

Образац 3.

Факултет ТЕХНОЛОШКО-  
МЕТАЛУРШКИ

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

35/215

Веће научних области техничких наука

(Број захтева)

(Назив већа научне области коме се захтев  
упућује)

29. 8. 2025.

(Датум)

## ЗАХТЕВ

за давање сагласности на одлуку о прихватању теме докторске дисертације  
и о одређивању ментора

Молимо да, сходно чл. 48 ст. 5 тач. 3) Статута Универзитета у Београду („Гласник Универзитета“ бр. 201/2018, 207/2019, 213/2020, 214/2020, 217/2020, 230/21, 232/22, 233/22 и 236/22), дате сагласност на одлуку о прихватању теме докторске дисертације:

**Оптимизација технологије заваривања челика отпорних на пузање за термоенергетска постројења“ (Optimization of Welding Technology of Creep Resistant 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

---

2. Претходно образовање (назив и седиште факултета, студијски програм):

Мастер техничких наука

Белоруски национални  
технички универзитет,

---

3. Година завршетка  
претходног нивоа студија: 2005.

---

4. Година уписа на докторске студије: 2023. (реупис)

---

5. Назив студијског програма  
докторских студија:

Металуршко инжењерство

---

6. Датум подношења пријаве  
теме докторске дисертације:

26. 6. 2025.

---

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ:

за кандидата **Esmail (Ali Salem) Ahmed**

Име и презиме ментора: **др Стефан Дикић**

Звање: доцент Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. **Dikić, S.**, Glišić, D., Fadel, A.H., Jovanović, G. & Radović, N. (2022). Physical simulation of finish rolling of microalloyed steels in isothermal conditions. *Hemijska industrija*, 76(4). <https://doi.org/10.2298/HEMIND220816018D>
2. Milašinović, V., Alil, A., Milašinović, M., Vencel, A., Hatala, M., **Dikić, S.**, & Gligoriјеvić, B. (2024). Continuous Drive Friction Welded Al/Cu Joints Produced Using Short Welding Time, Elevated Rotational Speed, and High Welding Pressures. *Materials* 17(13). <https://doi.org/10.3390/ma17133284>
3. Arandelović, M., Petrović, A., Đorđević, B., Sedmak, S., Sedmak, A., **Dikić, S.**, & Radu, D. (2023). Effects of Multiple Defects on Welded Joint Behaviour under the Uniaxial Tensile Loading: Fem and Experimental Approach. *Sustainability (Switzerland)*, 15(1). <https://doi.org/10.3390/su15010761>
4. Arandjelovic, M., Djordjevic, B., Sedmak, S., Radu, D., Petrovic, A., **Dikić, S.**, & Sedmak, A. (2024). Failure analysis of welded joint with multiple defects by extended Finite Element Method and Engineering Critical Analysis. *Engineering Failure Analysis*. Volume 160 (2024) 108176 <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2024.108176>
5. Vučetić, F., Đorđević, B., Radu, D., **Dikić, S.**, Jeremić, L., Milovanović, N., & Sedmak, A. (2025). Mechanical Properties of Repaired Welded Pipe Joints Made of Heat-Resistant Steel P92. *Materials*, 18(12). <https://doi.org/10.3390/ma18122908>.

**ДЕКАНКА ФАКУЛТЕТА**

---

Проф. др Мирјана Кијевчанин

Обавештавамо вас да је            Наставно-научно веће

---

(назив надлежног тела факултета)

на седници одржаној    28. 8. 2025. године    размотрило предложену тему и закључило да је

тема подобна за израду докторске дисертације јер садржи оригиналну идеју и да је од значаја за развој науке, примену њених резултата, односно развој научне мисли уопште.

- Прилог    1.    Одлука Наставно-научног већа о прихватању теме и одређивању ментора
2.    Извештај Комисије о оцени научне заснованости теме докторске дисертације

**Напомена: Факултет доставља Универзитету захтев са прилозима у електронској форми и у једном писаном примерку за архиву Универзитета**

ДП

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. 33. Правилника о докторским студијама ТМФ-а на седници Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета од 28. 8. 2025. године, донета је

### О Д Л У К А

о прихватању Извештаја Комисије за оцену научне заснованости теме  
докторске дисертације

Прихвата се Извештај Комисије о научној заснованости теме за израду докторске дисертације кандидата **Esmail (Ali Salem) Ahmed**, број индекса 2023/4038, под називом: **„Неки аспекти заваривања челика отпорних на пузање (Some aspects of welding of creep resistant steels)”**.

