

Факултет МАШИНСКИ

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

794/3
(Број захтева)Већу научних области техничких наука
(Назив стручног већа коме се захтев упућује, сагласно
Члану 6. и чл. 7 став 1. овог Правилника)01.06.2017.
(Датум)**З А Х Т Е В**
за давање сагласности на предлог теме докторске дисертације

Молимо да сходно чл. 46. ст.5. тач.3. Статута Универзитета у Београду („Гласник Универзитета“, број 131/06), дате сагласност на предлог теме докторске дисертације

РАСТ ЗАМОРНЕ ПРСЛИНЕ У Т ЗАВАРЕНОМ СПОЈУ ЛЕГУРЕ АЛУМИНИЈУМА (FATIGUE CRACK GROWTH IN T WELDED JOINTS OF ALUMINUM ALLOY)

(пун назив предложене теме докторске дисертације)

НАУЧНА ОБЛАСТ Технологија материјала

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

1. Име, име једног родитеља и презиме кандидата: ABUBAKR M. A. KRAEDEGH2. Назив и седиште Факултета на коме је стекао високо образовање: Swinburne University, Australia
Мастер студије на смеру за напредну технологију производње3. Година дипломирања: 2012.

4. Назив магистарске тезе кандидата: _____

5. Назив Факултета на коме је магистарска теза одбрањена: _____

6. Година одбране магистарске тезе: _____

7. Назив Факултета на коме је кандидат уписао докторске студије: Машински факултет Београд

Одсек, смер или група: _____ / _____

Година уписа докторских студија: 2013.Обавештавамо Вас да је _____ Наставно-научно веће Факултета
(назив надлежног тела Факултета)на седници одржаној 01.06.2017

размотрило предложену тему и закључило да је тема подобна за израду докторске дисертације.

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТАПроф.др Радивоје Митровић

Прилог:

1. Предлог теме докторске дисертације са образложењем.

2. Акт надлежног тела факултета о подобности теме за израду докторске дисертације.

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
- МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ -
Број: 794/3
Датум: 01.06.2017. године
Београд, Краљице Марије 16

На основу захтева студента **Abubakr M. A. Kraedegh**, MSc., бр. 3038/1 од 29.11.2016. године да му се одобри израда докторске дисертације, реферата Комисије у саставу: др Александар Седмак, ред. проф., др Зоран Радаковић, ред. проф., др Александар Грбовић, ванр. проф., др Зијаж Бурзић, научни саветник, ВТИ Жарково и др Срђан Тадић, научни сарадник, ИЦ МФ Београд, број 794/2 од 30.05.2017. године, а на основу члана 30. Закона о високом образовању („Службени гласник РС“, број 76/2005, 100/2007 – аутентично тумачење, 97/2008, 93/2012 и 89/2013), члана 63. Статута Машинског факултета (број 1876/1 од 04.10.2013. године) и члана 30. Правилника о докторским студијама Машинског факултета, Наставно-научно веће Машинског факултета на седници од 01.06.2017. године, донело је следећу

ОДЛУКУ

Прихвата се научна заснованост теме докторске дисертације и констатује да студент **ABUBAKR M. A. KRAEDEGH**, MSc. испуњава услове за израду докторске дисертације «**РАСТ ЗАМОРНЕ ПРСЛИНЕ У Т ЗАВАРЕНОМ СПОЈУ ЛЕГУРЕ АЛУМИНИЈУМА (FATIGUE CRACK GROWTH IN T WELDED JOINTS OF ALUMINUM ALLOY)**».

За ментора студенту **Abubakr M. A. Kraedegh**, именује се др Александар Седмак, ред. проф.

Одлуку доставити: Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду, ментору и архиви Факултета.

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

проф. др Радивоје Митровић

NASTAVNO-NAUČNOM VEĆU MAŠINSKOG FAKULTETA UNIVERZITETA U BEOGRADU

Predmet: Podobnost teme i kandidata Abubakr M. A. Kraedegh-a, dipl. ing., za izradu doktorske disertacije

Na osnovu Odluke Nastavno-naučnog veća Mašinskog fakulteta Univerziteta u Beogradu broj 794/1 od 30.3.2017. godine, mišljenja Komisije za Doktorske studije i Koordinatora studija na stranom jeziku, i saglasnosti članova Katedre za tehnologiju materijala, a po prijavi teme doktorske disertacije kandidata Abubakr M. A. Kraedegh-a, studenta doktorskih studija, imenovani smo za članove Komisije za ocenu ispunjenosti kandidata i naučne zasnovanosti teme doktorske disertacije. Posle proučavanja dostavljenog materijala podnosimo sledeći

R E F E R A T

o podobnosti teme i kandidata Abubakr M. A. Kraedegh-a, dipl. ing. za izradu doktorske disertacije sa naslovom

(Fatigue crack growth in T welded joints of aluminum alloy)

Rast zamorne prsline u T zavarenom spoju legure aluminijuma.

