

ОБРАЗАЦ 3

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ
ФАКУЛТЕТА ИНЖЕЊЕРСКИХ НАУКА У КРАГУЈЕВЦУ
И
ВЕЋУ ЗА ТЕХНИЧКО-ТЕХНОЛОШКЕ НАУКЕ
УНИВЕРЗИТЕТА У КРАГУЈЕВЦУ

На седници Већа за техничко-технолошке науке Универзитета у Крагујевцу одржаној 21.1.2026. године (број одлуке: 01-1/187) одређени смо за чланове Комисије за писање Извештаја о оцени научне заснованости теме докторске дисертације под насловом: „Оптимизација процедуре заваривања конструкционог челика повишене јачине из аспекта механичких и динамичких карактеристика”, и испуњености услова кандидата Ђорђа Ивковића, мастер инжењера машинства и предложеног ментора др Душана Арсића, ванредни професор за израду докторске дисертације.

На основу података којима располажемо достављамо следећи:

ИЗВЕШТАЈ
О ОЦЕНИ НАУЧНЕ ЗАСНОВАНОСТИ ТЕМЕ И ИСПУЊЕНОСТИ УСЛОВА
КАНДИДАТА И ПРЕДЛОЖЕНОГ МЕНТОРА
ЗА ИЗРАДУ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

1. Подаци о теми докторске дисертације
1.1. Наслов докторске дисертације:
Оптимизација процедуре заваривања конструкционог челика повишене јачине из аспекта механичких и динамичких карактеристика
1.2. Научна област докторске дисертације:
Машинске инжењерство/Производно машинство
1.3. Образложење теме докторске дисертације (до 15000 карактера):
<p>1.3.1. Дефинисање и опис предмета истраживања</p> <p>Предмет истраживања предложене докторске дисертације односи се на испитивање утицаја технолошких параметара заваривања, температурних циклуса и избора додатних материјала на механичке и динамичке карактеристике конструкционих челика повишене чврстоће, са посебним освртом на челик S1100QL и његове заварене спојеве. Истраживање је усмерено на анализу промена микроструктуре у зони утицаја топлоте и зони шавова, као и њиховог утицаја на жилавост, чврстоћу, тврдоћу и отпорност на замор. Посебна пажња биће посвећена проучавању осетљивости челика повишене чврстоће на унос топлоте током заваривања, појаву водоничне кртости и настанак хладних прелина, као и утицају предгревања и контролисаног хлађења на квалитет заварених спојева.</p>

Анализираће се различите технологије заваривања, са и без примене аустенитног корена, као и заваривање истородним и разнородним додатним материјалима, у циљу утврђивања оптималних параметара технологије заваривања.

Истраживање обухвата експерименталну карактеризацију основног материјала и заварених спојева применом механичких испитивања на собним, сниженим и повишеним температурама, као и спровођење металографских, фрактографских и микроструктурних анализа на оптичком и скенирајућем електронском микроскопу. Добијени резултати биће допуњени нумеричким анализама и анализом температурних циклуса, у циљу свеобухватног сагледавања утицаја процеса заваривања на понашање материјала.

1.3.2. Полазне хипотезе

Кандидат је у пријави докторске дисертације дефинисао следеће полазне хипотезе:

1. Повећање температуре током експлоатације и испитивања доводи до смањења механичких карактеристика основног материјала и заварених спојева челика повишене чврстоће S1100QL, пре свега затезне чврстоће, границе течења и жилавости.
2. Примена аустенитног корена при заваривању конструкционог челика повишене чврстоће позитивно утиче на ударну жилавост и отпорност на појаву прлина у завареним спојевима.
3. Примена одговарајућег режима предгревања има повољан утицај на микроструктуру и механичке карактеристике заварених спојева, као и на смањење ризика од појаве водоничне кртости и хладних прлина.
4. Основни материјал показује боље динамичке карактеристике и већу отпорност на замор у односу на заварене спојеве, услед одсуства структурних и геометријских дисконтинуитета.
5. Заваривање истородним додатним материјалом обезбеђује повољније механичке и динамичке карактеристике заварених спојева у односу на заваривање разнородним додатним материјалима.

Наведене хипотезе биће проверене кроз систематска експериментална и нумеричка истраживања, као и применом метода статистичке анализе и вештачке интелигенције, у циљу утврђивања оптималне процедуре заваривања за конструкционе челике повишене чврстоће.

1.3.3. План рада

План рада докторске дисертације конципиран је тако да омогући систематско и свеобухватно испитивање утицаја технологије заваривања на механичке и динамичке карактеристике конструкционог челика повишене чврстоће S1100QL. Истраживање ће бити реализовано кроз више међусобно повезаних фаза које обухватају експериментални рад, као и примену нумеричких и аналитичких метода.

