

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)

230/5

(Број захтева)

22.06.2010. 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:

САЊЕ (ЗОРАН) ПЕТРОНИЋ

(име, име једног од родитеља и презиме)

КАНДИДАТ **САЊА (ЗОРАН) ПЕТРОНИЋ**

(име, име једног од родитеља и презиме)

Пријавио је докторску дисертацију под називом:

УТИЦАЈ ТЕРМИЧКЕ И ЛАСЕРСКЕ ОБРАДЕ НА ПРОМЕНЕ У МИКРОСТРУКТУРИ СУПЕРЛЕГУРА НИКЛА

Универзитет је дана 03.07.2009. год. својим актом под бр 612-25/108/09 дао сагласност на предлог теме докторске дисертације која је гласила:

УТИЦАЈ ТЕРМИЧКЕ И ЛАСЕРСКЕ ОБРАДЕ НА ПРОМЕНЕ У МИКРОСТРУКТУРИ СУПЕРЛЕГУРА НИКЛА

Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата: **САЊЕ (ЗОРАН) ПЕТРОНИЋ**

(име, име једног од родитеља и презиме)

Образована је на седници одржаној 18.02.2010. године, одлуком факултета под бр. 360/2, у саставу:

Име и презиме члана комисије	звање	научна област	установа у којој је запослен
1. <u>Др Анђелка Милосављевић</u>	Редовни проф.	Материјали и заваривање	Машински факултет Београд
2. <u>Др Јасмина Вујић</u>	Редовни проф.	Материјали, нуклеарна Енергетика и дифракциона испитивања	Калифорнијски Универзитет Беркли
3. <u>Др Александар Седмак</u>	Редовни проф.	Материјали и заваривање	Машински факултет Београд
4. <u>Др Радица Прокић-Цветковић</u>	Ванредни проф.	Материјали и заваривање	Машински факултет Београд
5. <u>Др Вишеслава Рајковић</u>	Виши научни сарадник	Материјали и савремене Технике испитивања	Институт „Винча“ Београд

Наставно-научно веће факултета прихватило је извештај Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације на седници одржаној дана 20.05.2010. 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: 230/5
Датум: 20.05.2010.
Београд, Краљице Марије 16

На основу чл. 128. Закона о високом образовању и извештаја Комисије у саставу: проф.др Анђелка Милосављевић, ментор, проф.др Јасмина Вујић, Калифорнијски Универзитет Беркли, проф.др Александар Седмак, проф.др Радица Прокић-Цветковић, др Вишеслава Рајковић, виши научни сарадник, Институт Винча, о оцени докторске дисертације „Утицај термичке и ласерске обраде на промене у микроструктури суперлегура никла“ докторанта Сање Петронић, дипл.инж.маш., Наставно-научно веће Машинског факултета на седници одржаној 20.05.2010. године, донело је следећу

ОДЛУКУ

Усваја се извештај за оцену и одбрану докторске дисертације **„УТИЦАЈ ТЕРМИЧКЕ И ЛАСЕРСКЕ ОБРАДЕ НА ПРОМЕНЕ У МИКРОСТРУКТУРИ СУПЕРЛЕГУРА НИКЛА“** докторанта **САЊЕ ПЕТРОНИЋ**, дипл.инж.маш.

Одобрава се одбрана докторске дисертације пошто се докторска дисертација са извештајем Комисије за оцену и одбрану ставља на увид јавности у трајању од 30 дана и уколико не буде примедби на докторску дисертацију и извештај Комисије за оцену и одбрану, 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

НАУЧНО НАСТАВНОМ ВЕЋУ
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА
УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ

Предмет: Извештај Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата
Сање Петронић, дипл. инж. маш.

