

ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

I ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ		
<p>1. Датум и орган који је именовao комисију: Решењем бр. 012-199/13-2021 од 23.06.2022. године, на основу Одлуке Наставно-научног већа Факултета техничких наука, а у складу са Статутом Факултета техничких наука, Декан Факултета техничких наука именовao је Комисију за оцену и одбрану докторске дисертације</p>		
<p>2. Састав комисије у складу са <i>Правилима докторских студија Универзитета у Новом Саду</i>:</p>		
1. <b>Гостимировић др Марин</b>	редовни професор	Процеси обраде скидањем материјала, 2011.
презиме и име	звање	ужа научна област и датум избора
Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду		председник
установа у којој је запослен-а		функција у комисији
2. <b>Антић др Ацо</b>	редовни професор	Машине алатке, технолошки системи и аутоматизација поступака пројектовања, 2020.
презиме и име	звање	ужа научна област и датум избора
Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду		члан
установа у којој је запослен-а		функција у комисији
3. <b>Боројевић др Стево</b>	ванредни професор	Производно машинство, 2020.
презиме и име	звање	ужа научна област и датум избора
Машински факултет, Универзитет у Бања Луци		члан
установа у којој је запослен-а		функција у комисији
4. <b>Милошевић др Мијодраг</b>	ванредни професор	Технолошки процеси, техноекономска оптимизација и виртуелно пројектовање, 2017.
презиме и име	звање	ужа научна област и датум избора
Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду		члан
установа у којој је запослен-а		функција у комисији
5. <b>Родић др Драган</b>	доцент	Процеси обраде скидањем материјала, 2020.
презиме и име	звање	ужа научна област и датум избора
Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду		члан
установа у којој је запослен-а		функција у комисији
6. <b>Лукић др Дејан</b>	ванредни професор	Технолошки процеси, техноекономска оптимизација и виртуелно пројектовање, 2018.
презиме и име	звање	ужа научна област и датум избора
Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду		ментор
установа у којој је запослен-а		функција у комисији

<p><b>II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ</b></p>
<p>1. Име, име једног родитеља, презиме: <b>Јован, Блажо, Вукман</b></p> <p>2. Датум рођења, општина, држава: <b>05.01.1986., Славонски Брод, Р. Хрватска</b></p> <p>3. Назив факултета, назив претходно завршеног нивоа студија и стечени стручни/академски назив: <b>Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду, Производно машинство, Рачунаром подржане технологије, Мастер инжењер машинства</b></p> <p>4. Година уписа на докторске студије и назив студијског програма докторских студија: <b>2020. година Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука Машинско инжењерство</b></p>
<p><b>III НАСЛОВ ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ:</b></p> <p style="text-align: center;"><b>ОПТИМИЗАЦИЈА ТЕХНОЛОШКОГ ПРОЦЕСА ОБРАДЕ ТАНКОЗИДНИХ АЛУМИНИЈУМСКИХ СТРУКТУРА</b></p>
<p><b>IV ПРЕГЛЕД ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ:</b> Навести кратак садржај са значком броја страница, поглавља, слика, схема, графикона и сл.</p> <p>Докторска дисертација кандидата <i>Мсц. Јована Вукмана</i>, под насловом "<b>Оптимизација технолошког процеса обраде танкозидних алуминијумских структура</b>" садржи 232 нумерисане странице, са 83 графичких илустрација у виду слика и дијаграма, 130 табела са нумеричким подацима и 265 литературна наслова. Испред основног дела текста, у раду су дати: наслов рада, кључна документацијска информација, садржај рада, списак слика, списак табела и списак коришћених ознака.</p> <p>Истраживања реализована у оквиру докторске дисертације су приказана кроз осам поглавља. У наставку се даје садржај рада са значком броја страна сваког поглавља.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Уводна разматрања (8 страна)</li> <li>2. Теоријске основе и преглед владајућих ставова у области истраживања (14 страна)</li> <li>3. Преглед актуелног стања у области обраде танкозидних делова (12 страна)</li> <li>4. Поставка и опис модела истраживања (24 страна)</li> <li>5. Оптимизација параметара технолошког процеса средњебрзинске обраде (62 стране)</li> <li>6. Оптимизација параметара технолошког процеса високобрзинске обраде (83 стране)</li> <li>7. Закључна разматрања (8 страна)</li> <li>8. Литература (20 страна)</li> </ol>
<p><b>V ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ:</b></p> <p>Комисија сматра да је <b>наслов</b> докторске дисертације прецизно формулисан и јасно указује на разматрану проблематику и реализовано истраживање.</p> <p>У <i>првом поглављу</i>, УВОДНА РАЗМАТРАЊА, представљени су предмет, циљ и хипотезе истраживања, као и фазе истраживања и структура докторске дисертације.</p> <p>Полази се од значаја танкозидних алуминијумских структура као конструкционих делова у војној, аутомобилској и другим гранама индустрије, због високих механичких карактеристика, одличног односа између масе и носивости, добре хомогености, релативно ниске цене, добре обрадљивости итд. Описани су основни проблеми који се јављају при њиховој обради које је потребно решити кроз оптимизацију технолошких процеса, што представља основни предмет и циљ истраживања.</p>

