

Примљено	20.05.2013		
Орг. јед.	Број	Примљено	Врећност
1	612-388/13		

## НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА УНИВЕРЗИТЕТА У НИШУ

Одлуком Наставно-научног већа Машинског факултета у Нишу број 612-329-8/2013, од 26.04.2013. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену научне заснованости теме докторске дисертације кандидата мр Радована Х. Николића, под називом:

### ИСТРАЖИВАЊЕ ТЕМПЕРАТУРНОГ ПОЉА У РЕЗНОМ АЛАТУ ПРИ ОБРАДИ НА СТРУГУ НА СУВО СА ХЛАЂЕЊЕМ РЕЗНОГ АЛАТА СИСТЕМОМ НА БАЗИ ТЕРМОЕЛЕКТРИЧНОГ МОДУЛА

На основу документације приложене уз пријаву докторске дисертације, биографије кандидата, публикованих научних и стручних радова и квантификације досадашњег научног рада кандидата, чланови Комисије подносе следећи

#### ИЗВЕШТАЈ

Мр Радован Х. Николић је поднео 15.04.2013. године Одсеку за наставна и студентска питања Машинског факултета у Нишу пријаву и захтев за оцену научне заснованости теме докторске дисертације.

Наведена пријава је формално у складу са одредбама из Члана 27. Правилника о докторским академским студијама Машинског факултета Универзитета у Нишу.

#### 1. ОСНОВНИ БИОГРАФСКИ ПОДАЦИ

##### 1.1. Лични подаци

Кандидат мр Радован Х. Николић, дипл. инж. маш., је рођен 07.10.1962. године. Живи у Крушевцу. Ради на Високој техничкој машинској школи струковних студија у Трстенику.

##### 1.2. Подаци о досадашњем образовању

Кандидат је 1981. године завршио машинско техничку школу „Вељко Влаховић“ у Крушевцу и стекао звање конструктор алата-техничар. Дипломирао је 1988. године на Машинском факултету у Крагујевцу на Катедри за Производно машинство. Последипломске студије на Машинском факултету у Крагујевцу из области производног машинства уписао је 1990. године. Магистарски рад под називом "Прилог истраживању граничних услова и њиховог утицаја на квалитет јонског нитрирања резних алата" одбранио је 1995. године. Од страних језика говори енглески, немачки и руски.

##### 1.3. Професионална каријера

У периоду 13.06.1988. - 30.09.1990. радио је у ИМК „14.Октобар“ у Крушевцу на радним местима инжењер у производњи и конструктор. На Машинском факултету у Краљеву радио је у периоду 01.10.1990.-01.10.1996. у звању асистент-приправник, а у периоду 01.10.1996.-28.02.2011. у звању асистент. Држао је вежбе из предмета у области производних технологија и конструкција. У периоду 01.10.1997.-31.08.1998. радио је у ВИС-Свилајнац као хонорарни сарадник на пословима развоја. Од 01.10.2011. и данас ради на Високој техничкој машинској школи

струковних студија у Трстенику у звању предавач. Држи наставу из предмета у области производних технологија.

#### 1.4. Област научно-истраживачког рада

Области научно-истраживачког рада кандидата су: алати и прибори, термодинамика резања, термичка обрада, термохемијска обрада и површинска заштита, обновљиви извори енергије и енергетска ефикасност.

#### 1.5. Награде и признања

- 1981. Ученик генерације у Машинској техничкој школи у Крушевцу
- 1988. Награда Машинског факултета у Крагујевцу за постигнут успех у току студија
- 1989. Награда за иновацију ИМК „14. Октобар“, Крушевац

## 2. ПРЕГЛЕД И МИШЉЕЊЕ О ДОСАДАШЊЕМ НАУЧНОМ И СТРУЧНОМ РАДУ КАНДИДАТА

Мр Радован Николић је у својој пријави теме докторске дисертације приложио списак референци. Кандидат је до сада публикувао 21 рад, од чега 2 рада у међународним часописима са SCI листе, 2 рада у часописима националног значаја, 12 радова на међународним конференцијама и 5 радова на националним конференцијама. Током своје професионалне каријере учествовао је у реализацији 5 научно-истраживачких пројеката, од тога 3 које је финансирало Министарство науке и технолошког развоја Републике Србије. Кандидат има признату иновацију у индустријској пракси.