Одлуком Научно – наставног већа Машинског факултета Универзитета у Београду бр. 360/2 од 18.02.2010. године одређени смо за чланове Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата САЊЕ ПЕТРОНИЋ, дипл. маш. инж. са темом „УТИЦАЈ ТЕРМИЧКЕ И ЛАСЕРСКЕ ОБРАДЕ НА ПРОМЕНЕ У МИКРОСТРУКТУРИ СУПЕРЛЕГУРА НИКЛА“. Након детаљног проучавања приложене докторске дисертације и увида у остали материјал који се налази у архиви Машинског факултета, подносимо следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Увод

1.1. Наслов и обим дисертације

Докторска дисертација кандидата САЊЕ ПЕТРОНИЋ, дипл. инж. маш. садржи 151 страну, 70 слика и дијаграма, 30 табела и 105 цитирану референцу. Дисертација садржи увод, садржај, апстракт, номенклатуру, текст докторске дисертације, литературу и све остале делове предвиђене правилима о докторским студијама.

1.2. Хронологија одобравања и израде дисертације

Дипл. инж. Сања Петронић уписала је докторске студије на Смеру за Технологију материјала Машинског факултета у Београду школске 2005/2006. За потенцијалног ментора је изабрала проф. Анђелку Милосављевић која је, уз сагласност Катедре за технологију материјала, сачинила План усавршавања, који је приложен у оквиру пријаве теме докторске дисертације. Након што је положила све испите са највишом оценом 10 и испунила све остале обавезе предвиђене програмом докторских студија Машинског факултета и Планом усавршавања, кандидат и потенцијални ментор су дописом број 177/1 од 17.03.2009. предложили Научно – наставном већу Машинског факултета тему докторске дисертације „УТИЦАЈ ТЕРМИЧКЕ И ЛАСЕРСКЕ ОБРАДЕ НА ПРОМЕНЕ У МИКРОСТРУКТУРИ СУПЕРЛЕГУРА НИКЛА“. Одлуком Научно-наставног већа Машинског факултета у Београду бр. 177/2 од 19.03.2009. године, формирана је комисија за оцену испуњености услова кандидата и научне заснованости теме, која је била у истом саставу као и садашња Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације.

Комисија за оцену испуњености услова кандидата и научне заснованости теме, поднела је извештај Научно-наставном већу Машинског факултета (заведен под бројем 177/3, 05.05.2009.) у коме је констатовала:

- Да је докторант Сања Петронић, дипл. инж. маш. испунила све услове предвиђене Планом и програмом докторских студија и Статутом Машинског факултета, и да је стекла право да пријави докторску дисертацију на Машинском факултету у Београду,
- Да предложена тема докторске дисертације припада научној области за коју је Машински факултет матичан. Такође, тема докторске дисертације је у потпуности адекватна, научно заснована, са јасним садржајем и циљем испитивања,
- Да предложени ментор задовољава све услове предвиђене Законом и Статутом Машинског факултета Универзитета у Београду. На основу тога, комисија је предложила Научно – наставном већу да се Сањи Петронић, дипломираном машинском инжењеру, одобри израда докторске дисертације под радним насловом

УТИЦАЈ ТЕРМИЧКЕ И ЛАСЕРСКЕ ОБРАДЕ НА ПРОМЕНЕ У МИКРОСТРУКТУРИ СУПЕРЛЕГУРА НИКЛА

и да се за ментора одреди др Анђелка Милосављевић, редовни професор на Катедри за технологију материјала Машинског факултета. Научно – наставно веће је прихватило овај извештај (одлука бр. 177/4 од 07.05.2009.године) и проследило га Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду које је на својој седници од 03.07.2009. дало своју сагласност, на основу чега је декан Машинског факултета донео одлуку да се прихвати тема докторске дисертације и именује предложени ментор (одлука бр. 961/1, од 11.09.2009. године). Ментор је дописом заведеним под бројем 360/1 од 18.02.2010.године обавестио Научно-наставно веће Машинског факултета да је кандидат завршио докторску дисертацију, на основу чега је Веће именovalo Комисију за оцену и одбрану докторске дисертације (одлука бр 360/2 од 22.02.2010.године), која подноси овај Извештај.

Иако је период између одобравања и завршетка докторске дисертације кратак, докторант Сања Петронић је на овој дисертацији радила преко 5 година, а дисертацији је претходио и завршени специјалистички рад о површинској деградацији суперлегура никла.

