

Факултет Технички факултет у Бору

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

(Број захтева)

Веће научних области техничких наука

(Назив већа научне области коме се захтев упућује)

(Датум)

ЗАХТЕВ**за давање сагласности на одлуке о усвајању извештаја Комисије за оцену докторске дисертације и о именовању комисије за одбрану**

Молимо да, сходно члану 47. ст. 5. тач. 4. Статута Универзитета у Београду ("Гласник Универзитета", број 186/15-пречишћени текст и 189/16), дате сагласност на одлуку о усвајању извештаја Комисије за оцену докторске дисертације:

КАНДИДАТ мр ЉИЉАНА (Радослав) АВРАМОВИЋ

(име, име једног од родитеља и презиме)

студент докторских студија на студијском програму **Технолошко инжењерство**

пријавио је докторску дисертацију под називом:

Корелација структуре и морфологије наноструктурираних прахова метала добијених хемијским и електрохемијским поступцимаиз научне области: **Технолошко инжењерство**

Универзитет је дана 28.05.2018. својим актом под бр. 61206-2016/2-18 дао сагласност на предлог теме докторске дисертације која је гласила:

Корелација структуре и морфологије наноструктурираних прахова метала добијених хемијским и електрохемијским поступцима**Име и презиме ментора: Др Јасмина Стевановић, научни саветник, ИХТМ Београд**

Комисија за оцену докторске дисертације именована је на седници одржаној **22.05.2020.** године одлуком факултета под бр. VI/4-8-3, у саставу:

	Име и презиме члана комисије	звање	научна област	Установа у којој је запослен
1.	Др Снежана Милић	ред. професор	Хемија, хемијска технологија и хемијско инжењерство	Технички факултет у Бору
2.	Др Небојша Николић	научни саветник	Електрохемија	ИХТМ Београд
3.	Др Радмила Марковић	научни сарадник	Хемијска технологија	ИРМ Бор

Напомена: уколико је члан Комисије у пензији навести датум пензионисања.

Датум стављања извештаја Комисије и докторске дисертације на увид јавности 10.06.2020.године

Наставно-научно веће факултета усвојило је извештај Комисије за оцену докторске дисертације на седници одржаној дана 07.09.2020. године

Комисија за одбрану докторске дисертације именована је на седници одржаној 07.09.2020. године

одлуком факултета под бр. VI/4-12-10.16, у саставу:

	Име и презиме члана комисије	звање	научна област	Установа у којој је запослен
1.	Др Снежана Милић	ред. професор	Хемија, хемијска технологија и хемијско инжењерство	Технички факултет у Бору
2.	Др Небојша Николић	научни саветник	Електрохемија	ИХТМ Београд
3.	Др Радмила Марковић	научни сарадник	Хемијска технологија	ИРМ Бор

Напомена: уколико је члан Комисије у пензији навести датум пензионисања.

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

- Прилози:
1. Одлука Наставно-научног већа о усвајању извештаја Комисије за оцену докторске дисертације и одлука о именовању Комисије за одбрану докторске дисертације
 2. Извештај Комисије о оцени докторске дисертације
 3. Примедбе на извештај Комисије о оцени докторске дисертације (уколико их је било) и мишљење Комисије о примедбама

Напомена: Факултет доставља Универзитету захтев са прилозима у електронској форми и у једном писаном примерку за архиву Универзитета

На основу чл. 49. Статута Техничког факултета у Бору, чл. 44. Правилника о докторским студијама на Техничком факултету у Бору и члана 20. став 11. Пословника о раду Наставно-научног већа Техничког факултета у Бору, Наставно-научно веће Факултета електронским изјашњавањем до 04. 09. 2020. године, донело је

О Д Л У К У

I Усваја се Извештај Комисије за оцену докторске дисертације кандидата **мр Љиљане Аврамовић**, дипл. инж. неорг.хем.технол., студента докторских академских студија на студијском програму Технолошко инжењерство, под називом: **„Корелација структуре и морфологије наноструктурираних прахова метала добијених хемијским и електрохемијским поступцима“**, на који није било примедби.

II Универзитет у Београду је дана **28. 05. 2018. године** дао сагласност на предлог теме докторске дисертације.

III Радови из научних часописа са листе која је утврђена као релевантна за вредновање научне компетенције у одређеном научном пољу:

