

Предмет: Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата
мр Милана Милутиновића, дипл.инж.маш.

Одлуком Наставно-научног већа Машинског факултета у Београду бр. 2039/2 од 15.10.2015. године именовани смо за чланове комисије за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата мр Милана Милутиновића, дипл.инж.маш., под насловом:

„ИСТРАЖИВАЊЕ ПОСТОЈАНОСТИ СТРУГАРСКОГ НОЖА У ПРОИЗВОДНИМ УСЛОВИМА ПРИ ОРТОГОНАЛНОМ РЕЗАЊУ”

После прегледа достављене Дисертације, других пратећих материјала и разговора са Кандидатом, Комисија је сачинила следећи

РЕФЕРАТ

1. УВОД

1.1. Хронологија одобравања и израде дисертације

Кандидат је пријавио тему докторске дисертације под називом: „ИСТРАЖИВАЊЕ ПОСТОЈАНОСТИ СТРУГАРСКОГ НОЖА У ПРОИЗВОДНИМ УСЛОВИМА ПРИ ОРТОГОНАЛНОМ РЕЗАЊУ” и за ментора предложио проф. др. Љубодрага Тановића. На основу пријаве за израду докторске дисертације мр Милана Милутиновића, дипл.маш.инж. број 2633/1 од 14.10.2011. године, сагласности Катедре за производно машинство број 2633/2 од 11.11.2011.године и одлуке Наставно-научног већа (ННВ) Машинског факултета Универзитета у Београду број 2633/3 од 17.11.2011. године именована је Комисија за подношење извештаја о прихватању теме докторске дисертације и њене научне заснованости у саставу: др Љубодраг Тановић, ред. проф. (ментор), МФ Београд, др Милош Главоњић ред. проф. МФ Београд,, др Радован Пузовић ванр. проф., МФ Београд, др Миодраг Лазић ред. проф.,ФИН Крагујевац и др Радомир Вукасојевић, ред. проф.,МФ Подгорица.

На основу извештаја Комисије број 179/1 од 24.01.2012.године , Веће научних области техничких наука Универзитета у Београду на седници одржаној 27.02.2012. године донело одлуку да се даје сагласност на предлог теме докторске дисертације мр Милана Милутиновића, дипл. инж. маш., а на основу чега је Декан Машинског факултета у

Београду донео закључак бр. 412/1 од 01.03.2012.године о одобравању рада на предметној дисертацији под менторством проф. др Љубодрага Тановића.

На основу извештаја проф. др Љубодрага Тановића, ментора, да је докторанд мр Милан Милутиновић завршио докторску дисертацију под називом „ИСТРАЖИВАЊЕ ПОСТОЈАНОСТИ СТРУГАРСКОГ НОЖА У ПРОИЗВОДНИМ УСЛОВИМА ПРИ ОРТОГОНАЛНОМ РЕЗАЊУ”, као и предлога Катедре за производно машинство, Наставно-научно веће Машинског факултета донело је одлуку бр. 2039/2 од 15.10.2015.г. о именовану комисије за оцену и одбрану докторске дисертације у саставу: проф. др Љубодраг Тановић, ментор, проф. др Бојан Бабић, проф.др Радован Пузовић, проф. др Александар Венцл, др Милош Главоњић ред. проф. у пензији.

1.2. Научна област дисертације

Докторска дисертација „ИСТРАЖИВАЊЕ ПОСТОЈАНОСТИ СТРУГАРСКОГ НОЖА У ПРОИЗВОДНИМ УСЛОВИМА ПРИ ОРТОГОНАЛНОМ РЕЗАЊУ” припада области техничких наука (машинство) и ужој научној области Производно машинство. Израдом докторске дисертације руководио је др Љубодраг Тановић, редовни професор на Катедри за производно машинство Машинског факултета Универзитета у Београду.

1.3. Биографски подаци о кандидату

Мр Милан Милутиновић је рођен у Београду, 23. децембра 1979. године. Основну школу завршио је у Београду, као и VI београдску гимназију (матурирао 1998. године). На Машински факултет у Београду уписао се 1998. године, а дипломирао 31.08.2004. године на смеру Производно машинство са просечном оценом 9.03 (девет и 03/100). Дипломски рад је урадио из предмета Машине алатке (ментор: проф.др Милош Главоњић) под називом „Машина алатка са паралелном кинематиком типа Трицепт” и исти одбранио са оценом 10 (десет).