1.3. Место дисертације у одговарајућој научној области

Докторска дисертација кандидата Сање Петронић, дипл. инж. маш. под насловом „УТИЦАЈ ТЕРМИЧКЕ И ЛАСЕРСКЕ ОБРАДЕ НА ПРОМЕНЕ У МИКРОСТРУКТУРИ СУПЕРЛЕГУРА НИКЛА“ припада техничким наукама, научној области материјала и заваривање, за коју је матичан Машински факултет Универзитета у Београду.

Докторска дисертација се бави технологијом материјала, машинским обрадама и науком о материјалим. Разматра промене у структурама у зависности од хемијског састава, термичке и ласерске обраде, са циљем да се установе оптималне структуре које ће да побољшају механичке и физичке карактеристике материјала.

1.4. Биографски подаци кандидат

Сања Петронић је рођена 11.09.1969. године у Стокхолму, Шведска.

Основну и средњу школу завршила је у Београду. Дипломирала је на Машинском факултету у Београду 1994. године на групи за Процесну технику, а дипломски рад је одбранила на катедри за Технологију материјала под називом „Савремене методе испитивања материјала без разарања“.

После дипломирања, запослила се у П.П. „Трезор 9“, где је као машински инжењер радила до 2002. године. Осим машинством, успешно се бавила шахом, остварујући запажене резултате у пионирској, омладинској и сениорској конкуренцији. Титула интернационалног мајстора јој је призната од ФИДЕ 1996. године. Радила је хонорарно у дневном листу «Спортски журнал» у шаховској рубрици, као и водитељ и сарадник на неколико шаховских ТВ емисија. Од 2002-2004. радила је као шаховски тренер у Сингапуру и Грчкој.

Године 2004. уписала је специјалистичке студије на Машинском факултету у Београду, на катедри за Технологију материјала, група за Машинске материјале и заваривање, где је 2005. одбранила специјалистичку тезу под називом: "Примена микроскопских и фрактографских испитивања на повећање површинске стабилности суперлегура никла". После завршених специјалистичких студија уписала је 2005. године докторске студије на Катедри за Технологију материјала Машинског факултета у Београду. У току студија показала је велико интересовање за научно-истраживачки рад. Коаутор је више радова који су саопштени на интернационалним конференцијама или штампани у часописима. Од јула 2008. ради у Иновационом центру Машинског факултета, Универзитета у Београду, као истраживач сарадник.

Говори енглески и грчки.

Одлично познаје следеће програме, програмске пакете и програмске језике:

AutoCad, MS Office, Corel Draw, Abaqus, Origin.

1.5. Радови, пројекти, предавања

До сада је објавила неколико научних и стручних радова:

- [1] Радовановић, Р., Милосављевић, А., Петронић, С., Миловановић, А.: "Примена холографске интерферометријске методе за испитивања модела пројектованих од Al-Zn-Mg-Cu легуре", "Металургија", Београд, 2005.
- [2] Радовановић, Р., Милосављевић, А., Кутин, М., Миловановић, А., Полић-Радовановић, С., Петронић, С., Радаковић, З.: "Application of Contemporary Optical Techniques for Quality Inspection of Structural Parts Produced of Multi-component Aluminium Alloys", Welding and Joining 2005, Frontiers of Materials Joining, Tel- Aviv, Israel.
- [3] Прокић-Цветковић Р., Милосављевић А., Седмак А., Поповић О., Петронић С.: "Formulation of Acicular Ferrite on Non-metallic Inclusions in Low-alloyed Welded Joints", 10th International

Research/Expert Conference: Trends in the Development of Machinery and Associated Technology TMT 2006, Barselona, 2006.

[4] Милосављевић А., Петронић С., Ковачевић К., Прокић-Цветковић Р., Кутин М.: "Fine-structural Investigation of Nickel Based Superalloys after Various Heat Treatment", YUCOMAT, Herceg Novi, Montenegro, pp. 88, 2006.

