

**НАСТАВНО НАУЧНОМ ВЕЋУ
ФАКУЛТЕТА ИНЖЕЊЕРСКИХ НАУКА У КРАГУЈЕВЦУ**

ПРЕДМЕТ: Извештај Комисије за оцену писаног дела и усмену јавну одбрану докторске дисертације кандидата Милана Раденковића, маг. инж. маш.

Одлуком Већа за техничко-технолошке науке Универзитета у Крагујевцу, број IV-04-937/6 од 11.10.2017. године а на предлог Наставно-научног већа Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу, број 01-1/3079-19 од 21.09.2017. године именовани смо за чланове Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Милана Раденковића, маг. инж. маш. под насловом:

**„МОДЕЛСКА ИСПИТИВАЊА ПОПУСТЉИВОСТИ КОНТАКТА ТАНГЕНЦИЈАЛНО
ОПТЕРЕЂЕНИХ ВЕЗА РАЗЛИЧИТЕ МАКРО ГЕОМЕТРИЈЕ У УСЛОВИМА
ДИНАМИЧКИХ ОПТЕРЕЂЕЊА“**

На основу увида у приложену докторску дисертацију и Извештаја о подобности кандидата и теме за докторску дисертацију, која је одобрена за израду одлуком Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу, број 01-1/1632-12 од 21.05.2015. год, а на основу Правилника о пријави, изради и одбрани докторске дисертације Универзитета у Крагујевцу, Комисија подноси Наставно-научном већу следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Значај и допринос докторске дисертације са становишта актуелног стања у одређеној научној области

Докторска дисертација кандидата Милана Раденковића, маг. инж. маш. под називом **„Моделска испитивања попустљивости контакта тангенцијално оптерећених веза различите макро геометрије у условима динамичких оптерећења“**, представља резултат научно-истраживачког рада кандидата у актуелној научној области која се односи на теоријско разматрање, нумеричка и експериментална испитивања попустљивости контакта тангенцијално оптерећених веза различите макро геометрије у условима динамичких оптерећења. Са аспекта предмета истраживања и добијених резултата, може се закључити да попустљивост контакта тангенцијално оптерећених веза елемената

стезних прибора и предмета обраде која је разматрана у овој докторској дисертацији представља јединствен научни рад.

Кандидат је на основу разматрања великог броја радова из ове области, о чему сведочи број од 103 цитираних литературних извора, извршио критичку анализу и систематизацију постојећих знања и резултата компетентних светских научника. На основу овог разматрања, кандидат је дефинисао предмет и циљ својих истраживања, који је у потпуности испунио.

Суштински допринос докторске дисертације базиран је дефинисању оптималних физичких и макро геометријских облика стезача/ослонаца који ће у односу на постојећа решења обезбедити већу носивост и мању попустљивост контакта у реалним динамичким условима оптерећења. Истраживања су усмерена на оптимизацију контакта са аспекта повећања нивоа тангенцијалне носивости контакта и смањења попустљивости контакта у условима малих локалних деформација зона контакта блиских врховима неравнина контактних површина, а изведена су са и без присуства средства за хлађење и подмазивање.

Теоријска и експериментална истраживања омогућила су изналажење оптималних решења макро геометрије контакта за одређене претходно дефинисане услове функционисања растављиве тангенцијално оптерећене везе.

2. Оцена да је урађена докторска дисертација резултат оригиналног научног рада кандидата у одређеној научној области

Комисија сматра да докторска дисертација кандидата Милана Раденковића, маг. инж. маш., под насловом **„Моделска испитивања попустљивости контакта тангенцијално оптерећених веза различите макро геометрије у условима динамичких оптерећења“** представља резултат оригиналног научног рада. Обрађена тема је веома актуелна и значајна, посебно ако се има у виду примена добијених решења у индустрији на реалним проблемима.