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

За ментора се одређује др Стефан Дикић, доцент 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 К А

Проф. др Мирјана Кијевчанин

## НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

**Предмет:** Извештај о оцени научне заснованости теме докторске дисертације кандидата Esmail Ali Salem Ahmed

Одлуком бр. 2025-35/161 од 26. јуна 2025. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену научне заснованости теме докторске дисертације кандидата Esmail Ali Salem Ahmed под насловом „Оптимизација технологије заваривања челика отпорних на пузање за термоенергетска постројења“ (Optimization of Welding Technology of Creep Resistant Steels for Thermoenergetic Power Plants ). На основу материјала приложеног уз пријаву теме кандидата, Комисија подноси следећи

### ИЗВЕШТАЈ

#### 1. Подаци о кандидату

##### 1.1. Биографски подаци

Esmail Ali Salem Ahmed је рођен 1968. године у месту Тархуна, Либија. Основно и средње школовање завршио је 1987. године, док је 1988. уписао Колеџ за Цивилно ваздухопловство и метеорологију. Основне академске студије на студијском програму за машинске инжењере – енергетски смер завршио је 1991. године. Мастер академске студије је уписао 2003. године на Белоруском националном техничком универзитету у Минску, на студијском програму Заваривање и добио назив мастера техничких наука.

Од 1991-2010. године је био запослен у Централном истраживачком техничком институту у Триполију као истраживач. Од 2010. до данас је предавач на колеџу за Цивилно ваздухопловство и метеорологију, Елсеба, Либија. Говори енглески језик, а служи се руским и српским. Ожењен, има петоро деце.

##### 1.2. Стечено научноистраживачко искуство

Докторске академске студије трећег степена на Технолошко-металуршком факултету у Београду уписао је школске 2023. године. У оквиру изабраног студијског програма Металуршко инжењерство, положио је све предвиђене испите, средња оцена 8,55 и одбранио завршни испит: “Заваривање челика за термоенергетска постројења“, пред комисијом у саставу др Ненад Радовић, ред. проф., др Драгомир Глишић, доцент и др Венцислав Грабулов, научни саветник ИМС. У периоду 2013-2023 је био први пут уписан на исти студијски програм.

Положени испити, обим ЕСПБ и остварени резултати у оквиру докторских студија су дати у табели.

| Редни број | Назив предмета                            | ЕСПБ | Оцена     |
|------------|-------------------------------------------|------|-----------|
| 1          | Физичка металургија заваривања            | 5    | 7 (седам) |
| 2          | Физика лома                               | 5    | 8 (осам)  |
| 3          | Кинетика фазних трансформација            | 5    | 7 (седам) |
| 4          | Заварљивост и сигурност заварених спојева | 5    | 9 (девет) |
| 5          | Структура и својства металних материјала  | 5    | 6 (шест)  |
| 6          | Металургија заваривања                    | 5    | 9 (девет) |

|    |                                           |    |            |
|----|-------------------------------------------|----|------------|
| 7  | Виши курс физике чврстоће и пластичности  | 5  | 9 (девет)  |
| 8  | Технологија заваривања и лемљења          | 5  | 10 (десет) |
| 9  | Одабрана поглавља нумеричке анализе       | 5  | 10 (десет) |
| 10 | Феномени преноса у инжењерству материјала | 5  | 10 (десет) |
| 11 | Завршни испит                             | 30 | 9 (девет)  |
|    | Укупно ЕСПБ / средња оцена                | 80 | 8,55       |

Списак радова:

#### Категорија M21:

1. **Ahmed, E. A. S.**, Radović, N., Glišić, D., Dikić, S., Milovanović, N., Opačić, M., & Lozanović, J. (2025). Fracturing in 14MoV6-3 Steel Weld Joints—Including Base Metals—After a Short Time in Service. *Metals*, 15(5), 483. (IF=2,5) <https://doi.org/10.3390/met15050483>

