одржаној 05.09.2013. године, донело је следећу

ОДЛУКУ

Усваја се извештај за оцену и одбрану докторске дисертације **„ПРИМЕНА МЕХАНИКЕ ЛОМА НА ПРОЦЕНУ ИНТЕГРИТЕТА ЗАВАРЕНИХ КОНСТРУКЦИЈА ОД ЛЕГУРА АЛУМИНИЈУМА“** докторанта **МР ДАНИЈЕЛЕ ЖИВОЈИНОВИЋ**, дипл.инж.маш.

Одобрава се одбрана докторске дисертације, пошто је докторска дисертација са извештајем Комисије за оцену и одбрану била стављена на увид јавности у трајању од 30 дана, па како је после свих разматрања на ННВ М.Ф. на крају извештај Комисије коначно усвојен, доставља се Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду да да сагласност на извештај о урађеној докторској дисертацији.

Одлуку доставити: Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду, докторанту, ментору и архиви факултета.

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

Проф.др Милорад Милованчевић

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ

Предмет: Извештај о завршеној докторској дисертацији **мр Данијеле Д. Живојиновић, дипл. инж. маш., докторанта**

Одлуком Наставно-научног већа Машинског факултета Универзитета у Београду број 1387/2 од 11.07.2013. године именовани смо за чланове Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације Данијеле Живојиновић под насловом „Примена механике лома на процену интегритета заварених конструкција од легура алуминијума“, о којој подносимо следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. УВОД

1.1. Наслов и обим докторске дисертације

Докторска дисертација кандидата мр Данијеле Д. Живојиновић, дипл. инж. маш., под насловом „Примена механике лома на процену интегритета заварених конструкција од легура алуминијума“ изложена је на 214 страна у оквиру шест поглавља, списак коришћене и цитиране литературе на 7 страна.

1.2. Хронологија одобравања израде дисертације

Кандидат мр Данијела Живојиновић, дипл. инж. маш., магистрирала је на Машинском факултету Универзитета у Београду 2004.године. Израду докторске дисертације је пријавила 24.08.2011. године. под бројем 2316/1 Катедри за технологију материјала Машинског факултета у Београду, а за ментора предложила редовног професора др Александра Седмака. Научно-наставно веће је на основу сагласности Катедре за технологију материјала бр. 3052/1 од 10.10.2011. год., на седници 15.12.2011. год., донело одлуку бр. 3052/2, о формирању Комисије за оцену испуњености услова кандидата и научне заснованости теме докторске дисертације у саставу: проф. др Александар Седмак, проф. др Бошко Рашуо и проф. др Зијаж Бурзић са Војно-техничког института из Београда. Комисија за оцену испуњености услова кандидата и научне заснованости теме докторске дисертације је 16.12.2011. год. поднела Наставно-научном већу Машинског факултета у Београду извештај бр. 3052/4 о испуњености услова за одобрење тезе. Комисија је поднела извештај у коме предлаже Наставно-научном већу Машинског факултета у Београду да одобри тему докторске дисертације под радним називом „Примена механике лома на процену интегритета заварених конструкција од легура алуминијума“ наводећи да кандидат испуњава

законске услове за израду докторске дисертације и да предложена тема као актуелна, атрактивна и значајна, може бити тема докторске дисертације. У вези са захтевом докторанта мр Данијеле Живојиновић, дипл. инж. маш. да се одобри израда докторске дисертације, као и на основу одлуке Наставно-научног већа Машинског факултета од 16.12.2011. год. о испуњености услова кандидата за израду докторске дисертације и о именовању ментора, на седници одржаној 15.12.2011. године Веће научних области техничких наука Универзитета у Београду дало је сагласност којом се одобрава рад на теми докторске дисертације „Примена механике лома на процену интегритета заварених конструкција од легура алуминијума“, под менторством редовног професора др Александра Седмака. Усвајањем Извештаја Наставно-научног већа Машинског факултета о испуњености услова кандидата за израду докторске дисертације и о именовању ментора, а на основу сагласности Већа научних области техничких наука Универзитета у Београду са седнице од 26.12.2011. год., декан Машинског факултета у Београду је 27.12.2011. год. донео закључак бр. 108/1 да се одобри рад на теми докторске дисертације „Примена механике лома на процену интегритета заварених конструкција од легура алуминијума“ кандидату Данијели Живојиновић. За ментора дисертације је именован проф. др Александар Седмак.

