

Факултет МАШИНСКИ

748/4
(Број захтева)

09.05.2013.
(Датум)

Образак 1.
УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

Већу научних области техничких наука
(Назив стручног већа коме се захтев упућује, сагласно
Члану 6. и чл. 7 став 1. овог Правилника)

ЗАХТЕВ
за давање сагласности на предлог теме докторске дисертације

Молимо да сходно чл. 46. ст.5. тач.3. Статута Универзитета у Београду („Гласник Универзитета“, број 131/06), дате сагласност на предлог теме докторске дисертације

ОПТИМИЗАЦИЈА ПУТАЊЕ АЛАТА ПРИ ОБРАДИ СКУЛПТОРСКИХ ПОВРШИНА ГЛОДАЊЕМ
(пун назив предложене теме докторске дисертације)

НАУЧНА ОБЛАСТ Производно машинство

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

1. Име, име једног родитеља и презиме кандидата: ГОРАН (Момир) МЛАДЕНОВИЋ

2. Назив и седиште Факултета на коме је стекао високо образовање: Машински факултет Београд

3. Година дипломирања: 2008.

4. Назив магистарске тезе кандидата: _____ / _____

5. Назив Факултета на коме је магистарска теза одбрањена: _____ / _____

6. Година одбране магистарске тезе: _____ / _____

7. Назив Факултета на коме је кандидат уписао докторске студије: Машински факултет Београд

Одсек, смер или група: _____ / _____

Година уписа докторских студија: 2008

Обавештавамо Вас да је _____ Наставно-научно веће Факултета
(назив надлежног тела Факултета)

на седници одржаној 09.05.2013
размотрило предложену тему и закључило да је тема подобна за израду докторске дисертације.

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

Проф.др Милорад Милованчевић

Прилог:

1. Предлог теме докторске дисертације са образложењем.
2. Акт надлежног тела факултета о подобности теме за израду докторске дисертације.

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
- МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ -
Број:748/4
Датум: 09.05.2013. године
Београд, Краљице Марије 16

На захтев Горана Младеновића, дипл.инж.маш., бр. 469/1 од 01.03.2013. године, извештаја Комисије у саставу: проф.др Љубодраг Тановић, ментор, др Павао Бојанић, ред.проф. М.Ф. у пензији, проф.др Милош Главоњић, проф.др Драган Милутиновић и проф.др Милан Зељковић, ФТН Нови Сад број 748/3 од 26.04.2013. године, а на основу чл. 30 Закона о високом образовању и чл. 30 Правилника о докторским студијама Машинског факултета Универзитета у Београду, Наставно-научно веће Машинског факултета у Београду на седници од 09.05.2013. године, донело је следећу

ОДЛУКУ

Прихвата се предлог о испуњености услова и о научној заснованости теме докторске дисертације **«ОПТИМИЗАЦИЈА ПУТАЊЕ АЛАТА ПРИ ОБРАДИ СКУЛПТОРСКИХ ПОВРШИНА ГЛОДАЊЕМ»** докторанта **ГОРАНА МЛАДЕНОВИЋА**, дипл.инж.маш.

За ментора докторанту Горану Младеновићу, именује се **проф.др Љубодраг Тановић**.

Одлуку доставити: Већу Научних области техничких наука Универзитета у Београду на сагласност, ментору и архиви.

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

Проф.др Милорад Милованчевић

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА
УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ

Предмет: Извештај Комисије за подношење извештаја
о прихватању теме докторске дисертације
Горана Младеновића, дипл.инж.маш.
по одлуци Наставно-научног већа
број 748/2 од 4.4.2013. године.

На основу пријаве за израду докторске дисертације Горана Младеновића, дипл.инж.маш. број 469/1 од 1.3.2013. године, сагласности Катедре за производно машинство број 748/1 од 1.4.2013. године и одлуке Наставно-научног већа Машинског факултета Универзитета у Београду број 748/2 од 4.4.2013. године именовани смо за чланове Комисије за подношење извештаја о прихватању теме докторске дисертације докторанта Горана Младеновића, дипл.инж.маш. На основу увида у документацију коју је докторант, Горан Младеновић, дипл.инж.маш. приложио уз свој захтев за израду докторске дисертације, подносимо следећи

ИЗВЕШТАЈ
о прихватању теме докторске дисертације
под насловом

ОПТИМИЗАЦИЈА ПУТАЊЕ АЛАТА ПРИ ОБРАДИ СКУЛПТОРСКИХ
ПОВРШИНА ГЛОДАЊЕМ

1. ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ

1.1. Општи биографски подаци

Горан Младеновић, дипл.инж.маш. је рођен 19. априла 1983. године у Зајечару где је завршио основну школу „Љуба Нешић“. По завршетку основне школе уписује Гимназију у Зајечару (Природно – математички смер) где је и матурирао 2002. године.