У првој фази рада извршиће се експериментална карактеризација основног материјала. Ова фаза обухватаће одређивање хемијског састава, испитивања затезањем на собној и повишеним температурама, испитивања ударне жилавости на собној и сниженим температурама ради одређивања прелазне температуре, мерење тврдоће, као и металографска испитивања применом оптичке и скенирајуће електронске микроскопије. Поред тога, биће спроведена и испитивања замарањем ради одређивања трајне динамичке чврстоће основног материјала.

У другој фази биће извршена анализа заварљивости челика S1100QL, као и избор одговарајућих додатних материјала и параметара заваривања за различите технолошке варијанте, са и без примене предгревања и аустенитног корена. Биће дефинисана геометрија жлеба, припремљени узорци и извршена технолошка припрема за заваривање.

Трећа фаза обухватиће заваривање пробних плоча применом одабраних технологија, као и њихову контролу применом метода без разарања, како би се утврдило евентуално присуство дефеката. Након потврде квалитета заварених спојева, приступиће се припреми испитних узорака.

У четвртој фази планирано је спровођење механичких и структурних испитивања заварених спојева. Она ће обухватити испитивања затезањем на собним и повишеним температурама, испитивања ударне жилавости карактеристичних зона завареног споја, мерење тврдоће, металографска и фрактографска испитивања, као и испитивања замарањем за одабране заварене спојеве.

Пета фаза рада биће усмерена на експериментално праћење температурних циклуса током заваривања, са циљем одређивања времена хлађења у интервалу од 800 °C до 500 °C ($t_8/5$), као једног од кључних параметара за контролу микроструктуре и механичких својстава.

У шестој фази биће извршена нумеричка анализа процеса заваривања и механичког понашања материјала, при чему ће резултати симулација бити упоређени са експериментално добијеним подацима, у циљу валидације модела.

Седма фаза обухватиће примену метода вештачке интелигенције, пре свега вештачких неуронских мрежа, за развој модела за предикцију механичких и динамичких карактеристика челика и заварених спојева на основу експерименталних резултата.

У завршној фази рада извршиће се интеграција и анализа свих добијених резултата, њихова дискусија у односу на постојећу литературу, формулисање закључака и давање препорука за даља научна и примењена истраживања.

1.3.4. Методе истраживања

У оквиру предложене докторске дисертације биће примењене експерименталне, нумеричке и аналитичке методе истраживања, са циљем свеобухватне анализе утицаја технологије заваривања на механичке и динамичке карактеристике конструкционог челика повишене чврстоће S1100QL и његових заварених спојева.

Експерименталне методе обухватаће испитивање хемијског састава, испитивања затезањем на собним и повишеним температурама, испитивања ударне жилавости на собним и сниженим температурама, мерење тврдоће и испитивања замарањем. Наведена испитивања биће извођена у складу са важећим међународним стандардима, а узорци ће бити припремљени у складу са прописаним процедурама. Микроструктурна испитивања биће спроведена применом оптичке микроскопије и скенирајуће електронске микроскопије, уз примену одговарајућих техника припреме узорака и хемијског нагризања.

Контрола квалитета заварених спојева биће извршена применом метода без разарања, као што су визуелна контрола, ултразвучно и магнетно испитивање, ради идентификације могућих унутрашњих и површинских дефеката.

Нумеричке методе истраживања обухватиће примену методе коначних елемената за симулацију температурних поља, напонско-деформацијског стања и механичког понашања материјала током и након заваривања. Развијени нумерички модели биће калибрисани на основу експерименталних резултата, чиме ће се обезбедити њихова поузданост и применљивост.

Аналитичке методе биће примењене за оцену заварљивости, прорачун уноса топлоте, анализу температурних циклуса и процену појаве водоничне крости и хладних прелина. Добијени резултати биће коришћени за оптимизацију технолошких параметара заваривања. У завршној фази истраживања биће примењене методе вештачке интелигенције, пре свега вештачке неуронске мреже, ради развоја модела за предикцију механичких и динамичких карактеристика материјала.

1.3.5. Циљ истраживања

Циљ предложене докторске дисертације јесте свеобухватно испитивање утицаја технологије заваривања, температурних циклуса и избора додатних материјала на механичке, структурне и динамичке карактеристике конструкционог челика повишене чврстоће S1100QL и његових заварених спојева. Истраживање је усмерено ка утврђивању оптималних параметара и услова заваривања који обезбеђују висок ниво поузданости, безбедности и дуготрајности заварених конструкција изложених статичким, динамичким и ударним оптерећењима.

Посебан циљ рада представља анализа утицаја предгревања, примене аустенитног корена и избора истородних и разнородних додатних материјала на микроструктуру, тврдоћу, жилавост и отпорност на замор заварених спојева. Кроз експериментална и нумеричка истраживања, тежи се успостављању јасних зависности између технолошких параметара заваривања и добијених механичких својстава.