У складу са предметом и циљем истраживања постављена је основна хипотеза дисертације којом се тврди да промена улазних параметара (режима обраде, стратегија обраде и дебљине зида) утиче на тачност, квалитет и производност обраде танкозидних алуминијумских делова. На основу ове хипотезе постављене су остале хипотезе којима се тврди да је на бази планираних експеримената могуће утврдити утицај улазних параметара на излазне перформансе технолошког процеса, односно критеријуме оптимизације, развити одговарајуће математичке моделе ових критеријума и извршити вишекритеријумски избор квалитетних параметара обраде, на основу чега је могуће поставити подлоге за управљање технолошким процесима обраде.

*Комисија закључује да су проблем, предмет, циљ, као и фазе реализације истраживања, заједно са представљеним истраживачким хипотезама прецизно и адекватно дефинисани.*

Кроз **друго поглавље**, ТЕОРИЈСКЕ ОСНОВЕ И ПРЕГЛЕД ВЛАДАЈУЋИХ СТАВОВА У ОБЛАСТИ ИСТРАЖИВАЊА, дат је преглед савремених прилаза у пројектовању и оптимизацији технолошких процеса, а потом и карактеристика танкозидних структура и процеса њихове обраде.

У циљу бољег разумевања проблематике представљене су основне конструкционе карактеристике различитих облика танкозидних структура, као и њихова подела. Након тога приказане су основне технолошке карактеристике обраде танкозидних делова са аспекта крутости, односно деформација. На крају су дефинисани карактеристични параметри технолошког процеса обраде танкозидних делова, који су груписани у процесне параметре, параметре алата и параметре карактеристика обратка.

*Комисија закључује да су теоријске подлоге представљене јасно и концизно у складу са владајућим ставовима и предметом истраживања дисертације.*

У **трећем поглављу**, ПРЕГЛЕД АКТУЕЛНОГ СТАЊА У ОБЛАСТИ ОБРАДЕ ТАНКОЗИДНИХ ДЕЛОВА, разматрана су литературна истраживања у свету која су оријентисана на оптимизацију њихове конструкције и технолошких процеса обраде. Основе оптимизације конструкције су усмерене на смањење масе, деформација и вибрација, као и повећање носивости и чврстоће. Значајнији акценат је дат на оптимизацију технолошких процеса обраде у циљу смањења времена и трошкова обраде, односно смањења грешака у погледу остварења захтеваних толеранција мера, облика и положаја, као и повећања квалитета обраде.

У оквиру закључка овог поглавља може се издвојити систематизација утицајних параметара технолошког процеса обраде на карактеристике танкозидних структура, који су подељени у четири групе: параметри обрадног процеса, параметри обрадног система, параметри обратка и параметри захвата обраде/режими и стратегије обраде.

*Комисија закључује да је преглед актуелног стања у области обраде танкозидних делова, дат јасно и концизно у складу са постојећом литературом и предметом истраживања дисертације.*

У **четвртном поглављу**, ПОСТАВКА И ОПИС МЕТОДОЛОГИЈЕ ИСТРАЖИВАЊА, акценат је дат на развој методологије која је имала за циљ давање одговора на основни предмет истраживања „Како на бази постављених критеријума оптимизације применом одговарајућих метода пронаћи најбоље решење технолошког процеса обраде танкозидних алуминијумских структура као објекта оптимизације, за одређене услове“.

Основне етапе методологије су приказане помоћу одговарајућег алгоритма, где су на улазу дефинисани оптимизациони задаци за два различита типа обрадних система, односно процеса, средњебрзинску и високобрзинску обраду. Сходно томе дефинисане су карактеристике материјала, припремка и обратка, потом машина и алата, као и одговарајућих улазних параметара и њихових нивоа. С обзиром да су се експериментална истраживања одвијала независно за средњебрзинску и високобрзинску обраду креирани су различити планови експеримената, у првом случају Централни композитни план са 33 експеримента, а у другом случају Тагучијев план Л27, са 27 експеримената. Реализација постављених планова експеримената - технолошког процеса обраде танкозидних делова и мерење времена израде, тачности мера, облика и положаја, као и квалитета обраде је извршено на више различитих локација, с обзиром на захтеве и могућности обрадних и мерних система и уређаја. Ови резултати су представљали основу за оптимизацију технолошких процеса обраде танкозидних линијских структура која је приказана у наредна два поглавља.