Одмах по завршетку средње школе уписује се на Машински факултет у Београду. На другој години студија, тј. 2004. године је учествовао на машинијади као такмичар у знању из предмета „Отпорност материјала“ и освојио прво место. На дан факултета 2007. године је добио награду за најбољег студента на петој години студија (Просек 10,00 и сви положени испити). Дипломирао на смеру за Производно машинство, а дипломски рад под називом „Пројектовање и развој информационог подсистема за планирање и управљање одржавањем производне опреме“ из предмета „Производни системи“ је одбранио 9.7.2008. са оценом 10 (десет). Просечна оцена за време студирања је 8,61 (осам и 61/100).

Након дипломирања уписује докторске студије на Машинском факултету у Београду – ужа научна област Производно машинство и до сада је положио све испите са просечном оценом 10.0 (десет).

Октобра 2008. године је засновао радни однос као сарадник на пројекту „ТР – 14034 Развој технологије вишеосне обраде сложених алата за потребе домаће индустрије“, на Машинском факултету у Београду.

3. септембра 2009. је изабран у звање асистента за ужу научну област производно машинство и наставља ангажовање у настави за групу предмета на Катедри за производно машинство. Учествовао је у извођењу наставе из следећих предмета: „CAD/CAM Системи“, „Компјутерска графика“, „Производни системи“, „Производни

информациони системи“, „Алати и прибори“, „Алати за обликовање лима“, „Нове технологије“, „Технологија машинске обраде“.

Од 2011 је ангажован на пројекту „Развој нове генерације домаћих обрадних система“ који финансира министарство просвете и науке републике Србије (број пројекта ТР – 35022).

Као студент докторских студија, а затим и као асистент је кроз усавршавање и рад на више научних и стручних пројеката био аутор и коаутор већег броја радова на домаћим и међународним скуповима и часописима. Коаутор је једног Техничког решења и једног помоћног уџбеника.

Говори енглески језик. У свакодневном раду користи следеће програме: MS OFFICE (World, Excel, Access), AutoDesk Inventor, Pro/Engineer, AutoCad, Matlab.

1.2. Активности на докторским студијама

Кандидат Горан Младеновић, дипл. инж. маш. је уписао Докторске студије на Машинском факултету у Београду школске 2008/2009. године. У циљу реализације програма усавршавања положио је следеће обавезне, изборне и специјалистичке предмете:

Први семестар

Назив предмета	Предметни наставник	ЕСПБ	Оцена
ОМНИР и комуникације	Проф. др Милош Недељковић	5	10 (десет)
Нумеричке методе	Проф. др Миодраг Спалевић	5	10 (десет)
Виши курс математике	Проф. др Стојан Раденовић Проф. др Душан Георгијевић	5	10 (десет)
Аквизиција и обрада експерименталних података	Проф. др Милош Главоњић	5	10 (десет)
Лабораторија 1	Проф. др Павао Бојанић	10	10 (десет)

Други семестар

Назив предмета	Предметни наставник	ЕСПБ	Оцена
Одабрана поглавља из механике	Проф. др Вукман Човић	5	10 (десет)
Развој производа у машинству	Проф. др Милосав Огњановић	5	10 (десет)
Теорија резања	Проф. др Љубодраг Тановић	5	10 (десет)
Лабораторија 2	Проф. др Павао Бојанић	15	10 (десет)

Трећи семестар

Назив предмета	Предметни наставник	ЕСПБ	Оцена
Испитивање и оптимизација обрадног система	Проф. др Милош Главоњић	5	10 (десет)
Моделирање и симулација система индустријских робота	Проф. др Драган Милутиновић	5	10 (десет)
Лабораторија 3	Проф. др Павао Бојанић	20	10 (десет)

Четврти семестар

Назив предмета	Предметни наставник	ЕСПБ	Оцена
Лабораторија 4	Проф. др Павао Бојанић	25	10 (десет)
Припрема за пријаву дисертације		5	10 (десет)

На докторским студијама, кандидат је положио свих 9 (девет) предмета, од чега 4 (четири) обавезна и 5 (пет) изборних предмета, од којих сваки вреди 5 (пет) ЕСПБ бодова, што укупно износи 45 (четрдесетпет) ЕСПБ бодова. Резултатима истраживачког рада у Лабораторији за CAD/CAM системе на Машинском факултету у Београду кандидат је остварио 70 (седамдесет) ЕСПБ бодова, као и 5 (пет) ЕСПБ бодова током припреме пријаве дисертације.