Додатни циљ дисертације јесте развој поузданих модела за предикцију механичких и динамичких карактеристика челика и заварених спојева применом метода вештачке интелигенције, пре свега вештачких неуронских мрежа, на основу експериментално добијених података. На тај начин омогућиће се бржа и ефикаснија процена квалитета заварених конструкција у инжењерској и индустријској пракси.

1.3.6. Резултати који се очекују

Очекивани резултати предложене докторске дисертације обухватају детаљну експерименталну и нумеричку карактеризацију механичких, структурних и динамичких својстава конструкционог челика повишене чврстоће S1100QL и његових заварених спојева при различитим условима заваривања и температурног оптерећења.

Очекује се да ће истраживања омогућити утврђивање утицаја предгревања, примене аустенитног корена и избора додатних материјала на микроструктуру, тврдоћу, жилавост и отпорност на замор заварених спојева, као и на појаву водоничне кртости и хладних прслина. Добијени резултати треба да омогуће дефинисање оптималних параметара заваривања за примену челика S1100QL у одговорним конструкцијама.

Посебан резултат рада биће формирање поузданих нумеричких и интелигентних модела за предикцију механичких и динамичких карактеристика материјала и заварених спојева, заснованих на експериментално добијеним подацима. Применом вештачких неуронских мрежа очекује се развој алата који ће омогућити брзу и прецизну процену квалитета заварених конструкција.

Научни допринос дисертације огледаће се у проширивању постојећих сазнања о понашању челика повишене чврстоће током и након заваривања, као и у унапређењу методологије оптимизације технолошких процеса. Практични значај рада огледаће се у могућности директне примене добијених резултата у индустријској пракси, као и у очекиваном публикавању научних радова у релевантним домаћим и међународним часописима.

1.3.7. Оквирни садржај докторске дисертације са предлогом литературе која ће се користити (до 10 најважнијих извора литературе)

Оквирни садржај предложене докторске дисертације обухвата следећа поглавља:

1. Увод
2. Преглед релевантне литературе
3. Карактеристике конструкционог челика повишене чврстоће S1100QL и оцена његове заварљивости
4. Експериментална испитивања основног материјала и заварених спојева
5. Нумеричка анализа процеса заваривања и механичког понашања материјала
6. Примена вештачке интелигенције у предикцији механичких и динамичких својстава

7. Дискусија добијених резултата
8. Закључна разматрања и препоруке за даља истраживања
9. Литература

У уводном поглављу биће приказани мотиви истраживања, циљеви рада, примењена методологија и структура дисертације. Друго поглавље обухватиће критички преглед релевантне научне литературе, са посебним освртом на истраживања у области заваривања челика повишене чврстоће, утицаја температурних циклуса и примене савремених метода анализе.

Треће поглавље биће посвећено детаљном приказу основних карактеристика челика S1100QL, његове микроструктуре, механичких својстава и заварљивости, као и анализи избора додатних материјала и параметара заваривања. У овом делу биће приказани и резултати испитивања методама без разарања.

У четвртном поглављу биће изложени план, методологија и резултати експерименталних испитивања, укључујући испитивања затезањем, ударне жилавости, тврдоће, замарања и микроструктурних анализа, како основног материјала, тако и заварених спојева.

Пето поглавље обухватиће развој и примену нумеричких модела за анализу температурних поља, напонско-деформацијског стања и механичког понашања материјала током заваривања и експлоатације, као и њихову валидацију на основу експерименталних резултата.

Шесто поглавље биће посвећено развоју и анализи модела вештачке интелигенције, пре свега вештачких неуронских мрежа, за предикцију механичких и динамичких карактеристика материјала на основу експерименталних података.

У седмом поглављу биће извршена свеобухватна анализа и дискусија добијених резултата у односу на релевантну научну литературу и постављене хипотезе.

У осмом поглављу биће формулисани закључци рада и дате препоруке за даља истраживања и примену резултата у инжењерској пракси.

Листа полазне литературе:

- [1] S. Afkhami, T. Skriko, K. Lipiäinen, T. Björk, Fracture, deformation route, and mechanical performance of welded cold-formed ultra-high strength steel S1100, *Procedia Structural Integrity*, Vol. 61, 2024, pp. 53-61, <https://doi.org/10.1016/j.prostr.2024.06.009>. M53
- [2] J. Berg, N. Stranghoener, A. Kern, M. Hoevel, Variable amplitude fatigue tests at high frequency hammer peened welded ultra high strength steel S1100, *Procedia Structural Integrity*, Volume 2, pp. 3554-3561, <https://doi.org/10.1016/j.prostr.2016.06.443>. M53
- [3] M. Y. Demeri, *Advanced High-Strength Steels*, ASM International, 2013, pp. 59–70, DOI: <https://doi.org/10.31399/asm.tb.ahsssta.t53700059>.
- [4] V. Lazić, S. Aleksandrović, D. Arsić, A. Sedmak, A. Ilić, M. Đorđević, L. Ivanović, The influence of temperature on mechanical properties of the base material and welded joint made of steel S690QL, *Metallurgy*, Vol. 55, No. 2, 2016, pp. 213–216, ISSN 0543-5846. M22
- [5] D. Arsić, M. Djordjević, J. Živković, A. Sedmak, S. Aleksandrović, V. Lazić, D. Rakić, Experimental-numerical study of tensile strength of the high-strength steel S690QL at elevated temperatures, *Strength of Materials*, Vol. 48, No. 5, 2016, pp. 687–695, DOI: <https://doi.org/10.1007/s11223-016-9812-x>. M23
- [6] T. Ślęzak, Welding of S960QL high-strength steel by the manual–automated MAG technique – A study of mechanical properties, residual stresses and fracture mechanisms in the heat-affected zone, *Materials*, Vol. 17, 2024, pp. 5792, DOI: <https://doi.org/10.3390/ma17235792>. M21
- [7] M. Ghafouri, M. Amraei, A.-P. Pokka, T. Björk, J. Larkiola, H. Piili, X.-L. Zhao, Mechanical properties of butt-welded ultra-high strength steels at elevated temperatures, *Journal of Constructional Steel Research*, Vol. 198, 2022, Article 107499, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jcsr.2022.107499>. M21

- [8] Z. Zeng, G. Li, S.-W. Liu, D.-H. Huang, Y.-P. Liu, S.-L. Chan, Low-cycle fatigue of laser-arc hybrid welded S960 high-strength steel joints, *Journal of Constructional Steel Research*, Vol. 236, Part B, 2026, Article 110040, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jcsr.2025.110040>, M21

1.4. Веза са досадашњим истраживањем у овој области уз обавезно навођење до 10 релевантних референци:

У оквиру истраживања механичких својстава челика повишене чврстоће и њихових заварених спојева, као и њиховог понашања у условима повишених температура и различитих технолошких процеса, значајно место заузимају радови који обрађују утицај повишене температуре, заварљивости и примене савремених метода прогнозирања својстава материјала. Савремена индустрија све више тежи оптимизацији конструкција и материјала, што подразумева потребу за дубљим разумевањем зависности механичких карактеристика од температуре, структурних промена у завареним спојевима, као и примену напредних нумеричких и интелигентних модела као што су вештачке неуронске мреже.

М. Ghafouri [1] је у свом раду анализирао механичка својства челичних заварених спојева од челика повишене чврстоће на повишеним температурама, са циљем да се утврди понашање материјала у условима пожара или термичког оптерећења. Истраживање је усмерено према челику S1100QL и његовим завареним спојевима, тј. испитивању утицаја температуре на затезну чврстоћу, границу течења и деформабилност. На основу добијених резултата формиране су зависности између температуре и чврстоће челика S1100QL и његових заварених спојева. Резултати показују да се пад јачине дешава значајно раније него код конвенционалних конструкционих челика. Показало се да је чврстоћа завареног споја често нижа од јачине основног материјала, што се дешава услед промене микроструктуре у зони утицаја топлоте (ЗУТ).

У свом раду Ђ. Ivković [2] анализирао је могућност примене вештачких неуронских мрежа за прогнозирање механичких својстава нерђајућих челика на основу њиховог хемијског састава. Полазиште истраживања заснива се на чињеници да је класичан приступ одређивању механичких својстава експериментално захтеван, временски дуготрајан и скуп, што подстиче развој модела који би уз минималну количину улазних података давао поуздане прогнозе резултата. Аутори су формирали базу података са преко 150 сетова хемијских састава и одговарајућих механичких својстава (R_m , $R_{p0.2}$, A), која је потом коришћена за тренирање више различитих модела неуронских мрежа у MATLAB окружењу. Мрежа је оптимизирана по броју неурона, функцијама активације и алгоритмима учења, како би се минимизовала грешка између експериментално измерених и предиктованих вредности. Валидирање модела изведено је применом train-test поделе података и мерењем статистичких показатеља као што су R^2 , MSE и MAE. Резултати показују да најбоље конфигурисани модел постиже изузетно високу корелацију између предикције и стварних података ($R^2 > 0.95$), што указује да је развијени приступ погодан за поуздано одређивање механичких својстава без извођења физичких испитивања.

V. Lazić и аутори [3] испитивали су утицај повишених температура на механичка својства основног материјала и завареног споја челичне конструкције израђене од челика S690QL, који спада у групу челика повишене чврстоће. Циљ истраживања био је да се утврди на који начин температура утиче на затезну чврстоћу и деформабилност и да ли заварени спој показује различито понашање у односу на основни материјал. Узорак је изложен контролисаном загревању, а тестови су изведени на више различитих температура, чиме је омогућено формирање одговарајућих зависности и сазнања за ову врсту материјала. Резултати истраживања показују да се са порастом температуре механичка својства знатно снижавају, при чему је пад чврстоће бржи у завареном споју у односу на основни материјал. Ово је последица микроструктурних промена у зони утицаја топлоте где долази до снижења тврдоће/чврстоће. На вишим температурама долази до наглог смањења чврстоће, што указује на ограничену употребу челика S690QL у условима високих температура без адекватне додатне заштите.

