

TEHNOLOŠKO-METALURŠKI FAKULTET UNIVERZITET U BEOGRADU

35/295
(Broj zahteva)
04.11.2013.
(datum)

VEĆE NAUČNIH OBLASTI TEHNIČKIH NAUKA
(naziv veća naučne oblasti kome se zahtev upućuje)

Beograd, Studentski trg br. 1

ZAHTEV
za davanje saglasnosti na referat o urađenoj doktorskoj disertaciji

Molimo da, shodno članu 46. st. 5. Statuta Univerziteta u Beogradu ("Glasnik Univerziteta" broj 131/06), date saglasnost na referat o urađenoj doktorskoj disertaciji kandidata

IRME (Šerif) DERVIŠEVIĆ, dipl. inž.
(ime, ime jednog od roditelja i prezime)

KANDIDAT: **IRMA (Šerif) DERVIŠEVIĆ, dipl. inž.**, prijavila je doktorsku disertaciju pod nazivom:

„Izdvajanje metala iz elektronskog otpada i zamena zlata, olova i arsena u elektronskoj opremi trokomponentnim legurama”

Iz naučne oblasti: **INŽENJERSTVO ZAŠTITE ŽIVOTNE SREDINE**

Univerzitet je dana **15.04.2013. godine**, svojim aktom **02 broj 61206-1413/2-13**, dao saglasnost na predlog teme doktorske disertacije koja je glasila:

„Izdvajanje metala iz elektronskog otpada i zamena zlata, olova i arsena u elektronskoj opremi trokomponentnim legurama”

Komisija za ocenu i odbranu doktorske disertacije kandidata:

IRME (Šerif) DERVIŠEVIĆ, dipl. inž.
(ime, ime jednog od roditelja i prezime)

obrazovana je na sednici održanoj **11.07.2013.** Odlukom Fakulteta pod br. **35/225**, u sastavu:

Ime i prezime člana komisije	Zvanje	Naučna oblast
1. Dr Mirjana Ristić	Redovni profesor	Inženjerstvo zaštite životne sredine
2. Dr Željko Kamberović	Redovni profesor	Metalurško inženjerstvo-reciklažne tehnologije
3. Dr Duško Minić	Vanredni profesor	Materijali

Nastavno-naučno veće Fakulteta prihvatilo je izveštaj Komisije za ocenu i odbranu doktorske disertacije na sednici održanoj dana **26.09.2013. godine**.

DEKAN FAKULTETA

Prof. dr Đorđe Janačković

Prilog:

1. Doktorska disertacija
2. Izveštaj Komisije sa predlogom
3. Akt Nastavno-naučnog veća Fakulteta o usvajanju izveštaja

DIV

Na osnovu čl. 30. stav 3. Zakona o visokom obrazovanju, čl. 38. Statuta TMF i čl. 39. Pravilnika o doktorskim studijama TMF, na sednici Nastavno-naučnog veća Tehnološko-metalurškog fakulteta od 26.09.2013. godine, doneta je

O D L U K A

o prihvatanju Referata o urađenoj doktorskoj disertaciji

Prihvata se Referat Komisije u sastavu: dr Mirjana Ristić, redovni profesor Tehnološko-metalurškog fakulteta, dr Željko Kamberović, redovni profesor Tehnološko-metalurškog fakulteta, dr Duško Minić, redovni profesor Fakulteta tehničkih nauka Univerziteta u Prištini, o pregledu i oceni urađene doktorske disertacije pod nazivom: „**IZDVAJANJE METALA IZ ELEKTRONSKOG OTPADA I ZAMENA ZLATA, OLOVA I ARSENA U ELEKTRONSKOJ OPREMI TROKOMPONENTNIM LEGURAMA**“ koju je podnela **IRMA DERVIŠEVIĆ, dipl. inž.** i upućuje se na saglasnost Veću naučnih oblasti tehničkih nauka Univerziteta u Beogradu.

Veće naučnih oblasti tehničkih nauka Univerziteta u Beogradu dalo je saglasnost na predlog teme doktorske disertacije **Irme Dervišević, dipl. inž.**, pod nazivom „**IZDVAJANJE METALA IZ ELEKTRONSKOG OTPADA I ZAMENA ZLATA, OLOVA I ARSENA U ELEKTRONSKOJ OPREMI TROKOMPONENTNIM LEGURAMA**“ Odlukom 02 broj: 61206-1413/2-13 od 15.04.2013. godine.