Просечна оцена током докторских студије је 10 (десет).

1.3 Списак објављених радова и других релевантних резултата и активности које опредељују афинитет кандидата за рад на предложеној теми

Радови су разврстани у следеће групе:

1.3.1 Списак научних радова у међународним часописима

- [1] Танович Л., Боянич П., Попович М., **Младенович Г.**, СПЕЦИФИЧНОСТИ МИКРОРЕЗАНИЈА КАМЊА НА ОСНОВЕ ГРАНИТА, Висник Машинобудуванниа, вол.63, с.99–102, 2011
- [2] Танович Л., Боянич П., Попович М., **Младенович Г.**, СПЕЦИФИКА МИКРОРЕЗАНИЈА ГРАНИТА, Процеси механичког обрађивања у машинобудуванни, ISSN 1817–2997, с.328–338, 2011

1.3.2 Списак радова саопштених на научно-стручним скуповима националног значаја, штампаних у целини

- [1] **Mladenović, G.**, INFORMACIONI SISTEM ZA POTREBE ODRŽAVANJA PROIZVODNE OPREME U INDUSTRIJI PROIZVODNJE KABLOVA, XXXV JUPITER Konferencija, 37. Simpozijum Upravljanje proizvodnjom u industriji prerade metala, Zbornik radova na CD – u, ISBN 978-86-7083-666-2, s.4.24–4.29, Mašinski fakultet Beograd, Beograd, 2009
- [2] Тановић, Љ., Бојанић, П., Милутиновић, Д., Главоњић, М., Пузовић, Р., Кокотовић, Б., Живановић, С., Поповић, М., Славковић, Н., **Младеновић, Г.**, РАЗВОЈ ТЕХНОЛОГИЈА ВИШЕОСНЕ ОБРАДЕ СЛОЖЕНИХ АЛАТА ЗА ПОТРЕБЕ ДОМАЋЕ ИНДУСТРИЈЕ – РЕКАПИТУЛАЦИЈА РЕЗУЛТАТА НА ПРОЈЕКТУ МА14034, 35. ЈУПИТЕР конференција, 31. симпозијум НУ-Роботи-ФТС, Зборник радова, ISBN 978-86-7083-666-2, стр.3.39-3.52, Машински факултет, Београд, 2009.
- [3] Bojanić, P., **Mladenović, G.**, GENERISANJE PUTANJE ALATA PO KRITERIJUMU ISO-HRPAVOSTI PRI OBRADI SKULPTORSKIH POVRŠINA NA 3-OSNIM CNC MAŠINAMA, XXXVI JUPITER Konferencija, 23. Simpozijum CAD/CAM, Zbornik radova na CD – u, ISBN 978-86-7083-696-9, s.2.22–2.28, Mašinski fakultet Beograd, Beograd, 2010
- [4] Милутиновић, Д., Главоњић, М., Тановић, Љ., Бојанић, П., Пузовић, Р., Живановић, С., Кокотовић, Б., Поповић, М., Славковић, Н., **Младеновић, Г.**, РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА И РАЗВОЈА НОВЕ ГЕНЕРАЦИЈЕ ОБРАДНИХ СИСТЕМА, 37. ЈУПИТЕР конференција, 33. симпозијум НУ-Роботи-ФТС, Зборник радова, ISBN 978-86-7083-724-9, стр.УР.51-УР.64, Машински факултет, Београд, мај 2011
- [5] Tanović LJ., Puzović R., Popović M., Bojanić P., **Mladenović G.**, PRIMENA CAD/CAM/CAE PROGRAMSKOG PAKETA PRI PROJEKTOVANJU I IZRADI ALATA ZA LIVENJE POD PRITISKOM DELOVA OD POLIMERA, XXXVII JUPITER Konferencija, 24. Simpozijum CAD/CAM, Zbornik radova na CD – u, ISBN 978-86-7083-724-9, s.2.22–2.28, Mašinski fakultet Beograd, Beograd, 2011
- [6] Bojanić, P., **Mladenović, G.**, ANALIZA PROBLEMA PRI GENERISANJU PUTANJE ALATA PRI OBRADI SKULPTORSKIH POVRŠINA, XXXVII JUPITER Konferencija, 24. Simpozijum CAD/CAM, Zbornik radova na CD – u, ISBN 978-86-7083-724-9, s.2.57–2.62, Mašinski fakultet Beograd, Beograd, 2011
- [7] **Mladenović, G.**, ANALIZA STRATEGIJA OBRADE KORIŠĆENJEM KOMERCIJALNIH CAD/CAM SOFTVERA, XXXVII JUPITER Konferencija, 24. Simpozijum CAD/CAM, Zbornik radova na CD – u, ISBN 978-86-7083-724-9, s.2.63–2.68, Mašinski fakultet Beograd, Beograd, 2011
- [8] Lj. Tanović, P. Bojanić, M. Glavonjić, D. Milutinović, V. Majstorović, R. Puzović, B. Kokotović, M. Popović, S. Živanović, N. Slavković, **G. Mladenović**, S. Stojadinović, RAZVOJ NOVE GENERACIJE DOMAĆIH OBRADNIH SISTEMA REZULTATI ISTRAŽIVANJA ZA 2011. GODINU, XXXVIII JUPITER Konferencija, Uvodni radovi, Zbornik radova na CD – u, ISBN 978-86-7083-757-7, s.ur.76–ur.95, Mašinski fakultet Beograd, Beograd, 2012

