

ТЕХНИЧКИ ФАКУЛТЕТ У БОРУ

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
Веће научних области техничких наука

(Број захтева)

(Датум)

ЗАХТЕВ

за давање сагласности на одлуку о прихватању теме докторске дисертације и о одређивању ментора

Молимо да, сходно члану 47. ст. 5. тач. 3. Статута Универзитета у Београду ("Гласник Универзитета", број 186/15-пречишћени текст и 189/16), дате сагласност на одлуку о прихватању теме докторске дисертације:

ДЕФИНИСАЊЕ МОДЕЛА ЗА ОДРЕЂИВАЊЕ БОНДОВОГ РАДНОГ ИНДЕКСА ИЗУЧАВАЊЕМ МЕЉИВОСТИ СИРОВИНА НЕСТАНДАРДНЕ КРУПНОЋЕ

НАУЧНА ОБЛАСТ: **Рударско инжењерство**

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

1. Име, име једног од родитеља и презиме кандидата: **Владимир (Новица) Николић**
2. Претходно образовање (назив и седиште факултета, студијски програм):

Технички факултет у Бору, Рударско инжењерство

3. Година завршетка претходног нивоа студија: **2017.**
4. Година уписа на докторске студије: **2017.**
5. Назив студијског програма докторских студија: **Рударско инжењерство**

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ:

1. Име и презиме ментора: **Проф. др Милан Трумић**

Звање: **редовни професор, Технички факултет у Бору, Универзитет у Београду**

За кандидата: **Владимир Николић**

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. Nikolić V., **Trumić M.**, A new approach to the calculation of bond work index for finer samples, Minerals Engineering, 165, 2021, 106858.
2. Nikolić V., García G. G., Coello-Velázquez L. A., Menéndez-Aguado M. J., **Trumić M.**, Trumić S. M., A Review of Alternative Procedures to the Bond Ball Mill Standard Grindability Test, Metals, 11 (7), 2021, 1114
3. Magdalinovic N., **Trumic M.**, Trumic G., Magdalinovic S., Trumic M., Determination of the bond work index on samples of non-standard size, International Journal of Mineral Processing, Vol 114–117, 2012, pp. 48–50. [ISSN: 0301-7516, IF(2012): 1,378]
4. Todorovic, D., Trumic, M., Andric, L., Milosevic, V., **Trumic, M.**, A quick method for bond work index approximate value determination, Physicochemical Problems of Mineral Processing, 53 (1), 2017, pp. 321-332.
5. Magdalinović N., **Trumić Ž. M.**, Trumić M., Andrić Lj.: The Optimal Ball Diameter in a Mill, Physicochemical Problems of Mineral Processing, Vol 48, No 2, 2012, pp.5–15.

Обавештавамо вас да је НАСТАВНО-НАУЧНО ВЕЋЕ ТЕХНИЧКОГ ФАКУЛТЕТА У БОРУ електронским изјашњавањем до **17.10.2021.** размотрило предложену тему и закључило да је тема подобна за израду докторске дисертације јер садржи оригиналну идеју и да је од значаја за развој науке, примену њених резултата, односно развој научне мисли уопште.

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

Проф. др Нада Штрбац

- Прилог
1. Одлука Наставно-научног већа о прихватању теме и одређивању ментора
 2. Извештај Комисије о оцени научне заснованости теме докторске дисертације

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

Универзитет у Београду
Технички факултет у Бору
Број: VI/4-26-10
Бор, 18. 10. 2021. године

На основу чл. 49. Статута Техничког факултета у Бору, чл. 35. Правилника о докторским студијама на Техничком факултету у Бору и члана 20. став 11. Пословника о раду Наставно-научног већа Техничког факултета у Бору, Наставно-научно веће Факултета електронским изјашњавањем до 17. 10. 2021. године, донело је

О Д Л У К У

I Прихвата се предлог о испуњености услова и о научној заснованости теме докторске дисертације кандидата **Владимира Николића**, мастер инж. руд., студента докторских академских студија студијског програма Рударско инжењерство.

II Одобрава се именованом израда докторске дисертације под називом: „Дефинисање модела за одређивање Бондовог радног индекса изучавањем мељивости сировина нестандардне крупноће“.

III За ментора се именује **др Милан Трумић**, редовни професор Универзитета у Београду, Техничког факултета у Бору.

IV Одлуку доставити надлежном Већу научне области Универзитета у Београду, ради давања сагласности на одлуку о прихватању теме и оређивању ментора.

