

ТЕХНОЛОШКО-МЕТАЛУРШКИ
ФАКУЛТЕТ

35/396
(Број захтева)
19.01.2021.
(датум)

Образац 2
УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
ВЕЋЕ НАУЧНИХ ОБЛАСТИ ТЕХНИЧКИХ
НАУКА

(назив већа научне области коме се захтев упућује)

Београд, Студентски трг бр. 1

ЗАХТЕВ

за давање сагласности на реферат о урађеној докторској дисертацији

Молимо да, сходно члану 47. ст. 5. тачка 4. Статута Универзитета у Београду (“Гласник Универзитета у Београду” број 162/11, пречишћен текст, 167/12, 172/13 и 178/14), дате сагласност на реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата:

Abubkr (Mohamed) Hemer, мастер инжењер

КАНДИДАТ: **Abubkr (Mohamed) Hemer** пријавио је докторску дисертацију под називом:
„Еластопластично понашање завареног споја челика високе чврстоће при деловању статичког и динамичког оптерећења (Elastic-plastic behavior of high strength steel welded joint under static and dynamic loading)“

Из научне области: **ТЕХНОЛОШКО ИНЖЕЊЕРСТВО**

Универзитет је дана **24.02.2020.** године, својим актом **61206-652/2-20**, дао сагласност на предлог теме докторске дисертације која је гласила:

„ Еластопластично понашање завареног споја челика високе чврстоће при деловању статичког и динамичког оптерећења (Elastic-plastic behavior of high strength steel welded joint under static and dynamic loading)“

Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата **Abubkr (Mohamed) Hemer** образована је на седници Наставно-научног већа одржаној **05.11.2020.** године Одлуком Факултета под бр. **35/318**, у саставу:

Име и презиме	Звање	Научна област
1.Др Љубица Миловић	Редовни професор	Механика лома и заваривање
2.Др Славиша Путић	Редовни професор	Инжењерство материјала
3.Др Александар Грбовић	Редовни професор	Ваздухопловство

Студент је уписан на докторске студије школске 2015/2016. године.

Наставно-научно веће Факултета прихватило је реферат Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације на седници одржаној дана **24.12.2020.** године.

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

Проф. др Петар Ускоковић

На основу чл. 40. став 3. Закона о високом образовању, чл. 112. став 3. Статута Универзитета у Београду, чл. 88. став 3. Статута ТМФ-а и чл. 39. Правилника о докторским студијама ТМФ, на седници Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета од 24.12.2020. године, донета је

О Д Л У К А

о прихватању Реферата о оцени докторске дисертације

Прихвата се Реферат Комисије у саставу: др Љубица Миловић, редовни професор Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет, др Славиша Путић, редовни професор Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет, др Александар Грбовић, редовни професор Универзитета у Београду, Машински факултет, о прегледу и оцени урађене докторске дисертације под називом: **„Еластопластично понашање завареног споја челика високе чврстоће при деловању статичког и динамичког оптерећења (Elastic-plastic behavior of high strength steel welded joint under static and dynamic loading)“** коју је поднео **Abubkr Mohamed Abdulhamid Abdulah HEMER**, мастер инжењер и упућује се на сагласност Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду.

Веће научних области техничких наука Универзитета у Београду дало је сагласност на предлог теме докторске дисертације **Abubkr Mohamed Abdulhamid Abdulah HEMER**, под називом **„Еластопластично понашање завареног споја челика високе чврстоће при деловању статичког и динамичког оптерећења (Elastic-plastic behavior of high strength steel welded joint under static and dynamic loading)“** Одлуком број: 61206-652/2-20 од 24.02.2020. године.

Верификација научних доприноса:

Категорија M21:

1. Aleksić B., Grbović A., Milović Lj., Hemer A., Aleksić V.: Numerical simulation of fatigue crack propagation: A case study of defected steam pipeline, Engineering Failure Analysis, Vol. 106, December 2019, 104165. ISSN 1350-6307; IF: 2,897.

<https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2019.104165>

2. Hemer A., Milović Lj., Grbović A., Aleksić B., Aleksić V.: Numerical determination and experimental validation of the fracture toughness of welded joints, Engineering Failure Analysis, Vol. 107, January 2020, 104220. ISSN 1350-6307; IF: 2,897.

<https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2019.104220>

Категорија M23:

1. **Hemer A.M.**, Arandjelović M., Milović Lj., Kljajin M., Lozanović Šajić J.: Analytical vs numerical calculation of fatigue life for different welded joint regions, Tehnički vjesnik, Vol. 24, No. 6, December 2020. ISSN 1330-3651; IF: 0,670.