1.3.4 Списак радова саопштених на научно-стручним скуповима међународног значаја, штампаних у целини

- [1] **G. Mladenović**, M. Popovic, **DESIGN AND OPTIMIZATION FOR TRUSS CONSTRUCTIONS USING THE SOFTWARE PACKAGE AUTODESK INVENTOR 2011®**, VII TRIENNIAL INTERNATIONAL CONFERENCE HEAVY MACHINERY – HM 2011, Structures and materijals in civil engineering, p.29–32, Vrnjanska Banja, 2011
- [2] Tanovic Lj., Bojanic P., Puzovic R., Popovic M., **Mladenovic G.**, **Analysis of Stone Micro-cutting Mechanism Using the Example of Granite and Marble Grinding**, 34th International Conference of Production Engineering, Proceedings, p.41–45, Nis, 2011
- [3] Танович Л., Попович М., **Младенович Г.**, **ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЛАСТИ МИКРОРЕЗАНИЯ МРАМОРА И ГРАНИТА**, XIII Міжнародної науково-технічної конференції «Прогресивна техніка і технологія – 2012», Севастополь, Україна
- [4] Lj. Tanović, P. Bojanić, M. Popović, **G. Mladenović**, **МЕХАНИЧКИ МИКРООБРАДНИ PROCESI, ODRŽAVANJE I PROIZVODNI INŽENJERING "KODIP – 2012"**, Zbornik radova, Mašinski fakultet Podgorica, s. 47–53, Budva, 2012
- [5] **G. Mladenović**, M. Popović, Lj. Tanović, **MODELIRANJE, PRORAČUN I ISPITIVANJE REŠETKASTE KROVNE KONTRUKCIJE, ODRŽAVANJE I PROIZVODNI INŽENJERING "KODIP – 2012"**, Zbornik radova, Mašinski fakultet Podgorica, s.307–313, Budva, 2012
- [6] **Mladenovic, G.**, Popovic, M., **MODELLING, CALCULATIONS AND TESTING OF SINGLE GIRDER BRIDGE CRANE AND CRANE RAILS**, 11th International Scientific Conference MMA 2012–ADVANCED PRODUCTION TECHNOLOGIES , Proceedings, p.269–272, Novi Sad, 2012

1.3.5 Списак уџбеника

- [1] **Mladenović G.**, Bojanić P., **CAD/CAM Sistemi – Priručnik za vežbe**, Pro/ENGINEER® Praktična primena, Mašinski fakultet Beograd, 2012

1.3.6 Списак техничких решења и софтвера урађених на Машинском факултету Универзитета у Београду

- [1] Тановић Љ., Бојанић П., Пузовић Р., Поповић М., Милутиновић М., **Младеновић Г.**, **Нова метода пројектовања и технологије израде профилних призматичних тангенцијалних стругарских ножева**, Техничко решење, Универзитет у Београду, Машински факултет, 2010.

