

ВЕЋУ ДОКТОРСКИХ СТУДИЈА

Предмет: Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата Марка Ристића, дипл.маш.инж., студента докторских студија

Одлуком 3278/2 бр. од 22.12.2016. године, именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Марка Ристића под насловом

“МЕТОДОЛОГИЈА ПРОДУЖЕТКА РАДНОГ ВЕКА ДЕЛОВА ВЕНТИЛАЦИОНИХ МЛИНОВА”

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

РЕФЕРАТ

1. УВОД

1.1. Хронологија одобравања и израде дисертације

Кандидат Марко Ристић, дипл.маш.инж. је дописом бр. 1331/1 од 06.07.2015. године, пријавио тему докторске дисертације на Катедри за технологију материјала Машинског факултета Универзитета у Београду. Кандидат је за ментора предложио проф. др Радицу Прокић Цветковић.

На основу сагласности Катедре за технологију материјала бр1331/2 од 13.07.2015, Наставно-научно веће Машинског факултета у Београду, донело је 03.09.2015. године Одлуку бр. 1331/3 којом се прихвата тема докторске дисертације, за ментора именује проф. др Радица Прокић Цветковић и именује Комисија за оцену испуњености услова кандидата и научне заснованости теме у саставу: проф. др Радица Прокић Цветковић (ментор), проф. др Александар Седмак, проф. др Оливера Поповић и др Мирко Козић, научни саветник Војнотехнички институт у Београду.

Комисија за оцену испуњености услова кандидата и научне заснованости теме докторске дисертације је 22.09.2015. године поднела Наставно-научном већу Машинског факултета у Београду извештај бр. 1331/4 о испуњености услова за одобрење тезе. Комисија је поднела извештај у коме предлаже Наставно-научном већу Машинског факултета у Београду да одобри тему докторске дисертације под радним називом „МЕТОДОЛОГИЈА ПРОДУЖЕТКА РАДНОГ ВЕКА ДЕЛОВА ВЕНТИЛАЦИОНИХ МЛИНОВА“ наводећи да кандидат испуњава законске услове за израду докторске дисертације, и да предложена тема као актуелна, атрактивна и значајна, може бити тема докторске дисертације. Одлуком

Наставно-научног већа бр. 1331/5 од 24.09.2015. год. прихваћена је тема докторске дисертације под називом: „МЕТОДОЛОГИЈА ПРОДУЖЕТКА РАДНОГ ВЕКА ДЕЛОВА ВЕНТИЛАЦИОНИХ МЛИНОВА“ кандидата Марка Ристића, дипл.маш.инж., и за ментора дисертације именована је проф. др Радица Прокић Цветковић.

У вези са захтевом докторанта Марка Ристића, дипл.маш.инж., да се одобри израда докторске дисертације, одлуке Наставно-научног већа Машинског факултета о испуњености услова кандидата за израду докторске дисертације и о именовану ментора, на седници одржаној 19.10.2015. године Веће научних области техничких наука Универзитета у Београду донело је одлуку, којом се одобрава рад на предложеној теми докторске дисертације, бр. 61206 – 4464/2-15.

О завршетку докторске дисертације кандидата Марка Ристића, дипл.маш.инж. под називом: „МЕТОДОЛОГИЈА ПРОДУЖЕТКА РАДНОГ ВЕКА ДЕЛОВА ВЕНТИЛАЦИОНИХ МЛИНОВА“, и предлогу комисије за оцену и одбрану, ментор проф. др Радица Прокић Цветковић обавестила је Катедру за технологију материјала, а Катедра дописом бр. 3278/1 од 15.12.2016. год. Наставно-научно веће Машинског факултета у Београду. Предложена је Комисија за оцену и одбрану рада у саставу: проф. др Радица Прокић Цветковић (ментор), проф. др Александар Седмак, проф. др Оливера Поповић, проф. др Вукић Лазић, Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу, и др Мирко Козић, научни саветник Војнотехнички институт у Београду

На основу наведеног дописа Наставно-научно веће је на седници од 22.12.2016. године донело одлуку бр. 3278/2 којом је усвојило предлог Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације.

1.2. Научна област дисертације

Докторска дисертација под називом „МЕТОДОЛОГИЈА ПРОДУЖЕТКА РАДНОГ ВЕКА ДЕЛОВА ВЕНТИЛАЦИОНИХ МЛИНОВА“ припада области техничких наука, машинство, ужој научној области технологија материјала, за коју је матичан Машински факултет Универзитета у Београду.

1.3. Биографски подаци о кандидату

Кандидат Марко Ристић рођен је 18. 05. 1986. године у Смедеревској Паланци. Основну школу „Херој Иван Мукер“ завршио је 2001. године у Смедеревској Паланци. Средњу Машинско-електротехничку школу Гоша, смер Машински техничар за компјутерско конструисање, завршио је 2005. године. После завршетка средње школе, школске 2005/06 године уписао се на Машински факултет Универзитета у Београду. Мастер студије је завршио 2010. године на модулу Транспортно инжењерство конструкције и логистика. Дипломски (Мастер) рад одбранио је из предмета Металне конструкције у машиноградњи. Тема дипломског рада била је: Главни машински пројекат порталне дизалице. Школске 2010/11. године уписао је докторске студије на Машинском факултету Универзитета у Београду.