О завршетку докторске дисертације „Примена механике лома на процену интегритета заварених конструкција од легура алуминијума“, ментор др Александар Седмак, ред. проф. обавестио је Катедру за технологију материјала, као и Наставно-научно веће Машинског факултета у Београду, дописом број 1387/1 од 09.07.2013. год. Предложена је Комисија за оцену и одбрану рада у саставу: проф. др Александар Седмак, проф. др Бошко Рашуо, доц. др Александар Грбовић, проф. др Вера Шијачки-Жеравчић и доц. др Љубица Миловић са Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду.

На основу наведеног извештаја ментора проф. др Александра Седмака, да је докторант Данијела Живојиновић завршила докторску дисертацију под називом „Примена механике лома на процену интегритета заварених конструкција од легура алуминијума“, предлога Катедре за технологију материјала и члана 30. Закона о високом образовању, Наставно-научно веће Машинског факултета је на седници од 11.07.2013. год. једногласно усвојило обавештење о завршетку дисертације кандидата и донело одлуку број 1387/2 од 11.07.2013. год. о именовању предложене Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације.

1.3. Место дисертације у одговарајућој научној области

Докторска дисертација „Примена механике лома на процену интегритета заварених конструкција од легура алуминијума“ припада области техничких наука, односно машинству, односно ужој научној области интегритет конструкција.

1.4. Биографски подаци о кандидату

Данијела Живојиновић је рођена 04.10.1974.год. у Земуну. Завршила је основну школу Младост у Новој Пазови 1989.год. и IX Београдску гимназију 1993. године. Машински факултет, Универзитета у Београду уписала је 1993.год., а дипломирала је на Катедри за ваздухопловство 1999. године са просечном оценом 9,24. 2004.године је стекла звање магистар техничких наука, на Катедри за ваздухопловство.

Радни однос засновала је 1999. године на Машинском факултета у Београду као сарадник. У периоду од 2000.-2003. је била запослена у фирми EDePro d.o.o. у Београду, на месту дипл. маш. инж.-конструктора, где стиче богато практично

искуство. Од 2003.-2004.год. ради на Вишој техничкој школи (од 2005. Висока техничка школа струковних студија)-Нови Београд, на месту сарадника. Од 2004. ради у истоименој школи као предавач на предметима: Компјутерско пројектовање I, Компјутерско пројектовање II, Пројекат машинске конструкције и Компјутерска анализа конструкције, где је и данас запослена. Такође, периодично учествује у извођењу наставе из предмета Оперативни системи и кориснички софтвери. Повремено је ангажована на извођењу дела наставе на Високој железничкој школи струковних студија из Београда, на предметима: Техничко споразумевање са применом рачунара, Кориснички софтвери и Основи информатичких технологија. Члан је Друштва за интегритет и век конструкција.

Говори руски и енглески језик. Обучена је за рад на рачунару у следећим софтверима: *MsOffice, AutoCad, MathCAD, ProEngineer/ProMechanica, Abaqus, FRANC, NASGRO*.