D. Arsić у свом раду [4] бави се експериментално-нумеричким истраживањем понашања челика S690QL на повишеним температурама, са посебним акцентом на праћење промена затезне чврстоће и границе течења у условима повишених температура. Челик S690QL има широку примену за израду конструкција где пожар или локално пегревање могу довести до наглог губитка чврстоће. Због тога је неопходно разумети механичко понашање материјала на повишеним температурама како би се омогућило реално моделирање и прорачун конструкција у ванредним условима. Рад се састоји из два дела:

1. експериментално испитивање затезних својстава на узорцима загрејаним на различите температуре и

2. нумеричку симулацију понашања материјала коришћењем софтверских алата за анализу напонско-деформацијског стања.

Експериментални резултати коришћени су за калибрацију нумеричког модела и за дефинисање параметара материјала неопходних за реалистичну симулацију.

Добијени резултати показују да S690QL показује постепен, али изражен пад механичких својстава са порастом температуре, при чему се значајни губици јачине јављају већ у средњем температурном опсегу. Нумерички модел, након калибрације, успешно репродукује експериментално понашање, што га чини поузданим алатом за предвиђање понашања у случајевима пожара. Рад пружа важан допринос креирању материјалних модела за челике повишене чврстоће на повишеним температурама

- [1] M. Ghafouri, M. Amraei, A.-P. Pokka, T. Björk, J. Larkiola, H. Piili, X.-L. Zhao, Mechanical properties of butt-welded ultra-high strength steels at elevated temperatures, *Journal of Constructional Steel Research*, Vol. 198, 2022, Article 107499, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jcsr.2022.107499>. M21
- [2] Dj. Ivković, D. Arsić, D. Adamović, R. Nikolić, A. Mitrović, O. Bokuvka, Predicting the mechanical properties of stainless steels using Artificial Neural Networks, *Production Engineering Archives*, Vol. 30, No. 2, 2024, pp. 225–232, DOI: <https://doi.org/10.30657/pea.2024.30.21>. M22
- [3] V. Lazić, S. Aleksandrović, D. Arsić, A. Sedmak, A. Ilić, M. Đorđević, L. Ivanović, The influence of temperature on mechanical properties of the base material and welded joint made of steel S690QL, *Metallurgy*, Vol. 55, No. 2, 2016, pp. 213–216, M22
- [4] D. Arsić, M. Djordjević, J. Živković, A. Sedmak, S. Aleksandrović, V. Lazić, D. Rakić, Experimental-numerical study of tensile strength of the high-strength steel S690QL at elevated temperatures, *Strength of Materials*, Vol. 48, No. 5, 2016, pp. 687–695, DOI: <https://doi.org/10.1007/s11223-016-9812-x>. M23

1.5. Оцена научне заснованости теме докторске дисертације:

На основу анализе достављене документације, садржаја пријаве теме и прегледа релевантне научне литературе, утврђено је да је предложена тема докторске дисертације научно заснована, актуелна и значајна за даљи развој области машинског инжењерства, посебно у домену заваривања конструкционих челика повишене чврстоће.

Предложена истраживања заснивају се на савременим научним сазнањима и обухватају систематску примену експерименталних, нумеричких и интелигентних метода, што омогућава свеобухватну анализу утицаја технолошких параметара заваривања на механичке и динамичке карактеристике челика S1100QL и његових заварених спојева. Оваквим приступом обезбеђује се висок ниво научне релевантности и методолошке утемељености истраживања.

Утврђено је да су постављене хипотезе јасно дефинисане, логички повезане са предметом истраживања и проверљиве применом планираних истраживачких метода. Њихова верификација омогућиће стицање нових научних сазнања о понашању челика повишене чврстоће у условима заваривања, температурског и динамичког оптерећења.

Посебно је истакнуто да се у оквиру дисертације предвиђа интеграција класичних експерименталних и нумеричких поступака са методама вештачке интелигенције, што представља иновативан приступ у области истраживања заварених конструкција. Оваква методологија доприноси унапређењу постојећих модела и омогућава развој нових алата за предикцију механичких својстава.

На основу наведеног, закључено је да предложена тема поседује јасну научну оригиналност, теоријску и практичну оправданост, као и потенцијал за остваривање значајног научног и стручног доприноса. Резултати истраживања могу имати широку примену у индустријској пракси, посебно у пројектовању и изради одговорних заварених конструкција.