[5] Срећковић М., Милосављевић А., Кораћ М., Петронић С. : "Application of Holographic Interferometry and Scanning Electronic microscopy in Examining Materials of the Cultural Heritage Objects", Археологија и природне науке 1, пп. 127-136, 2006.

[6] Ковачевић К., Петронић С. Милосављевић А., Мркић М., Пљакић Р., Промена у структури суперлегура у зависности од температуре, Но 3-4, Година ВИИ, 085 - 090. Енергија, Економија, Екологија 2007.

[7] Петронић С., Милосављевић А.: "The heat treatment effect on the multicomponent nickel alloys structure", FME TRANSACTIONS, 36, 4, 189-193, 2007.

[8] Милосављевић А., Петронић С. "The influence of creep deformation on thermo-resistant superalloys", 32. Proceedings of Conference on Production Engineering of Serbia 2008, 281-285, Нови Сад, 2008.

[9] Милосављевић А., Петронић С, Срећковић М., Нешић И, Пљакић Р, Неговановић В, „Ruby Laser Interaction with Austenite Structural Materials“, *Acta Physica Polonica A*, Vol. 115, N° 4; 823 – 826, 2009.

[10] Петронић С., Радовановић Р., Грујић Б. Applications of Laser Techniques to Austenite Materials. Proceeding of 9. Int. Conf. DEMI 2009, Бањалука, р. 201 - 206.

[11] Милосављевић А., Петронић С., Срећковић М., Ковачевић А., А. Крмпот, К. Ковачевић, *Fine – scale structure investigation of Nimonic 263 superalloy surface damaged by femtosecond laser beam*, *Acta Physica Polonica A* 116, р.р. 553-556, 2009.

[12] С. Петронић, С. Дреџун – Нешић, А. Милосављевић, А. Седмак, М. Поповић, А. Ковачевић, *Microstructure changes of nickel-base superalloys induced by interaction with femtosecond laser beam*, *Acta Physica Polonica A* 116, 550- 553, 2009.

[13] Грабулов В., Јовичић Р., Седмак А., Одановић З., Петронић С.: "An analysis of the influence of weldment heterogeneity in ferrite-austenite welded structure", *Welding in the World*, (ISSN 0043-2288), Cedex, France, 2009, Vol. 53, Special Issue, pp. 559.-563.

[14] Петронић С., Милосављевић А., Зоран Радаковић, Дробњак П., Грујић И., Analysis of geometrical characteristics of pulsed Nd:YAG laser drilled holes in superalloy Nimonic 263 sheets“, Технички Вјесник, Славонски Брод, Хрватска. у припреми за штампу за Бр.1, 2010. (ISSN 1330-3651).

Докторант Сања Петронић је учесник пројекта Технолошког развоја Министарства науке Републике Србије: „Заваривање аустенитних материјала“, МИС 14067.

Сања Петронић је одржала и предавање у Институту за физику под називом: „Механичка и термомеханичка обрада ласером“, октобра 2009.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Структура и садржај дисертације

Докторска дисертација садржи увод, садржај, апстракт, апстракт на енглеском, номенклатуру, текст докторске дисертације, литературу и биографију кандидата. Текст дисертације је подељен у 7 поглавља:

1. Увод,
2. Суперлегури – теоријски приказ: микроструктура, особине и примена,
3. Термичке и ласерске обраде,
4. Експеримент – план рада, резултати и испитивања,
5. Дискусија,
6. Закључци,
7. Литература.

2.2. Кратак приказ поглавља

Увод рада садржи преглед докторске дисертације, са посебним освртом на значај одабраног материјала – суперлегура, и њихове све веће примене у савременој техничкој пракси. Потенциран је значај правилног избора параметара термичке и ласерске обраде, као и примењених техника испитивања. Дат је кратак опис појединачних поглавља. Истакнут је значај добијених резултата.