Article ID: TV-20200921152557.

Одлуку доставити: Већу научних области техничких наука Универзитета, ментору, Служби за наставно-студентске послове, Библиотеци и Архиви факултета.

Д Е К А Н

Проф. др Петар Ускоковић

NASTAVNO-NAUČNOM VEĆU

Predmet: Referat o urađenoj doktorskoj disertaciji kandidata Abubkr Mohamed Abdulhamid Abdulah HEMER-a

Odlukom br. 35/318 od 5. XI 2020. godine, imenovani smo za članove Komisije za pregled, ocenu i odbranu doktorske disertacije kandidata **Abubkr Mohamed Abdulhamid Abdulah HEMER** pod naslovom

„Elastoplastično ponašanje zavarenog spoja čelika visoke čvrstoće pri delovanju statičkog i dinamičkog opterećenja“ („Elastic-plastic behavior of high strength steel welded joint under static and dynamic loading“).

Posle pregleda dostavljene Disertacije i drugih pratećih materijala i razgovora sa Kandidatom, Komisija je sačinila sledeći

R E F E R A T

1. UVOD

1.1. Hronologija odobravanja i izrade disertacije

Abubkr Mohamed Abdulhamid Abdulah HEMER je upisao doktorske akademske studije na Tehnološko-metalurškom fakultetu Univerziteta u Beogradu **školske 2015/16** godine na studijskom programu Inženjerstvo materijala.

10. decembra 2019. godine kandidat Abubkr Mohamed Abdulhamid Abdulah HEMER je predložio temu doktorske disertacije pod naslovom **„Elastoplastično ponašanje zavarenog spoja čelika visoke čvrstoće pri delovanju statičkog i dinamičkog opterećenja“ („Elastic-plastic behavior of high strength steel welded joint under static and dynamic loading“).**

24. decembra 2019. godine na sednici Nastavno-naučnog veća Tehnološko-metalurškog fakulteta Univerziteta u Beogradu doneta je Odluka br. **35/407** o imenovanju članova Komisije za ocenu podobnosti teme i kandidata Abubkr Mohamed Abdulhamid Abdulah HEMER-a pod naslovom **„Elastoplastično ponašanje zavarenog spoja čelika visoke čvrstoće pri delovanju statičkog i dinamičkog opterećenja“ („Elastic-plastic behavior of high strength steel welded joint under static and dynamic loading“).**

30. januara 2020. godine na sednici Nastavno-naučnog veća Tehnološko-metalurškog fakulteta Univerziteta u Beogradu doneta je Odluka br. **35/17** o prihvatanju teme doktorske disertacije pod naslovom **„Elastoplastično ponašanje zavarenog spoja čelika visoke čvrstoće pri delovanju statičkog i dinamičkog opterećenja“ („Elastic-plastic behavior of**

high strength steel welded joint under static and dynamic loading“), a za mentora je imenovana dr Ljubica Milović.

24. februara 2020. godine Veće naučnih oblasti tehničkih nauka donelo je Odluku br. **61206-652/2-20** o davanju saglasnosti na predlog teme **„Elastoplastično ponašanje zavarenog spoja čelika visoke čvrstoće pri delovanju statičkog i dinamičkog opterećenja“ („Elastic-plastic behavior of high strength steel welded joint under static and dynamic loading“)** kandidata Abubkr Mohamed Abdulhamid Abdulah HEMER-a.

5. novembra 2020. godine na sednici Nastavno-naučnog veća Tehnološko-metalurškog fakulteta Univerziteta u Beogradu doneta je Odluka br. **35/318** o imenovanju članova Komisije za pregled, ocenu i odbranu doktorske disertacije kandidata **Abubkr Mohamed Abdulhamid Abdulah HEMER-a** pod naslovom **„Elastoplastično ponašanje zavarenog spoja čelika visoke čvrstoće pri delovanju statičkog i dinamičkog opterećenja“ („Elastic-plastic behavior of high strength steel welded joint under static and dynamic loading“).**

1.2. Naučna oblast disertacije

Istraživanja u okviru ove doktorske disertacije pripadaju naučnoj oblasti Tehnološko inženjerstvo i užoj naučnoj oblasti Inženjerstvo materijala za koju je matična ustanova Tehnološko-metalurški fakultet Univerziteta u Beogradu. Mentor ove doktorske disertacije je dr Ljubica Milović, redovna profesorka Tehnološko-metalurškog fakulteta Univerziteta u Beogradu, koja je na osnovu dosadašnjeg rada sa doktorandima kao i profesionalnog iskustva i objavljenih radova iz oblasti kojoj pripada ova doktorska disertacija, kompetentna da rukovodi njenom izradom.

