

Образац 1.

ТЕХНОЛОШКО-МЕТАЛУРШКИ
ФАКУЛТЕТ
35/286
(Број захтева)

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

ВЕЋЕ НАУЧНИХ ОБЛАСТИ ТЕХНИЧКИХ НАУКА
(Назив већа научне области и коме се захтев упућује)

21.10.2020.
(Датум)

ЗАХТЕВ

за давање сагласности на предлог теме докторске дисертације

Молимо да, сходно члану 47. ст. 5. тач. 3. Статута Универзитета у Београду („Гласник Универзитета“, број 131/06), дате сагласност на предлог теме докторске дисертације:

„Оптимизација технологије и металургије заваривања челика за термоенергетска постројења (Optimization of Welding Technology and Metallurgy of Steels for Thermoenergetic Power Plants)“

(пун назив предложене теме докторске дисертације)

НАУЧНА ОБЛАСТ: МЕТАЛУРШКО ИНЖЕЊЕРСТВО
ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

1. Име, име једног од родитеља и презиме кандидата:

ESMAIL (Ali Salem) AHMED, мастер инжењер

2. Назив и седиште факултета на коме је стекао основно образовање: Факултет за технологију цивилне авијације и метеорологију, Елсбеа, Либија

3. Година дипломирања: 1991.

4. Назив и седиште факултета на коме је стекао мастер образовање: **Белоруски национални технички универзитет, Минск, Белорусија**

5. Година дипломирања: 2005.

Студент је уписан на докторске академске студије школске 2014/2015. године.

Обавештавамо Вас да је Наставно-научно веће, на седници одржаној 24.09.2020. године размотрило предложену тему и закључило да је тема подобна за израду докторске дисертације.

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

Проф. др Петар Ускоковић

Прилог:

1. Предлог теме докторске дисертације са образложењем
2. Акт надлежног тела факултета о подобности теме за израду докторске дисертације
3. Подаци о ментору.

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ

за кандидата ESMail ALI SALEM AHMED, 4049/2014

Име и презиме ментора: НЕНАД РАДОВИЋ

Звање: Редовни професор

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. D.Glišić, **N.Radović**, A.Koprivica, A.Fadel, Dj.Drobnjak, Influence of Reheating Temperature and Vanadium Content on Transformation Behavior and Mechanical Properties of Medium Carbon Forging Steels, *ISIJ International* 50 (2010) 601-606 ISSN: 0915-1559, (IF2010=1.076, Metallurgy and Metallurgical Engineering 14/66) , DOI:http://doi.org/10.2355/isijinternational.50.601
2. A.Fadel, D.Glišić, **N.Radović**, Dj.Drobnjak, Influence of Cr, Mn and Mo Addition on Structure and Properties of V Microalloyed Medium Carbon Steels, *Journal of Materials Science & Technology* 28 (2012) 1053-1058 ISSN: 1005-0302 (IF2012=1.198, Metallurgy and Metallurgical Engineering 19/76) [doi:10.1016/S1005-0302\(12\)60172-8](https://doi.org/10.1016/S1005-0302(12)60172-8)
3. E.Hutli, M.Nedeljkovic, **N.Radovic**, Nano - and Micro-Scale Surface Modification of FCC Metal Using High Submerged Cavitating Water Jet, *Plasmonics* 8 (2013) 843-849. ISSN: 1557-1955 ISSN: 1557-1955 (IF=2.425, Materials Science, Multidisciplinary 48/251), DOI 10.1007/s11468-013-9481-6
4. A.Fadel, **N.Radovic**, D.Glišić, D.Drobnjak, Intragranular Ferrite Morphologies In Medium Carbon Vanadium-Microalloyed Steel, *Journal of Mining and Metallurgy, Section B: Metallurgy*, 49 (3) B (2013) 237-244, ISSN:1450-5339 (IF2013=1.435, Metallurgy and Metallurgical Engineering 22/75) DOI:10.2298/JMMB120820001F
5. I.Radisavljevic, A.Zivkovic, **N.Radovic**, V.Grabulov, Influence Of FSW Parameters On Formation Quality And Mechanical Properties Of Al 2024-T351 Butt Welded Joints, *Trans. Nonferrous Met. Soc. China* 23 (2013) 3525-3539, ISSN: 1003-6326 (IF2013=1.243; Metallurgy and Metallurgical Engineering 19/75) [doi:10.1016/S1003-6326\(13\)62897-6](https://doi.org/10.1016/S1003-6326(13)62897-6)