1. Podaci o kandidatu

1.1 Opšti biografski podaci

Abubakr M. A. Kraedegh rođen je 8.4.1983 u mestu Sabratha u Libiji. Oženjen je i državljanin je Libije.

Obrazovanje

- Osnovnu i srednju školu je završio u mestu Sabratha, 1988-2000, u Libiji.
- Diplomirao je 2004. godine na Fakultetu Tehničkih Nauka Sabratha, Libija.
- Master studije završio je 2012. godine na Swinburne University Australija, Advanced Manufacturing Technologies.
- Radio kao mašinski inženjer u General Electronic Company of Libya, Tripoli, Libija, 2005-2008. godine
- Od 2012. Šef odeljenja za Mrežu za Transport Energije u General Electronic Company of Libya.

1.2 Aktivnosti na doktorskim studijama

U cilju realizacije programa usavršavanja Mahdi Mohamed Ahmad Algoul, dipl. ing. je položio sledeće obavezne i izborne predmete:

	Predmet	Profesor	Ocena
1	Izabrana Poglavlja Mehanike Fluida	Prof. Dr Zoran Stefanovic	9 (devet)
2	Integritet Konstrukcija	Prof. Dr Aleksandar Sedmak	10 (deset)
3	Analiza Performansi Tehnoloških Sistema	Prof. Dr Bojan Babic	10 (deset)
4	Computer Aided Design	Prof.Dr Aleksandar Grbovic	10 (deset)
5	Napredna Mehanika Loma	Prof. Dr Aleksandar Sedmak	10 (deset)
6	Primena MKE	Prof. Dr Aleksandar Grbovic	9 (devet)
7	Statistička Kontrola Procesa	Prof. Dr Bojan Babic	9 (devet)
8	Primena mehanike loma na integritet konstrukcija	Prof. Dr Aleksandar Sedmak	10 (deset)
9	Osnove Mehanike Loma	Prof. Dr. Aleksandar Sedmak	10 (deset)
10	Istraživanje i publikovanje	Prof. dr Zoran Radaković	10 (deset)
11	Istraživanje i publikovanje	Prof.Dr Aleksandar Grbovic	10 (deset)
12	Istraživanje i publikovanje	Prof. dr Zoran Radaković	10 (deset)
13	Istraživanje i publikovanje	Prof.Dr Aleksandar Grbovic	10 (deset)

- Kandidat je upisao doktorske studije skolske 2013/14. godine. Na doktorskim studijama kandidat je položio 13 (trinaest) predmeta sa prosečnom ocenom 9,77 (devet celih i sedmadeset sedam stotih). Kandidat je ostvario dodatne poene radom u laboratorijama Mašinskog fakulteta Univerziteta u Beogradu, i u pripremi prijave svoje disertacije.

1.3 Spisak objavljenih radova i drugih relevantnih rezultata i aktivnosti koje opredeljuju afinitet kandidata za rad na predloženoj temi

- A. Kraedegh, A. Sedmak, A. Grbović, N. Milošević, D. Daničić, Numerical Simulation of fatigue crack growth in FSW T joint made of Al 2024 T351 alloy, ECF21 June 2016, Catania, Procedia Structural Integrity 2 (2016) 3065-3072
- A. Kraedegh, W. Li, A. Sedmak, A. Grbović, N. Trišović, R. Mitrović, S. Kirin: Simulation of Fatigue Crack Growth in A2024-T351 T Welded Joint, časopis Integritet i Vek Konstrukcija, 1 (2017), p. 3-6

1.4. Ocena podobnosti kandidata za rad na predloženoj temi

Kandidat je svojim dosadašnjim istraživačkim aktivnostima ispoljio kvalitet, zainteresovanost i stručnost za naučni i istraživački rad.

Publikovani/izloženi rad u časopisima kategorije M24 i M23 ukazuje na smisao kandidata da se bavi teorijskim, numeričkim i eksperimentalnim istraživanjima.