2. Подаци о кандидату

2.1. Име и презиме кандидата:

Ђорђе Ивковић

2.2. Студијски програм докторских академских студија и година уписа:

Машинско инжењерство, 2022.

2.3. Биографија кандидата (до 1500 карактера):

Ђорђе Ивковић је рођен 22.06.1999. године у Смедереву, Република Србија. Основну школу „Карађорђе“ је завршио 2013. године у Старом Селу, са одличним успехом. По завршетку основне школе уписао је Гимназију у Великој Плани коју је завршио 2017. године такође са одличним успехом.

Основне студије уписао је 2017. године на Факултету инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу, студијски програм Машинско инжењерство, а завршио 2020. године на модулу за Производно машинство, са просечном оценом у току студија 9,14 (девет и 14/100). Завршни рад под називом „Утицај угљеника и легирајућих елемената на заварљивост и прокаљивост угљеничних и легираних челика“, одбрањен је 15.09.2020. године са највишом оценом.

Након завршених основних академских студија, године 2020. уписао је мастер академске студије на Факултету инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу, студијски програм Машинско инжењерство, модул Производно машинство. Мастер академске студије завршио је 2022. године, први у својој генерацији, са просечном оценом 9,81 (девет и 81/100). Мастер рад под називом „Утицај термичке обраде при изради одговорне заварене конструкције од челика за побољшање S4732/42CrMo4 “, одбрањен је 06.06.2022. године са највишом оценом.

Докторске академске студије (ДАС) уписао је у октобру 2022. на Факултету инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу, студијски програм Машинско инжењерство. Ђорђе Ивковић је тренутно на трећој години ДАС.

2.4. Преглед научноистраживачког рада кандидата (до 1500 карактера):

У досадашњем научно-истраживачком раду кандидат се континуирано бавио проблематиком механичких својстава конструкционих и нерђајућих челика, технологијама заваривања, анализом заварљивости, као и применом савремених нумеричких и интелигентних метода у машинском инжењерству. Истраживачки рад кандидата тематски је усклађен са предложеном темом докторске дисертације и представља логичан наставак претходних научних активности.

Значајан део објављених радова односи се на испитивање утицаја технологије заваривања и избора додатних материјала на механичке и структурне карактеристике челика, укључујући

оцену заварљивости, анализу микроструктурних промена и понашање заварених спојева у експлоатационим условима. Посебна пажња посвећена је анализи челика повишене чврстоће и могућности њихове примене у одговорним завареним конструкцијама изложеним статичким и динамичким оптерећењима.

У оквиру досадашњих истраживања, кандидат је као аутор или коаутор учествовао у објављивању научних радова у међународним часописима и зборницима радова са рецензијом, укључујући радове објављене у часописима са SCI листе.

Посебно је значајно истаћи радове у којима је анализирана примена вештачких неуронских мрежа за предикцију механичких својстава материјала на основу доступних улазних параметара. Ови радови представљају важну основу за даљи развој интелигентних модела који су планирани у оквиру предложене докторске дисертације и указују на континуитет истраживања у овој области.

На основу приказаног научноистраживачког рада може се закључити да кандидат поседује одговарајуће теоријско знање, истраживачко искуство и научну компетентност за реализацију предложене докторске дисертације. Досадашњи резултати истраживања потврђују да је кандидат активно укључен у научну заједницу и да је оспособљен за самосталан научноистраживачки рад у области машинског инжењерства.

2.5. Списак објављених научних радова кандидата из научне области из које се пријављује тема докторске дисертације (аутори, наслов рада, назив часописа, волумен, година објављивања, странице од-до, DOI број¹, категорија):

- [1] D. Arsić, V. Lazić, R. Nikolić, N. Sczygiol, B. Krstić, Dj. Ivković, B. Hadzima, F. Pastorek, R. Ulewicz, Weldability assessment of various steels by hard-facing, *Materials*, Vol. 15, 2022, 3082, DOI: <https://doi.org/10.3390/ma15093082>. M21
- [2] S. Marković, V. Lazić, D. Arsić, R. Nikolić, Dj. Ivković, R. Ulewicz, O. Bokuvka, Analysis of filler metals influence on quality of hard-faced surfaces of gears based on tests in experimental and operating conditions, *Materials*, Vol. 15, 2022, 7795, DOI: <https://doi.org/10.3390/ma15217795>. M21
- [3] Dj. Ivković, D. Arsić, R. Prokić Cvetković, O. Popović, R. Nikolić, O. Bokuvka, How to replace the original material for welded structure manufacturing, *Production Engineering Archives*, Vol. 29, 2023, pp. 369–378, DOI: <https://doi.org/10.30657/pea.2023.29.42>. M22
- [4] Dj. Ivković, D. Arsić, D. Adamović, R. Nikolić, A. Mitrović, O. Bokuvka, Predicting the mechanical properties of stainless steels using Artificial Neural Networks, *Production Engineering Archives*, Vol. 30, 2024, pp. 225–232, DOI: <https://doi.org/10.30657/pea.2024.30.21>. M22
- [5] Dj. Ivković, D. Arsić, R. Vulović, V. Lazić, A. Sedmak, S. Aleksandrović, M. Đorđević, Possibility of replacing low-carbon structural steel with high-strength steels, for producing welded structures in industry of heavy machines, *Heavy Machinery HM 2023*, Vrnjačka Banja, June 21–24, 2023, pp. 71–78, ISBN 978-86-82434-01-6. M33