Оригиналност научног рада, истраживања и резултата остварених у оквиру докторске дисертације се огледају у следећим елементима:

- Прегледом досадашњих истраживања, кандидат указује на то да постоји потреба да се изврши детаљна анализа понашања елемената у зони контакта, баш из разлога што померања у зони контакта директно утичу на грешку израде предмета обраде. Анализирајући литературу која је непосредно повезана са овом облашћу истраживања, кандидат је уочио да истраживања попустљивости заснована на истраживања моделског типа и оптимизација попустљивости контакта са аспекта макро геометрије и малих локалних деформација отварају широк простор за истраживања. Истраживања и оптимизација контакта заснована на оптималном избору

макро геометрије стезача/ослонца који локално и практично занемарљиво деформишу предмет обраде имају мултидисциплинарни карактер научних истраживања у области стезних прибора, теорије еластичности, теорије пластичности, трибологије, контактне механике и других научних дисциплина. На основу претходно наведеног, закључено је да моделска испитивања попустљивости контакта тангенцијално оптерећених веза различите макро геометрије у условима динамичких оптерећења имају вишеструки значај.

- Поред наведеног извршена су експериментална и нумеричка истраживања која имају за циљ да одреде понашања контактних елемената са специјално дизајнираном макро геометријом под дејством тангенцијалног оптерећења у динамичким условима са и без присуства средства за хлађење и подмазивање. Кроз извршена теоријска, експериментална и нумеричка истраживања остварен је циљ докторске дисертације за смањењем попустљивости унутар контактне зоне и оптимизацијом предложених решења. Добијени су приближно слични резултати експерименталних истраживања и нумеричких истраживања.
- Позитивни ефекти предложених решења макро геометрије контактних елемената огледају се у смањењу попустљивости унутар контактне зоне, оптимизацији предложених решења, као и сагледавању утицаја које средство за хлађење и подмазивање има унутар поменуте контактне зоне.

3. Преглед остварених резултата рада кандидата у одговарајућој научној области

Милан Раденковић, маг. инж. маш. рођен је 30.11.1987. године у Крагујевцу, Република Србија. Завршио је Основну школу „Драгиша Луковић Шпанац“ у Крагујевцу, а средњошколско образовање стекао је у „Првој крагујевачкој гимназији“ у Крагујевцу на природно-математичком смеру.

Школске 2006/2007. године је уписао Факултет инжењерских наука у Крагујевцу, а дана 13.10.2010. године завршио је основне академске студије ПРВОГ СТЕПЕНА на студијском програму МАШИНСКО ИНЖЕЊЕРСТВО, модул: Производно машинство, са просечном оценом 7,97 (седам и 97/100) у току студија, и оценом 10 (десет) на завршном испиту из предмета Основи одржавања код проф. др Петра Тодоровића.

Школске 2010/2011. године је уписао на Факултету инжењерских наука у Крагујевцу мастер академске студије ДРУГОГ СТЕПЕНА на студијском програму МАШИНСКО ИНЖЕЊЕРСТВО, модул: Производно машинство, а завршио дана 10.09.2012. године са просечном оценом 8,94 (осам и 94/100) у току студија, и оценом 10 (десет) на мастер раду из предмета Одржавање техничких система код проф. др Ивана Мачужића.

Школске 2012/2013. године је уписао на Факултету инжењерских наука у Крагујевцу докторске академске студије ТРЕЋЕГ СТЕПЕНА на студијском програму МАШИНСКО ИНЖЕЊЕРСТВО, модул: Производно машинство. Испите на докторским студијама завршио је 04.09.2014. године са општим успехом 10,00 (десет и 00/100).

Израда докторске дисертације под називом „**Моделска испитивања попустљивости контакта тангенцијално оптерећених веза различите макро геометрије у условима динамичких оптерећења**“ одобрена је 21.05.2015. године.

У досадашњем научно-истраживачком раду је, као аутор или коаутор, објавио 11 радова у научним часописима са рецензијом, као и у зборницима радова са домаћих и међународних научно-стручних скупова. Четири рада је објављено на SCI листи, два категорије M21, један категорије M22 и један категорије M23.

