

**1. НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ ФАКУЛТЕТА ЗА МАШИНСТВО И
ГРАЂЕВИНАРСТВО У КРАЉЕВУ И ВЕЋУ ЗА ТЕХНИЧКО - ТЕХНОЛОШКЕ НАУКЕ
УНИВЕРЗИТЕТА У КРАГУЈЕВЦУ**

Предмет : Извештај комисије о оцени научне заснованости теме докторске дисертације и испуњености услова кандидата Милице Тимотијевић, маг.инж.маш.

Одлуком већа за техничко-технолошке науке Универзитета у Крагујевцу, број **IV-04-683/21 од 19.09.2023.године**, именовани смо за чланове Комисије за подношење извештаја за оцену научне заснованости теме докторске дисертације и испуњености услова кандидата **Милице Тимотијевић**, мастер инжењера машинства за израду докторске дисертације под насловом:

**УТИЦАЈ КРАТКОТРАЈНОГ ПРЕГРЕВАЊА НА МЕХАНИЧКЕ ОСОБИНЕ И
МИКРОСТРУКТУРУ ЦЕНТРИФУГАЛНО ЛИВЕНЕ ЛЕГУРЕ ОТПОРНЕ НА
ТОПЛОТУ- НР 40 Nb**

у научној области **Машинско инжењерство**, ужа научна област **Машински материјали** кандидаткиње Милице Тимотијевић, мастер инж. машинства. На основу увида у приложену документацију, Комисија подноси Наставно научно Већу Факултета за машинство и грађевинарство у Краљеву, Универзитета у Крагујевцу следећи:

ИЗВЕШТАЈ

1. Научни приступ проблему предложеног нацрта докторске дисертације и процена научног доприноса крајњег исхода рада

У предложеном пријави докторске дисертације кандидаткиња је образложила предмет истраживања наводећи релевантност и значај истраживања у области развоја и оптимизације механичких својстава центрифугално ливене легуре отпорне на топлоту класе НР40 Nb у условима краткотрајног прегревања.

Велики број опреме у нуклеарним електранама, котларницама, хемијској и петрохемијској индустрији као и у осталим процесним индустријама су истовремено изложене дејству оптерећења и високе температуре. Опрема у постројењу за пиролизу етана изложена је врло сложеним топлотним, хемијским, механичким утицајима и оптерећењима у раду. Често се изненада појављују прелине или чак ломови цеви. Главни проблем са којим се технологија пиролизе сусреће и који је ограничава јесте

отпорност конструкционих легура челика на радне услове, тачније отпорност на високотемпературно пузање. Поузданост производње етана у овим условима обезбедиле су легуре НК 40 које су почеле да се производе центрифугалним ливењем 60-тих година прошлог века [1].

НК40 легуре (25%Cr, 20%Ni) припадају фамилији ливених ватроотпорних челика (Н-серија). Имају велику примену у петрохемијској индустрији за компоненте које захтевају отпорност на високотемпературно пузање. Отпорност на пузање ове легуре је велика захваљујући главним легирајућим елементима хрому и никлу, као и другим легирајућим елементима (Ti, Zr, Nb и Cs који су се у новим генерацијама легура доказали као важни за унапређење захтеваних особина. Од почетка производње, 70-тих година прошлог века, па све до почетка 2000-тих година, када је извршена модификација производње у петрохемијској индустрији, у радијационој секцији коришћене су цеви легуре НК40 (ознака по ASTM-у) или GX40CrNiSi25-20 (ознака по DIN 1746 и EN 10295). Проблем који се јавља код примене ових легура је појава микроструктурних промена које се јављају на повишеним температурама, што неповољно утиче на њихове механичке особине. Ове особине су уочене код легуре НК40 при високој температурној деградацији због формирања крте сигма фазе. Образовање специјалних карбида, као што су NbC, VC и др. има веома важну улогу у материјалу НК40 за каталитичке цеви, јер њихово присуство уситњава зрно и побољшава механичка својства материјала. Познато је да највећи број легирајућих елемената у челику хемијски реагује са угљеником образујући интерстицијске фазе или сложене структуре које називамо карбиди [2]. После излагања радним условима дуктилност драстично опада до вредности испод 4% услед старења. Када се цеви наугљенишу, дуктилност се додатно смањује. Добра магнетичност се може објаснити присуством дебелог слоја оксида на спољашњој површини цеви.

Међутим, процес производње етиленских пећи је временом унапређен и подразумевао је примену новије легуре као што су HP40Nb хемијског састава 25%Cr, 35%Ni и 0,45%С која се показала погоднијом за рад у условима повећане радне температуре пећи, због веће границе пузања и боље отпорности на наугљеничење [3,4].