#### Категорија M33:

**Ahmed, E. A. S.**, Sadibašić, D., Radović, N., Glišić, D., Dikić, S. & Grabulov, V. (2020). Some Aspects of Welding of Low Carbon Low Alloyed Steel for High Temperature Application, In M.Lisov and LJ.Radović (Eds.) 9th International Scientific Conference On Defensive Technologies OTEH 2020 Conf. Proceedings, p. 501-506, 15-16 October 2020, Belgrade, Serbia, ISBN 978-86-81123-83-6

Jovanović, G., Glišić, D., Dikić, S., **Ahmed, E. A. S.** & Radović, N. (2024). Effect of Tempering Parameters on Microstructure and Hardness of a Low Alloy Armor Steel, In A.Kari and LJ.Radović (Eds.) 11th International Scientific Conference On Defensive Technologies OTEH 2024 Conf.Proceedings, 9-11 p.627-631, October 2024, Tara, Serbia, DOI: 10.5937/OTEH24115J

### 1.3. Оцена оспособљености кандидата за рад на предложеној теми

Комисија напомиње да је Esmail Ali Salem Ahmed, пре почетка докторских студија успешно завршио основне академске студије из области машинства и да је завршио мастер академске студије из области заваривања на Техничком универзитету у Минску, Белорусија. Пошто је уписао докторске академске студије на студијском програму металуршко инжењерство, група металургија заваривања, кандидат се сусрео са потпуно новим погледом на материјале и технологије у заваривању. Кандидат је своје класично знање проширио металуршким аспектима заваривања, што је велики квалитативни искорак. Са друге стране, у току рада у лабораторији, кандидат је показао изузетан смисао и способност за бављење научноистраживачким радом. То се пре свега огледа у самосталном и инвентивном осмишљавању и реализацији истраживања везаних за тему докторске дисертације. На основу презентованих података и досадашње сарадње са кандидатом, Комисија сматра да именовани испуњава све потребне услове за рад на предложеној теми докторске дисертације.

## **2. Предмет и циљ истраживања**

Челици за рад у термоенергетским постројењима приоритетно морају задовољити захтеве који се односе на механичка својства на високим температурама. Радне температуре ових челика се крећу у опсегу 400-600 °C, док су радни притисци и до 250 bar. Котлови, цеви и измењивачи топлоте се димензионишу тако да у тренутку почетка експлоатације напрезања у њима буду мања од границе течења, тј. у области еластичне деформације. Са повећањем радне температуре, у челицима се повећава равнотежна концентрација празнина, чиме се убрзавају дифузиони процеси. Временом, ова еластична деформација прелази у пластичну деформацију, јер се након дуготрајног рада на повишеним температурама активирају механизми деформације карактеристични за статичку деформацију на повишеним температурама, нпр. клизање по границама зрна, успињање спуштање дислокација и кретање празнина. Због мале брзине деформације, овај механизам се назива пузање. У раду ће бити испитана заварљивост и оптимизована технологија заваривања за најчешће коришћене челике за термоенергетска постројења, који морају бити заварени, било у току производње/израде

конструкција или у току одржавања/реконструкције. Технологија заваривања обухвата избор поступка заваривања, избор додатних материјала и параметре процеса (напон, јачина струје, брзина заваривања и сл). Сви аспекти морају бити сагледани како са аспекта безбедности, техничког, тако и са економског аспекта.