Доставити:

- ВНО Универзитет у Београду
- именованом
- студентској служби
- архиви

**ПРЕДСЕДНИК
НАСТАВНО-НАУЧНОГ ВЕЋА**

декан

Проф. др Нада Штрбац

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ ТЕХНИЧКОГ ФАКУЛТЕТА У БОРУ УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ

ПРЕДМЕТ: Извештај о оцени и научној заснованости предложене теме докторске дисертације кандидата **Владимира Николића, дипл. инж. рударства - мастер.**

Одлуком Научно-наставног већа Техничког факултета у Бору, бр. VI/4-25-16 од 16.09.2021. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену научне заснованости теме докторске дисертације кандидата **Владимира Николића** под називом:

„Дефинисање модела за одређивање Бондовог радног индекса изучавањем мељивости сировина нестандартне крупноће”

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси:

ИЗВЕШТАЈ

1. Подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

Владимир Николић је рођен 10.05.1989. године у Бору, где је завршио основну школу и средњу Машинско - електротехничку школу, смер: Електротехничар рачунара, са одличним успехом.

Основне академске студије на Техничком факултету у Бору уписао је 2008. год. и завршио 2013. год. на студијском програму Рударско инжењерство, модул: Рециклажне технологије и одрживи развој са просечном оценом у току студија 8,33 и оценом 10 на завршном раду. Мастер академске студије на истом студијском програму, модул: Припрема минералних сировина уписао је 2015. год. и завршио 2017. год. са просечном оценом 9,50 и оценом 10 на мастер раду. Докторске академске студије на Техничком факултету у Бору, на студијском програму Рударско инжењерство уписао је школске 2017/2018. године.

Као члан организационог одбора учествовао је у организацији 1., 2., 5., и 6. Студентског Симпозијума „Рециклажне технологије и одрживи развој“, XI и XII International Symposium on Recycling Technologies and Sustainable Development, XIII и XIV International Mineral Processing and Recycling Conference.

Маја 2016. године засновао је радни однос на Техничком факултету у Бору, на пословима универзитетског сарадника у настави за ужу научну област Минералне и рециклажне технологије, са пуним радним временом. Марта 2018. године изабран је у звање асистента за ужу научну област Минералне и рециклажне технологије, са пуним радним временом. У претходним изборним периодима био је ангажован у настави за извођење вежби из предмета из уже научне области Минералне и рециклажне технологије на основним академским студијама и мастер академским студијама: Припрема минералних сировина, Технологија припреме техногених отпада, Специјалне

методе концентрације, Технологија ПМС, Физичке методе концентracије, Испитивање минералних сировина, Пројектовање депонија, Санација и рекултивација земљишта, Теоријске основе за израду мастер рада. Према резултатима вредновања педагошког рада наставника и сарадника, од стране студената, за период од 2016-2020. године, позитивно је оцењен, са просечном оценом 4,87. Извештаји о вредновању педагошког рада наставника доступни су на веб страници Техничког факултета у Бору:

<https://www.tfbor.bg.ac.rs/samoevaluacija>

Током запослења учествовао је у организацији XI и XII International Symposium on Recycling Technologies and Sustainable Development, XIII и XIV International Mineral Processing and Recycling Conference и 5., и 6. Студентског Симпозијума „Рециклажне технологије и одрживи развој“. Био је и технички уредник на XI International Symposium on Recycling Technologies and Sustainable Development и 5., и 6. Студентском Симпозијуму „Рециклажне технологије и одрживи развој“. Технички уредник Часописа националног значаја „Recycling and Sustainable Development“ био је 2017., 2018. 2020 и 2021. године. Аутор или коаутор је четрнаест радова, од чега је 1 рад публикован у категорији (M21), један рад је публикован у категорији (M50), 10 радова је публиковано у зборницима са међународних научних скупова (M30) и 2 саопштења са конференција националног значаја из категорије (M60).

1.2. Библиографски подаци

M20 - Радови објављени у научним часописима међународног значаја

M21 (=1) Рад у врхунском међународном часопису

1. **V. Nikolić**, G. G. García, L. A. Coello-Velázquez, M. J. Menéndez-Aguado, M. Trumić, S. M. Trumić, A Review of Alternative Procedures to the Bond Ball Mill Standard Grindability Test, Metals, 11 (7), 2021, 1114, <https://doi.org/10.3390/met11071114>

M50 - Радови објављени у националним часописима

M51 (=1) Рад у водећем часопису националног значаја

1. Lj. Andric, M. Trumić, M. S. Trumić, **V. Nikolić**, Micronization of zeolite in vibration mill Recycling and Sustainable Development, Vol. 11, No. 1, 2018, pp. 63 - 71. (ISSN Print Issue: 1820-7480; Online Issue: 2560-3132)

M30 - Зборници међународних научних скупова

M33 (=10) Саопштење са међународног скупа штампано у целини

1. **V. Nikolić**, J. Sokolović, R. Stanojlović, Predicting of industrial results and valorization of coal from old tailing ponds in coal mine “Vrška Čuka” Avramica,