Заокружити одговарајућу опцију (А, Б, В или Г):

А) У случају менторства дисертације на докторским студијама у групацији техничкотехнолошких, природно-математичких и медицинских наука ментор треба да има најмање три рада са SCI, SSCI, AHCI или SCIE листе, као и Math-Net.Ru листе.

Б) У случају менторства дисертације на докторским студијама у групацији друштвено-хуманистичких наука ментор треба да има најмање три рада са релевантне листе научних

часописа (Релевантна листа научних часописа обухвата SCI, SSCI, AHCI и SCIE листе, као и ERIH листу, листу часописа које је Министарство за науку класификовало као M24 и додатну листу часописа коју ће, на предлог универзитета, донети Национални савет за високо образовање. Посебно се вреднују и монографије које Министарство науке класификује као M11, M12, M13, M14, M41 и M51.)

В) У случају израде докторске дисертације према ранијим прописима за кандидате који су стекли академски назив магистра наука ментор треба да има пет радова (референци) које га, по оцени Већа научних области, квалификују за ментора односно дисертације.

Г) У случају да у ужој научној области нема квалификованих наставника, приложити одлуку Већа докторских студија о именовању редовног професора за ментора.

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

Датум: _____

М.П.

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.31. и 32. Правилника о докторским студијама ТМФ-а на седници Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета од 24.09.2020. године, донета је

О Д Л У К А

о прихватању Реферата Комисије за оцену подобности теме и кандидата
за израду докторске дисертације

Прихвата се Реферат Комисије за оцену подобности теме и кандидата и одобрава израда докторске дисертације **Esmail Ahmed Ali Salem**, број индекса 4049/2014, под називом: „**Оптимизација технологије и металургије заваривања челика за термоенергетска постројења (Optimization of Welding Technology and Metallurgy of Steels for Thermoenergetic Power Plants)**“.

Одлуку о давању сагласности на предлог теме докторске дисертације доноси Универзитет у Београду.

За ментора се одређује др Ненад Радовић, редовни професор Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет.

Одлуку доставити: Универзитету у Београду, кандидату, ментору, Служби за наставно студентске послове и архиви Факултета.

Д Е К А Н

Проф. др Петар Ускоковић

NASTAVNO-NAUČNOM VEĆU
TEHNOLOŠKO-METALURŠKOG FAKULTETA
UNIVERZITETA U BEOGRADU

Predmet: Podobnost teme i kandidata Esmail Ali Salem AHMED-a, dipl. maš. inž. za izradu doktorske disertacije.

Na sednici Nastavno-naučnog veća Tehnološko-metalurškog fakulteta održanoj 16.07.2020. godine, odlukom broj 35/213 od 16.07.2020 imenovani smo za članove Komisije za ocenu podobnosti kandidata Esmail Ali Salem AHMED-a (indeks broj 4049/2014), master maš. inž. i naučne zasnovanosti teme za izradu doktorske disertacije koju je pod nazivom „Neki aspekti zavarivanja čelika za termoenergetska postrojenja” (Some aspects of welding of steels in thermo energetic plants) predložio Esmail Ali Salem AHMED-a, master maš. inž. Na osnovu pregleda i analize materijala dostavljenog uz Zahtev kandidata, Komisija podnosi Nastavno-naučnom veću sledeći

IZVEŠTAJ

1. PODACI O KANDIDATU

1.1. BIOGRAFSKI PODACI

Esmail Ali Salem AHMED je rođen 1968 godine u mestu Tarhuna, Libija. Osnovno i srednje školovanje završio 1987, a 1988 je upisao Koledž za Civilno vazduhoplovstvo i meteorologiju. Osnovne akademske studije na studijskom programu za mašinske inženjere – energetski smer završio 1991.

