

УНИВЕРЗИТЕТ У КРАГУЈЕВЦУ  
ФАКУЛТЕТ ИНЖЕЊЕРСКИХ НАУКА

**НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ ФАКУЛТЕТА ИНЖЕЊЕРСКИХ НАУКА И  
ВЕЋУ ЗА ТЕХНИЧКО-ТЕХНОЛОШКЕ НАУКЕ УНИВЕРЗИТЕТА У  
КРАГУЈЕВЦУ**

**Предмет:** Извештај Комисије о оцени научне заснованости теме докторске дисертације и испуњености услова кандидата Кочовић Владимира, маг. инж. маш.

Одлуком Већа за техничко-технолошке науке Универзитета у Крагујевцу број IV-04-702/20 од 11.07.2017. године именовани смо за чланове Комисије за оцену научне заснованости теме и испуњености услова кандидата Кочовић Владимира, маг. инж. маш. као и оцену теме докторске дисертације под насловом:

**РАЗВОЈ АЛАТА ЗА ЗАВРШНУ ОБРАДУ ЦИЛИНДРИЧНИХ ОТВОРА  
ИНЕРЦИЈАЛНОМ СИЛОМ**

која припада научној области Машинско инжењерство и ужој научној области Производно машинство. На основу увида у приложену документацију, комисија подноси Наставно-научном већу Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу следећи:

**ИЗВЕШТАЈ**

**1. Научни приступ проблему предложеног нацрта докторске дисертације и процена научног доприноса крајњег исхода рада**

У предложеном нацрту докторске дисертације кандидат је образложио предмет истраживања наводећи актуелности и значај предложене теме у области развоја алата за обраду материјала резањем.

Прецизна машинска обрада материјала резањем представља велики изазов за истраживаче новијег времена. Досадашња истраживања базирана су на унапређењу постојећих решења која нису отклонила неколико главних проблема од којих су најзначајнији несавршеност вретеништа радне машине, као и техничке могућности преносних механизма машина да пренесу и реално остваре задату вредност померања тј. дубине продирања алата у материјал предмета обраде, посебно када задата померања имају мале вредности. Крута веза алата са вретеном радне машине услед обраде цилиндричних делова резањем узрокује грешке облика, тј. несавршеност вретеништа машине се пресликава на површину радног комада. Овај проблем је нарочито присутан тамо где се захтева висока димензиона тачност као и тачност облика.

Имајући у виду приказ проблема који настају приликом завршних обрада материјала резањем, може се закључити да предложена метода може значајно повећати димензиону тачност обраде цилиндричних предмета и бољи квалитет обрађене површине у односу на класичне методе обраде предмета цилиндричног облика.

Предложена тема докторске дисертације прати модерне токове истраживања из области развоја алата и теорије резања. Процес резања константном силом резања омогућава поузданију контролу геометрије тј. остварене коте, што је основна предност предложене методе у односу на постојеће методе завршне обраде цилиндричних делова. Ова метода резања, у теоријском а великим делом и у практичном смислу, омогућује велику дубину регулације уских толеранција што није случај код класичних завршних обрада резањем. На одређени начин, предложена метода елиминише грешке померања које неминовно настају приликом позиционирања алата у току процеса обраде. То је управо научни допринос предложене докторске дисертације.

#### Веза са досадашњим истраживањима

Увидом у објављене радове у научним и стручним часописима, као и радове објављене на међународним конференцијама може се закључити да је кандидат Кочовић Владимир радио истраживања везана за развој и примену алата за завршну обраду материјала како равних тако и цилиндричних површина. Рад у оквиру ове дисертације омогућава кандидату да оствари континуитет у свом истраживачком раду, што поред стручног усавршавања кандидата има за циљ и унапређење процеса завршне обраде материјала резањем.

## **2. Образложење предмета, метода и циља који уверљиво упућују да је предложена тема од значаја за развој науке**

#### Предмет, циљеви и хипотезе ове дисертације обухватају следеће:

Машинска обрада резањем, изводи се са алатима који имају прецизно дефинисано кретање односно прецизно дефинисану дубину продирања алата у материјал предмета обраде. Дубину продирања алата у материјал предмета обраде остварују силе погонских система алатних машина тиме што алат добија задато кретање. Дакле, управља се кретањем алата односно величином продирања алата у предмет обраде. При завршним обрадама резањем дубине резања имају мале вредности, реда величине неколико стотих делова милиметра па и мање. Грешке обраде, поред осталог, везане су и за техничке могућности преносних механизма машина да пренесу и реално остваре задату вредност померања тј. дубине продирања алата у материјал предмета обраде, посебно када задата померања имају мале вредности. Релативна грешка дубине резања увек расте са смањењем жељене, задате дубине резања. Са тим у вези, познато је да велики број алатних машина присутних у индустрији реално не може остварити прецизно заузимање дубине резања, са прецизнишћу стотог дела милиметра па тиме ни

жељену димензиону тачност обраде. У суштини, управљање малим померањима, односно померањима испод стотог дела милиметра, увек повлачи значајну димензиону грешку обраде.

