

ТЕХНОЛОШКО-МЕТАЛУРШКИ
ФАКУЛТЕТ
35/497
(Број захтева)

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
ВЕЋЕ НАУЧНИХ ОБЛАСТИ ТЕХНИЧКИХ НАУКА
(Назив већа научне области и коме се захтев упућује)

23.10.2015.
(Датум)

ЗАХТЕВ

за давање сагласности на предлог теме докторске дисертације

Молимо да, сходно члану 46. ст. 5. тач. 3. Статута Универзитета у Београду („Гласник Универзитета“, број 131/06), дате сагласност на предлог теме докторске дисертације:

„Оловна алкална шљака у иновативном процесу рециклаже са предтретманом, стабилизацијом и солидификацијом“
(пун назив предложене теме докторске дисертације)

НАУЧНА ОБЛАСТ: МЕТАЛУРГИЈА

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

1. Име, име једног од родитеља и презиме кандидата:

Мр МАРИЈА (Душан) ШТУЛОВИЋ, дипл. инж.

2. Назив и седиште факултета на коме је стекао високо образовање: Универзитет у Београду, Технолошко-металуршки факултет

3. Година дипломирања: 2004.

4. Назив магистарске тезе кандидата: **Испитивање могућности стабилизације и солидификације отпадне шљаке из металургије олова**

5. Назив факултета на коме је магистарска теза одбрањена Универзитет у Београду, Технолошко-металуршки факултет

6. Година одбране магистарске тезе: 2010.

Обавештавамо Вас да је Наставно-научно веће,
(назив надлежног тела Факултета)

на седници одржаној 22. 10.2015. године размотрило предложену тему и закључило да је тема подобна за израду докторске дисертације.

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

Проф. др Ђорђе Јанаћковић

Прилог:

1. Предлог теме докторске дисертације са образложењем
2. Акт надлежног тела факултета о подобности теме за израду докторске дисертације
3. Подаци о ментору.

ДП

На основу чл. 128. Закона о високом образовању и чл. 129. Статута ТМФ-а, на седници Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета од 22.10.2015. године, донета је

О Д Л У К А
о прихватању Реферата Комисије за оцену подобности теме и кандидата
за израду докторске дисертације

Прихвата се Реферат Комисије за оцену подобности теме и кандидата и одобрава израда докторске дисертације **мр МАРИЈЕ ШТУЛОВИЋ**, дипл. инж., под називом: „**Оловна алкална шљака у иновативном процесу рециклаже са предтретманом, стабилизацијом и солидификацијом**“.

Одлуку о давању сагласности на предлог теме докторске дисертације доноси Универзитет у Београду.

За ментора се одређује **др Жељко Камберовић**, редовни професор Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет.

Одлуку доставити: Универзитету у Београду на сагласност, кандидату, ментору, Служби за наставно студентске послове и архиви Факултета.

Д Е К А Н

Проф. др Ђорђе Јанаћковић

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ

за кандидата мр Марија Д. Штуловић

Име и презиме ментора: др Жељако Камберовић

Звање: Редовни професор

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. Štulović M., Ivšić-Bajčeta D., Ristić M., **Kamberović Ž.**, Korać M., Anđić Z.: *Leaching Properties of Secondary Lead Slag Stabilized/Solidified with Cement and Selected Additives*, - Environment protection engineering, Vol 39, No 3, 2013, pp. 149-163. ISSN 0324-8828, IF 2014 = 0.652
2. Ivšić-Bajčeta D., **Kamberović Ž.**, Korać M., Gavrilovski M.: *A solidification/stabilization process for wastewater treatment sludge from a primary copper smelter*, - Journal of the Serbian Chemical Society, Vol 78, No 5, 2013, pp 725-739. ISSN 0352-5139, IF 2014 = 0.871
3. Filipović M., **Kamberović Ž.**, Korać M.: *Solidification of high chromium white cast iron alloyed with vanadium*, - Materials Transactions, Vol 52, No 3, 2011, pp. 386-390. ISSN 1345-9678, IF 2010 = 0,787
4. Jovičević N., Cvetković V., **Kamberović Ž.**, Jovičević J.: *Al-Zn Alloy Formation by Aluminium Underpotential Deposition from $AlCl_3 + NaCl$ Melts on Zinc Substrate*, - International Journal of Electrochemical Science, Vol 7, No 11, 2012, pp. 10380-10393. ISSN 1452-3981, IF 2011 = 3.729
5. Korać M., **Kamberović Ž.**, Anđić Z., Filipović M., Tasić M., *Sintered materials based on copper and alumina powders synthesized by a novel method*, - Science of Sintering, Vol 42, No 1, 2010, pp. 81-90. ISSN 0350-820X, IF 2009 = 0.486

