

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
Машински факултет

ВЕЋУ ДОКТОРСКИХ СТУДИЈА

Предмет: Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата Абуциле Равенија (Abuajila M. S. Raweni), маг. дипл. инж.

Одлуком 1241/2 од 31.05.2018. године, именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Абуциле Равенија (Abuajila M. S. Raweni), маг. дипл. инж. под насловом

Развој модела унапређења квалитета на платформи ISO 9001:2015 применом Taguchi метода
(Development of quality improvement model on ISO 9001:2015 platform using Taguchi method)

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

РЕФЕРАТ

1. УВОД

1.1. Хронологија одобравања и израде дисертације

Кандидат Абуцила Равени (Abuajila M. S. Raweni), маг. дипл. инж. је на Докторске студије на Машинском факултету Универзитета у Београду уписан школске 2013/2014. године. После положених испита и других стечених услова, кандидат је поднео захтев бр. 1513/1 од 03.07.2016. за одобравање израде докторске дисертације под насловом *Развој модела унапређења квалитета на платформи ISO 9001:2015 применом Taguchi метода (Development of quality improvement model on ISO 9001:2015 platform using Taguchi method)*. Наставно-научно веће Машинског факултета Универзитета у Београду донело је Одлуку број 156/1 од 21. 01.2016. године којом именује Комисију за оцену испуњености услова кандидата и научне заснованости теме докторске дисертације у саставу проф. др Видосав Мајсторовић, проф. др Бато Камберовић, ФТН, Нови Сад, проф. др Александар Седмак, др Срђан Тадић, научни сарадник ИЦ МФ Београд и в. проф. др Радован Пузовић, са задатком да оцени подобност теме и кандидата за израду докторске дисертације. Комисија је поднела позитиван Извештај бр. 1513/3 од 18.10.2016. Наставно-научно веће Машинског факултета Универзитета у Београду је Одлуком бр. 1513/4 од 19.10.2017. прихватило предлог Комисије о испуњености услова и о научној заснованости теме докторске дисертације *Развој модела унапређења квалитета на платформи ISO 9001:2015 применом Taguchi метода*

(Development of quality improvement model on ISO 9001:2015 platform using Taguchi method). Веће научних области техничких наука Универзитета у Београду је својом одлуком бр. 61206-4304/2-17 од 30.10.2017. дало сагласност на предлог теме докторске дисертације, а за ментора именовало проф. др Видосава Мајсторовића.

На предлог ментора проф. др Видосава Мајсторовића и Комисије за докторске студије Наставно-научно веће Машинског факултета Универзитета у Београду, Одлуком бр1241/2 од 31.05.2018. именовало је Комисију за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације у саставу проф. др Видосав Мајсторовић, проф. др Александар Седмак, др Снежана Кирин, виши научни сарадник ИЦ МФ Београд, др Срђан Тадић, научни сарадник ИЦ МФ Београд и др Славенко Стојадиновић, доцент са задатком да поднесе Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата Абуциле Равенија (Abuajila M. S. Raweni) маг. дипл. инж.

1.2. Научна област дисертације

Докторска дисертација кандидата Абуциле Равенија (Abuajila M. S. Raweni), маг. дипл. инж., под насловом *Развој модела унапређења квалитета на платформи ISO 9001:2015 применом Taguchi метода (Development of quality improvement model on ISO 9001:2015 platform using Taguchi method)* припада области техничких наука – машинство, ужа научна област производно машинство, за коју је матичан Машински факултет Универзитета у Београду.

Израдом докторске дисертације руководио је проф. др Видосав Мајсторовић, професор групе предмета на Катедри за производно машинство Машинског факултета Универзитета у Београду, аутор преко двадесет научних радова објављених у часописима са SCI листе, а из научне области којој припада и ова дисертација.