Микроструктура HP40Nb легуре у ливеном стању, састоји се из аустенитне основе у облику ћелијске структуре која садржи мрежу скелета примарних еутектичких карбида типа MC богатих са ниобијумом и типа $M_{23}C_6$ богатих са хромом излучених по границама зрна [5] отпорност према пузању тј. постојаност чврстоће при дуготрајном раду на високим температурама карактеристична је за HP40Nb легуре, постиже се захваљујући аустенитној Cr-Ni основи ових легура која је ојачана помоћу фино диспергованих карбидних честица, које су отпорне на пузање. Нормални пројектовани радни век цеви за реформере дефинисан је API стандардом и износи 100.000 сати [6, 7]. Стварни радни век цеви зависи од многих механизма оштећења који се јављају током експлоатације, може бити дужи или краћи од пројектованог радног века. Прегревање материјала температурама које су више од оних за којих је материјал пројектован да ради. Некада се дешавају прегревања или локалне промене температуре због неправилног рада горионика или утицаја формираног кокса, што такође може довести до озбиљних оштећења цеви реформера. Краткотрајно прегревање може да настане после неколико сати рада и обично се јавља када је цев остала без радног флуида. Прегревање може да доведе до микроструктурних промена, пада механичких особина и на крају до лома цеви.

Идеја за избор теме докторске дисертације је настала из техничко-технолошке сарадње између фабрике ХИП Петрохемије из Панчева и Машинског факултета у Београду на реализацији експерименталног дела пројекта, чији је циљ унапређење квалитета материјала од којих су израђени цевни снопови етиленских пећи тј. пећи за пиролизу бензина. ХИП Петрохемија из Панчева је обезбедила сегменте цеви од HP40Nb легуре који су били у експлоатацији више од 100.000 сати и сегменте нове цеви за експериментални део рада.

Предмет ове докторске дисертације је центрифугално ливена легура отпорна на топлоту класе HP40 Nb.

HP легуре (25%Cr, 35%Ni) су потпуно аустенитне микроструктуре, и замениле су у многим применама цеви код пећи у петрохемијској индустрији материјал НК (25%Cr, 20%Ni) због веће границе пузања и боље отпорности на наугљеничење. Захваљујући томе што поседују већу чврстоћу, дебљина зида реформаторских цеви од HP-Nb легуре може бити мања и термички напони смањени чиме се постиже повећање века трајања цеви.

Примећено је да током процеса пиролизе, долази до изненадног квара цеви који је резултат различитих механизма оштећења. До оштећења цеви најчешће долази услед [13]: формирања кокса, губитка еластичности, термичког замора, кртог лома, ерозије, прегревања, људског фактора, пузања, цементације, оксидације, нитрације и дехромизације.

Прекорачење радних температура погодује процесу интензивног наугљеничења и појачаном таложењу кокса. У случају када се наталожи кокс пожељно је појачати загревање да би се процесу дало довољно енергије. Због тога материјал цеви ради у врло неповољном температурном подручју [14].

Иако је прегревање, као један од механизма оштећења цеви од HP40Nb легуре (реформаторске пећи) препознат и у одређеној мери истражен у литератури, није у потпуности објашњен. Тренутно постоји мали број радова који су проучавали ову проблематику [15, 16, 17]. Посебно у вези са прегревањем, установљено је у литератури да постоје многе неизвесности у вези са предвиђањем века трајања цеви.

Превремени квар реформаторских цеви је, међутим, резултат неколико различитих механизма оштећења, као што су топлотни удар током покретања и случајно краткотрајно прегревање. Такође у пракси су познати облици оштећења цеви у виду температурних удара, који су најчешће узроковани неочекиваним и локализованим оперативним појавама, као што су смањени проток сировине, хабање материјала за пуњење катализатора или појава пламена [18, 19, 20, 21]. Ова краткотрајна температурна одступања могу довести до прераног отказа цеви образовањем великих уздужних пукотина [22].

Добро је позната чињеница да је главни механизам оштећења којим се скраћује радни век реформаторских цеви пузање. Током нормалних радних услова код реформаторских цеви од HP40Nb легуре, оштећење од пузања појавиће се полако тако да пројектни век протекне безбедно без отказа. Међутим, у пракси често долази до прегревања цеви и већина је преурањена, што доводи до отказа узрокованим локализованим прегревањем [17, 23-24].

Термичка нестабилност коју стварају овакви проблеми доводи до убрзаног микроструктурног старења, при чему су ове појаве често узрок превременог и неочекиваног отказа цеви услед савијања или пуцања [16].