*Комисија закључује да је методологија истраживања прецизно и јасно дефинисана, с обзиром на постављени предмет и циљеве истраживања.*

**Пето и шесто** поглавље представљају фундаментална поглавља у оквиру којих је реализован и приказан основни циљ истраживања, оптимизација параметара технолошког процеса обраде танкозидних алуминијумских структура. **Пето** поглавље под називом ОПТИМИЗАЦИЈА ПАРАМЕТАРА ТЕХНОЛОШКОГ ПРОЦЕСА СРЕДЊЕБРЗИНСКЕ ОБРАДЕ се састоји од три независна потпоглавља, док се **шесто** поглавље под називом ОПТИМИЗАЦИЈА ПАРАМЕТАРА ТЕХНОЛОШКОГ ПРОЦЕСА ВИСОКОБРЗИНСКЕ ОБРАДЕ састоји од два независна потпоглавља. У оквиру ова два поглавља примењене су различите методе оптимизације.

У **поглављу 5.1.** примењена је методологија одзивне површине за оптимизацију параметара средњебрзинске обраде танкозидних линијских структура од легуре алуминијума. На почетку је извршена анализа резултата мерења са контролом граничних вредности, на основу чега је из даље анализе елиминисана друга стратегија-путања алата, као неадекватна. Након тога применом наведене методологије добијени су емпиријски модели за време обраде, одступање дебљине зида, одступање управности, одступање равности и храпавост обрађене површине у зависности од улазних параметара, дебљине зида, помака и стратегије обраде. На бази емпиријских модела добијени су 3Д површински дијаграми одзивних површина, чијом анализом су дефинисани одговарајући закључци међусобног утицаја параметара, који су на излазу показали предност стратегије обраде 1 у односу на стратегију обраде 3.

Главни циљ оптимизације који се даље разматрао је избор оптималне вредности помака који ће генерисати најмање одступање мере дебљине зида. На излазу су добијене оптималне вредности помака за различите дебљине зида од 0,5 до 1,5 mm. Потом је извршена верификација оптимизационих резултата на два узорка која су показала максимално одступање од 10% за измерене и предвиђене вредности, што је у великој мери потврдило квалитет добијених резултата.

Као резултат овог дела истраживања објављен је рад у истакнутом међународном часопису (катеорије M22): Borojević, S., Lukić, D., Milošević, M., Vukman, J., Kramar, D. Optimization of process parameters for machining of Al 7075 thin-walled structures, *Advances in Production Engineering and Management*, Vol.13, No. 2, (2018), pp. 125–135, ISSN 1854-6250.

У оквиру **поглавља 5.2** примењена је метода фази логике у оптимизацији квалитета обраде посматраних танкозидних делова. Применом ове методе рачунарске интелигенције, креиран је интелигентни модел за предвиђање и анализу храпавости обрађене површине. За креирање модела коришћени су експериментални резултати добијени на бази централног композиционог плана. Основни разлози оправданости примене фази логике у посматраним истраживањима су се односили на релативно мали број експерименталних тачака и потенцијалну могућност проширења модела на више излазних променљивих.

Дизајн система фази логике је подељен у три основне фазе. Прва фаза се односила на дефинисање фази променљивих, друга фаза на формирање свих фази скупова променљивих са одговарајућим функцијама припадности, док је трећа фаза представљала формирање фази правила. Као фази логички алат за прорачун коришћен је MATLAB. Анализа добијених резултата је извршена применом Mamdani фази система резоновања, на основу којих је закључено да просечно одступање експерименталних резултата и фази вредности за храпавост обрађене површине износи 12.3%, што се може прихватити као задовољавајуће за овај тип истраживања. Доказано је да су одабрани типови механизма за закључавање функције припадности (gaussmf) као и метода MIN-MAX и центра гравитације били добар избор. Поред тога, резултати који су добијени применом фази логике потврђени су применом ANOVA анализе. Може се закључити да се фази логика може успешно применити на овакав тип истраживања. Допринос овог истраживања није само у поређењу добијених експерименталних података за храпавост обрађене површине применом фази логике, већ и при анализи који улазни параметар поседује највећи утицај на квалитет обраде.

Као резултат овог дела истраживања објављен је рад у истакнутом међународном часопису (катеорије M22): Vukman, J., Lukić, D., Borojević, S., Rodić, D., Milošević, M. Application of fuzzy logic in the analysis of surface roughness of thin-walled aluminum parts, *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing*, Vol. 21, No. 1, (2020), pp. 91–102, ISSN 2234-7593.