Рад у врхунском међународном часопису (M21)

1. Tadic, B.;Todorovic, P.; Novkinic, B.; Buchmeister, B.; **Radenkovic, M.**; Budak, I.; Vukelic, D., Fixture layout design based on a single-surface clamping with local deformation, INTERNATIONAL JOURNAL OF SIMULATION MODELLING, (2015), vol. 14 br. 3, str. 379-391, ISSN 1726-4529
2. Sasa Randjelovic, Branko Tadic, Petar M. Todorovic , Djordje Vukelic, Danijela Miloradovic, **Milan Radenkovic**, Christos Tsiafis, Modelling of the ball burnishing process with a high-stiffness tool, INTERNATIONAL JOURNAL OF ADVANCED MANUFACTURING TECHNOLOGY, (2015), vol. 81 br. 9-12, str. 1509-1518, ISSN 0268-3768

Рад у истакнутом међународном часопису (M22)

1. Petar M. Todorović, Borut Buchmeister, Marko J. Đapan, Đorđe Vukelić, Marko D. Milošević, Branko Tadić, **Milan M. Radenković**, Comparative model analysys of two types of clamping elements in dynamic conditions, TEHNICKI VJESNIK- TECHNICAL GAZETTE, (2014), vol. 21 br. 6, str. 1273-1279, ISSN 1330-3651

Рад у међународном часопису (M23)

1. Evanthia Giagloglou, **Milan Radenkovic**, Sasa Brankovic, Panagiotis Antoniou & Ivana Zivanovic-Macuzic, Pushing, pulling and manoeuvring an industrial cart: a psychophysiological study, International Journal of Occupational Safety and Ergonomics, Pages 1-9, Accepted author version posted online: 29 Aug 2017, Published online: 18 Sep 2017, ISSN1080-3548
<http://dx.doi.org/10.1080/10803548.2017.1370231>

Саопштење са међународног скупа штампано у целини (M33)

1. Ivan Mačužić, Branislav Jeremić, Petar Todorović, Marko Đapan, **Milan Radenković**, Marko Milošević, Application of 3D software packages for designing tribometer of modular type, 13th International Conference on Tribology Serbiatrib '13, Kragujevac, 2013, 15-17.05., pp. 380-383, ISBN 978-86-86663-98-6
2. Ivan Mačužić, Petar Todorović, Marko Đapan, **Milan Radenković**, Branislav Jeremić, Using of kalman filter as a prognostic tool for tribology processes, 13th International Conference on Tribology Serbiatrib '13, Kragujevac, 2013, 15-17.05., pp. 384-387, Kragujevac, 2013, ISBN 987-86-86663-98-6
3. Marko Djapan, Ivan Macuzic, Branislav Jeremic, Petar Todorovic, Marko Milosevic, **Milan Radenkovic**, Improvement of Occupational Safety and Health knowledge and skills as a mandatory part of Lifelong Learning, Prva medjunarodna naucno-strucna konferencija – Безбедносно инжењерство при работа и пожар, Bitolj, Makedonija, 2013, Oktobar 04-05, pp. 138-144, ISBN 978-608-65051-4-1
4. Branislav Jeremic, **Milan Radenkovic**, Petar Todorovic, Ivan Macuzic, Marija Jeremic, Vladimir Kocovic, Static coefficient of rolling friction at high temperature, 14th International Conference on Tribology, Beograd, 2015, 13-15. maj, pp. 262-265, ISBN 978-86-7083-857-4
5. E. Giagloglou, **M. Radenkovic**, M. Milosevic, C. Tsiafis, P. Mijovic, I. Macuzic, Measures of orienting response for improving safety training, The annual European Safety and Reliability Conference, London, 2015, September 7, 2015, pp. 2889-2893, ISBN 978-1-138-02879-1
6. Gligorijević J., Macuzić I., Đapan M., **Radenković M.**, Production process losses elimination generated during production orders changeover by usage of CIM systems and TPM tools, 10th International Conference "Quality, Management, Environment, Education, Engineering" (ICQME 2016); Petrovac, Montenegro; 28th–30th September 2016., pp. 296-304, ISBN 978-9940-527-49-5.