### 2.1. Објављени радови

#### 2.1.1. Радови у часописима међународног значаја (SCI листа)

1	Nikolić R., Radovanović M., Karić M., Pešić O.: <b>Simulation of cutting tools cooling by the system on the basis of thermoelectric modules</b> , Metalurgia International, Vol. 17, No. 9, pp. 203-210, ISSN 1582-2214.
2.	Karić M., Brkić M., Erić O. J., Nikolić R.,: <b>Efficient and environment – friendly heating system</b> , Metalurgia International, Vol. 17, No. 9, pp. 97-100, ISSN 1582-2214.

#### 2.1.2. Радови у часописима ван SCI листе, часописима националног значаја и зборницима са рецензијом

3.	Nikolić R., Đorđević LJ.: <b>Temperature field in the turning circle tool in the process of Č.1730 steel final dry cutting</b> , ИМК-14 Истраживање и развој, Vol. 35, No. 2, 2010, pp. 55-57, ISSN 0354-6829.
4.	Karić, M. Nikolić R., Škundrić, N.: <b>Korišćenje drvne biomase u energetske svrhe – sagorevanje i gasifikacija</b> , Revija agronomska saznanja, 0354-2092(2012)22, 1-2, pp.28-32. UDK 662.8(497.11); 662.63;620.952.

#### 2.1.3. Радови саопштени на међународним скуповима

5.	Nikolić R., Đorđević LJ., Karić M., Čajetinac S.: <b>Review of research in the field of thermoelectric cooling</b> , 12 <sup>th</sup> International Conference Research and Development in Mechanical Industry – RaDMI 2012, (ISBN 978-86-6075-036-7), Vrnjačka Banja, 14.-17.9.2012., Serbia, vol.
----	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

	2. pp. 247-255.
6.	Nikolić R., Radovanović M., Karić M., Mihajlović G., Pešić O.: <b>Cooling cutting tool for turning system based on thermoelectric module</b> , 12 <sup>th</sup> International Conference Research and Development in Mechanical Industry – RaDMI 2012, (ISBN 978-86-6075-036-7), Vrnjačka Banja, 14.-17.9.2012., Serbia, vol. 2. pp. 256-260.
7.	Karić M., Nikolić R., Škundrić N.: <b>The geothermal system for heating and cooling the residential space</b> , 12 <sup>th</sup> International Conference Research and Development in Mechanical Industry – RaDMI 2012, (ISBN 978-86-6075-037-4), Vrnjačka Banja, 14.-17.9.2012., Serbia, vol. 1. pp. 1030-1036.
8.	Đorđević LJ., Trifunović D., Mihajlović G., Nikolić R.: <b>Hydraulic and pneumatic component reengineering by hard chrome plating</b> , 11 <sup>th</sup> International Conference Research and Development in Mechanical Industry – RaDMI 2011, (ISBN 978-86-6075-026-8), Sokobanja, 15.-18.9.2011., Serbia, pp. 1168-1171.
9.	Mihajlović G., Đorđević LJ., Nikolić R., Trifunović D.: <b>The problem of maintaining copper ore grinding machines</b> , 11 <sup>th</sup> International Conference Research and Development in Mechanical Industry – RaDMI 2011, (ISBN 978-86-6075-026-8), Užice, 7.-8.10.2011., Serbia, pp. 1118-1122.
10.	Đorđević LJ., Mihajlović G., Nikolić R., Trifunović D.: <b>Managing quality in the process of tube production</b> , 4 <sup>th</sup> International Conference Science and Higher Education in Function of Sustainable Development – SED2011, (ISBN 978-86-83573-17-2), Proceedings CD ROM, Užice, 7.-8.10.2011., Serbia, pp. 93-98.
11.	Nikolić R., Đorđević LJ., Trifunović D.: <b>Model of temperature field in the cutting tool during dry machining as a basis for researching the new cooling system</b> , 10 <sup>th</sup> International Conference Research and Development in Mechanical Industry – RaDMI 2010, (ISBN 978-86-6075-016-9), Donji Milanovac, 16.-19.9.2010., Serbia, Vol. 1., pp. 378-383.
12.	Nikolić R., Nešović J., Stanković H.: <b>Effect of tools layering by ionic nitration aimed to forging of caterpillar track link</b> , 4 <sup>th</sup> International Scientific Conference Heavy Machinery - HM'02, (ISBN 86-82631-15-6), Kraljevo, 27.-30.jun.2002., Serbia, pp. D43-46.
13.	Nešović J., Jevtić J., Nikolić R.: <b>Optimised dimensions of ellipsoid-shape-bottomed pressure vessels</b> , 4 <sup>th</sup> International Scientific Conference Heavy Machinery - HM'02, (ISBN 86-82631-15-6), Kraljevo, 27.-30.jun.2002., Serbia, pp. F57-60.
14.	Nikolić R., Nešović J.: <b>Određivanje optimalnih režima jonskog nitriranja zavojnih burgija</b> , 6 <sup>th</sup> International Conference on Flexible Technologies - MMA 97, Novi Sad - Sombor, juni .1997., Serbia, Proceedings I, pp. 353-358.
15.	Dumanović M., Stanić J., Đorđević S., Nikolić R.: <b>Primena postupka jonskog nitriranja za oplemenjivanje površina alata i mašinskih delova</b> , The First International Scientific Conference Heavy Machinery - HM'93, Kruševac-V. Banja, 8.10.-10.10.1993., Serbia, knjiga 4., pp. 47-51.
16.	Dumanović M., Stanić J., Đorđević A., Nikolić R.: <b>Određivanje parametara hrapavosti pri završnom struganju čelika Č 4120 izmenljivim pločicama izrađenim od kubnog bornitrida</b> , The First International Scientific Conference Heavy Machinery - HM'93, Kruševac-V. Banja, 8.10.-10.10.1993., Serbia, knjiga 3., pp. 287-292.