Радови објављени у часописима међународног значаја – M20

Категорија M21 – Радови у врхунским међународним часописима

1. Dervišević I., Minić D., Kamberović Ž., Čosović V., Ristić M.: Characterization of PCBs computers and mobile phones, and the proposal of newly developed materials in substitution of gold, lead and arsenic, Environmental science and pollution research, Vol 20, No 6, 2013, pp. 4278–4292. (IF-2012=2,618) (ISSN 0944–1344)
2. Dervišević I., Minić D., Talijan N., Ristić M.: Experimental investigation and thermodynamic prediction of the Au–Cu–Sb phase diagram, Materials chemistry and physics, Vol 129, No 1–2, 2011, pp. 451–456. (IF-2011=2,234) (ISSN 0254–0584)
3. Dervišević I., Todorović A., Talijan N., Djokić J.: Experimental investigation and thermodynamic calculation of the Ga–Sb–Zn phase diagram, Journal of materials science, Vol 45, No 10, 2010, pp. 2725–2731. (IF-2011=2,015) (ISSN 0022–2461)

Категорија M23 – Рад у међународном часопису

1. Dervišević I., Minić D., Kamberović Ž., Ristić M.: Development and application of new materials in the construction of photoelectron cells in solar panels and LEDs, Ecological Chemistry and Engineering S-Chemia i Inzynieria Ekologiczna S, у штампи. (IF-2012=0,382) (ISSN 1898–6196)

Odluku dostaviti: Veću naučnih oblasti tehničkih nauka Univerziteta, mentoru, Službi za nastavno-studentske poslove, Biblioteci i Arhivi fakulteta.

D E K A N

Prof. dr Đorđe Janačković

**НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ
ТЕХНОЛОШКО-МЕТАЛУРШКОГ ФАКУЛТЕТА
УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ**

Предмет: Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата Ирме Дервишевић

Одлуком бр. 35/225 од 12.07.2013. године, именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Ирме Дервишевић, дипл. инж. металург., под насловом **„Издавање метала из електронског отпада и замена злата, олова и арсена у електронској опреми трокомпонентним легурама“**.

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

РЕФЕРАТ

1. УВОД

1.1. Хронологија одобравања и израде дисертације

- 30.03.2010. – На седници Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду донета је Одлука о именовању Комисије за оцену Завршног испита на докторским студијама студента Ирме Дервишевић (Одлука бр. 35/56 од 30.03.2010.).
- 24.05.2010. кандидат Ирма Дервишевић је одбранила Завршни испит – приступни рад за израду докторске дисертације, под називом „Дефинисање стања тројних дијаграма чији су саставни елементи конститутивни метални делови мобилних телефона“ са оценом 10, пред комисијом у саставу: др Мирјана Ристић, ван. проф., др Александра Перић-Грујић, ван. проф. и др Виктор Поцајт, доцент.
- 25.12.2012. кандидат Ирма Дервишевић, дипл. инж. металург., пријавила је тему докторске дисертације, под називом: „Карактеризација процесних штампаних плоча и *LCD* рачунара и мобилних телефона и примена новоразвијених материјала у супституцији злата, олова и арсена“.
- 31.01.2013. – На седници Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду донета је Одлука о именовању Комисије за оцену научне заснованости теме докторске дисертације Ирме Дервишевић, под називом „Карактеризација процесних штампаних плоча и *LCD* рачунара и мобилних телефона и примена новоразвијених материјала у супституцији злата, олова и арсена“ (Одлука бр. 35/22 од 01.02.2013.).
- 28.02.2013. – На седници Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду донета је Одлука о прихватању Извештаја Комисије за оцену научне заснованости теме и одобрењу израде докторске дисертације Ирме Дервишевић, под називом: „Издавање метала из електронског отпада и замена злата, олова и арсена у електронској опреми трокомпонентним легурама“. За ментора је одређена др Мирјана Ристић, ред. проф. ТМФ-а (Одлука бр. 35/45 од 06.03.2013.).
- 15.04.2013. – На седници Већа научних области техничких наука Универзитета у Београду дата је сагласност на предлог теме докторске дисертације Ирме Дервишевић, под називом: „Издавање метала из електронског отпада и замена злата, олова и

арсена у електронској опреми трокомпонентним легурама“ (Одлука бр. 61206-1413/2-13 од 15.04.2013.).