Поглавље **Суперлегури** обухвата теоријски и литературни приказ резултата везаних за микроструктуру, особине и примену. Легуре су разматране са становишта хемијског састава, од којег зависи формирање γ чврстог раствора, интерметалних једињења и осталих секундарних пожељних и непожељних фаза. Посебна пажња је посвећена утицају легирајућих елемената на формирање микроконституената који битно утичу на механичке и физичке особине на повишеним температурама и притисцима. Добре хемијске, физичке и механичке особине суперлегура обезбеђују им примену у специфичним радним условима, често веома неповољним, и сврставају суперлегури никла у материјале од посебног значаја за термотехнику, хидротехнику, авио индустрију и нуклеарну енергетику.

Поглавље **Термичке и ласерске обраде** приказује утицај правилног избора температуре и времена процеса: нормализације, растварајућег жарења, термичког таложења, жарења ради уклањања заосталих напона, као и правилног избора параметара ласерске обраде. Детаљно је приказан начин и значај таложног ојачавања, као и његов на формирање појединих микроструктура. Описане су ласерске обраде: бушење ласерским снопом, механичка и термомеханичка обрада ласером. Разматрани су утицаји параметара обраде ласером и промене у структури које се јављају током наведених процеса. Приказани су и математички модели који описују расподеле температуре настале концентрисаним извором зрачења, као и модели еластично-пластичних деформација.

Поглавље **Експеримент** обухвата план рада, опис примењених техника испитивања, начин испитивања и добијене резултате. Примењене технике испитивања су: термичка обрада суперлегура у вакуму, хладна пластична деформација према прорачунатом режиму, испитивање на затезање и мерење тврдоће, оптичка и скенирајућа микроскопија са енерго-дисперзивном спектроскопијом и обрада ласером. Обрада ласером обухвата:

- бушење лимова суперлегура различитих дебљина ласерским снопом различитим параметрима (трајање импулса, фреквенција импулса, густина снаге),
- површинску обраду (механичка и термомеханичка) ласером суперлегура никла и железа различитим параметрима процеса. Експеримент је укључио и опорављање деградиране структуре механичком обрадом ласером.

Поглавље **Дискусија** даје детаљно разматрање експерименталних резултата уз посебан осврт на њихову оригиналност, а са циљем да успостави корелацију са претходним научним поставкама у смислу усаглашавања или неподударања. Посебан значај представља карактеризација појединих микроструктура које су настале у процесима термичке и ласерске обраде при различитим параметрима. Појава интересантних структура је често у сагласности са добијањем оптималних маханичких и физичких особина. Издвајање неповољних микроконституената указивало је на стварање пора и декохезију граничних површина, које током рада могу да изазову стварање микропрслина. Такође, разматрањем добијених резултата указала се потреба за реализацијом хипотеза које би биле од значаја за даља испитивања.

Поглавље **Закључци** садржи закључке изведене током истраживања. Поглавље обухвата и предлог смерница за будућа истраживања.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост, оригиналност и значај

Суперлегури никла, као и суперлегури железа које су такође разматране у овом раду, представљају најсавременије техничке материјали. Суперлегури никла имале су развој од четворокомпонентних легура, до генерација 4 које се користе за компоненте никлеарних реактора. Због изузетно строгих захтева примене њихово стално усавршавање захтева велика теоријска и практична знања. Такође су неопходне и савремене технике испитивања и обрада. Посебно место припада обрадама ласерским снопом, што је и примењено у овом раду. Примена ласерске обраде могућа је и на местима које нису доступне конвенционалним методама. У овом раду су контролисане структуре на нано и микровеличинама са циљем да се објасне микро и макро промене у материјалу. Оригиналност рада се огледа у примењеним материјалима, обрадама и техникама испитивања, као и у сагледавању предности, проблема и успостављању њихових корелација.

3.2. Референтна и коришћена литература

У дисертацији је коришћена сва доступна литература везана за разматрану област. Докторант је показао висок ниво познавања достигнућа објављених у стручној и научној литератури. Литература је коректно цитирана и адекватно примењена. Велики број коришћених референци (105) говори о доброј теоријској научној припреми за описани експеримент и дисертацију.

