

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

Машински факултет

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата **Игора Мартића**, магист. инж. маш., (M.Sc.) студента докторских студија

Одлуком бр. 1432/2 од 14.6.2018. именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидата Игора Мартића за израду докторске дисертације под називом „**Утицај испитивања пробним притиском на настанак и раст прслина у завареним спојевима опреме под притиском**“. На основу материјала предложеног уз захтев кандидата, Комисија подноси следећи

РЕФЕРАТ

1. Увод

1.1. Хронологија одобравања и израде дисертације

Кандидат Игор Мартић, дипл. инж. маш.– мастер инжењер машинства, уписао је прву годину докторских студија на Машинском факултету Универзитета у Београду школске 2010/2011. године. Кандидат је поднео захтев за одобрење теме докторске дисертације број 869/1 од 18.4.2017. године на Катедри за Технологију материјала Машинског факултета Универзитета у Београду. Кандидат је за ментора предложио др Александра Седмака, редовног професора Машинског факултета у Београду.

На основу сагласности Катедре Технологију материјала 869/2 од 18.4.2017. године, Наставно-научно веће Машинског факултета у Београду донело је 18.5.2017. године Одлуку број 869/3 о именовању Комисије за оцену подобности теме и кандидата за израду докторске дисертације и научне заснованости теме докторске дисертације у саставу:

Проф. др Александар Седмак, ментор

Проф. др Марко Ракин, Технолошко-Металуршки Факултет Универзитета у Београду

Проф. др Зоран Радаковић

Др Ненад Митровић, доцент

Др Марко Јарић, научни сарадник Иновационог Центра Машинског Факултета, Београд

Комисија за оцену подобности теме и кандидата за израду докторске дисертације и научне заснованости теме докторске дисертације је 30.5.2017. године поднела Наставно-научном већу Машинског факултета у Београду Извештај број 869/4, у коме предлаже Наставно-научном већу Машинског факултета у Београду да одобри тему докторске дисертације под насловом „Утицај испитивања пробним притиском на настанак и раст прслина у завареним спојевима опреме под притиском“, наводећи да Кандидат испуњава све законом предвиђене услове за израду докторске дисертације и да је предложена тема научно утемељена и адекватна и да пружа могућност остваривања значајних научних доприноса. Одлуком Наставно-научног већа број 869/5 од 1.6.2017. године прихваћена је тема докторске дисертације под насловом: „Утицај испитивања пробним притиском на настанак и раст прслина у завареним спојевима опреме под притиском“ кандидата Игора Мартића, и за ментора је именован др Александар Седмак, редовни професор Машинског факултета у Београду. Веће научних области техничких наука Универзитета у Београду донело је Одлуку број 61206-2272/2-17 од 11.7.2017. године којом се даје сагласност на предлог теме докторске дисертације кандидата Игора Мартића, под насловом: „Утицај испитивања пробним притиском на настанак и раст прслина у завареним спојевима опреме под притиском“.

На основу обавештења проф. др Александра Седмака да је кандидат Игор Мартић, завршио докторску дисертацију под насловом: „Утицај испитивања пробним притиском на настанак и раст прслина у завареним спојевима опреме под притиском“ и предлога Катедре за Технологију материјала, Наставно-научно веће Машинског факултета у Београду је на седници одржаној 14.6.2018. године донело Одлуку број 1432/2 којом се именују чланови Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације у саставу:

Проф. др Александар Седмак, ментор

Проф. др Марко Ракин, Технолошко-Металуршки Факултет Универзитета у Београду

Проф. др Зоран Радаковић

Др Ненад Митровић, доцент

Др Марко Јарић, научни сарадник Иновационог Центра Машинског Факултета, Београд

1.2. Научна област дисертације

Докторска дисертација под насловом „Утицај испитивања пробним притиском на настанак и раст прслина у завареним спојевима опреме под притиском“ припада области техничких наука - машинству, ужој научној области **Технологија материјала**, Механика лома, за коју је Машински факултет Универзитета у Београду матичан.

1.3. Општи биографски подаци

Игор Мартић је рођен 30.10.1983. у Шапцу. Завршио је основну школу „Вук Караџић“ у Шапцу, средњу техничку школу „Коста Абрашевић“ у Шапцу. Машински факултет у Београду је уписао 2006. Основне дипломске студије је завршио 2008. са просеком 9,09, док

је дипломске академске студије завршио 2010. на катедри за Процесну технику са просеком 9,12. Докторске студије је уписао новембра 2010. До сада је положио све предмете на докторским студијама.