- 11.07.2013. – На седници Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду донета је Одлука о именовању Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације Ирме Дервишевић, под називом „Издавање метала из електронског отпада и замена злата, олова и арсена у електронској опреми трокомпонентним легурама“ (Одлука бр. 35/225 од 12.07.2013.).

Ирма Дервишевић је уписала докторске студије школске 2008/2009 године.

1.2. Научна област дисертације

Истраживања рађена у оквиру ове докторске дисертације припадају научној области Инжењерство заштите животне средине, за коју је матичан Технолошко-металуршки факултет Универзитета у Београду. Ментор, др Мирјана Ристић, редовни професор ТМФ-а, је до сада публиковала 40 радова из ове области, руководила је израдом једне докторске дисертације и четири магистарске тезе, била је члан комисије за одбрану три докторске тезе и шест магистарских теза. На основу досадашњих резултата, сматрамо да је ментор био компетентан да руководи израдом ове докторске дисертације.

1.3. Биографски подаци о кандидату

Дервишевић (Шериф) Ирма је рођена 01.11.1964. године у Новом Пазару. Основну и средњу школу (Средње усмерено образовање) завршила је у Гњилану, као ђак генерације. Рударско-металуршки факултет у Косовској Митровици уписала је школске 1983/84 године, на одсеку металургија. Дипломски рад је одбранила 1990. године, са оценом 10. Од 1992. до 1998. године радила је у „D.D. Fe-Ni“ из Глоговца. У октобру 1998. године почела је да ради као асистент приправник на Рударско-металуршком факултету у Косовској Митровици, сада Факултет техничких наука Универзитета у Приштини. Тренутно ради као асистент на Катедрама Инжењерство заштите животне средине и Технолошко инжењерство.

Докторске студије на Технолошко-металуршком факултету Универзитета у Београду уписала је школске 2008/09 године, на студијском програму Инжењерство заштите животне средине.

Кандидат се у свом раду користи основним и напредним софтверским програмима. Течно чита, пише и води конверзацију на руском језику; познавање енглеског језика је на средњем нивоу. Удата је и мајка двоје деце.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација Ирме Дервишевић је написана на 192 стране и подељена је на следеће целине: Увод, Теоријски део, Експериментални део, Резултати и дискусија и Закључак. Дисертација садржи 64 слике, 38 табела и 203 литературна навода. На почетку дисертације дат је Резиме на српском и енглеском језику, док су литература, биографија аутора и прилози дати на крају дисертације.

2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

У уводу је истакнут значај правилног поступања са отпадом од електричних и електронских производа и његове рециклаже, због пораста количине ове врсте отпада на глобалном нивоу, и дефинисани су предмет и циљеви докторске дисертације.

Теоријски део састоји се из пет целина: 1) Отпад, својства отпада и карактеризација; 2) Законски и институционални оквир за управљање отпадом; 3) Отпад од електричних и електронских производа; 4) Мобилни телефони и монитори са течним кристалима (*Liquid Crystal Displays - LCD*) у електричном и електронском отпаду; 5) Отпадне штампане плоче. У овом поглављу обрађена је проблематика везана за опасне и штетне материја које се налазе у одбаченим електричним и електронским производима, анализирани су поступци рециклаже у развијеним и неразвијеним земљама света, као и њихов утицај на животну средину и здравље људи. Истакнут је значај издвајања и/или замене драгоцених метала, који се налазе у овом отпаду, као и потреба за избацивањем из употребе штетних и токсичних компоненти из електричних и електронских производа и њихова замена мање штетним легурама, које се могу добити рециклирањем електричног и електронског отпада.

Експериментални део обухвата две целине: 1) Испитивање и карактеризација отпадних штампаних плоча рачунара и мобилних телефона; 2) Карактеризација трокомпонентних легура Au–Cu–Sb и Ga–Sb–Zn, чији су саставни елементи продукти рециклаже отпадних штампаних плоча рачунара и мобилних телефона. У експерименталном делу рада су испитивани следећи материјали: а) делови отпадних штампаних плоча рачунара и одбачени мобилни телефони, чије су штампане плоче испитиване; б) трокомпонентне легуре које су припремљене од метала чистоће 99,99 %. Такође, у овом делу су описани поступци припреме узорака, наведене су коришћене хемикалије и реагенси и дат је детаљан преглед метода примењених за испитивање и карактеризацију отпадних штампаних плоча рачунара и мобилних телефона и испитиваних трокомпонентних легура, као и услови при којима су извођени експерименти.