3.3. Примењене научне методе

У дисертацији су, у циљу добијања оптималних резултата истраживања, примењене следеће научно истраживачке методе:

Вакумска техника и ласерске методе,
Оптичка и електронска микроскопија,
Енергодисперзивна спектрометрија,
Математичко моделирање,
Анализа резултата,
Експеримент - верификација резултата истраживања.

3.4. Оцена примењивости и верификације остварених резултата

Добијени резултати имају широку примену у хидротехници, авио индустрији, као и нуклеарној енергетици. Одабрани материјал је од великог значаја за рад на високим температурама и притисцима, па је побољшање особина материјала применом правилно одабраних температура и времена термичке обраде веома важно, што је у овом раду постигнуто. Оптималне вредности параметара бушења ласером, за различите дебљине лимова, суперлегури Нимоник 263, добијене експериментом у овој дисертацији (фреквенција импулса, трајање импулса) су примењиве пре свега код лопатица турбина и дискове турбина, као и елајнере авиомотора. Резултати добијени скенирајућим микроскопом и енергодисперзивном спектрометријом потврдили су значај примене механичке и термомеханичке површинске обраде ласером. Такође, резултати потврђују разлике у микроструктурама при примени механичке и термомеханичке површинске обраде, као и различитим параметарима процеса.

Показало се да је наведеним обрадама могуће успешно опорављање микроструктуре након дејства агресивних срединама.

3.5. Оцена оспособљености кандидата за самостални научни рад

Докторант Сања Петронић је у току докторских студија успешно савладала све предвиђене испите и положила их са средњом оценом десет (10). Од почетка је показала велику заинтересованост у савладавању теоријског знања, као и упорност у експерименталном раду. Евидентно је да поседује интелигенцију неопходну за анализу и повезивање литературних и

експерименталних резултата дајући свој оригиналан приступ. Самосталан научни рад је остварен кроз значајне публикације у међународним и националним часописима и значајним интернационалним конференцијама.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

Остварени резултати докторске дисертације „УТИЦАЈ ТЕРМИЧКЕ И ЛАСЕРСКЕ ОБРАДЕ НА ПРОМЕНЕ У МИКРОСТРУКТУРИ СУПЕРЛЕГУРА НИКЛА“, представљају научни допринос. Експериментални резултати добијени успостављањем оптималних температура и времена термичке обраде, прорачунатог режима пластичне деформације потврдили су да испитивани материјал поседује добре механичке и структурне особине. Разматрајући литературне податке и теоријске поставке закључено је да су остварене добре особине последица механизма и кинетике таложног и деформационог ојачавања, у садејству са линијским дефектима пластичне деформације.

Ефективно коришћење ласера за бушење високо квалитетних отвора за критичне примене зависи у великој мери од исправне селекције и оптимизације параметара бушења. Експериментални резултати процеса бушења ласером су у складу са теоријским објашњењима процеса бушења. Примењени су различити параметри процеса бушења, фреквенција импулса и трајање импулса ласерског снопа, на лимовима различитих дебљина. Анализом геометријских карактеристика: улазног и излазног пречника рупе, циркуларности улазног и излазног пречника рупе, степена сужења или нецилиндричности рупе, односа дубина – пречник, као и металуршких: површине распрскавања и појава прслина, и корелацијом добијених резултата одређени су оптимални параметри процеса. Такође, испитивањем микротврдоће као и микроструктуре скенирајућим микроскопом (СЕМ) и енергодисперзивном анализом (EDS), уочене су разлике у структури, на различитим удаљеностима од рупа – у слоју насталом услед распрскавања избаченог материјала, које су потврдиле теоријске поставке самог процеса.

Примењене су механичка и термомеханичка обрада суперлегури никла Нимоник 263 и суперлегури железа Н – 155, у циљу побољшања отпорности на замор, отпорности на интергрануларну корозију и побољшања тврдоће. Анализирана је микроструктура настала услед термомеханичке и механичке обраде, где су се користили транспарентни слој и абсорпциони премаз, при различитим условима и параметрима процеса. Добијене структуре, и поједини микроконституенти су оригинални допринос ове дисертације. Анализом добијених структура указано је на њихов значај у побољшању особина добијених наведеним обрадама. Такође, анализирани су структуре настале након деформисања и дејства агресивних киселина и установљено је опорављање микроструктуре након процеса површинске - механичке и термотехничке обраде ласером.