- Serbia, XI International Symposium on Recycling Technologies and Sustainable Development, 02–04 November 2016., Hotel „Albo“, Bor, Serbia, pp. 152-158, ISBN 978-86-6305-051-8.
2. **V. Nikolić**, M. Trumić, M. S. Trumić, Lj. Andrić, Modern directions of using natural zeolites in the world, XII International Symposium on Recycling Technologies and Sustainable Development, 13–15 September 2017., Hotel Jezero, Bor Lake, Serbia, pp. 177-183, ISBN 978-86-6305-069-3.
 3. **V. Nikolić**, M. Trumić, M. S. Trumić, D. Radulović, Lj. Andrić, New directions of the application of micronizing mineral raw materials, The 49th International October Conference on Mining and Metallurgy, 18 - 21 October 2017, Bor Lake, Serbia, pp. 578-581, ISBN 978-86-6305-066-2.
 4. **V. Nikolić**, Z. Štirbanović, D. Marilović, Primena elektroflotacije u prečišćavanju otpadnih voda, Zbornik radova sa IV Naučno-stručnog skupa sa međunarodnim učešćem „Politehnika 2017“, Visoka škola strukovnih studija Beogradska Politehnika, pp. 160-165, Beograd, Srbija, 8. - 8. Dec, 2017, ISBN 978-86-7498-074-3.
 5. J. Sokolović, R. Stanojlović, Z. Štirbanović, M. Guševac, D. Marilović, **V. Nikolić**, Matematičko predodređivanje tehnoloških pokazatelja u procesu flotiranja topioničke šljake, Zbornik radova sa IV Naučno-stručnog skupa sa međunarodnim učešćem „Politehnika 2017“, Visoka škola strukovnih studija Beogradska Politehnika, pp. 63-68, Beograd, Srbija, 8. - 8. Dec, 2017, ISBN 978-86-7498-074-3.
 6. Z. Štirbanović, D. Marilović, J. Sokolović, **V. Nikolić**, Ispitivanje mogućnosti briketiranja kukuruzovine, Zbornik radova sa IV Naučno-stručnog skupa sa međunarodnim učešćem „Politehnika 2017“, Visoka škola strukovnih studija Beogradska Politehnika, pp. 81-86, Beograd, Srbija, 8. - 8. Dec, 2017, ISBN 978-86-7498-074-3.
 7. **V. Nikolić**, M. Trumić, Lj. Andrić, M. S. Trumić, Micronization of zeolite in a vibrating mill with rings, The 50th International October Conference on Mining and Metallurgy, 30 September - 3 October 2018, Bor Lake, Bor, Serbia, pp. 55-58. ISBN 978-86-7827-050-5.
 8. **V. Nikolić**, M. Trumić, M. S. Trumić, Lj. Andrić, Shorter methods for determining bond work index, V4 Waste Recycling XXI Conference, Miskolc, Hungary, 22.11.2018 - 23.11.2018, pp. 188-204, ISBN 978-963-358-173-5.
 9. **V. Nikolić**, M. Trumić, M. S. Trumić, Instrumental methods for characterization of zeolite, XIII International Mineral Processing and Recycling Conference, Belgrade, Serbia, 8 – 10 May 2019, pp. 104-110, ISBN 978-86-6305-091-4.

10. **V. Nikolić**, M. Trumić, J. M. Menéndez-Aguado, Determination of Bond work index in non-standard mills, XIV International Mineral Processing and Recycling Conference, Belgrade, Serbia, 12-14 May 2021, pp. 43 - 49, ISBN 978-86-6305-113-3.

M60 - Саопштења са националних скупова

M63 (=2) Саопштења са скупа националног значаја штампано у целини

1. M. Đorđević, **V. Nikolić**, M. Katalinić, Uticaj metalurgije bakra na životnu sredinu u opštini Bor, Zbornik radova 1. Studentskog Simpozijuma „Reciklažne tehnologije i održivi razvoj“, 05-07.09.2012., Sokobanja, Srbija, pp. 131-134.
2. **V. Nikolić**, Održivi razvoj i rafinerijska prerada nafte u Pančevu – procena uticaja na kvalitet životne sredine, Zbornik radova 1. Studentskog Simpozijuma „Reciklažne tehnologije i održivi razvoj“, 05-07.09.2012., Sokobanja, Srbija, pp. 135-138.

M70 - Мастер рад

M72 Одбраћен мастер рад

1. **Vladimir Nikolić**, Istraživanje kinetike mikronizirajućeg mlevenja zeolita u prstenastom mlinu, Univerzitet u Beogradu, Tehnički Fakultet u Boru, mentor prof. dr. Milan Trumić, septembar 2017.

1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

На основу претходно предочених чињеница да је кандидат завршио мастер студије, на основу објављених и саопштених радова и оствареног искуства кандидата у досадашњем раду, Комисија је установила да, **кандидат Владимир Николић**, има научно-стручну усмереност у области којој припада предложена тема дисертације те се оцењује подобном за рад на датој теми. Комисија закључује да, кандидат Владимир Николић, поседује све потребне квалификације и испуњава формалне услове за одобравање израде докторске дисертације и да може да приступи обради предложене теме на захтеваном нивоу.

