

Број захтева: _____

Датум: _____

ЗАХТЕВ

за давање сагласности на реферат о урађеној докторској дисертацији

Молимо да, сходно члану 46. став 5. тачка 4. Статута Универзитета у Београду (“Гласник Универзитета” број 131/06), дате сагласност на реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата:

мр Дејана (Чедомир) Тодоровића

КАНДИДАТ: **мр Дејан (Чедомир) Тодоровић**

Пријавио је докторску дисертацију под називом:

ИЗУЧАВАЊЕ МЕЉИВОСТИ НЕХОМОГЕНИХ КОМПОЗИТНИХ МАТЕРИЈАЛА И ТЕСТИРАЊЕ СКРАЋЕНОГ ПОСТУПКА ЗА ОДРЕЂИВАЊЕ БОНДОВОГ РАДНОГ ИНДЕКСА

Из научне области: **Рударско инжењерство**

Универзитет је дана **08.02.2016.** године својим актом под бројем **61206-93/2-16** дао сагласност на предлог теме дисертације која гласи: **ИЗУЧАВАЊЕ МЕЉИВОСТИ НЕХОМОГЕНИХ КОМПОЗИТНИХ МАТЕРИЈАЛА И ТЕСТИРАЊЕ СКРАЋЕНОГ ПОСТУПКА ЗА ОДРЕЂИВАЊЕ БОНДОВОГ РАДНОГ ИНДЕКСА**

Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата: **мр Дејана (Чедомир) Тодоровића** образована је на седници одржаној **06.07.2016.** године, одлуком факултета под бр. **VI/4-11-15.**, у саставу:

Име и презиме члана комисије / звање / научна област / установа у којој је запослен

1. Др Милан Трумић, ред. професор, минералне и рециклажне технологије, Технички факултет у Бору, ментор
2. Др Маја Трумић, доцент, минералне и рециклажне технологије, Технички факултет у Бору, члан
3. Др Љубиша Андрић, научни саветник, припрема минералних сировина, ИТНМС Београд, члан
4. Др Владан Милошевић, виши научни сарадник, припрема минералних сировина, ИТНМС Београд, члан

Наставно-научно веће факултета прихватило је извештај Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације на седници одржаној дана **01.09.2016.** године, под бројем: **VI/4-11-2.3.**

В. Д. Декан Факултета

Проф. др Нада Штрбац

Прилог:

1. Извештај комисије са предлогом
2. Акт наставно-научног већа факултета о усвајању извештаја.
3. Примедбе дате у току стављања извештаја на увид јавности, уколико је таквих примедби било

Универзитет у Београду
Технички факултет у Бору
Број: VI/4-12-2.3.
Бор, 01. 09. 2016. године

На основу члана 47. Статута Техничког факултета у Бору, Наставно научно веће Факултета, на седници одржаној 01. 09. 2016. године, донело је

О Д Л У К У

I Усваја се Извештај Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата: **мр Дејана Тодоровића**, дипл. инж. руд., под називом: „**Изучавање мељивости нехомогених композитних материјала и тестирање скраћеног поступка за одређивање Бондовога радног индекса**“, на који није било примедби.

II Универзитет у Београду је дана 08. 02. 2016. године дао сагласност на предлог теме докторске дисертације.

III Радови из научних часописа са листе која је утврђена као релевантна за вредновање научне компетенције у одређеном научном пољу:

Рад у међународном часопису

Категорија M22

Todorović Dejan, Trumic Maja, Andrić Ljubiša, Milošević Vladan, Trumić Milan: Quick method for Bond work index approximate value determination, - *Physicochemical Problems of Mineral Processing*, vol. 53, no.1, pp 321-332, 2017 (**IF 2015=0.977**) (ISSN 1643-1049)

IV Именовани ће бранити докторску дисертацију пред Комисијом у саставу:

1. др Милан Трумић, редовни професор Техничког факултета у Бору - ментор;
2. др Маја Трумић, доцент Техничког факултета у Бору - члан;
3. др Љубиша Андрић, научни саветник, ИТНМС Београд – члан;
4. др Владан Милошевић, виши научни сарадник, ИТНМС Београд - члан.

V Одлуку доставити надлежном Већу научних области Универзитета у Београду, ради давања сагласности. Докторска дисертација из става 1. ове одлуке подобна је за одбрану након добијања сагласности именованог Већа Универзитета.

VI О термину одбране благовремено се обавештава стручна служба ради обављања претходних активности.

Доставити:

- именованом
- Већу научних области Универзитета у Београду
- студентској служби
- архиви

ПРЕДСЕДНИК
НАСТАВНО НАУЧНОГ ВЕЋА

в. д. декан

Проф. др Нада Штрбац

НАСТАВНО - НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата мр Дејана Тодоровића, дипл. инж. рударства

Одлуком Наставно-научног већа Техничког факултета у Бору Универзитета у Београду број VI/4-11-15 од 06.07.2016. године, именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата мр Дејана Тодоровића, дипл. инж. рударства под насловом:

„Изучавање мељивости нехомогених композитних материјала и тестирање скраћеног поступка за одређивање Бондовог радног индекса“.

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

РЕФЕРАТ

1. УВОД

1.1. Хронологија одобравања и израде дисертације

Хронологија одобравања у процесу израде докторске дисертације протекла је следећом динамиком:

19.11.2007. На Рударско геолошки факултету у Београду одбранио је магистарски рад под називом: „Корелација услова магнетске концентрације и квалитета производа кварцног песка“

19.10.2015. - На седици Катедре за Минералне и рециклажне технологије Техничког факултета у Бору Универзитета у Београду, констатовано је да је кандидат мр Дејан Тодоровић, дипл. инж. рударства, пријавио 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.