#### 2.1.4 Радови саопштени на националним скуповима

17.	Nikolić R., Pešić O., Karić M.: <b>Nove tendencije u antikorozivnoj zaštiti cinkovanjem komponenata u autoindustriji</b> , Naučni forum F15, Razvoj i upravljanje - 2012., Vrnjačka Banja, 22. - 23. Novembar, 2012.
18.	Nikolić R., Nešović J.: <b>Određivanje optimalne dubine difuzionog sloja zavojnih burgija oslojenih postupkom jonskog nitriranja</b> , XXVI Međunarodno savetovanje proizvodnog mašinstva, Budva, 1996.
19.	Dumanović M., Đorđević A., Nikolić R., Đorđević LJ.: <b>Optimizacija procesa čeonog struganja pločicom od kubnog bornitrida</b> , 12. jugoslovenski simpozijum, CIM u strategiji tehnološkog razvoja industrije prerade metala, Prohor-Pčinjski, 28juni - 1juli 1993., Zbornik radova str.197-202

20.	Dumanović M., Nikolić R., Stanić J., Majić M., Đorđević S.: <b>Pozitivni aspekti oslojavanja reznih alata izrađenih od brzoreznih čelika postupkom jonskog nitriranja</b> , XVIII Jupiter konferencija, 14. jugoslovenski simpozijum NU-ROBOTI-FTS, Kopaonik, 28.6.-3.7.1992., Serbia, pp. 59-64.
21.	Dumanović M., Đorđević A., Nikolić R., Đorđević LJ.: <b>Optimizacija režima rezanja pri poprečnom struganju reznim alatom od kubnog bornitrida u realnim uslovima</b> , XVIII Jupiter konferencija, 14. jugoslovenski simpozijum NU-ROBOTI-FTS, Kopaonik, 28.6.-3.7.1992., Serbia, pp. 65-68.

### 2.1.5. Магистарски рад

22.	Nikolić R.: <b>Prilog istraživanju graničnih uslova i njihovog uticaja na kvalitet jonskog nitriranja reznih alata</b> , magistarski rad, Mašinski fakultet, Kragujevac, oktobar. 1995.
-----	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

### 2.2. Учешће на пројектима

1.	<b>Ispitivanje mogućnosti povećanja veka trajanja alata za presovanje vatrostalnih opeka</b> , inovacioni projekat I. , MNT Srbije, 1995
2.	<b>Elektrohemijski generator gasa za zavarivanje i sečenje materijala</b> , inovacioni projekat I.2.1217, MNT Srbije, 1996/1997
3.	<b>Prototip "Elektrohemijski generator gasa za zavarivanje i sečenje materijala"</b> , Fabrika vagona Kraljevo, 1996
4.	<b>Super luk-višenamenski univerzalni aparat za zavarivanje, ekspres starter i ispravljač</b> , nov proizvod, firma "Univerzal" Kraljevo, 1996
5.	<b>Konstrukcija i izrada prototipa pogona za transportere, konvejere, skladišne sisteme, dizalične uređaje, mašine za pakovanje i mašine u procesnoj industriji</b> , inovacioni projekat I.5.1102, MNT Srbije, 1996/1997