Master akademske studije je upisao 2003 godine na Beloruskom nacionalnom tehničkom univerzitetu u Minsku, na studijskom programu Zavarivanje i dobio naziv mastera tehničkih nauka.

Od 1991-2010 je bio zaposlen u Centralnom istraživačkom tehničkom institutu u Tripoliju kao istraživač.

Od 2010- danas je predavač na koledžu za Civilno vazduhoplovstvo i meteorologiju, Elsbea, Libija.

Govori engleski jezik, a služi se ruskim i srpskim.

Oženjen, ima petoro dece.

1.2. STEČENO NAUČNO-ISTRAŽIVAČKOISKUSTVO

Doktorske akademske studije trećeg stepena na Tehnološko-metalurškom fakultetu u Beogradu upisao je školske 2014/15. godine. U okviru izabranog studijskog programa Metalurško inženjerstvo, položio je sve predviđene ispite, srednja ocena 8,55 i odbranio završni ispit: “Zavarivanje čelika za termoenergetska postrojenja“, pred komisijom u sastavu dr Nenad Radović, red.prof., dr Dragomir Glišić, docent i dr Vencislav Grabulov, naučni savetnik IMS.

Položeni ispiti, obim ESPB i ostvareni rezultati u okviru doktorskih studija su dati u tabeli

Redni broj	Naziv predmeta	ESPB	Ocena
1	Fizička metalurgija zavarivanja	5	7 (sedam)
2	Fizika loma	5	8 (osam)

3	Kinetika faznih transformacija	5	7 (sedam)
4	Zavarljivost i sigurnost zavarenih spojeva	5	9 (devet)
5	Struktura i svojstva metalnih materijala	5	6 (šest)
6	Metalurgija zavarivanja	5	9 (devet)
7	Viši kurs fizike čvrstoće i plastičnosti	5	9 (devet)
8	Tehnologija zavarivanja i lemljenja	5	10 (deset)
9	Odabrana poglavlja numeričke analize	5	10 (deset)
10	Fenomeni prenosa u inženjerstvu materijala	5	10 (deset)
11	Završni ispit	30	9 (devet)
	Ukupno ESPB / srednja ocena	80	8,55

1.3. Ocena podobnosti kandidata za rad na predloženoj temi

Komisija napominje da je Esmail Ali Salem AHMED, pre početka doktorskih studija uspešno završio osnovne akademske studije iz oblasti mašinstva i da je završio master studije iz oblasti zavarivanja na Tehničkom univerzitetu u Minsku, Belorusija. Pošto je upisao doktorske studije na studijskom programu metalurško inženjerstvo, grupa metalurgija zavarivanja, kandidat se susreo sa potpuno novim pogledom na materijale i tehnologije u zavarivanju. Kandidat je svoje klasično znanje proširio metalurškim aspektima zavarivanja, što je veliki kvalitativni iskorak. Sa druge strane, u toku rada u laboratoriji, kandidat je pokazao izuzetan smisao i sposobnost za bavljenje naučno-istraživačkim radom. To se pre svega ogleda u samostalnom i inventivnom osmišljavanju i realizaciji istraživanja vezanih za temu doktorske disertacije. Na osnovu prezentovanih podataka i dosadašnje saradnje sa kandidatom, Komisija smatra da imenovani ispunjava sve potrebne uslove za rad na predloženoj temi doktorske disertacije.