1.3.7 Учешће у домаћим научним пројектима

- [1] Учесник на пројекту TR-14034, **Развој технологија вишеосне обраде сложених алата за потребе домаће индустрије**, руководилац проф. др Љубодраг Тановић, 2008-2010
- [2] Учесник на пројекту TR-35022, **Развој нове генерације домаћих обрадних система**, руководилац проф. др Љубодраг Тановић, 2011-2014

1.4 Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

За остваривање очекиваног научног доприноса базираног на предложеним научним методама, докторант има следеће квалификације:

- Искуство и резултате у препознавању и решавању феномена и проблема у области пројектовања технологије израде сложених површина и програмирања нумерички управљаних машина алатки, које је кандидат саопштавао домаћој и иностраној стручној и научној јавности.

- Вештину примене софтверских CAD/CAM пакета за геометријско моделирање и програмирање CNC машина алатки.
- Искуство у пројектовању технолошких поступака за израду сложених машинских делова на CNC машинама алаткама.
- Искуство у испитивању обрадљивости материјала, планирању експеримената и аквизицију експерименталних података.

Узимајући у обзир наведене квалификације и квалификације стечене у досадашњем наставном процесу, створене су претпоставке да докторант има квалификацију за успешан и ефикасан теоријски и експериментални рад на предложеној теми.

2. ПРЕДМЕТ И ЦИЉ ИСТРАЖИВАЊА

2.1 Осврт на релевантне библиографске изворе и остварене резултате

Машински делови са скулпторским комплексним површинама се врло често појављују у инжењерској пракси као резултат функционалних прорачуна или естетских захтева. Обрада таквих делова се углавном врши глодањем. Тачност и квалитет обрађене површине и производност зависе првенствено од пројектоване путање алата што представља основни задатак CNC обраде.

Проблеми обраде скулпторских површина постали су предмет многих истраживачких центара још 80-тих година а још увек се улажу истраживачки напори да се развију нови приступи и нови алгоритми у циљу повећања тачности обрађене површине и повећања продуктивности обраде. Посебну пажњу привлаче поступци обраде са лоптастим глодалима. Лоптасто глодало није баш најбољи избор јер су параметри обраде променљиви, а постоје случајеви када је брзина резања једнака нули што се одражава на процес резања и квалитет обрађене површине.

2.2 Приказ предмета истраживања и хипотетичких ставова о проблему који се истражује

Истраживања која су планирана у оквиру предложене дисертације односе се на домен обраде комплексних површина на CNC машинама алаткама.

У ужем смислу, планирана истраживања су усмерена на развој поузданог аналитичког модела за анализу и оптимизацију пројектоване путање алата при глодању скулпторских површина са лоптастим глодалом.

Планирана истраживања, у оквиру предложене теме дисертације по садржају се могу сврстати у неколико актуелних истраживачких праваца на глобалном нивоу, а који се односе на развој нове генерације обрадних система који би требало да одговоре све сложенијим захтевима које намеће савремена индустрија. Овде се првенствено мисли на истраживачки правац који је усмерен ка изградњи различитих модела за оптимизацију процеса обраде скулпторских површина базираних на различитим критеријумима оптимизације као што су: максимална храпавост обрађене површине, силе резања, производност или једноликост храпавости обрађене површине. Наиме, једном урађен NC програм за машину алатку не дозвољава промену путање алата ако би се желело из неког оправданог захтева променити дубину резања дуж аксијалног кретања нити промену радијалног корака којим је одређена наредна узастопна путања алата. Због тога се намеће потреба да се предикцијом обухвате све промене параметара који утичу на процес резања и да се изврши оптимизација путање алата према изабраним критеријумима. Основни циљ овог приступа је да се добије оптимална путања алата имајући у виду првенствено геометрију обрађене површине после грубе обраде и оптималан режим обраде који задовољава критеријуме оптимизације.

Полезећи од CAD модела припремка и изработка, сам процес генерисања оптималне путање алата се мора базирати на два аспекта:

- (i) дефинисању путање алата, корака и параметара режима резања док се алат креће аксијално дуж путање и

- (ii) дефинисање радијалног корака у функцији услова процеса резања и оптимизационих критеријума.

2.3 Циљеви истраживања

Општи научни циљ дисертације је развој метода за генерисање оптималне путање алата за обраду комплексних површина глодањем.

Савремени софтверски системи, који се користе данас у инжењерској пракси, а обухватају геометријско моделирање машинских делова (CAD), прорачуне и анализе методом коначних елемената (CAE), симулације кинематике и програмирање нумерички управљаних машина алатки (CAM), почивају на полигоналном представљању геометрије машинских делова што подразумева да су у интерном, компјутерском моделу, представљени атрибути само површина док се унутрашњост геометријског објекта сматра хомогеном. Полигонално представљање интерног модела је широко прихваћено у многим апликацијама и ако не садржи све потребне податке за специфичне примене. Оно је у широкој употреби јер не захтева моћне процесоре нити велику меморију.