Заокружити одговарајућу опцију (А, Б, В или Г):

А) У случају менторства дисертације на докторским студијама у групацији техникотехнолошких, природно-математичких и медицинских наука ментор треба да има најмање три рада са SCI, SSCI, AHCI или SCIE листе, као и Math-Net.Ru листе.

Б) У случају менторства дисертације на докторским студијама у групацији друштвено-хуманистичких наука ментор треба да има најмање три рада са релевантне листе научних часописа (Релевантна листа научних часописа обухвата SCI, SSCI, AHCI и SCIE листе, као и ERIH листу, листу часописа које је Министарство за науку класификовало као M24 и додатну листу часописа коју ће, на предлог универзитета, донети Национални савет за високо образовање. Посебно

се вреднују и монографије које Министарство науке класификује као M11, M12, M13, M14, M41 и M51.)

В) У случају израде докторске дисертације према ранијим прописима за кандидате који су стекли академски назив магистра наука ментор треба да има пет радова (референци) које га, по оцени Већа научних области, квалификују за ментора односно дисертације.

Г) У случају да у ужој научној области нема квалификованих наставника, приложити одлуку Већа докторских студија о именовању редовног професора за ментора.

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

Датум: 12.10.2015. год

М.П.

Проф. др Ђорђе Јанаћковић

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Подобност теме и кандидата мр Марије Д. Штуловић за израду докторске дисертације

Одлуком бр. 35/312 од 20.07.2015. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидата мр Марије Д. Штуловић за израду докторске дисертације и научне заснованости теме **ОЛОВНА АЛКАЛНА ШЉАКА У ИНОВАТИВНОМ ПРОЦЕСУ РЕЦИКЛАЖЕ СА ПРЕДТРЕТМАНОМ, СТАБИЛИЗАЦИЈОМ И СОЛИДИФИКАЦИЈОМ.**

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи

РЕФЕРАТ

1. Подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

Мр Марија Д. Штуловић (рођ. Кнежевић), рођена је 25.09.1977. године у Ужицу. Гимназију „Миодраг Миловановић Луне” је завршила 1996. године у Ужицу. Школске 1996/97 године уписала је Технолошко-металуршки факултет, Универзитета у Београду. Студије је завршила 2004. године на смеру Органска хемијска технологија и полимерно инжењерство, са просечном оценом студија 7,86. Дипломски рад под називом „Синтеза и полимеризација винилних мономера који садрже сумпор” одбранила је са оценом 10,00. Ментор у изради дипломског рада је била проф. др Иванка Поповић, редовни професор Технолошко-металуршког факултета, Универзитета у Београду. Школске 2005/06 године уписала је магистарске студије на Технолошко-металуршком факултету, Универзитета у Београду, смер Инжењерство заштите животне средине. Положила је све испите предвиђене планом и програмом на магистарским студијама са просечном оценом 10,00. Магистарски рад на тему „Испитивање могућности стабилизације и солидификације отпадне шљаке из металургије олова” одбранила је 2010. године са оценом 10,00. Ментор у изради магистарског рада је била проф. др Мирјана Ристић, редовни професор на Технолошко-металуршком факултету Универзитета у Београду, на катедри за инжењерство заштите животне средине. Докторску дисертацију, на тему „Оловна алкална шљака у иновативном процесу рециклаже са предтретманом, стабилизацијом и солидификацијом”, пријавила је 2015. године, на Технолошко-металуршком факултету, Универзитета у Београду, на катедри за металуршко инжењерство. Од 2006. до 2011. године запослена је у „ИРЦ НИЦ ” А.Д. Ужице, а од 2011 године у Иновационом центру Технолошко-металуршког факултета у Београду, као истраживач приправник.