### 2.3. Призната иновација у индустриској пракси

1.	Šundić M., Nikolić R.: <b>Univerzalni alat za izradu strela za ULT-160, ULT-220 i Fiat- alis</b> , rešenje komisije za inovacije 12/90 od 13. 04. 1990., IMK "14. Oktobar" Kruševac
----	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

## 3. ОБРАЗЛОЖЕЊЕ ТЕМЕ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

### 3.1. Предмет и научни циљ докторске дисертације, као и методе које ће се применити при истраживању

У процесу обраде резањем, деловањем резног алата на обрадак, део материјала се одваја са обратка и преводи у струготину. На овај начин се формира облик издатка. Део механичке енергије у процесу обраде се претвара у топлотну, при чему се јављају топлотни извори који доводе до загревања елемената обрадног система. Топлота се генерише услед деформисања материјала обратка у зони смицања при стварању струготине, услед различитих брзина клизања појединих слојева материјала струготине у кочионом слоју, као и услед трења на контактима грудне површине алата са струготином и леђне површине алата са обрађеном површином обратка. Највећи део генерисане топлоте одлази са струготином, део се задржава у обратку а део у резном алату. С обзиром да се ради о изворима велике густине топлотних флукса, топлотни флукси у обратку и топлотни флукси у алату су од изузетног значаја за процес обраде. У обратку, обзиром да се топлотни извор креће по обрађеној површини, настаје нестационарно температурско поље. Ако посматрамо алат, топлотни извори се налазе на резном клину алата. Јављају се два топлотна флукса: на грудној и леђној површини резног клина алата. Густина топлотног флукса се мења по дужини контакта, али се ради о константним вредностима у току времена. Имајући у виду, како

положај топлотних извора, тако и природу простирања топлоте, јасно је да у алату настаје нехомогено, нестационарно температурско поље. Због велике брзине генерисања топлоте и њеног концентрисања на малом простору, у појединим тачкама температурског поља у алату се појављују високе температуре. У тим тачкама долази до пада механичких карактеристика алатног материјала што за последицу има интензификацију процеса хабања и затупљење сечива. Затупљено сечиво узрокује даљи нагли пораст температуре у тачкама контакта. Повишене температуре имају низ негативних утицаја на резни алат, па је генерисану топлоту потребно одвести из зоне резања. Познавањем температурских поља у обратку и алату могуће је подешавање услова хлађења и самим тим смањење неповољних утицаја термичких оптерећења. С тим у вези развијен је низ математичких модела који служе за рачунско одређивање температура у зони резања. Познавањем температурских поља у процесу резања омогућује се правилније сагледавање проблема процеса хабања алата (интензитет и облици хабања) у различитим условима обраде, избор адекватнијег алатног материјала за одговарајуће услове обраде као и боље дефинисање услова за развој нових алатних материјала са циљем омогућавања примене најповољнијих режима обраде као и процене утицаја и квалитета расхладних средстава која се примењују у процесу резања. Због свега тога истраживање топлотних појава у зони резања има изузетно велики практичан значај. Хлађење се углавном врши применом класичних средстава за хлађење и подмазивање (СХП). У новије време, користећи чињеницу да при већим брзинама резања највећи део генерисане топлоте бива одведен преко струготине, примењује се тзв. високобрзинска обрада. Међутим, због веома великих брзина резања и скидања велике масе материјала са обратка у једном пролазу, машине које се примењују при високобрзинској обради су повишених конструкционих захтева, пре свега по питању улежиштења главног вретена и стабилности, па самим тим су и знатно скупље. Резни алати су специјални, компликованије конструкције и знатно скупљи у односу на стандардне. Из наведених разлога примена високобрзинске обраде у случају малих серија је економски неоправдана.

У условима повишених захтева за квалитетом обрађене површине није могућа примена класичних средстава за хлађење и подмазивање (СХП). Како у условима малосеријске производње није економски оправдана примена високобрзинске обраде преостаје једина могућност да се обрада обавља на суво. У овим условима обраде загревање резног алата је интензивније па се он брже хаба. Термоелектрични модули (ТЕМ) налазе широку примену при хлађењу суштински веома различитих објеката. Због тога се дошло на идеју да се покуша са термоелектричним хлађењем алата. У оквиру истраживања могућности примене ових система за хлађење потребно је развити математички модел за прорачун температурских поља у резном алату у условима обраде са хлађењем системом на бази ТЕМ. Како се све ово ради са циљем повећања постојаности алата на крају треба утврдити утицај оваквог хлађења на постојаност алата.