У поглављу Резултати и дискусија су приказани и детаљно анализирани резултати добијени током експерименталног дела рада. Ово поглавље обухвата три дела: 1) Испитивање и карактеризација отпадних штампаних плоча рачунара и мобилних телефона; 2) Карактеризација трокомпонентних легура Au–Cu–Sb и Ga–Sb–Zn, чији саставни елементи су продукти рециклаже штампаних плоча рачунара и мобилних телефона; 3) Примена новоразвијених трокомпонентних легура за замену злата, олова и арсена у електричним и електронским производима.

У првом делу поглавља Резултати и дискусија приказани су резултати испитивања отпадних штампаних плоча: карактеристичних, издвојених металних делова штампане плоче рачунара; истопљених, механички издвојених металних делова штампане плоче мобилних телефона и комплетно истопљених штампаних плоча мобилних телефона, након што су уклоњене монтиране компоненте (кондензатори и отпорници) са ње. Коришћене су три различите методе за одређивање садржаја метала: 1) Рендгенска флуоресцентна спектрометрија (*X-ray fluorescence (XRF)*) коришћена је за одређивање садржаја метала на механички издвојеним карактеристичним деловима отпадне штампане плоче рачунара; 2) Скенирајућа електронска микроскопија са енерго-дисперзивном спектроскопијом, *SEM-EDS*, примењена је за одређивање садржаја метала у истопљеним узорцима отпадних штампаних плоча мобилних телефона, како посебно издвојених металних делова, тако и целих штампаних плоча мобилних телефона, након уклањања кондензатора и отпорника са њих; 3) Оптичка емисиона спектрометрија са индуктивно спрегнутом плазмом, *ICP-OES*, коришћена је како би се проверила концентрација, односно удео, петнаест метала у узорцима испитиваним *SEM-EDS* методом, због могућег преклапања пикова појединих метала. У оквиру карактеризације механички издвојених металних делова штампаних плоча примењене су диференцијална термијска анализа, *DTA*, и диференцијална скенирајућа калориметрија, *DSC*, којима је одређена температура топљења издвојених металних делова, као и количина ослобођене топлоте. Такође су испитиване тврдоћа и електропроводљивост издвојених металних делова.

У другом делу поглавља Резултати и дискусија анализирано је понашање великог броја одабраних Au-Cu-Sb и Ga-Sb-Zn трокомпонентних легура. Припремљене су од метала чистоте 99,99 %, варирањем удела појединих конститутивних елемената Au , Cu , Sb , и Ga , Sb , Zn , а за испитивања су примењене следеће инструменталне технике: 1) скенирајућа електронска микроскопија са енерго-дисперзивном спектроскопијом, *SEM-EDS* (за одређивање хемијског састава формираних трокомпонентних легура, као и истопљених легура и разматраних карактеристичних изотермалних пресека); 2) диференцијална термијска анализа и 3) диференцијална скенирајућа калориметрија коришћене су за мерење ликвидус температура и температурних трансформација, као што су фазне трансформације, кристализација, топљење, инваријантне реакције и сублимација; 4) оптичка микроскопија је коришћена за анализу микроструктура испитиваних узорака. *Brinell* методом испитивана је тврдоћа узорака, *Vickers* методом испитивана је микротврдоћа, а измерена је и електропроводљивост свих испитиваних узорака. Такође, за испитивање одабраних трокомпонентних система примењене су и аналитичке методе и одговарајуће базе података, које су коришћене за дефинисање температура фазних трансформација, инваријантне реакције, ликвидус температуре, односно за дефинисање тројних дијаграма стања.

У трећем делу поглавља Резултати и дискусија, на основу резултата добијених у експерименталном делу рада, предложена је употреба новоразвијених трокомпонентних легура као замена за олово и арсен. Легуре трокомпонентног система Au-Cu-Sb припадају групи безоловних лемова. У вишестепеним лемним процесима, који су неопходни за постизање високе густине паковања у мулти-интегрисаним електронским колима, која захтевају велики број различитих лемних материјала, чије су тачке топљења у широком опсегу, уместо чистог злата, могу се такође применити легуре Au-Cu-Sb , које су јефтиније и поседују проводност одређеног типа која зависи од састава легуре. Испитивани Ga-Sb-Zn систем представља адекватну замену галијум-арсениду, који се користи при изради монитора са течним кристалима мобилних телефона, рачунара, ТВ-екрана и свих сличних електронских уређаја. Количина арсена у овим уређајима је релативно мала, али његова