Данијела Живојиновић је на основу досадашњег рада, објавила 5 (пет) радова, од којих је 1 (један) рад објављен у међународном часопису, који има импакт фактор на SCI листи. Такође, аутор је два уџбеника: Компјутерско пројектовање и Компјутерско пројектовање II, који су намењени лакшем савлађивању градива из истоимених предмета у школи у којој је запослена.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Структура и садржај дисертације

Докторска дисертација кандидата мр Данијеле Живојиновић, дипл. инж. маш., под насловом „Примена механике лома на процену интегритета заварених конструкција од легура алуминијума“ је документ формата A4, штампан једнострано, са текстом на српском језику и изложена је на 214 нумерисаних страна. У оквиру дисертације материја је приказана у укупно шест поглавља, списак ознака дат је на почетку рада, док је списак коришћене литературе дат засебно на крају дисертације. На почетку рада дат је продужени резиме рада на српском и енглеском језику, а на крају биографски подаци кандидата.

Дисертација садржи следећих шест поглавља:

1. Интегритет конструкције
2. Механика лома
3. Фрикционо заваривање мешањем
4. Проширена метода коначних елемената
5. FSW модели
6. Закључак

2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

Докторска дисертација „Примена механике лома на процену интегритета заварених конструкција од легура алуминијума“ састоји се из шест поглавља.

У оквиру првог поглавља дат је осврт на интегритет конструкција, као релативно нову научну дисциплину. Обрађена је проблематика настанка и раста иницијалне прелине у конструкцији. Дате су поставке основних концепата пројектовања „*safe life*“ и „*fail safe*“ код ваздухопловних конструкција. Дат је упоредни приказ диференцијалне

и интегралне структуре, као и бенефити коришћења интегралних конструкција. Објашњен је процес пројектовања (структурна анализа) по фазама. Акценат је постављен на заморна оптерећења код ваздухопловних конструкција, као најчешћи вид оптерећења којима су изложене летелице у току свог експлоатационог периода. Такође, посебна пажња је посвећена танкозидним конструкцијама, као и феномену прогресије постојећих прслина у структури под дејством заморног оптерећења.

У другом поглављу дефинисани су основни појмови неопходни за проучавање проблематике механике лома. Дефинисани су основни облици стварања површина лома. Дефинисана је величина зоне (пластичне области) у околини врха прслине, као и поље напона и померања, за равно стање напона, односно равно стање деформације. Дата је подела механике лома, као и адекватни параметри: фактор интензитета напона- K_I , K_{II} , K_{III} , K_{ekv} и жилавост лома- K_{IC} (у линеарно-еластичној области), односно: J -интеграл, $CTOD$ -отварање врха прслине и COA -угао отварања врха прслине (за еласто-пластичну област). Такође, дат је кратак осврт на експериментална мерења параметара механике лома. Објашњено је добијање $J-R$ криве, односно веза између силе отпора материјала и силе раста прслине. Дефинисан је услов стабилног/нестабилног раста прслине. Приказано је више тумачења при дефинисању једначине раста заморне прслине: *Paris*-ов модел, *Forman*, *Newman* и *de Koning*-ов модел, хиперболичко-синусни модел, *NASGRO* модел. Посебно је разматран утицај дебљине узорка на жилавост лома код легура алуминијума. Дат је осврт на процену века ваздухопловних конструкција под дејством вишестепеног затезног оптерећења. Посебна пажња је посвећена нумеричком одређивању једначине раста применом *Paris*-овог модела. Разматрана је интеракција оптерећења на прогресију прслине. Такође, дат је кратак осврт на утицај температуре и учестаности оптерећења на жилавост лома.

