

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

Предмет: Подобност теме и кандидата Ирме Дервишевић за израду докторске дисертације

Одлуком Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду бр. 35/22 од 01.02.2013. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидата Ирме Дервишевић за израду докторске дисертације и научне заснованости теме „Карактеризација процесних штампаних плоча и *LCD*-а рачунара и мобилних телефона и примена новоразвијених материјала у супституцији злата, олова и арсена.“

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

Дервишевић (Шериф) Ирма рођена је 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, Производња и расподела кадмијума у електрометалургији цинка „Трепча“, одбранила је 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. Иницијативна је, упорна, амбициозна, комуникативна, воли тимски рад. Њен хоби су сликарство и дизајн. Удата је и мајка двоје деце.

1.2. Сечено научноистраживачко искуство

Кандидат Ирма Дервишевић, студент докторских студија на Технолошко-металуршком факултету Универзитета у Београду, на студијском програму Инжењерство заштите животне средине, положила је све испите (12) са просечном оценом 9,92. Завршни испит-приступни рад, под називом „Дефинисање стања тројних дијаграма, чији су конститутивни елементи метални делови мобилних телефона“, је одбранила у мају 2010. године са оценом 10, пред комисијом у саставу: др Мирјана Ристић, ван. проф., др Виктор Поцајт, доцент и др Александра Перић-Грујић, ван. проф.

Положени испити и остварени бодови у оквиру докторских студија

Р. бр.	Назив предмета	ЕСПБ	Оцена
1.	Економија животне средине и одрживи развој	4	10
2.	Математичка обрада експерименталних података	5	9
3.	Индустријска екологија	5	10
4.	Хемијска кинетика	5	10
5.	Сепарационе методе у технолошкој контроли	5	10
6.	Индустријске воде	4	10
7.	Пречишћавање отпадних вода	5	10
8.	Управљање чврстим и опасним отпадом	5	10
9.	Структурна анализа органских молекула	6	10
10.	Органске загађујуће супстанце	4	10
11.	Механичко понашање материјала	4	10
12.	Завршни испит – приступни рад за израду докторске дисертације	30	10
Укупно/средња оцена положених испита		82	9,92

Кандидат Ирма Дервишевић је од 2002. године до 2011. године била ангажована на следећим пројектима, финансираним од стране надлежног министарства Републике Србије:

1. Развој технолошког поступка прераде базалтита у висококвалитетне производе с поступцима синтеровања или топљења – Технички развој бр. 0232. Руководилац пројекта: др Дејан Чикара, Технолошко-металуршки факултет, Београд, Универзитет у Београду; Учесник на пројекту: Ирма Дервишевић, Факултет техничких наука Косовска Митровица, Универзитет у Приштини (2002 – 2003).
2. Развој технологије и производа еколошких лемова – Технолошки развој материјала – Хемијска технологија 19011. Руководилац пројекта: др Ана Костов, Технички факултет Бор, Универзитет у Београду; Учесник на пројекту: Ирма Дервишевић, Факултет техничких наука Косовска Митровица, Универзитет у Приштини (2008 – 2011).

Тренутно је, ангажована на два пројекта, један из области климатских промена, односно заштите животне средине, и други, везан за утицај индустријске производње на животну средину и здравље људи:

1. Истраживање климатских промена и њиховог утицаја на животну средину, праћење утицаја, адаптација и ублажавање. *No III* 43007. Руководилац пројекта: Благоје Недељковић, Универзитет у Приштини, Факултет техничких наука, Косовска Митровица; Учесник на пројекту: Ирма Дервишевић, Факултет техничких наука Косовска Митровица, Универзитет у Приштини (2011-2014).
2. Индустријска производња олова и цинка, последице по становништво и околину и преуређење екосистема – Превентивна медицина 37016. Руководилац пројекта: Александар Ћорац, Институт за хигијену и хуману екологију, Катедра за превентивну медицину, Медицински факултет у Приштини са седиштем у Косовској Митровици; Учесник на пројекту: Ирма Дервишевић, Факултет техничких наука Косовска Митровица, Универзитет у Приштини (2011-2014).

