

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
Технички факултет у Бору

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата мр Даниеле Урошевић, дипл. инж. рударства

Одлуком бр. VI/4—5-5.2. од 22.01.2016. године, именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Даниеле Урошевић под насловом

„ЕКСТРАКЦИЈА БАКРА ИЗ ТОПИОНИЧКЕ ШЉАКЕ КОМБИНОВАНИМ ПОСТУПЦИМА“

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

Р Е Ф Е Р А Т

1. УВОД

1.1. Хронологија одобравања и израде дисертације

Хронологија одобравања у изради дисертације одвијала се следећом динамиком:

Кандидат мр Даниела Урошевић, дипл. инж. рударства, почела је са радом на својој докторској дисертацији школске 2011/2012. године.

27.06.2014. - На седици Катедре за Хемију и хемијску технологију Техничког факултета у Бору Универзитета у Београду, констатовано је да је кандидат мр Даниела Урошевић, дипл. инж. рударства, пријавила тему за докторску дисертацију и Наставно-научном већу Техничког факултета у Бору Универзитета у Београду је предложена Комисија за давање мишљења о научној заснованости предложене теме докторске дисертације.

03.07.2014. - Одлуком број VI/4-18-16 Наставно-научног већа Техничког факултета у Бору Универзитета у Београду, именована је Комисија за оцену научне заснованости предложене теме докторске дисертације.

26.09.2014. - Одлуком број VI/4-19-6 Наставно-научног већа Техничког факултета у Бору Универзитета у Београду, усвојен је Извештај Комисије за оцену научне заснованости теме пријављене докторске дисертације.

20.10.2014. - Веће научних области техничких наука Универзитета у Београду прихватило је извештај Комисије за оцену научне заснованости теме и донело је одлуку под бројем 61206-4543/2-14, о давању сагласности на предлог теме докторске дисертације под називом „Екстракција бакра из топионичке шљаке комбинованим поступцима“.

13.01.2016. - На седници Катедре за Хемију и хемијску технологију Техничког факултета у Бору Универзитета у Београду, констатовано је да је кандидат мр Даниела Урошевић, дипл. инж. рударства, завршила израду докторске дисертације и Наставно-научном већу Техничког факултета у Бору Универзитета у Београду је предложена Комисија за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације.

22.01.2016. - Одлуком број VI/4-5-5.2 Наставно-научног већа Техничког факултета у Бору Универзитета у Београду, именована је Комисија за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата мр Даниеле Урошевић, дипл. инж. рударства, у саставу: проф. др Миле Димитријевић, Технички факултет у Бору Универзитета у Београду (*ментор*); проф. др Снежана Милић, Технички факултет у Бору Универзитета у Београду (*члан*); виши научни сарадник др Мирослав Сокић, Институт за технологију нуклеарних и других минералних сировина у Београду (*члан*).

1.2. Научна област дисертације

Докторска дисертација „Екстракција бакра из топионичке шљаке комбинованим поступцима“ по предмету истраживања припада научној области **техничко-технолошке науке**, односно ужој научној области – **технолошко инжењерство**, за коју је Технички факултет у Бору акредитован.

За ментора докторске дисертације одређен је проф. др Миле Димитријевић, ванредни професор Техничког факултета у Бору Универзитета у Београду, који је на основу досад објављених радова компетентан да руководи израдом ове докторске дисертације. Као аутор и коаутор публиковао је 18 радова у часописима са JCR-листе, 11 категорије M21 цитираних 324 пута (подаци према SCOPUS-у од 05.02. 2016. године).

1.3. Биографски подаци о кандидату

Даниела (Милош) Урошевић рођена је 22.02.1973. године у Бору, где је завршила основну и средњу школу. Технички факултет у Бору, одсек Рударство, смер припрема минералних сировина, уписала је 1992/93. године, а дипломирала 2000. године са темом "Лужење полиметаличне руде Чока Марин". Магистарски рад под називом "Испитивање стабилитета пулпе формиране од топионичке шљаке за процес флотирања" одбранила је на Техничком факултету у Бору 2008. године, чиме стиче звање магистра техничких наука.