Na osnovu biografskih podataka kandidata, položenih ispita na doktorskim studijama, njegovih naučnih i stručnih aktivnosti, kao i objavljenog rada, Komisija smatra da je kandidat dobar za rad na predloženoj temi doktorske disertacije.

2. Predmet i cilj istraživanja

2.1 Prikaz predmeta istraživanja

Široka primena zavarivanja za spajanje vazduhoplovnih konstrukcija je već duže vreme ograničena usled poteškoća sa proizvodnjom zavarenim spojeva aluminijumskih legurama, poput 2XXX i 7XXX serija, koje uglavnom smatraju nezavarljivim usled ograničene poroznosti i mikrostrukture tokom očvršćavanja u zoni stapanja. Stoga se zavarivanje trenjem sa mešanjem (Friction Stir Welding - FSW) može posmatrati kao suštinski značajan korak u razvoju zavarivanja Al legura tokom poslednje decenije, time pre što se radi o "zelenoj" tehnologiji, usled raznovrsnosti, bezbednosti po okolinu i energetske efikasnosti. U poređenju sa uobičajenim procesima zavarivanja, FSW troši značajno manje energije. Takođe, treba imati u vidu da kod zavarivanja trenjem sa mešanjem postoji mogućnost primene za različite vrste spojeva poput T spojeva.

Osnovni problem u eksploataciji zavarenih spojeva od aluminijumskih legura, namenjenih za izradu vazduhoplovnih konstrukcija, je rast zamorne prsline, što je predmet ovog istraživanja. Osnovni cilj istraživanja je obezbeđenje integriteta spojeva legura aluminijuma za vazduhoplovstvo, dobijenih postupkom zavarivanja trenjem sa mešanjem.

Rast prsline pod uticajem promenljivih opterećenja koja su manja od opterećenja kvazistatičkog loma naziva se zamor materijala. Najveći broj oštećenja i ispada iz pogona delova i konstrukcija tokom eksploatacije se događa kao posledica zamora. U nizu situacija oštećenja se mogu pripisati stanju materijala, ali su mnoga oštećenja posledica loših konstrukcijskih rešenja, a najčešće loših zavarenih spojeva [44]. To znači da sklonost ka zamoru dela mašine ili konstrukcije ili zavarenog spoja, ne zavisi samo od izdržljivosti na

zamor materijala od kojeg je deo izrađen već i od njegove geometrije. Prema tome, kada se kao zadatak postavlja povećanje izdržljivosti neke mašine ili konstrukcije na zamor treba imati u vidu da samo izbor izdržljivijeg materijala od kojih su delovi napravljeni nije dovoljan, a često je i neefikasan i da nova konstrukcijska rešenja predstavljaju bolju alternativu.

Greške u metalima i razni oblici koncentratora naprezanja (zarezi, žlebovi, otvori, zavareni i mehanički spojevi) u elementima se ne mogu izbeći. Zbog toga se period do iniciranja zamorne prsline N_i , sa stanovišta ukupnog veka zamora do pojave loma N_u , može zanemariti. S obzirom da se na brzinu rasta makroskopske prsline ne može uticati promenom strukture, to preostaje da se za dati materijal epruvete ili elementa odredi brzina rasta prsline u laboratorijskim uslovima i da se, nakon što se povremenim inspekcijama odredi veličina prsline, proceni preostali vek dela mašine ili konstrukcije. Mogućnost za ovu procenu pružaju postavke linearno-elastične mehanike loma.

Koncept LEML se može primeniti i za određivanje rasta prsline pri zamoru [45]. Teorijska potvrda je bazirana na takozvanom konceptu sličnog ponašanja kada su uslovi na vrhu prsline jednoznačno definisani samo preko jednog parametra opterećenja kao što je faktor intenziteta napona K . Za slučaj stacionarne prsline to znači da će do loma dve različite konfiguracije od istog materijala doći pri istoj, kritičnoj, vrednosti K -faktora, K_c . Pod određenim uslovima se K -faktor može primeniti i za opisivanje rasta prsline usled zamora. Sledi da se brzina rasta prsline da/dN može izraziti u obliku: $\frac{da}{dN} = f_1(\Delta K, R)$, gde je: $\Delta K = K_{max} - K_{min}$, opseg K -faktora, a $R = K_{max}/K_{min}$, njegov odnos.