#### Литература:

1. Easterling, K. (1992). Introduction to the physical metallurgy of welding, (2<sup>nd</sup> ed.). Butterworth-Heinemann.
2. Abe, F., Kern, T. U., & Viswanathan, R. (Eds.). (2008). Creep-resistant steels. Woodhead Publishing.
3. American Society for Metals. (1993). ASM handbook: Vol. 6. Welding, brazing, and soldering. ASM International.
4. American Society for Metals. (1993). ASM handbook: Vol. 1. Properties and selection: Irons, steels, and high-performance alloys. ASM International.
5. Lippold, J. C. (2014). Welding metallurgy and weldability. John Wiley & Sons.
6. Kou, S. (2003). Welding Metallurgy, John Wiley & Sons. Inc. Publication. doi:10.1002/0471434027
7. Hrivnjak, I. (1988) Zavarljivost čelika, Gradjevinska knjiga, Beograd
8. Dieter, G. (1988) Mechanical Metallurgy, McGraw-Hill, London
9. Hertzberg, R.W., (1996) Deformation and Fracture Mechanics of Engineering Materials, John Wiley & Sons
10. Silva, F. J. G., Pinho, A. P., Pereira, A. B., & Coutinho Paiva, O. (2020). Evaluation of welded joints in P91 steel under different heat-treatment conditions. Metals, 10(1), 99. <https://doi.org/10.3390/met10010099>
11. Newell, W. F. (2010). Welding and postweld heat treatment of P91 steels. Welding journal, 89(4), 33-36.
12. Consonni, M. & Abson, D. J. Investigation Of Weld Repair Without Post-Weld Heat Treatment For P91. In 10th International EPRI Conference on Welding and Repair Technology for Power Plants Conference Proceedings, Marco Island, Florida, USA. 26-29 June 2012.
13. Pant, S., & Bhardwaj, S. (2013). Properties and Welding Procedure for Grade 91 alloy steel. International Journal of Engineering Research and Technology, 6(6), pp. 767-772.
14. Chuvás, T. C., Garcia, P. S. P., Pardal, J. M., & Fonseca, M. D. P. C. (2015). Influence of heat treatment in residual stresses generated in P91 steel-pipe weld. Materials Research, 18(3), 614-621. <https://doi.org/10.1590/1516-1439.006315>
15. Sarwar, M., & bin Abd Majid, M. A. (2015). Weld Hardness Study of P91 Welded Pipes with Post Weld Heat Treatment for Elevated Temperature Application in Power Plants. Advanced Materials Research, 1115, 503-508. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.1115.503>
16. Gutiérrez, N. Z., Alvarado, J. V., de Cicco, H., & Danón, A. (2015). Microstructural study of welded joints in a high temperature martensitic-ferritic ASTM A335 P91 steel. Procedia Materials Science, 8, 1140-1149. <https://doi.org/10.1016/j.mspro.2015.04.178>
17. Silva, F. J. G., Pinho, A. P., Pereira, A. B., & Coutinho Paiva, O. (2020). Evaluation of welded joints in P91 steel under different heat-treatment conditions. Metals, 10(1), 99. <https://doi.org/10.3390/met10010099>
18. Mohyla, P., Tomčík, P., Beneš, L., & Hlavatý, I. (2011). Effect of post weld heat treatment on secondary hardening of CrMoV welded joints. Metal science and heat treatment, 53, 374-378. <https://doi.org/10.1007/s11041-011-9401-3>
19. Zieliński, A., Dobrzański, J., & Dziuba-Kałuża, M. (2013). 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(2), 69-76.
20. Łomozik, M., & Brózda, J. (2007). 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.
21. Vučetić, F., Đorđević, B., Radu, D., Dikić, S., Jeremić, L., Milovanović, N., & Sedmak, A. (2025). Mechanical Properties of Repaired Welded Pipe Joints Made of Heat-Resistant Steel P92. Materials, 18(12), 2908. <https://doi.org/10.3390/ma18122908>
22. Saini, N., Pandey, C., Mahapatra, M. M., & Mulik, R. S. (2018). Characterization of P92 Steel weldments in as-welded and PWHT conditions. Weld. J, 97(7), 207-213. <https://doi.org/10.29391/2018.97018>

23. Kral, P., Dvorak, J., Sklenicka, V., Horita, Z., Takizawa, Y., Tang, Y., Kunčická, L., Kvapilova, M., & Ohankova, M. (2021). Influence of High Pressure Sliding and Rotary Swaging on Creep Behavior of P92 Steel at 500 °C. *Metals*, 11(12), 2044. <https://doi.org/10.3390/met11122044>
24. Zieliński, A., Golański, G., & Sroka, M. (2016). Assessment of microstructure stability and mechanical properties of X10CrWMoVNb9-2 (P92) steel after long-term thermal ageing for high-temperature applications. *Kovove Materialy*, 54(1), 61-70. doi:10.4149/km\_2016\_1\_61
25. Duan, P., An, D., Liu, Z., Li, J., Cheng, Y., Li, B., & Wang, S. (2024). Effect of long-term thermal aging at 680° C on microstructure and mechanical properties of P92 Steel. *Journal of Materials Engineering and Performance*, 33(3), 1448-1456. <https://doi.org/10.1007/s11665-023-08027-9>
26. Tang, L., Yang, Z., Cui, X., Zhang, L., & Li, J. (2024). Study on Mechanical and Microstructural Evolution of P92 Pipes During Long-Time Operation. *Materials*, 17(20), 5092. <https://doi.org/10.3390/ma17205092>