1.3. Биографски подаци о кандидату

Абуцила Равени (Abuajila M. S. Raweni) рођен је 01.01.1964. у ал Гарапупи (Al Garapuli) у Либији, где је завршио основну и средњу школу.

Дипломирао је 1988. године (Мастер) на Универзитету Триполи, Машински факултет, Департмант за Индустијско инжењерство, Либија. Магистарски рад је завршио је 2003. године на Универзитету у Београду, Машински факултет. Радио у истраживачко-развијном центру, Триполи, Либија од 1988 to 2007. Године. Од 2007 до данас ради као Предавач на El Mergab University, Mechanical Department, Libya.

Докторске студије на Машинском факултету Универзитета у Београду уписује школске 2013/2014. године где полаже све испите предвиђене Планом усавршавања. На основу научно-истраживачког рада током докторских студија објављује 3 рада: рад у међународном часопису (категиорија М23), рад у часопису међународног значаја (М24) и на међународној Конференцији (М33).

Абуцила Равени (Abuajila M. S. Raweni) поседује вишегодишње радно искуство.

1. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација кандидата Абуциле Равенија (Abuajila M. S. Raweni), маг. дипл. инж. под насловом *Развој модела унапређења квалитета на платформи ISO 9001:2015 применом Taguchi метода (Development of quality improvement model on ISO 9001:2015 platform using Taguchi method)* написана је на енглеском језику. Докторска дисертација има 125 страну формата А4, 31 слику, 20 табела, и списак литературе од 108 референци.

Дисертација се састоји од следећих поглавља:

1. Увод.
2. Систем менаџмента квалитетом .
3. Унапређење квалитета у индустрији.
4. Примена Taguchi метода за унапређење квалитета у области производње.
5. Примена Taguchi метода за оптимизацију параметара заваривања трењем – експеримент, резултати, дискусија.
6. Интеграција ИСО 9001:2015 и Taguchi метода.
7. Закључна разматрања.
8. Будућа истраживања
9. Литература

Осим наведеног, дисертација садржи проширени резиме на српском и енглеском језику, садржај, номенклатуру, биографију аутора, као и прилоге: изјаву о ауторству, изјаву о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада и изјаву о коришћењу.

2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

Унапређење квалитета производа и услуга је опште прихваћени тренд широм света. Серија ISO 9000 представља универзални оквир за управљање квалитетом а његов нови модел ISO 9001:2015 је посебно карактеристичан у том погледу.

Модел континуалних унапређења заснован на концепту PDCA циклуса је примењен на овај модел а основу те примене чини подршка техника инжењерства квалитета за оптимизацију процеса. Taguchi метод је техника инжењерства квалитета за комплексну оптимизацију процеса (са више улазних и излазних параметара) примењена у истраживањима у оквиру ове тезе.

Предмет истраживања је развој модела унапређења процеса (посебно технолошког процеса заваривања лаких конструкција од алуминијума), који је део модела ISO 9001:2015. Његова оптимизација је урађена применом Taguchi метода. На овај начин је генерисан модел добре производне праксе као део базе знања за QMS модел, који може бити касније

примењен у пракси производње лаких конструкција од алуминијума, технологијом заваривања, уместо технологијом пластичног деформисања и резања. На овај начин се добијају огромне уштеде у материјалу и енергији за производњу, уз истовремено висок квалитет завареног споја.

У **првом поглављу** је дефинисан основни оквир истраживања, са полазним хипотезама, којих има укупно три, а оне се односе на постулате ефеката примене ИСО 9001:2015 у индустрији и унапређење овог модела помоћу ПДЦА модела и Taguchi метода, на конкретном технолошком процесу - заваривање.

У другом делу овог поглавља, описан је кратак садржај тезе.