Рад у међународном часопису – M21

1. **Љиљана Аврамовић**, Мирослав М. Павловић, Весна М. Максимовић, Марина Вуковић, Јасмиона С. Стевановић, Миле Бугарин, Небојша Д. Николић, ***Comparative Morphological and Crystallographic Analysis of Electrochemically- and Chemically-Produced Silver Powder Particles***, Metals 7 (2017) 160, doi:10.3390/met7050160.
2. **Љиљана Аврамовић**, Евица Р. Ивановић, Весна М. Максимовић, Мирослав М. Павловић, Марина Вуковић, Јасмина С. Стевановић, Небојша Д. Николић, ***Correlation between crystal structure and morphology of potentiostatically electrodeposited silver dendritic nanostructures***, Trans. Nonferrous Met. Soc. China 28 (2018) 1903–1912, doi: 10.1016/S1003-6326(18)64835-6.
3. **Љиљана Аврамовић**, Весна М. Максимовић, Звездана Башчаревић, Ненад Игњатовић, Миле Бугарин, Радмила Марковић, Небојша Д. Николић, ***Influence of a shape of copper powder particles on crystal structure and some of decisive characteristics of metal powders***, Metals 9 (2019) 56, doi:10.3390/met9010056.
4. Небојша Д. Николић, **Љиљана Аврамовић**, Евица Р. Ивановић, Весна М. Максимовић, Звездана Башчаревић, Ненад Игњатовић, ***Comparative Morphological and Crystallographic Analysis of Copper Powders Obtained Under Different Electrolysis Conditions***, Trans. Nonferrous Met. Soc. China 29 (2019) 1275–1284, doi: 10.1016/S1003-6326(19)65034-X.

Рад у међународном часопису – M22

1. **Љ. Аврамовић**, М. Бугарин, Д. Милановић, В. Цонић, М. М. Павловић, М. Вуковић, Н. Д. Николић, ***The particle size distribution (PSD) as criteria for comparison of silver powders obtained by different methods of synthesis and by conditions of electrolysis***, J. Min. Metall. Sect. B-Metall. 54 (3) B (2018) 291–300, doi:10.2298/JMMB171002020A.

IV Одлуку доставити надлежном Већу научних области Универзитета у Београду, ради давања сагласности. Докторска дисертација из става 1. ове одлуке подобна је за одбрану након добијања сагласности именованог Већа Универзитета.

Доставити:

- именованој
- Већу научних области Универзитета у Београду
- студентској служби
- архиви

ПРЕДСЕДНИК
НАСТАВНО НАУЧНОГ ВЕЋА

ДЕКАН

Проф. др Нада Штрбац

Универзитет у Београду
Технички факултет у Бору
Број: VI/4-12-10.1.6
Бор, 07. 09. 2020. године

На основу чл. 49. Статута Техничког факултета у Бору, чл. 44. и 45. Правилника о докторским студијама на Техничком факултету у Бору и члана 20. став 11. Пословника о раду Наставно-научног већа Техничког факултета у Бору, Наставно-научно веће Факултета електронским изјашњавањем до 04. 09. 2020. године, донело је

О Д Л У К У

I Именује се Комисије за одбрану докторске дисертације кандидата **мр Љиљане Аврамовић**, студента докторских студија на студијском програму Технолошко инжењерство, под називом: **„Корелација структуре и морфологије наноструктурираних прахова метала добијених хемијским и електрохемијским поступцима”**, у саставу:

1. др Снежана Милић, редовни професор, Универзитет у Београду, Технички факултет у Бору,
2. др Небојша Николић, научни саветник, Универзитет у Београду, Институт за хемију, технологију и металургију;
3. др Радмила Марковић, научни сарадник, Институт за рударство и металургију у Бору.

II Одлуку доставити надлежном Већу научних области Универзитета у Београду, ради давања сагласности. Докторска дисертација из става 1. ове одлуке подобна је за одбрану након добијања сагласности именованог Већа Универзитета.

Доставити:

- именованој
- Већу научних области Универзитета у Београду
- студентској служби
- архиви

ПРЕДСЕДНИК
НАСТАВНО НАУЧНОГ ВЕЋА

ДЕКАН

Проф. др Нада Штрбац

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Извештај Комисије о урађеној докторској дисертацији кандидата мр Љиљане Аврамовић, дипл.инж.технологије

Одлуком Наставно-научног већа Техничког факултета у Бору, бр. VI/4-8-3, од 22.05.2020. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену докторске дисертације кандидата мр Љиљане Аврамовић, дипл. инж. технолог., студента докторских академских студија на студијском програму Технолошко инжењерство, под називом:

“Корелација структуре и морфологије наноструктурираних прахова метала добијених хемијским и електрохемијским поступцима”

Након прегледа достављене докторске дисертације и других пратећих докумената, као и разговора са кандидатом, Комисија је сачинила следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. УВОД

1.1. Хронологија одобравања и израде дисертације

- Дана **27.12.2017. године**, кандидат мр Љиљана Аврамовић, дипл. инж. технолог., пријавила је израду докторске дисертације на Техничком факултету у Бору, заведену под бројем VI-1/10-332.

- Дана **22.02.2018. године**, на седници Наставно-научног већа Техничког факултета у Бору, донета је Одлука бр. VI/4-12-8 о именовању чланова Комисије за оцену научне заснованости предложене теме докторске дисертације кандидата мр Љиљане Аврамовић.

- Дана **19.04.2018. године**, на седници Наставно-научног већа Техничког факултета у Бору, донета је Одлука бр. VI/4-14-4.2, о усвајању извештаја Комисије за оцену научне заснованости предложене теме докторске дисертације. За ментора је именована др Јасмина Стевановић, научни саветник Института за хемију, технологију и металургију у Београду.

