

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Извештај о урађеној докторској дисертацији кандидаткиње Ане Максимовић.

Одлуком бр 35/310 од 9. јула 2026. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену докторске дисертације кандидаткиње Ане Максимовић под насловом „Утицај температуре на интегритет заварених спојева посуда под притиском од финозрног микролегираног челика“.

После прегледа достављене дисертације и других пратећих материјала и разговора са кандидаткињом, Комисија је сачинила следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. УВОД

1.1. Хронологија одобравања и израде дисертације

Кандидаткиња Ана Максимовић, мастер инжењер биотехнологије, уписала је школске 2017/2018. докторске академске студије на студијском програму Инжењерство материјала на Технолошко-металуршком факултету Универзитета у Београду.

24. децембра 2020. – На седници Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду, донета је одлука број 35/386 о именовању Комисије за оцену подобности теме и кандидаткиње Ане Максимовић, за израду докторске дисертације под називом: „Утицај температуре на интегритет заварених спојева посуда под притиском од финозрног микролегираног челика“.

8. априла 2021. – На седници Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета, Универзитета у Београду, донета је одлука број 35/55 о прихватању Реферата Комисије за оцену подобности теме и кандидата за израду докторске дисертације кандидаткиње Ане Максимовић, под називом: „Утицај температуре на интегритет заварених спојева посуда под притиском од финозрног микролегираног челика“. За ментора се одређује др Љубица Миловић, редовна професорка Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду.

28. априла 2021. – На седници Већа научних области техничких наука Универзитета у Београду донета је одлука бр. 61206-1775/2-21 о давању сагласности на одлуку Научно-наставног већа Технолошко-металуршког факултета о прихватању теме докторске дисертације кандидаткиње Ане Максимовић, под називом: „Утицај температуре на интегритет заварених спојева посуда под притиском од финозрног микролегираног челика“ и одређивању др Љубице Миловић, редовне професорке, Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду, за ментора.

2. октобар 2023. – Одлуком број 20/179на основу члана 101. Статута Универзитета у Београду, члана 76. Статута Универзитета у Београду Технолошко-металуршког факултета и захтева студента, одобрено је продужење рока за завршетак студија до истека троструког броја школских година потребних за реализацију уписаног студијског програма.

25. октобра 2025. – Одлуком број 20/212, на основу члана 100. Статута Универзитета и члана 75. Статута Технолошко-металуршког факултета, а на лични захтев студента, доноси се Решење о усвајању захтева и одобрава се мировање права и обавеза у школској 2024/2025.

3. децембра 2025 – Одлуком број 20/227, на основу члана 101. Статута Универзитета у Београду и члана 76. Статута Универзитета у Београду Технолошко-металуршког факултета, као и захтева студената, одобрено је продужење рока за завршетак студија до истека троструког броја школских година потребних за реализацију уписаног школског програма, односно до 30. септембра 2027. године.

9. јула 2026. – Одлуком број 2026-35/310, на седници Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду, именована је Комисија за оцену докторске дисертације кандидаткиње Ане Максимовић, под називом: „Утицај температуре на интегритет заварених спојева посуда под притиском од финозрног микрولةгираног челика“.

1.2. Научна област дисертације

Докторска дисертација „Утицај температуре на интегритет заварених спојева посуда под притиском од финозрног микрولةгираног челика“ припада научној области Технолошко инжењерство, ужој научној области Инжењерство материјала, за коју је матичан Технолошко-металуршки факултет Универзитета у Београду. Менторка докторске дисертације је др Љубица Миловић, редовна професорка Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду, која поседује дугогодишње наставно и научноистраживачко, као и одговарајуће научне компетенције потврђене објављеним научним радовима и учешћем у реализацији научноистраживачких пројеката.