Од октобра 2010. године, запослен је у Институту Гоша у Београду.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација кандидата Марка Ристића, дипл.маш.инж., под насловом „МЕТОДОЛОГИЈА ПРОДУЖЕТКА РАДНОГ ВЕКА ДЕЛОВА ВЕНТИЛАЦИОНИХ МЛИНОВА“ је документ формата А4, штампан једнострано, са текстом на српском језику и изложен на 243 нумерисане стране. У оквиру дисертације материја је приказана у укупно седам глава, док су списак коришћене литературе и биографија дати као осма и девета глава. Дисертација садржи следеће главе:

1. Уводна разматрања
2. Преглед коришћене литературе
3. Нумеричка симулација
4. Експериментална испитивања
5. Функционална испитивања
6. Анализа резултата
7. Закључак
8. Литература
9. Биографија

Текст дисертације је илустрован са укупно 96 слика, 38 табела и 124 једначине. У попису коришћене литературе кандидат је навео 86 референци.

2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

У поглављу 1 дат је кратак преглед проблема у раду термоенергетских постројења, са посебним освртом на предмет овог рада а то су вентилациони млинови за млевање угља. Приказани су услови рада у вентилационом млину и карактеристични проблеми у раду. Поред тога, дато је и сажето сагледавање потреба за наношењем тврних (антихабајућих) превлака, тренутног стања истраживања заштите делова вентилационог млина и анализиране су познате методе наношења антихабајућих превлака.

У поглављу 2 дат је приказ коришћене литературе, са кратким освртом на актуелна истраживања из ове области последњих година. У овом поглављу набројани су најзначајнији резултати и препоруке по питању продужетка радног века термоенергетских постројења. Кроз коришћену литературу у поглављу 2 истакнута је важност нумеричких и експерименталних метода у погледу анализе рада и функционалности комплексних постројења. Такође су приказане савремене нумеричке методе које се користе за анализу услова рада елемената конструкција. Дат је и преглед примене широке палете додатних материјала и одговарајућих поступака за наношење антихабајућих превлака, анализиране су њихове могућности, предности и ограничења као и поређења са расположивим експерименталним резултатима.

У поглављу 3 дат је приказ примене савремених метода нумеричке симулације вишефазног струјања у вентилационом млину у циљу детаљније анализе проблема хабања везаних за појаву абразије и ерозије изабране компоненте (усисних плоча). Применом софтверског пакета ANSYS FLUENT 12, добијена је потпуна слика расподеле брзина и притисака вишефазног струјања (ваздух, угљена мешавина, песак и друге примесе, односно чврста и гасовита фаза) унутар млина, предвиђање ефеката струјања ових фаза на радне делове, односно прецизније одређивање критичних зона у којима ће се појавити оштећења елемената

вентилационог млина. Ови резултати су упоређени са расположивим подацима хабања радних делова из праксе.

У овој дисертацији је коришћен одговарајући модел мултифазног струјања (на основу Стоксовог броја и специфицирања броја фаза присутних у струјању) који након детаљне анализе постојећих услова струјања омогућава да се тачно специфицира број фаза, да се одреди просторна расподела фаза у нумеричком простору и да се на основу тога израчуна Стоксов број. Овај број је важан за струјања у случајевима када се могу занемарити инерцијалне, а морају узети у обзир вискозне силе и силе гравитације да би се постигла динамичка сличност струјању у реалном систему. Дефинисање секундарних, чврстих фаза је активност која зависи од изабраног модела вишефазног струјања, а за најсложенији Ојлеров модел ту спадају величина честица секундарних фаза, грануларна вискозност и фрикциона вискозност, грануларна проводљивост итд. Интеракцијом између фаза обухваћене су силе и размена топлоте између примарне и секундарних фаза. У зависности од њиховог међудејства могуће је укључити силу отпора, силу узгона и силу од придружених маса.

На основу анализе резултата симулације вишефазних струјања у вентилационом млину, примењене су одговарајуће мере које су везане за реконструкцију млина и ревитализацију радних делова изложених хабању.

У поглављу 4 су анализирани основни принципи различитих начина nanoшења антихабајућих металних превлака (слојева) засновани на анализи једноставног nanoшења тврдог слоја, неким од поступака наваривања и метализације, на основни метал.

У циљу продужетка радног века усисних плоча примењене су аналитичке и експерименталне методе истраживања услова и понашања основног материјала при депозицији антихабајућих превлака а у циљу постизања што мањег степена мешања и очувања у што већој мери особина антихабајуће превлаке, чија се својстава значајно разликују од основног материјала. Основни принципи депозиције антихабајућих превлака су директна последица разумевања металуршких феномена и понашања микроструктуре у нанесеном слоју, посебно у зони под утицајем топлоте (ЗУТ).

У овом поглављу изведена истраживања, у циљу дефинисања технологија nanoшења антихабајућих превлака, су обухватила: аналитичку оцену заварљивости основног метала радног дела, предвиђања могућих ефекта топлотних циклуса nanoшења антихабајућих превлака на микроструктуру материјала и особине слоја, које могу да се предвиде применом изотермалних (ИР) дијаграма, или прецизније, дијаграмима континуираног хлађења (КХ) и заваривачким дијаграмима континуираног хлађења (КХЗ) за основни материјал. Поред тога, извршен је избор поступака nanoшења антихабајућих превлака, додатних и потрошних материјала, као и дефинисање врсте и обима контроле нанесеног слоја.

У овој фази истраживања извршена су експериментална испитивања хемијског састава и структурно – механичка својства одређеног броја моделних узорака са антихабајућим превлакама, које су нанесене изабраним поступцима и додатним материјалима по дефинисаним условима. Анализа хемијског састава извршена је спектрофотометријским и спектрометријским методама. Структурна стања су испитана светлосном и електронском микроскопијом. Поред тога, у испитивању стања ових узорака након nanoшења превлака примењене су и стандардне НДТ методе.

У поглављу 5 у циљу верификације добијених резултата моделских испитивања и повећања радног века одабране компоненте вентилационог млина (усисне плоче), извршени су функционални експерименти на прототиповима делова са антихабајућим превлакама (слојевима).