- Дана **28.05.2018. године**, Веће научних области техничких наука Универзитета у Београду, донело је Одлуку бр. 61206-2016/2-18., којом је дата сагласност на предлог теме

докторске дисертације кандидата мр Љиљана Аврамовић, дипл. инж. технолог., под називом: "Корелација структуре и морфологије наноструктурираних прахова метала добијених хемијским и електрохемијским поступцима".

- Дана **21.05.2020. године**, на седници Наставно-научног већа Техничког факултета у Бору, донета је Одлука бр. VI/4-8-3, о именовању чланова Комисије за оцену докторске дисертације у саставу: др Снежана Милић, ванредни професор, Универзитета у Београду, Технички факултет у Бору; др Небојша Николић, научни саветник Универзитета у Београду, Институт за хемију, технологију и металургију; др Радмила Марковић, виши научни сарадник, Институт за рударство и металургију у Бору.

1.2. Научна област дисертације

Истраживања у оквиру ове докторске дисертације припадају научној области Технолошко инжењерство за коју је матична установа Технички факултет у Бору, Универзитета у Београду. Ментор докторске дисертације је др Јасмина Стевановић, научни саветник Института за хемију, технологију и металургију Универзитета у Београду, која је својим референцама потврдила компетентност за менторство.

1.3. Биографски подаци о кандидату

Кандидат мр Љиљана Р. Аврамовић (девојачко Чарапић), рођена је 07.04.1964. године у Бору. Основну и средњу школу завршила је у Бору. Основне академске студије уписала је 1983. год. на Техничком факултету у Бору, Универзитета у Београду, смер неорганска хемијска технологија, где је и дипломирала 1988. год. са просечном оценом 7,96 и оценом 10 на дипломском раду.

У Институту за бакар Бор (садашњи Институт за рударство и металургију) почела је да ради 18.07.1988. године, у Заводу за металургију, садашњи Центар за развојне технологије у металургији, где се данас налази на позицији управника центра. Ангажована је на пословима истраживања, развоја и примене нових технологија у области прераде анодног муља из процеса електролитичке рафинације бакра, хидрометалуршког третмана златоносних руда и концентрата, на разради технологија за добијање и рафинацију племенитих метала комерцијалног квалитета, као и на добијању различитих једињења на бази племенитих метала.

Магистарску тезу под називом *"Електрохемијско понашање паладијума, злата и сребра у раствору сребро нитрата"*, одбранила је 08.07.2005. год. на Техничком факултету у Бору и тиме стекла звање магистра наука за научну област Хемијска технологија. Израду докторске дисертације пријавила је 27.11.2017. год. на Техничком факултету у Бору, Универзитета у Београду.

Већи део експерименталних истраживања у оквиру ове докторске дисертације, кандидат мр Љиљана Аврамовић је реализовала у Центру за електрохемију, Института за хемију, технологију и металургију Универзитета у Београду.

Као истраживач је учествовала у реализацији четири пројеката финансираних од стране Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије и то: 1. Хидрометалуршки третман анодног муља у циљу добијања племенитих метала (циклус 2005-2008); 2. Развој нових технолошких поступака оплемењивања основних концентрата шелита и сулфида у циљу добијања једињења волфрама, бизмута и сребра (циклус 2008-

2010); 3. Интегрални третман рудничких вода и ванбилансних делова лежишта руда бакра у рудницима бакра Бор (циклус 2008-2010); 4. Утицај рударског отпада из РТБ-а Бор на загађење водотокова са предлогом мера и поступака за смањење штетног дејства на животну средину (циклус 2011-2019).

Од међународних пројеката важно је истаћи учешће у истраживачком пројекту *Mining Master Plan* који је 2007. год. реализовао Институт за рударство и металургију у сарадњи са јапанском интернационалном агенцијом за сарадњу (JICA), Пројекат прекограничне сарадње *ИПА Бугарска–Србија*, реализован у периоду 2011-2012. год. и финансиран од стране Европске Уније и ангажовање као руководиоца подпројекта на билатералном међународном пројекту *The Project for the Research on the Integration System for Spatial Environment Analysis and Advanced Metal Recovery to Ensure Sustainable Resource Development* у чијој реализацији су учествовали Институт за рударство и металургију у Бору и Акита Универзитет у Јапану у периоду 2015-2020. године.

Учествовала је у изради великог броја студија, инвестиционих програма и техничке документације, како за домаће, тако и за иностране клијенте.

Стручни испит из области пројектовања технолошких процеса положила је 2005. год. и поседује лиценцу одговорног пројектанта технолошких процеса.

Објавила је 8 радова у часописима са SCI листе, 2 поглавља у монографијама међународног значаја, 6 радова у часописима међународног значаја, 7 радова у водећим часописима националног значаја, 4 рада у часописима националног значаја и 8 радова у националним часописима. Има 68 саопштења на конференцијама међународног значаја, 5 саопштења на конференцијама националног значаја и 13 техничких решења. Према SCOPUS бази података, радови мр Љиљане Аврамовић, дипл. инж. технолог., су цитирани 44 пута (без аутоцитата), док је Хиршов индекс 4.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација кандидата мр Љиљане Аврамовић, дипл. инж. технолог., написана је на 97 страна, са укупно 5 поглавља, 48 слика, 16 табела и 186 литературних навода. Дисертација садржи следећа поглавља: Увод, Теоријски део, Експериментални део, Резултати и дискусија и Закључак. На почетку дисертације дат је Извод на српском и енглеском језику, а на крају рада приказани су наводи литературе, биографија аутора, списак публикованих радова проистеклих из резултата докторске дисертације и 3 (три) прилога.