### 3. Полазне хипотезе

Главни механизми којима се код челика пузање спречава/одлаже ка дугим временима се постижу спречавањем клизања по границама зрна. Да би се овај ефекат остварио, потребно је повећати локално чврстоћу на самим границама зрна. То се постиже на два начина: (i) високим легирањем, са циљем да се изазове таложење по границама зрна, или (ii) ниским легирањем. Ниско легирање се заснива на додатку молибдена чија је карактеристика да сегрегира према границама зрна. На тај начин се, услед растварајућег ојачавања, додатно повећава чврстоћа на границама зрна и отежава клизање. Други механизам је спречавање успињања-спуштања дислокација. Да би се ова појава спречила (успорила), потребно је да чврсти раствор на радној температури буде довољно пресићен, како би омогућио ефикасно таложење и тиме потрошњу празнина које су неопходне за кретање дислокација механизмом успињања-спуштања, уз ограду да настали талози (углавном карбиди) не смеју да расту великом брзином, како се не би претворили у концентраторе напрезања и смањили живавост.

Са друге стране, заваривање је доминантни начин производње опреме у термоенергетским постројењима. Зато се за различите делове опреме користе челици потпуно различитог хемијског састава. Високолегирани (нпр. 9%Cr,1%Mo – ознака P91) се користе за израду котлова, али се не користе за измењиваче топлоте. Када су измењивачи топлоте у питању, захтев стандарда је да се праве искључиво од бешавних цеви. Производња бешавних цеви од високолегираних челика је практично искључена, јер су поред технолошких проблема и трошкови производње енормно велики.

Када је заваривање ових челика у питању, најчешће се користе два поступка са топљењем: MIG – заваривање у атмосфери заштитног гаса или TIG - заваривање у атмосфери заштитног гаса са нетопивом електродом од волфрама. Почетна (полазна) структура пре заваривања је структура након термичке обраде – структура основног метала. Заваривањем, у сваком завареном споју који се добија коришћењем поступцима са топљењем постоје три основне зоне: (i) метал шава (МШ), (ii) зона утицаја топлоте (ЗУТ) и (iii) основни метал (ОМ). Ове три зоне имају различиту структуру, док се хемијски састав метала шава разликује од хемијског састава ЗУТ и основног метала. Дакле, у металу шава је присутна ливена структура састава који је дефинисан хемијским саставом одабраног додатног материјала. Са друге стране, у ЗУТ је хемијски састав који одговара основном металу, али је услед претрпљеног топлотног циклуса структура различита (промена величине зрна, присутне фазе и сл).

Карактеристика заваривања челика P91 је коришћење додатног материјала који има практично исти састав као челик који се заварује и накнадна термичка обрада после заваривања. Ова термичка обрада се изводи са циљем да се у комаду/конструкцији смање заостали напони. Максимална температура загревања је нешто нижа од Aс1 температуре. Ово практично значи да ће се у металу шава задржати ливена структура и да ће зона утицаја топлоте, пре овог жарења проћи термички циклус загревања у аустенитну област. Услед комплексности микроструктуре челика P91, примењени термички циклуси, имају велики утицај на микроструктуру основног метала што може представљати имат значајан утицај на својства завареног споја и понашање целе конструкције. Имајући у виду радне услове којима су челици ове групе изложени, настанак неприхватљивих микроструктурних примена при изради конструкције (заваривање и накнадна термичка обрада) може у великој мери скратити радни век конструкције као и довести до превремених/неочекиваних хаварија. Како би се повећала сигурност конструкција, као и продужио њихов радни век, неопходно је детаљно испитати утицај производних

параметара на квалитет завареног споја. Да би се овај утицај испитао, узорци челика P91 ће бити заварени и у оквиру комплетног испитивања ће се испитати механичка својстава завареног споја са посебним освртом на жилавост у све три зоне споја. Приликом заваривања ће се пратити термички циклус у ЗУТ и након тога репродуковати на симулатору заваривања, како би се добиле компактне епрувете са захтеваном структуром.