Последпломске студије на Машинском факултету у Београду смер Производно машинство је уписао школске 2004/2005. године као стипендиста Републике Србије министарства за Науку и заштиту животне средине и био ангажован на два пројекта технолошког развоја финансираних од стране Министарства за Науку. Магистарску тезу под називом „Методологија пројектовања призматичних профилних ножева” рађену под менторством проф. др Љубодрага Тановић, одбранио је 21. јула 2008. године.

Поводом дана Машинског факултета универзитета у Београду два пута је награђиван и то: награду за изванредан успех у току студија са просечном оценом 9.03 и оценом 10 на дипломском раду; награђен као најбољи студент на петој години студија са просечном оценом 10 (десет).

Од 2005-2010 године је запослен као конструктор алата у фирми Гавро Гроуп у Београду. Од 2010 године хонорарно ради као стручни сарадник у фирми Gatesh д.о.о. а стално је запослен као предавач струковних студија на Тахникум Таурунуму, Високој инжењерској школи струковних студија у Земуну и то на предметима: Машинска обрада 1, Алати и прибори, Пројектовање применом рачунара и 3Д моделирање у инжењерству који припадају ужој области Производно машинство.

Аутор је и коаутор већег броја радова, првенствено на научно-стручним скуповима, који су проистекли кроз усавршавање и рад на више научних и стручних пројеката из области производног машинства. Коаутор је једног Техничког решења.

Живи у Београду са супругом Ирином и сином Петром.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација кандидата Милана Милутиновића, дипл.инж.маш., под називом „ИСТРАЖИВАЊЕ ПОСТОЈАНОСТИ СТРУГАРСКОГ НОЖА У ПРОИЗВОДНИМ УСЛОВИМА ПРИ ОРТОГОНАЛНОМ РЕЗАЊУ” изложена је на 164 странице, 92 слике и дијаграмских приказа, 23 табела и 105 коришћених литературних извора. Докторску дисертацију чине следећих седам поглавља, списак литературе и прилог:

1. Увод,
2. Преглед стања истраживања хабање-постојаност алата при ортогоналном резању,
3. Утицајни фактори на брзину, интензитет и карактер процеса хабања алата и постојаност,
4. Основе математичких модела којима се дефинишу постојаност алата, појас хабања на леђној површини алата и отпори резања,
5. Математички модел постојаности стругарског ножа у производним условима,
6. Експериментална верификација модела за предикцију сила резања и постојаности,
7. Закључак,
8. Литература,
Прилог.

2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

У првом поглављу текста докторске дисертације дате су основне информације о потреби и значају предвиђања постојаности алата стругарског ножа као и сила резања у производном процесу. Презентоване су полазне хипотезе као и основни циљеви и доприноси предметне дисертације и наведени су услови у којима су применљиви. Наводи се да се правилним избором режима резања за задате техничке услове, као и доброј предикцији постојаности и сила резања може постићи максимално искоришћење алата у производним условима, смањење трошкова производње као и постизање захтеване тачности обраде и квалитета обрађене површине производа.

У другом поглављу дат је преглед стања истраживања у области хабања и постојаности стругарског ножа при ортогоналном резању. Приказана је систем анализа модела стварања струготине, метода директних и индиректних мерења постојаности стругарског ножа као и места хабања алата према стандарду ISO3685. Посебан

нагласак је дат на лабораторијска истраживања и коришћене критеријуме хабања, а посебно у индустријској пракси и присутне проблеме идентификације. Наводи се неопходност да се при моделирању сила резања узму у обзир и силе које настају услед трења између леђне површине алата и обрађене површине.

У трећем поглављу дат је систематизован преглед утицајних фактора на брзину, интензитет, карактер процеса хабања и постојаност алата. Извршено је рангирање наведених фактора како би се најутицајнији интегрисали у математичке моделе и тиме омогућило тачније предиковање постојаности алата у производним условима.

У четвртом поглављу је дат преглед постојећих математичких модела који се односе на постојаност алата и промену ширине појаса хабања леђне површине. Такође су приказани постојећи начини моделирања сила резања који укључују додатне силе које се јављају услед трења између леђне површине алата и обрађене површине.

У петом поглављу изложен је нови концепт модела сила резања који поред сила за формирање струготине обухвата и додатне силе које се јављају услед трења између леђне површине алата и обрађене површине - употпуњен Мерчантов модел сила. Ширина леђног појаса хабања не утиче на: угао смицања, угао трења између струготине и алата и напон смицања што је од изузетне важности за постављени модел сила. Употпуњен Мерчантов модел сила заправо обухвата два стања алата: идеално оштар алат са припадајућим силама за формирање струготине и алат са дозвољеном ширином леђног појаса хабања који обухвата пораст компонената сила резања услед трења између леђне површине алата и обрађене површине.