Од 2011. године Марија Д. Штуловић се бави експерименталним истраживањима у области Металургије, која се односе на добијање олова из секундарних сировина (отпадни оловни акумулатори), испитивање могућности предтретмана и развој процеса стабилизације-солидификације (C/C) алкалне шљаке која се генерише у процесу рециклаже оловних акумулатора. Ангажована је на пројектима Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије. У оквиру рада на пројектима, усавршавала је методе научно-истраживачког поступка и пријавила тему за израду докторске дисертације под називом „Оловна алкална шљака у иновативном процесу рециклаже са предтретманом, стабилизацијом и солидификацијом”. Има објављене радове у часописима међународног значаја, саопштења са скупова међународног значаја штампана у целини, радове у часопису националног значаја. Истраживања и остварени резултати су у складу са предложеном темом дисертације.

Обучена је за рад у програмским пакетима „Origin“, „SuperPro Designer“, „HSC Chemistry“, „Adobe Photoshop“, „CorelDRAW“, PHREEQC. Поседује активно знање енглеског језика и основно знање француског језика.

1.2. Сечено научноистраживачко искуство

Мр Марија Д. Штуловић је школске 2005/06 године уписала магистарске студије на Технолошко-металуршком факултету Универзитета у Београду на студијском програму Инжењерство заштите животне средине. Успешно је положила све испите предвиђене планом и програмом са просечном оценом 10,00. Дана 28.12.2010. године је одбранила магистарски рад на тему „Испитивање могућности стабилизације и солидификације отпадне шљаке из металургије олова”, са оценом 10,00. Ментор у изради магистарског рада је била проф. др Мирјана Ристић, редовни професор на Технолошко-металуршком факултету Универзитета у Београду, на катедри за инжењерство заштите животне средине. Магистарски рад је обухватио преглед литературе из наведене области, експериментална истраживања и приказ и анализу добијених резултата. Резултати ових истраживања представљају полазну основу за истраживања обухваћена у докторској дисертацији.

Мр Марија Д. Штуловић је од 2011. године наставила да се бави експерименталним истраживањима из области Металургије, која се односе на добијање олова из секундарних сировина (отпадни оловни акумулатори), испитивање могућности предтретмана и развој процеса стабилизације-солидификације (C/C) алкалне шљаке која се генерише у процесу рециклаже оловних акумулатора.

Учесник је следећих пројеката Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије:

Иновациони пројекти:

1. Производња субмикронских композитних прахова на бази бакра и глинице термохемијским поступком, Министарство науке и заштите животне средине РС, евиденциони број: 401-00-218/2007-01/49-IP, 2007-2008

Пројекти из области технолошког развоја:

1. Освајање технологије металометријских поступака добијања феролегура тешкотопивих метала, Министарство науке и заштите животне средине РС, евиденциони број: 6731, 2005-2007
2. Добијање наноструктурних прахова у циљу производње нових дисперзно ојачаних синтерованих материјала у систему $\text{Cu-Al}_2\text{O}_3$, Министарство науке и заштите животне средине РС, евиденциони број, 19032, 2008-2010
3. Освајање технологије добијања производа за широку индустријску примену на бази техногених сировина из металургије гвожђа и челика, Министарство науке и заштите животне средине РС, евиденциони број: 19045, 2008-2010

4. Иновативна синергија нус-продуката, минимизације отпада и чистије производње у металургији, Министарство науке и заштите животне средине РС, евиденциони број: 34033, 2011-2014

Из досадашњег научно-истраживачког рада мр Марија Д. Штуловић проистекли су следећи резултати, који се односе на област теме докторске дисертације:

1. Рад у међународном часопису (M23)