Радно искуство

2017 -	Иновациони центар Машинског факултета у Београду,
2012 - 2015	Машински факултет, Универзитет у Београду, асистент
2011 - 2012	Машински факултет, Универзитет у Београду, истраживач сарадник
2010 - 2011	System Engineering Team, пројектант термотехничких и процесних инсталација Пројектни биро, Шабац, Србија
2006 - 2007	Металопластика, оператер техничке припреме производње,

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација кандидата кандидата Игора Мартића под називом „**Утицај испитивања пробним притиском на настанак и раст прслина у завареним спојевима опреме под притиском**“, садржи: 139 страна формата А4, 43 слике, 11 табела, 37 једначина и списак коришћене литературе који садржи 82 референце.

Докторска дисертација садржи следећа поглавља:

1. Увод
2. Преглед литературе у области тезе
3. Примена механике лома на процену интегритета посуда под притиском
4. Нумеричка симулација посуде под притиском са прслином – примена методе коначних елемената
5. Процена интегритета на примеру напојног цевовода ХЕ „Бајина Башта“
6. Анализа и дискусија резултата
7. Закључак
8. Литература

Осим наведеног, докторска дисертација садржи резиме на српском и енглеском језику, садржај, биографију аутора, Изјаву о ауторству, Изјаву о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада и Изјаву о коришћењу.

2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

Поглавље 1: Увод - Представљање значаја анализираног проблема

Према историји и статистици несрећа, опрема под притиском најчешће откаже или доведе до хаварије. За обезбеђење интегритета, једну од најзначајнијих улога има управљање радним веком опреме под притиском која ради у условима деловања различитих механизма оштећења. За велики број механизма оштећења практично није могуће извршити превентивну заштиту, а мере за потврду интегритета и продужетак радног века

компоненти се свде на обавезне инспекцијске контроле. Најопаснији механизам оштећења је прлина. Један од могућих узрока за иницијацију и раст прлина је испитивање притиском са водом као испитним медијумом, односно хидро тест, што је основна тема ове тезе. Испитивање притиском је обавезан метод контролисања опреме под притиском према важећој техничкој регулативи. Минимални интервал испитивања притиском за посуде износи 10 година, док је цевоводе 5 година. Поред наведеног, законска обавеза и пракса на нашим просторима је примена хидро теста и након санација и репарација, па чак и нпр. након замене заптивача ревизионог отвора посуде или арматуре цевовода. У сваком случају, хидро тест је чест метод контролисања и потврде интегритета опреме под притиском. Поред честе примене, проблем са хидро тестом је и промена вредности испитног притиска. Наиме, према повученим српским стандардима попут SRPS М.Е2.253, вредност испитног притиска износи 30% више од радног притиска. Након усаглашавања са европским прописима, односно са PED директивама 97/23 и 2014/68, вредност испитног притиска се знатно повећала. Минимална вредност испитног притиска износи 43% више од пројектног притиска, а може износити и више у зависности од пројектне и испитне температуре. Поређења ради, хидро тест са испитним притиском 43% више од пројектног проузрокује знатно веће напоне него 30% више од радног притиска.

Поглавље 2: Престављање и преглед литературе у области тезе

Такође, поред наведених европских прописа који тренутно важе и у Републици Србији, најдоминантнији стандарди у свету који се примењују на свим континентима укључујући и европски, за испитивање опреме под притиском су од American Petroleum Institute API-510 за посуде и API-570 за цевоводе. Према њима, хидро тест није обавезан метод испитивања, што представља највећу разлику у приступу између техничких прописа. Хидро тест се примењује само у случају већих санација на опреми ако надлежни инспектор сматра као неопходним за потврду интегритета. Поред тога што хидро тест није обавезан, тренд је смањења вредности испитног притиска. Након API издања од 1999. године, вредност испитног притиска је смањена за неких 14%. Због свега претходно наведеног, неопходно је познавати и негативан утицај хидро теста на опрему, које је и тема овог доктората. Обзиром да постоји велики број механизма оштећења, који могу и не морају бити у спрези са прлинама изазваним хидро тестом, у раду је спроведена студија утицаја механизма оштећења на интегритет опреме под притиском на 6 нафтних постројења за грубу прераду нафте и гаса у Ираку на којима је кандидат радио у периоду 2015. до 2016.

Поглавље 3: У овом поглављу је дат детаљан опис концепта механике лома и њене примена на процену интегритета посуда под притиском, као и кратак преглед микро-механичких модела који се користе за процену оптерећења под којим настају прлине. Како је проблем разматраног цевовода ограничен на статичко оптерећење, тако је и опис концепта механике лома дат само за статичке услове настанка и дуктилног раста прлине. С друге стране, имајући у виду чињеницу да је разматрани цевовод заварена конструкција, овај опис укључује хетерогеност материјала као предуслов за успешну примену на процену његовог интегритета. У овом поглављу је такође дефинисан проблем који се конкретно разматра и

решава, односно напојни цевовод Реверзибилне хидроелектране „Бајина Башта“. Осим овог, калсичног концепта механике лома, у овом поглављу је приказана и микромеханичка нализа дуктилног лома, као корисна метода за процену оптерећења при коме настаје прслина, односно при коме после стварање, раста и спајања пора долази до макро оштећења које се може сматрати прслином.