### 3.2 Предмет докторске дисертације

Предмет истраживања у докторској дисертацији биће изналажење могућности примене термоелектричног хлађења резног алата. Полазећи од постојећих математичких модела температурских поља у алату биће развијен модел који узима у обзир хлађење термоелектричним модулом и применом методе коначних елемената (МКЕ) дефинисано температурско поље при завршној обради на суво у оваквим условима хлађења. У том смислу биће реализован систем за хлађење резног алата на бази ТЕМ и верификоване вредности добијене рачунским путем.

Генерисана топлота у процесу резања вишеструко негативно утиче на ефекте обраде јер изазива интензификацију хабања резног алата и деформације елемената обрадног система од којих директно зависи тачност и квалитет обраде. Због тога је исту неопходно одвести из зоне резања. При поменутих ограничењима када је немогућа примена класичних СХП, а како се у пракси увелико примењује термоелектрично хлађење за различите објекте, предмет истраживања овог рада је могућност примене ових система за хлађење када није могућа примена СХП, већ се обрада мора обављати на суво.

За потребе истраживања биће урађена конструкција система за хлађење стругарског ножа. Монтажа система за хлађење вршиће се према тачно одређеној процедури како би се обезбедило правилно функционисање. У том смислу постоје препоруке произвођача модула. Пре свега је битно обезбеђивање добрих термичких контаката између елемената система као и добра термоизолација простора у коме је смештен ТЕМ. Због тога је потребно да се сви контакти премазују термалном машћу.

Топлотни извори на резном алату налазе се на његовом врху па имајући у виду природу процеса провођења топлоте у чврстим телима јасно је да настаје нехомогено, нестационарно температурско поље. Ширење топлоте врши се приближно концентрично у односу на места топлотних извора. Ова чињеница указује да ћемо на површини испод ТЕМ (хладна страна) имати исту ситуацију, односно вредности температуре се разликују од тачке до тачке, а такође се исте мењају у току времена. Значи да на хладној страни такође постоји нехомогено, нестационарно температурско поље.

Рад ТЕМ-а, а самим тим и комплетног система, дефинисан је преко три параметра: температуре на хладној страни, температуре на топлој страни и количине топлоте коју модул црпи из објекта који се хлади. Количина топлоте коју модул црпи из објекта директно зависи од разлике температура на његовој хладној и топлој страни. При прорачунима углавном се узимају средње вредности ових температура. Ово је реално у ситуацијама када је могуће одређивање средњих вредности. У конкретном случају, на хладној страни је нехомогено, нестационарно температурско поље чију је средњу вредност температуре немогуће срачунати. Због тога је у оквиру овог истраживања потребно развити реалан математички модел који би адекватно описивао поменути практични проблем. На тај начин би било могуће дефинисати температурско поље у резном алату хлађеном помоћу ових система у било ком тренутку резања.

Температура на топлој страни се лако одржава константном помоћу размењивача топлоте на бази флуида који је повезан са регулатором. У размењивачу је монтиран сензор који је такође повезан са регулатором чиме је обезбеђена повратна спрега. Средња вредност температуре на топлој страни се дигитално подешава на регулатору. Дефинисањем ове две вредности температура могуће је дефинисати количину топлоте коју модул црпи из објекта који се хлади а тиме и температурског поља у објекту.

У првом делу рада биће дат осврт на досадашња истраживања у области прорачуна температурских поља у резном алату. Како је тежиште рада термоелектрично хлађење алата при обради на суво у овом делу би био дат и преглед истраживања у овој области.

У оквиру другог дела рада биће дата теоријска разматрања основа процеса резања која су у вези са температурским појавама у зони резања. Полазећи од основних модела настанка струготине овде ће бити дефинисане основне величине из геометрије и механике резања (карактеристични углови, дужине, отпори резања и напони у зони резања), њихове међусобне везе и прорачун. Другим речима, овде ће бити приказано одређивање карактеристичних величина потребних за израчунавање снаге топлотних извора.