1. **Štulović M.**, Ivšić-Bajčeta D., Ristić M., Kamberović Ž., Korać M., Anđić Z.: *Leaching Properties of Secondary Lead Slag Stabilized/Solidified with Cement and Selected Additives*, - Environment protection engineering, Vol 39, No 3, 2013, pp. 149-163. ISSN 0324-8828, IF 2014 = 0.652

2. Часопис међународног значаја верификован посебним одлукама (M24)

1. **Štulović M.**, Mihajlović A., Anđić Z., Korać M., Kamberović Ž.: *Positive synergistic effect of the reuse and the treatment of hazardous waste on pyrometallurgical process of lead recovery from waste lead-acid batteries*, - Metallurgical & Materials Engineering, Vol. 20, No 3 (2014), pp. 171-181, ISSN 2217-8961.

3. Саопштења са скупова међународног значаја штампана у целини (M33)

1. **Knežević M.**, Korać M., Kamberović Ž., Gavrilovski M., Anđić Z.: *Dependence of concrete properties on secondary lead slag share and additive type selection*, - XIX International Scientific and Professional Meeting, "Ecological Truth" ECO-IST'11, Bor, Serbia, 1-4 june, pp. 127-133, ISBN 978-86-80987-84-2
2. **Štulović M.**, Mihajlović A., Ranitović M.: *The assesement of Environmetal and Health Risks from the Secondary lead slag*, - IX Simpozijum reciklažne tehnologije i održivi razvoj, SRTOR 10-12 Septembar 2014, Zaječar, Srbija, Zbornik radova 185-189, ISBN 978-86-6305-025-9.

4. Рад у часопису националног значаја (M52)

1. **Knežević M.**, Korać M., Kamberović Ž., Ristić M.: *Possibility of secondary lead slag stabilization in concrete with presence of selected additives*, - Metallurgical & Materials Engineering, Vol. 16, No 3 (2010), pp. 195-204, ISSN: 0354-6306.
2. Kamberović Ž., Korać M., Anđić Z., **Štulović M.**, Kovačević T., Vujović A., Ilić I.: *Conceptual design for treatment of mining and metallurgical wastewaters which contains arsenic and antimony*, - Metallurgical & Materials Engineering, Vol. 18, No 4 (2012), pp. 321-331, ISSN 2217-8961.

1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

На основу биографских података и резултата досадашњих истраживања у области Металургије, која се односе на добијање олова из секундарних сировина (отпадни оловни акумулатори), испитивање могућности предtretмана и развој процеса стабилизације-солификације (C/C) алкалне шљаке која се генерише у процесу рециклаже оловних акумулатора, Комисија оцењује да је мр Марија Д. Штуловић показала изузетну склоност и способност за научно-истраживачки рад и да испуњава све услове за рад на предложеној теми докторске дисертације.

2. Предмет и циљ истраживања

2.1. Предмет истраживања

Олово је један од есенцијалних и веома често коришћених метала који се, осим из примарних материјала (руде, концентрати), све више добија из секундарних сировина (отпад и остаци који садрже олово), тзв. секундарна металургија олова. У складу са тим, испитивање могућности поновног добијања олова из истрошених оловних акумулатора, као најчешће коришћених секундарних сировина, све више добија на значају. Предност секундарне производње метала се огледа у искоришћењу метала из остатака отпада, извођењу процеса уз смањену потрошњу примарних сировина и енергије, уз добијање производа комерцијалног квалитета. Наиме извођењем процеса у складу са најбоље доступним техникама (БАТ), остварује се максимално искоришћење остатака и отпада из процеса, као и минимално загађење околине. Пирометалуршки поступак прераде отпадних оловних акумулатора, заснива се на редукцији металних компоненти акумулатора до нижих оксидационих или елементарних облика, уз додатак топитеља (Na_2CO_3) и редуцента (C, Fe). Поред жељеног производа (секундарно олово), у поменутом поступку се генеришу и нежељени нус-производи (муљ, филтерска прашина и шљака). Оловна алкална шљака, издвојена у пећи, као чврст отпад који представља оксидни систем са металичним компонентама шарже у елементарном стању, карактерише се као опасна врста отпада и као таква не може се одлагати на депоније без предтретмана и формирања стабилне форме отпада. У складу са тим, предмет истраживања дисертације је правилно управљање овом врстом опасног отпада, оптимизација процеса прераде истрошених оловних акумулатора у циљу смањење количине отпада на извору и генерисања отпада са што мањим садржајем опасних материја, предтретман и формирање стабилнијег облика и коришћење отпада као секундарне сировине, а све циљу максималног искоришћења отпада и спречавања евентуалних негативних последица његовог одлагања по животну средину.