Од октобра 1998. године кандидат Ирма Дервишевић је била ангажована на држању наставе, експерименталних и рачунских вежби из неколико предмета на Рударско-металуршком факултету у Косовској Митровици, на Катедри за Општу технологију. Од школске 2008/09 године кандидат је ангажован на предметима: Технологија управљања чврстим отпадом, Индустријски извори загађења, Технолошки процеси и животна средина, Технички системи заштите, Мониторинг животне средине.

Научноистраживачки рад Ирме Дервишевић везан је за испитивање и карактеризацију отпада од електричних и електронских производа, а посебно отпада који је, према законској регулативи Републике Србије и Европске уније, означен као разред 3., у који спада опрема за ИТ (информационе технологије) и телекомуникације. Истраживање обухвата и могућности издвајања и искоришћења одабраних метала из ове врсте отпада, као и развој нових, по животну средину нешкодљивих материјала, чији су конститутивни елементи продукти рециклаже електронског отпада.

Ирма Дервишевић је коаутор пет радова објављених у часописима међународног значаја (ознака групе **M20**: врста резултата **M21** – 4 рада; **M22** – 1 рад) и шест научних саопштења у зборницима радова са међународних и националних скупова (ознака групе **M30**: врста резултата **M33** – 4 рада; ознака групе **M60**: врста резултата **M63** – 2 рада).

Из области истраживања којој припада предложена тема докторске дисертације, кандидат је коаутор два научна рада, која су објављена у врхунским међународним часописима, као и 3 саопштења која су приказана на домаћим и међународним скуповима.

СПИСАК ОБЈАВЉЕНИХ РАДОВА И САОПШТЕЊА

Радови објављени у часописима међународног значаја – M20

Радови у врхунским међународним часописима – M21

1. Minić D., Djokić J., Čosović V., Stajić-Trošić J., Živković D., Dervišević I.: Experimental investigation and thermodynamic prediction of the Bi–Sb–Zn phase diagram, Materials chemistry and physics, Vol 122, No 1, 2010, pp. 108–113.
2. 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.
3. 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.
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, u štampi, DOI 10.1007/s11356-012-1448-1.

Рад у истакнутом међународном часопису – M22

1. Minić D., Manasijević D., Čosović V., Todorović A., Dervišević I., Živković D., Djokić J.: Experimental investigation and thermodynamic prediction of the Ni–Pb–Sb phase diagram,

Calphad-Computer coupling phase diagrams and thermochemistry, Vol 35, No 3, 2011, pp. 308–313.

Зборници међународних научних скупова – М30

Саопштење са међународног скупа штампано у целини – М33

1. 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.
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, Кладово 2010, pp. 123–131.
3. Aljilji A., Dervišević I., Đokić J., Minić D., Manasijević D.: Experimental investigation and thermodynamic calculation of the Bi-Sb-Zn ternary system, Proceedings of the 7th Scientific/Research Symposium with International Participation „Metallic and nonmetallic materials“ production-properties-application, Зеница 2008, pp. 147–152.
4. Minić D., Aljilji A., Dervišević I.: Experimental investigation and thermodynamic calculation of the Pb-In-Sb ternary system, Proceedings of the 7th Scientific/Research Symposium with International Participation, Metallic and nonmetallic materials“ production-properties-application, Зеница 2008, pp. 141–146.

Зборници скупова националног значаја са међународним учешћем – М60:

Саопштење са скупа националног значаја штампано у целини – М63

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.

1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

Током докторских студија, кандидат Ирма Дервишевић је показала изразиту склоност и способност за бављење научноистраживачким радом. До сада је објавила пет радова у међународним часописима, три на којима је први и два на којима припада групи осталих коаутора, као и шест саопштења на међународним и домаћим скуповима. На основу активности и постигнутих резултата кандидата на пројектима и наставним предметима, као и на основу досадашњег научноистраживачког рада и објављених радова, Комисија сматра да кандидат у потпуности испуњава услове за рад на предложеној теми докторске дисертације.