Веза са досадашњим истраживањима

На основу увида у до сада објављене радове у научним и стручним часописима и међународним и домаћим конференцијама може се закључити да кандидаткиња Милица Тимотијевић поседује истраживачко искуство из области предложене дисертацијом. Истраживачка област кандидаткиње припада машинском инжењерству, а повезана је са ужом научном области Машински материјали, и познавање карактеризације материјала. С обзиром на опсежна теоријска и експериментална истраживања на којима ће се заснивати докторска дисертација, кандидаткиња је прикупила и анализира велики број публикованих радова страних аутора који су проучавали ову проблематику:

- [1] Liu, C. J., Chen, Y.: Variations of the microstructure and mechanical properties of HP40Nb hydrogen reformer tube with time at elevated temperature, *Materials and Design*, Vol. 32, No. 4, 2011, pp. 2507- 2512, ISSN: 0264-1275. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2010.08.031>
- [2] Dao, V. H., Song, J. S., Kim, J. Y., Yoon, K. B.: Creep deformation characteristics of microalloyed HP40Nb steel at 950°C, *Journal of Mechanical Science and Technology*, Vol. 33 No. 10, 2019, pp. 4813-4821, ISSN: 1226-4865, DOI:10.1007/s12206-019-0922-9.
- [3] Plavšić, M.: Istraživanje uzroka nastajanja i širenja prsline na stjenki austenitnih hromnikl cijevi katalizatora parne reforming peći - magistarski rad, *Mašinski fakultet, Banja Luka*, (2009).
- [4] Da Silveira-Lain, L., Le May, T.: Reformer Furnaces: (materials, damage mechanisms, and assessment), *The Arabian Journal for Science and Engineering*, Vol. 31, No. 2C, 2006, pp. 99-119, ISSN: 2191-4281.
- [5] JuliaÁN RodrõÁguez, Sergio Haro, Abraham Velasco, Rafael ColaÁs, A metallographic study of aging in a cast heat-resisting alloy, *Materials Characterization* 45, 2000, pp. 25-32, ISSN:10445803, [https://doi.org/10.1016/S1044-5803\(00\)00047-4](https://doi.org/10.1016/S1044-5803(00)00047-4)
- [6] API Standard 530, Calculation of Heater-Tube Thickness in Petroleum Refineries, *American Petroleum Institute, Washington D.C., USA* (2015).
- [7] Yu, Y. M., Dao, V. H., Lok, V., Le, T. G., Yoon, K. B.: Asymptotic creep deformation behaviour of modified HP steel after long-term service, *Journal of Mechanical Science and Technology*, Vol. 34, No. 5, 2020, pp. 1997-2009, ISSN: 138-494X, DOI: DOI: 10.1007/s12206-020-0421-z
- [8] Guan, K., Xu, H., Wang Z.: Analysis of failed ethylene cracking, *Engineering Failure Analysis*, Vol.12, No.3, 2005, pp.420–431, ISSN:1350-6307. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2004.03.012>
- [9] Ul-Hamid, A., Tawancy, H.M., Mohammed, A.I., Abbas, N.M.: Failure analysis of furnace radiant tubes exposed to excessive temperature, *Engineering Failure Analysis*, Vol. 13, No 6, 2006, pp. 1005–1021, ISSN: 1350-6307, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2005.04.003>
- [10] Guan, K., Wang, Q.: Analysis of failed electron beam welds in ethylene cracking tubes, *Engineering Failure Analysis*, Vol. 18 No. 5, 2011 pp. 1366–1374, ISSN: 1350-6307. DOI: DOI: 10.1016/j.engfailanal.2011.04.003