У оквиру **подпоглавља 5.3** и **подпоглавља 6.2** извршена је вишекритеријумска оптимизација параметара технолошког процеса средњебрзинске и високобрзинске обраде, применом метода вишекритеријумског одлучивања (*енгл. Multi-Criteria Decision Making - MCDM*). На почетку поглавља је представљен проблем вишекритеријумског одлучивања, као и основне методе које су коришћене у раду:

GRA (енгл. Grey Relational Analysis), AHP (енгл. Analytic Hierarchy Process), MOORA (енгл. Multi-Objective Optimization Method by Ratio Analysis), TOPSIS (енгл. Technique for Order Performance by Similarity to Ideal Solution), ROV (енгл. Range Of Value), COPRAS (енгл. COmplex PROportional Assessment of alternatives), ARAS (енгл. Additive Ratio ASsessment), WASPAS (енгл. Weighted Aggregates Sum Product ASsessment), VIKOR (срп. оптимизација и КОмпромисно Решење), OCRA (енгл. Operational Competitiveness Rating Analysis), EDAS (енгл. Evaluation based on Distance from Average Solution), MABAC (енгл. Multi-Attributive Border Approximation area Comparison), SAW (енгл. Simple Additive Weighting) и SPW (енгл. Simple Product Weighting). Након тога је представљен модел интегралног вишекритеријумског вредновања, односно рангирања алтернативних решења, којим је дефинисана методологија избора оптималног решења примене великог броја метода, кроз корелациону анализу.

За решавање проблема одређивања оптималних параметара технолошког процеса обраде изабране су четири варијанте функција циља: 1. Једнака значајност критеријума (где сви критеријуми имају једнак тежински коефицијент), 2. Тачност обраде (где су најзначајнији критеријуми тачност мера, тачност облика и тачност положаја), 3. Производност (где је најзначајнији критеријум време обраде, односно количина скинуте струготине) и 4. Квалитет обраде (где је најзначајнији критеријум добијена храпавост обрађене површине). За сваку од наведених функција циља дефинисани су тежински коефицијенти критеријума оптимизације применом АНП методе и проверена доследност доносиоца одлуке прорачуном коефицијената конзистенције.

У циљу одређивања оптималних параметара технолошког процеса средњобрзинске и високобрзинске обраде танкозидних делова коришћени су резултати реализованих експеримената. Избор оптималног алтернативног нивоа параметара технолошког процеса и њихово рангирање за све 4 функције циља реализовано је применом наведених 14 MCDM метода. На бази ових резултата применом методологије интегралног оцењивања/рангирања, која је обухватала одређене итерације у оквиру којих су одређиване вредности Spigman-ових коефицијената међусобне корелације ( $R_i$ ), укупан Kendal-ов коефицијент корелације ( $W$ ) и просечан Spigman-ов коефицијент корелације ( $R$ ) свих 14 метода, као и стандардне девијације по нивоима ( $\sigma_i$ ), односно вредности максималне и просечне стандардне девијације ( $\sigma_{\max}$  и  $\sigma_{sr}$ ), добијен је оптималан ранг параметара технолошког процеса обраде и рангови осталих алтернатива ових параметара за сваку од постављених функција циља.

Као резултат овог дела истраживања објављен је рад у врхунском међународном часопису (катеорије M21): Lukić, D., Čep R., Vukman, J., Antić, A., Đurđev, M., Milošević, M. Multi-criteria selection of the optimal parameters for high-speed machining of aluminum alloy 7075 thin-walled parts, Metals, Vol. 10, No. 12, (2020), pp. 1–22, ISSN 2075-4701.

У оквиру *поглавља 6.1*, на основу Тагучи L27 експерименталног плана извршена је ANOVA анализа, регресиона анализа и на крају оптимизација параметара процеса високобрзинске обраде танкозидних линијски делова. Реализована је једнокритеријумска оптимизација критеријума храпавости обрађене површине, количине уклоњеног материјала, одступања дебљине зида, равности површина, паралелности површина и управности површина у зависности од улазних фактора, дебљине зида, броја обртаја, помака, дубине обраде и стратегија обраде-путање алата.

*Комисија закључује да су одговори на истраживачко питање и образложења постављених хипотеза јасно изражени кроз резултате примењених методологија оптимизације технолошких процеса средњобрзинске и високобрзинске обраде танкозидних линијских структура од легуре алуминијума.*

У оквиру *седмог поглавља*, ЗАКЉУЧНА РАЗМАТРАЊА, дати су закључци, на основу резултата појединих сегмената, односно целина истраживања. Након тога, дати су неки од праваца будућих истраживања.