2. Предмет и циљ истраживања

2.1. Предмет истраживања

Уситњавање минералних сировина има огроман значај у многим технолошким процесима. Уситњавање представља процес смањења крупноће сировине ради њене директне употребе, припреме сировине за процес концентрације или други вид технолошке прераде. Осим технолошког, уситњавање има и битан економски значај. Процењује се да се преко 5 % произведене електричне енергије у свету троши на уситњавање различитих врста материјала. Велика потрошња енергије у укупним

трошковима уситњавања минералних сировина разлог је зашто је овај процес великим делом истраживан са становишта утврђивања законитости потрошње енергије од остварених промена у крупноћи сировине.

Данашњи поступци за уситњавање минералних сировина су енергетски врло неефикасни. Енергија која се троши на уситњавање трпи многобројне, углавном неизбежне, непожељне трансформације тако да се на стварање нових површина троши свега око 0,6 % од укупно уложене енергије док се остатак губи у виду топлоте и других облика енергије.

Један од најбитнијих параметара за процену потребне енергије при пројектовању нових постројења или оптимизирању већ постојећих је отпорност сировине на уситњавање. Иако се и дан данас интензивно истражују нове методе за моделовање процеса млевења и одређивање димензије и снаге млинова, а тиме и потребне количине енергије за процес уситњавања, још увек најшире коришћена и најраспрострањенија је Бондова метода.

Бондова метода је опште позната метода која се користи приликом одабира опреме за уситњавање, за оцену ефикасности млевења и прорачуна потребне снаге за млевење. Иако се сматра индустријским стандардом, сам Бонд није у потпуности дефинисао своју процедуру, и зато се понекад могу добити значајна одступања у резултатима испитивања због неких недефинисаних корака у самој методи. Један од тих случаја јесте и почетна крупноћа узорка за млевење, и зато се постављају питања зашто то мора бити почетна крупноћа узорка од 3,35 mm, и да ли је могуће одредити Бондов радни индекс на узорцима нестандардне крупноће. У пракси је могуће пронаћи материјале чија је крупноћа мања од 3,35 mm, и управо такви узорци представљају проблем практикантима приликом пројектовања или оптимизовања неког постројења.

2.2. Циљ истраживања

Циљ предложеног истраживања је да се покаже теоријски и практични допринос познавању одвијања процеса уситњавања на узорцима нестандардне крупноће у лабораторијском Бондовом млину са куглама. Истраживања ће бити усмерена на:

- Праћење утицаја крупноће узорка на вредности Бондовог радног индекса током извођења Бондовог стандардног теста,
- Праћење промене параметра G (новостворени просев по 1 обртају млина) [g/obr] на узорцима нестандардне крупноће приликом извођења Бондовог стандардног теста,
- Праћење промене параметра P_{80} (величина отвора сита кроз које пролази 80 % просева компаративног сита) [μm] на узорцима нестандардне крупноће приликом извођења Бондовог стандардног теста,
- Дефинисање математичког модела за одређивање Бондовог радног индекса на узорцима нестандардне крупноће, ако се зна колики је Бондов радни индекс за узорак стандардне крупноће,

- Дефинисање математичког модела за одређивање Бондовог радног индекса на узорцима стандардне крупноће, ако се зна колики је Бондов радни индекс за узорак нестандардне крупноће,
- Оцена тачности математичког модела за одређивање Бондовог радног индекса на узорцима нестандардне крупноће, на основу добијених резултата из лабораторијских испитивања и доступних резултата из обрађене литературе.

3. Најзначајнија научна литература коришћена за дефинисање теме дисертације

При дефинисању теме коришћене су актуелне, релевантне научне публикације из области мељивости из доступних база страних водећих светских часописа.

- Aksani, B., Sönmez, B., 2000. Simulation of bond grindability test by using cumulative based kinetic model. *Minerals Engineering*. 13 (6), 673-677.
- Ahmadi, R., Shahsavari, S., 2009. Procedure for determination of ball Bond work index in the commercial operations. *Minerals Engineering*. 22 (1), 104-106.
- Berry, T.F., Bruce, R.W., 1966. A simple method of determining the grindability of ores. *Canadian Mining Journal*. 87, 63-65.
- Bond, F.C., 1961. Crushing and grinding calculation part I and II. *British Chemical Engineering* 6 (6 and 8). 378-385 & 543-548.
- Chandar, R.K., Deo, N.S., Baliga, J.A., 2016. Prediction of Bond's work index from field measurable rock properties. *International Journal of Mineral Processing*. 157, 134-144.
- Deniz, V., Ozdag, H., 2002. A new approach to Bond grindability and work index: dynamic elastic parameters. *Minerals Engineering*. 16 (3), 211-217
- Deniz, V., Sütçü, N., Umucu, Y., 2003. The effect of circulating load and test sieve size on the Bond work index based on natural amorphous silica. 18th International Mining Congress and Exhibition of Turkey-IMCET Antalya, Turkey, 10-13 June, 517-522.
- Ford, E., Sithole, V., 2015. A Comparison of Test Procedures for Estimating the Bond Ball Work Index on Zambian/DRC Copper-Cobalt Ores and Evaluation of Suitability for Use in Geometallurgical Studies. Copper Cobalt Africa, incorporating the 8th Southern African Base Metals Conference, Livingstone, Zambia, 6-8 July, 65-68.
- Gharehgheshlagh, H.H., 2015. Kinetic grinding test approach to estimate the ball mill work index. *Physicochemical Problems of Mineral Processing*. 52 (1), 342-352.
- Horst, W.E., Bassarear, J.H., 1977. Use of simplified ore grindability technique to evaluate plant performance. *Transactions of the Metallurgical Society of AIME*, 260, 348-351.
- Jankovic, A., Suthers, S., Wills, T., Valery, W., 2015. Evaluation of dry grinding using HPGR in closed circuit with an airclassifier, *Minerals Engineering*, 71, 133-138.
- Jauregui, R.O., 1983. Simplified Bond Work Index determination. In: Encontro Nacional De Tratamento De Minérios E Hidrometalurgia. 9, Rio de Janeiro, Anais. Porto Alegre: Gráfica e Editora NSB, 358-367.
- Kapur, P.C., 1970. Analysis of the Bond grindability test. *Transactions of the Institution of Mining and Metallurgy*. 79, 103-107.
- Karra, V.K., 1981. Simulation of Bond grindability tests. *CIM Bulletin*. 74 (827), 195-199.