Тачније, дефинисаним технологијама нанесене су антихабајуће превлаке на усисне плоче, које се налазе на излазу из вентилационог млина у канал аеросмеше, и које одговарајућим зазором са радним деловима млина (радно коло и кућиште) регулишу проток мешавине (гас, угљена прашина и минералне материје) ка каналу аеросмеше и горионицима.

За потребе ових истраживања примењене су четири различите технологије (поступци и додатни материјали) наношења антихабајућих слојева.

Приказани су упоредни резултати функционалних испитивања усисних плоча од основног материјала и са антихабајућим превлакама пре уграђивања у кућиште вентилационог млина и након одговарајућег периода експлоатације. Мерење губитка масе и промена облика и димензија плоча су изведени према захтевима техничке документације за одређивање степена хабања усисних плоча, службе одржавања Термоелектране Костолац Б. Посебна пажња је била усмерена на одступања геометрије плоча након експлоатације, у односу на плоче од основног материјала, које нису биле у експлоатацији. На основу добијених резултата изведена је анализа промене очекиваног века трајања усисних плоча у зависности од карактеристика материјала антихабајућих слојева нанесених наваривањем и метализацијом у односу на основни материјал GS-G36Mn5.

Упоглављу 6 је приказана детаљна анализа корелације резултата добијених нумеричком симулацијом, експерименталним и функционалним испитивањима.

Закључне напомене са истакнутим битним резултатима истраживања из овог рада дате су у Поглављу 7.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост и оригиналност

Докторска дисертација „МЕТОДОЛОГИЈА ПРОДУЖЕТКА РАДНОГ ВЕКА ДЕЛОВА ВЕНТИЛАЦИОНИХ МЛИНОВА“ кандидата Марка Риситћа, дипл. маш. инж. представља савремен и оригиналан приступ у анализи радних услова и решавању проблема продужетка радног века делова вентилационог млина, који су изложени интензивном хабању (усисних плоча). Оригиналност у приступу решавања наведених проблема као и примењивост добијених резултата истраживања у оквиру дисертације, потврђени су публикованим и саопштеним радовима у међународним и домаћим часописима и научним скуповима. Дисертација се може оценити веома успешном, узевши у обзир да су дискусију добијених резултата пратили зрели научни и стручни закључци.

Мултидисциплинарни приступ истраживањима у оквиру ове докторске дисертације омогућила је примена нумеричких метода симулације вишефазног струјања у вентилационом млину и технологија наношења антихабајућих превлака различитих својстава. Овај приступ би могао да се примени у оптимизацији рада и ревитализацији радних делова вентилационог млина, што би имало значајне економске ефекте и на рад целокупног термоенергетског постројења.

Резултати ових истраживања су омогућили, да се с једне стране нумеричке и експерименталне методе искористе у циљу повећања радног века сложених делова у термоенергетским постројењима, која су изложена интензивном хабању, а са друге стране да се лоцирају и анализирају критичне зоне на постројењу и смање веома скупа експериментална истраживања.

Кандидат је на оригиналан начин извршио синтезу свих наведених метода и развио комплетну методологију продужетка радног века делова вентилационих млинова. Резултати ове дисертације усмерени су на успостављање нових приступа у анализи радних услова и решавању проблема радног века делова вентилационог млина, који су изложени интензивном хабању (усисних плоча). Овај оригиналан приступ могао би се применити и на сличним уређајима у различитим гранама индустрије.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

У дисертацији је цитирано укупно 86 публикација. Ова литература је кандидату послужила као полазна основа за преглед тренутног стања у области која је предмет истраживања у дисертацији. При томе, коришћена литература представља избор савремене и актуелне литературе, која осим прегледа постигнутих резултата указује на могуће правце даљег научног рада у подручју развоја методологије продужетка радног века делова вентилационих млинова. На тај начин кандидат је дао критички осврт на најважније резултате истраживања релевантних аутора у областима која су обухваћена овом докторском дисертацијом.

3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

У циљу продужетка радног века усисних плоча примењене су аналитичке и експерименталне методе истраживања услова и понашања основног материјала при nanoшењу антихабајућих превлака а у циљу постизања што мањег степена мешања и очувања у што већој мери особина антихабајуће превлаке, чија се својстава значајно разликују од основног материјала. Основни принципи nanoшења антихабајућих превлака су директна последица разумевања металуршких феномена и понашања микроструктуре у нанесеном слоју, посебно у зони под утицајем топлоте (ЗУТ).

У оквиру ове дисертације коришћени су одговарајући модели мултифазног струјања (на основу Стоксовог броја и специфицирања броја фаза присутних у струјању) који је након детаљне анализе постојећих услова струјања омогућио: да се тачно специфицира број фаза, да се одреди просторна расподела фаза у нумеричком простору и да се на основу тога израчуна Стоксов број. Овај број је важан за струјања у случајевима када се могу занемарити инерцијалне, а морају узети у обзир вискозне силе и силе гравитације да би се постигла динамичка сличност струјању у реалном систему. Дефинисање секундарних, чврстих фаза је активност која зависи од изабраног модела вишефазног струјања, а за најсложенији Ојлеров модел ту спадају величина честица секундарних фаза, грануларна вискозност и фриксиона вискозност, грануларна проводљивост итд. Интеракцијом између фаза обухваћене су силе и размена топлоте између примарне и секундарних фаза. У зависности од њиховог међудејства било је могуће укључити силу отпора, силу узгона и силу од придружених маса.

Коришћен је к-ε турбулентни модел или модел Рејнолдсових напона, а у оквиру ових један од вишефазних модела је изабран на основу величине турбулентног трансфера између фаза. Поред тога, укључивање запреминских сила је било неопходно у нумеричкој симулацији вишефазног струјања. Такође, у нумеричку симулацију вишефазног струјања укључен је и утицај гравитације на кретање секундарних фаза, како би се обезбедила потпуна сличност симулације са реалним струјањем.