Осим нежељених примеса, оловна алкална шљака садржи и корисне компоненте шарже, чији удео зависи од ефикасности вођења процеса. Наиме, високе концентрације појединих елемената у шљаци (Na, Fe, Pb, S, C) указују на непотпуно одигравање процеса редукције и задржавање олова у шљаци (5-10 %), које се може делом валоризовати. Такође, састав шарже у процесу производње олова из отпадних оловних акумулатора утиче на карактеристике шљаке која се генерише у том процесу. У складу са тим, испитивања у оквиру ове дисертације би започела са праћењем и оптимизацијом процеса прераде истрошених оловних акумулатора у ком се шљака генерише, са детаљном карактеризацијом шљаке која ће обухватити одређивање њеног састава (хемијски, минералoшки), облика и величине честица и других својстава.

У зависности од процене садржаја корисних компоненти у шљаци, биће испитана и могућност њиховог валоризовања, са враћањем у процес топљења шљаке крупније гранулације, класе крупноће + 1 mm, као и производња натријум(I)-сулфата из раствора од лужења. Поред оптимизације процеса у којем се генерише шљака, а у циљу добијања минималне количине стабилније шљаке, истраживања ће бити усмерена на предтретман шљаке ситније класе крупноће - 1 mm поступком испирања (лужења), уклањања у води растворних компоненти шљаке. Наиме, неке од основних карактеристика у испитивању шљаке односе се на садржај штетних елемената у шљаци и могућности њихове евентуалне миграторност у животну средину, садржај растворних алкалија и уситњавање шљаке са временом, до формирања прашкасте форме. Растворљивост шљаке у дестилованој води ће бити испитана са варирањем утицајних параметара процеса, као што су: температура, брзина мешања раствора, однос чврсто:течно и аерација. Исто тако, испитивања ће бити усмерена у правцу испитивање кинетике лужења одабраних елемената (Na, S, As) из шљаке у присуству дестиловане воде, као и својстава шљаке после уклањања растворних елемената у води.

На основу добијених резултата испитаће се могућност коришћења раствора од испирања у процесу производње натријум(I)-сулфата.

На овај начин остварио би се виши ниво валоризације, не само шљаке, већ и раствора након испирања, као и испране шљаке. Процеси који ће бити испитивани омогућиће добијање повратног метала и каменца као улошка у процесу редукционог топљења олова, натријум(I)-сулфата као комерцијалног производа, као и испране еколошки прихватљиве шљаке, чија би примена била усмерена у правцу грађевинске индустрије.

У циљу реализације ових испитивања примењиваће се најбоље доступне технологије за третман индустријског отпада.

Квалитативно-квантитативна карактеризација свих полазних компонената, као и продуката третмана оловне шљаке, урадиће се сходно прописаним нормативима, који су регулисани домаћом и европском законском регулативом за ову врсту материјала.

2.2. Циљеви истраживања

Научни циљеви истраживања су:

- Генерисање мање количине стабилније шљаке у оптимизованом процесу преде истирошених оловних акумулатора.
- Процена потенцијалног загађења околине услед испирања шљаке са испитивањем миграторности елемената шљаке (Na, S, As, Pb, Fe, Ca) у процесу лужења водом, у зависности од: времена, температуре, односа чврсто:течно и брзине мешања смеше.
- Примена нових поступака прераде отпадне шљаке и њено превођење у повратни метални каменац као полазну сировину у секундарној производњи олова, затим натријум(I)-сулфата (Na_2SO_4) као комерцијалног производа и агрегата за грађевинску индустрију.
- Оптимизација процеса примене шљаке у производњи бетона у својству агрегата, у циљу добијања максималне притисне чврстоће и минималног процента лужења штетних елемената.