2. Предмет и циљ истраживања

Отпад од електричних и електронских производа на глобалном нивоу представља све већи проблем, због тога што количина издвојеног отпада расте: процењено је да се у свету годишње одбаци 20 до 25 милиона тона. Масени удео појединих одбачених електричних и електронских производа у отпаду зависи од њихове масе, али и од века трајања. Док је просечан век трајања великих кућних апарата 10-12 година, компјутери се у просеку користе 3 године, па су због тога са већим уделом заступљени у такозваном Е-отпаду. Иако се термин Е-отпад често везује за старе компјутере и ИТ отпад, према законској регулативи Републике Србије и Европске уније, Е-отпад укључује 10 разреда, а Опрема за информационе технологије (ИТ) и телекомуникације, коју чине, између осталог мали рачунари, велики рачунари, штампарске јединице, бежични телефони, мобилни телефони, је разред 3. Неопходно је истаћи да Е-отпад садржи и опасне и корисне материјале, тако да захтева специјалан третман и рециклажу.

Хемијски састав Е-отпада зависи од типа и старости одбаченог производа/уређаја. У највећој мери заступљене су легуре Cu, Al и Fe. До емисије загађујућих материја, када је у питању ова врста отпада, долази на депонијама, услед излуживања тешких метала из производа који их садрже, али такође и током њиховог третмана, на пример спаљивањем на нижим температурама (емисија полицикличних ароматичних угљоводоника). Данас се све већа пажња посвећује рециклажи отпада од електричних и електронских производа, а на основу просечног садржаја појединих метала (цинк, калај, бакар, никл, жива, кадмијум, хром, антмон) и укупне количине одбаченог Е-отпада, процењено је да се чак 820.000 тона бакара, 206.000 тона живе, 198.000 тона кадмијума налази у одбаченим електричним и електронским производима. Очигледно је зашто се данас ставља акценат на рециклирање и искоришћења Е-отпада: не само са аспекта правилног управљања отпадом, већ са

аспекта издвајања и искоришћења корисних материјала и очувања ограничених, природних ресурса.

Европска унија, као и Република Србија, су одговарајућим законским регулативама забраниле употребу одређених опасних супстанци у електричној и електронској опреми. Према прописима Европске уније, државе чланице се обавезују да од 1. јула 2006. године нова електрична и електронска опрема која се пласира на тржиште не садржи олово, живу, кадмијум, хром(VI), полибромоване бифениле (ПББ) или полибромоване дифениле (ПБДЕ). У Републици Србији, електрична и електронска опрема, разврстана у разреде: 1 до 7. и разред 10., која се изнесе на тржиште Републике Србије, од 01. јула 2011. године, не може садржати наведене елементе и једињења.

Основни циљ докторског рада би био издвајање одабраних метала из електронског отпада, пре свега из отпадних штампаних плоча (ШП) рачунара и мобилних телефона и супституција вредних и опасних компоненти новоразвијеним материјалима. Предложени новоразвијени материјали, чији су елементи, конститутивни метални делови рачунара, мобилних телефона, *TV*-а, *DVD*-а и другог, сличног Е-отпада, били би комплетно фазно дефинисани и карактерисани, како би се на основу резултата истраживања могло сагледати да представљају погодне материјале за супституцију вредних метала попут злата и опасних и штетних материја, као што су олово и арсен.

Концентрација метала у одбаченом Е-отпаду, или материјалима за рециклажу, је већа од минималне концентрације ових метала у рудама [1]. Штампане плоче електричне и електронске опреме чине око 3 % њихове укупне количине [2]. Због развоја нових генерација штампаних плоча и константног раста њихове производње, електрични и електронски производи брзо застаревају. Отпад од електричне и електронске опреме, који садржи опасне компоненте, је окарактерисан као опасан отпад. С обзиром да штампане плоче садрже олово, живу, хром и кадмијум, сврставају се у опасан отпад. Садрже и неорганске и органске супстанце (метали, пластични материјали, стакло), тако да је процес рециклирања и искориштења материјала веома сложен [3], а често је праћен емисијом штетних материја у животну и радну средину. Велики број истраживача бавио се карактеризацијом отпадних штампаних плоча компјутера, мобилних телефона и других врста Е-отпада и испитивањем могућности издвајања метала [4-6]. Посебан проблем представљају кадмијум, олово и арсен. Нова електрична и електронска опрема не сме да садржи кадмијум и олово, али се ови опасни метали налазе у опреми која је раније пласирана на тржиште и која ће се наћи у отпадној струји.

Удео компонената у штампаним плочама је различит и зависи од врсте и модела уређаја. Мешани узорак Е-отпада садржи око 30 % метала (Cu, Fe, Ag, Au) и око 70 % неметалних

компоненти [7]. Концентрација злата у рудама је у просеку 0,5 до 15 g/тони руде, а у штампаним плочама је његова концентрација око 10 пута већа [8].