Рад у часопису националног значаја (M53)

1. **Milan Radenkovic**, Branislav Jeremic, Petar Todorovic, Marko Djapan, Marko Milosevic, Pavle Mijovic, Improvement of quality in production process by applying Kaikaku method, International Journal for Quality Research, Vol.7, No.4, 2013, pp. 585-594, ISSN 1800-6450

4. Оцена о испуњености обима у односу на пријављену тему

Докторска дисертација кандидата Милана Раденковића, маг. инж. маш., под насловом „**Моделска испитивања попустљивости контакта тангенцијално оптерећених веза различите макро геометрије у условима динамичких оптерећења**“, усклађена је по обиму и садржају теми одобреној од стране Наставно-научног већа Факултета инжењерских наука и Стручног већа за техничко-технолошке науке Универзитета у Крагујевцу. Највећим делом дисертација је проистекла из теоријских, експерименталних и нумеричких истраживања аутора и обраде тако добијених резултата, одакле су произашли

одговарајући закључци тако да су у целини испуњени сви научни, стручни и законски услови да ова дисертација буде прихваћена.

Резултати истраживања су у писаном делу докторске дисертације изложени на укупно 167 страна. Дисертација садржи 99 слика и 44 табеле. Рад чини седам тематских целина, односно поглавља, тако разврстаних да буду међусобно повезана и представљају једну нераскидиву целину, као и два прилога. Према томе, наведена поглавља су сложена према следећем редоследу:

1. Уводна разматрања, дефинисање проблема и циља истраживања
2. Преглед литературе
3. Теоријска разматрања и генерисање идејних решења
4. Нумеричка анализа различитих модела стезача/ослонаца
5. Експериментална испитивања физичких модела стезача/ослонаца
6. Анализа резултата теоријских, нумеричких и експерименталних истраживања
7. Закључак

Литература

Прилог А

Прилог Б

У поглављу 1 (*Уводна разматрања и дефинисање проблема и циља истраживања*) су приказана уводна разматрања, али и дефинисани су проблеми и циљева истраживања ове докторске дисертације.

У поглављу 2 (*Преглед литературе*) је приказан преглед и анализа актуелних литерарних извора који се баве проблематиком ове докторске дисертације.

У поглављу 3 (*Теоријска разматрања и генерисање идејних решења*) дат је приказ теоријских разматрања и генерисања идејних решења макроеometriје контактних елемената.

У поглављу 4 (*Нумеричка анализа различитих модела стезача/ослонаца*) дат је приказ нумеричких испитивања генерисаних идеја макро геометрије контактних елемената у условима када је присутно средство за хлађење и подмазивање и када није. У поглављу 5 (*Експериментална испитивања физичких модела стезача/ослонаца*)

приказан је план и програм експерименталних испитивања, као и детаљан опис свих уређаја који су коришћени при експерименталном испитивању представљених модела стезача. У овом поглављу приказани су добијени резултати који се односе на експериментална испитивања статичког коефицијента трења посматраних контактних елемената и експериментална испитивања попустљивости контакта тангенцијално оптерећених веза различите макроеometriје у условима динамичких оптерећења. Поред наведених резултата приказани су и резултати који су добијени експерименталним испитивањем топографије контактнoг елемента са равном површином, односно

радног комада, као и увеличан фотографски приказ трагова утискивања који је сваки експериментално испитивани контактни елемент оставио на радном комаду.

У поглављу 6 (*Анализа резултата теоријских, нумеричких и експерименталних истраживања*) приказана је анализа резултата спроведених теоријских, нумеричких и експерименталних истраживања. Посебна пажња посвећена је зависности односа тангенцијалне и нормалне силе F_t/F_n у функцији од померања ξ_{sr} са освртом на утицај средства за хлађење и подмазивање унутар контактне зоне. Такође, спроведена је и анализа попустљивости контакта као функција од померања ξ_{sr} и тангенцијалног оптерећења F_t , анализа статичког коефицијента трења са освртом на утицај средства за хлађење и подмазивање, као и анализа спроведених нумеричких испитивања.