- Kaya, E., Fletcher, P.C., Thompson, P., 2003. Reproducibility of Bond grindability work index. *Mining, Metallurgy & Exploration*. 20, 140-142.
- Kelly, E.G., Dawe, G.A., 1989. Modified Bond method for the evaluation of crusher efficiency. *Mining, Metallurgy & Exploration*. 6, 14-17.
- Levin, J., 1989. Observations on the Bond Standard Grindability Test, and a Proposal for a Standard Grindability Test for Fine Materials. *Journal of the South African Institute of Mining and Metallurgy*. 89 (1), 13-21.
- Lewis, K.A., Pearl, M., Tucker P., 1990. Computer Simulation of the Bond Grindability test, *Mineral Engineering*, 3 (1-2), 199-206.
- Magdalinović, N., 1989. A procedure for rapid determination of the Bond work index. *International Journal of Mineral Processing*. 27 (1-2), 125-132.
- Magdalinović, N., 2003. Abbreviated test for quick determination of Bond's Work index. *Journal of Mining and Metallurgy*. 39 (1-4) A, 1-10.
- Magdalinovic, N., Trumic, M., Trumic, G., Magdalinovic, S., Trumic, M., 2012. Determination of the Bond work index on samples of non-standard size. *International Journal of Mineral Processing*. 114-117, 48-50.
- Menéndez-Aguado, J.M., Dzioba, B.R., Coello-Valazquez, A.L., 2005. Determination of work index in a common laboratory mill. *Minerals & Metallurgical Processing*, 22 (3), 173-176.
- Menéndez-Aguado, J.M., Coello-Velázquez A.L., Tijonov, O.N., Rodríguez Díaz, M.A., 2006. Implementation of energy sustainability concepts during the comminution process of the Punta Gorda nickel ore plant (Cuba). *Powder Technology*. 170, 153-157.
- Menéndez, M., Gent, M., Torno, S., Crespo, N., 2017. A Bond Work index mill ball charge and closing screen product size distributions for grinding crystalline grains. *International Journal of Mineral Processing*. 165, 8-14.
- Menéndez, M., Sierra, H.M., Gent, M., Juez, F.J.deC., 2018. The comminution energy-size reduction of the Bond Mill and its relation to Vickers Hardness. *Minerals Engineering*. 119, 228-235.
- Morrell, S., 2004. An alternative energy-size relationship to that proposed by bond for the design and optimisation of grinding circuits. *International Journal of Mineral Processing*. 74 (1-4), 133-141.
- Mosher, J.B., Tague, C.B., 2001. Conduct and precision of Bond grindability testing. *Minerals Engineering*. 14 (10), 1187-1197.
- Mucsi, G., 2008. Fast test method for the determination of the grindability of fine materials. *Chemical Engineering Research and Design*. 86 (4), 395-400.
- Mucsi, G., Rácz, Á., Mag, G., Antal, G., Csőke B., 2019. Volume based closed-cycle Hardgrove grindability method. *The Mining-Geology-Petroleum Engineering Bulletin*. 9-17.
- Mwanga, A., Rosenkranz, J., Lamberg, P., 2017. Development and experimental validation of the Geometallurgical Comminution Test (GCT). *Minerals Engineering*. 108, 109-114.
- Nematollahi, H., 1994. New size laboratory ball mill for Bond work index determination. *Mining Engineering*. 46 (4), 352-353.
- Ozkahraman, H.T., 2005. A meaningful expression between bond work index, grindability index and friability value. *Minerals Engineering*. 18 (10), 1057-1059.
- Ramirez-Castro, J., Finch, J.A., 1980. Simulation of a grinding circuit change to reduce lead sliming. *CIM Bulletin*. 73 (816), 132-139.