2. PREDMET I CILJ ISTRAŽIVANJA

Čelici za rad u termoenergetskim postrojenjima prioriteto moraju zadovoljiti zahteve koji se odnose na mehanička svojstva na visokim temperaturama. Radne temperature ovih čelika se kreću u opsegu 400-600°C, dok su radni pritisci i do 250 bar. Kotlovi, cevi i izmenjivači toplote se dimenzionišu tako da u trenutku početka eksploatacije naprezanja budu manja od granice tečenja, tj. u oblasti elastične deformacije. Sa povećanjem radne temperature, u čelicima se povećava ravnotežna koncentracija praznina, čime se ubrzavaju difuzioni procesi. Vremenom, ova elastična deformacija prelazi u plastičnu deformaciju, jer se nakon dugotrajnog rada na povišenim temperaturama aktiviraju mehanizmi deformacije karakteristični za statičku deformaciju na povišenim temperaturama, npr. klizanje po granicama zrna, uspinjanje—spuštanje dislokacija i kretanje praznina. Zbog male brzine deformacije, ovaj mehanizam se naziva puzanje.

U radu će biti ispitana zavarljivost i optimizovana tehnologija zavarivanja za najčešće korišćene čelike za termoenergetska postrojenja, koji moraju biti zavareni, bilo u toku proizvodnje/izrade konstrukcija ili u toku održavanja/rekonstrukcije. Tehnologija zavarivanja obuhvata izbor postupka zavarivanja, izbor dodatnih materijala i parametre procesa (napon, jačina struje, brzina zavarivanja i sl). Svi aspekti moraju biti sagledani kako sa tehničkog, tako i sa ekonomskog aspekta.

Literatura:

1. Kenneth Easterling, Introduction to Physical Metallurgy of Welding, Butterworth-Heinemann, Oxford (1992)
2. Creep-resistant steels, Edited by Fujio Abe, Torsten-Ulf Kern and R. Viswanathan, WOODHEAD PUBLISHING LTD, Cambridge England
3. ASM HANDBOOK Vol.6 Welding, Brazing and Soldering, Metals Park OH (1993)
4. ASM HANDBOOK, Vol.1, Properties and Selection: Irons, Steels, and High Performance Alloys Metals Park OH (1993)
5. John C. Lippold, Welding Metallurgy and Weldability, John Wiley & Sons (2015)
6. Sindo Kou, WELDING METALLURGY, John Wiley & Sons, New York (2003).
7. Ivan Hrivnjak, Zavarljivost čelika, Gradjevinska knjiga, Beograd (1988)
8. George Dieter, Mechanical Metallurgy, McGraw-Hill, London (1988)
9. R.W.Hertzberg, Deformation and Fracture Mechanics of Engineering Materials, John Wiley & Sons, New York (1996)
10. Francisco José Gomes Silva, António Pedro Pinho, A. B. Pereira, O. C. Paiva, Evaluation of Welded Joints in P91 Steel under Different Heat-Treatment Conditions, Metals - Open Access Metallurgy Journal January 2020, 10(1):99, DOI: [10.3390/met10010099](https://doi.org/10.3390/met10010099)
11. W.F. Newell Jr Welding and Postweld Heat Treatment of P91 Steels, Welding Journal April 2010, 89(4):33-36
12. M Consonni, D J Abson, 10th International EPRI Conference on Welding and Repair Technology for Power Plants Conference Proceedings, Marco Island, Florida, USA. 26-29 June 2012.
13. S.Pant and S.Bhardwaj, Properties and Welding Procedure for Grade 91 Alloy Steel, International Journal of Engineering Research and Technology. ISSN 0974-3154 Volume 6, Number 6 (2013), pp. 767-772
14. Tatiane Campos Chuvas, Pedro Soucasaux Pires Garcia, Juan Manuel Pardala, Maria da Penha Cindra Fonseca, Influence of Heat Treatment in Residual Stresses Generated in P91 Steel-pipe Weld, Materials Research, 18 (2015) 614-621
15. M.Sarwar, A.Mohd. "Weld Hardness Study of P91 Welded Pipes with Post Weld Heat Treatment for Elevated Temperature Application in Power Plants." Advanced Materials Research 1115 (2015): 503–8. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/amr.1115.503>.
16. Nilthon Zavaleta Gutiérrez, Jorge Vera Alvarado, Hernán de Cicco, Ariel Danón, Microstructural study of welded joints in a high temperature martensitic-ferritic ASTM A335 P91 steel, Procedia Materials Science 8 (2015) 1140 – 1149
17. Francisco José Gomes Silva, António Pedro Pinho, António Bastos Pereira, Olga Coutinho Paiva, Evaluation of Welded Joints in P91 Steel under Different Heat-Treatment Conditions, Metals 10 (2020) 99; <https://doi.org/10.3390/met10010099>
18. P.MOHYLA, P.TOMČÍK, L.BENEŠ, I.HLAVATÝ, Influence of Post Weld Heat Treatment on Secondary Hardening of CrMoV Welded Joints, Metal Science and Heat Treatment. 53 (2011) 374-378
19. A.Zieliński, D.Janusz, M. Dziuba-Kaluza, Structure of welded joints of 14MoV6-3 and 13CrMo4-5 steel elements after design work time under creep conditions, Archives of Materials Science and Engineering 61 (2013) 69-76
20. M.Łomozik, J.Brózda, Optimization of Welding Methods for the Repair and Refurbishment of Heat Resisting Steel Components After Long Term Service And Their Life Prediction In The Polish Power Plants, Technical Report, Polish Institute of Welding, (2007)