Друго поглавље има пет целина. Ово истраживање за основу има QMS модел, као оквир и базу за унапређење квалитета производа у индустрији. Због тога кандидат детаљно анализира основе, карактеристике и принципе менаџмента квалитета за овај модел, са аспекта његове примене у индустрији. На тај начин ствара базу за поставку и примену ПДЦА модела и Taguchi метода, што је изложено у каснијим поглављима. Да бих значај ових истраживања фундаирао на ширем подручју, него што је то само индустрија, у другом делу овог поглавља је извршена квантитативна и квалитативна анализа броја сертификата у Европи, односно земљама Европе. Модел је опшег карактера тако да се може применити за: свет, географско подручје (континент) и/или земљу. Посебно се напомиње да је за квалитативну анализу броја сертификата развијен оригинални модел интегрисаног индекса пословне стандардизације (ИИПС), који одређује импакт броја сертификата (у овом случају за ИСО 9001) на четири параметра економије и развоја једне земље. Овде се посебно напомиње да је ИИПС најбоље одређивати за земљу.

У **трећем поглављу** су изложени модели унапређења квалитета у индустрији (QMS, TQM, IMS). Они сваки за себе представљају неке етапе развоја и примене општег модела менаџмента квалитетом, као основе. Први (QMS) се заснива на ИСО 9001:2015 и представља најшире примењени приступ у свету, са преко 1 200 000 сертификата у свету, данас. Он има историју, дужу од три деценије, када је од 1987. године, почела сертификација по њему. Други има историју дугу скоро седам деценија (1951. година, када је додењена у Јапану Демингова награда за квалитет, и данас се карактерише са неколико хиљада награда за квалитет (међународних, као што је Демингова, националних и компанијских). Основна разлика између ова два модела је "обухват" модела менаџмента квалитетом – QMS (корисници), а TQM (све заинтересоване стране). Нјзад, трећи модел представља примену најмање два стандардизована менаџмент система (СМС), са основом на ИСО 9001, најчешће. Експеримент урађен у овом истраживању се у принципу односи и подржава сва три модела, јер се овде Taguchi метод посматра и примењује као техника инжињерства квалитета.

Четврто поглавље се односи на примену Taguchi метода у унапређењу квалитета у производњи. Оригинални метод је развијен за унапређење квалитета при пројектовању производа, тако да су се захтеви за квалитет "уграђивали" у производ у тој фази. Тиме је проширен концепт менаџмента квалитета и на пројектовање производа, кроз скуп

параметара квалитета који ће производ имати у експлуатацији. На овај начин су смањени или елиминисани додатни трошкови поправке производа у експлуатацији због незадовољавајућег квалитета. Тиме је квалитет почео да се оптимизира и са аспекта трошкова.

У нашим истраживањима овај метод је примењен на оптимизацију процеса, као аспекта пројектовања процеса и избора оптималних параметра за њега а са аспекта квалитета производа, дефинишући Taguchi-јеву функцију губитака. У овим истраживањима је посматран процес са више параметара.

Пето поглавље има три целине. У модерној индустрији заваривање трећем (FSW), је широко примењена технологија због својих бројних предности, а у овим истраживањима је коришћен поступак фриксионог заваривања легауре алуминијума. Параметри процеса су: број обртаја алата, брзина заваривања и угао нагиба алата, а оптимизација се врши над излазним карактеристикама процеса: укупна енергија, енергија за иницирање пукотина и енергија за ширење пукотина. Улазни параметри су моделирани преко четири нивоа, тако да је план експеримента била Л16 матрица, са следећим вредностима: број обртаја алата (500, 600, 700 и 800 о/мин), брзина заваривања (75, 100, 125 и 150 мм/мин), и угао алата (1, 2, 3 и 4 степена). Они имају највећи утицај на микроструктуру и механичке особине завареног споја. Експериментални комади си били дужине 260 мм, ширине 45 мм и дебљине 5.5 мм. Материјал је алуминијум АА 5083 са хемисјким саставом који садржи 5.13% Mg, док су остале легуре у много мањем %, као и параметром деформације од 16.6 %.