- Saeidi, N., Noaparast, M., Azizi, D., Aslani, S., Ramadi, A., 2013. A developed approach based on grinding time to determine ore comminution properties. *Journal of Mining & Environment*. 4 (2), 105-112.
- Swain, R., Rao, R.B., 2009. Alternative Approaches for Determination of Bond Work Index on Soft and Friable Partially Laterised Khondalite Rocks of Bauxite Mine Waste Materials. *Journal of Minerals & Materials Characterization & Engineering*. 8 (9), 729-743.
- Todorovic, D., Trumic, M., Andric, Lj., Milosevic, V. Trumic, M., 2017. A quick method for bond work index approximate value determination. *Physicochemical Problems of Mineral Processing*. 53 (1), 321-332.
- Tüzün, M.A., 2001. Wet bond mill test. *Minerals Engineering*. 14 (3), 369-373.
- Smith, R.W., Lee, K.H., 1968. A comparison of data from Bond type simulated closed-circuit and batch type grindability tests. *Transactions of the Metallurgical Society of AIME*. 241, 91-99.
- Yap, R.F., Sepulveda, J.L., Jauregui, R., 1982. Determination of the Bond work index using an ordinary batch ball mill, In: Mular A. L., Jergensen, G. V. (Eds.), *Design and Installation of Comminution Circuits*, AIME, New York, 176-203.

Преглед владајућих ставова и схватања у литератури у подручју истраживања са наводом литературе која је консултована

Одређивање Бондовог радног индекса је део фазе пројектовања неког рударског постројења и може значајно утицати на пројектоване тошкове који су везани за уситњавање. Процеси уситњавања у рударству су енергетски најинтезивнији, а такође и област са највећом могућношћу за уштеду енергије. Тачно одређивање Бондовог радног индекса је од суштинског значаја за правилно пројектовање и процену трошкова који су везани за процес уситњавања.

Дробљивост и мељивост су параметри помоћу којих се карактерише отпорност сировина на уситњавање. Постоји више поступака за одређивање дробљивости и мељивости, а у пракси најширу примену нашли су поступци Ф. Ц. Бонда (Bond, 1961). Бондова метода и даље има велику пажњу у индустријској размери због свог прагматизма (Kelly and Dawe, 1989; Menéndez-Aguado et al., 2006; Jankovic et al., 2015) а већина радова је посвећена дискусији о валидности, трајању, новим једноставнијим и бржим алтернативним методама за одређивање Бондовог теста. Berry and Bruce (1966) и Horst and Bassarear (1977) су представили апроксимативну процедуру где се пореде подаци о мељивости непознате руде са референтном рудом чији су подаци о мељивости познати и одређени у Бондовом млину са куглама. Тест се изводи на узорцима крупноће -1,651 mm у било ком лабораторијском млину са куглама. Smith and Lee (1968) су поредили податке добијене стандардним Бондовим тестом и податке из отвореног циклуса млевења, односно првог циклуса млевења стандардног Бондовог теста. Karim (1970) је дошао до закључка да се процена Бондовог индекса може извршити на основу података из прва два циклуса млевења стандардног Бондовог теста. Karra (1981) је модификовао методу Капура тиме што је узео у обзир да је кружна шаржа код стандардног Бондовог теста тврђа од свежег узорка и да се тиме и спорије меље. Ова

метода математичким алгоритмом симулира Бондов тест на основу резултата добијених из прва два циклуса млевења стандардног теста до успостављања стабилне циркулативне шарже од 250 %.

Magdalinović (1989) је дао скраћену методу за одређивање Бондовог радног индекса, која укључује два циклуса млевења. Magdalinović (2003) је дао скраћену методу, сличну претходној која укључује три циклуса млевења и даје боље резултате од претходне. Ahmadi and Shahsavari (2009) су користили кинетику млевења првог реда засновану на резултатима два теста циклуса млевења како би развили брзу методу за одређивање Бондовог радног индекса. Ford and Sithole (2015) у дали скраћену метода за одређивање Бондовог радног индекса која се састоји из два теста. Први тест је одрађен само са једним опитом млевења, а други тест са три опита млевења. Todorović и остали (2016) су дали скраћену методу која може да се ради са два, три или четири циклуса млевења. Сваки циклус млевења се ради идентично као и код стандардног Бондовог поступка.

Lewis и остали (1990) су дали математички алгоритам који симулира стандардни Бондов тест. Компјутерска симулација базирана је на математичком алгоритму. Aksani and Sonmez (2000) су дали компјутерску симулацију Бондовог теста мељивости која се ослања на кумулативни кинетички модел (Ramirez-Castro i Finch, 1980). Поједини аутори су предложили нове мање млинове помоћу којих може да се одреди Бондов радни индекс, (Yap et al., 1982; Jauregui, 1983; Nematollahi, 1994; Menéndez-Aguado et al., 2005; Saeidi et al., 2013; Mwanga et al., 2017). Друга група аутора је истраживала варијације у Бондовом тесту када су мењали величину, масу, број и површину кугли за млевење у Бондовом млину, (Mosher and Tague, 2001; Kaya et al., 2003; Menéndez et al., 2017). Вршена су и истраживања варијације Бондовог теста када се мења компаративно сито за поједине материјале. Доказано је да се Бондов радни индекс повећава како се смањује величина компаративног сита, (Smith and Lee, 1968; Tüzün, 2001; Deniz et al., 2003; Menéndez et al., 2018).