Предложена тема докторске дисертације базира се на управљању процесом обраде контролом силе продирања алата у материјал предмета обраде. Ако се уместо задатог померања алата дубина продирања алата оствари задатом константном силом, онда ће померање алата, односно дубина продирања алата у предмет обраде бити првенствено функција величине силе. Имајући у виду релације које важе у области механике деформабилног тела тј. однос силе и померања произилази да се силом у области малих дубина продирања алата може знатно прецизније управљати. За остваривање продирања алата у материјал предмета обраде може се искористити инерцијална сила чијом величином се може управљати преко ексцентричне масе и угаоне брзине.

Основни циљеви предложене дисертације су:

- Пројектовање и оптимизација специјалног склопа резног алата код којег ће се дубином продирања резног клина у материјал предмета обраде управљати преко инерцијалне силе.
- Експериментално одређивање области примене у којима предложена метода у односу на класичне методе обраде материјала резањем остварује бољу димензиону тачност и тачност облика, као и бољи квалитет обрађене површине.
- Елиминисање грешака обраде услед немогућности преносних механизма машина да пренесу и реално остваре задату вредност померања тј. дубине продирања алата у материјал предмета обраде, посебно када задата померања имају мале вредности.
- Постизање веће димензионе тачности на машинама старије генерације.

Полазне хипотезе предложене докторске дисертације у физичком смислу образлажу предности управљања силом у односу на управљање малим померањима. У том смислу наводе се полазне хипотезе:

- Инерцијална сила која настаје при обртању ексцентричне масе одређеном угаоном брзином је физички прецизно дефинисана величина. Интензитет те инерцијалне силе је једнак производу ексцентричне масе, вредности ексцентрицитета и квадрата угаоне брзине. Теоријски, а великим делом и у инжењерском смислу, инерцијалном силом се може управљати од нулте вредности па до веома великих вредности сила. При чему се за управљање могу искористити три параметра: ексцентрична маса, ексцентрицитет и угаона брзина.
- У процесу обраде предложеном методом, инерцијална сила представља силу продирања алата у материјал предмета обраде. Ако се зна да вредности инерцијалне силе могу бити веома мале онда произилази да ће и продирање алата у предмет обраде имати малу вредност. Са тим у вези а у теоријском

смислу, могуће је изводити обраду при дубинама резања значајно мањим од једног микрометра.

- За постизање жељеног пречника цилиндричног предмета обраде, при малим вредностима инерцијалних сила биће потребно знатно веће време и већи број пролаза алата, што управо у теоријском смислу указује да ова предложена метода има значајно већу дубину регулације у односу на постојеће методе завршне обраде предмета цилиндричног облика.

### Методe истраживања

Истраживања ће бити изведена применом теоријских и експерименталних метода. Теоријске методе ослањаће се на прорачуне везане за успостављање зависности између отпора продирања алата и померања (продирања) алата у материјал предмета обраде у реалним условима завршне обраде. Ове методе ће се једним делом ослањати на литературне податке док ће другим делом истраживања бити изведена применом метода нумеричких прорачуна „FEM“ анализе. Методе теоријских анализа треба да дају одговор на питања везана за дефинисање области у којој предложена метода обраде са аспекта димензионе прецизности, па и интегрално посматрано, има изражене предности у односу на класичне методе обраде цилиндричних површина. Поред теоријских метода истраживања биће примењене и експерименталне методе. Експерименталне методе подразумевају пројектовање и испитивање специјалног склопа резног алата код којег ће се дубином продирања резног клина у материјал предмета обраде управљати преко инерцијалне силе. Резултати експерименталних истраживања добијени при обради овим алатом треба да верификују предложену методу у смислу њених техноекономских ефеката, при чему ће се као кључни параметар анализирати димензиона тачност и квалитет обрађене површине.

### Оквирни садржај докторске дисертације

Планирано је да дисертација буде разматрана кроз целине:

1. Уводна разматрања
2. Завршне обраде отвора цилиндричних предмета
3. Теоријске основе предложене методе
4. Аналитички и нумерички прорачуни и идејно решење склопа алата
5. Пројектовање и прорачун склопа алата
6. Експериментална истраживања
7. Дискусија добијених резултата
8. Закључци
9. Литература

**3. Образложење теме за израду докторске дисертације које омогућава закључак да је у питању оригинална идеја или оригиналан начин анализирања проблема**

Комисија закључује да је предложена тема докторске дисертације „Развој алата за завршну обраду цилиндричних отвора инерцијалном силом,, кандидата **Кочовић Владимира** оригинална идеја.