Извршено је 16 експеримената, а добијени резултати су за улазне параметре и дефинисани однос сигнал/шум (S/N), а по овом методу је жељена вредност максимална (највећа), па је коришћењем софтвера за моделирање извршено израчунавање средњих вредности улазних параметара а за њих добијене следеће вредности: апсолутна енергија достиже највећу вредност на другом нивоу броја обртаја, трећем нивоу брзине заваривања и трећем нивоу угла нагиба. Дакле, скуп параметара који добијају максималну вредност апсолутне енергија је: број обртаја од 600 обртаја у минути, брзина заваривања од 125 мм / мин и угао нагиба 3 °. Истом процедуром утврђено је да су оптимални параметри постављени за енергија за иницирање пукотина износе 600 о / мин, 125 мм / мин и 3 °, а за енергија за ширење пукотина, само је различит био угао нагиба алата, и то $\alpha = 2^\circ$. Када смо одредили оптималне улазне параметре, сада се дефинише Taguchi-јеву функцију, једначина 5.1 у тези, а овде како следи:

$$Y = R/N + (\epsilon_1 a_{1v} - R/N) + (\epsilon_2 a_{2v} - R/N) + (\epsilon_3 a_{3v} - R/N) - R/N$$

Тако на пример, оптимална вредност излазне карактеристике – енергија за иницирање пукотине износи:

$$Y = 18.275 + (19.325 - 18.275) + (19.825 - 18.275) + (19.475 - 18.275) = 22.075$$

Оптимални ниво улазних фактора је: број обртаја - Л2, брзина заваривања - Л3 и угао нагиба - Л3. Треба напоменути да је ова комбинација фактора, нивои који се налазе међу шеснаест комбинација тестираних у експеримент, а добијена енергија за иницирање пукотине је 20.8. Упоређивањем ових две вредности одговора (Л2 и Л3), утврђено је да су

две вредности уско повезане и постоји само око 6,12% одступања између њих (предвиђена - 22.075 и стварна - 20.80).

У следећем кораку је извршена статистичка анализа сигнификантности улазних параметара у Taguchi метода, па је добијено да њихов утицај следећи: угао нагиба (44.3%), брзина заваривања (39.4%) и број обртаја (16.3%). Ове вредности су се односиле на излазни параметар – укупна енергија.

Добијени резултати су показали потпуну успешност примене Taguchi метода за оптимизацију параметара заваривања са аспекта квалитета добијеног споја (живавост и заостали напони који изазивају накнадне пукотине споја).

У **поглављу шест** разматрани су аспекти интеграције ИСО 9001:2015 модела и Taguchi метода. Он се остварује преко ПДЦА модела континуланих унапређења, што је и овој тези и урађено, као технике инжењерства квалитета.

Поглавље седам даје кратак резиме, општи закључак изведених истраживања, а **поглавље осам** смернице за даља истраживања.

Након осмог поглавља дат је **списак референтне литературе** коришћене током истраживања.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост и оригиналност

Докторска дисертација кандидата Абуциле Равенија (Abuajila M. S. Raweni), маг. дипл. инж. под насловом *Развој модела унапређења квалитета на платформи ISO 9001:2015 применом Taguchi метода (Development of quality improvement model on ISO 9001:2015 platform using Taguchi method)*, даје савремен и оригиналан приступ методологији моделирања технолошких процеса заваривања и његове оптимизације са аспекта параметара квалитета. Са друге стране модел се интегрише у реални оквир управљања квалитетом у индустрији на бази ИСО 9001:2015 модела. На овај начин је извршено повезивање основних (Taguchi метода) и развојних (QMS модел) истраживања, са јасним научним доприносом – Taguchi-јева функција за легуру алуминијума АА 5083. Са друге стране технологија заваривања и лаке конструкције представљају будућност машинских структура у различитим областима и за различите машинске системе. Дакле, можемо закључити да је дисертација у потпуности у току са савременим трендовима.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

Списак литературе која је коришћена приликом израде дисертације дат је у посебном одељку рада. Коришћена литература обухвата укупно 108 референци, које се баве проблемима Taguchi метода и ИСО 9001:2015, као и унапређењем квалитета.