3. POLAZNE HIPOTEZE

Glavni mehanizmi kojima se kod čelika puzanje sprečava/odlaže ka dugim vremenima se postižu sprečavanjem klizanja po granicama zrna. Da bi se ovaj efekat ostvario, potrebno je povećati lokalno čvrstoću na samim granicama zrna. To se postiže na dva načina: (i) visokim legiranjem, sa ciljem da se izazove taloženje po granicama zrna, ili (ii) niskim legiranjem. Nisko legiranje se zasniva na dodatku molibdena čija je karakteristika da segregira prema granicama zrna. Na taj način se, usled rastvarajućeg ojačavanja, dodatno povećava čvrstoća na granicama zrna i otežava klizanje. Drugi mehanizam je sprečavanje uspinjanja—spuštanja dislokacija. Da bi se ova pojava sprečila (usporila), potrebno je da čvrsti rastvor na radnoj temperaturi bude dovoljno presićen, kako bi omogućio efikasno taloženje i time potrošnju praznina koje su neophodne za kretanje dislokacija mehanizmom uspinjanja-spuštanja, uz ogradu da nastali talozi (uglavnom karbidi) ne smeju da rastu velikom brzinom, kako se ne bi pretvorili u koncentratore naprezanja i smanjili žilavost.

Sa druge strane, zavarivanje je dominantni način proizvodnje opreme u termoenergetskim postrojenjima. Zato se za različite delove opreme koriste čelici potpuno različitog hemijskog sastava. Visokolegirani (9%Cr,1%Mo – oznaka P91) se koriste za izradu kotlova, ali se ne koriste za izmenjivače toplote. Kada su izmenjivači toplote u pitanju, zahtev standarda je da se prave isključivo od bešavnih cevi. Proizvodnja bešavnih cevi od visokolegiranih čelika je praktično isključena, jer pored su tehnoloških problema troškovi enormno veliki.

Kada je zavarivanje ovih čelika u pitanju, najčešće se koriste dva postupka sa topljenjem: MIG – zavarivanje u atmosferi zaštitnog gasa ili TIG - zavarivanje u atmosferi zaštitnog gasa sa netopivom elektrodom od volframa. Početna (polazna) struktura pre zavarivanja je struktura nakon termičke obrade – struktura osnovnog metala. Zavarivanjem, u svakom zavarenom spoju koji se dobija korišćenjem postupcima sa topljenjem postoje tri osnovne zone: (i) metal šava, (ii) zona uticaja toplote (ZUT) i (iii) osnovni metal. Ove tri zone imaju različitu strukturu, dok se hemijski sastav metala šava razlikuje od hemijskog sastava ZUT i osnovnog metala. Dakle, u metalu šava je prisutna livena struktura sastava koji je definisan hemijskim sastavom odabranog dodatnog materijala. Sa druge strane, u ZUT je hemijski sastav koji odgovara osnovnom metalu, ali je usled pretrpljenog toplotnog ciklusa struktura različita (promena veličine zrna, prisutne faze i sl).