На основу изнетог, очигледно је да истраживања у овој области укључују: а) издвајање и искоришћење корисних компонената из отпадних штампаних плоча и б) избацивање штетних компоненти. Са аспекта заштите животне средине и одрживог развоја, у првом случају се смањује количина депонованог отпада и искоришћење природних сировина, а у другом се смањује штетан утицај отпада на здравље људи и животну средину.

Да би процес рециклаже штампаних плоча био ефикасан, препоручује се уситњавање, електростатичка, магнетна и сепарација вртложним струјама [9]. С обзиром да је удео појединих елемената у штампаним плочама различит, на пример у штампаним плочама рачунара има 34,49 % бакра, а у онима из мобилних телефона 20,19 % [10], препоручује се сортирање појединих делова отпадне опреме, пре самог процеса рециклаже.

Предмет интересовања и испитивања многих истраживача је дефинисање и карактеризација вишекомпонентних легура добијених у процесу рециклаже. Добијени резултати представљају полазна, фундаметална сазнања о новим материјалима. Познавање понашања и карактеристика нових материјала пружа могућност да се из употребе избаце токсични, опасни и штетни материјали и исти замене адекватним нетоксичним или мање опасним, што је у складу са прописима и стандардима Европске уније и Републике Србије. Значајно место у овим истраживањима припада еколошким, безоловним лемним материјалима [11-13], материјалима за израду термо-фототаласних ћелија у соларним панелима [14], као и материјалима за развој керамичких полупроводника [15]. У настојању да се примене одговарајуће евалуационе методе у процесима рециклаже метала, неопходна је оптимизација процеса екстракције [16], као и познавање термодинамичких карактеристика система, насталих комбиновањем конститутивних елемената рециклабилних материјала [17].

Последњих година објављен је велики број радова везан за Е-отпад, у којима је анализирана ефикасност искоришћења и управљања истим [18], праћен животни циклус мобилних телефона [19], односно, бавили су се сепарационим процесима за издвајање корисних материјала из отпадних мобилних телефона [20, 21] и Е-отпада у целини [22], и штетности појединих компонената садржаних у мобилним телефонима [23] и Е-отпаду. Да би се смањио утицај опасног отпада, како на здравље људи, тако и на биљни и животињски свет и животну средину у целини, још пре 20 година је као потенцијално решење предложена минимизација, односно смањење количине [24]. Међутим, маса појединих врста отпада се повећава и још увек се испитују и развијају методе поступања са њима [25]. На пример, 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 животна средина заштитити од штетних утицаја.

Литература

- [1] Johnson J, Harper EM, Lifset R, Graedel T.E.: Dining at the periodic table: Metals concentrations as they relate to recycling, *Environmental Science and Technology* Vol 41, No 5, 2007, pp. 1759–1765.
- [2] Long L., Sun S., Zhong S., Dai W., Liu J., Song W.: Using vacuum pyrolysis and mechanical processing for recycling waste printed circuit boards, *Journal of Hazardous Materials*, Vol 177, No (1-3), 2010, pp. 626–632.
- [3] Barbieri L., Giovanardi R., Lancellotti I, Michelazzi M.: A new environmentally friendly process for the recovery of gold from electronic waste, *Environmental Chemistry Letters* Vol 8, No 2, 2010, pp. 171–178.
- [4] Kim E.-Y., Kim M.-S., Lee J.-C., Pandey B.D.: Selective recovery of gold from waste mobile phone PCBs by hydrometallurgical process, *Journal of Hazardous Materials*, Vol 198, 2011, pp. 206–215.
- [5] Moltó J., Egea S., Conesa J. A., Font R.: Thermal decomposition of electronic wastes: Mobile phone case and other parts, *Waste Management*, Vol 31, No 12, 2011, pp. 2546–2552.
- [6] Jing-ying L., Xiu-li X., Wen-quan L.: Thiourea leaching gold and silver from the printed circuit boards of waste mobile phones, *Waste Management*, Vol 32, No 6, 2012, pp. 1209–1212.
- [7] Eswaraiah C., Kavitha T., Vidyasagar S., Narayanan S.S.: Classification of metals and plastics from printed circuitboards (PCB) using air classifier, *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, Vol 47, No 4, 2008, pp. 565–576.
- [8] Jiuyong G., Jie G., Zhenming X.: Recycling of non-metallic fractions from waste printed circuit boards: A review, *Journal of Hazardous Materials*, Vol 168, No (2-3), 2009, pp. 567–590.
- [9] Chao G., Hui W., Wei L., Jiangang F., Xin Y.: Liberation characteristic and physical separation of printed circuit board (PCB), *Waste Management*, Vol 31, No (9-10), 2011, pp. 2161–2166.
- [10] Yamane L. H., de Moraes V. T., Espinosa D. C. R., Tenório J. A. S.: Recycling of WEEE: Characterization of spent printed circuit boards from mobile phones and computers, *Waste Management*, Vol 31, No 12, 2011, pp. 2553–2558.
- [11] Bakhishev T, Subramanian V.: Investigation of Gold Nanoparticle Inks for Low-Temperature Lead-Free Packaging Technology, *Journal of Electronic Materials*, Vol 38, No 12, 2009, pp. 2720–2725.
- [12] Gnecco F., Ricci E., Amore S., Giuranno D., Borzone G., Zanicchi G., Novakovic R.: Wetting behaviour and reactivity of lead free Au-In-Sn and Bi-In-Sn alloys on copper