Прегледом листе коришћених радова закључује се да је кандидат имао на располагању и проучио доступну референтну литературу. Она је послужила као полазна основа за формирање прегледа досадашњих истраживања и релевантан приказ тренутног стања у предметној области, као и поставку сопственог модела истраживања.

3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

У докторској дисертацији су примењене савремене научноистраживачке методе у теоријском и експерименталном истраживању у домену анализе ширења заморних прслина и процене животног века ваздухопловних структура. Током реализације циљева истраживања коришћене су следеће методе и технике истраживања:

(а) метода теоријске анализе и синтезе досадашњих теоријских знања која се односе на предмет и садржај истраживања ове тезе, те како би се извели општи закључци који се тичу постојећих приступа квантитативне анализе броја сертификата, пројектовања за квалитет на бази Taguchi метода и примене ПДЦА модела. У овом сегменту истраживања коришћене су и методе систематизације и класификације помоћу којих су, на основу прегледа литературе и анализе резултата приказаних у њој, утврђени правци истраживања у докторској дисертацији.

(б) методе каузалне анализе, које се односе на откривање узрочно-последичних веза и односа између идентификованих фактора и анализираних резултата. Извршена је анализа и симулација улазних/излазних фактора и одређивање Taguchi функције.

(ц) експериментално-аналитичке методе које се односе на примену Taguchi метода. Експериментима су одређени оптимални нивои фактора којима је извршена оптимизација параметара квалитета заваривањем трењем алуминијумских плоча, а ради примене нових технологија у производњи.

(д) такође су коришћене методе статистичке анализе и обраде при поређењу свих добијених резултата.

Изабране методе су адекватне за проблематику истраживања и правилно су коришћене у фази развијања модела, анализи резултата и при извођењу закључака.

3.4. Примењивост остварених резултата

Резултати докторске дисертације, поред евидентне научне вредности, имају и широку практичну примену.

Резултати и спроведене анализе на развијеним оригиналним моделима омогућавају, на основу дефинисаних параметара заваривања трењем алуминијумских елемената у облику трака, добијање технологије и оптималних режима заваривања. Цео концепт је повезан са ИСО 9001:2015, преко техника инжењерства квалитета, као захтева 10.3 ове верзије стандарда. На овај начин је обезбеђена је и практична примењивост добијених резултата.

3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

На основу вишегодишњег рада са кандидатом на изради докторске дисертације и анализом остварених резултата чланови Комисије сматрају да је кандидат показао да има смисао и знање неопходно да самостално препозна и систематски решава инжењерске и научне проблеме примењујући савремене методе теоријског, експерименталног и статистичког карактера и да их ефикасно комбинује, као и да користи расположиву литературу и успешно влада савременим истраживачким методама.

Резултати докторске дисертације доказ су способности кандидата за самостални научно-истраживачки рад.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

Научни допринос ове дисертације огледају се у:

- Предлогу модела и методологије одређивања квалитативног импакта броја сертификата, као за ИСО 9001, тако и за остале стандардизоване менаџмент системе, на економију једне земље или региона.
- Одређивање Taguchi функције за заваривање трењем за алуминијумску легуру АА 5083.
- Одређивање оптималних параметара заваривања трењем уз оптимизацију параметара квалитета завареног споја.
- Унапређењу инжењерске праксе и понуде нових оквира у развојним и производним процесима лаких алуминијумских структура.

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

На основу прегледа релевантне научне литературе и сагледавања остварених научних резултата ове докторске дисертације, може се констатовати да су резултати истраживања у тези значајни и да су примењиви у пракси. Истовремено, на основу увида у задате циљеве истраживања и резултате представљене у докторској дисертацији, може се закључити да су пружени одговори на релевантна питања и решени проблеми са којима се кандидат сусрео у току истраживања.