Модел сила за формирање струготине и додатних сила насталих као последица формирања површине хабања на леђној површини алата, дају могућност одређивања угла трења између леђне површине алата и обрађене површине. На основу коефицијента који фигурише у моделу нормалног напона на леђној површини алата и претходно одређеног коефицијента трења могуће је веома лако одредити: тангенцијални напон на леђној површини алата као и порасте сила резања услед постојања појаса хабања алата и тиме тачније предвидети укупну силу резања. На основу употпуњеног Мерчантовог модела сила резања, ефикасно се може одредити пораст силе продирања услед постојања дозвољене ширине леђног појаса хабања и тиме омогућити индиректно праћење постојаности алата узимајући у обзир да је управо поменута сила најосетљивија на промену ширине леђног појаса хабања.

У шестом поглављу извршена је експериментална верификација постављеног математичког модела и потврђена је колинеарност сила резања у случају оштрог алата и у случају када алат достигне вредност дозвољене ширине појаса хабања. Изабране комбинације материјала алата и обратка покривају области конвенционалног и стругања челика велике тврдоће. Експериментална истраживања су обухватила три фазе. У првој фази извршено је генерисање и мерење ширина леђног појаса хабања на стругарским плочицама и то при унапред одабраним режимима резања. У другој фази експеримента извршена су мерења компоненти отпора резања са оштрим алатом као и са алатима са ширинама леђног појаса генерисаних у првој фази. У трећој фази извршена су мерења коефицијента трења између леђне површине алата и обрађене површине. Поређењем резултата мерења са резултатима добијеним математичким моделом, потврђен је висок степен поклапања а тиме и његова ваљаност.

У закључку (седмо поглавље) дат је осврт на резултате истраживања, који су представљени у овој дисертацији, на начин да су јасно разграничени резултати који су анализирани у коришћеној литератури, од резултата који представљају оригиналан допринос ове дисертације. Истакнуто је да постављени математички модели омогућују

успешно предвиђање постојаности алата у производним условима као и тачније предвиђање сила резања у поређењу са постојећим моделима. На крају овог поглавља указано је на даље правце истраживања.

На крају је наведена литература која је коришћена током спроведених истраживања и рада на реализацији докторске дисертације.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост и оригиналност

Дисертација **Истраживање постојаности стругарског ножа у производним условима при ортогоналном резању** Кандидата мр Милана Милутиновића, дипл.инж.маш. представља поуздан и ефикасан начин за предвиђање сила резања као и постојаности алата у производним условима. У докторској дисертацији анализирају се утицајни фактори на брзину, интензитет и карактер процеса хабања за случај стругања челика ниже и високе тврдоће. Извршено је рангирање утицајних фактора како би само најважнији били интегрисани у аналитички модел. Такође је предложен нов модел сила резања који обједињује два стања алата: идеално оштар алат са припадајућим силама за формирање струготине и алат са дозвољеном ширином леђног појаса хабања са порастима компонената сила резања услед трења између леђне површине алата и обрађене површине. На основу математичког модела сила резања, постављена је оригинална хипотеза о комплементарности углова трења између леђне површине алата и обрађене површине као и угла трења између грудне површине алата и обрађене површине. Поменута оригинална хипотеза је верификована кроз експеримент. Предметна докторска дисертација обухвата развој и експерименталну верификацију постављених модела постојаности и сила резања, што указује да кандидат поседује изразиту способност за даљи веома успешан научноистраживачки рад. Резултати остварени у оквиру свих спроведених истраживања потврђују актуелност и значај докторске дисертације за научно-стручну јавност.

3.2. Осврт на референтну коришћену литературу

У предметној докторској дисертацији коришћена је обимна литература која разматра феномене хабања и постојаности алата као и обраде метала резањем. Делом то су цитиране референце, а делом библиографија радова који су кандидату били доступни за време израде дисертације. Анализом списка коришћене литературе може се закључити да је кандидат располагао већином доступне референтне литературе и да ју је проучио у току дисертације. Велики број литературних извора говори о актуелности истраживања у области хабања и постојаности резних алата а кандидат је кроз објављивање резултата свог рада, самостално и као коаутор, имао прилике да упозна стручну и научну јавност са резултатима својих истраживања и да се током израде дисертације позиционира према актуелним истраживачким резултатима у свету.

3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

У докторској дисертацији су примењене савремене научноистраживачке методе при теоријском и експерименталном истраживању у домену хабања, постојаности алата и сила резања. Примењене су методе анализе, синтезе и експерименталних метода који се користе у моделирању сила резања и постојаности алата. Такође је примењен и механистички модел сила резања.

