

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
Машински факултет

ВЕЋУ ДОКТОРСКИХ СТУДИЈА

Предмет: Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата **Мохамед Алкатеба, дипл. инж.маш.**

Одлуком 1168/2 од 17.9.2020. године именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата **Мохамед Алкатеба, дипл. инж.маш.** под насловом

“Experimental and numerical investigation of corrosion crack growth in mild structural steel”

(“Експериментално и нумеричко испитивање раста прслине у условима напонске корозије конструкционих челика”)

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

РЕФЕРАТ

1. УВОД

1.1. Хронологија одобравања и израде дисертације

Кандидат Мохамед Алкатеб, дипл. инж. маш, уписао је прву годину докторских студија на Машинском факултету Универзитета у Београду школске 2015/16. године. На основу његовог захтева и одлуке бр. 2216/2 од 12.12.2019. године да му се одобри тема докторске дисертације, формирана је Комисија у саставу: др Александар Седмак, ред. проф., ментор, др Милош Ђукић, ван. проф., др Гордана Бакић, ван. проф., др Ивана Васовић, научни сарадник, Лола Институт, и др Срђан Тадић, научни сарадник, Иновациони Центар Машинског факултета (ИЦМФ), Београд.

Комисија је поднела извештај који је прихваћен на ННВ, па је одлуком бр. 2216/4 од 26.12.2019. године, уз сагласност Већа Техничких наука Универзитета у Београду (бр. 61206-139/2-20 од 23.1.2020, одобрена израда дисертације под називом “Experimental and numerical investigation of corrosion crack growth in mild structural steel” (“Експериментално и нумеричко испитивање раста прслине у условима напонске корозије конструкционих челика”).

На основу дописа Катедре за Технологију материјала бр. 1168/1 од 25.8.2020., односно обавештења ментора да је кандидат завршио докторску дисертацију, ННВ је долуко бр. 1168/2 од 17.9.2020. године именовало Комисију за оцену и одбрану докторске дисертације у саставу:

- др Александар Седмак, ред. проф., ментор,
- др Милош Ђукић, ван. проф.,
- др Гордана Бакић, ван. проф.,
- др Ивана Васовић, научни сарадник, Лола Институт,
- др Срђан Тадић, научни сарадник, ИЦМФ, Београд.

.1.2. Научна област дисертације

Докторска дисертација под насловом “Experimental and numerical investigation of corrosion crack growth in mild structural steel” (“Експериментално и нумеричко испитивање раста прелине у условима напонске корозије конструкционих челика”), припада области техничких наука - машинству, ужој научној области **Технологија материјала-Машински материјали**, за коју је Машински факултет Универзитета у Београду матичан.

1.3. Биографски подаци о кандидату

Мохамед Алкатеб рођен је 10.8.1967 у месту Сабратха у Либији. Ожењен је и држављанин је Либије.

Основну и средњу школу је завршио у месту Сабратха, 1988-2000, у Либији. Дипломирао је 1993. године на Факултету Техничких Наука Сабратха, Либија. Мастер студије завршио је 2008. на Факултету Техничких Наука, Либија. Радио је као машински инжењер у Бродоградилшту, Триполи, Либија, 2005-2008. Од 2012. Шеф одељења за материјале у Бродоградилшту, Триполи.

Активности на докторским студијама

Кандидат је уписао докторске студије школске 2015/16. године. На докторским студијама кандидат је положио 12 (дванаест) предмета са просечном оценом 9,77 (девет целих и седмадесет седам стотих). Кандидат је остварио додатне поене радом у лабораторијама Машинског факултета Универзитета у Београду, и у припреми пријаве своје дисертације. У циљу реализације програма усавршавања **Мохамед Алкатеб**, дипл. инг. је положио следеће обавезне и изборне предмете:

	Предмет	Професор	Оцена
1	Advanced Computer Design	проф. др Александар Грбовић	9
2	Planning, Performing and Controlling Projects	проф. др Бојан Бабић	10
3	Stress and Strain Measurement	проф. др Милорад Милованчевић	10
4	Basic Principles of Fracture Mechanics	проф. др Александар Седмак	10
5	FEM in Applications	проф. др Александар Грбовић	10
6	Structural Integrity and Life	проф. др Зоран Радаковић	10
7	Applications of Structural Mechanics	проф. др Александар Седмак	9
8	Laboratory I	проф. др Бојан Бабић	10
9	Laboratory II	проф. др. Бојан Бабић	10
10	Laboratory III	проф. др Бојан Бабић	10
11	Advanced Fracture Mechanics	проф. др Александар Грбовић	10
12	Fatigue and Life Estimation	проф. др Зоран Радаковић	10

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација кандидата под насловом “Experimental and numerical investigation of corrosion crack growth in mild structural steel” (“Експериментално и нумеричко испитивање раста прслине у условима напонске корозије конструкционих челика”), садржи: 104 страна формата А4, 59 слика и 4 табеле, и списак коришћене литературе који садржи 74 референце.

