

**НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ**

**Предмет:** Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата **Јованке Н. Пејић**, мастер инжењера технологије

Одлуком бр. 35/331, од дана 26. 12. 2024. године, именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Јованке Н. Пејић, под насловом

**Синергетско дејство цистеина и његових деривата са лантаноидима као зеленим инхибиторима корозије алуминијумских легура**

После прегледа достављене Дисертације и других пратећих материјала и разговора са Кандидатом, Комисија је сачинила следећи

**РЕФЕРАТ**

**1. УВОД**

1.1. Хронологија одобравања и израде дисертације

**16. 04. 2021.** године – Кандидат Јованка Н. (рођ. Ковачина) Пејић, мастер инжењер технологије, предложила је тему докторске дисертације под називом: „Синергетско дејство цистеина и његових деривата са лантаноидима као зеленим инхибиторима корозије алуминијумских легура”.

**22. 04. 2021.** године– На седници Наставно – научног већа Технолошко – металуршког факултета донета је Одлука број бр. 35/106 о именовању Комисије за оцену подобности теме и кандидата Јованке Н. Пејић, мастер инжењера технологије, за израду докторске дисертације под називом: „Синергетско дејство цистеина и његових деривата са лантаноидима као зеленим инхибиторима корозије алуминијумских легура”.

**13. 05. 2021.** године – На седници Наставно – научног већа Технолошко – металуршког факултета донета је Одлука број 35/122 о прихватању Реферата Комисије за оцену подобности теме и кандидата и одобравању израде докторске дисертације Јованке Н. Пејић, мастер инжењера технологије, под називом: „Синергетско дејство цистеина и његових деривата са лантаноидима као зеленим инхибиторима корозије алуминијумских легура ”, а за ментора ове докторске дисертације су именовани др Јелена Бајат, редовни професор Технолошко – металуршког факултета Универзитета у Београду и др Мирослав Павловић, научни саветник Универзитета у Београду, Институт за хемију, технологију и металургију, Институт од националног значаја за Републику Србију.

**31. 08. 2021.** године – На седници Већа научних области техничких наука Универзитета у Београду дата је сагласност на предлог теме докторске дисертације Јованке Н. Пејић, мастер инжењера технологије, под називом: „Синергетско дејство цистеина и његових деривата са лантаноидима као зеленим инхибиторима корозије алуминијумских легура”, Одлука број 61206-3214/2-21.

**26. 12. 2024.** године – На седници Наставно – научног већа Технолошко – металуршког факултета донета је Одлука број 35/331 о именовању чланова комисије за оцену докторске дисертације Јованке Н. Пејић, мастер инжењера технологије, под називом: „Синергетско дејство цистеина и његових деривата са лантаноидима као зеленим инхибиторима корозије алуминијумских легура”, у саставу др Бранимир Гргур, редовни професор, Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду, др Милица Гвозденовић, редовни професор Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду, др Бојана Радојковић, виши научни сарадник Универзитета у Београду, Институт за хемију, технологију и металургију, Институт од националног значаја за Републику Србију и др Боре Јегдић, научни саветник Универзитета у Београду, Институт за хемију, технологију и металургију, Институт од националног значаја за Републику Србију.

Кандидат Јованка Н. Пејић, уписала је докторске академске студије на Технолошко – металуршком факултету Универзитета у Београду, смер Хемијско инжењерство, школске 2018/2019. године.

### 1.2. Научна област дисертације

Истраживања у оквиру ове докторске дисертације припадају научној области Технолошко инжењерство, ужа област Хемијско инжењерство, за коју је матичан Технолошко – металуршки факултет Универзитета у Београду. Ментор, др Јелена Бајат, редовни професор Технолошко – металуршког факултета Универзитета у Београду, чија је компетенција за вођење докторске дисертације потврђена на основу искуства, ментор је три одбрањене докторске дисертације и 98 објављених публикација из области којој дисертација припада.

Ментор, др Мирослав Павловић, научни саветник Универзитета у Београду, Институт за хемију, технологију и металургију, Институт од националног значаја за Републику Србију, је до сада публиковао 35 радова у научним часописима са SCI листе, па је на основу научно – истраживачког искуства, компетентан да руководи изразом ове докторске дисертације.

### 1.3. Биографски подаци о кандидату

Јованка Н. (рођ.Ковачина) Пејић рођена је 31. 07. 1993. године у Требињу где је завршила основну школу и гимназију. Основне студије на Технолошко – металуршком факултету Универзитета у Београду, студијски програм Хемијско инжењерство, уписала је школске 2012/13. године, а дипломирала је у фебруару 2017. године. Мастер студије на Технолошко-металуршком факултету Универзитета у Београду, студијски програм Хемијско инжењерство, уписала је школске 2017/18. године, а завршила је у септембру 2018. године. Докторске академске студије уписала је школске 2018/19. године на Технолошко-металуршком факултету Универзитета у Београду, на студијском програму Хемијско инжењерство, под менторством др Јелене Бајат, редовног професора Технолошко-металуршком факултету Универзитета у Београду. Положила је све испите предвиђене планом и програмом на докторским студијама са просечном оценом 9,91.

Од септембра 2018. године запослена је на Институту за хемију, технологију и металургију, као истраживач приправник, и до децембра 2019. била је ангажована у националном пројекту (ИД # ТР34028), под називом: „Истраживање и оптимизација технолошких и функционалних перформанси вентилационог млина електране Костолац Б“, финансирано од Министарства образовања, науке и технолошког развоја Република Србија. Њена интересовања и истраживања фокусирана су на инхибицију корозије; органски инхибитори корозије, заштита метала од корозије, синтеза и карактеризација природних материјала са мултифункционалном применом у превенцији и заштити животне средине.

Аутор је и коаутор 17 научних радова објављених у часописима са SCI листе (M20). Има 16 учешћа на домаћим и међународним конференцијама, 5 техничких решења и 5

награда на изложбама/сајмовима. Два пута је учествовала у такмичењу за Најбољу технолошку иновацију (НТИ) у категорији студената, једном као члан и једном као вођа тима, и оба пута су освојили прво место.

## 2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

### 2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација Јованке Н. Пејић, мастер инжењера технологије под називом „**Синергетско дејство цистеина и његових деривата са лантаноидима као зеленим инхибиторима корозије алуминијумских легура**” је написана на 102 стране и садржи 59 слика, 23 табеле и 197 литературних навода. Наведена докторска дисертација садржи шест целина: Увод, Теоријски део, Експериментални део, Резултати и дискусија, Закључак, Литература. Поред овога дисертација садржи и Биографију кандидата, као и прилоге са Изјавом о ауторству, Изјавом о истовестности штампане и електронске верзије докторског рада, Изјавом о коришћењу, и Оцену извештаја о провери оригиналности докторске дисертације. Дисертација такође садржи и сажетак на српском и на енглеском језику. Наведена докторска дисертација по свом облику и садржају испуњава прописе и стандарде за докторске дисертације које се бране на Универзитету у Београду.

### 2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

У **Уводном делу**, који је прво поглавље дисертације, дате су основне информације о алуминијуму и алуминијумским легурама, дефинисан је појам корозије и врсте корозије. Наведене су последице које ова природна појава носи са собом. Дефинисане су врсте корозије са посебним освртом на електрохемијску корозију и њену поделу. Истакнут је значај превенције корозије и методе којима се брзина корозије може смањити са нагласком на употребу инхибитора корозије као најефикасније и најисплативије методе за заштиту. Нагласак је стављен на употребу зелених (*Eco-friendly*) инхибитора, који се деле у две категорије: органске и неорганске инхибиторе корозије. Као еколошки безбедни (зелени) органски инхибитори корозије издвојене су аминокиселине, док су као еколошки безбедни неоргански инхибитори корозије издвојени лантаноиди.

Друго поглавље дисертације, **Теоријски део**, даје увид о значају алуминијума и алуминијумских легура, о корозији и врстама корозије којој подлеже алуминијум и алуминијумске легуре. Описан је појам инхибитора корозије, дефинисане су могућности поделе инхибитора корозије у зависности од механизма деловања на електрохемијски процес (анодни, катодни и мешовити инхибитори), као и подела инхибитора корозије према хемијској природи (органски, неоргански и остали инхибитори). Описане су стандардне методе које се користе за испитивање структуре синтетисаног инхибитора: инфрацрвена спектроскопија са Фуријеовом трансформацијом (ATR-FTIR), нуклеарна магнетна резонанца (NMR), елементарна анализа, морфолошка анализа површине метала помоћу скенирајуће електронске микроскопије (SEM) са енергетском дисперзионом спектроскопијом X-зрака (EDS), микроскопија атомских сила (AFM), фотоелектронска спектроскопија X-зрака (XPS). Инхибиторска својства су испитивана електрохемијским методама: спектроскопија електрохемијске импедансе (СЕИ), линеарна поларизациона отпорност (LPR) и потенциодинамичка поларизациона мерења (LSV). Поред тога описано је како температура утиче на ефикасност инхибитора, разматране су кинетика и термодинамика корозије. Такође су разматрани теоријски прорачуни DFT (функционална теорија густине) као и кратак преглед досадашњих литературних резултата и укратко је објашњен циљ ове докторске дисертације.

Треће поглавље дисертације, **Експериментални део**, описује материјале са којима је рађено и методе које су примењиване (тј. услове под којима су испитивања вршена).

Наведене су хемикалије које су коришћене као инхибитори корозије у 0,1 М раствору NaCl, као и метали на којима су вршена испитивања (легури алуминијума AA7075 и AA7049). У овој целини се описује синтеза комплекса церијум-цистеина (Ce-Cys), карактеризација (тј. испитивање структуре) синтетисаног комплекса. Објашњено је како је рађен угао квашења за испитиване инхибиторе и објашњени су услови под којима је испитивана морфолошка анализа површине испитиване алуминијумске легуре. Ефикасност свих инхибитора је процењена електрохемијским методама које су описане у овом поглављу. Дати су експериментални услови приликом испитивања утицаја температуре на ефикасност предложених инхибитора, као и услови под којима су се радили теоријски прорачуни (теорија функционалне густине, DFT). Захваљујући свему наведеном добијен је увид у начин инхибиције корозије испитиваних једињења.

Четврта целина дисертације, **Резултати и дискусија**, обухвата петнаест делова:

1. *Хемијска и структурна карактеризација синтетисаног Ce-Cys комплекса*

Овај део обухвата следеће методе: ATR-FTIR, NMR и Елементарну анализу. У овом делу је анализирана и објашњена хемијска структура синтетисаног церијум-цистеин (Ce-Cys) комплекса.

2. *SEM/EDS анализа микроструктуре алуминијумских легура AA7049 и AA7075 прије излагања корозионој средини*

У овом делу је проучавана микроструктура испитиваних алуминијумских легура (AA7049 и AA7075).

3. *Резултати испитивања електричне проводљивости*

У овом делу су приказани резултати електричне проводљивости испитиваних алуминијумских легура (AA7049 и AA7075).

4. *Корозиона стабилност алуминијумских легура AA7049 и AA7075 у раствору NaCl*

У овом делу дати су следећи резултати: резултати СЕИ мерења, резултати поларизационих мерења и SEM анализа.

5. *Одређивање оптималне концентрације инхибитора корозије*

Овај део обухвата следеће методе: LPR, СЕИ и LSV којима су испитиване различите концентрације предложених инхибитора (цистеин, цистин, синтетисани Ce-Cys комплекс и смеша церијум-хлорид), у циљу проналажења оптималне концентрације поменутих инхибитора.

6. *Инхибиторски ефекат Ce-Cys комплекса у односу на смјешу: цистеин + CeCl<sub>3</sub>*

Овај део обухвата следеће методе: СЕИ мерења, LSV и FTIR анализу након електрохемијских мерења. Циљ ових испитивања је био да се одреди која од две предложене комбинације (синтетисани Ce-Cys комплекс или смеша Ce-цистеин) показује бољу инхибиторску заштиту.

7. *Инхибиторски ефекат цистеина у присуству лантаноида*

У овом делу рађена су два испитивања: СЕИ и LSV мерења. Идеја је била да се одреди који од испитиваних лантаноида (Ce, Nd, La) има најбољи синергетски ефекат са цистеином.

8. *Детаљнија анализа смјеше Ce-цистеина*

Детаљна анализа смеше Ce-цистеина је урађена СЕИ и LSV мерењима. Пошто се комбинација цистеина са церијумом показала као најбоља опција у заштити испитиване алуминијумске легуре, њихов синергетски ефекат је детаљније испитиван.

9. *SEM/EDS анализа након електрохемијских испитивања у присуству инхибитора*

У овом делу је проучавана микроструктура испитиваних алуминијумских легура након електрохемијских испитивања у присуству одабраних инхибитора корозије.

10. *AFM анализа алуминијумске легуре са и без присуства инхибитора*

У овом делу је проучавана површина испитиване алуминијумске легуре након електрохемијских испитивања без присуства и у присуству одабраних инхибитора корозије.

11. *XPS анализа алуминијумске легуре са присуством инхибитора корозије*

У овом делу је проучавана површина, тј. инхибиторски филм на испитиваној алуминијумској легури након електрохемијских испитивања у присуству одабраних инхибитора корозије.

## 12. Одређивање угла квашења

Овај део обухвата мерење угла квашења свих испитиваних инхибитора корозије (цистеин, цистин,  $\text{SeCl}_3$ ,  $\text{Se-Cys}$  комплекс и смеша  $\text{Se}$ -цистеин).

## 13. Изглед узорака третираних раствором $\text{NaCl}$ у присуству испитиваних инхибитора корозије

У овом делу приказана је површина испитиване алуминијумске легуре након третмана раствором  $\text{NaCl}$  у присуству одабраних инхибитора корозије. Приказ површине алуминијумских легура представљен је фотографијама које су добијене употребом оптичког микроскопа.

## 14. Ефикасност инхибитора корозије у зависности од температуре и њихова термодинамика

Овај део се састоји од три поднасловa: Кинетички параметри, Адсорпциона изотерма и Термодинамички параметри адсорпције инхибитора.

## 15. Теорије функционалне густине DFT

У овом делу приказане су оптимизоване структуре цистеина и  $\text{Se-Cys}$  комплекса. Дате су им вредности HOMO и LUMO, и израчунате су остале карактеристичне величине.

У петом поглављу, **Закључак**, су сумирани најзначајнији резултати и сазнања проистекла из ове докторске дисертације.

У поглављу **Литература** наведен је списак свих референци цитираних у овој докторској дисертацији.

# 3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

## 3.1. Савременост и оригиналност

Контрола корозије је од изузетног значаја, с обзиром на то да бројне студије указују на то да она може изазвати огромне економске губитке, који на глобалном нивоу могу достићи вредност и неколико милијарди долара. Смањење брзине корозије је значајно, међутим, методе за њено заустављање или успоравање могу бити штетне за живе организме и животну средину. На пример, неорганска једињења попут хромата су позната као веома ефикасни инхибитори корозије. Ипак, њихова употреба носи озбиљне здравствене ризике, јер су изузетно токсична и канцерогена. С друге стране, синтетичка органска једињења, која се често користе у индустрији, имају веома сложен и скуп процес синтезе, а поред тога, њихов утицај на здравље људи и животну средину може бити врло штетан. Та једињења нису биоразградива, што значи да могу дуго опстати у природи, загађујући екосистеме и угрожавајући биолошку равнотежу.

Употреба оваквих неорганских и органских супстанци је ограничена или чак забрањена, доношењем строгих закона о њиховој употреби. Озбиљни проблеми које изазивају токсични комерцијални инхибитори су подстакли истраживаче широм света да развијају алтернативе које ће бити по принципима зелене хемије. Потрага за зеленим (*eco-friendly*) инхибиторима корозије који ће показати приближну ефикасност као токсична једињења која су у употреби, у заштити метала и њихових легура од корозије, као и њихово проучавање, представља апсолутни приоритет, у овој области широм света.

Савремена истраживања се фокусирају на развој еколошки прихватљивих, одрживих и јефтиних инхибитора корозије који могу да постигну исту ефикасност као токсичне комерцијалне супстанце које се користе за заштиту метала и њихових легура у индустријама.

У овој докторској дисертацији, испитивани су инхибитори на бази аминокиселине цистеина. Конкретно, испитиван је цистеин, његов дериват цистин, новосинтетисани комплекс  $\text{Se-Cys}$ ,  $\text{Se}$ -хлорид и смеша  $\text{Se}$ -цистеин. Одабрано једињење цистеина је природно, биообновљиво и показало се као добар инхибитор. Применом различитих метода анализе, укључујући ATR-FTIR, NMR и елементарну анализу, одређена је тачна хемијска структура

синтетисаног Ce-Cys комплекса. Електрохемијска испитивања су показала да смеша Се и цистеина има бољу корозиону стабилност од синтетисаног Ce-Cys комплекса, што је последица постојања слободних функционалних група које су у смеси на располагању за формирање везе са металним супстратом, док су неке функционалне групе у комплексу заробљене током комплексирања. Рендгенска фотоелектронска спектроскопија је показала одсуство церијума у оксидационом стању  $\text{Ce}^{\text{III}}$  у случају Ce-Cys комплекса, што је главна разлика у поређењу са смешом Се и цистеина, у којој је церијум био присутан и у  $\text{Ce}^{\text{III}}$  и у  $\text{Ce}^{\text{IV}}$  оксидационом стању. Показано је да је због формирања стабилног Ce-Cys комплекса отежана интеракција церијума у оксидационом стању  $\text{Ce}^{\text{IV}}$ , као и присутног цистеина у комплексу, са површином испитиване алуминијумске легуре. Анализа скенирајућом електронском микроскопијом су показане различите морфологије површина испитиваних алуминијумских легура након потапања од 24 h у 0,1 M раствору NaCl у смеси  $\text{CeCl}_3$  + цистеин и/или синтетисаног Ce-Cys комплекса. Применом смеше је већи број интерметалних честица био прекривен са церијумом (Се-оксид/хидроксид), за разлику од Ce-Cys комплекса.

Испитивања синергетског дејства цистеина са другим лантаноид-хлоридима ( $\text{CeCl}_3$ ,  $\text{LaCl}_3$  и  $\text{NdCl}_3$ ) су показала да  $\text{CeCl}_3$  не показује одговарајућу инхибиторску заштиту при ниским концентрацијама, док смеша  $\text{CeCl}_3$ +цистеин има значајну улогу у заштити алуминијумске легуре AA7075 чак и при концентрацијама мањим од 0,1 mM. Присуство овако малих концентрација јона лантаноида значајно повећава инхибиторски ефекат цистеина, посебно према питинг корозији, и карактеристични ровови (*trench*) који се формирају на површини метала дуж ивица интерметалних честица, у раствору NaCl у присуству инхибитора корозије нису могли уочити. Показано је да инхибиторско дејство смеше лантаноид-цистеина расте следећим редом:  $\text{La} < \text{Nd} < \text{Ce}$ , уместо реда очекиваног на основу стабилности њихових комплекса:  $\text{La} < \text{Ce} < \text{Nd}$ .

Потенциодинамичким поларизационим мерењима је показано је да је синтетисани Ce-Cys комплекс инхибитор мешовитог типа, док су цистеин, цистин,  $\text{CeCl}_3$  и смеша  $\text{CeCl}_3$  + цистеин инхибитори претежно катодног карактера. На основу одређених термодинамичких параметара закључено је да адсорпција испитиваних инхибитора на површини легуре алуминијума има мешовити физичко-хемијски карактер.

### 3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

Током израде докторске дисертације кандидат је детаљно анализирала научну и стручну литературу из предметне области. У докторској дисертацији је дато 197 литературних навода, од којих највећи број чине радови из међународних часописа са тематиком која се обрађује у дисертацији. Највећи број навода је новијег датума, што потврђује актуелност ове теме дисертације. Наведене референце садрже експерименталне резултате истраживања многих аутора посвећене зеленим инхибиторима корозије који показују ефикасност у киселим или неутралним срединама, на алуминијумским легурама и челицима, а које су биле релевантне за област којим се бави ова докторска дисертација.

### 3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

Комплекс Се-Cys је синтетисан из аминокиселине цистеина (цистеинска киселина) која је прво преведена у со (натријум-цистеин), коришћењем NaOH, а према процедури из литературе. Структура и хемијски састав синтетисаног органског инхибитора су одређени помоћу елементарне анализе, ATR-FTIR и NMR.

Морфологија узорака алуминијумских легура AA7049 и AA7075 пре и после деловања агенса корозије, у присуству и одсуству инхибитора корозије, анализирана је коришћењем скенирајуће електронске микроскопије, као и микроскопијом атомских сила.

Енергетска дисперзиона спектроскопија Х-зрака (EDS) је коришћена за одређивање хемијског састава инхибиторских филмова на металним супстратима.

Ефикасност свих испитиваних инхибитора корозије је одређена применом електрохемијских техника као што су линеарна поларизациона отпорност, спектроскопија електрохемијске импедансе и потенциодинамичка поларизација. Механизам растварања легура алуминијума је одређен СЕИ мерењима, која су пружила и информације о импедансим параметрима: поларизационе отпорности и капацитивности инхибиторског и/или пасивног оксидног филма. Утицај инхибитора на парцијалне катодне и анодне реакције корозије, врсте инхибитора, као и одређивања потенцијала и густина струја корозије, као параметра брзине корозије, одређени су поларизационим мерењима.

Фотоелектронска спектроскопија Х-зрака је омогућила дубљи увид у разлике механизма инхибиције синтетисаним Се-Сус комплексом, као и смешом СеСл<sub>3</sub> и цистеина. XPS спектри су снимани на узорцима после 24 h деловања инхибитора, и после уклањања површинског слоја инхибитора са аргоном у вакууму.

Хидрофилна својства узорака АА7075 у 0,1 М раствору NaCl, као и промена хидрофилних својстава са временом код узорака у присуству инхибитора (цистин, цистеин, СеСл<sub>3</sub>, Се-Сус комплекс и смеше Се-цистеин) анализирана су мерењем угла квашења.

У циљу оптимизације процеса инхибиторског дејства, испитивне су и различите концентрације инхибитора, временска зависност као и температурна зависност. Испитиван је степен инхибиторског дејства у зависности од концентрације примењеног инхибитора као и утицај промене температуре на понашање инхибитора у циљу добијања кинетичких и термодинамичких параметара тог процеса. Израчунавање кинетичких и термодинамичких параметара је омогућило боље објашњење механизма дејства испитиваних инхибитора као и процеса адсорбције инхибитора на површини метала. Такође, урађени су теоријски прорачуни помоћу теорије функционалне густине (DFT), како би се употпунило сагледавање механизма деловања изабраних инхибитора корозије.

### 3.4. Применљивост остварених резултата

На основу увида у до сада објављене резултате истраживања као и резултате приказане у оквиру ове докторске дисертације, може се закључити да је остварен значајан научни допринос у области заштите метала од корозије употребом еколошки прихватљивих инхибитора корозије. Добијени резултати доприносе проширењу фундаменталних сазнања у оквиру дате проблематике. Испитивани инхибитори на бази аминокиселина и њихових деривата имају висок потенцијал за примену у свим индустријама у којима се користе алуминијум и алуминијумске легуре, посебно у авио индустрији и у војној индустрији у којима се још увек користе токсични хромати. Поред наведеног, повезивање експериментално добијених резултата са теоријским прорачунима допринело је бољем увиду у механизам заштите, што даље олакшава процес развоја и дизајна нових зелених инхибитора корозије.

### 3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

Кандидат Јованка Н. Пејић, мастер инжењер технологије, показала је потребну мотивацију и способност за бављење научно–истраживачким радом, испољавајући током израде докторске дисертације велику одговорност, самосталност и стручност у претраживању и критичкој анализи научне литературе, у осмишљавању, припреми и извођењу експеримента, као и у обради и дискусији добијених експерименталних података и резултата. Током рада на докторату овладала је неопходним експерименталним техникама. На основу досадашњег рада, Комисија је утврдила да кандидат поседује способности за самостални научно–истраживачки рад.

## 4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

### 4.1. Приказ остварених научних доприноса

Научни доприноси резултата истраживања ове докторске дисертације су:

- Испитивање цистеина и његових деривата као зелених инхибитора корозије за заштиту алуминијумских легура 7xxx серије (AA7049 и AA7075).
- Развој деривата цистеина који ће бити прихватљиви са становишта примене и еколошког аспекта, са побољшаним инхибиторским својствима у процесу заштите алуминијумских легура 7xxx серије, од корозије.
- Синтеза и карактеризација добијеног новог комплекса на бази церијума и цистеина (Ce-Cys комплекс).
- Оптимизација оптималне концентрације инхибитора, као и ефикасности у функцији времена инхибиције (цистеина, цистина, синтетисаног Ce-Cys комплекса, церијум-хлорида и смеше цистеина са  $\text{CeCl}_3$ ).
- Испитивање синергетског дејства аминокиселина и лантаноида (Ce, La, Nd) у циљу смањења концентрације инхибитора.
- Поређење утицаја органско-неорганских инхибитора у форми синтетисаног Ce-Cys комплекса и смеше Ce-цистеина, на брзину корозије и постојаност пасивног филма.
- Карактеризација филмова инхибитора формираних на површини испитиваних алуминијумских легура.
- Објашњење механизма деловања инхибитора на испитиване алуминијумске легуре.
- Испитивање отпорности на питинг и општу корозију.
- Дефинисање морфологије и карактеризација инхибиторских филмова на површини испитиваних алуминијумских легура AA7049 и AA7075.
- Испитивање цистеина и цистина у функцији температуре и у функцији концентрације, у циљу добијања термодинамичких и кинетичких параметара адсорпције.
- Теоријски прорачуни и детаљније објашњење механизма инхибиције.

### 4.2. Критичка анализа резултата истраживања

Истраживања у оквиру ове докторске дисертације су осмишљена на основу детаљне анализе литературе и јасно дефинисаних циљева из области корозије и заштите. Приказана истраживања, на основу доступне литературе, представљају унапређење научних знања на пољу зелених инхибитора корозије. У овој докторској дисертацији приказани су резултати испитивања инхибитора корозије алуминијумских легура AA7075 и AA7049. Увидом у доступну литературу може се закључити да су инхибитори: синтетисани Ce-Cys комплекс, смеша цистеина и лантаноид-хлорида ( $\text{LaCl}_3$ ,  $\text{NdCl}_3$  и  $\text{CeCl}_3$ ) по први пут испитиване на алуминијумској легури 7xxx серије. Предложени зелени инхибитори (цистеин, цистин, смеша Ce-цистеин и Ce-Cys комплекс), који су тестирани у овој дисертацији, показали су велику ефикасност, а самим тим и постали конкурентни за потенцијалну комерцијалну употребу. На основу анализе детаљно обрађених резултата, добијених помоћу савремених метода, утврђени су механизми којима се инхибитори везују за површину испитиване алуминијумске легуре. Треба нагласити да одређивањем механизма на основу структура инхибитора и врсте метала постоји простор за даље надоградњу и унапређење испитиваних група зелених инхибитора. Ова докторска дисертација садржи научне резултате који представљају важан помак ка даљем развоју и практичној примени испитиваних зелених инхибитора корозије.

### 4.3. Верификација научних доприноса



Из ове докторске дисертације проистекли су следећи резултати:

#### **M21a Рад објављен у међународном часопису изузетних вредности**

1. **Jovanka N. Pejić**, Bore V. Jegdic, Bojana M. Radojkovic, Dunja D. Marunkic, Aleksandar D. Marinkovic, Jelena B. Bajat, *Cysteine and cerium as green corrosion inhibitors for AA7049: Mixture vs. Complexation*, Corr.Sci. 209 (2022) 110815, (<https://doi.org/10.1016/j.corsci.2022.110815>), ISSN 0010-938X, IF(2022) = 8.6

#### **M22 Рад објављен у истакнутом међународном часопису**

1. **Jovanka Pejić**, Bojana Radojković, Dunja Marunkić, Bore Jegdić, Sanja Stevanović, Milena Milošević, Jelena Bajat, *Inhibitory effect of cysteine and lanthanides on AA7075-T6 in neutral NaCl solution*, Mater. Corros. (2022) 1800-1812, (<https://doi.org/10.1002/maco.202213330>), ISSN 0947-5117, IF(2022) = 1.9

#### **M33 Саопштење са међународног скупа штампано у целини**

1. **Jovanka Kovačina**, Dunja Marunkić, Anđela Simović, Bojana Radojković, Bore Jegdić, Aleksandar Marinković, „Cerium-cysteine complex inhibitor for aluminium alloy AA7075-T6”, 9<sup>th</sup> International Scientific Conference On Defensive Technologies, OTEH 2020, Belgrade, Serbia, 15-16 October 2020