Deniz and Ozdag (2003) су на основу динамичких еластичних параметара сировине развили алтернативну методу одређивања мељивости и Бондовог радног индекса. Morrell (2004) је предложио алтернативни однос енергије-крупноће за честице од (- 100 + 0,1) mm у односу на Бондов, на основу експонента крупноће честице који је у функцији крупноће полазног узорка и производа млевења, али није дао вредности за предложену функцију. Такође, није показано да је овај предлог применљив за млевење испод < 100 μm . Ozkahraman (2005) је показао да се Бондов радни индекс и индекс мељивости могу одредити на основу вредности кртости материјала. Mucsi (2008), Swain and Rao (2009) и Mucsi и остали (2019) су представили релативно брзе алтернативне методе за одређивање Бондовог радног индекса за крпе материјале (Mucsi, 2008; Mucsi et al., 2019), и руде боксита у Индији (Swain and Rao, 2009) помоћу универзалног Хардгровог млина.

Gharehgheshlagh (2015) је дао методу која се ослања на праћење кинетике млевења у Бондовом млину са куглама и установио је серију односа између параметара млевења и параметара Бондове једначине. Грешка између резултата добијених овом методом и резултата добијених стандардном методом не пралази 2,6 %. Chandar и остали (2016) су покушали да одреде Бондов радни индекс користећи карактеристике руда, као што су

густина (ρ), Протођаконов коефицијент чврстоће (PSI), и тврдоћа руде (RHN). Користили су два математичка модела за анализу лабораторијских резултата, вештачке неуронске мреже (Artificial Neural Networks - ANN) и регресиона анализа. Добијени су да је проценат грешке између стварних вредности Бондовог радног индекса, добијених из лабораторијских експеримената и предвиђених резултата добијених на основу вештачких неуронских мрежа између максималног одступања од 5,44 % и минималног одступања од 0,05 %.

Levin (1989) је предложио методу за одређивање мељивости финог материјала, која укључује процену потребне енергије за млевење финих материјала. Ова метода се углавном примењује за млевење у млину са куглама. Magdalinovic и остали (2012) су одређивали Бондов радни индекс на узорцима нестандардне крупноће. На основу добијених резултата, дали су процедуру за прорачун (W_i) узорка нестандардне крупноће.

4. Полазне хипотезе

Бонд је описујући свој тест за одређивање радног индекса допустио могућност коришћења узорка мање крупноће од стандардне, ако је то заиста потребно. У литератури постоји велики број радова у којима истраживачи напомињу да је Бондов радни индекс применљив само за стандардну крупноћу полазног узорка која је изражена горњом граничном крупноћом сировине (ГТК) од 3,35 mm, или да није применљив за полазни узорак који је знатно ситнији од стандардног узорка. Међутим, у тим радовима се не дају процењена одступања која би се добила тестирањем узорака мање крупноће, или можда зависности одступања радног индекса од полазне крупноће узорка.

Предложена истраживања би на основу добијених експерименталних резултата представила дефинисање математичког модела за одређивање Бондовог радног индекса на узорцима нестандардне крупноће, ако се зна колики је Бондов радни индекс за узорак стандардне крупноће, и дефинисање математичког модела за одређивање Бондовог радног индекса на узорцима стандардне крупноће, ако се зна колики је Бондов радни индекс за узорак нестандардне крупноће. Дефинисање математичког модела за одређивање Бондовог радног индекса на узорцима нестандардне крупноће помогло би у великој мери практикантима приликом пројектовања неког новог постројења или оптимизације неког постојећег постројења.

5. Научне методе истраживања

Програми истраживања (фазе) и оријентациони садржај докторске дисертације:
Планирано је да се истраживање одвија у 5 фаза:

- I. Карактеризација мономинералних узорака (узорци зеолита, дацита и базалта),
- II. Припрема узорака и уситњавање,

- III. Одређивање гранулометријског састава на почетним узорцима,
- IV. Одређивање Бондовог радног индекса у стандардном Бондовом млину са куглама,
- V. Дефинисање процедуре за одређивање Бондовог радног индекса на узорцима нестандардне крупноће.

У фази I. применом стандардних метода извршиће се карактеризација узорака да би се добили подаци о саставу полазних узорака. Фаза II. је фаза припреме и уситњавања узорака потребних за формирање почетних узорака. Уситњавање ће се вршити дробљењем у чељусној дробилици до крупноће ГГК=3,35 mm. Припрема узорка ће обухватати хомогенизацију, скраћивање узорка и узорковање почетне масе полазног узорка. Хомогенизација ће бити вршена превртањем узорка на гуменој простирци, скраћивање ће се извршити четвртањем и одбацивањем супротних четвртина, док ће се узорковање извршити методом квадрата и тачке.