*Комисија констатује да закључна разматрања потврђују адекватност и значајност представљеног истраживања, са освртом на најважније резултате и правце за будућа истраживања.*

**Осмо поглавље**, ЛИТЕРАТУРА, садржи преглед коришћених 265 литературних наслова. У самом раду су цитирани сви наведени литературни наслови.

*Комисија констатује да изабрана литература одговара проблему истраживања, као и да је адекватног обима.*

**У складу са претходно наведеним, Комисија позитивно оцењује све делове докторске дисертације кандидата Јована Вукмана.**

**VI СПИСАК НАУЧНИХ И СТРУЧНИХ РАДОВА КОЈИ СУ ОБЈАВЉЕНИ ИЛИ ПРИХВАЋЕНИ ЗА ОБЈАВЉИВАЊЕ НА ОСНОВУ РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА У ОКВИРУ РАДА НА ДОКТОРСКОЈ ДИСЕРТАЦИЈИ:**

Таксативно навести називе радова, где и када су објављени. Прво навести најмање један рад објављен или прихваћен за објављивање у складу са *Правилима докторских студија Универзитета у Новом Саду* који је повезан са садржајем докторске дисертације. У случају радова прихваћених за објављивање, таксативно навести називе радова, где и када ће бити објављени и приложити потврду уредника часописа о томе.

*Рад објављен у врхунском међународном часопису (M21)*

1. Lukić, D., Čep R., **Vukman, J.**, Antić, A., Đurđev, M., Milošević, M.: Multi-criteria selection of the optimal parameters for high-speed machining of aluminum alloy 7075 thin-walled parts, *Metals*, Vol. 10, No. 12, (2020), pp. 1–22, ISSN 2075-4701. <https://www.mdpi.com/2075-4701/10/12/1570>

*Радови објављени у истакнутом међународном часопису (M22)*

2. **Vukman, J.**, Lukić, D., Borojević, S., Rodić, D., Milošević, M.: Application of fuzzy logic in the analysis of surface roughness of thin-walled aluminum parts, *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing*, Vol. 21, No. 1, (2020), pp. 91–102, ISSN 2234-7593. <https://link.springer.com/article/10.1007/s12541-019-00229-3>
3. Borojević, S., Lukić, D., Milošević, M., **Vukman, J.**, Kramar, D.: Optimization of process parameters for machining of Al 7075 thin-walled structures, *Advances in Production Engineering and Management*, Vol.13, No. 2, (2018), pp. 125–135, ISSN 1854-6250. [https://apem-journal.org/Archives/2018/APEM13-2\\_125-135.pdf](https://apem-journal.org/Archives/2018/APEM13-2_125-135.pdf)

*Рад објављен у међународном часопису (M23)*

4. Lukić, D., Živanović, S., **Vukman, J.**, Milošević, M., Borojević, S., Antić, A.: The possibilities for application of STEP-NC in actual production conditions, *Journal of Mechanical Science and Technology*, Vol. 32, No. 7, (2018), pp. 3317–3328, ISSN 1738-494X. <https://link.springer.com/article/10.1007/s12206-018-0634-6>

*Предавање по позиву са међународног скупа штампано у целини (M31)*

5. Lukić, D., Milošević, M., **Vukman, J.**, Đurđev, M., Borojević, S., Antić, A.: Analyzing possibilities of improving machining process planning and optimization by applying feature technologies and simulation technique, VII International Conference Industrial Engineering and Environmental Protection 2017 - IIZS 2017, 12.-13. October 2017, Technical faculty “Mihajlo Pupin”, Zrenjanin, Serbia, pp. 1 – 9, 2016, ISBN 978-86-7672-303-4.

*Саопштење са међународног скупа штампано у целини (M33)*

6. Lukić, D., Milošević, M., Đurđev, M., **Vukman, J.**, Kuric, I., Antić A.: Application of the multi-criteria decision making in the product development process, 14th International Conference on Accomplishments in Mechanical and Industrial Engineering - DEMI 2019, 24.-25. May 2019, Faculty of Mechanical Engineering, Banja Luka, pp. 97-104, 2019, ISBN: 978-99938-39-85-9.
7. Milošević, M., Lukić, D., Đurđev, M., Novaković, B., **Vukman, J.**: A brief introduction to process planning optimization, IX International Conference Industrial Engineering and Environmental Protection 2019 - IIZS 2019, 3.-4. October 2019, Technical faculty “Mihajlo Pupin”, Zrenjanin, Serbia, pp. 119 – 124, 2019, ISBN 978-86-7672-303-4.
8. **Vukman, J.**, Lukić, D., Borojević, S., Milošević, M., Kramar, D.: Experimental research of the influence of high-speed machining parameters on time and surface roughness of thin-walled parts, 13th International Scientific Conference "Flexible Technologies" – MMA 2018, 28.-29. September 2018, Faculty of Technical Sciences, Serbia, pp. 227-232, 2018, ISBN: 978-86-6022-094-5.
9. Jotić, G., Borojević, S., Hadžistević, M., Štrbac, B., **Vukman, J.**: Analysis of Comparative Measurement Results for Thin-Walled Al 7075 Alloy Structures, 13th International Scientific Conference "Flexible Technologies" – MMA 2018, 28.-29. September 2018, Faculty of Technical Sciences, Serbia, pp. 127-130, 2018, ISBN: 978-86-6022-094-5.