Од 2002. године, ради у Институту за рударство и металургију у Бору, тада Институт за бакар. Звање истраживач сарадник стакла је 2009. године и у том звању ради и данас. Државни испит је положила 2010. године. Марта 2015. године, добија функцију главног инжењера Лабораторије за припрему минералних сировина.

Ангажована је на пројектима Министарства науке и просвете Републике Србије. Тренутно је део радног тима пројекта "Research on the integration system of spatial environment analyses and advanced metal recovery to ensure sustainable resource development", project supported by Japan International Cooperation Agency, (2015-2019) (research in charge for Output 3), у сарадњи ИРМ-а Бор и JICA SATREPS Јапан. Учествовала је у изради више студија утицаја рударско-металуршке производње на животну средину, студијама технолошких испитивања

металичних и неметаличних минералних сировина, изради главних и допунских рударских пројеката, као руководилац и сарадник истих.

Аутор је и коаутор: 14 радова публикованих у научним часописима међународног значаја категорије М20, 16 радова публикованих у националним часописима категорије М50, 29 саопштења са конференција међународног значаја категорије М30, једне монографије М 40, 17 саопштења националног значаја категорије М60, 5 техничких и развојних решења категорије М80.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација кандидата Даниеле Урошевић под називом: „Екстракција бакра из топионичке шљаке комбинованим поступцима“, написана је у обиму од 143 страна, са 39 табела, 60 слика, 104 једначина и 119 литературних цитата, и састављена је од 10 поглавља:

1. Увод;
 2. Топионичка шљака као секундарна сировина;
 3. Литературни преглед најзначајнијих истрживања;
 4. Циљ рада;
 5. Експериментални део;
 6. Резултати и дискусија;
 7. Закључак;
 8. Обједињена литература;
 9. Биографија;
 10. Списак научних радова проистеклих из докторске дисертације;
- Прилог 1 – Изјава о ауторству;
Прилог 2 – Изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада;
Прилог 3 – Изјава о коришћењу.

На почетку дисертације је дата захвалност кандидата, резиме на српском и енглеском језику и садржај.

По својој форми, садржају, добијеним резултатима и могућностима њихове практичне примене, ова дисертација у потпуности задовољава критеријуме и стандарде Универзитета у Београду.

2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

Увод – у првом поглављу описан је значај бакра и његова производња у свету. Указано је на све нижи садржај бакра у рудама које се експлоатишу и значај шљаке као секундарне сировине за добијање бакра и пратећих метала. Побројане су методе за валоризацију бакра из одбачених шљака, као и количине и карактеристике шљаке пламене пећи из Рударско-топионичарског басена Бор.

Топионичка шљака као секундарна сировина – у другом поглављу детаљно су описане особине, употреба и добијање бакра у свету. Приказани су поступци хидрометалуршког и пирометалуршког добијања бакра, са посебним освртом на стадијуме топљења и конвертовања и настајања шљаке. У овом поглављу је дата карактеризација шљаке из процеса топљења, као и просечан хемијски састав топионичке шљаке, рендгенска дифракциона анализа и микрографија ове шљаке. Такође, у овом поглављу, приказани су

начини издвајања тј. ревалоризације бакра из шљаке који се примењују на индустријском нивоу и њена даља примена у грађевинској индустрији, путној привреди и другим областима. На крају овог поглавља описана је шљака пламене пећи из Топионице бакра у Бору. Приказано је настајање шљаке, количине, досадашњи поступци њене валоризације и карактеризација шљаке која је рађена у протеклом периоду.

Литературни преглед најзначајнијих истраживања – у овом поглављу детаљно су приказани најзначајнији публиковани радови релевантни за саму докторску дисертацију. Анализирани су радови везани за лужење шљаке различитим реагенсима и сулфатизационо пржење шљаке и лужење добијених прженаца. Приказани су различити начини третмана шљаке и механизми екстракције бакра и дата је кратка анализа приказаних истраживања.

Циљ рада – описан у поглављу број 4, садржи јасно дефинисане циљеве докторске дисертације везане првенствено за што потпунију екстракцију бакра из топионичке шљаке.