1.3. Biografski podaci o kandidatu

Abubkr Mohamed Abdulhamid Abdulah HEMER je rođen 1. januara 1966. godine u Zlitenu, Libija gde je završio osnovnu i srednju školu. Na Mašinskom fakultetu Univerziteta u Bengaziju, Libija diplomirao je 1990. godine. Magistrirao je 2009. godine na Katedri za proizvodno mašinstvo Mašinskog fakulteta Univerziteta u Tripoliju, Libija.

Po završetku studija 1991. godine zaposlio se u firmi Kaam industrija kao inženjer u proizvodnom pogonu gde je radio do 1995. godine. Iste godine je unapređen u direktora održavanja u istoj firmi i na tom položaju je ostao do 2000. godine. Od decembra 2000. do kraja 2006. godine radio je kao inženjer na Višem politehničkom institutu u Zlitenu. Decembra 2010. godine postao je docent na istom institutu gde je radio do decembra 2014. godine.

Doktorske akademske studije na Tehnološko-metalurškom fakultetu Univerziteta u Beogradu upisuje školske 2015/16 godine na studijskom programu Inženjerstvo materijala.

Tokom dosadašnjeg naučno-istraživačkog rada kolega Hemer je objavio 2 rada u vrhunskom međunarodnom časopisu, 1 rad u istaknutom međunarodnom časopisu, 1 rad u časopisu međunarodnog značaja verifikovanog posebnom odlukom, 2 rada u tematskom zborniku vodećeg međunarodnog značaja, 1 predavanje po pozivu sa međunarodnog skupa štampano u izvodu, 3 saopštenja sa međunarodnih skupova štampanih u celini i 1 saopštenje sa međunarodnog skupa štampano u izvodu.

Kandidat Abubkr Mohamed Abdulhamid Abdulah HEMER je položio sve ispite predviđene planom i programom doktorskih akademskih studija na Tehnološko-metalurškom fakultetu Univerziteta u Beogradu sa ostvarenih 81 ESP bodova i prosečnom ocenom 9,91.

2. OPIS DISERTACIJE

2.1. Sadržaj disertacije

Doktorska disertacija kandidata Abubkr Mohamed Abdulhamid Abdulah HEMER-a pisana je na engleskom jeziku, i sadrži 119 numerisanih strana A4 formata, 24 slike, 25 tabela, 73 dijagrama i 30 jednačina sa 69 literaturnih navoda.

Disertacija sadrži sledeća poglavlja: *Apstrakt* (na engleskom i srpskom jeziku), *Uvod*, *Teorijski deo* (Mehanika loma), *Eksperimentalna istraživanja*, *Numerička simulacija žilavosti loma zavarenih spojeva*-statičko opterećenje, *Rast zamorne prsline u različitim oblastima zavarenog spoja*, *Zaključci*. Na kraju je dat spisak korišćene literature, biografija kandidata, Izjava o autorstvu, Izjava o istovetnosti štampane i elektronske verzije doktorskog rada i Izjava o korišćenju.

2.1. Kratak prikaz pojedinačnih poglavlja

U prvom poglavlju (Uvod, Pregled literature) je definisana tema istraživanja ovog doktorata zajedno sa glavnim istraživačkim ciljevima. U teorijskom delu prikazani su literaturni podaci prikupljeni iz relevantnih referenci koje se odnose na ponašanje zavarenih konstrukcija izrađenih od čelika povišene čvrstoće, u prisustvu prsline i pod dejstvom radnog opterećenja, kao i kriterijumi prihvatljivosti prsline kod zavarenih spojeva takvih konstrukcija.

U drugom poglavlju predstavljani su osnovni koncepti mehanike loma koji se odnose na temu disertacije. Akcenat je stavljen na statičke probleme elastoplastičnog rasta prsline (J -integral) i rast prsline izazvan zamarajućim opterećenjem (Parisov zakon). Opisan je COD, empirijski parametar mehanike loma koji se koristi kao mera žilavosti loma duktilnih materijala. S tim u vezi je i razmatrana veličina plastične zone oko vrha prsline, definisani su i pojmovi ravnog stanja napona (uslov pri kom je na bočnim površinama izražena plastična deformacija) i ravnog stanja deformacije (odgovara mu mala zona plastične deformacije u sredini debljine materijala). Posebno je istaknuta primena konturnog J -integrala pri stvaranju prsline i objašnjena je njegova kritična vrednost J_{Ic} . Dalje je definisan uslov pri kome prsline raste stabilno, kao i pojava neželjenog, iznenadnog krtog loma. Posebno je objašnjeno eksperimentalno dobijanje J - Δa krive koja je od interesa za istraživanja prikazana u radu. Definisana je i detLJNO objašnjena jednačina rasta zamorne prsline koja je naročito našla primenu u oblasti zamora zavarenih spojeva.