Нисколегирани челик 14MoV6-3 (0.14%С, 0.5%Мо, 0.3%V) је челик од кога се праве измењивачи топлоте, цевоводи високог притиска и сл. Када после одређеног времена експлоатације чврстоћа падне испод захтеване, цевовод се сече и уграђује се нови. Само заваривање овог челика је познато, али се јавља недоумица око реалног стања након уградње. Квалификација технологије заваривања се ради на бази заварених нових цеви, док се при реомонтима у термоенергетским постројењима најчешће нове цеви заварују за старе делове. Како се старим цевима временом мења и деградира микроструктура, деградирају се и својства (пре свега чврстоћа), претпостављено је да испитивањем искључиво нових цеви није могуће одредити стварно стање конструкције. Зато се у овом раду предвиђа испитивање заварених спојева у комбинацијама нова цев-нова цев, нова цев-стара цев и стара цев-стара цев како би се утврдио утицај микроструктурних промена услед експлоатационих услова на квалитет споја изведен технологијом заснованом на премиси да се користе нови материјали. Поређењем резултата се очекује да се покаже ниво деградације чврстоће и донесе закључак и поузданости процедуре. Цеви ће се заварити коришћењем две технологије и то: TIG и комбинација TIG (корени пролаз) + REL (испуна).

#### 4. Научне методе истраживања

За макроструктурну и микроструктурну анализу попречног пресека завареног споја и његових делова (ОМ, ЗУТ, МШ), из завареног споја ће се према стандардној шеми исећи одговарајући узорци. За анализу макроструктуре користиће се стерео металографски микроскоп са рачунарским системом за аквизицију слике. За микроструктурну анализу користиће се светлосни металографски микроскоп MeF3 са увећањима од 50 до 1000 пута и рачунарским системом за аквизицију података и софтвером за обраду слике.

Затезне карактеристике завареног споја као целине и место прелома, одређиваће се према захтевима стандарда SRPS EN ISO 5178. Ради могућности упоређивања механичких карактеристика, поред затезних карактеристика заварених спојева одредиће се и затезне карактеристике основног материјала. На основу односа вредности затезне чврстоће завареног споја и основног материјала ( $R_m \text{ zav.spoj} / R_m \text{ OM}$ ) одредиће се ефикасност завареног споја.

Енергија удара одређиваће се у складу са одредбама стандарда SRPS EN ISO 148-1 и SRPS EN ISO 9016. Испитивања ће се спровести на собној температури, на инструментiranом Шарпи клатну називне енергије 300 J које поседује интегрисани систем за аквизицију података. На тај начин, размотриће се како и у којој мери примењени режим заваривања, односно параметри заваривања, утичу на отпорност завареног споја изложеног ударним оптерећењима.

Испитивање тврдоће обавиће се према одредбама стандарда SRPS EN ISO 6507-1 и SRPS EN ISO 9015-1, на узорцима за макроструктурну анализу. Тврдоћа се мери методом Vickers HV1 и/или HV3, на уређају за мерење тврдоће Reichert. Расподела тврдоће ће бити одређена мерењима кроз попречан пресек завареног споја у уздужном правцу. Тврдоћа кроз спој се мери у све три зоне, тако да у свакој зони буду обухваћени ОМ, ЗУТ, МШ.

Испитивање савојних карактеристика заварених спојева изводи се савијањем у три тачке, око лица и око корена споја, у складу са захтевима стандарда SRPS EN ISO 7438 и SRPS EN ISO 5173.

Испитивања на скенирајућем електронском микроскопу (СЕМ), спровешће се са циљем да се изврши анализа карактеристичних преломних површина испитиваних епрувета (затезних, савојних и жилавосних) и одреди место иницијације прскотине као и карактер и правац њеног простирања.

За симулацију топлотних режима карактеристичних за зону утицаја топлоте ће се користити специјализовани уређај за симулацију топлотних режима при заваривању GLEEBLE. Карактеризација

добитих структура ће бити урађена према напред наведеним стандардима за испитивање микроструктуре и жилавости.