У трећем поглављу дате су основе фриксионог заваривања мешањем (*Friction Stir Welding-FSW*), које је пронашло своју широку примену у различитим гранама машинске индустрије. Овај релативно нов и савремен начин спајања конструкције, како од истих, тако и од различитих материјала, проналази своје место и у ваздухопловству, применом на танкозидне конструкције. Управо овај тип структура је заинтригирао аутора ове дисертације да своја истраживања усмери у том правцу и при томе изврши процену радног века тако добијене конструкције. Управо геометријска сложеност конструкције сачињене од више зона у споју, са различитим механичко-хемијским својствима у свакој зони споја, представља тематику анализирану у овом раду. При томе се у конструкцију уводи прслина, а потом посматра њен даљи раст у структури. У оквиру поглавља дати су основни принципи *FSW* поступка. Дат је кратак осврт на легуре алуминијума које се примењују у ваздухопловству. Такође, приказани су типови спојева, као и врсте танкозидних структура добијених *FSW* поступком. Нарочита пажња је посвећена структури завареног споја, односно самим зонама споја, као и механичким карактеристикама сваке зона споја код заврне легуре алуминијума 2024-T351. Потом је дат модел *FSW* споја, при чему су као узор послужили радови научника познатих и признатих у свету из ове области. У оквиру овог поглавља аутор је показао широк спектар знања и информисаности из овог атрактивног и модерног технолошког поступка спајања материјала.

У оквиру четвртог поглавља презентоване су основе МКЕ, али и нова нумеричка метода позната под именом ПМКЕ. Наведене су функције побољшања, на којима је базирана ова нумеричка метода. Објашњен је аутоматизам при генерисању коначно-елементне мреже у моделу и уситњавању исте у регији тренутног врха прслине. Дат је приказ коначних елемената, али и елемената које користи софтвер *Abaqus* у напонско-деформационој анализи, као и при анализи ширења прслине кроз зоне споја и даље кроз конструкцију. Презентована је примена ПМКЕ у *Abaqus*-у. Дефинисани су критеријуми

лома који се користе у оквиру софвера *Abaqus*, а дефинисани су од стране корисника. На бази свој вишегодишњег искуства у области примене коначних елемената, аутор даје своје виђење недостатака (ограничења) постојеће ПМКЕ.

Пето поглавље представља срж докторске дисертације. У оквиру петог поглавља приказани су резултати истраживања. Аутор је извршио више нумеричких прорачуна за различите прорачунске моделе. Дато је поређење теоријских и нумеричких резултата прорачуна фактора интензитета напона - K_I за плочу са централном прслином. Потом, је разматрано ширење прслине кроз зоне *FSW* споја. Посматран је утицај ојачања конструкције на њен радни век, односно на стабилност/нестабилност раста прслине. Веза ојачања и остатка конструкције (танка плоча) остварена је посредством *FSW* поступка (Т-спој). Анализиран је утицај ниско-цикличног оптерећења (готово статичко оптерећење, јер су вредности максимално примењеног напона блиске напону попуштања), али и утицај високо-цикличног напона (мање вредности максимално примењеног напона). На основу приказаних резултата дискусијом су појашњени утицаји ојачања, али и природа примењеног оптерећења на сам век конструкције. Детаљно је приказано ширење прслине у конструкцијама за сваки корак ширења прслине, како пратећим нумеричким подацима, тако и визуелно.

У оквиру шестог поглавља сагласно претходно дефинисаним циљевима истраживања и добијеним резултатима сублимирају се стручни и научни доприноси остварени у тези. Такође, наводе се главни резултати као потврда постављених хипотеза на почетку истраживања. На основу ових података, у овом поглављу дати су закључци дисертације и указано је на могуће правце даљих истраживања.

3. Оцена дисертације

3.1. Савременост, оригиналност и значај

Докторска дисертација „Примена механике лома на процену интегритета заварених конструкција од легура алуминијума“ представља савремен и оригиналан допринос разматраној проблематици ширења постојеће прслине у конструкцији добијене на бази фриксионог заваривања мешањем. Посебна пажња је посвећена танкозидним структурама од легура алуминијума. У оквиру докторске дисертације коришћени су савремени приступи проблематици применом најновијих нумеричких метода у оквиру апликативних софтвера, намењених прорачунима у оквиру механике лома. Примењени истраживачки поступци дају валидна решења, као и адекватне нумеричке симулације за потребе анализе и разматрања проблематике прогресије прслине.