Проучавање основних принципа различитих начина nanoшења антихабајућих металних превлака (слојева) отпорних на хабање базирано се на анализи једноставног nanoшења антихабајућег слоја, неким од поступака наваривања и метализације, на основни метал. На тај начин топлота нанесеног слоја узрокује појаву температурног градијента у основном материјалу. При хлађењу су се формирале квази равнотежне структуре, које су предвиђене применом изотермалних (ИР) дијаграма, или прецизније, дијаграма континуираног хлађења (КХ) и заваривачких дијаграма континуираног хлађења (КХЗ) за основни материјал.

За потребе ове дисертације изведена су експериментална испитивања хемијског састава и структурно – механичких својстава одређеног броја узорака са антихабајућим превлакама, које су нанесене различитим поступцима и додатним материјалима по претходно дефинисаним условима. Анализа хемијског састава урађена је спектрофотометријским и

спектрометријским методама. Структурна стања су испитана светлосном и електронском микроскопијом. Стања узорака након наношења превлака испитана су помоћу НДТ метода, а механичка својства стандардним методама.

Истраживања која су изведена у оквиру ове дисертације су пружила основ за дефинисање новог приступа у изучавању утицаја услова експлоатације и могућег продужетка радног века делова у вентилационом млину у условима интензивног хабања, које може бити константно и/или променљивог спектра оптерећења (удара).

3.4. Применљивост остварених резултата

Мултидисциплинарна истраживања у оквиру ове дисертације омогућила су освајање и примену методе симулације вишефазног струјања и оптимизације рада вентилационог млина као и технологија наношења антихабајућих превлака, које би се у будућности могле примењивати у раду и продужетку радног века млина, а што би имало и значајне економске ефекте на рад целокупног термоенергетског постројења. Поред тога, у овој дисертацији је приказан нови приступ решавању комплексних проблема који би довео до оптимизације рада истог у оквиру стратегије одрживог развоја

Тачније, опрема у термоелектранама је изложена дуготрајном дејству високих температура и притисака, хабању и цикличном оптерећењу. У наведеним условима експлоатације различити узроци могу довести до оштећења, појединих компонената као што је пример хабање радних делова вентилационог млина. Последице су смањење производног капацитета и вентилационог дејства млина у односу на пројектовану вредност, као и чести застоји због замене делова, што значајно утиче на продуктивност, економичност и енергетску ефикасност термоелектране.

Обзиром на претходно наведено, примарни циљ ове дисертације је био усмерен на анализу радних услова и израду процедуре за продужење радног века делова вентилационог млина у Термоелектрани Костолац Б, поступцима наношења антихабајућих превлака. Као веома важан алат у анализи услова рада вентилационог млина коришћена је нумеричка симулација вишефазног струјања у циљу добијања детаљног приказа расподеле брзине и смера струјања мешавине. Поред тога, на основу техничко – технолошке анализе рада и стања компоненти вентилационог млина, које су доминантно изложене абразивном и ерозивном хабању, извршен је избор радног дела (усисних плоча) и карактеризација основног материјала.

Могућност продужетка радног века поменутих плоча проистекло је из корелације резултата нумеричке симулације вишефазног струјања у вентилационом млину, посебно вектора брзина код усисних плоча, експерименталних испитивања, која су обухватила моделна испитивања пробних узорака са антихабајућим превлакама као и функционалних испитивања усисних плоча са нанесеним антихабајућим превлакама.

Применом методолошког приступа, приказаног у овој дисертацији, омогућава се да се реализује дужи временски период између редовних и неопходних комплетних ремонта постројења као и смањење евентуалних ванредних застоја, чиме би се остварило повећање продуктивности и економичности рада вентилационих млинова, односно термоенергетских постројења.

Са аспекта методологије научно-истраживачког рада ова истраживања су донела новине у домаћу праксу мултидисциплинарног научног истраживања у којем још увек нема довољно радова који се баве питањем комплексних методолошких проблема повезивања више научних и стручних дисциплина.

3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

Током израде докторске дисертације кандидат је показао да је у стању да самостално решава научне проблеме и да влада научним и истраживачким методама. Показао је да поседује широко стручно и теоријско знање потребно за даљи научно-истраживачки рад.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

Остварени научни допринос докторске дисертације „МЕТОДОЛОГИЈА ПРОДУЖЕТКА РАДНОГ ВЕКА ДЕЛОВА ВЕНТИЛАЦИОНИХ МЛИНОВА“ је вишеструк и огледа се у следећем:

- Успостављање новог приступа и развој нових метода за продужење радног века усисних плоча вентилационог млина, који би се могли применити и на друге компоненте у вентилационом млину као и у другим гранама индустрије, а веома су значајне са аспекта ефикасности и економичности рада ових постројења.
- Комплетно дефинисање струјних параметара у вентилационом млину, одређивање расподеле брзина и притисака вишефазног струјања (рециркулациони гасови, угљени прах, песак и друге примесе, односно чврста и гасовита фаза) унутар комплексног система као што је вентилациони млин са реалном геометријом и предвиђање ефеката струјања на радне делове, односно на материјал ових делова вентилационог млина,
- Употреба нових технологија и материјала за наношење антихабајућих превлака комплексно легираних са Cr, Mo, Nb, W, V, Ti, B, Co и другим елементима,
- Дефинисање технологије наношења тврдих антихабајућих превлака, предлог додатних и потрошних материјала са најприхватљивим особинама заварљивости, као и дефинисане врсте и обим контроле нанесеног слоја.
- Верификација резултата истраживања испитивањем реалних делова (усисне плоче) у току експлоатације,
- Успостављање поузданих процедура за дијагностику и ревитализацију делова који су изложени хабању, кроз корелацију резултата нумеричке симулације мултифазног струјања, моделних испитивања и функционалних испитивања.