## 5. Очекивани научни допринос

Очекивани научни допринос ове дисертације су:

- Утврђивање утицаја промена у зони утицаја топлоте на механичка својства завареног споја у високолегираним челицима за употребу у термоенергетским постројењима;
- Утврђивање утицаја полазне структуре – претходне експлоатације на механичка својства завареног споја у нисколегираним челицима за употребу у термоенергетским постројењима,
- Критичка анализа и испитивање веродостојности прописаних процедура за квалификацију заваривања бешавних цеви израђених од нисколегираног челика. Очекује се да ће резултати указати на мањкавости које могу довести у питање квалитет спојева,
- Утврђивање утицаја изабране технологије заваривања на структуру и механичка својства заварених спојева.
- Повећање сигурности и поузданости конструкција и заварених спојева.
- Продуживање животног века конструкција при репаратурном заваривању и замени сегмената конструкције.

## 6. План истраживања и структура рада

У докторској дисертацији биће обрађена следећа поглавља: Увод, Претходна истраживања, Експериментални део, Резултати, Дискусија, Закључак, Литература.

У поглављу Увод биће приказани кратак осврт на подручје испитивања, дефинисани главни циљеви дисертације и предмет истраживања.

Поглавље Претходна истраживања обухватаће анализу досадашњих истраживања која се односе на:

- историјат и развој високо и ниско легираних челика у термоенергетским постројењима, механизме деградације механичких својстава,
- основне принципе технологије заваривања високолегираних челика, (избор поступака, додатног материјала и параметара процеса)
- основне принципе технологије заваривања нисколегираних челика, (избор поступака, додатног материјала и параметара процеса)
- заварљивост високо и ниско легираних челика у термоенергетским постројењима,

Поглавље Експериментални део односиће се на опис материјала, опреме, алата, ток експеримента, параметре процеса, методе и редослед испитивања високо и ниско легираних челика за употребу у термоенергетским постројењима:

- карактеристике коришћених материјала и опреме,
- елементи технологије заваривања (избор поступака, додатног материјала и параметара процеса),
- остварени параметри заваривања,
- методе испитивања заварених спојева.

У поглављу Резултати биће приказани оригинални резултати добијени у оквиру ове дисертације. Поглавље ће бити систематизовано у складу са поглављем Експериментални део и приказати резултате карактеризације заварених спојева – испитивања без разарања, испитивања макро и микроструктуре, механичких својстава (чврстоћа, пластичност, тврдоћа, микротврдоћа).

У поглављу Дискусија биће дискутовани добијени резултати испитивања структурних, механичких карактеристика са аспекта утицаја параметара заваривања на унуту количину топлоте и њихова корелација са полазним параметрима заваривања.

У Закључку ће бити сумирани добијени резултати.

У поглављу Литература биће наведене цитиране референце, укључујући и публикације проистекле из истраживања спроведених у оквиру ове дисертације.

## 7. Закључак и предлог

На основу прегледаног материјала и изнетих података, Комисија сматра да су предмет и циљеви докторске дисертације кандидата Esmail Ali Salem Ahmeda, мастер. инж. машинства под насловом „Оптимизација технологије заваривања челика отпорних на пузање за термоенергетска постројења“ (Optimization of Welding Technology of Creep Resistant Steels for Thermoenergetic Power Plants) јасно дефинисани и имају научну заснованост. Истраживања која ће бити спроведена у оквиру ове дисертације припадају научној области Металургија за коју је Технолошко-металуршки факултет Универзитета у Београду матична установа. Стога Комисија предлаже Наставно-научном већу Технолошко-металуршког факултета да наведену тему прихвати са коригованим насловом и одобри израду ове докторске дисертације. Комисија за ментора именује др Стефана Дикића, доцента Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду.

У Београду,  
24. јул 2025. године

## ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

.....  
Др Ненад Радовић, редовни професор  
Универзитет у Београду, Технолошко металуршки факултет

.....  
Др Драгомир Глишић, ванредни професор  
Универзитет у Београду, Технолошко металуршки факултет

.....  
Др Александар Седмак, професор Емеритус  
Универзитет у Београду, Машински факултет