Скулпторске површине су представљене у интерном моделу у облику Безиер-ових, Б-сплајн или у облику NURBS површина. Имајући у виду комплексност математичког описа ових површина и расположиву кинематику CNC машина алатки, проблем генерисања путање алата за обраду таквих површина подразумева довођење у корелацију описану геометрију и позиције алата током обраде. Ако се томе дода и захтев да се оптимизује путања алата према задатим критеријумима оптимизације комплексност проблема постаје изузетна.

Имајући горе наведено у виду непходно је дефинисани циљ дисертације остварити кроз следеће изазове:

- Комплетирати једну модерну интерпретацију машинског дела са комплексним површинама и виртуелног обрадног система и користити је за оптимизацију процеса генерисања путање алата при обради глодањем.
- Одредити тачке контакта алата и обрађене површине у условима кретања алата према усвојеној стратегији обраде.
- Трансформисати тачке контакта алата и површине обратка према критеријуму оптимизације у путању алата.
- Генерисати путању алата и управљачке информације за CNC машину алатку при аксијалном кретању алата уз оптимизацију процеса на бази изабраних критеријума оптимизације
- Како контролисати промену дубине резања при кретању алата дуж његове путање.
- Како развијени метод за оптимизацију путање алата применити у CAM модулима нове генерације, који ће се програмирати другачијим форматима информација о производу у односу на данашње као што је нпр. STEP стандард.

3. ПОЛАЗНЕ ХИПОТЕЗЕ

3.1 Чињенице и појаве које се проучавају

Сама чињеница да се, при обради сложених површина на CNC машинама алаткама алат од тачке до тачке креће праволинијском путањом, неминовно се намеће проблем тачности и квалитета обрађене површине, а потом и производности обраде.

Ма како била сложена крива по којој ће се кретати алат по површини обратка, при генерисању NC програма, она мора да се математички дефинише. Уз сазнање да та крива лежи на површини обратка морају се одабрати тачке контакта алата и површине обратка, сагласно критеријуму оптимизације. У поменутих тачкама потребно је наћи нормале на површину и сагласно геометрији алата прорачунати положај алата. При томе се мора проверити да ли алат додирује обрадак само у овој тачки или засеца обрадак у некој другој зони ван жељене зоне резања.

Избор криве по којој ће се водити алат по сложеној површини условљен је избором стратегије обраде а путања алата избором критеријума оптимизације. И један и други корак подразумева неопходне математичке прорачуне. На основу улазних геометријских података неопходно је доћи до аналитичког описа криве која лежи на површини обратка, а представља геометријско место тачака контакта алата са обратком, у текућем пролазу алата, да би на основу ње аналитички одредила стварна путања алата.

Полазећи од интерног, компјутерског, геометријског модела (CAD модел) машинског дела потребно је развити адекватне алгоритме за дефинисање кривих линија на основу којих ће се генерисати путања алата сагласно критеријуму оптимизације. Све ове активности треба да доведу до развоја софтвера који ће респектовати дефинисане критеријуме при генерисању NC програма.

3.2 Полазне хипотезе

Одабране су следеће три хипотезе, са којима се започиње истраживање у овој дисертацији:

Прва хипотеза. Могуће је развити нови концепт за генерисање оптималне путање алата при обради комплексних површина заснован на концепту вишекритеријумске оптимизације.

Друга хипотеза. На концепту геометријског CAD модела података о комплексним површинама могуће је развити алгоритме за оцењивање битних тренутних обележја захвата алата (глодала) и обратка ради оптимизације процеса обраде глодањем.

Трећа хипотеза. Могућ је развој модела који успоставља функционалну корелацију између геометријских обележја припремка и изратка са режимом резања и параметрима путање алата са изабраним критеријумима оптимизације.

4. НАУЧНИ МЕТОДИ ИСТРАЖИВАЊА

Имајући у виду свеобухватност и комплексност теме очекује се примена следећих метода истраживања:

- Метода анализе,
- Метода синтезе,
- Методи планирања експеримената, аквизиције и дигиталне обраде сигнала,
- Метод геометријског моделирања скулпторских површина,
- Методи компјутерске графике за симулацију виртуелних технолошких система,
- Специфични методи симулације виртуелних обрадних система,
- CAD/CAM за пројектовање машинских делова и технологија за њихову израду,
- Методи за емпијску идентификацију параметара у моделима сила резања,
- Аналитички методи за конверзију дигиталног геометријског модела припремка и изратка у модел погодан за генерисање путање алата.

5. ОЧЕКИВАНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

Планиран је један научни резултат (означен са H0), који ће резултирати из генералног истраживања генерисања оптималне путање алата на концепту вишекритеријумске оптимизације и три (означена са H1, H2 и H3), који ће произаћи из оптимизације процеса обраде глодањем у виртуелном обрадном систему. Радни наслови тих резултата су следећи:

- H0, Савремени модул за генерисање путање алата за обраду скулпторских површина на концепту вишекритеријумске оптимизације.
- H1, Аналитички модел одређивања путање алата и параметара режима резања дуж путање глодала у условима одржавања скоро константне силе резања.
- H2: Аналитички модел одређивања путање алата и параметара резања дуж аксијалне путање глодала у условима дефинисане производности.

- НЗ: Аналитички модел одређивања путање алата и параметара режима резања дуж путање глодала у условима дефинисане постојаности алата.

5.1 Очекивани научни резултати

У теоретском домену, очекивани резултати истраживања у оквиру предложене докторске дисертације односе се на успостављање аналитичких модела дефинисања путање алата у условима остваривања константне силе резања, постојаности алата и производности обраде.

5.2 Очекивани стручни резултати

Поред научних резултата очекују се и стручни резултати који могу бити драгоцени научној и стручној јавности у даљим истраживањима у овој области. Као основни стручни резултати наводе се:

Процедура за верификацију оптимизације процеса обраде глодањем на концепту вишекритеријумске оптимизације.

Софтверске апликације проистекле из развоја метода за оптимизацију путање алата при обради комплексних површина глодањем.

Сваки од ових резултата биће верификован експериментима, који ће се обавити у Заводу за машине алатке Машинског факултета у Београду. За те експерименте расположиво је: један хоризонтални обрадни центар (HMC500/40) са потребним алатима, приборима и припремцима, систем за аквизицију и обраду експерименталних података.

6. ПЛАН ИСТРАЖИВАЊА И СТРУКТУРА РАДА

6.1 Приказ планиране технологије рада на дисертацији

У оквиру дисертације која се односи на истраживање процеса обраде потребно је извршити неопходна експериментална и теоријска истраживања која треба да доведу до остваривања очекиваних научних доприноса. План истраживања састоји се од следећих фаза:

- преглед досадашњих истраживања у области обраде сложених површина на основу релевантних литературних извора;
- методе, циљеви и хипотезе истраживања;
- поставка и дефинисање математичког модела положаја алата у односу на површину обрада;
- израда софтвера за генерисање путање алата;
- формирање протокола за извођење експеримента;
- извођење експеримента;
- обрада и анализа експерименталних резултата;
- анализа и дискусија добијених резултата;
- извођење закључака и
- предлог будућих истраживања у области.

6.2 Преглед поглавља која се планирају

Основна структура предложене докторске дисертације начелно обухвата следеће:

1. Уводна разматрања
2. Анализа постојећих решења CAD/CAM софтвера
3. Концепт система
4. Теоријске подлоге за моделирање кривих линија и површина
5. Израда софтвера за генерисање путање алата
6. Експериментална верификација софтверског решења
7. Закључна разматрања и предлог будућих истраживања
8. Прилози
9. Списак коришћене литературе.

7. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

Осврт на подобност теме. Имајући у виду реалне проблеме који прате обраду скулпторских површина глодањем, може се закључити да је предложена тема веома актуелна и добро осмишљена. Примена различитих приступа и алгоритама за оптимизацију процеса обраде глодањем, чији се развој предвиђа у оквиру предложене дисертације допринеће постизању следећих техноекономских ефеката: краће време обраде машинских делова, као и повећање тачности и квалитета обрађене површине који зависе првенствено од пројектоване путање алата и режима обраде што представља основни задатак CNC обраде.

Осврт на подобност кандидата. Кандидат Горан Младеновић, дипл.инж.маш. има искуство и резултате у препознавању и решавању феномена и проблема у области пројектовања технологије израде сложених површина и програмирања нумерички управљаних машина алатки, има искуство у планирању и извођењу експеримената са обрадним системима, извршио је потребне пробе и провере полазних хипотеза и припремио експерименталну базу за несметано одвијање планираних истраживања.

Предлог теме, научне области и ментора. Анализом пријаве докторске дисертације кандидата Горана Младеновића, дипл. инж. маш., број 469/1 од 1.3.2013. године, Комисија закључује да је предложена тема адекватна за израду докторске дисертације и да кандидат испуњава све законске и друге услове за рад на докторској дисертацији.