Показало се да је испитивање интеракције ласерске светлости у основи први корак у избору оптималних параметара ласерских обрада наведених материјала. Због изузетних особина

ласерске светлости, кратког трајања ласерског импулса и високе густине енергије по површини узорка, неке реакције су се одвијале по другачијем механизму него при класичном повећању температуре. Анализиране су промене у микроструктури при аблацији материјала ласером, а у циљу одређивања параметара заваривања. Анализа микроструктуре материјала настала током заваривања и аблације ласером, такође је од значаја и представља важан научни допринос.

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

Добијени резултати представљају повод и добру основу за даља испитивања. Значајни закључци, добијени на основу експерименталне и теоријске анализе, су наметнули многа питања.

Механичком површинском обрадом постигнута су побољшања тврдоће и микротврдоће, као и много боља микроструктура и односу на полазну структуру. Након дејства агресивних средина ласерском обрадом је изведено опорављање структуре. Даља испитивања би обухватила затварање микропрелина, санацију и превенцију на тешко доступним местима и сложеним облицима, дејством ласером.

У циљу напретка науке и технологије, код нас и у свету, од великог значаја је производња све бољих материјала са бољим механичким и физичким особинама, и побољшања технологије ласерске обраде, која пре свега укључује смањење трајања импулса ласерског снопа. Докторант Сања Петронић је добила резултате испитивања рубинским ласером [9], Nd:YAG ласером различитих трајања импулса: реда милисекунди [10,14], наносекунди, фемтосекунди [12, 13], а у плану су испитивања дејством пикосекундног ласера на поменуте материјале, који би пратиле, поред оптичке скенирајуће микроскопије и енергодисперзивне анализе и трансмисиона, а уз Божију помоћ и термоемисиона микроскопија.

Тakoђе, у плану је наставак истраживања микроструктура насталих заваривањем различитих типова ласера, као и одређивање оптималних параметара заваривања.

У даљем раду била би од значаја примена нумеричких метода.

4.3. Очекивана примена резултата у пракси

Добијени резултати биће примењени у конструкцији различитих елајнера авиомотора, код лопатица турбина, ротора турбина, и других конструктивних делова у авиоиндустрији и енергетици.

4.4. Верификација научног доприноса

Допринос докторске дисертације верификован је кроз низ радова које је докторант Сања Петронић објавила, као аутор и коаутор, у међународним и домаћим часописима и саопштила на међународним и домаћим конференцијама. Радови су наведени у биографским подацима, а овде ће бити посебно издвојени само радови значајни за ову дисертацију:

- [1] Милосављевић А., Петронић С., Ковачевић К., Прокић-Цветковић Р., Кутин М.: "Fine-structural Investigation of Nickel Based Superalloys after Various Heat Treatment", YUCOMAT, Herceg Novi, Montenegro, pp. 88, 2006.
- [2] Ковачевић К., Петронић С. Милосављевић А., Мркић М., Пљакић Р., "Промена у структури суперлегура у зависности од температуре", Енергија, Економија, Екологија, 3-4, VII, 085 – 090, 2007. (ISSN br. 0354-8651).
- [3] Петронић С., Милосављевић А.: "The heat treatment effect on the multicomponent nickel alloys structure", FME TRANSACTIONS, 36, 4, 189-193, 2007. (ISSN br.1451 – 2092)
- [4] Милосављевић А., Петронић С. "The influence of creep deformation on thermo-resistant superalloys", 32. Proceedings of Conference on Production Engineering of Serbia 2008, 281-285, Нови Сад, 2008.
- [5] Милосављевић А., Петронић С, Срећковић М., Нешић И., Пљакић Р., Неговановић В., „Ruby Laser Interaction with Austenite Structural Materials“, Acta Physica Polonica A, Vol. 115, N° 4; 823 – 826, 2009. (ISSN 0587-4246)
- [6] Петронић С., Радовановић Р., Грујић Б., "Applications of Laser Techniques to Austenite Materials“, Proceeding of 9. Int. Conf. DEMI 2009, Бањалука, 201 – 206, 2009.
- [7] Милосављевић А., Петронић С., Срећковић М., Ковачевић А., Крмпот А., Ковачевић К., „Fine – scale structure investigation of Nimonic 263 superalloy surface damaged by femtosecond laser beam“, Acta Physica Polonica A 116, 553-556, 2009.(ISSN 0587-4246)
- [8] С. Петронић, С. Дрецун – Нешић, А. Милосављевић, А. Седмак, М. Поповић, А. Ковачевић, "Microstructure changes of nickel-base superalloys induced by interaction with femtosecond laser beam“, Acta Physica Polonica A 116, 550- 553, 2009. (ISSN 0587-4246)
- [9] Грабулов В., Јовичић Р., Седмак А., Одановић З., Петронић С.: "An analysis of the influence of weldment heterogeneity in ferrite-austenite welded structure", Welding in the World, Cedex, France, 2009, Vol. 53, Special Issue, 559.-563, 2009. (ISSN 0043-2288)
- [10] Петронић С., Милосављевић А., Зоран Радаковић, Дробњак П., Грујић И., Analysis of geometrical characteristics of pulsed Nd:YAG laser drilled holes in superalloy Nimonic 263 sheets“, Технички Вјесник, Славонски Брод, Хрватска. у припреми за штампу за Бр.1, 2010. (ISNN 1330-3651).

Часописи 5, 7 и 10 се налазе на SCI листи.

Доказ значаја теме и резултата је и предавање које је докторант сања Петронић одржала у Институту за физику у Београду, октобра 2009. године на тему „Механичка и термомеханичка обрада ласером“.

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

На основу детаљног разматрања докторске дисертације са темом „Утицај термичке и ласерске обраде на промене у микроструктури суперлегура никла“, докторанта Сање Петронић, дипл. маш. инг., Комисија за оцену и одбрану сматра да дисертација представља оригиналан и веома успешан научно-истраживачки рад, из области материјала, термичке и ласерске обраде. Применом савремених техника: вакумске, ласерске, микроскопске и субмикроскопске, кандидат је дао значајан допринос у испитивању и разматрању микро и

макро промена у области веома сложених структурних стања вишекомпонентних легура никла. Испитујући наведене материјале који имају велику практичну примену у веома неповољним радним условима, кандидат је сагледао важност структурних стања материјала и оптималних параметара процеса обрада, од значаја за поузданост и радни век конструктивних делова.

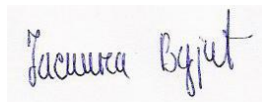
Кандидат је показао висок ниво теоријског знања и склоност ка научно-истраживачком раду што се показало и у верификованим радовима у значајним научним публикацијама.

Комисија за оцену и одбрану констатује да је кандидат Сања Петронић успешно завршила докторску дисертацију „Утицај термичке и ласерске обраде на промене у микроструктури суперлегура никла“ и са задовољством предлаже Научно – наставном већу Машинског факултета Универзитета у Београду да овај извештај прихвати, стави дисертацију на увид јавности и да, у складу са Законом и Статутом Машинског факултета, закаже њену јавну одбрану.

Београд, 23.02. 2010. године

Чланови комисије:

др Анђелка Милосављевић, дипл. инг. технологије
редовни професор Машинског факултета у Београду,



др Јасмина Вујић, дипл. инж. електротехнике
редовни професор Калифорнијског универзитета Беркли,

др Александар Седмак, дипл. инг. машинства
редовни професор Машинског факултета у Београду,

др Радица Прокић – Цветковић, дипл. инг. технологије
ван. професор Машинског факултета у Београду,

др Вишеслава Рајковић, дипл. инг. технологије
виши научни сарадник Института „Винча“, Београд.