2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

У оквиру **првог поглавља (Увод)**, обима 1 (једна) страна, истакнути су и образложени уводни појмови, као и циљ предметне докторске дисертације. Описане су основне карактеристике металних прахова и методе за њихову синтезу. Дати су основни параметри који имају утицај на морфологију електролитички и не-електролитички синтетизованих честица прахова. Истакнуто је да је морфологија прашкастих честица сребра и бакра релативно добро испитана, али не постоје прецизни подаци о њиховој кристалној

структури. Циљ ове докторске дисертације је да се морфологија прашкастих честица сребра и бакра, добијених различитим методама синтезе, корелише са њиховом кристалном структуром на полуквантитативном нивоу, применом нове методологије засноване на анализи података добијених рентгенско-дифракционом анализом. Такође, у дисертацији је анализиран утицај морфологије прашкастих честица бакра и сребра на специфичну површину и расподелу величине честица, као две битне карактеристике које дефинишу понашање металних прахова као скупине честица.

У **другом поглављу (Теоријски део)**, обима 30 (тридесет) страна, дат је преглед теоријских основа и релевантне литературе за обраду теме дисертације. Ово поглавље се састоји од шест основних целина у оквиру којих је дата дефиниција праха и методе за његову синтезу, описан процес електролизе као један од највише примењиваних поступака за добијање металних прахова, дата морфологија честица праха и класификација метала у зависности од густине струје измене и пренапетости за реакцију издвајања водоника. Обрађена је релевантна литература која се односи на формирање дендритичних талоба, као најрепрезентативнијег типа прашкастих честица добијених електрохемијским путем, и формирање структура налик пчелињем саћу, као типа структуре добијеног у условима интензивног издвајања водоника. Дат је литературни опис за поступак добијања металних прахова хемијским путем употребом различитих редукционих средстава. Дат је литературни преглед карактеристика које дефинишу понашање металних прахова као скупине честица и теоријске основе карактеристика прахова сребра и бакра добијених електролитичким и не-електролитичким поступцима.

У **трећем поглављу (Експериментални део)**, обима 5 (пет) страна, детаљно је приказана методологија експерименталног рада. Описан је процес добијања прахова сребра и бакра електролитичким и не-електролитичким поступцима. Дате су карактеристике поступака за добијање прахова сребра и бакра електролизом у потенциостатском и галваностатском режиму. Описан је и поступак добијања сребра хемијском синтезом и дате карактеристике коришћеног праха бакра добијеног не-електролитичким поступком. Дат је опис коришћених метода за карактеризацију честица металних прахова: морфолошка карактеризација, кристална структура (преференцијална орјентација) и одређивање специфичне површине прахова и расподеле величине честица. Описана је методологија одређивања средњег искоришћења струје за реакцију издвајања водоника у галваностатском и потенциостатском режиму електролизе и приложен шематски приказ коришћене апаратуре.

У **четвртом поглављу (Резултати и дискусија)**, обима 38 (тридесетосам) страна, приказани су резултати морфолошке и рентгенско-дифракционе анализе прахова сребра и бакра добијених електролитичким и не-електролитичким поступцима синтезе, резултати анализе специфичне површине и расподеле величине честица истих прахова, са посебним подпоглављем које се односило на дискусију презентованих резултата. Приказане су морфологије прашкастих честица сребра и бакра добијених потенциостатским и галваностатским режимом електролизе, као и морфологије сребрног и бакарног праха добијене не-електролитичким методама синтезе. Приказани су и дискутовани резултати рентгенско-дифракционе анализе прахова сребра и бакра добијених процесима електролизе, у потенциостатском и галваностатском режиму, и

процесима хемијске синтезе. Дати су резултати анализе кристалне структуре дендрита сребра и бакра. Приказани су резултати анализе специфичне површине и расподеле величине честица прахова сребра и бакра добијених различитим методама синтезе и условима електролизе.

У дискусији добијених резултата је наглашено да су поларизационе карактеристике сребра и бакра, а самим тим и њихове морфолошке и кристалографске карактеристике, строго зависиле од припадности одређеној групи метала чије карактеристике су дефинисане вредностима густине струје измене и пренапетостима за реакцију издвајања водоника. Применом оба константна режима електролизе, грануле, игличасти и 2Д дендрити налик папрати су добијени електролизом сребра из нитратног електролита, док су 3Д дендрити налик стаблу бора добијени применом амонијачног електролита.