#### **M34 Саопштење са међународног скупа штампано у изводу**

1. **Jovanka Pejić**, Bojana Radojković, Anđela Simović, Dunja Marunkić, Bore Jegdić, Miroslav Pavlović, Jelena Bajat, Green Corrosion Inhibitors with Cysteine and Cerium-Cysteine Complex on 7000 series Aluminum Alloy, XXIII YuCorr, Meeting point of the Science and practice in the fields of Corrosion, Materials and Environmental Protection, pp. Postrer-48, May 16-19, 2022, Divčibare, Serbia
2. **Jovanka N. Kovacina**, Dunja D. Marunkic, Andjela R. Simovic, Bojana M. Radojkovic, Bore V. Jegdic, Miroslav M. Pavlovic, Aleksandar D. Marinkovic, Cysteine and modified cysteine as green corrosion inhibitors of aluminum alloy, VII International Congress “Engineering, Environment and Materials in Process Industry“ EEM2021 March 17-19, 2021 Jahorina, Republic of Srpska, Bosnia and Herzegovina

#### **M63 Саопштење са скупа националног значаја штампано у целини**

1. **Jovanka N. Pejić**, Bojana M. Radojković, Bore V. Jegdić, Anđela R. Simović, Dunja D. Marunkić, Jelena B. Bajat, Synergistic effect of Neodymium and Cysteine as inhibitors for AA7075 alloy in NaCl solution, 58th meeting of the Serbian Chemical Society, pp. 196-199, R-EH-1, Belgrade, Serbia, June 9-11, 2022

### **5. ПРОВЕРА ОРИГИНАЛНОСТИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ**

На основу Правилника о поступку провере оригиналности докторских дисертација које се бране на Универзитету у Београду, коришћењем програма iThenticate извршена је провера оригиналности докторске дисертације кандидата Јованке Н. Пејић, мастер инжењера технологије, под називом „Синергетско дејство цистеина и његових деривата са лантаноидима као зеленим инхибиторима корозије алуминијумских легура”. Извештај који садржи резултате провере оригиналности ментор је добио дана 26. 12. 2024. Утврђени проценат подударности је 12%. Овај проценат подударности је последица тога што се у

опису методологије користе уобичајени стручни термини и фразе које не могу бити преформулисане, такође у овај проценат је укључена и литература, што је у складу са чланом 9. Правилника. На основу свега изнетог, а у складу са чланом 8. став 2. Правилника о поступку провере оригиналности докторских дисертација које се бране на Универзитету у Београду, изјављујемо да извештај указује на оригиналност докторске дисертације, те се прописани поступак припреме за њену одбрану може наставити (позитивна оцена).

## 6. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

На основу наведеног, Комисија сматра да докторска дисертација Јованке Н. Пејић, мастер инжењера технологије, под називом „Синергетско дејство цистеина и његових деривата са лантаноидима као зеленим инхибиторима корозије алуминијумских легура” представља значајан оригинални научни допринос у области Технолошког инжењерства, што је потврђено објављивањем радова у релевантним часописима међународног значаја. Комисија сматра да су постављени циљеви у потпуности остварени. Имајући у виду квалитет, обим и научни допринос постигнутих резултата, Комисија предлаже Наставно–научном већу Технолошко–металуршког факултета да се докторска дисертација под називом „Синергетско дејство цистеина и његових деривата са лантаноидима као зеленим инхибиторима корозије алуминијумских легура” кандидата Јованке Н. Пејић, мастер инжењера технологије, прихвати, изложи на увид јавности и упуту на коначно усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду и да након завршетка процедуре позове кандидата на усмену одбрану дисертације пред Комисијом у истом саставу.

У Београду, 17. 01. 2025.

### ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

.....  
Др Бранимир Гргур, редовни професор  
Универзитета у Београду, Технолошко–металуршки факултет

.....  
Др Милица Гвозденовић, редовни професор  
Универзитета у Београду, Технолошко–металуршки факултет

.....  
Др Бојана Радојковић, виши научни сарадник  
Универзитета у Београду, Институт за хемију, технологију и металургију

.....  
Др Боре Јегдић, научни саветник  
Универзитета у Београду, Институт за хемију, технологију и металургију