Karakteristika zavarivanja čelika P91 je korišćenje dodatnog materijala koji ima praktično isti sastav kao i osnovni čelik i naknadna termička obrada posle zavarivanja. Ova termička obrada se izvodi sa ciljem da se u komadu/konstrukciji smanje zaostali naponi. Maksimalna temperatura zagrevanja je nešto niža od Ac1 temperature. Ovo praktično znači da će se u metalu šava zadržati livena struktura i da će zona uticaja toplote, pre ovog žarenja proći termički ciklus zagrevanja u austenitnu oblast. Ovo zagrevanje menja strukturu osnovnog metala i predstavlja nejasnoću za ponašanje cele konstrukcije. Da bi se ovo ispitalo, uzorci čelika P91 će biti zavareni i u okviru kompletnog ispitivanja će se ispitati žilavost sa postavljenim zarezom u sve tri zone spoja. Prilikom zavarivanja će se pratiti termički ciklusu ZUT i nakon toga reprodukovati na simulatoru zavarivanja, kako bi se dobile kompaktne epruvete sa zahtevanom strukturom.

Niskolegirani čelik 14MoV6-3 (0.14%C, 0.5%Mo, 0.3%V) je čelik od koga se prave izmenjivači toplote, cevovodi visokog pritiska i sl. Kada posle određenog vremena eksploatacije čvrstoća padne ispod zahtevane, cevovod se seče i ugrađuje se novi. Samo zavarivanje ovog čelika je poznato, ali se javlja nedoumica oko realnog stanja nakon ugradnje. Kvalifikacija tehnologije se radi na bazi zavarenih novih cevi, dok se u elektrani nove cevi zavaruju za stare delove. Kako se starim cevima se vremenom degradiraju svojstva (pre svega čvrstoća), pretpostavljeno je da ispitivanjem isključivo novih cevi nije moguće odrediti stvarno stanje konstrukcije. Zato se u ovom radu predviđa ispitivanje zavarenih spojeva u kombinacijama nova cev-nova cev, nova cev-stara cev i stara cev-stara cev. Poredjenjem rezultata se očekuje da se pokaže nivo

degradacije čvrstoće i donese zaključak i pouzdanosti procedure. Cevi će se zavariti korišćenjem dve tehnologije i to: TIG i kombinacija TIG (koreni prolaz) + REL (ispuna).

4. NAUČNE METODE ISTRAŽIVANJA

Ispitivanja zavarenih spojeva će se sastojati od nedestruktivnih (ispitivanja bez razaranja) i destruktivnih metoda (ispitivanja sa razaranjem). Ispitivanja bez razaranja sastojaće se od vizuelnog, radiografskog i ispitivanja penetrantima a od ispitivanja sa razaranjem sprovedeće se mehanička i strukturna ispitivanja. Sva ispitivanja biće sprovedena u skladu sa važećim standardima. Ispitivanjima sa razaranjem biće podvrgnuti samo oni spojevi kod kojih primenom IBR metoda nije uočeno prisustvo grešaka u spoju.

Ispitivanja bez razaranja. Zavareni spojevi će nakon izrade prvo biti podvrgnuti vizuelnom pregledu u cilju otkrivanja vidljivih (površinskih) grešaka, u skladu sa standardom SRPS EN-970. Ispitivanje penetrantima će se sprovesti u cilju otkrivanja prisustva mikroporoznosti i neprovara a biće sprovedeno prema odredbama standarda SRPS EN 571-1. Radiografska ispitivanja u cilju otkrivanja unutrašnjih (zapreminskih) grešaka će se obaviti prema odredbama standarda SRPS EN 1435. Ultrazvučna kontrola sprovedeće se u cilju potvrde i provere rezultata radiografskih ispitivanja, kao i određivanja veličine i pozicije eventualno prisutnih grešaka, tj. neprovara ili prskotina.