У трећем делу, на основу претходно обрађене теорије, анализираће се топлотни извори и понори у обрадном систему. Овде ће такође бити дат преглед метода мерења температура резања. Полазећи од постојећих модела, применом нових сазнања из области конвекције и кондукције топлоте, а имајући у виду ограничења и могућности постојећег софтвера, биће развијен математички модел прорачуна температурског поља у резном алату при обради на суво, без хлађења. Овај модел представљаће основу за даљу надоградњу и прорачун температурског поља у условима хлађења алата системом на бази ТЕМ.

У четвртм делу биће размотрене основе термоелектричног хлађења. Полазећи од основа термоелектричних појава биће објашњена суштина термоелектричних процеса. Посматрајући основни термоелемент биће изведене основне једначине за прорачун. Биће дефинисан појам термоелектричног модула (ТЕМ) а једначине изведене за термоелемент примењене на ТЕМ. Детаљном анализом рада ТЕМ, биће дефинисан топлотни флукс који модул црпи из објекта који се хлади. Ова једначина представљаће гранични услов на месту модула.

У петом делу биће развијен математички модел за прорачун температура у алату при обради стругањем на суво са хлађењем помоћу ТЕМ. Основу модела представљаће постојећи верификовани модел, дорађен узимањем у обзир савремених сазнања о конвекцији и кондукцији топлоте и додавањем граничног услова који представља топлотни понор на месту ТЕМ.

У шестом делу биће дат преглед резултата добијених рачунским путем, опис инструментације која ће се користити за мерење вредности температура, распоред мерних места уздуж тела ножа као и остали услови извођења експеримента. Даће се конструкција експерименталног система за хлађење стругарског ножа на бази ТЕМ уз опис осталих услова извођења експеримента. На крају ће се извршити упоредна анализа резултата добијених рачунским и експерименталним путем.

На основу свега изложеног, извршених прорачуна и мерења биће изведени закључци који се односе на могућности примене овог хлађања и смернице за даља истраживања у овој области.

### 3.3. Методе истраживања

Анализирајући постојеће моделе температурских поља у резном алату биће изабран адекватан полазни модел с обзиром на могућности расположивог софтвера, пре свега на могућност задавања граничних услова. Изабран модел би био дорађен у смислу примене нових знања у погледу прорачуна коефицијената конвекције и преноса топлоте. Верификација тако дорађеног модела била би извршена експериментално, мерењем температуре у зони резања.

Израчунавањем снаге топлотних извора била би одређена укупна количина топлоте која притекне у алат. При дефинисању проблема потребно је узети у обзир и све релевантне топлотне поноре, односно њихове јачине. На основу тога био би извршен избор адекватног ТЕМ који ће бити уграђен у експериментални систем за хлађење. Конструкција и монтажа самог система вршиће се по тачно одређеној процедури прописаној од стране произвођача са циљем обезбеђивања што бољих термичких контаката па самим тим и његовог правилног функционисања.

Изрази на основу којих ће се прорачунавати топлотни флуksеви ТЕМ поред две поменуте вредности температура и електричних параметара садржаће и термофизичке карактеристике материјала полупроводника од којих је израђен конкретан модул. Како примењен материјал и његове карактеристике представљају тајну произвођача ТЕМ, карактеристике ТЕМ биће дате дијаграмски у облику зависности апсорбоване топлоте на хладној страни од разлике две поменуте вредности температура  $\Delta T$ . Дијапазон промене температура је релативно мали па се поменуте карактеристике полупроводничког материјала могу сматрати константним. Ово поједностављује проблем с обзиром да апсорбована топлота представља линеарно опадајућу функцију поменуте температурске разлике. Како се на хладној страни налази нехомогено, нестационарно температурско поље чију је средњу вредност температуре немогуће одредити, а температура на топлој страни се одржава константном, густина апсорбованог топлотног флуksа ће такође бити неравномерна. Снижавањем температуре на хладној страни линеарно ће опадати и количина топлоте која се апсорбује.

Анализом рада модула у зависности од промена температура на његовој хладној страни била би успостављена математичка зависност између разлике  $\Delta T$  и количине апсорбоване топлоте. Ова зависност представља гранични услов на површини алата испод модула. У овом случају се ради о флуksу неравномерне густине променљивом у току времена. Имајући у виду да ће на овај начин бити дефинисани сви топлотни извори и понори може се одредити поменуто температурско поље у резном алату. Решавање проблема ће се вршити применом МКЕ, коришћењем пакета РАК-Т развијеном на Катедри за примењену механику, Факултета инжењерских наука у Крагујевцу.