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

На основу прегледа литературе и сагледавања постојећих решења из научне области дисертације везано за продужење радног века делова вентилационих млинова, констатујемо да су решења добијена у тези оригинална и значајна, те да су применљива у пракси. Такође, на основу увида у задате циљеве истраживања и резултате представљене у дисертацији можемо закључити да су пружени одговори на сва битна питања и решени проблеми са којима се кандидат сусрео у току истраживања.

4.3. Верификација научних доприноса

Рад у међународном часопису – M23= 3

1. **Marko Ristic**, Radica Prokic Cvetkovic, MirkoKozic, Slavica Ristic, Boris Katavic; Wear Reducing of Ventilation Mill Suction Plates Based on the Multidisciplinary Research; *Journal of the Balkan Tribological Association*; ISSN 1310-4772, , Vol. 21, year 2015 book 3.

2. **Marko Ristic**, Ljiljana Radovanovic, Radica Prokic Cvetkovic, Goran Otic, Jasmina Perisic, Ivana Vasovic, Increasing the Energy Efficiency of Thermal Power Plant Kostolac B by the Revitalization of Ventilation Mills, *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy*, year 2015, ISSN 1556-7257, DOI: 10.1080/15567249.2015.1014977.
3. J. Perisic, Lj. Radovanovic, M. Milovanovic, I. Petrovic, **M. Ristic**, M. Bugarcic, V. Perisic, Brine mixing mobile unit in oil and gas industry - An example of a cost-effective, efficient and environmentally justified technical solution, *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, Vol. 38, Issue 23, 2016, pp. 3470-3477, ISSN 1556-7230. DOI: 10.1080/15567036.2016.1153752.
4. J. Perisic, M. Milovanovic, I. Petrovic, Lj. Radovanovic, **M. Ristic**, V. Perisic, M. Vrbanac, Modelling and Risk Analysis of Brine Mixing Mobile Unit Operation Processes, *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy*, ISSN 1556-7257, UESB-2016-0164.R1, DOI:10.1080/15567249.2016.1259694.
5. Kovacevic, M., Lambic, M., Radovanovic, Lj., Kucora, I., **Ristic, M.**, 2016, Measures for Increasing Consumption of Natural Gas, *Energy Sources Part B: Economics, Planning, and Policy*, (UESB-2016-0085; DOI: 10.1080/15567249.2016.117 9359)

Радови категорије - M24 (=3)

1. Marko Ristic, Radica Prokic Cvetkovic, Mirko Kozic, Slavica Ristic, Mirko Pavisic, Numerical Simulation of Multiphase Flow Around Suction Plates of Ventilation Mill in the Function of Extending its Remaining Working Life, *FME Transaction*, 2016, volume 45, No 4, ISSN: 1451-2092: , doi:10.5937/fmet1602154R, pp. 154-158,
2. Marko Ristic, Radica Prokic Cvetkovic, Boris Katavic, Ivana Vasovic; Selecting hardfacing technologies for ventiation mill suction paltes and extending its working life; *Structural integrity and life*; ISSN 1451-3749, Vol. 15, No 3, year 2015, pp 173-180

Саопштење са међународног скупа штампано у целини – M33 = 1

1. M. Kutin, S. Ristic, M. Puharic, **M. Ristic** Tensile Features of Hole in Plate Specimen Testing by Thermography and Conventional Method, *Third Serbian (28th Yu) Congress on Theoretical and Applied Mechanics Vlasina lake*, Serbia, 5-8 July 2011, ISBN 978-86-909973-3-6, pp 563-573,
2. A. Alil, B. Katavic, **M. Ristić**, M Kocic, D. Jovanović, M. Prokolab, S. Budimir, Structural and Mechanical Properties of Different Hard Welded Coatings for Impact Plate for Ventilation Mill, *The 5th International Conference Timisoara – Innovative technologies for joining advanced materials*, year 2011, ISSN 1844-4938, Section 1 Quality of welded joint and welded structures.
3. Mirjana Prvulovic, Milan Prokolab, Stevan Budimir, **Marko Ristic**, Miroslav Radosavljevic, Dragan Jovanovic, Computation of Pressure Increase of the Liquid Carbon Dioxide During Storage Time, *4th international scientific conference on defensive technologies OTEX 2011*, Belgrade, Serbia, 6-7 October 2011, ISBN 978-86-81123-50-8, pp 668-674,
4. B. Gligorijevic, B. Katavic, A. Alil, B. Jegdic, **M. Ristic**, M. Prokolab, Analysis of a Floating-Head Heat Exchanger Bolts Failure, International Conference “*Structural integrity of welded structures*” Timisoara Romania, 3-4 November 2011, ISSN 1842-5518, Session I – Metallic structures, Paper 2
5. **M. Ristić**, M., Kočić, M., Vasović, I., Milutinoić, Z., Ilic, O., Obradović, J.; Testing the Stability of Portal Crane; *I International Conference - Process Technology And Environmental Protection (PTEP 2011)*; Technical faculty “Mihajlo Pupin”, Zrenjanin, University of Novi Sad; ISBN: 978-960-98780-6-7; COBISS. SR-ID 267866119; pp 124 – 131,