При изради нумеричких модела коришћени су најсавременији софтверски пакети. Почетни виртуелни 3D модел добијен је моделирањем у оквиру *Abaqus* софтвера. Геометријске мере конструкције, али и зона *FSW* споја су усвојене из већ верификованих и објављених радова (наведених у литератури). Такође, карактеристике материјала у свим зонама споја су исвојене из поменутих радова. Аутор даје свој допринос разматрајући утицај ојачања на природу ширења прслине у структури. Разматрано је дејство ниско-цикличног, односно високоцикличног затезног заморног оптерећења. Нарочит допринос ове тезе се огледа у анализи ширења прслине из једног региона (материјала) у други. Нумерички прорачуни су спроведени применом ПМКЕ у софтверском пакету *Abaqus*, и одговарајућих подпрограма, као што је *Morfeo*, који је послужио за презентовање нумеричких података (параметара механике лома), али и за визуелизацију процеса ширења прслине (анимација ширења прслине).

Приступ кандидата је оригиналан јер се у тези дају поступци аналитичког и нумеричког одређивања стабилности раста прслине код неојачаних и ојачаних танкозидних структура, што је први овакав случај анализе у литератури.

Дисертација се може оценити веома успешном, узевши у обзир да су дискусију и дибијене резултате у тези пратили зрели научни и инжењерски закључци.

Истраживања у области понашања материјала у зонама *FSW* (*Friction Stir Welding*) споја су веома значајна и актуелна. Појава иницијалних прслина као и њихов даљи раст од пресудног је значаја при прорачунима радног века конструкције. Нарочито уколико је конструкција изложена дејству заморног оптерећења или оптерећењу широког спектра дејства. Кандидат даје јасну идентификацију и анализу основних проблема који се манифестују код спојева добијених *FSW* поступком код легуре алуминијума 2024-T351. У оквиру дисертације детаљно је обрађено понашање конструкције услед дејства ниско-цикличног, односно високо-цикличног заморног затезног оптерећења. Посебна пажња је посвећена упоредној анализа понашања неојачане и ојачане конструкције под дејством идентичног оптерећења. Показано је да је примена ојачаних структура од значаја на продужетак радног века конструкције. Кључни момент је одређивање положаја и величине иницијалне прслине у структури, али и дефинисање карактеристика материјала у свакој зони споја.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

У докторској дисертацији коришћена је многобројна литература из области механике лома, интегритета конструкција, фриксионог заваривања мешањем (*FSW*) и нумеричких метода. Коришћени су нумерички подаци добијени на бази лабораторијских мерења, а који се односе на карактеристике материјала у зонама споја. Осим тога, у раду су коришћени софтвери чија је употреба верификована од стране могих истраживача у датој актуелној области. Тиме, анализирана тема у овој докторској дисертацији је прилично атрактивна, али и значајна са аспекта оригиналности и доприноса који је дала управо у овом истраживачком аспекту. Литература је кандидату послужила као полазна основа за формирње прегледа постојећих истраживања, у циљу давања личног доприноса од стране аутора на разради сегмента у оквиру широког спекта неистражених проблема у оквиру наведене области.

Међу наведеним насловима коришћене литературе, више од 40 референци је млађе од десет година, док је већина радова управо из водећих међународних часописа.

3.3. Анализа примењених научних метода и њихова адекватност за спроведено истраживање

У докторској дисертацији је, у циљу симулације и добијања конкретних података релевантних за анализу и даље истраживања даљег раста иницијалне прслине у конструкцији добијеној на бази *FSW* процеса, коришћен већи број савремених научно-истраживачких метода, које су примењиване сходно типу проблема који је решаван. Услед комплексности проблема кандидат је у истраживању користио и нумерички-софтверски приступ истраживања који најприближније симулира реалне услове. Као полазни подаци су коришћени резултати лабораторијских испитивња, добијених од стране других аутора.