**4. Усклађеност дефиниције предмета истраживања, основних појмова, предложене хипотезе, извора података, метода анализе са критеријумима науке уз поштовање научних принципа у изради коначне верзије докторске дисертације**

Кандидат Владимир Кочовић ће у својој дисертацији обухватити све елементе савременог научно-истраживачког начина рада поштујући основне критеријуме науке, научних циљева и методе анализе имплементацијом постојећих и развојем оригиналних идеја научног истраживања. Кандидат ће како теоријски тако и експериментално проверавати полазне хипотезе. С обзиром на то да су циљеви истраживања проистекли из запажених недостатака обраде материјала резањем, развој алата за обраду цилиндричних отвора инерцијалном силом и добијени експериментални резултати би представљали оригинални допринос кандидата. На основу предложене теме, може се закључити да ће ова докторска дисертација имати значајан теоријски и практичан значај у области развоја алата за завршну обраду материјала резањем.

**5. Преглед научно-истраживачког рада кандидата**

Владимир Кочовић је рођен 02.04.1990. године у Крагујевцу, Република Србија. Основно образовање стекао је у основној школи „Свети Сава“ у Крагујевцу а средњошколско образовање у „Првој техничкој школи“ у Крагујевцу на смеру електротехничар рачунара.

Школске 2009/2010. године уписао је основне академске студије на Машинском факултету Универзитета у Крагујевцу а дана 27.09.2012. године завршио студије на Факултету инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу на смеру Енергетика и процесна техника са општим успехом 9,07 (девет и 7/100). На завршном раду из предмета Хидрауличне и пнеуматске машине код Проф. др Милуна Бабића добио је оцену 10 (десет).

Школске 2012/2013. године уписао је мастер академске студије на Факултету инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу на смеру Енергетика и процесна техника. Мастер студије је завршио дана 21.07.2014. године на поменутом факултету са општим успехом 9.38 (девет и 38/100). На мастер раду из предмета Обновљиви извори енергије 1 код Проф. др Вање Шуштершич добио је оцену 10 (десет).

Школске 2014/2015. године уписао је докторске академске студије Машинског инжењерства на Факултету инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу на смеру Производно машинство. Испите на докторским академским студијама положио је 25.10.2016. године са општим успехом 9.67 (девет и 67/100).

Од школске 2009/2010. до школске 2013/2014. године био је стипендиста Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије. Након уписа докторских академских студија стекао је звање истраживач приправник на пројекту Министарства просвете, науке и технолошког развоја TR 35021 под називом „Развој триболошких микро/нано двокомпонентних и хибридних самоподмазујућих композита“. Дана 22.01.2015. године стекао је звање истраживач сарадник које и сада има на Факултету инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу.

Кандидат Владимир Кочовић је у протеклом периоду био ангажован у извођењу наставе на предметима: Алати и прибори, Машински материјали, Експеримент у машинству, Савремени обрадни системи и Статистика у инжењерству.

Научно-истраживачка активност кандидата припада области Производно машинство, а уско је везана за развој резних алата.

Кандидат је до сада као аутор или коаутор објавио укупно **12** научно-истраживачких радова и то: 1 рад у врхунском међународном часопису (M21), 1 рад у истакнутом међународном часопису (M22), 1 рад у међународном часопису (M23), 3 рада у часопису међународног значаја (M24), 3 рада на међународним научним скуповима, 1 рад у водећем часопису националног значаја (M51) и 2 техничка решења (M84).

Објављени радови кандидата:

#### **Рад у врхунском међународном часопису**

##### **Категорија M21**

1. B. Tadić, S. Randelović, P. Todorović, J. Živković, **V. Kočović**, I. Budak, Đ. Vukelić, Using a high-stiffness burnishing tool for increased dimensional and geometrical accuracies of openings, Precision Engineering-Journal of the International Societies for Precision Engineering and Nanotechnology, ISSN: 0141-6359, Vol 43, pp. 335-344, 2016.

## Рад у истакнутом међународном часопису

### Категорија М22

1. Đ. Vukelić, B. Tadić, D. Džunić, V. Kočović, Lj. Brzaković, M. Živković, G. Šimunović, Analysis of ball-burnishing impact on barrier properties of wood workpieces, The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, ISSN: 0268-3768, Vol 92, No. 1–4, pp. 129–138, Doi: 10.1007/s00170-017-0134-3, 2017.

## Рад у међународном часопису

### Категорија М23

1. M. Babić, **V. Kočović**, Đ. Vukelić, G. Mihajlović, M. Erić, B. Tadić, Investigation of ball burnishing processing on mechanical characteristics of wooden elements, Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part C Journal of Mechanical Engineering Science, ISSN: 0954-4062, Vol. 231, No. 1, pp. 120-127, 2017.