- substrates, *International Journal of Adhesion and Adhesives*, Vol 27, No 5, 2007, pp. 409–416.
- [13] Zhang R., Zhao R., Guo F.: Effects of electroless nickel immersion gold protective finish of Cu on the reliability of the lead-free solder joint, *Cailiao Yanjiu Xuebao/Chinese Journal of Materials Research*, Vol 24, No 2, 2010, pp. 137–143.
 - [14] Luca S., Santailier J.L., Rothman J., Belle J.P., Calvat C., Basset G., Passero A., Khvostikov V. P., Potapovich N. S, Levin R. V.: GaSb crystals and wafers for photovoltaic devices, *Journal of Solar Energy Engineering, Transactions of the ASME*, Vol 129, No 3, 2007, pp. 304–311.
 - [15] Adjadj F., Belbacha E., Bouharkat M., Kerboub A.: Crystallographic study of the intermediate compounds SbZn, Sb₃Zn₄ and Sb₂Zn₃, *Journal of Alloys and Compounds*, Vol 419, No (1-2), 2006, pp. 267–270.
 - [16] Kasper A.C., Berselli G. B. T., Freitas B. D., Tenório J. A. S., Bernardes A. M., Veit H. M.: Printed wiring boards for mobile phones: characterization and recycling of copper, *Waste Management* Vol 31, No 12, 2011, pp. 2536–2545.
 - [17] Nakajima K., Takeda O., Miki T., Nagasaka T.: Evaluation method of metal resource recoverability of based on thermodynamic analysis, *Nippon Kinzoku Gakkaishi/Journal of the Japan Institute of Metals*, Vol 73, No 10, 2009, pp. 794–801.
 - [18] Nnorom I. C., Osibanjo O.: Overview of electronic waste (e-waste) management practices and legislations, and their poor applications in the developing countries, *Resources Conservation and Recycling*, Vol 52, No 6, 2008, pp 843-858.
 - [19] Andrae A. S. G., Andersen O.: Life cycle assessments of consumer electronics - Are they consistent?, *International Journal of Life Cycle Assessment*, Vol 15, No 8, 2010, pp. 827-836.
 - [20] Kamberović Ž., Korać M., Ivšić D., Nikolić V., Ranitović M.: Hydrometallurgical process for extraction of metals from electronic waste-part I: material characterization and process option selection, *Metallurgija*, Vol 15, No 4, 2009, pp. 231-243.
 - [21] Hall W. J., Williams P. T.: Separation and recovery of materials from scrap printed circuit boards, *Resources, Conservation and Recycling* Vol 51, No 3, 2007, pp. 691-709.
 - [22] Babu B. R., Parande A. K., Basha C. A.: Electrical and electronic waste: A global environmental problem, *Waste Management and Research*, Vol 25, No 4, 2007, pp. 307-318.
 - [23] Nnorom I. C., Osibanjo O.: Toxicity characterization of waste mobile phone plastic, *Journal of Hazardous Materials*, Vol 161, No 1, 2009, pp. 183-188.
 - [24] Freeman H.: Hazardous waste Minimization, McGraw-Hill Publishing Company, New York, 1993.
 - [25] Kaya I.: Evaluation of outsourcing alternatives under fuzzy environment for waste management, *Resources, Conservation and Recycling*, Vol 60, 2012, pp. 107-118.