2.3. Релевантни библиографски извори

1. Štulović M., Ivšić-Bajčeta D., Ristić M., Kamberović Ž., Korać M., Anđić Z.: *Leaching Properties of Secondary Lead Slag Stabilized/Solidified with Cement and Selected Additives*, - Environment protection engineering, Vol 39, No 3, 2013, pp. 149-163.
2. Štulović, M., Ivšić-Bajčeta D., Ristić, M., Kamberović, Ž., Korać, M., Anđić, Z., 2013. Leaching properties of secondary lead slag stabilized/solidified with cement and selected additives. Environment Protection Engineering. 39 (3) 149-163.
3. Knežević M., Korać M., Kamberović Ž., Ristić M.: *Possibility of secondary lead slag stabilization in concrete with presence of selected additives*, - Metallurgical & Materials Engineering, Vol. 16, No 3 (2010), pp. 195-204.
4. Kamberović Ž., Korać M., Anđić Z., Štulović M., Kovačević T., Vujović A., Ilić I.: *Conceptual design for treatment of mining and metallurgical wastewaters which contains arsenic and antimony*, - Metallurgical & Materials Engineering, Vol. 18, No 4 (2012), pp. 321-331.
5. Štulović M., Mihajlović A., Anđić Z., Korać M., Kamberović Ž.: *Positive synergistic effect of the reuse and the treatment of hazardous waste on pyrometallurgical process of lead recovery from waste lead-acid batteries*, - Metallurgical & Materials Engineering, Vol. 20, No 3 (2014), pp. 171-181.
6. Kamberović Ž., Anđić Z. and Korać M.: Intellectual Property office, Republic of Serbia, Registration number of patent P-2013/0151
7. Gomes, G. M. F., Mendes, T. F., Wada, K.: *Reduction in toxicity and generation of slag in secondary lead process*. Journal of Cleaner Production. (2011) 1-8.

8. Lassin, A., Piantone, P., Burnol, A., Bodenan, F., Chateau, L., Lerouge, C., Crouzet, C., Guyonnet, D., Bailly, L., *Reactivity of waste generated during lead recycling: An integrated study*. Journal of Hazardous Materials. (2007) A139, 430–437.
9. Levenspiel, O., Chemical Reaction Engineering. 578. John Wiley&Sons, New York. 1962.
10. Lewis, A.E., Beautelement, C.: *Prioritising objectives for waste reprocessing: a case study in secondary lead refining*. Waste Management. 22 (2002), 677–685.
11. Smaniotto, A., Antunesa, A., Filho, I. N., Venquiaruto, L. D., Oliveira, D., Mossi, A., Luccio, M., Treichel, H., Dallago, R.: *Qualitative lead extraction from recycled lead–acid batteries slag*. Journal of Hazardous Materials. (2009) 172, 1677–1680.
12. Fei Jin, Abir Al-Tabbaa: *Evaluation of novel reactive MgO activated slag binder for the immobilisation of lead and zinc*, Chemosphere 117 (2014) 285–294
13. Pawlowski L, *Effect of mercury and lead on the total environment*, Environ. Prot. Eng., (2011) 37 (1) 105.
14. Agrawal A., Sahu K.K., Pandey B.D., *Recent Trends and Current Practices for Secondary Processing of Zinc and Lead. Part I: Lead Recovery from Secondary Sources*, Waste Manage. Res., (2004) 22 (4) 240.
15. Lewis A. E., Beautelement C., *Prioritising objectives for waste reprocessing: a case study in secondary lead refining*, Waste Manage., (2002) 22 (6), 677.
16. European Waste Catalogue (EWC), Commission Decision, 2000/532/EC.

3. Полазне хипотезе

Предложена истраживања у оквиру ове докторске дисертације полазе од хипотезе да се оптимизацијом, односно управљањем процеса прераде отпадних оловних акумулатора може добити минимална количина шљаке, са таквим карактеристикама које ће обезбедити њену рециклажу, као и валоризацију у грађевинској индустрији, без штетног утицаја на животну средину.