## Радови у часопису међународног значаја

### Категорија М24

1. **V. Kočović**, S. Mitrović, G. Mihajlović, M. Mijatović, B. Bogdanović, Đ. Vukelić, B. Tadić, Applications of Friction Stir Processing during Engraving of Soft Materials, Tribology in Industry, ISSN: 0354-8996, Vol. 37, No. 4, pp. 434-439, 2015.
2. B. Tadić, **V. Kočović**, M. Matejić, Lj. Brzaković, M. Mijatović, Đ. Vukelić, Static Coefficient of Rolling Friction at High Contact Temperatures and Various Contact Pressure, Tribology in Industry, ISSN: 0354-8996, Vol. 38, No. 1, pp. 83-89, 2016.
3. M. Živković, M. Matejić, D. Miljanić, Lj. Brzaković, **V. Kočović**, Influence of the Previous Preheating Temperature on the Static Coefficient of Friction with Lubrication, Tribology in Industry, ISSN: 0354-8996, Vol. 38, No. 4, pp. 585-589, 2016.

## Радови на међународним научним скуповима

### Категорија М33

1. **V. Kočović**, M. Jeremić, P. Todorović, B. Tadić, Đ. Vukelić: The compliance and load capacity of contacts based on friction, 14<sup>th</sup> International Conference on Tribology SERBIATRIB '15, Belgrade, 2015, 13th-15th May, pp. 388-396, ISBN 978-86-7083-857-4.

2. B. Jeremić, M. Radenković, P. Todorović, I. Mačžić, M. Jeremić, **V. Kočović**: Static coefficient of rolling friction at high temperature, 14<sup>th</sup> International Conference on Tribology SERBIATRIB '15, Belgrade, 2015, 13th-15th May, pp. 388-396, ISBN 978-86-7083-857-4.
3. B. Novkinić, **V. Kočović**, M. Jeremić, D. Miljanić: Problems of clamping fixtures compliance during the machining of the workpiece on the multi-axial milling machine tool, 12. International Conference on Accomplishments in Electrical and Mechanical Engineering and Information Tehnology DEMI 2015, Banja Luka, 2015, 20th March, pp. 213-220, ISBN 978-99938-39-53-8.

#### Рад у водећем часопису националног значаја

##### Категорија M52

1. B. Tadić, M. Matejić, **V. Kočović**, B. Novkinić, Lj. Brzaković, G. Šimunović, Đ. Vukelić, Development a group fixture systems for machining centers, Journal of Production Engineering, ISSN 1821-4932, Vol. 19, No. 1, pp. 69-74, 2016.

#### Техничка решења

##### Категорија M84

1. S. Randelović, Đ. Vukelić, P. Todorović, **V. Kočović**, B. Bogdanović, L. Ivanović, B. Tadić, Optimizacija procesa završne obrade kotrljanjem koglice po površini predmeta obrade na osnovu dubine penetracije kuglice u materijal predmeta obrade, pp. 1-9, Metalik d.o.o. Trebješka 6/26, Nikšić, Crna Gora, 2015. <http://www.fink.rs/images/stories/TehnickaResenja/tr-89-2015.pdf>
2. B. Tadić, S. Randelović, P. Todorović, Đ. Vukelić, **V. Kočović**, B. Bogdanović, M. Jeremić, Kruti alat namenjen za završnu obradu metala kotrljanjem kuglice, pp. 1-13, Metalik d.o.o. Trebješka 6/26, Nikšić, Crna Gora, 2015. <http://www.fink.rs/images/stories/TehnickaResenja/tr-88-2015.pdf>



На основу свега наведеног у претходним тачкама овог извештаја Комисија доноси следећи

### ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ КОМИСИЈЕ

Владимир Кочовић, мастер инжењер машинства, испунио је све предвиђене услове за израду докторске дисертације.

Комисија предлаже Наставно-научном већу Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу и Већу за техничко-технолошке науке Универзитета у Крагујевцу да наведену предложену тему за докторску дисертацију:

#### РАЗВОЈ АЛАТА ЗА ЗАВРШНУ ОБРАДУ ЦИЛИНДРИЧНИХ ОТВОРА ИНЕРЦИЈАЛНОМ СИЛОМ

прихвати и одобри њену израду кандидату Владимиру Кочовићу, маст. инж. маш.

Комисија предлаже да ментор ове докторске дисертације буде др Бранко Тадић, редовни професор Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу.

У Крагујевцу,

04.08.2017.

КОМИСИЈА:



**Др Ђорђе Вукелић**, ванредни професор, Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду, председник комисије

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



**Др Петар Годоровић**, редовни професор, Факултет инжењерских наука, Универзитет у Крагујевцу

Ужа научна област: производно машинство



**Др Бранко Тадић**, редовни професор, Факултет инжењерских наука, Универзитет у Крагујевцу

Уже научне области: производно машинство и индустријски инжењеринг