Електролизом бакра из сулфатног електролита применом потенциостатског режима електролизе формирани су 3Д дендрити бакра налик стаблу бора који у били веома слични онима добијеним електролизом сребра из амонијачног електролита. Код овог типа дендрита, врхови грана и стабла су били оштри. У галваностатском режиму електролизе синтетизовани 3Д дендрити налик стаблу бора, уместо оштрих врхова, су се завршавали глобулама. Овај тип дендрита је по први пут добијен у овом истраживању, а објашњен је и механизам њиховог настајања. У условима снажног издвајања водоника, као паралелне реакције током електролизе бакра на високим пренапетостима и густинама струје, формирају се карфиоласте честице бакра. Ове честице су добијене отресањем талога са структура налик пчелињем саћу.

Честице састављене од компактних агломерата сферичних зрна су биле добијене не-електрохемијским методама синтезе.

Методе синтезе, режими и услови електролизе, као и сама природа метала нису имали утицај само на морфологију прашкастих честица бакра и сребра, већ и на њихову кристалну структуру. Структура честица сребра и бакра се мењала од строге (111) преференцијалне оријентације у игличастим и 2Д дендритима налик папратима, до случајно оријентисаних кристалита у 3Д дендритима налик стаблу бора, карфиоластим честицама и честицама добијеним не-електролитичким методама синтезе и (220) и (311) преференцијалне оријентације у карфиоластим честицама бакра добијеним галваностатским режимом електролизе. Утврђена строга зависност облика честица од кристалне структуре је дискутована применом основних закона електрокристализације.

Добијени резултати указују да су највећу вредност специфичне површине и униформнију расподелу величине честица имали прахови у чијој основи је сферична морфологија (3Д дендрити налик стаблу бора или хемијски синтетизоване честице).

У **петом поглављу (Закључак)**, обима 2 (две) стране, изнети су закључци изведени на основу анализе резултата добијених у овој дисертацији. Закључци се односе на извршену корелацију структуре и морфологије наноструктурираних прахова сребра и бакра добијених хемијским и електрохемијским поступцима. Доказано је да облик електролитички синтетизованих честица сребра и бакра зависи од параметара електролизе (густина струје или пренапетост и тип електролита) и од припадности сребра и бакра различитим групама метала (*нормални* или *интермедијарни метали*). Такође, одређена је специфична површина и расподела величине честица синтетизованих прахова.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост и оригиналност

Морфологије прахова сребра и бакра добијене електролитичким или не-електролитичким поступцима синтезе су корелисане са њиховом кристалном структуром. Морфологија електролитички синтетизованих честица је зависила од режима (потенциостатски и галваностатски), параметара електролизе (врста електролита и примењене вредности пренапетости и густине струје) и од природе метала одређене вредностима густине струје измене и пренапетости за реакцију издвајања водоника. Процесима електролизе сребра добијене су следеће форме честица: грануле, игличасти и 2Д дендрити налик папрати (нитратни електролит) и 3Д дендрити налик стаблу бора (амонијачни електролит). Честице сребра састављене од компактних агломерата приближно сферичних зрна су добијене хемијском синтезом са хидразином као редукционим средством. У зависности од количине издвојеног водоника, 3Д дендрити налик стаблу бора и карфиоласте честице добијене уклањањем талоба са структура налик пчелињем саћу су добијене потенциостатским режимом електролизе бакра. Галваностатски добијени 3Д дендрити бакра су се завршавали глобулама, указујући на формирање новог типа дендрита бакра. Прах бакра добијен не-електролитичком методом састојао се од агломерата приближно сферичних зрна. Преференцијална оријентација честица сребра и бакра се мењала од строге (111) у игличастим дендритима, до случајно оријентисаних кристалиста у честицама са сферичном морфологијом (3Д дендрити, честице добијене не-електролитичким методама, карфиоласте честице) и (220) и (311) преференцијалне оријентације у карфиоластим честицама бакра добијеним галваностатским режимом. Анализирана је специфична површина и расподела величине честица прахова сребра и бакра и утврђено је да прахови са сферичном морфологијом имају највећу специфичну површину и најјуниформнију расподелу величине честица.

У овој докторској дисертацији је успешно примењена потпуно нова методологија за анализу кристалне структуре прашкастих честица, чиме је њена оригиналност посебно добила на значају. По први пут је за анализу металних прахова примењена процедура заснована на одређивању “Текстурног коефицијента” и “Релативног текстурног коефицијента”, у чијој основи је анализа резултата добијених рентгенско-дифракционом методом. Савременост теме се огледа кроз велики број радова који се задњих година публикује у свету на тему прахова бакра и сребра, у шта се може уверити увидом у преглед литературе коришћене у току израде ове дисертације.

Сачињен је Извештај ментора о провери оригиналности докторске дисертације на основу резултата софтверске анализе урађене на Универзитету у Београду, којом је утврђено да је подударност текста износила 4 %. Извештај указује на оригиналност докторске дисертације и испуњавање услова за наставак даљег поступка за одбрану докторске дисертације.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

У литературном прегледу докторске дисертације цитирано је 186 литературних навода, од којих највећи број чине најновији научни радови, али и релевантни радови са тематиком која је од суштинског значаја за разумевање резултата приказаних у докторској

дисертацији. Проучавање и анализа наведене литературе омогућили су да се прикаже стање у испитиваној области, као и да се на основу утврђених недостатака уоче смернице за истраживања спроведена у оквиру ове дисертације. Из образложења предложене теме докторске дисертације и објављених радова у пријави коју је Кандидат поднео, као и из навода литературе која је коришћена у истраживању, може се закључити да Кандидат адекватно познаје предметну област истраживања и актуелно стање у овој области у свету.