- [11] Tawancy, H.M.: Degradation of mechanical strength of pyrolysis furnace tubes by high-temperature carburization in a petrochemical plant, *Engineering Failure Analysis*, Vol. 16, No.7, 2009, pp. 2171–2178, ISSN: 1350-6307, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2009.02.009>
- [12] Khodamorad, S.H., Fatmehsari, H., Rezaie, H., Sadeghipour, A.: Analysis of ethylene cracking furnace tubes, *Engineering Failure Analysis*, Vol. 21 (2012) pp. 1-8, ISSN: 1350-6307. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2011.11.018>
- [13] Kucora, I., Radovanovic, Lj. Pyrolysis furnace tube damaging and inspection, III International Conference Industrial Engineering and Environmental Protection, 30. Oktober, 2013, Zrenjanin, ISBN 978-86-7672-208-2, pp.162-169.
- [14] Filetin, T., Kovačićek, F., Lisjak, D., Analiza mikrostrukturnih promjena u materijalu cijevi peći za pirolizu, *Tehnički vijesnik*, Vol.4(1,2), 1997, pp. 13-17 ISSN: 1330-3651.
- [15] Gregory N. Haidemenopoulos, Anna D. Zervaki, Helen Kamoutsi & Kyriaki Polychronopoulou: Creep rupture in HP-Nb refractory steel tubes due to short-term overheating, *European Journal of Materials*, 2021, Vol.1, No.1, pp.84–105, <https://doi.org/10.1080/26889277.2021.1994841>
- [16] Mario Luiz Cruz Nascimento, Flavia da Cruz Gallo, Fabio dos Santos Queiroz, Matheus Campolina Mendes, Carlos Bruno Eckstein, Laudemiro Nogueira Jr., Iain Le May, Gabriela Ribeiro Pereira, Luiz Henrique de Almeida: Effect of short-time overheating in the morphology of primary carbides network in Nb and NbTi modified HP stainless steels steam reforming tubes, *Journal of materials research and technology* 2023; 22 :pp. 382 -392. ISSN: 2238-7854, DOI:<https://doi.org/10.1080/26889277.2021.1994841>
- [17] W.Z. Wang, F.Z. Xuan, Z.D. Wang, B. Wang, C.J. Liu: Effect of overheating temperature on the microstructure and creep behavior of HP40Nb alloy, *Materials and Design* Vol. 32, 2011, pp. 4010–4016, ISSN DOI: [10.1016/j.matdes.2011.03.008](https://doi.org/10.1016/j.matdes.2011.03.008)
- [18] Knowles DM, Thomas CW, Keen DJ, Chen QZ. In service embrittlement of cast 20Cr32Ni1Nb components used in steam reformer applications, *Int. J. Press. Vessel Pip.* 2004; Vol.81:pp.499-506. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijpvp.2003.12.025>.
- [19] NaghiKhami M., Jahromi Jenabali S.A.: Creep life assessment of primary reformer HP40-Nb modified steel tube of an ammonia plant. *International Journal of Engineering, Transactions B Application*,; Vol.17, Issue.2, 2004, pp. 183-190. ISSN:1728144X, DOI:https://www.ije.ir/article_71516_7712320f491e959551e4487bfd271c5f
- [20] Haidemenopoulos GN, Zervaki AD, Kamoutsi H, Polychronopoulou Kyriaki. Creep Rupture in HP-Nb refractory steel tubes due to short-term overheating, *European Journal of Materials*, Vol.1:1,2021, pp.1-22, DOI: [10.1080/26889277.2021.1994841](https://doi.org/10.1080/26889277.2021.1994841)
- [21] Bonaccorsi L, Guglielmino E, Pino R, Servetto C, Sili A. Damage analysis in Fe-Cr-Ni centrifugally cast alloy tubes for reforming furnaces. *Eng. Fail. Anal.*, Vol.36, 2014; pp.65-74, ISSN: 1873-1961, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2013.09.020>
- [22] Perez IU, Junior LN, De Oliveira Bueno L, De Almeida LH, Da Silveira TF. Short duration overheating in a steam reformer: consequences to the catalyst tubes. *J Fail Anal Prev* 2013;13:779e86. <https://doi.org/10.1007/s11668-013-9751-9>.

- [23] Pourmohammad H, Bahrami A, Eslami A, Taghipour M. Failure investigation on a radiant tube in an ethylene cracking unit. Eng Fail Anal., 2019; Vol.104: pp.216-226, ISSN: 1873-1961, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2019.05.042>.
- [24] Knowles DM, Thomas CW, Keen DJ, Chen QZ. In service embrittlement of cast 20Cr32Ni1Nb components used in steam reformer applications. Int J Press Vessel Pip 2004; Vol.81(6), pp.499-506, ISSN: 0308-0161, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijvp.2003.12.025>.

2. Образложење предмета, метода и циља који уверљиво упућују да је предложена тема од значаја за развој науке

Предмет, циљеви и хипотезе ове дисертације обухватају следеће

Предмет

Предмет ове докторске дисертације се базира на истраживању утицаја краткотрајног прегревања на развој микроструктуре, садржаја примарних и секундарних карбида, механизма оштећења цеви са аспекта прегревања цеви за реформере.

Основне хипотезе које су постављене у овој докторској тези су:

Хипотеза 1:

Краткотрајно прегревање не утиче негативно на радни век цеви јер долази до уситњавања карбида и побољшања механичких особина легуре.

Хипотеза 2:

Улазни параметри процеса краткотрајног прегревања позитивно утичу на структурне и механичке особине испитиваног материјала цеви за реформаторске пећи.

Хипотеза 3:

Успостављањем корелације између улазних параметара процеса прегревања и добијених структурних и механичких карактеристика нове и након 11 година експлоатације цеви од центрифугално ливене легуре отпорне на топлоту - НР40 Nb могу се дефинисати утицајни улазни параметри процеса прегревања.