У поглављу 7 (*Закључак*) приказана су закључна разматрања на основу информација које су дате у предходним поглављима као и правци будућих истраживања. Уочава се да се добијени резултати нумеричким испитивањима потврђени експерименталним путем.

Последње поглавље (*Литература*) даје списак библиографских јединица (103) које су коришћене као полазна основа за истраживање у оквиру докторске дисертације.

У прилогу А (*Дијаграмски приказ резултата експерименталних истраживања попустљивости контакта тангенцијално оптерећених веза различите макро геометрије у условима динамичких оптерећења*) дат је дијаграмски приказ резултата експерименталних истраживања попустљивости контакта тангенцијално оптерећених веза у условима динамичких оптерећења за контактне елементе за два типа контактних елемента у условима са и без присуства средства за хлађење и подмазивање.

Прилог Б (*Техничка документација генерисаних идејних решења макро геометрије*) уско је везан за треће поглавље у коме је било речи о теоријским разматрањима и генерисању идејних решења макрогеометрије контактних елемената. У вези с тим прилог Б садржи техничку документацију на основу које су израђени физички модели стезача/ослонаца. Представљени физички модели стезача/ослонаца експериментално су испитивани у поглављу пет.

5. Научни резултати докторске дисертације

Кандидат Милан Раденковић, маст. инж. маш., је у оквиру ове докторске дисертације извршио систематизацију постојећих теоријских и експерименталних знања и искустава у области која је везана за попустљивост контакта тангенцијално оптерећених веза. У току израде дисертације, кандидат је дошао до резултата и закључака који имају своје место и значај како у научно-теоријском, тако и у практичном индустријском смислу.

Најважнији научни резултати докторске дисертације су:

- изведена оригинална теоријска истраживања и развијен одговарајући теоријски модел,
- изведен је обиман програм експерименталних и нумеричких прорачуна (ФЕМ анализе) контактних елемената различите макро геометрије који је компатибилан са резултатима теоријских истраживања,
- на бази теоријских разматрања и нумеричких и експерименталних истраживања представљена су нова решења макрогеометрије контактних елемената која се разликују у односу на постојећа решења,
- пошто је смисао докторске дисертације смањење попустљивости унутар контактне зоне тангенцијално оптерећених веза, утицањем на макро геометрију контактних елемената долази до лакшег продирања контактне зоне у радни део са равном контактном површином и на тај начин смањује се попустљивост унутар контактне зоне за исто тангенцијално оптерећење,
- при разматрању утицаја средстава за хлађење и подмазивање унутар контактне зоне код различите типова макро геометрије контактних елемената јасно се уочава утицај макро геометрије на смањење померања и попустљивости унутар контактне зоне,
- спроведена истраживања могу наћи веома значајну индустријску примену уколико се узме у обзир да се применом представљених решења макро геометрије контактних елемената утиче на смањење попустљивости унутар контактне зоне,
- позитивни ефекти примене представљених решења макро геометрије на начин приказан у докторској дисертацији огледају се у повећању тачности обраде или повећању продуктивности на бази машинске обраде при већим нивоима режима резања и већим нивоима оптерећења контактних елемената.

6. Применљивост и корисност резултата у теорији и пракси

Резултати докторске дисертације кандидата Милана Раденковића, маг. инж. маш., под насловом **„Моделска испитивања попустљивости контакта тангенцијално оптерећених веза различите макро геометрије у условима динамичких оптерећења“** применљиви су и корисни, како у теорији, тако и у пракси.

Сви проблеми анализирани у докторској дисертацији су од изузетног значаја у разматрању утицаја макро геометрије контактних елемената у условима динамичких оптерећења на попустљивост унутар контактне зоне тангенцијално оптерећених веза.