Кандидат је у оквиру дисертације урадио нумерички модел конструкције са *FSW* спојем. Дефинисана је геометрија прслине и унета у структуру (место и положај у

споју). Постојећа иницијална прслина је пролазна. Потом су дефинисане карактеристике материјала у зонама споја ($\sigma = f(\varepsilon)$, ν , n и C). Дефинисани су гранични услови, односно везе са остатком конструкције (склопа). Потом је дефинисан тачан положај и интензитет дејства оптерећења (затезно оптерећење). Анализирана су два интензитета оптерећења: веће ($\sigma = -270 \text{ MPa}$), и мање ($\sigma = -10 \text{ MPa}$). Посебна пажња је посвећена генерисању коначно-елементне мреже, при чему је аутор на основу дугогодишњег искуства у области МКЕ дао свој допринос. Дакле, уситњавање мреже у области врха прслине, али и у области њеног претпостављеног даљег ширења је неопходно извршити у циљу добијања што прецизнијих резултата прорачуна. При сваком кораку ширења прслине постојећа мрежа се аутоматски регенерише, односно уситњава у регији новог врха прслине. При томе се водило рачуна и о процесорским и меморијским ограничењима компјутера на којима је прорачун спроведен. Ова метода је позната под именом Проширена Метода Коначних Елемента-ПМКЕ (XFEM-eXtended Finite Element Method), и унета је у нумеричку софтвера *Abaqus*, који је коришћен у прорачуну. У овом истраживању проширена метода коначних елемената је одабрана као метод зато што је искључиво помоћу ње могуће описати шта се дешава у одређеној зони FSW споја у околини врха прслине, али и у целој конструкцији. Након извршеног прорачуна параметара механике лома за текућу дужину прслине, врши се раздвајање (лом) коначног елемента, при чему се дефинише нови врх прслине, односно нови фронт прслине, при датој промени дужине прслине (Δa). Потом се врши прорачун нових параметара механике лома, за сваки нови прорачунски корак. Резултати прорачуна се добијају коришћењем софтвера *Morfeo* који чува и меморише сваки податак за сваки прорачунски корак. Анализом добијених података утврђује се стабилност/нестабилност ширења прслине. Као резултати прорачуна добијају се следеће величине, дефинисане од самог корисника: координате врха прслине- (x, y, z) , фактор интензитета напона у свакој тачки фронта прслине- $K_I, K_{II}, K_{III}, K_{ekv}$. За сваком прорачунски корак, дат је приказ напонског поља у конструкцији, као и приказ тренутног облика прслине (визуализација), што омогућава реалистичан и импресиван приказ ширења прслине у конструкцији.

3.4. Оцена примењивости и верификације остварених резултата

Добијени резултати у оквиру докторске дисертације поред научне вредности имају и широку практичну примену, пре свега у прорачунима радног века танкозидних конструкције, пројектованих са аспекта “fail safe” конструкције.

Остварени нумерички резултати омогућавају прелиминарно праћење стабилности раста постојеће прслине у структури, на бази чега је могуће унапред дефинисати радни век тако пројектоване конструкције. Дакле, моделирањем и даљим нумеричким прорачуном могућа је анализа параметара механике лома у околини врха прслине и процена интегритета конструкције добијене фрикционим заваривањем мешањем. Управо, оваква анализа је од значаја код ваздухопловних конструкција, код којих све већи примат преузимају интегралне структуре добијене савременим технолошким поступцима спајања, при чему је FSW управо један од широко примењених.

Специфичност танкозидних структура се управо огледа у томе што се због њихове деформабилности (појаве ондулације) мења сама геометрије, што ће имати за последицу појаву и преосталих модова, односно облика лома.