6. Marina Kutin, Ivana Vasovic, Mirko Maksimovic, **Marko Ristic**; Prediction of Residual Life Assesment Using Thermography and Crack Growth Analysis; *International Conference on Mechatronics and Applied Mechanics (ICMAM2011)* Hong Kong, China Dec.27-28. 2011. ISSN: 1875-3892, Session 3, paper 6,
7. Ana Alil, Bore Jegdić, Biljana Bobić, **Marko Ristić**, Corrosion Behaviour of an al-zn-mg-cu Alloy After Different Heat Treatments, *II International Conference - Industrial Engineering and Environmental Protection (IIZS 2012)*, Technical faculty "Mihajlo Pupin", Zrenjanin, University of Novi Sad, ISBN: 978-86-7672-184-9, SR-ID 274556935, pp 121-129,
8. Branko Skoric, Milan Arsenović, Marina Kutin, Ivana Vasovic, **Marko Ristic**, Thermography and Numerical Simulations with Respects to Stress State and Fracture of Continuous Cast Specimens Made of Bronze Alloy, *Forth Serbian (29th Yu) Congress on Theoretical and Applied Mechanics* Vrnjačka Banja, Serbia, 4-7 June 2013, Serbian Society of Mechanics, ISBN: 978-86-909973-5-0, SR-ID 198308876, pp 485-490
9. **Ristic Marko**, Perisic, Jasmina, Radovanovic, Ljiljana, Adamovic, Zivoslav, Failure Analysis of the Ventilation Mills in Power Plant and Proposals for Their Revitalization, *Forth Serbian (29th Yu) Congress on Theoretical and Applied Mechanics Vrnjačka Banja*, Serbia, 4-7 June 2013, ISBN 978-88-908185, paper 664
10. Ivana Vasović, **Marko Ristić**, Mirjana Opačić, Mirko Maksimović, Stress Analyses of Connection of Turntable with Chassis of Articulated Bus Using Software Package Catia and Comparative Methods, *III International Conference Industrial Engineering and Environmental Protection*, 30. Oktober, 2013, Zrenjanin, , ISBN 978-86-7672-208-2, COBISS SR-ID 274556935, pp 140-146,
11. J. Perišić, M. Milovanović, M. Bugarčić, M. Vrbanac, **M. Ristić**, Using semantic web based tools in engineering education, *VI International Conference Industrial Engineering And Environmental Protection 2016 (IIZS 2016)*, Technical faculty "Mihajlo Pupin" Zrenjanin, University of Novi Sad, October 13-14th October, 2016, Zrenjanin, Serbia, pp. 1-7. ISBN: 978-86-7672-293-8.
12. M. Vrbanac, M. Milovanović, M. Bugarčić, J. Perišić, Lj. Radovanović, **M. Ristić**, Education and promotion of women entrepreneurs, *VI International Conference Industrial Engineering And Environmental Protection 2016 (IIZS 2016)*, Technical faculty "Mihajlo Pupin" Zrenjanin, University of Novi Sad, October 13-14th October, 2016, Zrenjanin, Serbia, pp. 14-19. ISBN: 978-86-7672-293-8.
13. I. Stošić, J. Perišić, M. Milovanović, M. Vrbanac, Lj. Radovanović, **M. Ristić**, Hydropower plants of tomorrow, *VI International Conference Industrial Engineering And Environmental Protection 2016 (IIZS 2016)*, Technical faculty "Mihajlo Pupin" Zrenjanin, University of Novi Sad, October 13-14th October, 2016, Zrenjanin, Serbia, pp. 228-234. ISBN: 978-86-7672-293-8.
14. M. Bugarčić, M. Milovanović, J. Perišić, M. Ristic, j. Bugarčić, Monetary union in theory and practice, *VI International Conference Industrial Engineering And Environmental Protection 2016 (IIZS 2016)*, Technical faculty "Mihajlo Pupin" Zrenjanin, University of Novi Sad, October 13-14th October, 2016, Zrenjanin, Serbia, pp. 296-301. ISBN: 978-86-7672-293-8.
15. M. Milovanović, J. Perišić, M. Vrbanac, I. Stošić, **M. Ristić**, Computer tools in engineering education – example on macromedia flash, *VI International Conference Industrial Engineering And Environmental Protection 2016 (IIZS 2016)*, Technical faculty "Mihajlo Pupin" Zrenjanin, University of Novi Sad, October 13-14th October, 2016, Zrenjanin, Serbia, pp. 312-317. ISBN: 978-86-7672-293-8.

Саопштење са међународног скупа штампано у изводу – M34 =0.5

1. Ivana Vasović, Mirko Maksimović, Marina Kutin, **Marko Ristić**, Numerical simulation in domains crack growth and welding process behaviors and comparative methods, *The XIVth International Symposium “Young People and Multidisciplinary Research” Organizer: ACM-V, Timisoara, Romania, November 15-16, 2012.* pp 15.
2. Ivana Vasovic, **Marko Ristić**, Miroslav Radosavljevic, Zlatan Milutinovic, Milorad Kocic; Stress analyses and optimization of bus chassis using software package catia and comparative methodS; *XV International Symposium „Young people and multidisciplinary research“;* Timisoara, Romania, 14-15 November 2013.
3. Vasovic Ivana, **Ristic Marko**, Ristic Slavica, Maksimovic Mirko, Stamenkovic Dragi; *Numerical Modeling and Initial Fatigue Life Estimations of Welded Structural Components; Romania 2014*
4. Milutinovic Zlatan, **Ristic Marko**, Vasovic Ivana, Prokolab Milan, Gligorijevic Bojan; *Analyzing Properties of New Hard Coating Technologies for Increasing the Wear Resistance; Romania 2014*
5. I. Vasović, M. Maksimović, K. Maksimović, **M. Ristić**; Numerical Simulation of Temperature Field and Residual Stresses in Butt Welded Joint; The 8th International Conference, *Innovative technologies for joining advanced materials*, 2-3 June 2016, Romania.
6. M. Prvulovic, **M. Ristic**, S. Budimir, M. Prokolab, Z. Milutinovic; Prediction of Stress Distribution of Pressure Vessel Shell Using Numerical Simulation; *The 8th International Conference, Innovative technologies for joining advanced materials*, 2-3 June 2016, Romania.