Хипотеза 4

Цеви од центрифугално ливене легуре отпорне на топлоту - НР40 Nb које су биле изложене високим температурама у струји угљоводоника и водене паре при малом притиску више од 100.000 сати након ревитализације тј. краткотрајним прегревањем могу се поново користити.

Хипотеза 5

Накнадним загревањем цеви од центрифугално ливене легуре отпорне на топлоту - НР40 Nb која није била у експлоатацији, такође може да се продужи радни век цеви за реформаторске пећи у петрохемијској индустрији.

Хипотеза 6

Оптимизацијом услова прегревања постиже се побољшање механичких особина и микроструктуре испитиваног материјала, њеног понашања при пузању, а самим тим и доводи до продужења њеног радног века.

Циљеви

На основу претходно наведеног, основни циљеви докторске дисертације су:

- Анализа утицаја краткотрајног прегревања на микроструктурне промене и механичке особине цеви од HP40-0.63%Nb легуре која није била у експлоатацији и цеви HP401.5%Nb легуре која је била у експлоатацији више од 100.000 сати.
- Дефинисати који је утицајнији параметар прегревања температура или време прегревања на механичке особине центрифугално ливене легуре отпорне на топлоту - HP40 Nb.

Методе истраживања

У својим истраживањима кандидаткиња ће користити сегменте цеви, узете из пећи F1-A за пиролизу. За потребе експерименталних испитивања, помоћу тестере уз минимално загревање ће се исећи епрувете спољашњег пречника 76,2 mm, унутрашњег пречника 63,5 mm и дебљине 6,35 mm. Испитна цев од центрифугално ливене ватроотпорне легуре HP40 1,5%Nb је била у раду 100976 сати. Радни флуид који је пролазио кроз цевне змије је сирови бензин, разблажен паром. Притисак на улазу у цевну змију је 2.5 bar, а на излазу из цевне змије је око 0,84 bara. Ради поређења анализиране су и цеви од HP40-0.63%Nb из друге пећи код које није дошло до лома.

Термички третман који ће се користити за прегревање узорак направљених од старих и нових сегмената цеви HP40Nb легуре састоји се из загревања узорак у коморној изведби лабораторијске пећи са ПИД контролором температуре. Тип пећи је MP3, максималне радне температуре 1150°C снаге 4.5kW произвођача Грејач Комерц, Нови Бечеј на температурама од 950, 1050 и 1150°C у трајању од 1/2h, 2h и 8h, а након тога хлађени на собној температури. Температуре прегревања 950, 1050 и 1150°C су изабране на основу података да ове легуре се широко користе у петрохемијској индустрији, посебно у условима дуготрајне изложености високим температурама у опсегу од 850 до 1150°C. За карактеризацију испитиваног материјала кандидаткиња ће користити савремену мерну опрему за мерење тврдоће, затезних карактеристика као и металуршка испитивања.

На основу измерених вредности кандидаткиња ће закључити о оцени квалитета испитаног материјала.

У оквиру докторске дисертације кандидаткиња ће реализовати експериментална истраживања применом следећих техника, метода и савремене мерне опреме:

За карактеризацију испитиваног материјала користиће се следеће технике и методе:

Хемијска анализа, оптичко емисиони спектрометар;

Светлосна микроскопија - испитивање микроструктуре на полираним и нагриженим узорцима.

Скенинг електронска микроскопија- испитивање микроструктуре и морфологије површине лома.

Рендгеноструктурна анализа дифракцијом X зрака за идентификацију аустенита, примарних и секундарних карбида хрома и карбида ниобијума.

Испитивање затезањем (SRPS EN ISO 6892-1:2020)

Испитивање тврдоће, Викерсова и Бринелова метода (SRPS EN ISO 6507-1:2018 и SRPS EN ISO 6506-1:2011)

Укупан број узорака који ће бити испитан је 77.

Експериментална истраживања усмерена су ка примени ANOVA анализе, регресионе анализе и потом оптимизације режима прегревања два узорка цеви етиленских пећи. Једна цев је израђена од легуре HP40-0.63%Nb која није била у експлоатацији, а друга од легуре HP401.5%Nb која у експлоатацији провела више од 100.000 h. Први корак односи се на примену ANOVA анализе са циљем процене релативног значаја температуре и времена прегревања на механичке особине разматраних цеви. Затим, регресионом анализом омогућава се моделирање механичких особина у функцији температуре и времена прегревања цеви. Регресионе једначине као излазни резултати регресионе анализе имају улогу функција циља за оптимизацију механичких особина помоћу биолошки-инспирираног метахеуристичког алгоритма. На овај начин, оптимизацијом се долази до максималних и минималних вредности механичких особина међу којима се издвајају затезна чврстоћа, напон течења, процентуално издужење и тврдоћа по Викерсу.