Експериментални део – у овом петом поглављу приказана је припрема узорака (шљаке и јаловине шљаке) преко узорковања, дробљења и млевења до гранулације -75 μm . Приказане су и описане методе коришћене за карактеризацију узорака шљаке, прженаца и лужног остатка и метода за праћење садржаја бакра, железа и цинка у лужним растворима. Поред тога, детаљно је описана експериментална процедура и апаратура, како за методу директног лужења, тако и за методу пржење – лужење. На крају овог поглавља приказана је обрада резултата.

Резултати и дискусија – чине шесто поглавље ове дисертације. На почетку овог поглавља је приказана детаљна карактеризација шљаке (јаловине шљаке) кроз хемијску анализу, рендгенску дифракциону анализу и оптичку микроскопију. Директно лужење шљаке (јаловине шљаке) рађено је у сулфатним и хлоридним растворима. Резултати и њихова дискусија при лужењу у сулфатним растворима приказани су кроз испитивања утицаја следећих параметара лужења: концентрације сумпорне киселине, железо(III)-јона и водоник-пероксида, брзине мешања суспензије и температуре. Код лужења у хлоридним растворима приказани су и дискутовани резултати добијени испитивањем следећих параметара: концентрације хлороводоничне киселине и водоник-пероксида, брзине мешања суспензије, температуре, односа чврсто:течно и начина додавања пероксида. На крају овог потпоглавља, дато је поређење резултата лужења шљаке водоник-пероксидом у сулфатним и хлоридним растворима.

Сулфатизационо пржење шљаке вршено је сумпорном киселином, пиритом и флотацијском јаловином, а добијени прженци су лужени водом. Праћено је излужење бакра и железа из добијених прженаца. Код пржења шљаке са сумпорном киселином, приказана је дискусија и резултати који су добијени испитивањем утицаја количине сумпорне киселине, утицаја времена и температуре сулфатизационог пржења, утицаја односа чврсто:течно у стадијуму лужења, утицаја температуре воде на лужење и утицаја времена лужења прженца. Поред сулфатизације сумпорном киселином приказани су и резултати добијени пржењем са пиритом и флотацијском јаловином, где су испитивани параметри били време и температура пржења, а праћено је излужење бакра, железа и цинка. На крају поглавља дато је поређење сулфатизационих потенцијала сумпорне киселине, пирита и флотацијске јаловине.

Закључак – у седмом поглављу, на три стране текста, таксативно су изнети закључци изведени на основу резултата добијених истраживањима у оквиру дисертације. Као основни закључак може се навести да сулфатизационо пржење шљаке и лужење прженаца водом обезбеђује висок степен екстракције бакра из шљаке.

Обједињена литература – у осмом поглављу, дата је целокупна литература навођена после сваког поглавља, са 119 релевантних литературних извора цитираних у тексту дисертације.

На крају дисертације дата је кратка биографија кандидата (поглавље 9), објављени радови проистекли из докторске дисертације (поглавље 10) и обавезни прилози.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост и оригиналност

Стална потреба за бавром на светском тржишту условљена је јединственим хемијским, физичким и естетским особинама овог метала и чињеницом да је инфраструктура друштва делом заснована на бакру. Око 80% примарне производње бакра у свету остварује се из сиромашних сулфидних руда бакра порфирског типа (0,5 – 1,0% Cu). Истовремено, у свету се на годишњем нивоу из пирометалуршке производње бакра генерише око 40 милиона тона шљаке (2,2 – 3,0 тона шљаке по тони бакра), са садржајем бакра од 0,5 до 2,1%. Ове шљаке су се у прошлости традиционално сматрале отпадом и одлагале на депоније шљаке. Међутим, данас се одбачене шљаке са око 1% бакра сматрају вредним ресурсом. Ово је условљено растућом потребом за бакром, као незамењивим металом, као и падом садржаја бакра у рудама које се експлоатишу. Поред тога, валоризацијом бакра и пратећих метала из одбачених шљака, избегава се део скупих рударских операција, смањује се количина чврстог отпада и чувају се ресурси. Генерално, бакарна шљака је комплексна сировина која се претежно састоји од силиката, сулфида, оксида и нешто металног бакра и железа, при чему се присутни минерали бакра и њихове смеше разликују од шљаке до шљаке, чак и из истог процеса. Из тих разлога, урађена су и раде се бројна истраживања на екстракцији бакра и пратећих метала из одбачених шљака. У литератури нема слагања у резултатима, чак и кад се третирају сличне шљаке при сличним експерименталним условима. Ово указује, да сваку шљаку треба посматрати као специфичну сировину, што условљава да истраживања на екстракцији бакра и пратећих метала, не губе на актуелности ни данас. Највећи број истраживања усмерен је на три методе: флотацијску концентрацију (која се примењује и на индустријском нивоу), лужење на атмосферском притиску и сулфатизационо пржење – лужење.