1.3. Биографски подаци о кандидату

Ана Максимовић (рођ. Продановић), мастер инжењер биотехнологије, рођена је 24. јула 1991. године у Београду, где је завршила основну школу и Земунску гимназију. Школске 2010/11. године уписала је Технолошко-металуршки факултет Универзитета у Београду, студијски програм Инжењерство заштите животне средине. Дипломирала је са оценом 10 у јуну 2016. године, одбраном завршног рада на тему „Анализа напонског стања цилиндричних посуда под притиском“. Исте године уписала је мастер академске студије на студијском програму Биохемијско инжењерство и биотехнологија, изборно подручје Биохемијско инжењерство. Завршни мастер рад на тему „Прорачун цевних ослонаца вертикалног цилиндричног резервоара за млеко“ одбранила је у септембру 2017. године са оценом 10 и просечном оценом током студија 8,00.

Школске 2017/18. године уписала је докторске академске студије на Технолошко-металуршком факултету Универзитета у Београду, студијски програм Инжењерство материјала, под менторством проф. др Љубице Миловић, и у јуну 2019. године положила све испите предвиђене планом и програмом докторских академских студија, са остварених 85 ЕСПБ бодова и просечном оценом 9,50.

До децембра 2019. године била је ангажована на пројекту TR35011 „Интегритет опреме под притиском при истовременом деловању замарајућег оптерећења и температуре“. До сад је објавила један научни рад у међународном часопису категорије M21a и три рада у међународним часописима категорије M22. Поред тога, резултате свог истраживања презентovala је на више националних и међународних конференција.

Запослена је као истраживач сарадник у Иновационом центру Технолошко-металуршког факултета, а звање истраживач сарадник стекла је у мају 2021. године. Члан је Друштва за интегритет и век конструкција „Проф. др Стојан Седмак“

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација под насловом „Утицај температуре на интегритет заварених спојева посуда под притиском од финозрног микрولةгираног челика“ написана је на 132 стране и садржи: захвалницу, сажетак на српском и енглеском језику, садржај, шест основних поглавља, списак литературе, као и изјаве о ауторству, истовестности штампане и електронске верзије рада и коришћењу докторске дисертације. Дисертација је организована у следећа поглавља: 1. Увод, 2. Преглед литературе, 3. Експеримент, 4. Резултати, 5. Анализа резултата са дискусијом, 6. Закључак, након чега следи списак

коришћене литературе. По својој форми и садржају, рад задовољава прописане стандарде Универзитета у Београду за докторску дисертацију.

2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

Докторска дисертација састоји се од шест основних поглавља.

У првом поглављу – Увод, приказан је значај примене финозрних микролегираних челика за израду заварених посуда под притиском и указано је на специфичност њиховог понашања у различитим условима експлоатације. Посебно је размотрен утицај температуре на механичка својства и отпорност према лому различитих зона завареног споја. Истакнут је значај примене механике лома у процени интегритета и безбедности ових конструкција. На крају поглавља дефинисани су предмет, циљ и научни допринос спроведеног истраживања.

У другом поглављу – Преглед литературе, дат је свеобухватан приказ досадашњих истраживања у области финозрних микролегираних челика, њиховог историјског развоја, начина производње, механизма ојачавања и заваривања. Приказана је заварљивост ових челика, као и утицај хемијског састава, микроструктуре и поступка заваривања на својства основног метала, метала шава и зоне утицаја топлоте. Анализирано је понашање заварених спојева при различитим радним температурама. Приказане су теоријске основе процене интегритета конструкција и механике лома. У завршном делу поглавља представљене су теоријске основе проширене методе коначних елемената (XFEM), која је примењена у нумеричком делу истраживања.

У трећем поглављу – Експеримент, описани је материјал и методологија експерименталних испитивања примењених у оквиру дисертације. Приказане су карактеристике испитиваног челика, технологија израде завареног споја и начин узимања и припреме епрувета из заварених плоча. Детаљно су описани поступци испитивања затезањем, мерења тврдоће и испитивања ударне жилавости у карактеристичним зонама завареног споја. Посебна пажња посвећена је испитивањима која омогућавају анализу понашања материјала при различитим температурама и одређивање параметара релевантних за процену отпорности према лому.

У четвртном поглављу – Резултати, систематизовани су и приказани резултати свих спроведених експерименталних и нумеричких испитивања. Приказани су резултати испитивања механичких својстава основног метала и метала шава, укључујући затезне карактеристике и расподелу тврдоће у различитим зонама завареног споја. Анализирани су резултати ударних испитивања при различитим температурама, на основу којих је оцењена промена жилавости и понашање материјала у области прелаза из жилавог у крти лом. У оквиру механике лома приказани су резултати одређивања параметра J_{IC} . У нумеричком делу поглавља приказане су поставке модела и резултати симулација понашања и раста заморне прслине, чиме је омогућено поређење експерименталног и нумеричког приступа процени интегритета.

У петом поглављу – Анализа резултата са дискусијом, извршена је свеобухватна анализа и тумачење добијених експерименталних и нумеричких резултата. Размотрена је микроструктура испитиваног материјала и њена повезаност са утврђеним механичким својствима и понашањем појединих зона завареног споја. Анализиран је утицај примењене технологије заваривања на формирање и својства метала шава и зоне утицаја топлоте. Посебно су размотрени резултати жилавости метала шава и утицај температуре на његову отпорност према лому. Резултати нумеричких симулација раста заморне прслине анализирани су и дискутовани у контексту могућности примене нумеричких метода за процену интегритета заварених конструкција.

У шестом поглављу – Закључак, сумирани су најзначајнији резултати спроведених експерименталних и нумеричких истраживања. Изведени су закључци о утицају температуре на механичка својства, жилавост и отпорност према лому заварених спојева. Посебно је указано на значај анализе различитих зона завареног споја приликом процене његовог понашања у условима експлоатације. Сагледана је повезаност микроструктурних карактеристика, механичких својстава и параметара механике лома са интегритетом завареног споја. На основу добијених резултата истакнут је значај спроведених

истраживања за поузданију процену безбедности и интегритета заварених посуда под притиском при различитим радним температурама

Литература садржи све референце цитиране у докторској дисертацији, релевантне за истраживање.

Дисертација садржи и Биографију кандидата, Изјаву о ауторству, Изјаву о истовестности штампане и електронске верзије, Изјаву о коришћењу и Оцену извештаја о провери оригиналности докторске дисертације.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост и оригиналност

Докторска дисертација „Утицај температуре на интегритет заварених спојева посуда под притиском од финозрног микрولةгираног челика“, бави се проблематиком процене интегритета заварених спојева посуда под притиском израђених од финозрног микрولةгираног челика, са посебним освртом на утицај температуре на његова механичка својства и отпорност према настанку и ширењу прслина. Интегритет конструкција је релативно нова и научна али и инжењерска дисциплина која, у ширем смислу, обухвата спектар аналитичких, експерименталних и нумеричких алата који треба да доведу до поуздане процене века конструкције. Такође имајући у виду све ширу примену микрولةгираних челика у енергетици, процесној, петрохемијској и хемијској индустрији, као и све строже захтеве у погледу поузданости и безбедности конструкција, истраживања у овој области имају изузетан научни и практични значај. Савременост дисертације огледа се у примени савремених експерименталних метода испитивања механичких својстава материјала и параметара механике лома којима се оцењује отпорност материјала на раст прслине, као и у примени нумеричких метода заснованих на методи коначних елемената за анализу понашања прслина у завареним спојевима. Истраживање обухвата интегрални приступ који повезује микроструктуру, механичка својства, ударну жилавост, жилавост лома и резултате нумеричких симулација у циљу процене интегритета заварених конструкција.