изузетна токсичност, брзина којом се овакви уређаји одбацују као застарели и њихов процентуални раст у количини ЕЕ–отпада, доводи до закључка да је неопходно, што пре, избацити арсен из употребе, као и остале опасне и штетне материје. Велика сличност GaSb и GaSb с дифундованим Zn са GaAs омогућава да легуре овог система, као адекватан материјал, замене GaAs у мониторима са течним кристалима. Применом GaSb уместо GaAs, могао би се избацити из употребе As, чиме би се смањили негативни утицаји ЕЕ-отпада са арсеном на животну средину и здравље људи.

У Закључку је дат кратак преглед и анализа добијених резултата истраживања, који одговарају постављеним циљевима дисертације.

На крају дисертације наведена је Литература, која садржи све референце цитиране у раду.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост и оригиналност

Отпад од електричних и електронских производа (ЕЕ–отпад) на глобалном нивоу представља све већи проблем, због тога што количина насталог и издвојеног отпада расте: процењено је да се у свету годишње одбаци 20 до 25 милиона тона. Неопходно је истаћи да ЕЕ–отпад садржи и опасне и корисне материјале, тако да захтева специјалан третман и рециклажу. Одговарајућим законским регулативама Европске уније и Републике Србије забрањена је употреба одређених опасних супстанци у електричним и електронским производима. Према прописима Европске уније, државе чланице се обавезују да од 1. јула 2006. године, а у Републици Србији од 1. јула 2011. године, нови електрични и електронски производи, који се пласирају на тржиште, не смеју да садрже олово, живу, кадмијум, хром(VI), полибромоване бифениле или полибромоване дифениле. Смањењем и искључивањем из употребе штетних и токсичних компоненти, као што су кадмијум, олово, арсен и други метали, може се значајно побољшати процес рециклаже и заштитити животна средина од штетних утицаја. Употреба метала из ЕЕ–отпада, пре свега из отпадних штампаних плоча (ШП) рачунара и мобилних телефона и замена вредних и опасних компоненти новоразвијеним трокомпонентним легурама, Au–Cu–Sb и Ga–Sb–Zn, које садрже елементе издвојене из електричног и електронског отпада, има вишеструки значај: смањује се количина отпада намењеног депоновању, штеде се природни ресурси, штити се животна средина од могућег загађења и остварује се економска добит.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

У току израде докторске дисертације кандидат је прегледао следећу литературу: законска регулатива, везана за електрични и електронски отпад, како Европске Уније тако и Републике Србије, методе за карактеризацију отпада, поступци рециклирања ЕЕ–отпада, како у развијеним земљама света, тако и у земљама у развоју и неразвијеним земљама. Прегледан је велики број радова везан за карактеризацију и испитивање утицаја на здравље људи и животну средину отпадних мобилних телефона и штампаних плоча, као и за њихову рециклажу. Поред радова који су представљали основу за експериментални део рада и методе карактеризације и рециклирања ЕЕ–отпада, прегледани су најновији научни радови везани за легуре које се користе за замену опасних и штетних или вредних састојака електричних и електронских производа.

3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

У оквиру експерименталног дела рада вршена је карактеризација, како отпадних штампаних плоча и монитора са течним кристалима рачунара и мобилних телефона, тако и карактеризација новоразвијених материјала, чији су саставни елементи продукти рециклаже ЕЕ–отпада и које је могуће добити у процесу рециклаже. Рендгенска флуоресцентна спектрометрија (*XRF*), скенирајућа електронска микроскопија са енерго-дисперзивном спектроскопијом (*SEM–EDS*), оптичка емисиона спектрометрија са индуктивно спрегнутом плазмом (*ICP–OES*), диференцијална термијска анализа (*DTA*), диференцијална скенирајућа калориметрија (*DSC*), инвертна оптичка микроскопија, *Brinell* метода за испитивање тврдоће, *Vickers* метода за испитивање микротврдоће су само неке од метода које су коришћене. У оквиру испитивања новоразвијених трокомпонентних легура, које се могу добити као продукти рециклаже ЕЕ–отпада, за дефинисање температурних дијаграма стања, односно фазних трансформација, инваријантних реакција, ликвидус температура и карактеристичних изотермалних пресека, примењена је *CALPHAD* (*Calculation of Phase Diagrams*) аналитичка метода, затим *COST 531* база података (*Solders Data Base*), као и *Thermo–Calc* и *PANDAT 8.1*. софтверски пакети.