U trećem poglavlju detaljno su prikazana eksperimentalna istraživanja ponašanja epruveta izrađenih od čelika visoke čvrstoće koji se koristi za izradu cevovoda za transport nafte i prirodnog gasa i čija zatezna čvrstoća iznosi 820 MPa, a čvrstoća popuštanja 654 MPa. Posle određivanja hemijskog sastava ispitivanog materijala (C 0,109%; Mn 0,828%; Mo 0,469%, Ni 1%; Cr 0,466%; Cu 0,251%), pristupilo se određivanju mehaničkih osobina na okruglim glatkim epruvetama. Ploče od osnovnog materijala (OM) su zavarene MIG postupkom i posle nagrizanja je napravljen veliki broj epruveta dimenzija (10 x 10 x 55) mm koje su vađene iz metala šava (MŠ) i iz zone pod uticajem toplote (ZUT). Te epruvete su dalje poslužile za statička i dinamička ispitivanja ponašanja zavarenih spojeva u prisustvu zareza i prsline. Sva ispitivanja su urađena na sobnoj temperaturi. Rezultati mehaničkih ispitivanja zavarenog spoja (ZS), zatezna čvrstoća od 837 MPa i čvrstoća popuštanja od 768 MPa pokazala su da je u pitanju overmatching zavarivanje gde je čvrstoća popuštanja MŠ veća od čvrstoće popuštanja OM. Urađena su ispitivanja energije udara na instrumentiranom Šarpi klatnu za epruvete iz OM i MŠ i ZUT i dobijene su vrednosti maksimalnih sila, energija stvaranja i energija širenja prsline, kao i ukupne energije udara. Zatim su urađena ispitivanja epruveta za

savijanje u tri tačke (TPB) zamaranjem na fraktomatu, odakle su dobijene vrednosti Parisovih koeficijenata. Ispitivanja mehanike loma su takođe urađena na TPB epruvetama iz OM, MŠ i ZUT, koje su prethodno zamorene na servohidrauličnoj kidalici radi stvaranja zamorne prsline. Rezultati merenja i ispitivanja prikazani su dijagramima i dati su tabelarno.

U četvrtom poglavlju je prikazana urađena numerička simulacija metodom konačnih elemenata (MKE), ponašanja epruveta sa zarezom izloženih statičkom opterećenju. Rast prsline je simuliran u vodećem programu za inženjerske simulacije, Ansys. Prikazani su i diskutovani rezultati simulacije modela koji su predstavljali OM i MŠ i upoređene su dobijene vrednosti za J -integral sa vrednostima dobijenim eksperimentalnim ispitivanjem.

U petom poglavlju prikazana je primena proširene metode konačnih elemenata (PMKE) na numeričku analizu rasta zamorne prsline kroz različite zone ZS različitih geometrija. U ovoj analizi je ZS numerički modeliran PMKE koristeći Ansys R19.2 za numeričku analizu rasta zamorne prsline. Definisani su uslovi opterećenja i granični uslovi i odabrani su konačni elementi i njihova mreža. Numerički je utvrđen je broj ciklusa (a - N krive) potreban da prsline napreduje do polovine širine neto preseka za epruvete iz OM, MŠ i ZUT. S obzirom da u literaturi ne postoje rezultati numeričke simulacije rasta zamorne prsline za ispitivani čelik 15NiMoCrB4-5, rezultati dobijeni u ovom radu upoređeni su sa rezultatima iz literature za drugi tip čelika povišene čvrstoće, Protac 500.