Оквирни садржај докторске дисертације

Кандидаткиња је планирала да докторска дисертација буде реализована кроз 8 поглавља:

1. Увод
2. Преглед досадашњих истраживања
 - 2.1 Историјски преглед испитиваног материјала
 - 2.2 Механизми оштећења
3. Експериментална процедура
4. Методе истраживања
5. Резултати
 - 5.1 Утицај температуре прегревања на механичке особине HP40Nb легуре

- 5.2 Утицај температуре прегревања на микроструктуру HP40Nb легуре
- 5.3 Утицај микроструктуре HP40Nb легуре након прегревања на механичке особине
6. Дискусија
7. Закључци
8. Литература

3. Образложење теме за израду докторске дисертације које омогућава закључак да је у питању оригинална идеја или оригиналан начин анализирања проблема

Комисија закључује да је предложена тема докторске дисертације **Утицај краткотрајног прегревања на механичке особине и микроструктуру центрифугално ливене легуре отпорне на топлоту - HP 40 Nb**, кандидаткиње Милице Тимотијевић са образложеним предметом, постављеним хипотезама, методама и циљевима и очекиваним резултатима, а која је произишла на основу анализе доступних научних радова објављених у научним и стручним часописима, као и на међународним конференцијама, оригинална идеја.

Очекује се да ће истраживања у предложеној теми дати савремен и оригиналан допринос у области карактеризације цеви „нове“ (цеви израђене од HP40 Nb легуре које нису биле у употреби) и „старе“ (цеви након 11 година експлоатације) са аспекта продужења радног века тј. употребе тих цеви након краткотрајног прегревања. У том смислу се очекује да би добијени резултати могли бити добар путоказ за избор адекватног поступка оптимизације услова прегревања, како би се постигло побољшање механичких особина и микроструктуре испитиваног материјала цеви, њеног понашања при пузању, а самим тим и продужења њеног радног века.

4. Усклађеност дефиниције предмета истраживања, основних појмова, предложене хипотезе, извора података, метода анализе са критеријумима науке уз поштовање научних принципа у изради коначне верзије докторске дисертације

Кандидаткиња Милица Тимотијевић ће у својој дисертацији обухватити све елементе савременог научно-истраживачког рада поштујући основне критеријуме науке и научних циљева и методе анализе, имплементацијом постојећих и развијањем оригиналних идеја научног истраживања. Предложене хипотезе су дефинисане на основу детаљне анализе досадашњих истраживања предвиђања отказа цеви за реформаторске пећи у петрохемијској индустрији условљене различитим механизмима оштећења а посебно прегревањем, објављених у међународним часописима, научним конференцијама и стручној литератури. Кандидат ће детаљно проверити полазне хипотезе анализом обимне, релевантне и савремене литературе из области науке о материјалима, машинских материјала које указују на актуелност истраживања у испитиваној области. Комисија сматра да је кандидаткиња у пријави теме, успешно ускладила дефиницију предмета истраживања са научно стручним појмовима,

предложеним хипотезама и методама истраживања. Прегледна обимна литература коју је кандидаткиња користила у дефинисању теме докторске тезе указују на адекватно познавање предметне области истраживања.

5. Преглед научно-истраживачког рада кандидата

Кратка биографија кандидата

Милица С Тимотијевић мастер инж. маш. рођена је 02.03.1993. године у Чачку. Након завршене основне школе ОШ „Вук Караџић“ у Чачку завршила је средњу школу „Гимназија“ у Чачку на Природно-математичком смеру. Основне академске студије на Машинском факултету у Београду, Универзитета у Београду уписала је школске 2012/13. године, и завршила их дипломирајући у року са просечном оценом 8,32 (осам и 32/100) одбраном завршног рада дана 25.09.2015. Завршни рад на основним студијама одбранила је из предмета Машински материјали на тему „Технологија заваривања блока мотора TIG поступком заваривања“ са оценом 9 (девет). Мастер академске студије на Машинском факултету у Београду, Универзитета у Београду уписала је школске 2015/16. године, и завршила их у року одбраном мастер рада дана 11.09.2017. године, на изборном модулу Заваривање и заварене конструкције. Током мастер студија, остварила је просечну оцену 8,89 (осам и 89/100), одбраном мастер рада из предмета Поступци заваривања, на тему „Утицај унете количине топлоте на особине навара високоугљеничних челика“ са оценом 10 (десет). Докторске академске студије уписала је школске 2017/18. године на Машинском факултету у Краљеву (сада Факултет за машинство и грађевинарство у Краљеву) Универзитета у Крагујевцу. Од децембра 2017. до октобра 2022. године радила је у фирми за производњу и репарацију шинских возила „Шинвоз“ у Зрењанину као технолог заваривања. Од октобра 2022. запослена је на Високој школи Ваздухопловна академија у Београду као асистент на предмету Материјали ваздухоплова. Тренутно је студент III (треће) године докторских студија. Положила је све испите предвиђене студијским програмом са просечном оценом 9,10 (девет и 10/100). Научно-истраживачки рад и интересовање кандидаткиње је усмерено на област Машинско инжењерство, ужа област Машински материјали и наука о материјалима.