Индустријска прерада шљаке пламене пећи Топионце бакра у Бору, коришћењем већ постојеће производне линије за флотацију бакра и пирита, показала се као неефикасна због ниског искоришћење бакра ($\leq 40\%$). Разлог овоме је присуство 15-20% оксидног бакра у шљаци и сконцентрисаност сулфидног бакра у класама крупноће испод 38 μm . Због тога, у жаловини од флотирања шљаке заостаје бакар, чија је концентрација слична садржају бакра у руди која се експлоатише на површинском копу Велики Кривељ (РТБ Бор).

Обзиром да се флотацијска концентрација показала неефикасном, наметнула се потреба да се истраже ефикаснији начини за екстракцију бакра из топионичке шљаке. У овој дисертацији предмет истраживања била је екстракција бакра помоћу две актуелне методе: директно лужење и сулфатизационо пржење - лужење. Утврђени су оптимални параметри за максималну екстракцију бакра из шљаке, извршено је поређење наведених метода и указано на то да је метода сулфатизационо пржење – лужење ефикаснија и да обезбеђује селективност (високу екстракцију бакра и минималну екстракцију железа).

С обзиром да истраживања у оквиру ове докторске дисертације представљају оригиналан приступ проблематици екстракције бакра из топионичке шљаке, и да су резултати до којих је дошао кандидат практични и применљиви, а сама тематика актуелана и савремена, могуће је кроз даљи рад на овој проблематици извршити њихову верификацију даљим истраживања изнад лабораторијског нивоа.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

У литературном прегледу докторске дисертације наведено је 119 литературних цитата, који су омогућили да се сагледају и прикажу досадашња истраживања тематски везана за екстракцију бакра из шљаке тј. за докторску дисертацију. Цитирана литература обухвата радове новијег датума, али и радове објављиване у последње три деценије. Многи од ових радова објављени су у врхунским међународним часописима, што указује на актуелност валоризације бакра из шљаке, а самим тим и теме докторске дисертације. Експериментални подаци других аутора приказани у литературном прегледу су анализирани и поређени са резултатима које је кандидат добио у свом експерименталном раду. Из пописа литературе која је коришћена у дисертацији, уочава се познавање предметне области истраживања, као и познавање актуелног стања истраживања у овој области у свету.

У наставку овог извештаја су, у том смислу, наведени најзначајнији радови коришћени и цитирани у дисертацији:

1. Banza A.N., Gock E., Kongolo K., Base metals recovery from copper smelter slag by oxidizing leaching and solvent extraction, *Hydrometallurgy*, 67 (2002) 63-69.
2. Altundogan H.S., Boyrazli M., Tumen F., A study on the sulphuric acid leaching of copper converter slag in the presence of dichromate, *Minerals Engineering*, 17 (2004) 465-467.
3. Altundogan H.S., Tumen F., Metal recovery from copper converter slag by roasting with ferric sulphate, *Hydrometallurgy*, 44 (1997) 261-267.
4. Anand S.S., Kanta Rao P., Jena P.K., Recovery of metal values from copper converter slags by ferric chloride leaching, *Hydrometallurgy*, 5 (1980) 355-365.
5. Arslan C., Arslan F., Recovery of copper, cobalt, and zinc from copper smelter and converter slags, *Hydrometallurgy*, 67 (2002) 1-7.
6. Bulut G., Perek K.T., Gul A., Arslan F., Onal G., Recovery of metal values from copper slags by flotation and roasting with pyrite, *Minerals & Metallurgical Processing*, 24 (2007) 13-18.
7. Chen M., Han Z., Wang L., Recovery of valuable metals from copper slag by hydrometallurgy, *Applied Mechanics and Materials*, 402 (2012) 35-40.
8. Chen M., Zhu X., Han Z., Ning P., Ma Y., Copper from Copper Smelting Slag by Oxidation Leaching, *Applied Mechanics and Materials*, 477-478 (2014) 1413-1418.
9. Das B., Mishra B.K., Angadi S., Pradhan S.K., Prakash S., Mohanty J., Characterization and recovery of copper values from discarded slag, *Waste Management & Research*, 28 (2010) 561-567.
10. Deng T., Ling Y., Processing of copper converter slag for metal reclamation. Part I: extraction and recovery of copper and cobalt, *Waste Management & Research*, 25 (2007) 440-448.
11. Dimitrijević M.D., Urošević D.M., Janković Z.D., Milić S.M., Recovery of copper from smelting slag by sulphation roasting and water leaching, *Physicochem. Probl. Miner. Process.*, 52(1) (2016) 409–421.
12. Dimitrijević M.D., Urošević D.M., Milić S, Urošević T, Copper extraction from copper smelter slag roasting with pyrite or flotation tailings followed by water leaching, *Mining and Metallurgy Engineering Bor*, 4 (2014) 157-164.
13. Herreros O., Quiroz R., Manzano E., Bou C., Vinals J., Copper extraction from reverberatory and flash furnace slags by chlorine leaching, *Hydrometallurgy*, 49(1998) 87-101.

14. Nadirov R.K., Syzdykova L.I., Zhussupova A.K., Usserbaev M.T., Recovery of value metals from copper smelter slag by ammonium chloride treatment, *International Journal of Mineral Processing*, 124 (2013) 145–149.
15. Sarrafi A., Rahmati B., Hassani H.R., Shirazi H.H.A., Recovery of copper from reverberatory furnace slag by flotation, *Minerals Engineering*, 17 (2004) 457-459.
16. Sukla L.B., Panda S.C., Jena P.K., Recovery of cobalt, nickel and copper from converter slag through roasting with ammonium sulphate and sulphuric acid, *Hydrometallurgy*, 16 (1986) 153-165.
17. Tumen F., Bailey N.T., Recovery of metal values from copper smelter slags by roasting with pyrite, *Hydrometallurgy*, 25 (1990) 317-328.
18. Tong X., Han B., Ren S., Yang B., Recovery of Copper from Copper Smelter Slag by Flotation, *Applied Mechanics and Materials*, 496-500 (2014) 406-409.
19. Urošević D.M., Dimitrijević M.D., Janković Z.D., Antić D.V., Recovery of copper from the copper slag and copper slag flotation tailings by oxidative leaching, *Physicochem. Probl. Miner. Process.*, 51(1) (2015) 73–82.
20. Virolainen S., Hydrometallurgical recovery of valuable metals from secondary raw materials, Ph. D. Thesis, Lappeenranta University of Technology, Lappeenranta, Finland (2013) p. 16.
21. Yang Z., Rui-lin M., Wang-dong N., Hui W., Selective leaching of base metals from copper smelter slag, *Hydrometallurgy*, 103 (2010) 25–29.
22. Ziyadanogullari B.B., Recovery of Copper and Cobalt from Concentrate and Converter Slag, *Separation Science and Technology*, 35 (2000) 1963-1971.

3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

Истраживање је реализовано применом метода које су се показале као адекватне за испитивања постављеног проблема екстракције бакра из топионичке шљаке комбинованим поступцима (лужење и лужење - пржење). За извођење експеримената коришћене су физичко-хемијске методе за припрему и карактеризацију узорка, за карактеризацију чврстих продуката реакције и одређивање садржаја бакра, железа и цинка у лужним растворима.