3.4. Применљивост остварених резултата

У оквиру ове докторске дисертације испитивана је могућност издвајања вредних и племенитих метала из ЕЕ–отпада, пре свега из отпадних штампаних плоча рачунара и мобилних телефона, на начин којим се не угрожава, или најмање угрожава, здравље људи и животна средина. Предложена је модификована шема рециклаже отпадних штампаних плоча мобилних телефона и рачунара, која се може применити за рециклажу штампаних плоча и других уређаја, које су високог и средњег нивоа искористивости. Предложена шема рециклаже обезбеђује, применом разблажене HNO_3 као растварача, издвајање злата и платине у талогу, сребра, паладијума и осталих метала у раствору, и рафинацију на истом уређају. Такође, могућа је употреба и других реагенаса као растварача (тиосулата, тиоуреа), како би се остварила боља ревитализација племенитих метала. У оквиру ове докторске дисертације је, такође, испитана могућност примене новоразвијених трокомпонентних легура, чији су саставни елементи продукти рециклаже ЕЕ–отпада, у електричним и електронским производима, уместо опасних и штетних, као што су олово и арсен, или вредних као што је злато.

3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самосталан научни рад

Кандидат Ирма Дервишевић је током припреме и реализације експеримената и моделовања добијених резултата, у оквиру израде докторске дисертације, показала стручност, креативност и систематичност. Комисија сматра да кандидат поседује све квалитете који су неопходни за самосталан научни рад.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

Резултати истраживања добијени током израде ове докторске дисертације представљају значајан допринос:

- испитане су и детаљно карактерисане отпадне штампане плоче рачунара и мобилних телефона;
- предложена је шема рециклаже штампаних плоча отпадних рачунара и мобилних телефона, тако да је процес рециклаже мање штетан по животну средину и здравље људи, у односу на оне који се примењују;
- детаљно су испитане трокомпонентне легуре, чији су саставни елементи продукти рециклаже ЕЕ–отпада;
- новоразвијене трокомпонентне легуре могуће је применити у електричним и електронским производима, уместо опасних и штетних, као што су олово и арсен, или вредних као што је злато.

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

Истраживања којима се бави ова докторска дисертација су конципирана на основу дефинисаних циљева и детаљне анализе литературе из области законске регулативе у управљању отпадом Републике Србије, која је усклађена са законском регулативом и директивама Европске Уније, конвенционалних метода за рециклажу ЕЕ–отпада, токсичности материја садржаних у ЕЕ–отпаду, метода карактеризације трокомпонентних легура које могу да се користе као замена за опасне и штетне или вредне метале у електричним и електронским производима. У дисертацији је делом примењена методологија истраживања заступљена у литератури, а први пут је приказана модификована шема рециклаже отпадних штампаних плоча рачунара и мобилних телефона и рафинација вредних метала као што су злато, платина, сребро и паладијум на истом уређају. Такође, детаљно је испитано тридесет легура два различита трокомпонентна ситета Au–Cu–Sb и Ga–Sb–Zn, чији су саставни елементи продукти рециклаже ЕЕ–отпада. Увидом у доступну литературу из ове области истраживања и на основу резултата истраживања добијених у оквиру овог рада, истиче се да испитиване трокомпонентне легуре Au–Cu–Sb и Ga–Sb–Zn могу бити адекватна замена за опасне и штетне или драгоцене метале у електричним и електронским уређајима.

4.3. Верификација научних доприноса

Из дисертације су до сада публикована четири рада, три рада у врхунским међународним часописима и један у међународном часопису. Три рада су саопштена на скуповима међународног значаја и штампана у целини и два су саопштена на скуповима националног значаја.