3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

За реализацију предметних истраживања коришћене су методе за добијање прахова сребра и бакра електролитичким и не-електролитичким поступцима. За електрохемијску синтезу честица сребрног и бакарног праха наноструктурираних карактеристика коришћен је потенциостатски и галваностатски режим електролизе. Електрохемијска испитивања су реализована у Институту за хемију, технологију и металургију, Центру за електрохемију, Београд.

Хемијска синтеза сребра у праху применом хидразина као редукционог агенса је извршена у Институту за рударство и металургију у Бору.

Морфологија свих врста прашкастих честица сребра и бакра испитивана је техником скенирајуће електронске микроскопије (SEM) - TESCAN Digital Microscope у Институту за мултидисциплинирана истраживања (ИМСИ) у Београду.

Кристалографске карактеристике добијених честица сребра и бакра у праху испитиване су применом рентгенско-дифракционе анализе на уређају Rigaku Ultima IV diffractometer у Институту за нуклеарне науке у Винчи.

За одређивање расподеле величине честица сребра и бакра у праху и специфичне површине праха (СП) користиће се уређај MALVERN Instruments Ltd, United Kingdom - MASTERSIZER 2000 у Институту за рударство и металургију у Бору и Институту техничких наука у Београду.

У области истраживања из домена предметне докторске дисертације, коришћење наведених експерименталних метода и техника за карактеризацију синтетизованих честица прахова сребра и бакра потпуно је оправдано, актуелно и адекватно.

3.4. Применљивост остварених резултата

Израдом докторске дисертације, предложена је потпуно нова методологија за анализу металних прахова. На основу утврђене строге корелације морфологије прашкастих честица сребра и бакра добијених различитим поступцима синтезе са њиховом кристалном структуром, до које се дошло анализом великог броја случајева, тј. честица различитог облика, показано је да се процедура заснована на одређивању “Текстурног коефицијента” и “Релативног текстурног коефицијента”, оригинално предложена за анализу текстуре превлака, може успешно применити и при анализи металних прахова.

На овај начин, на основу вредности добијених коефицијената могуће је предвидети облик прашкастих честица без директног увида у њихову морфологију.

3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

Урађена докторска дисертација, анализа добијених резултата, публиковани научни радови проистекли из резултата докторске дисертације, као и публиковани радови ван области докторске дисертације и учешће у реализацији научно-истраживачких и других пројеката, указују на способност кандидата мр Љиљане Аврамовић, дипл. инж. технологије за самостални научни рад, као и за активно учешће у тимском раду.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

Резултатима истраживања у оквиру ове докторске дисертације остварени су следећи научни доприноси:

- Успостављена је корелација између морфологије прашкастих честица сребра и бакра добијених електрохемијским и не-електрохемијским методама синтезе са њиховом кристалном структуром.
- Потврђено је да морфологија електролитички произведених честица зависи од параметара (пренапетост и густина струје, тип електролита) и режима (потенциостатски и галваностатски) електролизе и од природе метала одређене вредностима густине струје измене и пренапетости за реакцију издвајања водоника.
- Процесима електролизе сребра из нитратног електролита потврђено је да се формирају грануле, игличасти и 2Д дендрити налик папрати, док се 3Д дендрити налик стаблу бора изграђени од приближно сферичних зрна добијају електролизом из амонијачног електролита. У зависности од количине издвојеног водоника, 3Д дендрити бакра налик стаблу бора са оштрим врховима или глобулама и карфиоласте честице добијене отресањем са структура налик пчелињем саћу добијају се електролизом бакра. Оба типа честица бакра су изграђена од агрегата приближно сферичних зрна.
- Компактни агрегати састављени од приближно сферичних зрна су добијени не-електролитичким поступцима синтезе прахова бакра и сребра.
- Применом процедуре засноване на одређивању “Текстурног коефицијента” ($TC(hkl)$) и “Релативног текстурног коефицијента” ($RTC(hkl)$), утврђено је да се преференцијална оријентација честица сребра мењала од строге (111) у игличастим дендритима, преко (111) у 2Д дендритима налик папрати, до скоро случајне оријентације кристалита сребра у 3Д дендритима налик стаблима бора добијеним галваностатским режимом електролизе, потенциостатским режимом на пренапетости ван платоа граничне дифузионе густине струје и у хемијски синтетизованим честицама. Случајна оријентација кристалита у овим честицама се приписује постојању сферичне морфологије у њима.
- Применом исте процедуре, утврђено је да су кристалити бакра били или случајно оријентисани (3Д дендрити налик стаблу бора добијени применом оба режима, карфиоласте честице добијене потенциостатским режимом електролизе и хемијски (не-електролитички) синтетизоване честице) или су били оријентисани у (220) и

(311) равнима у галваностатски синтетизованим карфиоластим честицама. Оба типа честица бакра су се састојала од агрегата приближно сферичних зрна.