Kako veličina plastične zone zavisi samo od $K_{m\Box x}$ i K_{min} sledi da prethodni izraz implicitno uzima u obzir uticaj plastične zone i pratećeg plastičnog pojasa na brzinu rasta prsline. Ukoliko pak $K_{m\Box x}$ i K_{min} variraju tokom ciklusa zamora, brzina rasta za tekući ciklus može zavisiti i od nivoa opterećenja χ pa se prethodni izraz može uopštiti i prikazati u obliku: $\frac{da}{dN} = f_2(\Delta K, R, \chi)$.

Teba naglasiti da uticaj različitih opterećenja na rast prsline da/dN isključuje primenljivost koncepta sličnog ponašanja. Naime, dve konfiguracije od istog materijala izložene zamoru sa istim vrednostima ΔK i R će pokazati istu brzinu rasta prsline da/dN samo ukoliko su i nivoi prethodnih opterećenja identični.

Rast prsline pri zamoru je veoma složen proces koji zavisi od niza promenljivih kao što su:

- ⇒ intenzitet efektivnog polja napona na vrhu prsline definisan K -faktorom;
- ⇒ tip i oblik opterećenja;
- ⇒ radna sredina (agresivnost, temperatura, vlažnost), i
- ⇒ mehaničke i metalurške karakteristike metala.

Imajući u vidu sve navedeno, u ovoj disertaciji će biti primenjene eksperimentalne i numeričke metode da se ispita integritet zavarenog spoja proizvedenog zavarivanjem mešanjem trenjem.

2.2 Naučni cilj disertacije

Osnovni naučni cilj disertacije je da se utvrdi mehanizma rasta zamorne prsline u T spoju, posebno pri promeni pravca kretanja vrha prsline.

3. Polazne hipoteze

Polazne hipoteze, na osnovu pregleda literature i sopstvenog iskustva:

- Rast zamorne prsline je nedovoljno poznata pojava.
- Zamor je osnovni problem u obezbeđenju integriteta konstrukcije i igra značajnu ulogu u havarijama i otkazima u vazduhoplovstvu.
- Eksperimentalno istraživanje može dobro da simulira realne uslove eksploatacije.
- Numeričke metode mogu da simuliraju eksperiment, odnosno skretanje pravca rasta zamorne prsline u spoju legure aluminijuma dobijenom zavrivanjem trenjem sa mešanjem sa dovoljno dobrom preciznošću
- Samo kombinacija gore navedenih eksperimentalnih i numeričkih istraživanja može da pruži kompletnu sliku ponašanja zamorne prsline u zavarenom spoju

4. Naučne metode istraživanja

Za potrebe ovog istraživanja predlažu se sledeći pristupi i metodologije:

- Detaljni pregled literature vezne za prethodno istraživanje na temu primene zavarivanja trenjem mešanjem u vazduhoplovnoj industriji

- Eksperimenatalno istraživanje T spoja od legure AA2024 kako bi se utvrdila brzina rasta prsline kao svojstvo materijala, odnosno svih oblasti zavarenog spoja.
- Numeričko modeliranje i simulacija zamornog rasta prsline primenom proširene metode konačnih elemenata (XFEM), pomoću softvera ABAQUS i Morfeo.
- Verifikacija i validacija numeričkih rezultata poređenjem sa eksperimentalnim podacima.
- Analiza podataka i optimizacija modela na osnovu prethodno dobijenih rezultata, sa ciljem osmišljanja što bržeg i efikasnijeg modela za simulaciju ponašanja zavarenih spojeva od aluminijumskih legura u prisustvu zamornih prsline.

5. Očekivani naučni doprinos

Očekuje se sledeći osnovni naučni doprinos:

- Utvrđivanje mehanizma rasta zamorne prsline u T spoju, odnosno pri promeni pravca kretanja vrha prsline.
- Određivanje uticaja geometrijskih parametara zavarenog spoja na rast zamorne prsline
- Potvrđivanje da proširena metoda konačnih elemenata (XFEM) može da se uspešno primeni na simulaciju ponašanja zamornih prsline u T spoju, u kombinaciji sa eksperimentalno dobijenim rezultatima.

6. Plan istraživanja i struktura rada

- Detaljni pregled literature vezne za prethodno istraživanje
- Sprovođenje eksperimenata na laboratorijskim uzorcima sa T spojem od legure AA2024 kako bi se utvrdila brzina rasta prsline u svim oblastima zavarenog spoja, odnosno C i m parametri za različite zone zavarenog spoja.
- Numeričko modeliranje i simulacija zamornog rasta prsline primenom proširene metode konačnih elemenata (XFEM), pomoću softvera ABAQUS i Morfeo.
- Analiza i poređenje numeričkih i eksperimentalnih rezultata.