10. Milošević, M., Lukić, D., Đurđev, M., **Vukman, J.**: Optimizing operations sequence using modern particle swarm optimization algorithm, VIII International Conference Industrial Engineering and Environmental Protection - IIZS 2018, 11.-12. October 2018, Technical faculty "Mihajlo Pupin", Zrenjanin, Serbia, pp. 163 –170, 2018, ISBN 978-86-7672-309-6.
11. Lukić, D., Milošević, M., Đurđev, M., **Vukman, J.**, Antić, A.: Optimization of operation sequencing using precedence constraints and simulation technique, 13th International Conference on Accomplishments in Mechanical and Industrial Engineering DEMI 2017, 25-26 May 2017, University of Banja Luka, Faculty of Mechanical Engineering, pp. 57 – 64, Banja Luka, Bosnia and Hercegovina, 2017, ISBN 978-86-7892-821-5.
12. Todić V., Lukić D., Milošević M., **Vukman J.**, Jovičić G.: Computer Aided Conceptual Process Planning – A Short Review, 11th Anniversary International conference an accomplishments in Electrical and mechanical Engineering and Information Technology - DEMI, 31 May – 1 June, University of Banja Luka, Faculty of Mechanical Engineering, pp. 367-373, Banja Luka, Bosnia and Hercegovina, 2013, ISBN 978-99938-39-46-0.
13. **Vukman, J.**, Lukić D., Todić V., Milošević M., Jovičić G.: Analysis of Development Software Systems for STEP Compliant Manufacturing, 35th International Conference of Production Engineering, 25-28 September, University of Kragujevac, Faculty of Mechanical and Civil Engineering Kraljevo, Kopaonik, Serbia pp. 301-306, 2013, ISBN 978-86-82631-69-9.

*Радови у водећем националном часопису (M51)*

14. Lukić, D., **Vukman, J.**, Živanović, S., Milošević, M., Borojević, S., Jovičić, G., Mladenović, C.: Application of STEP-NC in the integration Cax and CNC systems: case studies, *Machine Design*, Vol. 8, No. 1, (2016), pp. 20 – 23, Novi Sad, ISSN: 1821-1259.
15. **Vukman, J.**, Lukić, D., Milošević, M., Jovičić, G., Đurđev, M.: The importance of features into STEP standard, *Machine Design*, Vol. 7, No. 2, (2015), pp. 55 – 60, Novi Sad, ISSN: 1821-1259.
16. Lukić D., Todić V., Milošević M., **Vukman J.**, Jovičić G.: Izbor elemenata fleksibilnog tehnološkog sistema primenom višekriterijumskog odlučivanja, *Časopis Tehnika*, Vol. 65, No. 5, (2013)pp. 864-872, Savez inženjera i tehničara Srbije, Beograd, ISSN 0040-2176.

*Радови у часопису националног значаја (M52)*

17. **Vukman, J.**, Lukić, D., Milošević, M., Borojević, S., Antić, A., Đurđev, M.: Fundamentals of the optimization of machining process planning for the thin-walled aluminium parts, *Journal of Production Engineering*, Vol. 19, No. 2, (2016), pp. 53-56, ISSN 1821-4932.
18. Lukić, D., Milošević, M., Borojević, S., **Vukman, J.**, Đurđev, M.: Application of multi-criteria decision making for manufacturing process evaluation and selection, *Journal of Production Engineering*, Vol. 17, No. 2, (2014), pp. 83-86, Novi Sad, ISSN 1821-4932.