Докторска дисертација садржи следећа поглавља:

1. Уводна разматрања
2. Литературни преглед
3. Челици повишене чврстоће
4. Механизми настанак прслина услед напонске корозија

5. Проширена Метода Коначних Елемената
6. Нумеричка симулација и резултати
7. Закључак
8. Литература

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

2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

Поглавље 1: Увод

У првом поглављу кандидат је приказао предмет истраживања и дефинисао циљ истраживања. Објашњено је да настанак и раст прелине у металним материјалима може настати комбинованим, синергијским деловањем корозије и напрезања, односно у условима напонске корозије.

Поглавље 2: Увод и преглед литературе

Кроз приказ радова који су представљени у поглављу 2 објашњено је како је се дошло до идеје за избор теме, и шта је све урађено у оквиру ове тема, а што је остало неистражено, што је одређено као фокус овог истраживања.

На основу прегледа литературе и сопственог искуства постављене су следеће хипотезе:

- Напонска корозија је од великог значаја у обезбеђењу интегритета конструкције и има велику улогу у хаваријама металних конструкција.
- Експериментално истраживање може добро да симулира експлоатационе ломове.
- Нумеричке методе могу да симулирају експеримент, односно брзину раста прелине условима напонске корозије.
- Комбинација експерименталних и нумеричких истраживања може да пружи комплетну слику понашања материјала у условима напонске корозије.

Поглавље 3: Челици повишене чврстоће

У трећем поглављу кандидат наводи и објашњава све потребне детаље о челицима повишене чврстоће, као материјалу који је често изложен напонској корозији, а има велику примену конструкцијама које су предмет анализе ове дисертације.

Поглавље 4: Механизми настанка и раста прслина у условима напонске корозије

У четвртом поглављу кандидат објашњава механизме настанка и раста прслина у условима напонске корозије. Напонска корозија је представљена као процес 'одложеног лома' који започиње стварањем а наставља растом прслине, веома малом брзином (10^{-9} - 10^{-6} m/sec), све док напон у материјала не достигне вредност чврстоће. Лом се дефинисан у три фазе, (i) иницијација прслине под дејством неког критичног, обично веома малог напрезања K_{Isc} , (ii) спори раст прслине која се може одвијати интер, или транс кристално, (iii) брзи, неочекивани раст прслине и коначни лом материјала када се достигне критична вредност фактора интензитета напона, K_{Ic} .

У овој дисертацији проучени су механички аспекти и кинетика анодног механизма напонске корозије. Објашњено је да постоје два основна модела анодне напонске корозије - 'slip-step dissolution' који се заснива на дислокационом механизму пластичне деформације на врху прслине и, 'film rupture model' који се заснива на интеракцији материјала са оксидним слојем на површини. У овом случају, оксидни филм на површини има заштитну улогу основног материјала. Под дејством примењеног напона, у оксидном филму јављају се прслине које остављају основни материјал незаштићеним од корозији.

Истовремено, одвија је регенерација оксидног филма, тзв. репасивизација. На тај начин, напонска корозија одвија се секвенцијално, понављањем раста прслине и репасивизације. Показано је да брзину напонске корозије одређују кинетички параметри ове две, међусобно независне, појаве. На основу ових разматрања развијен је аналитички модел брине раста прслине у условима напонске корозије.

Поглавље 5: Проширена Метода Коначних Елемената

Приказана је проширена метода коначних елемената (X-FEM), са свим потребним једначинама и објашњењима за њену примену на проблем који се разматра у дисертацији. Дате су основне једначине и осврт на примену у конкретном случају.

Поглавље 6: Резултати

Приказани су резултати нумеричка симулација применом проширене методе коначних елемената (X-FEM), у open-source програму Code -Aster.

Направљени су дводимензиони и тродимензиони модели напонског стања епрувете за затезање и компакне епрувете, са детаљном анализом напона на врху прслине услед корозије изазване преломом оксидног слоја на површини метала. Дебљина слоја је била у опсегу 1-10 μm . Примењени су принципи еласто-пластичне механике лома (EPFM), са напонско-деформационом карактеристиком материјала описаном Рамберг-Озгудовом једначином. Нумерички резултати су упоређени са експерименталним резултатима и аналитичким резултатима, добијених на основу модела представљеног у поглављу 4. Добијено је добро слагање за цео опсег K вредности у случају нумеричких резултата, односно за релативно мале вредности фактора интензитета напона у случају аналитичког модела.

Поглавље 7: Закључак

У овом поглављу су систематизовани и описани остварени научни резултати, класификовани као општи и појединачни, и дати правци будућих истраживања заснованих на резултата постигнутих у овој докторској дисертацији.