Ispitivanja sa razaranjem. Za makrostrukturnu i mikrostrukturnu analizu poprečnog preseka zavarenog spoja i njegovih delova (OM, ZUT, MŠ), iz zavarenog spoja će se prema standardnoj šemi iseći odgovarajući uzorci. Za analizu makrostrukture koristiće se stereo metalografski mikroskop sa računarskim sistemom za akviziciju slike. Za mikrostrukturnu analizu koristiće se svetlosni metalografski mikroskop MeF3 sa uvećanjima od 50 do 1000 puta i računarskim sistemom za akviziciju podataka i softverom za obradu slike. Zatezne karakteristike zavarenog spoja kao celine i mesto preloma, određivaće se prema odredbama standarda SRPS EN 10002-1. Radi mogućnosti upoređivanja mehaničkih karakteristika, pored zateznih karakteristika zavarenih spojeva određiće se i zatezne karakteristike osnovnog materijala. Na osnovu odnosa vrednosti zatezne čvrstoće zavarenog spoja i osnovnog materijala ($R_{mzav.spoj}/R_{mOM}$) određiće se efikasnost zavarenog spoja. Energija udara određivaće se u skladu sa odredbama standarda SRPS EN 10045-1 i SRPS C.T3.051. Ispitivanja će se sprovesti na sobnoj temperaturi, na instrumentiranom Šarpi klatnu nazivne energije 300 J koje poseduje integrisani sistem za akviziciju podataka. Na taj način, razmotriće se kako i u kojoj meri primenjeni režim zavarivanja, odnosno parametri zavarivanja, utiču na otpornost zavarenog spoja izloženog udarnim opterećenjima. Ispitivanje tvrdoće obaviće se prema odredbama standarda SRPS C.A4.040 i SRPS C.T3.051, na uzorcima za makrostrukturnu analizu. Tvrdoća se meri metodom Vickersa HV1 i/ili HV3, na uređaju za merenje tvrdoće Reichert. Raspodela tvrdoće će biti određena merenjima kroz poprečan presek zavarenog spoja u uzdužnom pravcu. Tvrdoća kroz spoj se meri u sve tri zone, tako da u svakoj zoni budu obuhvaćeni OM, ZUT, ZTMU i grumen. Ispitivanje savojnih karakteristika zavarenih spojeva izvodi se savijanjem u tri tačke, oko lica i oko korena spoja, prema odredbama standarda SRPS C.T3.051 i SRPS C.T3.055. Ispitivanja na skenirajućem elektronskom mikroskopu (SEM), koji poseduje i mogućnost hemijske analize (EDS analizator), sprovedeće se sa ciljem da se izvrši analiza karakterističnih prelomnih površina ispitivanih epruveta (zateznih, savojnih i žilavosnih) i odredi mesto inicijacije prskotine kao i karakter i pravac njenog prostiranja. Sa druge strane, primenom EDS analizatora, određiće se hemijski sastav mesta inicijacije prskotine.

5. OČEKIVANI NAUČNI DOPRINOS

Očekivani naučni doprinos ove disertacije su:

- Utvrđivanje uticaja promena u zoni uticaja toplote na mehanička svojstva zavarenog spoja u visokolegiranim čelicima za upotrebu u termoenergetskim postrojenjima;
- Utvrđivanje uticaja polazne strukture – prethodne eksploatacije na mehanička svojstva zavarenog spoja u niskolegiranim čelicima za upotrebu u termoenergetskim postrojenjima,
- Kritička analiza i ispitivanje verodostojnosti propisanih procedura za kvalifikaciju zavarivanja bešavnih cevi izrađenih od niskolegiranog čelika. Očekuje se da će rezultati ukazati na manjkavosti koje mogu dovesti u zabludu kvalitet spojeva,
- Utvrđivanje uticaja izabrane tehnologije zavarivanja na strukturu i mehanička svojstva zavarenih spojeva.