Оригиналност дисертације огледа се у свеобухватном експерименталном и нумеричком испитивању утицаја криогених радних температура на интегритет заварених спојева посуда под притиском израђених од микрولةгираног челика NIOMOL 490 K, одређивању параметара механике лома за основни материјал и заварени спој, као и успостављању корелације између микроструктуре, механичких својстава и отпорности према лому на различитим испитним температурама. Добijени резултати представљају значајан допринос унапређењу поступака процене интегритета и поузданости заварених конструкција које раде у условима снижених температура који се огледа кроз допринос принципу конструисања са сигурношћу од лома, где се преостали век конструкције одређује као период раста прслине од почетне до критичне величине у односу на могућност настанка кртог лома. Истраживања показана у овој дисертацији могу послужити као основа за даља научна истраживања и инжењерску праксу.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

У докторској дисертацији коришћена је обимна, релевантна и савремена научна и стручна литература која обухвата научне радове објављене у међународним часописима, монографије, стандарде, техничке прописе и друге референтне изворе из области инжењерства материјала, механике лома, заваривања и процене интегритета конструкција. Списак литературе обухвата укупно 117 библиографских јединица, које представљају адекватну основу за анализу предметне проблематике. Преовлађују радови објављени у релевантним међународним часописима новијег датума, што потврђује да је истраживање засновано на савременим и актуелним научним сазнањима. Коришћена литература је имала значајну улогу у осмишљавању експерименталног приступа, анализи и интерпретацији резултата, као и у формулисању коначних закључака. На основу прегледа референци може се закључити да кандидат темељно познаје област истраживања и активно прати актуелне научне трендове.

3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

У оквиру докторске дисертације примењен је савремен и методолошки оправдан приступ који обједињује експериментална испитивања, анализу резултата и нумеричко моделовање, што је омогућило свеобухватно сагледавање утицаја снижене радне температуре на интегритет заварених спојева израђених од финозрног микрولةгираног челика NIOMOL 490K.

Експериментални део истраживања обухватио је испитивање механичких својстава основног материјала и завареног споја. Примењене су методе испитивања затезањем, мерења тврдоће, Charpy испитивања ударне жилавости и испитивања параметара еласто-пластичне механике лома. Испитивања су изведена у складу са одговарајућим важећим међународним стандардима, чиме је обезбеђена поузданост и репродуктивност добијених резултата.

Поред експерименталних истраживања, у дисертацији су примењене нумеричке методе засноване на методи коначних елемената, које су омогућиле анализу расподеле напона и деформација, као и симулацију раста прслине у основном материјалу и металу шавова. Комбинацијом експерименталних резултата и нумеричких симулација извршена је свеобухватна процена интегритета заварених спојева при различитим сниженим радним температурама.

Добијени резултати анализирали су применом одговарајућих метода обраде и интерпретације експерименталних података, уз њихово поређење са резултатима доступним у одговарајућој научној литератури. Примењене научне методе у потпуности су адекватне постављеним циљевима истраживања и омогућиле су поуздано сагледавање утицаја температуре на механичке особине и интегритет заварених спојева, као и доношење научно утемељених закључака.

3.4. Применљивост остварених резултата

Добијени експериментални и нумерички резултати представљају практичан допринос оцени утицаја експлоатационих услова на процену интегритета посуда под притиском намењених за рад на сниженим температурама. Резултати такође пружају поуздану основу за боље разумевање утицаја снижених температуре на механичке особине и отпорност према лому заварених спојева посуда под притиском израђених од финозрног микрولةгираног челика NIOMOL 490 K.

Резултати испитивања могу се непосредно применити приликом избора материјала, пројектовања, производње и процене интегритета посуда под притиском и других одговорних заварених конструкција које раде у условима ниских температура. Посебан значај имају при одређивању поузданости конструкција током експлоатације, процене преосталог радног века и доношењу одлука о њиховом безбедном коришћењу, одржавању и санацији.

Поред практичног значаја, резултати дисертације представљају значајан допринос развоју научних сазнања из области механике лома и процене интегритета заварених конструкција. Успостављена корелација између микроструктуре, механичких својстава, параметара механике лома и температуре може послужити као основа за даља експериментална и нумеричка истраживања, као и за унапређење постојећих методологија процене интегритета конструкција изложених сложеним условима експлоатације.