U šestom poglavlju prikazana je procena integriteta zavarenog spoja na osnovu analitičke mehanike loma. Dat je analitički proračun preostalog veka ZS sa zamornom prslinom iniciranom u ZUT. Procena integriteta konstrukcije zasniva se na proceni parametara mehanike loma i korelaciji sa njihovim kritičnim vrednostima. Ukoliko se na zavarenoj konstrukciji otkrije prsline, odluka o tome da li ona može da nastavi da radi u prisustvu prsline naziva se procena integriteta konstrukcije. Ona je od izuzetnog značaja jer pomaže u donošenju odluke da li konstrukcija može da nastavi da radi, ili je potrebno popraviti je, ili je treba zameniti. Pri analizi zamora, broj ciklusa je reprezentativni parametar koji se takođe ocenjuje numeričkim simulacijama. Prikazana su analitički i numerički dobijeni rezultati koji pokazuju broj ciklusa potreban da prsline dostignu određene dužine i to za slučaj da se one prostiru u OM i ZUT.

U poglavlju Zaključci dat je detaljan pregled rezultata sa tumačenjem i ukazano je na nova saznanja o ponašanju ispitivanog materijala u uslovima statičkog i dinamičkog opterećenja do kojih je autor došao u radu na disertaciji.

Na kraju disertacije naveden je spisak korišćene literature po poglavljima kao i spisak radova koji su proistekli istraživanjem u okviru ove doktorske disertacije.

3. OCENA DISERTACIJE

3.1. Savremenost i originalnost

Podstrek za izradu doktorske disertacije „Elastoplastično ponašanje zavarenog spoja čelika visoke čvrstoće pri delovanju statičkog i dinamičkog opterećenja“ bili su otkazi zavarenih komponenata naftovoda izrađenih od čelika 15NiMoCrB4-5 posle relativno kratke eksploatacije od samo 20000 časova i pojava prevremenih prsline u cevima naftovoda, što sve zajedno uslovljava skupu reparaturu.

Mehanika loma je dala bitan doprinos u analizi ponašanja prsline, i što je još važnije, obezbedila mesto aktivnom pristupu problemima vezanim za pojavu i razvoj loma. Analiza prsline i njihovog razvoja u različitim uslovima opterećenja, pri statičkom i udarnom opterećenju, zamoru, a naročito pri zajedničkom dejstvu više vrsta opterećenja, omogućila je

da se problemu integriteta konstrukcija pride sa velikim šansama za predupređenje otkaza kombinovanom aktivnošću: analizom konstrukcije, ispitivanjem i kontrolom, inspekcijom u toku eksploatacije, procenom preostalog veka, pravovremenom reparaturom i ponovo procenom veka. Zahvaljujući savremenom pristupu procene integriteta i veka komponenata izrađenih od ove vrste čelika, moguće je znatno smanjiti troškove održavanja i reparature, što je od velikog značaja za korisnike ovakvih postrojenja.

3.2. Osvrt na referentnu i korišćenu literaturu

Pri izradi doktorske disertacije kandidat Abubkr Mohamed Abdulhamid Abdulah HEMER je pregledao obimnu stručnu i naučnu literaturu iz oblasti teme ove disertacije. Korišćeni su udžbenici i monografije koje se odnose na mehaniku loma i integritet zavarenih konstrukcija, zatim pionirski radovi iz oblasti otpornosti materijala prema prslinama i lomu, kao i najnoviji članci, saopštenja i standardi koji se odnose na procenu veka i numeričke simulacije prslina u zavarenim spojevima.

U okviru literature su i reference kandidata Abubkr Mohamed Abdulhamid Abdulah HEMER-a koje su proistekle tokom rada na disertaciji.

3.3. Opis i adekvatnost primenjenih naučnih metoda

Za izradu doktorske disertacije primenjeni su savremeni istraživački postupci i laboratorijska merenja i najnovije numeričke metode istraživanja.

Savremenim laboratorijskim merenjima na SHIMADZU AG-X Plus elektromehaničkoj kidalici kapaciteta 250kN, određena su mehanička svojstva osnovnog materijala i konstituenata zavarenog spoja, posebno zone pod uticajem toplote, a posebno metala šava.

Ispitivanje žilavosti urađeno je na instrumentiranom Charpy klatnu proizvođača AMSLER RKP 300 koje omogućava razdvojeno čitanje energije stvaranja i energije potrebne za rast prsline.

Jednačine i relacije koje su prikazane u radu primenjene su u okviru eksperimentalnih ispitivanja mehanike loma koja su urađena na INSTRON 1332 servohidrauličkoj kidalici kapaciteta ± 100 KN.

Za merenje brzine rasta zamorne prsline korišćene su merne folije 6 RMF-A5 proizvođača RUMUL. Merenje je urađeno na uređaju novije generacije Fraktomat 7609/213 proizvođača RUMUL. Na istom uređaju je i obavljeno prethodno zamaranje epruveta radi stvaranja zamorne prsline.