6. PLAN ISTRAŽIVANJA I STRUKTURA RADA

U doktorskoj disertaciji biće obrađena sledeća poglavlja: Uvod, Prethodna istraživanja, Eksperimentalni deo, Rezultati, Diskusija, Zaključak, Literatura.

U poglavlju *Uvod* biće prikazani kratak osvrt na područje ispitivanja, definisani glavni ciljevi disertacije i predmet istraživanja.

Poglavlje *Prethodna istraživanja* obuhvataće analizu dosadašnjih istraživanja koja se odnose na:

- istorijat i razvoj visoko i nisko legiranih čelika u termoenergetskim postrojenjima,
- mehanizme degradacije mehaničkih svojstava,
- osnovne principe tehnologije zavarivanja visokolegiranih čelika, (izbor postupaka, dodatnog materijala i parametara procesa)
- osnovne principe tehnologije zavarivanja niskolegiranih čelika, (izbor postupaka, dodatnog materijala i parametara procesa)
- zavarljivost visoko i nisko legiranih čelika u termoenergetskim postrojenjima,

Poglavlje *Eksperimentalni deo* odnosiće se na opis materijala, opreme, alata, tok eksperimenta, parametre procesa, metode i redosled ispitivanja visoko i nisko legiranih čelika za upotrebu u termoenergetskim postrojenjima:

- karakteristike korišćenih materijala i opreme,
- elementi tehnologije zavarivanja (izbor postupaka, dodatnog materijala i parametara procesa),
- ostvareni parametri zavarivanja,
- metode ispitivanja zavarenih spojeva.

U poglavlju *Rezultati* biće prikazani originalni rezultati dobijeni u okviru ove disertacije. Poglavlje će biti sistematizovano u skladu sa poglavljem Eksperimentalni deo i prikazati rezultate karakterizacije zavarenih spojeva – ispitivanja bez razaranja, ispitivanja makro i mikrostrukture, mehaničkih svojstava (čvrstoća, plastičnost, tvrdoća, mikrotvrdoća).

U poglavlju *Diskusija* biće diskutovani dobijeni rezultati ispitivanja strukturnih, mehaničkih karakteristika sa aspekta uticaja parametara zavarivanja na unetu količinu toplote i njihova korelacija sa polaznim parametrima zavarivanja.

U *Zaključku* će biti sumirani dobijeni rezultati.

U poglavlju *Literatura* biće navedene citirane reference, uključujući i publikacije proistekle iz istraživanja sprovedenih u okviru ove disertacije

7. ZAKLJUČAK I PREDLOG

Na osnovu pregledanog materijala i iznetih podataka, Komisija smatra da su predmet i ciljevi doktorske disertacije kandidata Esmail Ali Salem AHMED-a, master. inž. mašinstva jasno definisani i imaju naučnu zasnovanost. Komisija smatra da naslov teme treba korigovati u „Optimizacija tehnologije i metalurgije zavarivanja čelika za termoelektrična postrojenja“ (Optimization of Welding Technology and Metallurgy of Steels for Thermoenergetic Power Plants). Istraživanja koja će biti sprovedena u okviru ove disertacije pripadaju naučnoj oblasti Metalurgija za koju je Tehnološko-metalurški fakultet Univerziteta u Beogradu matična ustanova. Stoga Komisija predlaže Nastavno-naučnom veću Tehnološko-metalurškog fakulteta da navedenu temu prihvati sa korigvanim naslovom i odobri izradu ove doktorske disertacije. Komisija za mentora imenuje dr Nenada Radovića, redovnog profesora Tehnološko-metalurškog fakulteta Univerziteta u Beogradu.

U Beogradu

KOMISIJA

18.09.2020

Dr Nenad Radović, red. prof., mentor
Tehnološko-metalurški fakultet Univerziteta u Beogradu

Dr Dragomir Glišić, docent
Tehnološko-metalurški fakultet Univerziteta u Beogradu

Dr Vencislav Grabulov, naučni savetnik,
Institut IMS, Beograd