Ovaj predlog teme je organizovan na sledeći način: Poglavlje 1 je uvodno, sa obrazloženjem značaja teme i pregledom literature. Poglavlje 2 će obuhvatiti zavarivanje mešanjem trenjem, generisanje toplote tokom zavarivanja aluminijumske legure [AA2024], različite zone zavarivanja mešanjem trenjem, prednosti i mane FSW i legure [AA2024]. Poglavlje 3 će se nadovezati na koncepte mehanike loma, zamornog rasta prsline i zamornog veka vazduhoplovnih konstrukcija. Poglavlje 4 će se baviti numeričkom simulacijom, odnosno primenom proširene metode konačnih

elemenata pomoću softvera ABAQUS i Morfeo. U poglavlju 5 će dobijeni numerički rezultati biti upoređeni sa eksperimentalnim rezultatima za T spoj, uz odgovarajuću diskusiju. Na kraju, poglavlje 6 se završava zaključkom i naučnim doprinosom kandidata, kao i smernicama za dalji rad.

7. Zaključak i predlog

Analizom Prijave kandidata, dipl. ing., Komisija zaključuje da je predložena tema adekvatna za izradu doktorske disertacije, kao i da kandidat ispunjava zakonske i istraživačke kvalifikacije za rad na doktorskoj disertaciji (zaključak 1.4). Komisija zato predlaže Nastavno-naučnom veću Mašinskog fakulteta Univerziteta u Beogradu da kandidatu **Abubakr M.A: Kraedegh**-u, odobri izradu doktorske disertacije sa naslovom (Fatigue crack growth in T welded joints of aluminum alloy) **Rast zamorne prsline u T zavarenom spoju legure aluminijuma**, u naučnoj oblasti „Mehanika loma – Nauka o materijalima“ za koju je Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu matičan, a predlaže se mentor dr Aleksandar Sedmak, red. prof. Mašinskog fakulteta Univerziteta u Beogradu.

U Beogradu, 18. maj 2017.

Članovi Komisije

Prof. dr Aleksandar Sedmak (mentor),
Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet

Prof. dr Zoran Radaković,
Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet

Dr Aleksandar Grbović, v.prof,
Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet

Dr Zijah Burzić, naučni savetnik
VTI, Žarkovo

Dr Srđan Tadić, naučni saradnik,
Inovacioni centar Mašinskog fakulteta u Beogradu

Додатак уз образац 1.

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ

Име и презиме: Александар С. Седмак

Звање: редовни професор

Списак радова објављених у научним часописима са Science Citation Index (SCI) листе који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. Rakin, M., Gubeljak, N., Dobrojević, M., **Sedmak, A.**: *Modelling of ductile fracture initiation in strength mismatched welded joint*, Engineering Fracture Mechanics 75 (11), pp. 3499-3510, 2008, ISSN 0013-7944, Impact Factor:1.91
2. Vojvodic Tuma, J., **Sedmak, A.**: *Analysis of the unstable fracture behaviour of a high strength low alloy steel weldment*, Engineering Fracture Mechanics, 71 (9-10), pp. 1435-1451., 2004, ISSN 0013-7944, Impact Factor:1.59
3. Rakin, M., Cvijovic, Z., Grabulov, V., Putic, S., **Sedmak, A.**: *Prediction of ductile fracture initiation using micromechanical analysis*, Engineering Fracture Mechanics, 71 (4-6), pp. 813-827., 2004, ISSN 0013-7944, Impact Factor:1.59
4. Shaji, E.M., Kalidindi, S.R., Doherty, R.D., **Sedmak, A.S.**: *Fracture properties of multiphase alloy MP35N*, Materials Science and Engineering A, 349 (1-2), pp. 313-317., 2003, Impact Factor:1.23
5. Shaji, E.M., Kalidindi, S.R., Doherty, R.D., **Sedmak, A.S.**: *Plane strain fracture toughness of MP35N in aged and unaged conditions measured using modified CT specimens*, Materials Science and Engineering A, 340 (1-2), pp. 163-169. 2003, ISSN 0921-5093, Impact Factor:1.23

(навести најмање један рад у случају менторства дисертације која се пријављује до 31.12.2008. године, односно најмање три рада у случају менторства дисертације која се пријављује у периоду од 1.01.2009. до 31.12.2009. године, односно најмање пет радова у случају менторства дисертације која се пријављује почев од 1.01.2010. године)

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА
