

НАСТАВНО – НАУЧНОМ ВЕЋУ ТЕХНОЛОШКО – МЕТАЛУРШКОГ ФАКУЛТЕТА  
УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ

**Предмет:** Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата Наташе Ћировић, магистра металургије

Одлуком Наставно – научног већа Технолошко – металуршког факултета у Београду, бр 35/186 од 7.5.2015. године, именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Наташе Ћировић, магистра металургије, под насловом: "ЕФЕКАТ ПАРАМЕТАРА ЕЛЕКТРОДЕПОЗИЦИЈЕ НА СТРУКТУРУ, МАГНЕТНА И ЕЛЕКТРИЧНА СВОЈСТВА НАНОСТРУКТУРНОГ ДЕПОЗИТА ГВОЖЂА, НИКЛА И ВОЛФРАМА".

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

Кандидат мр Наташа Ћировић, дипл. инж. металургије, одбранила је магистарски рад 18.07.2003. године, на Технолошко – металуршком факултету, Универзитет у Београду, под називом "Утицај механизма денсификације на развој микроструктуре композита на основи W – Ni – Fe". Израдом тезе руководио је Др Радослав Алексић, редовни професор Технолошко – металуршког факултета у Београду.

**15.7.2014.** Кандидат мр Наташа Ћировић, дипл. инж. металургије, пријавила је тему докторске дисертације, под насловом: „Ефекат параметара електродепозиције на микроструктуру, магнетна и електрична својства наноструктурног депозита гвожђа, никла и волфрама“, а Наставно научно веће Технолошко – металуршког факултета у Београду усвојило састав Комисије за оцену заснованости предложене теме.

**30.10.2014.** На седници Наставно научног већа Технолошко – металуршког факултета, донета је Одлука о одобравању предлога теме докторске дисертације кандидата мр Наташе Ћировић, дипл. инж. металургије, под насловом: „Ефекат параметара електродепозиције на микроструктуру, магнетна и електрична својства наноструктурног депозита гвожђа, никла и волфрама“, а за менторе ове докторске дисертације именовани су др Недељко Крстајић, редовни професор ТМФ – а, у Београду и др Мирослав Спасојевић, редовни професор Агрономског факултета, у Чачку.

**27.11.2014.** На седници Већа научних области техничких наука Универзитета у Београду дата је сагласност на предлог теме докторске дисертације кандидата мр Наташе Ћировић, дипл.

инж. металургије, под насловом: „Ефекат параметара електродепозиције на структуру, магнетна и електрична својства наноструктурног депозита гвожђа, никла и волфрама“.

**07.05.2015.** На седници Наставно – научног већа Технолошко – металуршког факултета донета је Одлука о именовању чланова Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата мр Наташе Ћировић, дипл. инж. металургије, под насловом: „Ефекат параметара електродепозиције на структуру, магнетна и електрична својства наноструктурног депозита гвожђа, никла и волфрама“.

## 1.2. Научна област дисертације

Истраживања у оквиру ове докторске дисертације припадају научној области Хемија и хемијска технологија, ужа научна област Електрохемија, за коју је матичан Технолошко – металуршки факултет Универзитета у Београду. Ментори др Недељко Крстајић, редовни професор ТМФ – а у Београду и др Мирослав Спасојевић, редовни професор Агрономског факултета у Чачку су до сада из ове области публиковали велики број радова у часописима, који су на SCI листи, били референти и кореференти за израду дипломских радова, чланови комисија за оцену и одбрану магистарских теза и докторских дисертација, руководили израдом магистарских теза и докторских дисертација, били ментори одобрених магистарских теза и докторских дисертација, учествовали у писању уџбеника, збирки задатака, практикума и монографија и добитници награда за проналазаштво код нас и у иностранству. На основу досадашњег искуства, сматрамо да су ментори компетентни да руководе израдом ове дисертације.

## 1.3. Биографски подаци о кандидату

Мр Наташа Ћировић рођена је 24. септембра 1968. године у Ужицу, Република Србија. Основну и средњу школу завршила је у Ужицу. Технолошко – металуршки факултет завршила је 1995. године у Београду, одбраном дипломског рада под насловом „Нумеричка анализа деформационог понашања легура AlMg6" и тиме стекла звање дипломирани инжењер металургије, на Катедри за прераду метала у пластичном стању. Академско звање Магистра техничких наука стекла је на Технолошко – металуршком факултету у Београду, 2003. године, одбраном магистарског рада под насловом „Утицај механизма денсификације на развој микроструктуре композита на основи W – Ni – Fe".

У периоду 1996. – 2000. године била је запослена у Научноистраживачком центру у Ужицу, са звањем истраживач на пројектима. У том периоду у Лабораторији за материјале у НУ Винча, у Београду, бавила се испитивањем квалитета материјала (карактеризација прахова, диференцијална термијска анализа, пресовање прахова, синтеровање квантитативна металографија и дисперзивна електронска спектроскопија). У периоду 2000. – 2010. године била је запослена у Вањаци бахра Севојно у Севојну, РЈ Фабрика Танкозидних цеви – инжењер за технологију и припрему, где се бавила проблематиком извлачења бакарних и месинганих цеви, капиларних бакарних цеви, као и питањима техничке припреме. Од 01.10.2015. године запослена је као асистент на Високо пословно – техничкој школи струковних студија у Ужицу, студијски програм Инжењерство заштите животне средине, где учествује у извођењу лабораторијских и аудиторних вежби из предмета Физичка хемија, Корозија материјала, Извори загађења радне и животне средине, Безбедност на раду и Процесни уређаји, као и рачунских вежби из предмета Термодинамика и Технологије у процесној индустрији.

## 2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

### 2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација мр Наташе Ћировић, дипл. инж. металургије, написана је на 155 страна, у оквиру којих се налази 6 поглавља, са укупно 74 слике, 5 табела и 139 литературних навода. Докторска дисертација садржи следећа поглавља: Увод, Теоријски део, Експериментални део, Резултате и дискусију, Закључак и Литературу, као и изводе на српском и енглеском језику.

### 2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

У Уводу је истакнут значај наноструктурних материјала метала и легура за примену у новим технологијама, због својих специфичних физичких и хемијских својстава. Посебно је наглашен значај моделирања кинетичких и оперативних параметара електродепозиције на хемијски састав, микроструктуру и морфологију легура гвожђа, никла и волфрама и одраза ових својстава на магнетна и механичка својства и накнадне обраде одгревањем и мљењем на структурне промене и физичко – хемијска својства.

Поглавље „Теоријски део“ садржи опште карактеристике аморфног стања супстанце, моделе аморфне структуре, добијање аморфних супстанци и ефекат параметара синтезе на хемијски састав, морфологију и микроструктуру и одраза ових својстава на еластична, магнетно – еластична, електрична, термоелектрична и магнетна својства метала и металних легура. Посебна пажња посвећена је електрохемијским поступцима добијања металних наноструктурних легура, а нарочито, легура гвожђа, никла и волфрама. Презентирани су резултати истраживања, у доступној светској литератури, ефекта густине струје, састава и температуре раствора на хемијски састав, фазну структуру, димензије кристалита и морфологију превлака и прахова легура гвожђа, никла и волфрама. Дати су и резултати истраживања ефекта параметара електролизе на магнетна, електрична и механичка својства електродепозита гвожђа, никла и волфрама и успостављене корелације између микроструктуре и ових својстава. У теоријском делу дата су, у доступној светској литератури, истраживања утицаја температуре накнадног одгревања на структурну релаксацију и кристализацију легура са нарочитим освртом на легуре гвожђа, никла и волфрама. Презентирани су и резултати ефекта структурне релаксације и кристализације на микроструктурне промене и одраза ових промена на електрична, магнетна и механичка својства легура.

У Експерименталном делу дисертације приказане су методе коришћене током истраживања. Галваностатском методом снимане су поларизационе криве кодепозиције гвожђа, никла и волфрама и реакције издвајања водоника. Цикличном волтаметријом добијене су додатне информације о кинетици кодепозиције. Састав добијене легуре одређен је класичном квантитативном анализом, атомском апсорпцијом (AES) и електронском дисперзионом спектроскопијом (EDS). Фазна структура легура и микроструктурне промене током одгревања и мљења одређене су методом рендгенске дифракције (XRD). Морфологија добијених легура гвожђа, никла и волфрама одређена је скенирајућом електронском микроскопијом (SEM). Микроструктурном анализом честица праха одређен је облик и величина честица, као и расподела честица по величини, коришћењем аутоматског уређаја за анализу слике Leica Q 500 MC. Магнетна пермеабилност свежих узорака и узорака након одгревања и мљења одређена је модификованом Maxwell – овом методом заснованој на интеракцији магнетика и нехомогеног магнетног поља. Тврдоћа превлака легура гвожђа, никла и волфрама мерене су на уређају HVS – 1000.

У поглављу „Резултати и дискусија“ показано је да се електродепозицијом из амонијачно - цитратног купатила, добијају депозити легура гвожђа, никла и волфрама чији хемијски састав, морфологија и микроструктура зависи од састава и температуре раствора и густине струје таложења. Установљено је да у области густина струје од 50 до 300  $\text{mAcm}^{-2}$ , са порастом густине струје таложења, садржај гвожђа и волфрама у легури расте, а садржај никла опада. На густинама струје већим од 300  $\text{mAcm}^{-2}$ , састав легура не зависи од густине струје, јер се процес кодепозиције, сва три метала одвија у условима споре дифузије електроактивних честица. У температурској области од 50 до 70  $^{\circ}\text{C}$ , температура не утиче на хемијски састав депозита, добијених на густинама струје већим од 300  $\text{mAcm}^{-2}$ , јер у тој температурској области, дифузиони коефицијенти цитратних комплекса, сва три метала расту истом брзином са повишењем температуре.

Показано је да је електродепозиција легуре сложен процес, јер се на катоди симултано одвија неколико реакција: издвајање водоника, таложење никла и гвожђа, редукција волфрамата до оксида нижег валентног стања и редукције оксида волфрамата, нижег валентног стања, до металног волфрамата.

Разматран је механизам катодног процеса. Претпостављено је да се цитратни комплекс волфрама редукује до нижег валентног оксида волфрама, а да се цитратни комплекси гвожђа и никла редукују у два ступња. У првом ступњу настају нестабилни адјони  $\text{Ni}^{+}$  и  $\text{Fe}^{+}$ , а у другом адатоми, који површинском дифузијом доспевају до места где се уграђују у кристалну структуру. Мали део ових адатома се, током површинске дифузије, сусреће са ниже валентним оксидима волфрама и при том их редукују до металног волфрама. Установљена је и зависност искоришћења струје по легури од густине струје. Са порастом густине струје до 500  $\text{mAcm}^{-2}$ , искоришћење расте, потом се значајније не мења до 900  $\text{mAcm}^{-2}$ , а затим, на густинама већим од 900  $\text{mAcm}^{-2}$ , са порастом густине, искоришћење опада. Показано је да је депозиција легуре активационо контролисана до 500  $\text{mAcm}^{-2}$ , од 500 до 900  $\text{mAcm}^{-2}$  је мешовита контрола, а на већим од 900  $\text{mAcm}^{-2}$ , је дифузиона контрола.

Установљено је да се водоник на потенцијалима позитивнијим од  $-960 \text{ mV}$  издваја редукцијом амонијумових и цитратних јона, а на позитивнијим, и редукцијом воде.

Показано је да микроструктура легуре зависи од густине струје депозиције и садржаја волфрама. У области густина струје од 50 до 1000  $\text{mAcm}^{-2}$ , настаје аморфна фаза и FCC фаза чврстог раствора гвожђа и волфрама у никлу. Са порастом густине струје и садржаја волфрама, расте удео аморфне фазе, опада средња димензија кристалита и расте минимална густина хаотично распоређених дислокација и унутрашња микронапрезања.

Морфологија депозита легуре гвожђа, никла и волфрама зависи од густине струје, састава и температуре раствора. Депозити са малим садржајем волфрама, формиран на густинама струје до 500  $\text{mAcm}^{-2}$ , су у облику превлака. Рапавост, број пукотина и кратера, на овим превлакама расте са порастом густине струје таложења. На густинама струје од 500 до 1000  $\text{mAcm}^{-2}$ , формира се сунђераст талог. Депозити са садржајем волфрама од 11 мас.% исталожени на густинама струје нижим од 300  $\text{mAcm}^{-2}$ , су у облику рапавих, тамних превлака, а у области густина струје од 500 до 1000  $\text{mAcm}^{-2}$ , настаје прах.

Током одгревања на температурама вишим од 400<sup>0</sup>С, у легури се одвија кристализација аморфне фазе и раст кристалних зрна FCC фазе, уз симултано смањење унутрашњих микронапрезања и минималне густине хаотично распоређених дислокација. Установљено је да током млевења депозита такође, кристалише аморфна фаза и расту кристална зрна FCC фазе уз смањење минималне густине хаотично распоређених дислокација и унутрашњих микронапрезања.

Показано је да магнетна својства легуре зависе од хемијског састава и микроструктуре. Са порастом садржаја волфрама и густине струје таложења, опада магнетизација. Током одгревања легура, у температурском интервалу од 25 до 400<sup>0</sup>С, одвија се структурна релаксација која узрокује пораст магнетизације. Објашњен је механизам релаксације и њен ефекат на магнетизацију. На температурама вишим од 400<sup>0</sup>С, опада магнетизација услед кристализације аморфне фазе и раста кристалних зрна FCC фазе. Показано је да млевење прахова повећава магнетизацију јер локална прегревања током млевења узрокују кристализацију аморфне фазе и настанак нанокристала FCC фазе.

Установљено је да услови електрохемијског таложења и накнадна обрада одгревањем значајно утичу на механичка својства легура. У области густина таложења од 50 до 300 mAcm<sup>-2</sup>, са повишењем густине струје таложења, смањује се тврдоћа и свежих и до 500 mAcm<sup>-2</sup> одгрејаних легура, јер легуре садрже аморфну фазу и кристале FCC фазе средње димензије, мање од критичне (Hall – Petch. relation). Са повишењем температуре одгревања до 300<sup>0</sup>С, расте тврдоћа јер се уређује структура на кратко, при чему се уређују кластери у аморфној фази у равни клизања, што отежава клизање граница зрна. Смањење заосталих напрезања и раст кристалних зрна FCC фазе узрокују смањење тврдоће са повишењем температуре на температурама вишим од око 300<sup>0</sup>С.

У поглављу „Закључци“ наведени су најважнији резултати, објашњења и нова сазнања до којих се дошло током реализације ове дисертације. На крају у поглављу „Литература“ наведене су све референце коришћене током израде ове дисертације.

### **3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ**

#### 3.1. Савременост и оригиналност

Научно – технички прогрес, остварен последњих деценија, у великој мери омогућио је развој нових материјала. Савремена наука о материјалима проучава утицај параметара синтезе на хемијски састав, микроструктуру и морфологију материјала и одраз ових својстава на њихове физичке карактеристике и хемијско понашање. У последње време значајно место заузимају вишеккомпонентне наноструктурне легуре. Наноструктурни материјали легура имају широку примену у новим технологијама због својих специфичних физичких и хемијских својстава. Новим процесима синтезе добијају се материјали са измењеном микроструктуром. Промена структуре узрокује промену својстава материјала. Електродепозицијом могу да се добију легуре гвожђа, никла и волфрама, чија се микроструктура и својства знатно разликују од легура истог састава добијених другим методама. Зато је циљ овога рада био да се испита ефекат кинетичких и оперативних параметара електролизе на хемијски састав, микроструктуру и морфологију депозита легура гвожђа, никла и волфрама и да се установи одраз ових својстава на магнетне и механичке карактеристике легуре. У последње време, у свету се у врхунским часописима публикује

велики број радова, који разматрају ефекат параметара електродепозиције легура метала групе гвожђа и волфрама, на њихова физичка и хемијска својства због могућности њихове примене у индустрији, медицини и пољопривреди.

### 3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

Током реализације ове тезе коришћени су уџбеници, приручници и монографије, у којима се проучавају својства, поступци синтезе, карактеризација и промена наноструктурних материјала. Такође, коришћени су и радови, публиковани у часописима у којима су приказани најновији резултати истраживања из наведене проблематике, а нарочито, из области испитивања утицаја кинетичких и оперативних параметара електродепозиције наноструктурних легура метала групе гвожђа, на њихов хемијски састав, структуру, морфологију и физичко – хемијска својства и ефекта топлотног дејства на структурну релаксацију и кристализацију и одраза ових структурних промена на електричне, магнетне, механичке, корозионе и каталитичке карактеристике.

### 3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

Током извођења екстеримената коришћене су савремене методе инструменталне анализе. Електродепозиција је испитивана галваностатском, потенциостатском методом, хронопотенциометријском и потенциодинамичком методом. Хемијски састав електрохемијски добијених легура одређен је класичном квантитативном анализом, атомском апсорпцијом (AES) и електронском дисперзионом спектроскопијом (EDS). Рендгенском анализом (XRD) одређена је фазна структура легура, а морфологија електронском скенирајућом спектроскопијом (SEM). Квантитативном микроструктурном анализом честица праха, одређен је облик и величина честица, као и расподела честица по величини коришћењем аутоматског уређаја за анализу слике Leica Q 500 MC. Модификованом Махвелл – овом методом, заснованој на интеракцији магнетика и нехомогеног магнетног поља, одређена је магнетизација легура. Тврдоћа превлака легура гвожђа, никла и волфрама мерена је на уређају HVS – 1000.

### 3.4. Применљивост остварених резултата

У тези је показано да се моделирањем кинетичких и оперативних параметара процеса електродепозиције могу добити материјали унапред задатих магнетних и других физичких и хемијских својстава. Ови материјали у зависности од њихових магнетно меких или магнетно тврдих својстава налазе велику примену у индустрији, медицини, пољопривреди, саобраћају, а нарочито, у производњи хард дискова, микроелектромеханичких система и магнетних актуатора. Установљено је да се електродепозицијом могу добити наноструктурне превлаке и прахови легуре гвожђа, никла и волфрама са одговарајућим магнетним својствима, које су знатно јефтиније од материјала сличних карактеристика добијених класичним металуршким поступцима. Развијени електрохемијски поступак добијања магнетних наноструктурних гвожђе, никал и волфрам легура, не загађује човекову околину и не делује штетно на здравље учесника у процесу производње.

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

Кандидат Мр Наташа Тировић је током израде докторске дисертације оспособљена да стручно обрађује и анализира научна достигнућа презентирана у домаћим и страним часописима, да планира, припрема и реализује експериментална истраживања, да користи различите технике карактеризације материјала, да систематизује и анализира добијене

експерименталне резултате и да изводи адекватна теоријска објашњења и закључке. Кандидат је оспособљен за самостални научно истраживачки рад.

## **4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС**

### 4.1. Приказ остварених научних доприноса

- Развијен је поступак електрохемијског добијања наноструктурних превлака и прахова легура гвожђа, никла и волфрама.
- Установљена је зависност хемијског састава, морфологије и микроструктуре депозита легуре гвожђа, никла и волфрама од густине струје таложења, састава и температуре раствора.
- На бази експерименталних резултата претпостављен је механизам кодепозиције легуре и издвајања водоника.
- Одређена је зависност искоришћења струје по легури од густине струје таложења.
- Одређен је ефекат температуре одгревања на структурну релаксацију и кристализацију наноструктурне легуре гвожђа, никла и волфрама.
- Дата су теоријска објашњења микроструктурних промена током одгревања.
- Установљен је ефекат мљења на микроструктурне промене и дата теоријска објашњења.
- Одређена је зависност тврдоће и магнетизације од хемијског састава и микроструктуре електрохемијски добијених микроструктурних легура гвожђа, никла и волфрама. Дата су адекватна теоријска објашњења.
- Установљен је ефекат одгревања и мљења на тврдоћу и магнетизацију наноструктурне легуре и на бази анализе резултата дата теоријска објашњења.
- Показано је да се подесним избором услова електролизе и накнадне обраде одгревањем и мљењем, могу добити наноструктурне легуре гвожђа, никла и волфрама са унапред задатим својствима.

### 4.2. Критичка анализа резултата истраживања

На бази експерименталних резултата и теоријских разматрања установљена је корелација између кинетичких и оперативних параметара електродепозиције и хемијског састава, морфологије и микроструктуре наноструктурне легуре гвожђа, никла и волфрама. Претпостављен је механизам кодепозиције метала и издвајања водоника на бази кога је разлучена зависност катодне густине струје и искоришћења струје по легури од потенцијала. Велики научни допринос ове тезе представља установљена и теоријски објашњена зависност тврдоће и магнетне пермеабилности легуре од удела аморфне фазе, величине кристалита

FCC фазе чврстог раствора гвожђа и волфрама у никлу, густине хаотично распоређених дислокација и унутрашњих микронапрезања. Велики допринос чини и утврђена и теоријски објашњена корелација ефекта температуре одгревања на микроструктурне промене, на нижим температурама, током структурне релаксације и на вишим температурама, током кристализације. Установљено је да током структурне релаксације, поједини атоми дејством топлотне енергије, прелазе преко енергијских баријера и доспевају у ниже енергијске нивое у којима се њихове 3d и 4d орбитале боље преклапају са орбиталама истог типа суседних атома, што повећава вредност интеграла измене, густине стања електрона у близини Fermi нивоа и средњу дужину слободног пута електрона, што омогућава већу покретљивост зидова магнетних домена и лакше усмеравање домена у магнетном пољу. Кристализација аморфне фазе и настанак већих кристалних зрна отежавају усмеравање појединих магнетних домена и померање зидова већ усмерених домена. Разлучен је и ефекат млевења на промене магнетних својстава. Током млевења локална прегревања узрокују трансформацију аморфне фазе у ситнозрну наноструктурну FCC фазу чврстог раствора што узрокује повећање магнетизације.

Значајан научни допринос ове тезе је и установљен ефекат услова електродепозиције и накнадне обраде одгревањем на тврдоћу електродепоноване легуре никла, гвожђа и волфрама. Установљено је да се са повећањем густине струје таложења, у области густина струје од 50 до 300 mAcm<sup>-2</sup>, услед егзистенције средње димензије кристалита мање од критичне, са повећањем густине струје опада тврдоћа јер расте дебљина равни клизања. Са повишењем температуре одгревања до око 300<sup>0</sup>C, тврдоћа превлака расте, а потом, при даљем повишењу температуре, опада. Током загревања до око 300<sup>0</sup>C, уређује се структура на кратко, при чему се уређују кластери у аморфној фази у равни клизања, што отежава клизање границе зрна. Опадање тврдоће, са повишењем температуре одгревања, на температурама вишим од 300<sup>0</sup>C, је узроковано смањењем заосталих напрезања, кристализацијом аморфне фазе и настанком већих кристализационих зрна FCC фазе.

Претходна разматрања указују да је установљено да услови електродепозиције и накнадна обрада млевењем и одгревањем детерминишу микроструктуру и морфологију депозита легуре никла, гвожђа и волфрама, и да егзистира корелација између микроструктуре и магнетних и механичких својстава, што указује да се моделирањем параметара електрохемијске синтезе могу добити легуре са унапред задатим својствима.

#### 4.3. Верификација научних доприноса

Из рада на дисертацији „Ефекат параметара електродепозиције на микроструктуру, магнетна и електрична својства наноструктурног депозита гвожђа, никла и волфрама“, коју је урадила мр Наташа Ћировић (девојачко презиме Фридрих), дипл. инж. металургије, објављени су следећи радови:

Радови штампани у часопису међународног значаја M21:

[1] L. Ribić-Zelenović, N. Ćirović, M. Spasojević, N. Mitrović, A. Maričić, V. Pavlović, "Microstructural Properties of Electrochemically Prepared Ni – Fe – W Powders", Mater. Chem. Phys. **135** (2012) 212-219,(IF = 2,072) (ISSN 0254 – 0584).

[2] M. Spasojević, N. Ćirović, L.Ribić-Zelenović, P. Spasojević, A. Maričić, "Effect of Deposition Current Density and Annealing Temperature on the Microstructure, Hardness and Magnetic Properties of Nanostructured Nickel – Iron – Tungsten Alloy", J. Electrochem. Soc. **161** (2014) (D463 – D469) (IF = 3,266) (ISSN 0013 – 4651).



Радови штампани у часопису међународног значаја **M22** (према петогодишњем импакт фактору):

[1] **N. Ćirović**, P. Spasojević, L. Ribić-Zelenović, P. Mašković, M. Spasojević, "Effect of synthesis parameters on chemical composition, microstructure and morphology"- Part 1, Sci. Sinter. **47** (2015) 347 – 365 (IF = 0,575) (ISSN 0350 – 820X).

Рад под насловом "Effect of microstructure on hardness and electrical and magnetic properties"- Part 2, **N. Ćirović**, P. Spasojević, L. Ribić-Zelenović, P. Mašković, A. Maričić, M. Spasojević, је прихваћен за публикацију и биће објављен на почетку 2016. год., у часопису „Science of Sintering“(Vol. 1) (IF =0,575) (ISSN 0350 – 820X).

Радови штампани у часопису међународног значаја **M23**:

[1] M. Spasojević, L. Ribić-Zelenović, **N. Ćirović**, P. Spasojević, A. Maričić, "Effect of Milling and Annealing on Microstructural, Electrical and Magnetic Properties of Electrodeposited Ni – 11,3Fe – 1,4W Alloy", Sci. Sinter. **44** N<sup>o</sup>2 (2012) 197-210, (IF = 0,273) (ISSN 0350 – 820X).