3. Полазне хипотезе

Рад на овој докторској тези је осмишљен под претпоставком да се модификацијом процеса рециклаже отпада, класификованог као Опрема за ИТ и телекомуникације, могу добити легуре/вишекомпонентни системи одговарајућих карактеристика, а не чисти метали. Карактеризација одабраних врста отпада из ове категорије и познавање садржаја метала у њима представљаће основу за даља испитивања. Биће анализирана два трокомпонентна система, Au-Cu-Sb и Ga-Sb-Zn , уз претпоставку да би неки од њих могли имати широку примену у различитим областима. Карактеристике значајне са аспекта потенцијалне примене, као што су: термичке, структурне, механичке и електричне особине, поузданост и постојаност, ће бити испитане за различите уделе компонената. У неким отпадним електричним и електронским производима могу се наћи драгоцени метали, као злато, али и састојци штетни по животну средину (олово и арсен). Претпоставља се да би ови елементи могли бити замењени одговарајућим легурама, добијеним процесом рециклаже. На тај начин би се обезбедило знатно веће искоришћење отпадних материјала, а такође и очување природних ресурса, односно заштита животне средине, у складу са основним принципима одрживог развоја.

4. Научне методе истраживања

Опште и посебне научне методе истраживања биће коришћене у поступку реализације научних резултата (доприноса), односно предмета и циља истраживања, као и да би се потврдиле постављене хипотезе. Неке од општих метода које ће бити примењене су анализа и синтеза, компарација, индуктивно и дедуктивно закључивање. Планирано је да се у оквиру експерименталног дела рада врши карактеризација одабраних врста отпада, применом одговарајућих метода, и испитивање легура/вишекомпонентних система чије су компоненте састојци отпада, а које се могу издвојити одговарајућим процесом рециклаже. Прорачуни и предвиђања карактеристика тројних система биће урађени на основу оптимизованих термодинамичких параметара за конститутивне бинарне системе, *CALPHAD (Calculation of Phase Diagram)* методом. Експериментално добијене вредности биће упоређене са аналитички одређеним вредностима, добијеним употребом софтверског пакета *PANDAT 8.1*, у оквиру којег ће бити коришћене две термодинамичке базе података (*COST531* и *COST MP0602*). Скенирајуће електронска микроскопија (СЕМ), енергетска дисперзиона микроскопија (ЕДС), рендгенска дифракциона анализа (ХРД), диференцијална термална анализа (ДТА), индуктивно спрегнута плазма са масеном спектрометријом су неке од техника које ће бити коришћене у оквиру истраживања током израде ове докторске тезе.

5. Очекивани научни допринос

Очекује се да ће резултати истраживања, добијени у оквиру израде ове докторске дисертације, допринети развоју, по животну средину, нешкодљивих материјала, заснованих на елементима, састојцима електронског отпада (Au, Cu, Zn, Sb и Ga). Потенцијална примена новоразвијених материјала биће одређена на основу резултата испитивања и карактеристика ових вишекомпонентних система. Такође се очекује да ће ови материјали, због својих својстава и понашања, моћи да се примене као:

- технолошки прихватљив материјал у електронској индустрији, уместо злата и легура злата, у електроници за израду контаката, проводника и отпорника;
- адекватна замена за опасне и штетне компоненте електричних и електронских производа, као што су олово и арсен, који могу представљати велики проблем у животној средини, јер може доћи до њиховог излуживања из отпада.

У раду ће бити предложен процес рециклаже отпадних производа из категорије Опрема за информационе технологије, који треба да омогућити ефикасан и приступачнији метод рециклаже одбачених штампаних плоча, применом модификованих технолошких поступака и одговарајућих мера заштите животне средине и здравља запослених.