Рад у врхунском часопису националног значаја M51=2

1. Ivana Vasović, Mirko Maksimović, Marina Kutin, **Marko Ristić**, Numerical simulation in domains crack growth and welding process behaviors and comparative methods, *Scientific Bulletin of the Politehnica University of Timisoara, editura politehnica; ISSN 1224-6077; vol. 57(71), special ISSUE S1, 2012; pp 75-80*
2. Marina Kutin, Miroslav Radosavljevic, Ivana Vasovic, **Marko Ristić**, Ana Alil, Milan Prokolab; Using the numerical simulations and comparative diagnostic methods to optimize the product; *Scientific Bulletin of the Politehnica University of Timisoara, editura politehnica; ISSN 1224-6077; vol. 57(71), special ISSUE S1, 2012; pp 31-40*
3. A. Alil, B. Katavic, **M. Ristić**, M Kocic, D. Jovanović, M. Prokolab, S. Budimir, Structural and mechanical properties of different hard welded coatings for impact plate for ventilation mill, *Structural Integrity of Welded Structures*, vol 3/2011 Year XX, 2011. ISSN 1453-0392, pp 7-11
4. **Marko Ristic**, Mirjana Prvulovic, Milan Prokolab, Stevan Budimir, Miroslav Radosavljevic, Dragan Jovanovic, Zlatan Milutinovic, Numerical simulation of the cold-water pressure test and operating conditions for air reservoir, *Scientific Bulletin of the „Politehnica” University of Timisoara, Romania Transactions on mechanics.* Tom 53 (67) ISSN 1224 – 6077, pp 73-76, year 2012.
5. **Marko Ristic**, Milorad Kocic, Ana Alil, Olivera Ilić, Jelena Ignjatović, Distribution of loads of cycloid speed reducer, *Scientific bulletin of the „Politehnica” University of Timisoara, Romania Transactions on mechanics.* Tom 53 (67) ISSN 1224 – 6077, pp 69-72, year 2012.
6. Marina Kutin, Ivana Vasovic, Mirko Maksimovic, **Marko Ristic**; Prediction of residual life assesment using thermography and crack growth analysis; *Applied Mechanics and Materials Vols. 157-158 (2012) Trans Tech Publications, Switzerland doi: 10.4028/www.scientific.net/AMM.157-158.202 , pp 202-209*

7. **Marko Ristic**, Bojan Gligorijević , Ana Alil, Boris Katavić , Marina Kutin , Dragan Jovanović, Stevan Budimir, Studies of the properties of different hard coatings resistant to wear, *Scientific bulletin of the „Politehnica” University of Timisoara, Romania*, Transactions on mechanics, issn 1224 - 6077 , year 2012.
8. Kutin Marina, Prokolab Milan, **Ristic Marko**, Alil Ana, Gligorijevic Bojan, Determination and analysis of the dynamic loaded screws by structural analysis, fractography and numerical simulation, *Trans Tech Publications, Switzerland, Advanced Materials Research Vol. 814* (2013), pp 87-98, doi:10.4028/www.scientific.net/AMR.814.87
9. Milorad Kocic, Mirjana Prvulovic, Suzana Linic, **Marko Ristić**, Milan Prokolab , Computer simulation of spray deposition process for Al 1.0 Si 0.6 Mg 0.6 Mn alloy, *The Bulletin of the National R&D Institute for Welding and Material Testing ISIM Timișoara, Romania*, pp 09-12, ISSN 1453-0392, year 2013.
10. Stevan Budimir, Ana Alil, **Marko Ristic**, Milorad Kocic, Boris Katavic, Analysis of compressor valves bolts failure, *The Bulletin of the National R&D Institute for Welding and Material Testing ISIM Timișoara, Romania*, pp 13-16, ISSN 1453-0392, year 2013.
11. Ivana Vasovic, **Marko Ristić**, Miroslav Radosavljevic, Zlatan Milutinovic, Milorad Kocic, Analysis of compressor valves bolts failure, *The Bulletin of the National R&D Institute for Welding and Material Testing ISIM Timișoara, Romania*, pp 19-22, ISSN 1453-0392, year 2013.
12. Vasovic Ivana, **RISTIC Marko**, Ristic Slavica, Maksimovic Mirko, Stamenkovic Dragi; Numerical modeling and initial fatigue life estimations of welded structural components; *Advanced Materials Research Vol. 1029 (2014) pp 124-129, Trans Tech Publications, Switzerland*, doi: 10.4028/www.scientific.net/AMR.1029.124. , ISSN web 1662-8, year 20145.
13. Milutinovic Zlatan, **Ristic Marko**, Vasovic Ivana, Prokolab Milan, Gligorijevic Bojan; Analyzing properties of new hard coating technologies for increasing the wear resistance; *Advanced Materials Research Vol. 1029 (2014) pp 112-117, Trans Tech Publications, Switzerland*, doi: 10.4028/www.scientific.net/AMR.1029.112., ISSN web 1662-8, year 2014.
14. M. Kočić, A. Vencl, I. Bobić, **M. Ristić**, M. Antić, Z. Milutinović, Joining of composite materials based on al-si alloys by using the gmaw PROCESS, *Welding & Material Testing*, pp. 9-12, year XXIII, no.3/2014. issn 1453-0392
15. Ana Alil, **Ristić Marko**, Stanković Miloš, Ristić Miloš, Repair of Steel Construction of Truck-mounted Crane Tadaho tl200ii/k, Sanacija Celicne Konstrukcije Strele Samohodne Autodizalice Tadaho tl200ii/k, *Zavarivanje I zavarene konstrukcije (Welding & Welded structures), Drustvo za unapredjenje zavarivanja u Srbiji (Serbian Welding Society)*, year 2014, ISSN 0354-7965, SR-ID 105396743, pp 169-174
16. M. Milovanović, J. Perišić, S. Vukotić, M. Bugarčić, Lj. Radovanović, **M. Ristić**, Learning mathematics using multimedia in engineering education, *Acta technica corviniensis - Bulletin of Engineering Faculty of Engineering – Hunedoara, University Politehnica Timisoara*, 2016, volume IX, number 1, pp. 45-49. ISSN: 2067-3809
17. Mirjana Prvulovic, **Marko Ristic**, Stevan Budimir, Milan Prokolab, Zlatan Milutinovic, Prediction of stress distribution of pressure vessel shell using numerical simulation, *Welding and Material Testing, ISIM Timisoara*, Volume 2-2016, pp. 9-12 ISSN: 1456-0392