Експериментална верификација резултата вршиће се мерењем вредности температура у седам тачака по дужини тела алата. У ту сврху примениће се систем 2300А Temperature Scanner, производ холандске фирме "Fluke". Мерење температура ће се вршити на алату који ће бити реализован у склопу овог истраживања, а који ће бити опремљен системом за хлађење на бази ТЕМ.

### 3.4 Научни циљеви (доприноси) дисертације

Научни доприноси докторске дисертације би били следећи:

- Развој нових система за хлађење у условима када није могућа примена класичних СХП,
- Могућност анализе утицаја различитих режима хлађења на температуру у резном алату,
- Развој математичких модела за прорачун температурских поља у резном алату хлађеном термоелектричним модулом,
- Избор режима хлађења за дати материјал, примењене услове обраде, као и прорачун температура за сваки од примењених режима,
- Хлађењем на овај начин у првом реду избегавају се термички утицаји на резни алат при обради на суво и њихови утицаји на интензификацију хабања, термичке деформације и тачност,
- Да укаже на актуелне правце истраживања у области термоелектрике и могућности њихове примене у овој области,
- Докторска дисертација треба да подстакне рад на истраживању, развоју и примени система за хлађење на бази ТЕМ у области резних алата.

### 3.5. Оквирни садржај докторске дисертације

1. Увод
2. Преглед стања истраживања и индентификација подручја истраживања
3. Теоријска разматрања везана за обраду резањем
4. Теоријска разматрања везана за термодинамику резања
5. Термоелектрично хлађење
6. Математичко моделирање процеса
7. Експериментална истраживања
8. Закључна разматрања и препоруке за даља истраживања
9. Литература

## 4. ПРЕДЛОГ МЕНТОРА

Комисија за ментора докторске дисертације предлаже др Мирослава Радовановића редовног професора Машинског факултета Универзитета у Нишу. У табели су приказани радови ментора објављени у међународним часописима са SCI листе.

1	Radovanović M., Some possibilities for determining cutting data when using laser cutting, <i>Strojniški vestnik</i> , ISSN 0039-2480, 2006, Vol. 52, No. 10, pp. 645-652 (M23)
2	Nikolić R., Radovanović M., Karić M., Pešić O., Simulation of cutting tools cooling by the system on the basis of thermoelectric modules, <i>Metalurgia International</i> , ISSN 1582-2214, 2012, Vol. XVII, No. 9, pp. 203-210 (M23)
3	Madić M., Radovanović M., Modeling and analysis of the correlation between cutting parameters and cutting force components in turning AISI 1043 steel using ANN, <i>Journal of the Brazilian Society of Mechanical Science and Engineering</i> , ISSN 1806-3691, Published online: 22 March 2013, DOI 10.1007/s40430-013-0012-3z (M23)
4	Madić M., Marinković V., Radovanović M., Mathematical modeling and optimization of surface roughness in turning of polyamide based on artificial neural network, <i>Mechanika</i> , ISSN 1392-1207, 2012, Vol. 18(5), pp. 574-581 (M22)
5	Madić M., Radovanović M., Analysis of the heat affected zone in CO <sub>2</sub> laser cutting of stainless steel, <i>Thermal Science</i> , ISSN 0354-9836, 2012, Vol. 16, Suppl. 2, pp. S419-S429 (M23)
6	Madić M., Radovanović M., Comparative modeling of CO <sub>2</sub> laser cutting using multiple regression analysis and artificial neural network, <i>International Journal of Physical Sciences</i> , ISSN 1992-