3.4. Применљивост остварених резултата

Резултати докторске дисертације, поред евидентне научне вредности, имају и широку практичну примену. Главни резултат ове дисертације је аналитички модел којим се предвиђа постојаност алата у производним условима као и модел сила резања који обједињује стање алата између идеално оштрог и похабаног до одређе ширине појаса хабања на леђној површини. На основу постављеног модела сила могуће је предвидети коефицијент трења између леђне површине алата и обрађене површине као и порасте компонената отпора резања. Сви резултати у оквиру предметне дисертације су верификовани кроз експериментална истраживања.

3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

Кандидат је током израде ове докторске дисертације показао да је у стању да самостално решава проблеме и да успешно влада савременим научним сазнањима и методама, што представља основу за даљи научноистраживачки рад.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

Полазне основе за дефинисање садржаја и циљева ове дисертације су били резултати претходних вишегодишњих истраживања у области хабања и постојаности резних алата за обраду метала у којима је учествовао кандидат. Резултати истраживања у оквиру ове дисертације су показали да је могуће извршити предикцију постојаности алата као и сила резања узимајући у обзир ширину леђног појаса хабања алата.

Остварени научни доприноси настали као резултат истраживања у оквиру предметне докторске дисертације обухватају:

- Постављен је нов модел сила резања у процесу формирања струготине који обухвата и допунске силе које се јављају услед трења између леђне површине алата и обрађене површине - употребљен Мерчантов модел сила.
- Дат је аналитички модел који предвиђа постојаност алата, директно, узимајући у обзир корак, брзину резања и ширину леђног појаса хабања.
- Постављена је хипотеза о комплементарности углова трења (угао трења између струготине и алата и угла трења између алата и обрађене површине).

- Метод за предикцију коефицијента трења између леђне површине алата и обрађене површине на основу кога се могу предвидети пораста компонената сила-отпора резања.

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

На основу прегледа релевантне научне литературе и сагледавања постојећих решења из области докторске дисертације, констатујемо да су резултати истраживања у тези значајни и да су примењиви у пракси. На основу увида у задате циљеве истраживања и резултате представљене у докторској дисертацији, можемо закључити да су пружени одговори на сва релевантна питања и превазиђени проблеми са којима се кандидат сусрео у току истраживања.

Развијени и експериментално верификован употпуњен Мерчантов модел сила омогућава да се предвиди коефицијент трења између леђне површине алата и обратка на основу кога се могу израчунати пораста компонената сила-отпора резања услед постојања ширине појаса хабања и тиме тачније предвидети силе у зони резања. Такође су дати математички модели постојаности алата који су практични за употребу у реалном производном окружењу.

Експериментални резултати потврђују да су успешно превазиђене све препреке у решавању врло комплексног проблема предикције сила резања и постојаности стругарског ножа.

4.3. Верификација научних доприноса

Докторанд Милан Милутиновић је кроз усавршавање и рад на више стручних пројеката био аутор и коаутор 11 радова на домаћим и међународним скуповима и часописима. Коаутор је једног Техничког решења.

Научни допринос докторске дисертације је верификован у следећим радовима објављеним у референтним међународним и домаћим научним часописима и на престижним конференцијама у земљи и иностранству:

M23 Научни радови у међународним часописима (SCI-Web of Science®)

- [1] Милутиновић, М., Тановић, Љ., **Cutting Forces in Hard Turning Comprising Tool Flank Wear and It's Implication For The Friction Between Tool and Workpiece**, Technical Gazette, Vol. 23/No. 5, to be published to the end of October 2016., doi: 10.17559/TV-20140903224947, (IF=0.579) (ISSN 1330-3651). Потврда о пријему и категоризацији рада налази се у прилогу Извештаја.
- [2] Тановић, Љ., Бојанић, П., Пузовић, Р., Милутиновић, М., **Experimental Investigation of Microcutting Mechanisms in Granite Grinding**, Journal of

M51 Научни рад у водећем часопису националног значаја

- [1] Милутиновић, М., Славковић, Н., Милутиновић, Д., **Kinematic Modeling of Hybrid Parallel-Serial Five-Axis Machine Tool**, FME Transactions, Vol. 41, No. 1, pp. 1-11, University of Blegrade – Faculty of Mechanical Engineering, 2013.
- [2] Милутиновић, М., Тановић Љ., **Design Methodology of Prismatic Form Tool for Lathe**, Весник Машиностроение, Вол. 56: 201-210, 2008, Киев.