Спроведеним истраживањем установљена је методологија одређивања импакта броја сертификата на економију једне земље, са посебним акцентом на примену ИСО 9001.

Развијено је неколико оригиналних нумеричких модела помоћу којих се Taguchi методом врши оптимизација процеса заваривања трењем, чиме се могу добити унапређена конструктивна решења у смислу продужетка радног века носећих алуминијумских структура.

Добијени резултати истраживања у знатној мери смањују трошкове процеса пројектовања и производње носећих структура, јер се применом представљене методологије смањује време и ресурси израде ових структура.

Изложени резултати су експериментално верификовани и тиме је обезбеђена могућност њихове примењивости, у реалним индустријским условима.

4.3. Верификација научних доприноса

Верификација добијених оригиналних резултата остварена је кроз рад објављен у међународном часопису и радове објављене у часописима, а који су везани за истраживања спроведена у оквиру ове докторске дисертације:

Категорија M23 - Рад у међународном часопису

Raweni, A., Majstorovic, V., Sedmak, A., Tadic, S., Kirin, S., Optimization of AA5083 Friction Stir Welding Parameters Using Taguchi Method, *Tehnički vjesnik* 25.3 (2018): 861-866. DOI 10.17559/TV-20180123115758.

Остали радови

Raweni, A., Majstorović, B., ISO Certifications Diffusion In European Countries 2007-2014 and Forecasting For 2022-Stare Of The Art, *International Journal" Advanced Quality"* 44.1 (2016): 53-58, Belgrade.

Majstorović, V., **Raweni, A.,** Saad, n., The Integrated Index of Business Standardization - Research and Development. *Journal of Quality Assurance, ISSN 1224-5410* Vol. XXII, Issue 87, July-September 2016 Pages 23-27, Bucharest.

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

На основу прегледа и детаљне анализе докторске дисертације под називом *Развој модела унапређења квалитета на платформи ISO 9001:2015 применом Taguchi метода (Development of quality improvement model on ISO 9001:2015 platform using Taguchi method)*, кандидата Абуциле Равенија (Abuajila M. S. Raweni), маг. дипл. инж., Комисија за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације констатује да је урађена докторска дисертација написана према свим стандардима у научно-истраживачком раду, као и да испуњава све услове предвиђене Законом о високом образовању, стандардима и Статутом Машинског факултета у Београду.

Комисија, такође, сматра да дисертација представља оригиналан и веома успешан научно-истраживачки рад, са којим је научна и стручна јавност већ упозната преко објављеног научног рада који је публикован у међународним часопису (категиорија M23), и друга два публикована у међународним часописима.

Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације закључила је да дисертација представља оригинални научни рад са научним доприносом у области техничких наука, ужа научна област производно машинство, па сагласно томе предлаже Наставно-научном већу Машинског факултета Универзитета у Београду да прихвати Реферат Комисије, да дисертацију под називом *Развој модела унапређења квалитета на платформи ISO 9001:2015 применом Taguchi метода (Development of quality improvement model on ISO 9001:2015 platform using Taguchi method)*, кандидата Абуциле Равенија (Abuajila M. S. Raweni), маг. дипл. инж., стави на увид јавности и да Реферат упути на коначно усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду.

У Београду, 06.09.2018. године

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

.....
Др Видосав Мајсторовић, ванредни професор,
Универзитет у Београду, Машински факултет

.....
Др Александар Седмак, редовни професор,

Универзитет у Београду, Машински факултет

.....
др Снежана Кирин, виши научни сарадник
Иновациони центар, Машински факултет, Београд

.....
Др Срђан Тадић, научни сарадник,
Иновациони центар, Машински факултет, Београд

.....
Др Славенко Стојадиновић, доцент
Универзитет у Београду, Машински факултет