Радови објављени у часописима међународног значаја – М20

Категорија М21 – Радови у врхунским међународним часописима

4. Dervišević I., Minić D., Kamberović Ž., Čosović V., Ristić M.: Characterization of PCBs computers and mobile phones, and the proposal of newly developed materials in substitution of gold, lead and arsenic, Environmental science and pollution research, Vol 20, No 6, 2013, pp. 4278–4292. (IF-2012=2,618) (ISSN 0944–1344)
5. Dervišević I., Minić D., Talijan N., Ristić M.: Experimental investigation and thermodynamic prediction of the Au–Cu–Sb phase diagram, Materials chemistry and physics, Vol 129, No 1–2, 2011, pp. 451–456. (IF-2011=2,234) (ISSN 0254–0584)
6. Dervišević I., Todorović A., Talijan N., Djokić J.: Experimental investigation and thermodynamic calculation of the Ga–Sb–Zn phase diagram, Journal of materials science, Vol 45, No 10, 2010, pp. 2725–2731. (IF-2011=2,015) (ISSN 0022–2461)

Категорија М23 – Рад у међународном часопису

2. Dervišević I., Minić D., Kamberović Ž., Ristić M.: Development and application of new materials in the construction of photoelectron cells in solar panels and LEDs, Ecological Chemistry and Engineering S-Chemia i Inzynieria Ekologiczna S, у штампи. (IF-2012=0,382) (ISSN 1898–6196)

Зборници међународних научних скупова – М30

Категорија М33 – Саопштење са међународних скупова штампано у целини

1. Dervišević I., Minić D., Kolarević M., Kamberović Ž., Ristić M.: Development and application of new materials in the construction of photoelectron cells in solar panels and LEDs, 11th International Multidisciplinary Scientific Geo Conference & Expo, Modern Management of Mine Producing, Geology and Environmental Protection, SGEM 2011, Sofija, Bulgaria, 2011, pp. 342–347.
2. Dervišević I., Minić D., Talijan N., Ristić M.: Experimental investigation and thermodynamic prediction of the Au–Cu–Sb phase diagram, Proceedings of the 42nd International october conference on mining and metallurgy, Kladovo 2010, pp. 123–131.
3. Dervišević I., Todorović A., Minić D., Manasijević D., Talijan N., Živković D.: Thermal analysis and calculation of the Ga–Sb–Zn ternary system, Proceedings of the 3th International symposium light metals and composite materials, Beograd 2008, pp. 132–139.

Зборници скупова националног значаја са међународним учешћем – М60:

Категорија М63 – Саопштење са скупа националног значаја штампано у целини

1. Дервишевић И., Бабинцев Љ., Жорић А.: Депонија шљаке извор деградације животне средине, Зборник радова, I округли сто – Заштита животне средине, Косовска Митровица 2007, стр. 210–214.
2. Петковић Д., Дервишевић И., Тодоровић А.: Упоредна анализа утицаја процеса рециклаже и одлагања отпадних оловних акумулатора на животну средину, Зборник радова, Заштита животне средине у индустријским подручјима, Косовска Митровица 2009, стр. 592–597.

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

На основу свега напред изложеног, Комисија сматра да докторска дисертација Ирме Дервишевић, под називом „**Издавање метала из електронског отпада и замена злата, олова и арсена у електронској опреми трокомпонентним легурама**“ представља значајан, оригинални научни допринос у области Инжењерства заштите животне средине, што је потврђено, између осталог, и објављивањем радова у релевантним часописима међународног значаја, као и презентовањем резултата истраживања на конференцијама. Извршена је карактеризација отпадних штампаних плоча и мобилних телефона и предложена је модификована шема рециклаже одбачених штампаних плоча високе и средње искористивости. Показано је да се трокомпонентне легуре, чији саставни елементи се могу издвојити у процесу рециклаже отпада од електричних и електронских производа, могу користити као замена за олово, арсен и злато у електронској опреми. Кандидат је самостално и систематично урадио истраживања и анализу добијених резултата.

Комисија предлаже Наставно–научном већу Технолошко–металуршког факултета Универзитета у Београду да се докторска дисертација под називом „**Издавање метала из електронског отпада и замена злата, олова и арсена у електронској опреми трокомпонентним легурама**“ кандидата Ирме Дервишевић, дипл. инж. металург., асистента на Катедри Инжењерства заштите животне средине на Факултету техничких наука Универзитета у Приштини, у Косовској Митровици, изложи на увид јавности и упуту на коначно усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду.

У Београду, 16.09.2013.

Др Мирјана Ристић, ред. проф.

Технолошко-металуршки факултет Универзитета у Београду

Др Жељко Камберовић, ред. проф.

Технолошко-металуршки факултет Универзитета у Београду

Др Душко Минић, ред. проф.

Факултет техничких наука Универзитета у Приштини