3.5. Оцена способности кандидата за самостални научни рад

Током израде докторске дисертације кандидат је показао способност за самостални научни рад. Анализом постављених претпоставки и нумеричких резултата приказаних у тези, кандидат је показао да је у стању да самостално решава научне проблеме, као и да успешно влада научним и истраживачким методама. Поседује широко радно и истраживачко искуство, као и потребно теоријско знање за даљи успешан научно-истраживачки рад.

4. ОСТВАРЕН НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ оствареног научног доприноса

Коначан резултат и основни научни допринос истраживања спроведених у оквиру дисертације јесте систематски приказ и потпуно разумевање феномена раста иницијалне прслине у танкозидној конструкцији од легуре алуминијума, добијене фрикционим заваривањем мешањем.

Остварени су следећи посебни научни доприноси докторске дисертације:

- Нумерички су одређени релевантни параметри раста прслине, односно параметри механике лома, на бази којих је могуће дефинисати стабилност/нестабилност раста прслине и на тај начин одредити радни век конструкције.
- Поређењем параметара лома добијених нумеричким прорачуном за неојачану и ојачану плочу утврђено је ојачање продужава стабилни раст прслине, односно повећава радни век конструкције.
- Верификован је тродимензионални нумерички модел упоредном анализом са теоријским резултатима.

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

На основу прегледа литературе и сагледавања постојећих решења из области дисертације, констатујемо да су решења добијена у тези оригинална и значајна, те да су применљива у пракси. Ови научни резултати су од изузетног значаја за разумевање понашања ширења прслина у конструкцији завареној применом релативно новог начина спајања метала-тзв. фрикционог заваривања мешањем.

Такође, на основу увида у задате циљеве истраживања и резултате представљене у дисертацији можемо закључити да су пружени одговори на сва битна питања и решени проблеми са којима се кандидат сусрео у току истраживања.

4.3. Очекивана примена резултата у пракси

Примена нумеричких метода (ПМКЕ) уграђених у апликативне софтвере (*Abaqus/Morfeo*) омогућила је решавање практичних проблема. Дакле, добијени резултати које је кандидат приказао су практично применљиви, пошто отварају могућност за даља истраживања у циљу добијања нових решења у области ширења прслина у танкозидним структурама добијених на бази фрикционог заваривања мешањем: испитивања различитих облика прслина са различитим положајима у конструкцији, ширење истих кроз све зоне споја, анализа ширења већег броја прслина, анализа утицаја заосталих напона, утицај различитих форми ојачања, утицај интеракције оптерећења.

Добијени резултати, развијене методологије и процедуре отварају нови простор за иновативно систематско испитивање свих врста FSW спојева у циљу процене интегритета конструкције.

4.4. Верификовани научни доприноси

Научни допринос докторске дисертације је верификован радовима објављеним у часописима:

Научни радови

Међународни часописи

- **Živojinović, D.**, Arsić, M., Sedmak, A., Kirin, S., Tomić, R., Practical Aspects Of Fail-Safe Design – Calculation Of Fatigue Life Of Cracked Thin-Walled Structures, Tehnički vjesnik 18, 4(2011) , pp 609-617, ISSN 1330-3651

Домаћи часописи

- **Živojinović, D.**, Dihovični, Đ., Modeliranje evolventnog cilindričnog zupčanika na bazi *software*-a ProENGINEER, Tehnička dijagnostika, Beograd, 2008., broj 1, str 25-28, ISSN 1451-1975
- Kovačević, Z., Karastojković, Z., Raković, A., **Živojinović, D.**, Janjušević, Z., Evalution creeping the super heater tubes made of steel 14 Cr MOV 6 3, The 42nd International October Conference on Mining and Metallurgy, University of Belgrade – Technical Faculty in Bor, 2010. , pp 234-237, ISBN 978-86-80987-79-8
- **Živojinović, D.**, Iskustvo jednog roditelja: dete i PC, Naše stvaranje - zbornik radova sa šestog simpozijuma, Vaspitač u 21.veku“, Visoka škola za vaspitače strukovnih studija, Aleksinac, 2011., str 646-654, ISBN 978-86-88561-00-6
- Vorkapić, M., Čočkalović, D., Živojinović, D., Modifikacija i upotreba malogabaritnog transmitera pritiska, Tehnika-kvalitet i metrologija 13 (2013) 1, str 185-191, ISSN 0040-2176