2.6. Оцена испуњености услова кандидата у складу са студијским програмом, општим актом факултета и општим актом Универзитета (до 1000 карактера):

Кандидат Ђорђе Ивковић испуњава све услове за пријаву докторске дисертације у складу са условима студијског програма, општим актом Факултета инжењерских наука и општим актом Универзитета у Крагујевцу. Кандидат је као први аутор објавио рад категорије M22 из области докторске дисертације и испунио остале обавезе предвиђене наставним планом и програмом докторских студија.

3. Подаци о предложеном ментору

¹ Уколико публикација нема DOI број уписати ISSN и ISBN

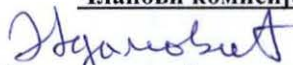
3.1. Име и презиме предложеног ментора:
Душан Арсић
3.2. Звање и датум избора:
Ванредни професор, 24.10.2025.
3.3. Научна област/ужа научна област за коју је изабран у звање:
Машинско инжењерство/Производно машинство
3.4. НИО у којој је запослен:
Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу
3.5. Списак референци којима се доказује испуњеност услова за ментора у складу са Стандардом 9 (аутори, наслов рада, назив часописа, волумен, година објављивања, странице од-до, DOI број, категорија):
<ol style="list-style-type: none"> 1. S. Marković, D. Arsić, R. Nikolić, V. Lazić, N. Ratković, B. Hadzima, J. Szmidla, R. Ulewicz, Analysis of the welding type and filler metal influence on performance of a regenerated gear, <i>Materials</i>, Vol.14, 2021, pp. 1496, Doi https://doi.org/10.3390/ma14061496, 2021, M21 2. Sedmak, M. Arsić, Ž. Šarkočević, B. Medjo, M. Rakin, D. Arsić, V. Lazić, Remaining strength of API J55 steel casing pipes damaged by corrosion, <i>International Journal of Pressure Vessels and Piping</i>, Vol. 188, 2020, pp. 104230, Doi https://doi.org/10.1016/j.ijpvp.2020.104230, M21 3. M. Delić, V. Mandić, S. Aleksandrović, D. Arsić, Determination of the influence of infill pattern and fiberglass reinforcement on the tensile properties of additively manufactured material by FDM technology, <i>Journal of Mechanical Science and Technology</i>, Vol. 37, 2023, pp. 5569-5575, Doi 10.1007/s12206-023-2309-1, M22 4. A. Todić, M. Djordjević, D. Arsić, D. Džunić, V. Lazić, S. Aleksandrović, B. Krstić, Influence of vanadium content on the tribological behaviour of X140CrMo12-1 air-hardening steel, <i>Transactions of FAMENA</i>, Vol. 46, 2022, pp. 15-22, Doi https://doi.org/10.21278/TOF.462035021, M22 5. D. Arsić, I. Ivanović, A. Sedmak, M. Lazić, D. Kalaba, I. Čeković, N. Ratković, Experimental and numerical study of temperature field during hard facing of different carbon steels, <i>Thermal Science</i>, Vol. 24 (3B), 2020, pp. 2233-2241, Doi https://doi.org/10.2298/TSCI190717338A, M22
3.6. Списак референци којима се доказује компетентност ментора у вези са предложеном темом докторске дисертације (аутори, наслов рада, назив часописа, волумен, година објављивања, странице од-до, DOI број, категорија):
<ol style="list-style-type: none"> 1. D. Arsić, M. Djordjević, J. Zivković, A. Sedmak, S. Aleksandrović, V. Lazić, D. Rakić, Experimental-numerical study of tensile strength of the high-strength steel S690QL at elevated temperatures, <i>Strength of Materials</i>, Vol. 48, 2016, pp. 687-695, Doi 10.1007/s11223-016-9812-x, M23 2. D. Arsić, N. Gnjatović, S. Sedmak, A. Arsić, M. Uhričik, INTEGRITY ASSESSMENT AND DETERMINATION OF RESIDUAL FATIGUE LIFE OF VITAL PARTS OF BUCKET-WHEEL EXCAVATOR OPERATING UNDER DYNAMIC LOADS, <i>Engineering Failure Analysis</i>, Vol.105, 2019, pp. 182-195, Doi https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2019.06.072, M21 3. O. Popović, R. Prokić-Cvetković, Lj. Radović, Z. Burzić, D. Arsić, The effect of heat input on the fracture behaviour of surface weld metal of rail steel, <i>Structural Integrity and Life</i>, Vol. 20 (1), 2020, pp. 77-81, M22