За припрему узорка шљаке класе крупноће $-75\mu\text{m}$ (99%), иста је дробљена у лабораторијској ваљкастој дробилици, млевена у лабораторијском елипсоидном млину и просејавана на мокро на стандарној гарнитурџ сита типа "TYLER". На стандардној гарнитурџ сита урађен је и гранулометријски састав шљаке, да би се утврдио садржај бакра у најфинијим фракцијама. Концентрат пирита и флотацијска јаловина су такође просејани и издвојени у истој класи крупноће као шљака.

Рендгенска дифракциона анализа коришћена је за одређивање и праћење фазног састава узорка шљаке, прженца и лужног остатка. Узорци су анализирани на рендгенском дифрактометру марке "PHILIPS", модел PW-1710, са закривљеним графитним монохроматором и сцинтилационим бројачем.

Пошто је садржај бакра у шљаци низак (испод 1%), за карактеризацију бакарних фаза на спрашеним и комадастим узорцима шљаке коришћена је оптичка микроскопија. Микроскопија је рађена на микроскопу "CARL ZEISS" за пропуштену и одбијену светлост, модел AXIOSKOP 40, са уређајем за микрофотографију.

Атомска апсорпциона спектроскопија коришћена је за одређивање садржаја бакра, железа и цинка у крајњим лужним растворима и за праћење напредовања реакције екстракције са

временом. Одређивања су вршена на пламеном атомско-апсорпционом спектрофотометру "PERKIN ELMER", модел 403.

pH вредност крајњих лужних раствора, добијених лужењем прженаца, мерена је рН-метром "JENVAУ", модел 3510 са комбинованом електродом истог произвођача.

Примењене методе за изведена испитивања у овој докторској дисертацији су адекватне за дату врсту истраживања и користе се у истраживањима објављеним у најновијим публикацијама у часописима са импакт фактором.

3.4. Применљивост остварених резултата

На основу прегледа до сада објављених експерименталних података и резултата приказаних у оквиру ове дисертације, остварен је значајан допринос у овој области. Резултати и закључци изнети у овој дисертацији, потврда су могућности примене методе сулфатизационог пржења и лужења прженца водом, за ефикасну екстракцију бакра из топионичке шљаке. Поред тога, ниска излужења бакра из шљаке при оксидационом лужењу са водоник-пероксидом, указују да је испитивана топионичка шљака доста инертна сировина, што може бити значајно за њену примену у путној привреди, грађевинарству и сл.

С обзиром да су резултати до којих је дошао кандидат практични и применљиви, могуће је кроз даљи рад на проблематици процеса пржење-лужење извршити њихову верификацију, како проширењем испитивања у смислу сагледавања проблема и са неких других аспеката применом додатних метода, тако и модификовањем услова за постизање потпуне селективности процеса (максималне екстракције бакра, без растварања железа из шљаке).

3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

Урађена докторска дисертација, анализа добијених резултата, проистекли публиковани научни радови и учешће у реализацији научно-истраживачких пројеката и техничких решења указују на способност кандидата мр Даниеле Урошевић, дипл. инж. рударства, за самостални научни рад, као и за активно учешће у тимском раду. Кандидат је током израде дисертације у потпуности овладао методологијом научно-истраживачког рада.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

У оквиру ове дисертације испитивана је екстракцију бакра из топионичке шљаке коришћењем две методе: методе директног лужења шљаке на атмосферском притиску и методе сулфатизационог пржења шљаке и лужења добијених прженаца водом.

Добијени резултати истраживања употпуњују податке и параметре који дефинишу оптималне услове за процес издвајања бакра из шљаке у већ постојећој научној литератури. У том смислу, научни допринос ове дисертација огледа се у томе што су утврђени оптимални параметри лужења кроз испитивања следећих утицаја:

У сулфатним растворима

- Утицај концентрације сумпорне киселине;
- Утицај концентрације железо(III)-јона;
- Утицај концентрације водоник-пероксида;

- Утицај брзине мешања суспензије у систему $\text{H}_2\text{O}_2\text{-H}_2\text{SO}_4$;
- Утицај температуре у систему $\text{H}_2\text{O}_2\text{-H}_2\text{SO}_4$.