3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

На основу резултата приказаних у докторској дисертацији може се закључити да је кандидаткиња показала висок степен оспособљености за самосталан научноистраживачки рад. Током истраживања успешно је применила одговарајуће експерименталне и нумеричке методе, као и методе анализе и обраде добијених резултата. Показала је способност критичког тумачења резултата и њиховог повезивања са постојећим научним сазнањима. Остварени резултати и изведени закључци потврђују да је кандидаткиња оспособљена за самосталан научноистраживачки рад.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

У оквиру ове докторске дисертације остварени су следећи научни доприноси:

- Утврђен је утицај снижене радне температуре на механичке особине, ударну жилавост и жилавост лома завареног споја, чиме су добијена нова сазнања о његовом понашању у условима ниских радних температура;
- Успостављена је корелација између микроструктуре, затезних особина, тврдоће, ударне жилавости и параметара еласто-пластичне механике лома, чиме је омогућено потпуније разумевање утицаја структурних промена на отпорност завареног споја према настанку и ширењу прслине;
- Анализиран је утицај примењене технологије заваривања на микроструктуру и механичке особине метала шава са становишта појаве и развоја грешке типа прслине;
- Одређене су карактеристичне прелазне температуре кртог лома на основу резултата ударног испитивања, чиме је омогућена поузданија процена понашања завареног споја у условима експлоатације при ниским температурама;
- Применом нумеричке методе симулиран је раст заморне прслине и анализирано је њено понашање при различитим условима оптерећења, чиме је оцењена могућност примене нумеричког приступа за предвиђање развоја оштећења у завареним конструкцијама;
- Резултати експеримената су повезани и упоређени са резултатима нумеричких анализа, чиме је потврђена оправданост комбинованог експериментално-нумеричког приступа у процени интегритета и понашања заварених конструкција са присутним прслинама;
- Добијени су нови експериментални подаци о понашању завареног споја финозрног микролегираног челика при различитим сниженим температурама, који могу представљати основу за даља истраживања и унапређење поступака процене интегритета заварених посуда под притиском;
- Допуњена су постојећа сазнања о утицају снижених температура на понашање заварених спојева финозрних микролегираних челика, посебно са становишта промене ударне жилавости, отпорности према лому и развоја прслине и
- Дефинисан је интегрисани приступ процени понашања завареног споја заснован на истовременом разматрању микроструктурних карактеристика, механичких својстава, параметара механике лома и резултата нумеричких анализа, чиме је унапређена основа за процену интегритета, поузданости и безбедности заварених посуда под притиском.

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

Остварени научни доприноси представљају унапређење постојећих научних знања у области интегритета заварених конструкција, јер омогућавају потпуније сагледавање утицаја температуре на понашање заварених спојева. За разлику од приступа у којима се поједина својства материјала најчешће разматрају одвојено, у овој дисертацији примењен је свеобухватан приступ заснован на повезивању карактеристика хетерогене микроструктуре метала шава са механичких особина материјала и параметрима механике лома за процену силе раста прслине. Посебан допринос представљају добијени експериментални резултати за челик NIOMOL 490 K и његов заварени спој при различитим сниженим температурама, који доприносе бољем разумевању прелаза из жилавог у крти облик лома и отпорности материјала према настанку и ширењу прслине. Применом и повезивањем експерименталних резултата са нумеричким моделирањем раста прслине проширене су могућности анализе и предвиђања понашања заварених конструкција. На тај начин, резултати дисертације допринели су унапређењу методологије за процену интегритета, поузданости и безбедности заварених посуда под притиском, посебно у условима експлоатације при ниским температурама.

4.3. Верификација научних доприноса

Из истраживања у оквиру ове докторске дисертације кандидаткиње Ана Максимовић је публиковала један рад у врхунском међународном часопису категорије M21a и три рада у међународним часописима категорије M22.