Оптимизацијом полазног састава шарже (однос железа и натријума (Fe:Na), железа и сумпора (Fe:S)) у променљивим технолошким параметарима процеса (оксидо-редукциони потенцијал у пећи) обезбеђује се минимална количина шљаке, таквих физичко-хемијских и структурно-текстурних особина погодних за даљи третман у циљу рециклаже метала.

Испирањем растворних компоненти шљаке обезбеђује се добијање еколошки прихватљивог материјала за даљу примену у грађевинској индустрији, без нарушавања захтеваних особина готових производа.

Притисна чврстоћа солидификата и миграторност опасних материја су примарни параметри којима се оцењује ефикасност С/С процеса. Миграторност опасних материја из солидификата у околину при реалним условима би се оценила њиховим дужим излагањем атмосферилијама.

4. Научне методе истраживања

Алкална оловна шљака биће карактерисана применом различитих метода које ће обухватити анализу хемијског, фазног и минералошког састава шљаке, облика величине и расподеле величине честица, а то су атомска апсорпциона спектроскопија (ААС), оптичка емисиона спектроскопија са индиковано спрегнутом плазмом (ICP-OES), оптичка микроскопија (ОМ), рентгенска дифрактометријска анализа (XRD). Такође, биће одређена насипна густина шљаке пикнометром, садржај воде и рН вредност као физичке особине од значаја за даље истраживање. Степен токсичности алкалне оловне шљаке биће одређен стандардним

тестовима лужења који су прихваћени у националном законодавству: EN 12457-4 и TCLP (Toxicity Characteristic Leaching Procedure).

После процеса лужења алкалне оловне шљаке у води, под различитим реакционим условима (температура, однос чврсто:течно, брзина мешања и време), биће потребно анализирати раствор од излужења као и талог од излужења на садржај појединих фаза. Анализа раствора од излужења и садржај појединих елемената (Na, S, As, Pb, Fe, Ca), биће одређен ICP-OES, као и вредности pH и Eh раствора (pHметар). Присуство примарних и секундарних фаза у талогу шљаке после излужења биће анализирано XRD и сканирајућом електронском микроскопијом- енергетски дисперзном спектроскопијом (SEM-EDS) и симулирано у PHREEQC програмском пакету.

Оптимизација C/C процеса ће се вршити варирањем састава мешавине, количине додате шљаке, врсте адитива, удела агрегата у смеси. Ефикасност C/C процеса ће се оцењивати мерењем притисне чврстоће добијених солидификата и миграторности елемената применом стандардног теста лужења TCLP. Солидификати ће бити изложени реалним атмосферским условима средине и сакупљаће се њихова процедурна вода (дуготрајни тест лужења под реалним условима средине). Концентрација одабраних елемената, олова и арсена, у узорцима раствора након тестова лужења и процедурној води биће одређена оптичком емисионом спектроскопијом са индуктивно куплованом плазмом (ICP-OES). Такође, сваком раствору ће се одредити pH и Eh вредност.

5. Очекивани научни допринос

По завршетку предложених истраживања може се очекивати следећи научни допринос:

- Дефинисање оптималних услова вођења процеса прераде отпадних оловних акумулатора, у функцији полазног састава шарже и променљивих параметара процеса који ће обезбедити генерисање мање количине алкалне оловне шљаке, са минималним штетним утицајем на животну средину.
- Дефинисање методологије процене потенцијалног утицаја процедурних вода од испирања шљаке на загађење околине, миграторност елемената шљаке (Na, S, As, Pb, Fe, Ca) у воду под различитим условима извођења експеримента (температура, брзина мешања, однос чврсто:течно и време).
- Примена новог поступка прераде шљаке која обезбеђује рециклажу и више нивое њене валоризације, чиме се постижу бољи техно-економски параметри прераде.
- Примена новог поступка C/C алкалне оловне шљаке, са проценом излужења олова и арсена из солидификата применом стандардно краткотрајног теста TCLP, као и применом дуготрајног теста лужења под реалним условима средине.