	1950, 2012, Vol. 7(16), pp. 2422-2430 (M22)
7	Madić M., Radovanović M.: Investigation into the effect of the cutting parameters on the burr height in CO <sub>2</sub> laser nitrogen cutting of AISI 304 stainless steel, <i>Metalurgia International</i> , ISSN 1582-2214, 2012, Vol. XVII, No. 7, pp. 74-78 (M23)
8	Madić M., Radovanović M., Application of RCGA-ANN approach for modeling kerf width and surface roughness in CO <sub>2</sub> laser cutting of mild steel, <i>Journal of the Brazilian Society of Mechanical Science and Engineering</i> , ISSN 1806-3691, Published online: 22 March 2013, DOI 10.1007/s40430-013-0008-z (M23)
9	Madić M., Radovanović M., Multy-objective optimization of surface roughness and material removal rate in CO <sub>2</sub> laser cutting using ANN and NSGA-II, <i>Metalurgia International</i> , ISSN 1582-2214, 2013, Vol. XVIII, No. 3, pp. 43-46 (M23)
10	Petropoulos G., Vaxevanidis N., Radovanović M., Zoler C., Morphological – functional aspects of electro-discharge machined surface textures, <i>Strojniški vestnik</i> , ISSN 0039-2480, 2009, Vol. 55, No. 2, pp. 95-103 (M23)
11	Dašić P., Franek F., Assenova E., Radovanović M., International standardization and organization in the field of tribology, <i>Industrial Lubrication and Tribology</i> , ISSN 0036-8792, 2003, Vol. 55, No. 6, pp. 287-291 (M23)
12	Madić M., Kovačević M., Marinković V., Radovanović M., Software prototype for optimization and control of manufacturing processes, <i>Strojarstvo: časopis za teoriju i praksu u strojarstvu</i> , ISSN 0562-1887, 2012, Vol.54. No.2, pp. 161-168 (M23)
13	Madić M., Radenković G., Radovanović M., Evaluation of ANN-BP and ANN-GA models performance in prediction mechanical properties and machinability of cast copper alloys, <i>Strojarstvo: časopis za teoriju i praksu u strojarstvu</i> , ISSN 0562-1887, 2012, Vol.54. No.2, pp. 169-174 (M23)

На основу приказаних референци Комисија сматра да др Мирослав Радовановић редовни професор Машинског факултета у Нишу испуњава све услове дефинисане у Правилнику о стандардима и поступку за акредитацију високошколских установа и студијских програма из 2006. године за ментора предложене докторске дисертације.

## 5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

На основу напред наведене анализе научне зрелости теме докторске дисертације и досадашњих постигнутих резултата кандидата, чланови Комисије закључују следеће:

- Кандидат мр Радован Х. Николић, дипл. инж. маш., формално испуњава све предвиђене услове Законом о високом образовању, Статутом Универзитета у Нишу, Статутом Машинског факултета Универзитета у Нишу и Правилником о докторским студијама Машинског факултета у Нишу за стицање права на пријаву теме и израду докторске дисертације.
- Кандидат је својим досадашњим стручним и научно-истраживачким радом испољио способност да се самостално бави научним истраживањем.
- Предложена тема "Истраживање температурног поља у резном алату при обради на стругу на суво са хлађењем резног алата системом на бази термоелектричног модула" јесте научно заснована.
- Истраживања кандидата у области предложене теме већ су дала оригиналне резултате који су публиковани у часописима и на конференцијама.
- Досадашњи научно-истраживачки рад кандидата указује на способност кандидата да предложена истраживања успешно реализује у виду оригиналног рада нивоа докторске дисертације.
- За ментора предлаже др Мирослава Радовановића редовног професора Машинског факултета Универзитета у Нишу.

На основу претходно изложеног, чланови Комисије за оцену научне заснованости теме докторске дисертације предлажу Наставно-научном већу Машинског факултета Универзитета у Нишу да мр Радовану Х. Николићу, дипл. маш. инж., одобри израду докторске дисертације под радним називом "Истраживање температурног поља у резном алату при обради на стругу на суво са хлађењем резног алата системом на бази термоелектричног модула".

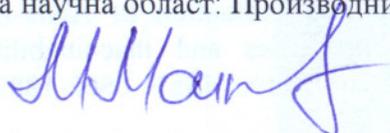
У Нишу и Крагујевцу,  
мај 2013. године

#### ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ:

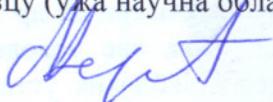
**Др Мирослав Радовановић**, редовни професор Машинског факултета Универзитета у Нишу  
(ужа научна област: Производни системи и технологије)



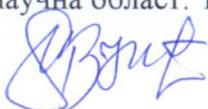
**Др Миодраг Манић**, редовни професор Машинског факултета Универзитета у Нишу  
(ужа научна област: Производни системи и технологије)



**Др Богдан Недић**, редовни професор Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу (ужа научна област: Производно машинство)



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



**Др Предраг Јанковић**, доцент Машинског факултета Универзитета у Нишу  
(ужа научна област: Производни системи и технологије)