<p>4. V. Milovanović, D. Arsić, M. Milutinović, M. Živković, M. Topalović, A comparison study of fatigue behavior of S355J2+N, S690QL and X37CrMoV5-1 steel, <i>Metals</i>, Vol. 12, 2022, 1199, Doi https://doi.org/10.3390/met12071199, M21</p> <p>5. D. Arsić, V. Lazić, R. Nikolić, N. Sczygiol, B. Krstić, Dj. Ivković, B. Hadzima, F. Pastorek, R. Ulewicz, Weldability assessment of various steels by hard-facing, <i>Materials</i>, Vol. 15, 2022, 3082, Doi https://doi.org/10.3390/ma15093082, M21</p>
<p>3.7. Да ли се предложени ментор налази на Листи ментора акредитованог студијског програма ДАС?</p>
<p>ДА</p>
<p>3.8. Оцена испуњености услова предложеног ментора у складу са студијским програмом, општим актом факултета и општим актом Универзитета (до 1000 карактера):</p>
<p>Предложени ментор, ванредни професор др Душан Арсић, испуњава све услове у складу са студијским програмом, општим актом Факултета и општим актом Универзитета у Крагујевцу. Ментор има потребан број објављених радова на SCI листи из уже научне области и области теме докторске дисертације и налази се на листи ментора студијског програма Машинско инжењерство.</p>
<p>4. Подаци о предложеном коментору</p>
<p>4.1. Име и презиме предложеног коментора:</p>
<p>[унос]</p>
<p>4.2. Звање и датум избора:</p>
<p>[унос]</p>
<p>4.3. Научна област/ужа научна област за коју је изабран у звање:</p>
<p>[унос]</p>
<p>4.4. НИО у којој је запослен:</p>
<p>[унос]</p>
<p>4.5. Списак референци којима се доказује испуњеност услова коментора у складу са Стандардом 9 (аутори, наслов рада, назив часописа, волумен, година објављивања, странице од-до, DOI број*, категорија):</p>
<p>[унос]</p>
<p>4.6. Списак референци којима се доказује компетентност коментора у вези са предложеном темом докторске дисертације (аутори, наслов рада, назив часописа, волумен, година објављивања, странице од-до, DOI број, категорија):</p>
<p>[унос]</p>
<p>4.7. Да ли се предложени коментор налази на Листи ментора акредитованог студијског програма ДАС?</p>
<p>[изаберите]</p>
<p>4.8. Оцена испуњености услова предложеног коментора у складу са студијским програмом, општим актом факултета и општим актом Универзитета (до 1000 карактера):</p>
<p>[унос]</p>

5. ЗАКЉУЧАК

На основу анализе приложене документације, Комисија за писање извештаја о оцени научне заснованости теме и испуњености услова кандидата и предложеног ментора, предлаже да се кандидату Ђорђу Ивковићу маг. инж. маш. одобри израда докторске дисертације, уз измену наслова. Измена наслова се односи на замену термина јачина термином чврстоћа. Нови наслов докторске дисертације за који се предлаже одобрење израде, гласи: „Оптимизација процедуре заваривања конструкционог челика повишене чврстоће из аспекта механичких и динамичких карактеристика”, и да се за ментора дисертације именује др Душан Арсић, ванредни професор Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу. [име и презиме коментора], [звање]

Чланови комисије:

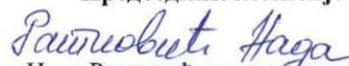


др Драган Адамовић, редовни професор

Факултет инжењерских наука Универзитета у
Крагујевцу

Машинско инжењерство/ Производно
машинство и Индустијски инжењеринг

Председник комисије



др Нада Ратковић, ванредни професор

Факултет инжењерских наука Универзитета у
Крагујевцу

Машинско инжењерство/ Производно
машинство

Члан комисије

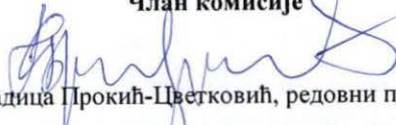


др Владимир П. Миловановић, ванредни
професор

Факултет инжењерских наука Универзитета у
Крагујевцу

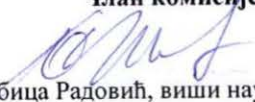
Машинско инжењерство / Експериментална механика

Члан комисије



др Радица Прокић-Цветковић, редовни професор
Машински факултет Универзитета у Београду
Технологија материјала – машински материјали
и заваривање

Члан комисије



др Љубица Радовић, виши научни сарадник
Техничко-металуршки факултет Универзитета у
Београду

Техничко-технолошке науке- инжењерство материјала

Члан комисије