U okviru disertacije kandidat Abubkr Mohamed Abdulhamid Abdulah HEMER je napravio numerički model epruvete za savijanje u tri tačke, definisao je geometriju prsline i uneo je u model. Za izradu numeričkih modela korišćeni su najsavremeniji softverski paketi. Početni virtuelni 3D model dobijen je modeliranjem u softveru *Catia*, dok je numerički simulacija rasta prsline u zavarenom spoju izvedena proširenim metodom konačnih elemenata (PMKE) u softverskom paketu *Ansys R19.2*. Da bi se dobili što precizniji rezultati numeričkog proračuna, posebna pažnja je posvećena generisanju konačno-elementne mreže, odnosno usitnjavanju mreže u okolini vrha prsline i u oblasti pretpostavljenog daljeg rasta te prsline.

Primenjene su i metode verifikacije zasnovane na poređenju dobijenih eksperimentalni i numeričkih rezultata.

Za analizu i tumačenje dobijenih rezultata primenjena je metoda ekspertskeg mišljenja.

3.4. Primenljivost ostvarenih rezultata

Pored naučne vrednosti, rezultati dobijeni istraživanjima u okviru doktorske disertacije „Elastoplastično ponašanje zavarenog spoja čelika visoke čvrstoće pri delovanju statičkog i dinamičkog opterećenja“ imaju i praktičnu primenu u proračunima integriteta zavarenih konstrukcija opreme pod pritiskom. Primenom numeričkih proračuna koji su korišćeni u ovoj disertaciji, moguće je otkriti uticaj grešaka u geometriji nekog dela konstrukcije na njen otkaz ili lom. Takođe dobijeni numerički rezultati predstavljaju relativno jeftin način praćenja stabilnog rasta prsline u pojedinim elementima zavarenih konstrukcija, što može poslužiti za određivanje preostalog veka konstrukcije.

Naučna verifikacija rezultata proisteklih iz ove doktorske disertacije potvrđena je objavljivanjem u referentnim međunarodnim časopisima.

3.5. Ocena dostignutih sposobnosti kandidata za samostalni naučni rad

Kandidat Abubkr Mohamed Abdulhamid Abdulah HEMER je tokom izrade svoje doktorske disertacije naučio da kritički analizira i rešava naučne probleme, sa uspehom je ovladao naučnim i istraživačkim metodama i pokazao kvalitete neophodne za dalji samostalan naučni rad.

4. OSTVARENI NAUČNI DOPRINOS

4.1. Prikaz ostvarenih naučnih doprinosa

Sledeći naučni doprinosi su ostvareni u okviru ove doktorske disertacije:

- određene su kritične vrednosti žilavosti loma osnovnog metala, metala šava i zone pod uticajem toplote ispitivanog čelika;
- uspostavljena je procedura verifikacije eksperimentalnih i numeričkih rezultata ispitivanja zavarenih uzoraka od čelika visoke čvrstoće;
- definisana je numerička procedura za određivanje parametara rasta prsline u uslovima statičkog dinamičkog opterećenja konstrukcije i
- na osnovu eksperimentalno dobijenih parametara rasta prsline, numerički je definisan stabilan i nestabilan rast prsline što omogućava da se odredi preostali vek zavarene konstrukcije.

4.2. Kritička analiza rezultata istraživanja

Istraživanja sprovedena u okviru ove doktorske disertacije obuhvatila su analizu literature iz oblasti mehanike loma zavarenih spojeva i numeričkih simulacija prsline, opširnu kritičku analizu rezultata sprovedenih eksperimenata i rešavanje praktičnih problema praćenja prsline u zavarenom spoju primenom numeričkih metoda.

Osnovni cilj istraživanja bio je da se odrede vrednosti parametara mehanike loma i zamora materijala 15NiMoCrB4-5 i njegovog zavarenog spoja, da se numerički simulira eksperimentalno dobijena *J-R* kriva, da se utvrde efekti geometrije različitih oblasti zavarenog spoja i položaja prsline na zamorni vek i da se uporede analitički i numerički rezultati za rast zamorne prsline.

Utvrđeno je da čelik 15NiMoCrB4-5 i njegov zavareni spoj izveden MIG zavarivanjem pokazuju zadovoljavajući otpor rastu prsline, kako u uslovima statičkog, tako i u uslovima dinamičkog opterećenja. Pri tom je otpornost na statički rast prsline je najveća u OM, zatim u ZUT, dok je najmanja u MŠ.