Комисија зато предлаже Наставно-научном већу Машинског факултета Универзитета у Београду да докторанту

Горану Младеновићу, дипл.маш.инж.

одобри израду докторске дисертације под насловом

**ОПТИМИЗАЦИЈА ПУТАЊЕ АЛАТА ПРИ ОБРАДИ СКУЛПТОРСКИХ
ПОВРШИНА ГЛОДАЊЕМ**

у научној области **Машинство.**

За ментора за рад на овој дисертацији предлаже се **др Љубодраг Тановић**, ред. проф. на Катедри за производно машинство Машинског факултета Универзитета у Београду.

Чланови Комисије:

(др Љубодраг Тановић, ред.проф., ментор)

(др Павао Бојанић, ред.проф.М.Ф. у пензији)

(др Милош Главоњић, ред.проф.)

(др Драган Милутиновић, ред.проф.)

(др Милан Зељковић, ред.проф., Факултет
техничких наука, Новом Саду)

У Београду, 18. априла 2013. године

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ

за кандидата Горана Младеновића, дипл.инж.маш.

Име и презиме ментора: Љубодраг Тановић

Звање: редовни професор

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. Tanovic Lj.,Bojanic P.,Puzovic R.,Klimenko S., „Experimental Investigation of Microcutting Mechanisms in Marble Grinding“, *J. Manuf. Sci. Eng.*, (2009), vol. 131 br. 6, str.064507-(1-5), ISSN 1087-1357, doi:10.1115/1.4000619, if.0.599.
2. Milutinovic D.,Glavonjic M.,Slavkovic N.,Dimic Z.,Zivanovic S.,Kokotovic B.,Tanovic Lj., „Reconfigurable robotic machining system controlled and programmed in a machine tool manner“, *Int J Adv Manuf Technol*, (2011), vol. 53 br. 9-12, str. 1217-1229, ISSN 0268-3768, doi: 10.1007/s00170-010-2888-8, if.1.071 za 2010.
3. Tanovic Lj.,Bojanic P.,Puzovic R.,Milutinovic M., „Experimental Investigation of Microcutting Mechanisms in Granite Grinding“, *J. Manuf. Sci. Eng.*, (2011), vol. 133 br. 2, str.024501-(1-5), ISSN 1087-1357, doi:10.1115/1.4003521, if.0.567 za 2010.
4. Tanovic Lj., Bojanic P.,Popovic M.,Belic Z.,Trifkovic S., „Mechanisms in oxide-carbide ceramic BOK 60 grinding“, *Int J Adv Manuf Technol*, (2012), vol.58 br.9-12, str.985-989, ISSN 0268-3768, doi: 10.1007/s00170-011-3449-5, if.1.071 za 2010.
5. Tanovic Lj., Bojanic P., Puzovic R., Klimenko S., „Polycrystalline Cubic Boron Nitride (PCBN) Tool Life and Wear in Turning of Amorphous –Crystalline Iron Based Coatings“, *Strojniški vestnik - Journal of Mechanical Engineering*, 57(2011), 7 str, ISSN 0039-2480, doi:10.5545/sv-jme.2011.010, if.0,466 za 2010.

Заокружити одговарајућу опцију (А, Б, В или Г):

☒ А) У случају менторства дисертације на докторским студијама у групацији техничко-технолошких, природно-математичких и медицинских наука ментор треба да има најмање пет радова са SCI, SSCI, AHCI или SCIE листе, као и Math-Net.Ru листе.

Б) У случају менторства дисертације на докторским студијама у групацији друштвено-хуманистичких наука ментор треба да има најмање три рада са релевантне листе научних часописа (Релевантна листа научних часописа обухвата SCI, SSCI, AHCI и SCIE листе, као и ERIH листу, листу часописа које је Министарство за науку класификовало као М24 и додатну листу часописа коју ће, на предлог универзитета, донети Национални савет за високо образовање. Посебно се вреднују и монографије које Министарство науке класификује као М11,М12,М13,М14,М41 и М51.)

В) У случају израде докторске дисертације према ранијим прописима за кандидате који су стекли академски назив магистра наука ментор треба да има пет радова (референци) које га, по оцени Већа научних области, квалификују за ментора односне дисертације.

Г) У случају да у ужој научној области нема квалификованих наставника, приложити одлуку Већа докторских студија о именовању редовног професора за ментора.

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

Датум 18.4.2013.

М.П.