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

На основу прегледа докторске дисертације од стране Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације под називом „Примена механике лома на процену интегритета заварених конструкција од легура алуминијума“ кандидата мр Данијеле Живојиновић, дипл. инж. маш., Комисија за оцену и одбрану констатује да је урађена докторска дисертација написана према свим стандардима у научно истраживачком раду, као и да испуњава све услове предвиђене Законом о високом образовању, стандардима и Статутом Машинског факултета у Београду. Анализирана проблематика у докторској дисертацији је веома заступљена у научној јавности. На основу резултата и закључака презентованих у докторској дисертацији, констатује се да је кандидат мр Данијела Живојиновић, дипл. инж. маш., успешно завршила докторску дисертацију у складу са предвиђеним предметом и постављеним циљевима истраживања. Кандидат је дала свој значајан допринос у даљим истраживањима горе наведене проблематике. На бази апликативних софтвера *Abaqus/Morfeo* дошла је до оригиналних резултата, што им обезбеђује велику применљивост у овој актуелној области.

Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације закључила је да теза представља оригинални научни рад са научним доприносом у области машинства, интегритет конструкција, па сагласно томе предлаже Наставно-научном већу Машинског факултета Универзитета у Београду да кандидату мр Данијели Живојиновић, дипл. маш. инж. одобри одбрану докторске дисертације под називом „Примена механике лома на процену интегритета заварених конструкција од легура алуминијума“, када се за то стекну законски услови, пред комисијом у истом саставу.

Београд, 26.08.2013. год.

Чланови Комисије за оцену и одбрану:

Проф. др Александар Седмак - ментор,
Универзитет у Београду, Машински факултет

Проф. др Бошко Рашуо,
Универзитет у Београду, Машински факултет

Доц. др Александар Грбовић,
Универзитет у Београду, Машински факултет

Проф. др Вера Шијачки Жеравчић,
Универзитет у Београду, Машински факултет

Доц. др Љубица Миловић,
Универзитет у Београду, Технолошко-металуршки факултет

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
- МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ –
Број: 1387/5
Датум: 05.09.2013. године
Београд, Краљице Марије бр. 16

На основу члана 128. Закона о високом образовању и члана 12.2 Статута Машинског факултета, Наставно-научно веће на седници одржаној 05.09.2013. године, донело је

ОДЛУКУ

I Прихвата се извештај о позитивној оцени урађене докторске дисертације коју је поднела мр ДАНИЈЕЛА ЖИВОЈИНОВИЋ и одобрава јавна одбрана дисертације по добијању сагласности од Универзитета, под насловом: **„ПРИМЕНА МЕХАНИКЕ ЛОМА НА ПРОЦЕНУ ИНТЕГРИТЕТА ЗАВАРЕНИХ КОНСТРУКЦИЈА ОД ЛЕГУРА АЛУМИНИЈУМА“**

II Универзитет је дана 26.12.2011. године, својим актом број 06-8780/17-11 дао сагласност на предлог теме докторске дисертације кандидата.

III Радови кандидата у часопису међународног значаја:

1. **Živojinović, D.**, Arsić, M., Sedmak, A., Kirin, S., Tomić, R., Practical Aspects Of Fail-Safe Design – Calculation Of Fatigue Life Of Cracked Thin-Walled Structures, Tehnički vjesnik 18, 4(2011) , pp 609-617, ISSN 1330-3651

Одлуку доставити: кандидату, ментору, Катедри за технологију материјала и архиви факултета.

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

Проф.др Милорад Милованчевић