Na osnovu dobijenih rezultata numeričke simulacije *J-R* krive, zaključuje se da je novouvedeni postupak pokazao vrlo dobro slaganje sa rezultatima eksperimenta, kako za OM, tako i za ZS.

Glavna prednost numeričke simulacije rasta zamorne prsline prikazana u ovom radu je mogućnost jednostavnog podešavanja geometrije ZS i obezbeđivanje onoliko različitih proračuna, koliko je potrebno u kratkom vremenskom periodu bez potrebe za značajnim prilagođavanjem početnog modela. Budući da su svi modeli zasnovani na potvrđenom eksperimentalnom modelu, nema potrebe za izvođenjem dodatnih eksperimenata što bi bilo prilično komplikovano i skupo.

Metoda numeričke simulacije rasta zamorne prsline može se primeniti na različite debljine ZS kao i na različite oblike žlebova (V, X, K i druge) jer njihova geometrija takođe utiče na dužinu zamorne prsline u slučaju da se prsline širi kroz različite oblasti ZS. Premda dobijeni rezultati ukazuju da je povoljan položaj zamorne prsline u ZUT-u, bez obzira da li u korenu ili licu šava, postoji niz drugih okolnosti koje treba uzeti u obzir. Sve dok postoji solidna osnova eksperimentalnih rezultata na koje se može osloniti, ovde predstavljena metodologija pruža jednostavan i efikasan način da se uzmu u obzir svi faktori koji utiču na rast prsline usled zamora.

4.3. Verifikacija naučnih doprinosa

Kao rezultat rada na doktorskoj disertaciji pod nazivom „Elastoplastično ponašanje zavarenog spoja čelika visoke čvrstoće pri delovanju statičkog i dinamičkog opterećenja“ („Elastic-plastic behavior of high strength steel welded joint under static and dynamic loading“) kandidata Abubkr Mohamed Abdulhamid Abdulah HEMER-a, proistekli su sledeći radovi i saopštenja:

Kategorija M21: rad u vrhunskom međunarodnom časopisu

1. Aleksić B., Grbović A., Milović Lj., **Hemer A.**, Aleksić V.: *Numerical simulation of fatigue crack propagation: A case study of defected steam pipeline*, Engineering Failure Analysis, Vol. 106, December 2019, 104165. ISSN 1350-6307; IF: 2,897.

<https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2019.104165>

2. **Hemer A.**, Milović Lj., Grbović A., Aleksić B., Aleksić V.: *Numerical determination and experimental validation of the fracture toughness of welded joints*, Engineering Failure Analysis, Vol. 107, January 2020, 104220. ISSN 1350-6307; IF: 2,897.

<https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2019.104220>

Kategorija M23: rad u istaknutom međunarodnom časopisu

1. **Hemer A.M.**, Arandjelović M., Milović Lj., Kljajin M., Lozanović Šajić J.: *Analytical vs numerical calculation of fatigue life for different welded joint regions*, Tehnički vjesnik, Vol. 24, No. 6, December 2020. ISSN 1330-3651; IF: 0,670.

Article ID: TV-20200921152557.

Kategorija M32: predavanje po pozivu sa međunarodnog skupa štampano u izvodu

1. Milović Lj., Aleksić B., **Hemer A.M.**, Aleksić V.: *Behaviour of 9% Cr steel and simulated HAZ at 600 °C*, – The Third International Conference on Fracture Mechanics FRACT 3, Chlef, Algeria 2016, p. 39.

Kategorija M24: rad u časopisu međunarodnog značaja verifikovanog posebnom odlukom

1. Aleksić V., Milović Lj., Aleksić B., Bulatović S., Burzić Z., **Hemer A.M.:** *Behaviour of Nionikral-70 in Low-cycle fatigue*, Integritet i vek konstrukcija, Vol. 17, No 1, 2017, pp. 61-73. ISSN 1451-3749.

Kategorija M33: saopštenje sa međunarodnog skupa štampano u celini

1. Aleksić V., Milović Lj., Aleksić B., **Hemer A.M.:** *Indicators of HSLA steel behavior under low cycle fatigue loading*, 21 st European Conference on Fracture, ECF21, Procedia Structural Integrity 2, 2016, pp. 3313-3321.

2. Aleksić B., Milović Lj., Grbović A., **Hemer A.**, Aleksić V., Zrilić M.: *Experimental and numerical investigation of the critical values of J-integral for the steel of steam pipelines*, ECF 22-Loading and Environmental Effects on Structural Integrity, Serbia 2018, Procedia Structural Integrity 13, 2018, pp. 1589-1594.