Поглавље 4: У овом поглављу кандидат се бави нумеричком симулацијом разматраног проблема, тј. применом МКЕ коришћењем софтверских пакета ABAQUS. У том циљу направљен је тродимезиони модел цевовода у делу највеће концентрације напона, да би се добила прецизна расподела деформација и напона, односно верификовао нумерички модел, као и експериментално мерење деформација мерним тракама. Осим тога, овим моделом је симулиран циклус оптерећење-растерећење који је довео до пластичне деформација на мерног траци у близини завареног споја, односно на месту симултаног дејства хетерогеног материјала (локално различита крутост и пластичност) и концентрације напона. Нумеричка симулација је показало добро слагање са експериментом у смислу одређивања пластичне деформације .

Поглавље 5: Процена интегритета на примеру напојног цевовода ХЕ „Бајина Башта“ је направљена на два начина, преко Дијаграма Анализе Лома (FAD), и на основу микромеханичке анализе дуктилног лома. У првом случају је примењена једноставна инжењерска метода која раздваја област сигурног рада од области потенцијалног лома конструкције, која је показала да пробно оптерећење које би било 30% веће од радног оптерећења, премешта радну тачку из сигурног у несигурно подручје, у случају прслине димензија 90 x 12 мм. Иако делује да је немогуће превидети такву прслину чак и обичним методама испитивања без разарања, не треба заборавити да неприступачност цевовода, укопаног у канал, може да доведе управо до тога. Други начин процене интегритета цевовода се заснива на микромеханичкој анализи дуктилног лома, која је посебно погодна за хетерогене материјала, као што су заварени спојеви. Ова метода је компликованија од претходне и укључује већи број параметера материјала, тако да је њена примена ограничена. У овом раду је микромеханичка анализа коришћена посредно, као упоредна метода.

Поглавље 6: Ово поглавље обухвата анализу и дискусију резултата, где су сви приказани резултати систематизовани, анализирани и продискутовани.

Поглавље 7: Ово поглавље обухвата научне закључке, изведене на основу резултата, и њихове анализе и дискусије.

Поглавље 8: Литература

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост и оригиналност

Истраживања у области понашања посуда под притиском и цевовода веома значајна и актуелна. Кандидат је дао јасну идентификацију и анализу основних проблема који доводе до хаварије цевовода са несагледивим последицама. Докторска дисертација представља савремен и оригиналан допринос разматраној проблематици лома услед постојања грешака

типа прслина у материјалу, посебно завареном споју. У оквиру докторске дисертације примењени су савремени истраживачки поступци и лабораторијска мерења уз коришћење најновијих софтверских решења за нумеричке симулације.

Оригиналност добијених резултата у оквиру дисертације потврђују радови који су публиковани и саопштени на научним скуповима или објављени у часописима.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

У докторској дисертацији коришћена је обимна литература из различитих области, па су због изразито комплексног карактера теме докторске дисертације референтне области обухватале механику лома и понашања металних материјала, нумеричке метода и симулације, али и експерименталне методе испитивања. Ова литература је кандидату послужила као полазна основа за формирање прегледа постојећих истраживања везаних за област отказа услед лома заварених конструкција, као и за припрему експерименталних и нумеричких модела. У уводном делу докторске дисертације кандидат приказује хронолошки преглед релевантне научне литературе, чиме је дао критички осврт на најважније резултате релевантних аутора. Све референце коришћене у раду приказане су на крају рада, а кандидат се позива на анализе, резултате и закључке објављене у научним часописима високог ранга и конференцијама међународног значаја. Од наведених наслова коришћене литературе, доминирају оне млађе од десет година, као и оне из водећих међународних часописа.

3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

У изради докторске дисертације примењене су и експерименталне и нумеричке методе. Метода коначних елемената у савременој науци има све већу примену и користи се за испитивања и прорачуне различитих машинских конструкција. У склопу нумеричких анализа формиран су веродостојни и поуздани нумерички прорачунски модели. Примењене су методе верификације, засноване на поређењу добијених нумеричких и експерименталних резултата, као и метода експертског мишљења током анализе и тумачења добијених резултата.