Поглавље 8: Литература

У овом поглављу приказана је и нумерисана литература коришћена за израду докторске дисертације.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост и оригиналност

Настанак и раст прслине у условима напонске корозије је још увек недовољно позната појава, а свакако веома значајна и актуелна јер њено истраживање има велики значај у обезбеђењу интегритета конструкције и значајну улогу у спречавању хаварија металних конструкција.

У оквиру докторске дисертације примењени су савремени истраживачки поступци уз коришћење најновијих софтверских решења за нумеричке симулације, у комбинацији са експерименталним истраживањима. Такође је разрађен аналитички и примењен модел за процену брзине раста прслине.

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. Ова литература је кандидату послужила као полазна основа за преглед постојећих истраживања везаних за област отказа услед напонске корозије, као и за припрему нумеричких модела. Све референце коришћене у раду приказане су на крају рада, а кандидат се позива на анализе, резултате и закључке објављене у научним часописима и конференцијама међународног значаја.

3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

У изради докторске дисертације примењене су експерименталне и нумеричке методе. Проширена метода коначних елемената има све већу примену и користи се за прорачун брзине раста прелине у различитим компонентама. У овој дисертацији је развијен оригинални софтвер за прорачун еласто-пластичног напонског стања и брзине раста прелине у условима напонске корозије, чији су резултати верификовани на основу поређења са другим нумеричким, експерименталним и аналитичким резултата.

3.4. Применљивост остварених резултата

Добијени резултати у оквиру докторске дисертације поред научне вредности имају и значајну практичну примену, пре свега у процени интегритета компонената које раде у условима напонске корозије. Остварени нумерички модели омогућавају одређивање утицаја различитих геометрија које се могу наћи у пракси. Такође је показано да је приказана поступак прорачуна примењив на различите материјале.

3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

Током израде докторске дисертације кандидат је показао способност за самостални научни рад, односно да има довољно знање у оквиру области науке о материјалима, механике лома, као и савремене нумеричке анализе, потребно за даљи научно-истраживачки рад.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

Оригинални научни доприноси кандидата Мохамеда Алтатеба и његовог доктората под називом “Experimental and numerical investigation of corrosion crack growth in mild structural steel” (“Експериментално и нумеричко испитивање раста

прслине у условима напонске корозије конструкционих челика”) су наведени и описани на странама од 99-100 дисертације, и објављени у раду 1, категорије M23 у часопису Technical Gazette, <https://doi.org/10.17559/TV-20201106131352>, у поглављу 7, на странама 245-246:

- Нумеричке методе могу добро да симулирају експеримент, односно напонско стање и брзину раста прслине условима напонске корозије.
- Аналитички модели такође дају добре резултате, али само у области релативно малих K вредности.
- Комбинација експерименталних и нумеричких истраживања може да пружи комплетну слику понашања материјала у условима напонске корозије.
- Брзина раста прслине у условима напонске корозије највише зависи од брзине деформације на врху прслине и анодне густине струје.
- Врста оптерећења и напонског стања (дводимензионо или тродимензионо) нема битног утицаја.

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 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 аналитичке процедуре имају велику примењивост у области процене интегритета заварених конструкција. У даљем раду је потребно анализирати комплексније геометрије, какве се срећу код реалне компоненти у радним условима, односно при дејству напонске корозије.

4.3. Верификација научних доприноса

Научни доприноси кандидата Мохамеда Алкатеба, верификовани су следећим радовима:

1. Mohamed Alkateb, Srđan Tadić, Aleksandar Sedmak, Ivana Ivanović, Svetislav Marković, Crack Growth Rate Analysis of Stress Corrosion Cracking, Technical Gazette 28, 2021(1), 240-247, <https://doi.org/10.17559/TV-20201106131352>, M23

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

На основу детаљног прегледа докторске дисертације, Комисија за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације констатује да је докторска дисертација под насловом **Experimental and numerical investigation of corrosion crack growth in mild structural steel (Експериментално и нумеричко испитивање раста прслине у условима напонске корозије конструкционих челика)** кандидата Мохамеда Алкатеба, дипл.инж.маш., прихвати, изложи на увид јавности и упуту 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 Мохамед Алкатеб, дипл.инж.маш., успешно завршио докторску дисертацију у складу са предвиђеним предметом и постављеним циљевима истраживања, а да је докторска дисертација под називом **Experimental and numerical investigation of corrosion crack growth in mild structural steel (Експериментално и нумеричко испитивање раста прслине у условима напонске корозије конструкционих челика)** представља оригиналан научни рад са научним доприносима у области машинства, ужа научна област **Технологија материјала-Машински материјали**.

У Београду, 18.2.2021. год

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

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

Др Гордана Бакић, ванр. проф.
Машински факултет Универзитета у Београду

Др Милош Ђукић, ванр. проф.
Машински факултет Универзитета у Београду

Др Срђан Тадић, научни сарадник,
Иновациони центар Машинског факултета, Београд

Др Ивана Васовић, научни сарадник,
Институт Лола, Београд