- Потврђено је да је специфична површина и расподела величине честица прахова сребра и бакра зависила од морфологије честица. Доказано је да највеће вредности специфичне површине и најуниформнију расподелу величине честица имају електролитички произведени прахови сребра из амонијачног електролита у галваностатском и потенциостатском режиму електролизе на пренапетости ван платоа граничне дифузионе густине струје. Карфиоласте честице бакра имају већу специфичну површину и униформнију расподелу величине честица од дендритичних честица. Заједничка карактеристика прахова са високом специфичном површином је постојање сферичне морфологије у честицама.
- Синтетизован је нови тип честица бакра дендритичног облика применом галваностатског режима електролизе. Код овог новог типа, 3Д дендрити налик стаблу бора су се завршавали глобулама за разлику од уобичајених 3Д дендрита налик стаблу бора чији врхови су оштри.

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

Сагледавањем циљева и методологије истраживања као и добијених резултата, може се закључити да истраживачки рад који је мр Љиљана Аврамовић, дипл. инж. технологије спровела, у потпуности задовољава критеријуме квалитетне докторске дисертације. Увидом у доступну литературу из ове области истраживања, као и у велики број резултата добијених током истраживања, потврђујемо да су коришћене методе у складу са методама из литературе и да је Кандидат дошао до значајних резултата. Реализована истраживања и добијени резултати доприносе извођењу битних закључака који пружају значајан научни и стручни допринос. Из урађене докторске дисертације проистекао је одређени број резултата (дато у поглављу 4.3), уз реално очекивање да ће списак радова бити проширен у наредном периоду.

4.3. Верификација научних доприноса

Научни допринос предметне докторске дисертације **„Корелација структуре и морфологије наноструктурираних прахова метала добијених хемијским и електрохемијским поступцима“** је верификован кроз публикације проистекле као резултат истраживања у оквиру теме, о чему сведоче пет радова публикованих у међународним часописима (категорија M20), три рада која су саопштена на скуповима међународног значаја штампана у целини, од којих је једно предавање по позиву и три рада саопштена на скуповима међународног значаја штампана у изводу.

M21- Рад у врхунском међународном часопису

1. Љиљана Аврамовић, Мирослав М. Павловић, Весна М. Максимовић, Марина Вуковић, Јасмиона С. Стевановић, Миле Бугарин, Небојша Д. Николић, *Comparative Morphological and Crystallographic Analysis of Electrochemically- and Chemically-Produced Silver Powder Particles*, Metals 7 (2017) 160, doi:10.3390/met7050160.

2. Љиљана Аврамовић, Евица Р. Ивановић, Весна М. Максимовић, Мирослав М. Павловић, Марина Вуковић, Јасмина С. Стевановић, Небојша Д. Николић, ***Correlation between crystal structure and morphology of potentiostatically electrodeposited silver dendritic nanostructures***, Trans. Nonferrous Met. Soc. China **28** (2018) 1903–1912, doi: 10.1016/S1003-6326(18)64835-6.
3. Љиљана Аврамовић, Весна М. Максимовић, Звездана Башчаревић, Ненад Игњатовић, Миле Бугарин, Радмила Марковић, Небојша Д. Николић, ***Influence of a shape of copper powder particles on crystal structure and some of decisive characteristics of metal powders***, Metals **9** (2019) 56, doi:10.3390/met9010056.
4. Небојша Д. Николић, Љиљана Аврамовић, Евица Р. Ивановић, Весна М. Максимовић, Звездана Башчаревић, Ненад Игњатовић, ***Comparative Morphological and Crystallographic Analysis of Copper Powders Obtained Under Different Electrolysis Conditions***, Trans. Nonferrous Met. Soc. China **29** (2019) 1275–1284, doi: 10.1016/S1003-6326(19)65034-X.

M22- Рад у истакнутом међународном часопису

1. Љ. Аврамовић, М. Бугарин, Д. Милановић, В. Цонић, М. М. Павловић, М. Вуковић, Н. Д. Николић, ***The particle size distribution (PSD) as criteria for comparison of silver powders obtained by different methods of synthesis and by conditions of electrolysis***, J. Min. Metall. Sect. B-Metall. **54 (3) B** (2018) 291–300, doi:10.2298/JMMB171002020A.