6. План истраживања и структура рада

Предвиђа се да ће предложена докторска дисертација бити организована по следећим поглављима: *Увод, Теоријски део, Преглед литературних резултата, Експериментали део, Анализа резултата и дискусија, Закључак, Литература.*

У поглављу *Увод* биће приказан кратак осврт на подручје испитивања, дефинисани главни циљеви дисертације и предмет истраживања.

У *Теоријском делу* биће описан процес прераде отпадних оловних акумулатора пирометалуршким поступком редукционог топљења олова, са освртом на нус-производе процеса (отпадна оловна шљака). Такође, биће обухваћени принципи на којима се заснива

процес лужења, као и процес стабилизације/солидификације који важи за најбоље доступну технологију за третман опасног отпада са високим садржајем тешких метала.

Поглавље *Преглед литературних резултата* обухватиће анализу досадашњих праваца и резултата истраживања, при чему ће бити представљени:

- Генерисање отпада у процесу рециклаже отпадних оловних акумулатора и утицај услова вођења процеса на квалитет финалног производа и карактеристике отпада.
- Услови лужења токсичних елемената из опасног отпада и процена утицаја процедурних вода од испирања оловне алкалне шљаке на животну средину.
- Утицај присуства различитих елемената из отпада на развој хидратисане структуре солидификата и механизми њихове стабилизације унутар солидификоване матрице.
- Принципи испитивања ефикасности С/С процеса.
- Примена оловне шљаке у грађевинарству.

У *Експерименталном делу* биће наведене и описане методе коришћене у експерименталном раду:

- Испитивање процеса редукционог топљења олова из секундарних сировина.
- Одређивање физичких особина, хемијског састава и токсичности алкалне оловне шљаке из процеса редукционог топљења олова из секундарних сировина.
- Испитивање утицаја температуре, односа чврсто:течно, брзине мешања и времена на лужење елемената из алкалне оловне шљаке у води, са :
 - анализом раствора од лужења на садржај појединих елемената (Na, S, As, Pb, Fe, Ca),
 - анализом талоба после лужења на присуство појединих фаза (сканирајућа електронска микроскопија (SEM), рентгенска дифрактометријска анализа (XRD) и програмски пакет PHREEQC).
- Испитивање утицаја састава и количине шљаке, адитива и агрегата на ефикасност С/С процеса алкалне оловне шљаке у цементној матрици бетона мерењем:
 - притисне чврстоће,
 - миграторности елемената стандардним тестовима лужења,
 - миграторности елемената дуготрајним тестом лужења под реалним условима средине.

У поглављу *Анализа резултата и дискусија* биће приказани и дискутовани следећи резултати:

- Оптимизације процеса редукционог топљења олова из секундарних сировина.
- Испитивања физичких особина, хемијског састава и токсичности оловне алкалне шљаке.
- Резултата лужења елемената шљаке у води
- Испитивања утицаја количине шљаке и састава солидификата на ефикасност С/С процеса.

У поглављу *Закључак* биће приказани најважнији закључци до којих је кандидат дошао у току израде ове докторске дисертације.

У делу *Литература* биће дати литературни наводи цитирани у дисертацији.

7. Закључак и предлог

На основу изнетих података Комисија сматра да је предложена тема докторске дисертације „Оловна алкална шљака у иновативном процесу рециклаже са предтретманом, стабилизацијом и солидификацијом” научно заснована и да кандидат мр Марија Д. Штуловић, дипл. инж. технологије испуњава све услове за рад на предложеној теми докторске дисертације.

Стога Комисија предлаже Наставно-научном већу Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду да прихвати наведену тему и одобри израду ове дисертације. Истраживања у оквиру ове дисертације припадају научној области Металургија, за коју је Технолошко-металуршки факултет Универзитета у Београду матична установа. Стога се за ментора предлаже др Жељко Камберовић, редовни професор Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду (научна област Металургија).

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

.....
др Жељко Камберовић, редовни професор
Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет

.....
др Карло Раић, редовни професор
Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет

.....
др Марија Кораћ, виши научни сарадник
Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет

.....
др Милорад Гавриловски, научни сарадник
Универзитета у Београду, Иновациони центар Технолошко-металуршког факултета у
Београду