Научно-истраживачки рад - Објављени радови кандидаткиње

Радови у националним часописима међународног значаја

Категорија M24

1. **Timotijević M.**, Erić Cekić O., Rajnović D., Dojčinović M., Janjatović P.: Microstructural Evolution and Degradation of Mechanical Properties of HPNb Alloy after Eleven-Year Service, STRUCTURAL INTEGRITY AND LIFE, Vol. 22, No 3, 2022, pp. 299–304, ISSN: 1451-3749, DOI: <http://TechnoRep.tmf.bg.ac.rs/handle/123456789/6320> [M24]

Радови у научним часописима

Категорија M53

1. **Timović Milica**, Erić Cekić Olivera, Rajnović Dragan, Janjatović Petar: Microstructural analysis of a HP 40Nb alloy aged, Engineering Today, Vol.1, No.3, 2022, pp.1-8, ISSN 2812-9474, DOI: <https://doi.org/10.5937/engtoday2203041T> [M53]

Саопштења на домаћим научно стручним скуповима

Категорија М63

1. **Timotijević Milica**, Rajnović Dragan, Erić Cekić Olivera: Mikrostruktura i svojstva legure HP40Nb poređenje materijala u livenom stanju i nakon eksploatacije, Šesti naučno-stručni skup Politehnika Beograd, 10 decembar 2021, pp. 588-594, ISBN 978-86-7498-087-3 [M63]

Категорија М30

1. **Timotijević Milica**, Bjelić Mišo, Rajnović Dragan, Erić Cekić Olivera: Prediction of the Strain hardening exponent of HP40-Nb alloy, The X International Conference Heavy Machinery-HM 2021, Vrnjačka Banja, 23– 25 June 2021, pp. B.45-B.51, ISBN 978-86-81412-09-1. [M33]

2. Biočanin Stojko, **Timotijević Milica**: Analysis of centrifugal compressor testing capabilities, The X International Conference “Heavy Machinery-HM 2021”, Vrnjačka Banja, 23– 25 June 2021, pp.9, B.45-B.51, ISBN 978-86-81412-09-1. [M33]

3. **Timotijević Milica**: Determining the longitudinal force in collision of two wagons 77, The X International Conference “Heavy Machinery-HM 2021”, Vrnjačka Banja, 23– 25 June 2021, pp. B.45-B.51, SESSION D: APPLIED MECHANICS ISBN 978-86-81412-09-1. [M33]

6. Предлог за ментора са његовим референцама којима се доказује испуњеност услова за менторство

Комисија предлаже да ментор ове докторске дисертације буде др Оливера Ерић Цекић ванредни професор Факултета за машинство и грађевинарство у Краљеву Универзитета у Крагујевцу.

Др Оливера А. Ерић Цекић, ванредни професор је као аутор и коаутор објавила више од 50 радова научно-истраживачких радова у међународним и домаћим научним часописима, као и у зборницима међународних и домаћих научних скупова, од којих је 21 научних радова у часописима са СЦИ листе.

Референце којима се доказује испуњеност услова за менторство (минимум 5 референци у последњих 10 година):

1. Mitrović R., Momčilović D., **Erić Olivera**, Atanasovska I., Hut N., Study on impact properties of creep-resistant steel thermally simulated heat affected zone, Thermal Science, Volume 16, Issue 2, 2012, pp. 513-525, ISSN: 0354-9836. DOI <https://doi.org/10.2298/TSCI111006142M> [M23]
2. Dojčinović M., **Erić Olivera**, Rajnović D., Šidjanin L., Baloš S., Effect of austempering temperature on cavitation behavior of unalloyed ADI material, Materials Characterization, Vol. 82, 2013, pp. 66-72, ISSN 1044-5803. DOI <http://dx.doi.org/10.1016/j.matchar.2013.05.005> [M21a]
3. Balos, S., Radisavljevic, I., Rajnovic, D., Dramicanin, M., Tabakovic, S., **Eric Cekic, Olivera**, Sidjanin, L., Geometry, mechanical and ballistic properties of ADI material perforated plates, Materials & Design, Vol. 83, 2015, pp. 66–74, ISSN 0264-1275. DOI <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2015.05.081> [M21]