*Саопштење са скупа националног значаја штампано у целини (M63)*

19. Borojević, S., Lukić, D., Milošević, M., **Vukman, J.**, Kramar, D.: Izbor putanje kretanja alata pri obradi složenih tankozidnih aluminijumskih struktura, 41. Jupiter konferencija sa međunarodnim učešćem, 5.-6. Maj 2018, Mašinski fakultet, pp. 2.1-2.8, Beograd, Srbija, 2018, ISBN: 978-86-7083-978-6.
20. **Vukman, J.**, Lukić, D., Milošević, M., Borojević, S., Đurđev, M., Antić, A.: Tehnološki procesi obrade tankozidnih delova od legure aluminijuma, 11. Naučna konferencija sa međunarodnim učešćem - ETIKUM, 6.-8. Decembar 2017, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, ISBN 978-86-6022-68, str. 103-106, Novi Sad, Srbija, 2017.
21. Đurđev, M., Milošević, M., Lukić, D., **Vukman, J.**, Borojević, S.: Primena genetskih algoritama u optimizaciji tehnoloških procesa izrade proizvoda, 10<sup>th</sup> Naučna konferencija sa međunarodnim učešćem - ETIKUM, 23.-25. Jun 2016, Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, str. 33-36, Novi Sad, Srbija, 2016, ISBN: 987-86-7892-825-3.
22. **Vukman, J.**, Hadžistević, M., Hodolić, J., Lukić, D.: Sagledavanje mogućnosti primene STEP i STEP-NC standarda u procesu merenja, Međunarodna konferencija ETIKUM, 19 – 20 Jun, Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, str. 39 – 42, Novi Sad, Srbija, 2014, ISBN 978-86-7892-616-7.

## **VII ЗАКЉУЧЦИ ОДНОСНО РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА:**

Анализом литературе закључено је да је област машинске обраде танкозидних структура у последње време предмет истраживања великог броја истраживача широм света. На основу свеобухватне и детаљне анализе досадашњих истраживања у области оптимизације технолошког процеса обраде танкозидних структура, у раду је постављена основна хипотеза:

- Промена улазних параметара обраде (дубине обраде, помака и броја обртаја/брзине обраде), стратегије путање алата, као и дебљине танкозидних структура утиче на тачност, квалитет и производност обраде танкозидних алуминијумских делова.

На бази основне хипотезе и анализе експерименталних истраживања технолошког процеса обраде танкозидних структура постављене су додатне хипотезе, које представљају тврдње да је могуће :

- Извршити анализу утицаја улазних параметара на излазне перформансе технолошког процеса, односно критеријуме оптимизације,
- Развити одговарајуће математичке моделе за постављене критеријуме оптимизације технолошког процеса обраде,
- Извршити вишекритеријумски избор квалитетних параметара обраде и
- Поставити подлоге за оптимално управљање технолошким процесима обраде.

На основу дефинисаног предмета и циља истраживања, као и постављених хипотеза у оквиру дисертације, постављена је методологија истраживања кроз дефинисање припадајућих етапа њене реализације. На почетку су дефинисани оптимизациони задаци за средњебрзинску и високобрзинску обраду танкозидних структура, на основу којих су постављени планови експеримената и реализовани одговарајући процеси обраде и мерења остварених резултата. Основни оптимизациони задатак за средњебрзинску обраду се односио на дефинисање утицаја стратегије путање алата, дебљине зида и величине помака на време обраде, одступање мере дебљине зида, одступање управности површина, одступање од равности површина, као и храпавост обрађених површина. Основни оптимизациони задатак за високобрзинску обраду се односио на дефинисање утицаја дебљине зида, броја обртаја, помака, дубине обраде и стратегије путање, на излазне мерене и прорачунате параметре: време обраде/количину скинуте струготине у јединици времена, одступање мере дебљине зида, одступање од равности површина, одступање од паралелности површина, одступање управности површина и храпавост обрађених површина.

Резултати дисертације остварени су кроз примену више метода које су имале за циљ оптимизацију параметара технолошког процеса обраде танкозидних алуминијумских структура. Добијени резултати потврдили су постављене хипотезе истраживања. Представљена методологија даје поуздане податке о параметрима технолошког процеса обраде, који се могу користити за развој базе знања у оквиру технолошке припреме производње танкозидних делова од лаких легура алуминијума. Доказано је да оптимизација параметара технолошког процеса обраде, утиче на побољшање производње танкозидних компоненти, првенствено у погледу производности, тачности и квалитета обраде.

Резултати у дисертацији задовољавају опште и посебне критеријуме вредновања научног рада.

Кандидат је у решавању научног проблема користио познате и признате научне методе анализе и синтезе, математичког моделовања и експерименталног испитивања.

О непосредним доприносима ове дисертације шира научна јавност је упозната кроз већи број радова који су уско везани за ову проблематику, а објављени су у међународним часописима, или саопштени на скуповима међународног и националног значаја.

## **VIII ОЦЕНА НАЧИНА ПРИКАЗА И ТУМАЧЕЊА РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА:**

Експлицитно навести позитивну или негативну оцену начина приказа и тумачења резултата истраживања.

Резултати истраживања су јасно и прегледно приказани и квалитетно протумачени применом признатих научних метода, те не остављају сумњу у научни и стручни допринос наведене дисертације.