18. Dušan Jovanić, Zlatan Milutinović, **Marko Ristić**, Određivanje uticaja elektromagnetnog polja aparata za zavarivanje na bezbednost i zaštitu zdravlja, Determination of the welding machine electromagnetic field effect on health safety and protection, *Zavarivanje i zavarene konstrukcije, Društvo za unapređivanje zavarivanja u Srbiji - DUZS*, Volume 2-2016, pp. 53-62 ISSN: 0354-7965 UDK / UDC: 613.64; 331.45/.46:621.791

Саопштење са скупа националног значаја штампано у целини М63=0,5

1. **Marko Ristic**, Zlatan Milutinovic, Milan Prokolab, Milorad Kocic, Stevan Budimir, Analyzing of tribological and structural properties a of wear resistant coatings, *Savetovanje Zavarivanje 2014, Borsko jezero –Jun 2014*, ISBN 978-86-82585-11-4, COBISS.SR-ID 207486732
2. **Marko Ristic**, Mirjana Prvulovic, Milan Prokolab, Ivana Vasovic, Zlatan Milutinovic, Heat exchanger bolts failure analysis, *Savetovanje Zavarivanje 2016, Srebrno Jezero –Septembar 2016*, ISBN 978-86-82585-12-1, COBISS.SR-ID 225785612

Техничка решења М83=4

1. Борис Катавић, Мирко Козић, Мирјана Првуловић, Милан Проколаб, Мирјана Пухарић, **Марко Ристић**, Славица Ристић, Редизајнирање радних површина ударних и усисних плоча вентилационог млина термоелектране Костолац Б новом технологијом репаратурног наваривања (М83), 2014 Редизајнирање радних површина ударних и усисних плоча вентилационог млина термоелектране Костолац Б новом технологијом репаратурног наваривања

Учешће у научноистраживачким пројектима финансираним од стране Минастарства за науку и технолошки развој Републике Србије

Од 2010 године ангажован је на пројекту министарства просвете науке и технолошког развоја – Истраживање и оптимизација технолошких и функционалних перформанси вентилационог млина термоелектране Костолац Б - евиденциони број пројекта ТР34028.

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

На основу прегледа докторске дисертације од стране Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације под називом „МЕТОДОЛОГИЈА ПРОДУЖЕТКА РАДНОГ ВЕКА ДЕЛОВА ВЕНТИЛАЦИОНИХ МЛИНОВА“ кандидата Марка Ристића, дипл.маш.инж., Комисија за оцену и одбрану 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.

На основу резултата и закључака приказаних у докторској дисертацији и чињенице да је анализирана проблематика веома актуелна у научној јавности, констатује се да је кандидат Марко Ристић, дипл.маш.инж., успешно завршио докторску дисертацију у складу са предвиђеним предметом и постављеним циљевима истраживања. Кандидат је дошао до оригиналних резултата у погледу продужетка радног века радних делова вентилационог млина. Истраживања у оквиру овог рада су примарно била усмерена на анализу услова рада

и дефинисање метода и процедура за продужење радног века усисних плоча вентилационог млина.

Продужење радног века поменутих плоча проистекло је из корелације резултата нумеричке симулације вишефазног струјања у вентилационом млину, посебно вектора брзина код усисних плоча, експерименталних испитивања која укључују моделна испитивања пробних узорака са антихабајућим превлакама као и функционалних испитивања усисних плоча са нанесеним антихабајућим превлакама. Сви ови резултати су верификовани и кроз сопствена експериментална истраживања, што им обезбеђује велику променљивост на другим сложеним објектима у овој важној области како за инжењерску праксу тако и за научна истраживања.

Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације закључила је да дисертација представља оригинални научни рад са научним доприносом у области машинства, ужа научна област Технологија материјала – машински материјали, заваривање и сродни поступци, па сагласно томе предлаже Наставно-научном већу Машинског факултета Универзитета у Београду да кандидату Марку Ристићу, дипл. маш. инж. одобри одбрану докторске дисертације под називом „МЕТОДОЛОГИЈА ПРОДУЖЕТКА РАДНОГ ВЕКА ДЕЛОВА ВЕНТИЛАЦИОНИХ МЛИНОВА“ када се за то стекну законски услови, пред комисијом у истом саставу.

У Београду, 23.03.2017. год.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

проф. др Радица Прокић Цветковић,
Универзитет у Београду Машински факултет

проф. др Александар Седмак,
Универзитет у Београду Машински факултет

проф. др Оливера Поповић,
Универзитета у Београду Машински факултет

др Мирко Козић, Научни саветник,
Војнотехнички Институт, Београд

проф. др Вукић Лазић,
Универзитета у Крагујевцу, Факултет Инжењерских наука