У хлоридним растворима

- Утицај концентрације хлороводоничне киселине;
- Утицај концентрације водоник-пероксида у 1,0 М HCl ;
- Утицај брзине мешања суспензије у систему $\text{H}_2\text{O}_2\text{-HCl}$;
- Утицај температуре у систему $\text{H}_2\text{O}_2\text{-HCl}$;
- Утицај односа чврсто:течно (Ч:Т) у систему $\text{H}_2\text{O}_2\text{-HCl}$;
- Утицај начина додавања H_2O_2 на излужење Cu и Fe из топионичке шљаке.

При овим испитивањима показано је, да је излужење бакра из шљаке ефикасније у хлоридним него у сулфатним растворима водоник-пероксида и да се континуалним додавањем пероксида током лужења остварује већи степен екстракције бакра.

При пржењу шљаке са сумпорном киселином, уз накнадно лужење прженаца водом, испитани су следећи параметри:

- Утицај количине сумпорне киселине при сулфатизационом пржењу;
- Утицај времена сулфатизационог пржења шљаке;
- Утицај температуре сулфатизационог пржења шљаке;
- Утицај односа чврсто:течно на лужење;
- Утицај температуре воде на лужење;
- Утицај времена лужења прженца.

Поред ових утицаја, испитан је и сулфатизациони потенцијал пирита и флотацијске јаловине. Констатовано је да је метода пржење – лужење ефикаснија у екстракцији бакра из шљаке и да обезбеђује селективност процеса.

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

Постављени циљеви и задаци истраживања у дисертацији остварени су у потпуности. Добијени резултати експерименталног истраживања обезбеђују додатне и нове корисне информације везане за проблематику издвајања бакра из топионичке шљаке, као и дефинисање оптималних параметара лужења и пржења. Ово је значајно, обзиром да у литератури нема или је врло мало слагања у резултатима и када се ради о сличним испитивањима, на шљакама сличног хемијског и минералошког састава.

Поређећи резултате добијене коришћењем две методе (директно лужење шљаке и сулфатизационо пржење шљаке са накнадним лужењем прженаца водом) односно пет различитих начина: (1) директно лужење шљаке у сулфатним растворима, (2) директно лужење шљаке у хлоридним растворима, (3) сулфатизационо пржење шљаке са сумпорном киселином, (4) сулфатизационо пржење шљаке са пиритом и (5) сулфатизационо пржење шљаке са флотацијском јаловином, може се рећи да метода пржење-лужење и у оквиру ње сулфатизација сумпорном киселином, обезбеђује најефикаснију екстракцију бакра и најбољу селективност. Метода сулфатизације шљаке, може се применити и на друге тешкорастворне сировине.

4.3. Верификација научних доприноса

Научни допринос ове докторске дисертације је верификован кроз публикације проистекле као резултат истраживања у оквиру теме, о чему сведоче радови објављени у научним часописима и радови саопштени на конференцијама.

M22 - рад у истакнутом међународном часопису

D. Urošević, M. Dimitrijević, Z. Janković, D. Antić, Recovery of copper from copper slag and copper slag flotation tailings by oxidative leaching, *Physicochem. Probl. Miner. Process.*, 51(1), (2015) 73-82, ISSN: 1643-1049, IF (2013) = 0,862, M22 (8/21).

M. Dimitrijević, **D. Urošević**, Z. Janković, S. Milić, Recovery of copper from smelting slag by sulphation roasting and water leaching., *Physicochem. Probl. Miner. Process.*, 52(1), (2016) 409-421, ISSN: 1643-1049, M22 (9/20), IF (2014) = 0,926.

M24 - рад у међународном часопису

M. Dimitrijević, **D. Urošević**, S. Milić, T. Urošević, Copper extraction from copper smelter slag with pyrite or flotation tailings followed by water leaching, *Mining and Metallurgy Engineering Bor*, 4 (2014) 157-165, ISSN 2334-8836.