Категорија M21a:

1. **Maksimović A**, Milovic, Lj, Zecevic, B, Aleksic, S, Bekric, D. (2024). Determination of the ductile-to-brittle transition temperature of NIOMOL 490 K steel welded joints, *Theoretical and Applied Fracture Mechanics* 131, 104404. (IF=5.6) (ISSN: 0167-8442) (<https://doi.org/10.1016/j.tafmec.2024.104404>)

Категорија M22:

1. **Maksimović A**, Milović Lj, Zečević B, Aleksić V, Papić G, (2026) Mechanical and metallographic properties of steel NIOMOL 490K SAW-joint, *Structural Integrity and Life* 26(1) (IF=0.9) (ISSN: 1820-7863) (<https://doi.org/10.69644/ivk-2026-01-0003>)

2. Aleksić V, Bulatović S, Zečević B, **Maksimović A**, Milović Lj. (2022) Processing of Data Obtained by the Testing of Steel under Low Cyclic Fatigue (Part I), *Transactions of FAMENA*, 46 (4) (IF=1.3) (ISSN: 1333-1124) (<https://doi.org/10.21278/TOF.464041622>)

3. Zečević, B, Milović, L, Burzić Z, **Maksimović A**, Aleksić V. (2022) J-integral Analysis of the Simulated Heat-affected Zone of the Elevated-temperature Martensitic Steel, *Experimental Techniques* 46(3) (IF=1.6) (ISSN: 1747-1567) (<https://doi.org/10.1007/s40799-021-00487-9>)

5. ПРОВЕРА ОРИГИНАЛНОСТИ ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ

На основу Правилника о поступку провере оригиналности докторских дисертација које се бране на Универзитету у Београду (Гласник Универзитета у Београду, бр. 204 од 22. јуна 2018. године), коришћењем програма *iThenticate* (13. јула 2026) извршена је провера оригиналности докторске дисертације кандидаткиње Ане Максимовић под називом „Утицај температуре на интегритет заварених спојева посуда под притиском од финозрног микрولةгираног челика“. Утврђено је да подударане текста износи 13%. Овај степен подударности последица је цитата, личних имена, библиографских података о коришћеној литератури, општих места и података које се односе на назив челика који је био предмет истраживања, као и назив експерименталних метода испитивања проучаваног материјала, а такође и претходно публикованих резултата истраживања, што је у складу са чланом 9. Правилника.

На основу свега изложеног Комисија сматра да је докторска дисертација кандидаткиње Ане Максимовић оригинална, као и да су у потпуности поштована академска правила цитирања, те се прописани поступак припреме за њену одбрану може наставити.

6. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

На основу свега наведеног Комисија сматра да докторска дисертација кандидаткиње Ане Максимовић, мастер инжењера биотехнологије, под називом : „Утицај температуре на интегритет заварених спојева посуда под притиском од финозрног микрولةгираног челика“.” представља значајан и оригиналан научни допринос у области којој дисертација припада, што је потврђено и објављивањем научних радова у међународним часописима. Постављени предмет и циљеви истраживања су у потпуности остварени.

Имајући у виду квалитет докторске дисертације, оригиналност и научни значај остварених резултата, адекватност примењене методологије и практичну применљивост добијених сазнања, Комисија предлаже Наставно-научном већу Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду да докторску дисертацију кандидаткиње Ане Максимовић, под називом „Утицај температуре на интегритет заварених спојева посуда под притиском од финозрног микрولةгираног челика“, прихвати, изложи на увид јавности и упути на коначно усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду, у складу са важећим прописима Универзитета у Београду и Технолошко-металуршког факултета, као и да након завршетка процедуре кандидаткињу позове на усмену одбрану докторске дисертације пред Комисијом у истом саставу.

У Београду, 21. август 2026.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

Др Славиша Путић, редовни професор
Универзитет у Београду, Технолошко – металуршки факултет

Др Марина Дојчиновић, редовна професорка
Универзитет у Београду, Технолошко – металуршки факултет

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

Др Симон Седмак, виши научни сарадник
Иновациони центар Машинског факултета, Београд