6. План истраживања и структура рада

Предмет рада ове докторске дисертације је развој процеса рециклаже електронског отпада, модификацијом одређених технолошких поступака. Такође, један део истраживања је везан за развој материјала који би се могли користити као замена за вредне и драгоцене метале (злато), као и за опасне и штетне састојке (олово и арсен).

Планирано је да се у докторској дисертацији обраде следећа поглавља: *Увод*, *Теоријски део*, *Експериментални део*, *Резултати и дискусија*, *Закључак* и *Литература*.

У поглављу *Увод* биће описана проблематика везана за електрични и електронски отпад, потенцијал могућег искоришћења различитих метала који се налазе у овом одбаченом материјалу, као и његов утицај на животни средину.

У оквиру *теоријског дела* докторске дисертације биће дат литературни преглед релевантних истраживања везаних за:

- Карактеристике опасног отпада,
- Изворе опасног отпада,
- Законски и институцијални оквир,
- Улогу и значај рециклаже Е–отпада,

- Последице неадекватног одлагања Е–отпада,
- Опасне и штетне материје из Е–отпада,
- Развој нових материјала повољних са аспекта рециклаже и заштите животне средине.

У *Експерименталном делу* биће описано:

- Материјали који су коришћени за испитивање,
- Карактеризација отпадних штампаних плоча и *LCD* екрана рачунара и мобилних телефона,
- Начини припреме узорака,
- Методе коришћене у карактеризацији испитиваних узорака и
- Аналитичке методе и одговарајуће базе података коришћене у дефинисању температура фазних трансформација, односно дефинисању тројних дијаграма стања.

У поглављу *Резултати и дискусија* биће приказани и анализирани резултати добијени карактеризацијом електронског отпада и испитивањем новоразвијених материјала предложених за замену опасних и штетних компонената електронске опреме, као што су Pb и As, и вредних и драгоцених као што је Au:

- Модификовани, ефикаснији, поступак рециклаже ШП–а мобилних телефона, рачунара и другог Е–отпада,
- Валоризација метала из штампаних плоча (ШП) мобилних телефона, рачунара и другог Е–отпада,
- Тројни системи *Au–Cu–Sb* и *Ga–Sb–Zn*, чији су конститутивни елементи продукти рециклаже ШП–а, као новоразвијени материјали,
- Испитивање температура фазних равнотежа новоразвијених материјала,
- Термодинамичко испитивање конститутивних бинарних дијаграма новоразвијених материјала,
- Карактеризација новоразвијених материјала,
- Новодефинисани тројни системи као еколошки материјали,
- Искључивање олова и арсена из конструкцијског решења мобилних телефона и других сличних електронских уређаја,
- Тројни системи као замена за злато и легуре злата у електронским уређајима.

У *Закључку* ће бити сумирани добијени резултати и релевантни закључци, изведени на основу испитивања карактеристика Е–отпада и новоразвијених материјала, за замену олова, арсена и злата у електронској опреми.

Литература ће садржати литературне наводе који су цитирани у дисертацији, као и радове проистекле током истраживања у оквиру израде ове докторске дисертације.

7. Закључак и предлог

На основу изнетих података о досадашњем раду и постигнутим резултатима, Комисија сматра да кандидат Ирма Дервишевић испуњава све потребне услове за рад на предложеној теми докторске дисертације. Комисија такође сматра да је предложена тема докторске дисертације Ирме Дервишевић, под насловом „Карактеризација процесних штампаних плоча и *LCD*-а рачунара и мобилних телефона и примена новоразвијених материјала у супституцији злата, олова и арсена“ научно заснована и предлаже Наставно-научном већу Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду да је прихвати са измењеним насловом „Издавање метала из електронског отпада и замена злата, олова и арсена у електронској опреми трокомпонентним легурама“. Ужа научна област којој припада предложена тема докторске дисертације је Инжењерство заштите животне средине, за коју је матичан Технолошко-металуршки факултет Универзитета у Београду. За ментора се предлаже др Мирјана Ристић, редовни професор Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду.

Београд, 21.02.2013. године

Чланови Комисије:

Др Мирјана Ристић, ред. проф.

Технолошко-металуршки факултет Универзитета у Београду

Др Жељко Камбровић, ред. проф.

Технолошко-металуршки факултет Универзитета у Београду

Др Душко Минић, ван. проф.

Факултет техничких наука Универзитета у Приштини