У фази III. и IV. на почетним узорцима ће бити одређен гранулометријски састав ситовном методом, како би се добио параметар F_{80} (величина отвора сита кроз које пролази 80 % полазног узорка) [μm] а затим ће на тим узорцима бити одређен Бондов радни индекс у стандардном Бондовом млину са куглама. Када се добију потребни параметри P_{80} (величина отвора сита кроз које пролази 80 % просева компаративног сита) [μm] и G (новостворени просев по 1 обртају млина) [g/obr] и израчунаће се вредност Бондовог радног индекса.

У фази V. на основу добијених резултата Бондовог радног индекса дефинисаће се процедура и представити математички модел за одређивање Бондовог радног индекса на узорцима нестандардне крупноће.

Истраживања ће се обавити у лабораторији за МИРТ, на Техничком Факултету у Бору.

6. Очекивани научни допринос

- Резултати истраживања послужиће као полазна основа за теоретска објашњења промена почетне крупноће узорка на вредности Бондовог радног индекса током извођења Бондовог стандардног теста.
- Резултати истраживања послужиће као полазна основа за теоретска објашњења промена параметара G (новостворени просев по 1 обртају млина) [g/obr] и P_{80} (величина отвора сита кроз које пролази 80 % просева компаративног сита) [μm] на узорцима нестандардне крупноће приликом извођења Бондовог стандардног теста.
- Резултати истраживања омогућиће дефинисање математичког модела за одређивање Бондовог радног индекса на узорцима нестандардне крупноће, ако се зна колики је Бондов радни индекс за узорак стандардне крупноће.
- Резултати истраживања омогућиће дефинисање математичког модела за одређивање Бондовог радног индекса на узорцима стандардне крупноће, ако се зна колики је Бондов радни индекс за узорак нестандардне крупноће.

- Резултати поменутих истраживања могу наћи своју примену приликом пројектовања неког новог постројења или оптимизирања неког постојећег постројења.

7. План истраживања и структура рада

7.1. План истраживања

План истраживања у оквиру докторске дисертације одвијаће се кроз следеће фазе:

- Преглед научне литературе и сакупљање релевантних података
- Дефинисање предмета и циља истраживања
- Припрема и карактеризација узорака
- Извођење стандардног Бондовог теста на узорцима стандардне и нестандартне крупноће
- Испитивање промена параметара G (новостворени просев по 1 обртају млина) $[g/obr]$ и P_{80} (величина отвора сита кроз које пролази 80 % просева компаративног сита) $[\mu m]$ током извођења стандардног Бондовог теста на узорцима стандардне и нестандартне крупноће
- Испитивање промена гранулометријског састава производа млевења током извођења стандардног Бондовог теста на узорцима стандардне и нестандартне крупноће
- Дефинисање математичког модела за одређивање Бондовог радног индекса на узорцима нестандартне крупноће, ако се зна колики је Бондов радни индекс за узорак стандардне крупноће
- Дефинисање математичког модела за одређивање Бондовог радног индекса на узорцима стандардне крупноће, ако се зна колики је Бондов радни индекс за узорак нестандартне крупноће
- Анализа и дискусија резултата
- Формулисање одговарајућих закључака

7.2. Структура рада

Предвиђа се да ће докторска дисертација садржати следећа поглавља:

1. Уводни део
2. Теоријски део
3. Истраживачки део
4. Резултати истраживања и дискусија
5. Закључак
6. Литература

8. Закључак и предлог

На основу пријаве кандидата и образложења теме докторске дисертације, Комисија за оцену подобности теме и кандидата закључује да кандидат Владимира Николића, дипл.инж.руд., испуњава све законске услове за израду предложене докторске дисертације, а такође сматра да је предложена тема адекватна за израду докторске дисертације.

Комисија предлаже Наставно-научном већу Техничког факултета у Бору Универзитета у Београду да се кандидату Владимиру Николићу, дипл.инж.руд., одобри израда докторске дисертације под називом **„Дефинисање модела за одређивање Бондовог радног индекса изучавањем мељивости сировина нестандардне крупноће”**. Предложена тема спада у научно поље техничких наука и у научну област - Рударско инжењерство, Минералне и рециклажне технологије, за коју Технички факултет у Бору има акредитоване докторске студије. За ментора се предлаже проф. др Милан Трумић, редовни професор на Техничком факултету у Бору, Универзитета у Београду, који испуњавају све Законом предвиђене услове (већи број радова публикованих у часописима са SCI листе).

У Бору, 06.10.2021. године

Чланови комисије

др Маја Трумић, ванредни професор
Технички факултет у Бору, Универзитет у Београду

др Љубиша Андрић, редовни професор
Технички факултет у Бору, Универзитет у Београду

др Предраг Лазић, редовни професор
Рударско-геолошки факултет, Универзитет у Београду