M63 Радови саопштени на скуповима националног значаја, штампаних у целини

- [3] Милутиновић, М., Тановић Љ., **Методологоја пројектовања призматичних профилних стругарских ножева**, Зборник радова , XXXVI ЈУПИТЕР кон., pp.2.51-2.5, Београд 2010.
- [4] Милутиновић, М., Тановић Љ., **The Effects of Tool Flank Wear on Tool Life**, 34. International Conference on Production Engineering, pp. 33 – 36, 2011, Ниш.
- [5] Милутиновић, Д., Главоњић, М., Славковић, Н., Кокотовић, Б., Милутиновић, М., Живановић, С., Димић, З., **Machining Robot Controlled and Programmed As a Machine Tool**, ДЕМИ, pp. 863 – 872, 2011, Бања Лука.
- [6] Милутиновић, М., Тановић Љ., **Прилог решавању проблема отпатка при формирању плочастих материјала-иверице**, Зборник радова, 38. ЈУПИТЕР кон., pp. 3.25-3.31, Београд 2012.
- [7] Милутиновић, М., Славковић, Н., Милутиновић, Д., **Kinematic Modeling of the Tricept Based 5-Axis Machine Tool**, 11th International Scientific Conference MMA, pp. 73-79, 2012, Нови Сад.
- [8] Милутиновић, Д., Славковић, Н., Кокотовић, Б., Милутиновић, М., Живановић, С., Димић, З., **Kinematic Modeling of Reconfigurable Parallel Robots Based on Delta Concept**, 11th International Scientific Conference MMA, pp. 259-263, 2012, Нови Сад.

M33 Рад саопштен на скупу међународног значаја, штампан у целини

- [1] Тановић Љ., Поповић М., Милутиновић М., **Особенности процеса резки мрамора**, 11. Международной научно-технической семинар, Современное проблемы производства и ремонта в промышленности на транспорте, Киев, Карпати, Украина, pp. 260-264, 2011.

Техничко решење

- [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.

Учешће у домаћим научним пројектима

- [1] Пројектовање и развој савремених информационих система за планирање и управљање производњом и развој нових метода и техника у инжењерском пројектовању производа и технологији израде , МИС.3.07.0027.А: Руководилац пројекта: проф.др Павао Бојанић, Машински факултет , Београд, 2005.
- [2] Развој нове генерације високо продуктивних тешких ЦНЦ алатних машина, ТР-6332, Руководилац пројекта : др Мирко Бућан, Лола институт, Београд, 2006-2008. године.

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

Докторска дисертација под називом „ИСТРАЖИВАЊЕ ПОСТОЈАНОСТИ СТРУГАРСКОГ НОЖА У ПРОИЗВОДНИМ УСЛОВИМА ПРИ ОРТОГОНАЛНОМ РЕЗАЊУ” кандидата мр Милана Милутиновића, дипл.инж.маш. представља оригиналан научно-истраживачки рад високог ранга у области производног машинства у коме је аутор дао значајан допринос развојем модела за предикцију сила и постојаности стругарског ножа при ортогоналном резању. Комисија сматра да је кандидат кроз дисертацију показао висок ниво стручног и теоријског знања које ће му омогућити успешан будући самостални научно-истраживачки рад.

На основу прегледа и оцене докторске дисертације кандидата

мр Милана Милутиновића, дипл.инж.маш.

са темом

Истраживање постојаности стругарског ножа у производним условима при ортогоналном резању

Комисија за оцену и одбрану закључује да је урађена докторска дисертација написана према свим стандардима и позитивној пракси у научно-истраживачком раду, као и то да испуњава све услове предвиђене Законом о високом образовању и да је у складу са Статутом и Правилником од докторским студијама Машинског факултета у Београду.

Сходно члану 37. Правилника о докторским студијама Машинског факултета у Београду Комисија предлаже Наставно-научном већу Машинског факултета у Београду да овај Реферат прихвати, дисертацију стави на увид јавности и упути реферат на коначно усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду, а да се након тога кандидат позове на јавну одбрану.

Са поштовањем,

Чланови Комисије:

У Београду, 5.11.2015. године

Др Љубодраг Тановић, редовни професор, ментор
Универзитет у Београду- Машински факултет

Др Бојан Бабић, редовни професор
Универзитет у Београду- Машински факултет

Др Радован Пузовић, ванредни професор
Универзитет у Београду- Машински факултет

Др Александар Венцл, ванредни професор
Универзитет у Београду- Машински факултет

Др Милош Главоњић, редовни професор у пензији
Универзитет у Београду- Машински факултет