Радови саопштени на скупу међународног значаја:

[1] **N. Ćirović**, L. Ribić-Zelenović, N. Mitrović, M. Spasojević, Aleksa Maričić, "Properties of electrochemically deposited Ni<sub>x</sub>Fe<sub>y</sub>W<sub>z</sub> alloy powder", Ninth Young Researchers Conference – Materials Science and Engineering, Program and the Book of Abstracts, p.6, Belgrade, December 20 - 22, 2010, (IF = 0,273) (ISSN 0350 – 820X).

[2] **N. Ćirović**, L. Ribić-Zelenović, V. Pavlović, N. Mitrović, M. Spasojević, A. Maričić, "Elektrohemijska depozicija i karakterizacija nanostrukturnog praha Ni - 24% Fe - 11% W", Zbornik radova 55. Konferencije za ETRAN, NM 1,5-1-4, Banja Vrućica, 6 - 9. juna 2011.

[3] L. Ribić-Zelenović, **N. Ćirović**, M. Spasojević, N. Mitrović, A. Maričić, "Properties of the electrochemically obtained Ni<sub>65</sub>Fe<sub>24</sub>W<sub>11</sub> alloy powder", 13th Yugoslav Materials Research Society Conference «YUCOMAT 2011», Book of Abstracts, p. 96, Herceg Novi, September, 5 - 9, 2011.

[4] **N. Ćirović**, L. Ribić-Zelenović, A. Maričić, M. Spasojević, "Effect of Mechanical Activation of Magnetic and Electrical Properties of Electrodeposited Powder", 14th Yugoslav Materials Research Society Conference «YUCOMAT 2012», Book of Abstracts, p. 62, Ni - 28Fe - 4W, Herceg Novi, September, 3 - 7, 2012.

[5] L. Ribić-Zelenović, **N. Ćirović**, P. Spasojević, A. Maričić, "Effect of electrodeposition parameters and annealing temperature on microstructure, magnetic and electrical properties Ni<sub>x</sub>Fe<sub>y</sub>W<sub>z</sub> alloys", 15th Yugoslav Materials Research Society Conference «YUCOMAT 2013», Book of Abstracts, p.130, Herceg Novi, September, 2 - 6, 2013.

[6] **N. Ćirović**, P. Mašković, L. Ribić-Zelenović, M. Spasojević, "Magnetic properties and hardness of electrodeposited Ni<sub>x</sub>Fe<sub>y</sub>W<sub>z</sub> alloy", 15th Yugoslav Materials Research Society Conference «YUCOMAT 2013», Book of Abstracts, p. 131, Herceg Novi, September, 2 - 6, 2013.

## 5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

Кратак осврт на дисертацију у целини

На основу свега изнетог, Комисија сматра да је докторска дисертација мр Наташе Ћировић, дипл. инж. металургије, под насловом „Ефекат параметара електродепозиције на структуру, магнетна и електрична својства наноструктурног депозита гвожђа, никла и волфрама“, испунила циљеве истраживања и да представља значајан и оригинални научни допринос у области Хемије и хемијске технологије, односно уже научне области, Електрохемија, што је потврђено објављивањем радова у часописима међународног значаја и саопштења на међународним конференцијама.

Предлог Комисије Наставно – научном већу

Комисија предлаже Наставно – научном већу Технолошко – металуршког факултета да прихвати овај РЕФЕРАТ и да га заједно са поднетом дисертацијом мр Наташе Ћировић, достави на увид јавности у законски предвиђеном року, и упути на коначно усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду, те да након завршетка ове процедуре, позове кандидата на усмену одбрану дисертације, пред Комисијом, у истом саставу.

### ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

.....  
Проф. др Недељко Крстајић,  
Универзитета у Београду, Технолошко – металуршки  
факултет у Београду

.....  
Проф. др Мирослав Спасојевић,  
Универзитета у Крагујевцу, Агрономски факултет у Чачку

.....  
Проф. др Бранимир Гргур,  
Универзитета у Београду, Технолошко - металуршки  
факултет у Београду

.....  
Др Ленка Рибич - Зеленовић, ванредни професор  
Универзитета у Крагујевцу, Агрономски факултет у Чачку

.....  
Др Драгомир Глишић, доцент  
Универзитета у Београду, Технолошко - металуршки  
факултет у Београду