Практична примена предложених решења макро геометрије контактних елемената у оквиру докторске дисертације је по многим критеријумима

погоднија у односу на досадашње развијена решења. Применом приказаних решења макро геометрије контактних елемената остварује се значајно унапређење процеса стезања при обради на савременим машинама. Правилним одабиром макро геометрије контактних елемената могуће је значајно утицати на смањење попустљивости унутар контактне зоне.

Пројектовани уређај за испитивање попустљивости унутар контактне зоне у динамичким условима могуће је применити и за испитивање других параметара који се јављају и утичу на сам процес стезања, тако да поменути уређај има широк спектар примене.

7. Начин презентирања резултата научној јавности

Комисија сматра да истраживања и још необјављени резултати ове докторске дисертације пружају обиман и користан материјал за даље објављивање у међународним и водећим националним часописима и скуповима, који се односе на релевантну област.

На основу свега изложеног Комисија доноси следећи:

ЗАКЉУЧАК

Докторска дисертација кандидата Милана Раденковића, маг. инж. маш., у потпуности, како по обиму тако и по квалитету, одговара теми пријављене дисертације, одобрене одлуком бр. 01-1/1632-12 од 21.05.2015. године, од стране Наставно-научног већа Факултета инжењерских наука у Крагујевцу.

Кандидат је током истраживања користио уобичајену и стандардизовану стручну терминологију, а структура докторске дисертације и методологија излагања су у складу са универзитетским нормама.

Кандидат је показао да влада методологијом научноистраживачког рада и да поседује способност системског приступа и коришћења литературе. При томе је, користећи своје професионално образовање и искуство, показао способност да овој сложеној проблематици приступи свеобухватно, у циљу дефинисања закључака и добијања конкретних и у пракси применљивих резултата.

Докторска дисертација је резултат самосталног рада, а добијени резултати представљају веома значајан допринос знањима везаним за стезне приборе у обради метала резањем.

На основу свега изнетог, Комисија за преглед и оцену писаног дела и усмену јавну одбрану докторске дисертације кандидата Милана Раденковића, маг. инж. маш, једногласно је закључила да докторска дисертација под насловом:

„Моделска испитивања попустљивости контакта тангенцијално оптерећених веза различите макро геометрије у условима динамичких оптерећења“

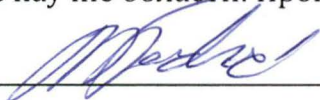
по квалитету, обиму и резултатима истраживања у потпуности испуњава све научне, стручне и законске критеријуме за израду докторске дисертације. Стога Комисија са задовољством предлаже Наставно-научном већу Факултета инжењерских наука у Крагујевцу, да овај Извештај у потпуности прихвати и закаже јавну усмену одбрану наведене дисертације.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ:

1. др Бранко Тадић, ред. проф. – председник комисије

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу

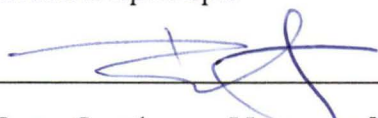
Уже научне области: Производно машинство и Индустијски инжењеринг



2. др Ђорђе Вукелић, ванр. проф. – члан комисије

Факултет техничких наука Универзитета у Новом Саду

Уже научне области: Метрологија, квалитет, еколошко инжењерски аспекти, алати и прибори



3. др Слободан Митровић, ред. проф. – члан комисије

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу

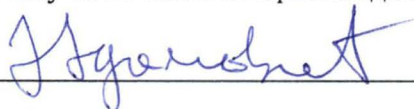
Уже научна област: Производно машинство



4. др Драган Адамовић, ред. проф. – члан комисије

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу

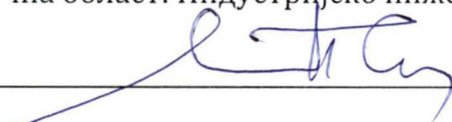
Уже научне области: Производно машинство и Индустијски инжењеринг



5. др Иван Мачужић, ванр. проф. – члан комисије

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу

Уже научна област: Индустијско инжењерство и инжењерски менаџмент



У Крагујевцу и Новом Саду,

12.10.2017. године