3. Aleksić B., Aleksić V., Milović Lj., **Hemer A.**, Prodanović A.: *Determination of polynomial depending between hardness and cooling time $\Delta t_{8/5}$ of steel NIONICRAL 70 heat affected zone*, – 18th International Conference on New Trends in Fatigue and Fracture NT2F18, July 17-20, 2018, Lisbon, Portugal, pp. 87-90.

Kategorija M34: saopštenje sa međunarodnog skupa štampano u izvodu

1. Aleksić B., **Hemer A.**, Jančić Heinemann R., Dimitrijević M., Milović Lj., *The analysis of SEM photographs of fractured surfaces of steel P91 and compared with the mechanical properties such as impact energy (toughness)*, Programme & Book of Abstracts, Fifteenth Young Researchers' Conference (15yrc 2016), Materials Science and Engineering, December 7-9, 2016, Serbian Academy of Sciences and Arts, Belgrade, Serbia, str. (6-5).

Kategorija M14: rad u tematskom zborniku vodećeg međunarodnog značaja M14

1. Aleksić B., Aleksić V., **Hemer A.**, Milović Lj., Grbović A.: *Determination of the Region of Stabilization of Low-Cycle Fatigue HSLA Steel from Test Data*, In: Proceedings of the 17th International Conference on New Trends in Fatigue and Fracture, Eds: Ricardo R. Ambriz, David Jaramillo, Gabriel Plascencia and Moussa Nait Abdelaziz, Springer, 2018, pp. 101-113.

2. Aleksić B., Grbović A., **Hemer A.**, Milović Lj., Aleksić V.: *Evaluation of Stress Intensity Factors (SIFs) Using Extended Finite Element Method (XFEM)*, In: Proceedings of the 17th International Conference on New Trends in Fatigue and Fracture, Eds: Ricardo R. Ambriz, David Jaramillo, Gabriel Plascencia and Moussa Nait Abdelaziz, Springer, 2018, pp. 355-369.

5. ZAKLJUČAK I PREDLOG

Pregledom doktorske disertacije **Abubkr Mohamed Abdulhamid Abdulah HEMER-a**, magistra tehničkih nauka, pod nazivom „Elastoplastično ponašanje zavarenog spoja čelika visoke čvrstoće pri delovanju statičkog i dinamičkog opterećenja (Elastic-plastic behavior of high strength steel welded joint under static and dynamic loading)“, Komisija je konstatovala da podneta doktorska disertacija ima sve neophodne sadržaje i da je napisana u skladu sa uobičajenim standardima.

Komisija konstatuje da doktorska disertacija ispunjava sve zakonske, formalne i suštinske uslove kao i sve kriterijuma koji se primenjuju prilikom vrednovanja doktorskih disertacija na Tehnološko-metalurškom fakultetu Univerziteta u Beogradu.

Na osnovu izloženog Komisija smatra da je doktorska disertacija ispunila ciljeve istraživanja i da predstavlja originalan naučni doprinos u oblasti Tehnološko inženjerstvo i užoj naučnoj oblasti Inženjerstvo materijala, što je potvrđeno radovima objavljenim u relevantnim časopisima međunarodnog značaja. Komisija pozitivno ocenjuje doktorsku disertaciju te predlaže Nastavno-naučnom veću Tehnološko-metalurškog fakulteta Univerziteta u Beogradu da doktorsku disertaciju **Abubkr Mohamed Abdulhamid Abdulah HEMER-a** čiji je naslov „Elastoplastično ponašanje zavarenog spoja čelika visoke čvrstoće pri delovanju statičkog i dinamičkog opterećenja (Elastic-plastic behavior of high strength steel welded joint under static and dynamic loading)“, izloži na uvid javnosti, uputi na konačno usvajanje Veću naučnih oblasti tehničkih nauka Univerziteta u Beogradu i da po završenoj proceduri, pozove kandidata na usmenu odbranu disertacije pred Komisijom u istom sastavu.

U Beogradu, 16. decembra 2020. godine

ČLANOVI KOMISIJE

Dr Ljubica Milović, redovna profesorka
Univerzitet u Beogradu
Tehnološko-metalurški fakultet

Dr Slaviša Putić, redovni profesor
Univerzitet u Beogradu
Tehnološko-metalurški fakultet

Dr Aleksandar Grbović, redovni profesor
Univerzitet u Beogradu
Mašinski fakultet