M33 - саопштење са међународног скупа штампано у целини

D. Urošević, M. Dimitrijević, S. Milić, Z. Stevanović, D. Milanović, Copper leaching from copper smelter slag and copper slag flotation tailings, 43th International October Conference on Mining and Metallurgy, October 2011, Kladovo, Serbia, Proceedings, pp. 499-502, ISBN: 978-86-80987-87-3.

M63 - саопштења са скупа националног значаја штампано у целини

M. Димитријевић, **Д. Урошевић**, С. Милић, Д. Милановић, Екстракција бакра из топионичке шљаке пржењем са сумпорном киселином и лужењем водом, 6. Симпозијум рециклажне технологије и одрживи развој, Соко Бања, Септембар 2011, Зборник радова, стр. 95-101, ИСБН: 978-86-80987-86-6.

M. Димитријевић, **Д. Урошевић**, С. Милић, С. Магдалиновић, Д. Милановић, Екстракција бакра из топионичке шљаке пржењем са пиритом или флотацијском јаловином и лужењем водом, 9. Симпозијум рециклажне технологије и одрживи развој, Зајечар, Септембар 2014, Зборник радова, стр. 235-239, ИСБН: 978-86-6305-025-9.

M. Димитријевић, **Д. Урошевић**, С. Милић, С. Алагић, Екстракција бакра из топионичке шљаке лужењем хлороводоничном киселином и водоник пероксидом, 9. Симпозијум рециклажне технологије и одрживи развој, Зајечар, Септембар 2014, Зборник радова, стр. 241-247, ИСБН: 978-86-6305-025-9.

Докторска дисертација представља резултат истраживања у оквиру пројекта Министарства просвете, науке и технолошког развоја: "Развој технологија флотацијске прераде руда бакра и племенитих метала ради постизања бољих технолошких резултата" (број пројекта ТР 33023, реализатор Институт за рударство и металургију Бор, руководилац др Драган Милановић).

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

Докторска дисертација кандидата **мр Даниеле Урошевић, дипл. инж. рударства**, под насловом **„ЕКСТРАКЦИЈА БАКРА ИЗ ТОПИОНИЧКЕ ШЉАКЕ КОМБИНОВАНИМ ПОСТУПЦИМА“** представља савремен, оригиналан и значајан научни допринос. Дисертација је у сагласности са образложењем у пријави теме и садржи све елементе које предвиђа Правилник о докторским студијама Универзитета у Београду – Техничког факултета у Бору. У дисертацији кандидата Даниеле Урошевић, приказан је велики број оригиналних резултата који дефинишу оптималне параметре екстракције бакра из топионичке шљаке, а који се могу применити и у пракси.

На основу прегледане докторске дисертације, као и увида у верификован научни допринос кроз објављене радове у часописима (2 рада у међународном часопису категорије М20), комисија за оцену и одбрану урађене докторске дисертације закључује, да кандидат **мр Даниела Урошевић, дипл. инж. рударства**, испуњава све законске и остале услове за одбрану докторске дисертације. Такође, комисија закључује да је урађена дисертација написана према стандардима научно-истраживачког рада, као и да испуњава све услове предвиђене Законом о високом образовању, Стандардима за акредитацију, као и Статутом Техничког факултета у Бору Универзитета у Београду. Стога, комисија предлаже Наставно-научном већу Техничког факултета у Бору, да прихвати позитиван реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата **мр Даниеле Урошевић, дипл. инж. рударства**, под називом: **„ЕКСТРАКЦИЈА БАКРА ИЗ ТОПИОНИЧКЕ ШЉАКЕ КОМБИНОВАНИМ ПОСТУПЦИМА“**, да исти реферат упути на коначно усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду, и да након тога кандидата позове на јавну одбрану.

У Бору, 19.02.2016.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

.....
Др Миле Димитријевић, ванредни професор
Универзитет у Београду, Технички факултет у Бору

.....
Др Снежана Милић, ванредни професор
Универзитет у Београду, Технички факултет у Бору

.....
Др Мирослав Сокић, виши научни сарадник
Институт за технологију нуклеарних и других минералних сировина у Београду