4. Janjatovic P., **Eric-Cekic Olivera.**, Sidjanin L., Balos S., Dramicanin M. R., Grbovic-Novakovic J. D, Rajnovic D., The Effect of Water Concentration in Ethyl Alcohol on the Environmentally Assisted Embrittlement of Austempered Ductile Irons, Metals, vol. 11(1), No 94, **2021**, pp. 1-16,; ISSN: 2075-4701, DOI: <https://doi.org/10.3390/met11010094> [M21]
5. Balos S., Rajnovic D., Sidjanin L., **Eric Cekic Olivera**, Moraca S., Trivkovic M., Vickers hardness indentation size effect in selective laser melted MS1 maraging steel, ARCHIVE Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part C Journal of Mechanical Engineering Science, Vol. 235, Issue 10, **2019**, pp. 1989-1996, vol. 203-210, ISSN: 0954-4062 DOI: <https://doi.org/10.1177/095440621989230> [M23]
6. Janjatovic Petar D, **Eric-Cekic Olivera A**, Rajnovic Dragan M, Balos Sebastian S, Grabulov Vencislav K, Sidjanin Lepsava P: Microstructure and Fracture Mode of Unalloyed Dual-Phase Austempered Ductile Iron, CHEMICAL INDUSTRY & CHEMICAL ENGINEERING QUARTERLY, -Vol. 28 br. 2, **2022**, str. 161-167, ISSN: 1451-9372, DOI: <https://doi.org/10.2298/CICEQ201222027J> [M23]
7. Rajnovic Dragan, Balos Sebastian S, Sidjanin Lepsava P, **Eric Cekic, O.**, Grbovic Novakovic, J.: Tensile properties of ADI material in water and gaseous environments, Materials Characterization, 101, (**2015**), pp. 26-33, ISSN 1044-5803, Категорија: 7/73(Metallurgy & Metallurgical Engineering), DOI:<http://dx.doi.org/10.1016/j.matchar.2015.01.001> [M21]

На основу свега наведеног у претходним тачкама овог извештаја Комисија доноси следећи

ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ КОМИСИЈЕ

Милица Тимотијевић, мастер инжењер машинства, испунила је све предвиђене услове за одобрење израде докторске дисертације.

Предложена тема докторске дисертације је оригинална и има научну заснованост. Предложена методологија израде докторске дисертације је у складу са научним принципима. Очекивани резултати докторске дисертације требало би да представљају оригинални научни и стручни допринос у области развоја и оптимизације механичких својстава и микроструктуре центрифугално ливене легуре отпорне на топлоту класе HP40 Nb у условима краткотрајног прегревања.

Комисија предлаже Наставно-научном већу Факултета за машинство и грађевинарство у Краљеву Универзитета у Крагујевцу и Већу за техничко-технолошке науке Универзитета у Крагујевцу да наведену предложену тему за докторску дисертацију:

УТИЦАЈ КРАТКОТРАЈНОГ ПРЕГРЕВАЊА НА МЕХАНИЧКЕ ОСОБИНЕ И МИКРОСТРУКТУРУ ЦЕНТРИФУГАЛНО ЛИВЕНЕ ЛЕГУРЕ ОТПОРНЕ НА ТОПЛОТУ- HP 40 NB

прихвати и одобри њену израду кандидату **Милице Тимотијевић**.

Комисија предлаже да ментор ове докторске дисертације буде **др Оливера Ерић Цекић**, ванредни професор Факултета за машинство и грађевинарство у Краљеву Универзитета у Крагујевцу.

У Краљеву, 18.10.2023.

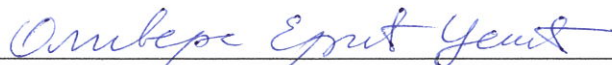
КОМИСИЈА



Др Драган Рајновић, ванредни професор, председник комисије,
Депарتمان за производно машинство, Факултет техничких наука у Новом Саду,
Универзитет у Новом Саду,
Ужа научна област: Материјали и технологије спајања (13.11.2020.)



Др Мићо Бурђејев, доцент, члан комисије
Технички факултет „Михајло Пупин“ у Зрењанину, Универзитет у Новом Саду,
Ужа научна област: Индустијско инжењерство (09.05.2022.)



Др Оливера Ерић Цекић, ванредни професор, члан комисије
Факултет за машинство и грађевинарство у Краљеву, Универзитет у Крагујевцу
Ужа научна област: Машински материјали (04.02.2022.)

У Краљеву, Октобар, 2023.године