M31- Предавање по позиву са међународног скупа штампано у целини

1. Љиљана Аврамовић, Миле Бугарин, Јасмина С. Стевановић, Небојша Д. Николић, ***Production of silver and copper powders by electrolytic and non-electrolytic methods: comparison of morphological and structural characteristics***, International conference: XXI YuCorr – Meeting Point of the Science and Practice in the Fields of Corrosion, Materials and Environmental Protection, Proceedings, Tara Mountain, 17.–20.09.2019, <http://sitzam.org.rs>. Serbia, p.p. 93–96, ISBN 978-86-82343-27-1

M33- Саопштење са међународног скупа штампано у целини

1. Љиљана Аврамовић, Миле Бугарин, Драган Милановић, Весна Цонић, Мирослав М. Павловић, Небојша Д. Николић, ***The particle size distribution of ag powders obtained by chemical and electrochemical processes of synthesis***, 49th International October Conference on Mining and Metallurgy, 18–21 October, 2017 at Hotel "Jezero", Bor Lake, Bor, Serbia, 479–482.
2. Небојша Д. Николић, Љиљана Аврамовић, Весна М. Максимовић, Звездана Башчаревић, Ненад Игњатовић, Јасмина С. Стевановић, ***Effect of hydrogen evolution reaction on morphology and crystal structure of electrolytically produced copper***

powder particles, Четврти међународни симпозијум о корозији и заштити материјала, животној средини и заштити од пожара, Књига радова, Бар, Црна Гора, 18.–21. 09. 2018, стр. 33–39.

М34- Саопштење са међународног скупа штампано у изводу

1. Николић Н. Д., Аврамовић Ј., Максимовић В. М., Павловић М. М., Пршић С., Стевановић Ј., Бугарин М., **"Comparative analysis of chemically and electrochemically produced silver powders of nanostructural characteristics"**, 12th International Workshop on electrodeposited Nanostructures (EDNANO 12), Programme and Book of Abstracts, p. 47, Sofia, Bulgaria, 2017.
2. Н. Д. Николић, Ј. Аврамовић, В. М. Максимовић, М. М. Павловић, М. Вуковић, Ј. С. Стевановић, М. Г. Павловић, **"Correlation between crystal orientation and morphology of silver powder particles obtained by different methods of synthesis and conditions of electrolysis"**, International conference: XIX YuCorr – Meeting Point of the Science and Practice in the Fields of Corrosion, Materials and Environmental Protection, Proceedings, Tara Mountain, 2017, Serbia, стр. 118, 119.
3. Небојша Д. Николић, Ј. Лиљана Аврамовић, Мирослав М. Павловић, Весна М. Максимовић, Марина Вуковић, Јасмина С. Стевановић, Миле Бугарин, **The comparative XRD and SEM analysis of electrochemically produced silver nanostructures**, 13th Multinational Congress on Microscopy, September 24–29, 2017, Rovinj, Croatia, стр. 592–594.

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

Докторска дисертација под називом: **„Корелација структуре и морфологије наноструктурираних прахова метала добијених хемијским и електрохемијским поступцима“** кандидата мр Ј. Лиљане Аврамовић, дипл. инж. технолог., представља савремен, оригиналан и значајан научни допринос у области добијања и карактеризације металних прахова. Оригиналноост се огледа у томе да је по први пут установљена узајамна повезаност морфологије честица сребра и бакра, произведених различитим методама синтезе и под различитим условима електролизе, са њиховом кристалном структуром на полуквантитативном нивоу, која је резултат успешне имплементације процедуре засноване на одређивању “Текстурног коефицијента” (TC(hkl)) и “Релативног текстурног коефицијента” (RTC(hkl)) на анализу металних прахова. Научни допринос и оригиналноост дисертације су потврђени и објављивањем радова у међународним часописима (пет радова категорије М20, од чега је Кандидат први аутор на три рада категорије М21 и на једном раду категорије М22, док је на једном раду категорије М21 другопотписани аутор) и саопштавањем већег броја радова на међународним саветовањима, укључујући и једно предавање по позиву, чиме су испуњени и сви законски услови за одбрану докторске дисертације.

Закључак Комисије је и да је докторска дисертација кандидата мр Ј. Лиљане Аврамовић, дипл. инж. технолог., под називом: **„Корелација структуре и морфологије**

наноструктурираних прахова метала добијених хемијским и електрохемијским поступцима“ написана према стандардима у научно-истраживачком раду, као и да испуњава све услове предвиђене Законом о високом образовању и Статутом Техничког факултета у Бору, Универзитета у Београду. Урађена докторска дисертација, публиковани научни радови, радови саопштени на међународним скуповима, учешће у реализацији научно-истраживачких пројеката, квалификују кандидата за самостални научни рад, као и за активно учешће у тимском раду.

Имајући у виду квалитет и научни допринос постигнутих резултата, Комисија предлаже Наставно-научном већу Техничког факултета у Бору Универзитета у Београду, да прихвати позитиван реферат о урађеној докторској дисертацији под називом: **„Корелација структуре и морфологије наноструктурираних прахова метала добијених хемијским и електрохемијским поступцима“**, кандидата мр Љиљане Аврамовић, дипл. инж. технологије, и исти реферат упутити на коначно усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду када се за то стекну услови предвиђени Законом о Универзитету и Статутом Техничког факултета у Бору, те да након завршетка ове процедуре, позове кандидата на усмену одбрану дисертације.

У Бору, 10.06.2020. године

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ:

Др Снежана Милић, редовни професор
Универзитет у Београду, Технички Факултет у Бору

Др Небојша Д. Николић, научни саветник
Универзитет у Београду, Институт за хемију,
технологију и металургију

Др Радмила Марковић, виши научни сарадник
Институт за рударство и металургију у Бору