3.4. Применљивост остварених резултата

Добијени резултати у оквиру докторске дисертације поред научне вредности имају и широку практичну примену, пре свега у прорачунима интегритета заварених конструкција као што су посуде под притиском и цевоводи. Остварени експериментални резултати омогућавају одређивање утицаја замора и различитих геометрија које се могу наћи у клиничкој пракси на напонско стање, интегритет и радни век заварених конструкција. Дијагностичке методе имају велику примену у откривању грешака у дизајну, односно геометрији конструкције или дела конструкције, посебно у случајевима отказа, а досадашња искуства из праксе показала су да најчешћи узрок отказа представљају појаве прслина на местима највећих концентрација напона, које је могуће добијених нумеричким прорачуном.

3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

Током израде докторске дисертације кандидат је показао способност за самостални научни рад, као и да решава научне проблеме, односно да има изузетено знање у оквиру области

науке о материјалима, затим теоријске механике лома, као и савремене нумеричке анализе, потребно за даљи научно-истраживачки рад. То је потврђено како бројним испитима које је кандидат положио на докторским студијама, тако и бројним коауторским радовима.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

Остварени научни доприноси кандидата Игора Мартића и његовог доктората под називом „Утицај испитивања пробним притиском на настанак и раст прслина у завареним спојевима опреме под притиском“, огледају се у следећем:

- Приказана је процедура верификације нумеричких и експерименталних резултата испитивања посудае под притиском, чиме је омогућена примена комплексних симулација реалних заварених конструкција.
- Приказан је поступак процене интегритета заварених конструкција на основу класичног концепта механике лома, применом основних параметара у оквиру Дијаграма Анализе Лома. Овај поступак је примењен на конкретном завареном цевоводу за различите нивое оптерећења, чиме је показан штетан утицај пробе хладним притиском.
- Приказан је поступак процене интегритета заварених конструкција на основу микромеханичког модела дуктилног лома, који је такође примењен на конкретном завареном цевоводу за различите, чиме је доказано да пробе хладним притиском може да доведе до пластичних деформација, односно настанка прслине и каснијег лома.

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

На основу прегледа релевантне научне литературе и постојећих решења из области докторске дисертације, комисија констатује да су приказани резултати истраживања изузетно значајни и научно утемељени. Истовремено, на основу увида у задате циљеве истраживања и резултате представљене у докторској дисертацији, констатујемо да су пружени одговори на сва релевантна питања и да су решени проблеми са којима се кандидат сусрео у току истраживања. Развијени нумерички модели и експерименталне процедуре имају велику примењивост у области процене интегритета заварених конструкција.

4.3. Верификација научних доприноса

Научни допринос кандидата Игора Мартића, верификовани су следећим радовима:

1. **Igor Martić**, Aleksandar Sedmak, Nenad Mitrović, Simon Sedmak, Effect of over-pressure on pipeline structural integrity, Technical Gazette, 2018, prihvaceno za objavljivanje, <https://doi.org/10.17559/TV-20180708213323>, **M23**
2. **I. Martić**, A. Sedmak, R. Tomić, I. Hot, Procena preostalog veka posude pod pritiskom u rafineriji, Integritet i vek konstrukcija, 16(1), 49-52, ISSN1451-3749, 2016. → M24
3. A. Milovanović, A. Sedmak, R. Tomić, I. Hot, **I. Martić**, Proračun lokalnih napona u ispušćenom dancu vertikalne posude pod pritiskom usled opterećenja osloncem – „suknjom“ prema EN 13445-3:2014, Integritet i vek konstrukcija, 16(1), 53-58, 2016. → M24

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

На основу детаљног прегледа докторске дисертације, Комисија за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације констатује да је докторска дисертација под називом „**Утицај испитивања пробним притиском на настанак и раст прслина у завареним спојевима опреме под притиском**“ кандидата Игора Мартића, маг. инж. маш., прихвати, изложи на увид јавности и упути на коначно усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду. На основу резултата и закључака приказаних у докторској дисертацији, Комисија констатује да је кандидат Игор Мартић, маг. инж. маш., успешно завршио докторску дисертацију у складу са предвиђеним предметом и постављеним циљевима истраживања, а да је докторска дисертација под називом „**Утицај испитивања пробним притиском на настанак и раст прслина у завареним спојевима опреме под притиском**“ представља оригиналан научни рад са научним доприносима у области машинства, ужа научна област Технологија материјала, Механика лома.

У Београду, 7.7.2018. год

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

.....

Др Александар Седмак, ред. проф.
Машински факултет Универзитета у Београду

.....

Др Марко Ракин, ред. проф.
Технолошко-металуршки факултет Универзитета у Београду

.....

Др Зоран Радаковић, ред. проф.
Машински факултет Универзитета у Београду

.....

Др Ненад Митровић, доцент
Машински факултет Универзитета у Београду

.....

Др Марко Јарић, научни сарадник
Иновациони центар Машинско факултета у Београду