Резултати дисертације остварени су кроз две експерименталне студије уз примену више метода које су имале за циљ оптимизацију параметара технолошког процеса обраде танкозидних алуминијумских структура. На крају сваког поглавља у оквиру којих су примењене ове методе дата је дискусија у којој су изведени аргументовани закључци о оствареним резултатима.

Текст дисертације је проверен у софтверу за детекцију плагијаризма *iThenticate* у Библиотеци Факултета техничких наука, са вредношћу резултујућег индекса сличности 6%. Са Извештајем о подударности упознати су сви чланови Комисије.

**На основу наведеног, комисија је донела позитивну оцену за начин приказа и тумачења резултата, са закључком да је докторска дисертација оригинално ауторско дело кандидата Јована Вукмана.**

#### **IX КОНАЧНА ОЦЕНА ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ:**

Експлицитно навести да ли дисертација јесте или није написана у складу са наведеним образложењем, као и да ли она садржи или не садржи све битне елементе. Дати јасне, прецизне и концизне одговоре на 3. и 4. питање:

##### **1. Да ли је дисертација написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме?**

Кандидат је у току израде дисертације, као и на основу резултата приказаних у раду, показао да влада методама експерименталног истраживања и методама оптимизације. Такође се може констатовати да кандидат врло добро влада организацијом и извођењем експерименталних испитивања применом савремене мерне опреме, тумачењем и анализом добијених резултата, као и исправним доношењем закључака.

**Комисија констатује да је докторска дисертација урађена у складу са образложењем и циљевима истраживања које је кандидат дефинисао у оквиру пријаве теме.**

##### **2. Да ли дисертација садржи све битне елементе?**

У оквиру дисертације су дефинисани предмет и циљ истраживања, полазне хипотезе и методе истраживања. Изнете полазне претпоставке су логичне, а спроведено истраживање и анализе добијених резултата су прецизни и оригинални. Добијени резултати имају и практичну инжењерску примену у оптимизацији технолошких процеса обраде танкозидних структура.

**Комисија констатује да је докторска дисертација садржи све битне елементе за позитивну оцену.**

##### **3. По чему је дисертација оригиналан допринос науци?**

Разматрајући целокупну материју докторске дисертације кандидата Јована Вукмана, комисија је закључила да садржи све битне елементе за сагледавање разматраних проблема који су обрађивани. Добијени резултати представљају научни допринос у области технолошке припреме производње танкозидних делова од лакних легура алуминијума. Као основни доприноси дисертације науци издвојени су следећи:

- Дисертација проширује теоријска и практична сазнања из области оптимизације технолошких процеса обраде танкозидних структура од легуре алуминијума, на основу чега се унапређује технолошка припрема производње која представља уско грло у производним системима, пре свега аутомобилске, авио и војне индустрије.
- Реализовани су задаци једнокритеријумске и вишекритеријумске оптимизације технолошких процеса обраде танкозидних делова од легуре алуминијума кроз дефинисање утицаја дебљине зида, режима обраде и стратегије путање алата на постављене критеријуме оптимизације који се односе на елементе производности, тачности и квалитета обраде.
- Примењена методологија се може применити и на друге облике делова, друге материјале укључивањем и других улазно-излазних параметара технолошког процеса обраде, као и друге критеријуме оптимизације.
- Овај рад може бити значајан подстицај будућим истраживачима који се буду бавили оптимизацијом технолошких процеса обраде танкозидних делова.

<b>4. Који су недостаци дисертације и какав је њихов утицај на резултат истраживања?</b>
Комисија није уочила недостатке у докторској дисертацији који би утицали на резултате истраживања.
<b>X ПРЕДЛОГ:</b>
На основу наведеног, комисија предлаже:
<input checked="" type="radio"/> а) да се докторска дисертација прихвати, а кандидату одобри одбрана; <input type="radio"/> б) да се докторска дисертација врати кандидату на дораду (да се допуни односно измени); <input type="radio"/> в) да се докторска дисертација одбије.

Место и датум:  
Нови Сад, 29.8.2022.

1. Др Марин Гостимировић, редовни професор  
\_\_\_\_\_, председник
2. Др Ацо Антић, редовни професор  
\_\_\_\_\_, члан
3. Др Стево Боројевић, ванредни професор  
\_\_\_\_\_, члан
4. Др Мијодраг Милошевић, ванредни професор  
\_\_\_\_\_, члан
5. Др Драган Родић, доцент  
\_\_\_\_\_, члан
6. Др Дејан Лукић, ванредни професор  
\_\_\_\_\_, ментор

**НАПОМЕНА:** Члан комисије који не жели да потпише извештај јер се не слаже са мишљењем већине чланова комисије, дужан је да унесе у извештај образложење односно разлоге због којих не жели да потпише извештај и да исти потпише.