22.10.2015. - Одлуком број VI/4-2-8 Наставно-научног већа Техничког факултета у Бору Универзитета у Београду, именована је Комисија за оцену научне заснованости предложене теме докторске дисертације.

25.12.2015. - Одлуком број VI/4-4-8.3. Наставно-научног већа Техничког факултета у Бору Универзитета у Београду, усвојен је Извештај Комисије за оцену научне заснованости пријављене докторске дисертације.

08.02.2016. - Веће научних области техничких наука Универзитета у Београду донело је одлуку број 61206-93/2-16, о давању сагласности на предлог теме докторске дисертације под називом „Изучавање мељивости нехомогених композитних материјала и тестирање скраћеног поступка за одређивање Бондовога радног индекса“.

24.06.2016. - На седици Катедре за Минералне и рециклажне технологије Техничког факултета у Бору Универзитета у Београду, констатовано је да је кандидат мр Дејан Тодоровић, дипл. инж. рударства, предао урађену докторску дисертацију и Наставно-научном већу Техничког факултета у Бору Универзитета у Београду је предложена Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације.

06.07.2016. - Одлуком број VI/4-11-15 Наставно-научног већа Техничког факултета у Бору Универзитета у Београду, именована је Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата мр Дејана Тодоровића, дипл. инж. рударства, у саставу: проф. др Милан Трумић, Технички факултет у Бору Универзитета у Београду (*ментор*); доц. др Маја Трумић, Технички факултет у Бору Универзитета у Београду (*члан*); проф. др Љубиша Андрић, Институт за технологију нуклеарних и других минералних сировина (*члан*), др Владан Милошевић, Институт за технологију нуклеарних и других минералних сировина (*члан*).

1.2. Научна област дисертације

Предмет истраживања докторске дисертације припада научној области Рударско инжењерство (за коју је Технички факултет у Бору акредитовао студијске програме за сва три нивоа студија), ужа научна област – Минералне и рециклажне технологије. За ментора је изабран др Милан Трумић, редовни професор Техничког факултета у Бору Универзитета у Београду који је на основу досад објављених радова компетентан да руководи израдом ове докторске дисертације. Проф. др Милан Трумић као аутор и коаутор публиковао је 10 радова у часописима са JCR-листе цитираних 16 пута у 16 радова.

1.3. Биографски подаци о кандидату

Кандидат Дејан (Чедомир) Тодоровић, рођен је 22. 09. 1972. године у Неготину где је завршио основну и средњу школу. Рударско-геолошки факултет у Београду, одсек припрема минералних сировина, уписао је 1991. године, а дипломирао је 2000. године са просечном оценом 8,05, оценом 10 на дипломском испиту са темом „Флотацијска концентрација минерала олова, бакра и цинка из композитног узорка претконцентрата и класе -3+0 мм руде рудника “Рудник” “ и стекао звање дипломирани инжењер рударства за припрему минералних сировина. Магистарске студије на Рударско-геолошком факултету, одсек за рударство, смер припрема минералних сировина, уписао 2000. године, а магистрирао 2007. године на тему под називом „Корелација услова магнетске концентрације и квалитета производа кварцног песка“.

Од 2000. године запослен је у Институту за технологију нуклеарних и других минералних сировина у Београду као истраживач сарадник где ради на пројектима које финансира министарство за науку и технолошки развој, као и на пројектима финансираним од стране привредних организација.

Аутор је и коаутор: 1 рада публикованог у међународном часопису категорије M24, 1 рада публикованог у националном часопису категорије M50, 25 саопштења са

конференција међународног значаја категорије M30, 9 саопштења националног значаја категорије M60, 6 техничких решења категорије M80.

Учествовао је у организацији научно стручних скупова као члан техничког и организационог одбора: Balkan mineral processing congress 2015. године.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација кандидата мр Дејана Годоровића, дипл. инж. рударства под називом: „Изучавање мељивости нехомогених композитних материјала и тестирање скраћеног поступка за одређивање Бондовога радног индекса“, написана је у обиму од 122 стране и састоји се од 7 поглавља:

1. Увод (обим 2 стране и 12 литературних цитата)
2. Теоријски део (обим 38 страна, 10 слика, 14 табела и 58 литературних цитата)
3. Циљ рада (обим 2 стране)
4. Експериментални део (обим 10 страна, 5 слика, 4 табела и 7 литературних цитата)
5. Резултати и дискусија (обим 65 страна, 51 слика, 31 табела и 22 литературна цитата)
6. Закључак (обим 2 стране)
6. Литература (обим 3 стране, 50 литературних извора)

На почетку дисертације је дата захвалност кандидата, резиме на српском и енглеском језику, а на крају дисертације биографија кандидата и потписане изјаве о ауторству, истовестности штампане и електронске верзије докторског рада и начину коришћења докторске дисертације.

По својој форми, садржају и постигнутим резултатима, дисертација у потпуности задовољава критеријуме и стандарде Универзитета у Београду за докторску дисертацију.

2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

У првом поглављу (Увод), говори се о млевењу као једном од процеса припреме минералних сировина, и великој потрошњи енергије приликом извођења ове фазе прераде сировине. Указано је на значај проучавања ове области са аспекта уштеде енергије. Описан је поступак за одређивање мељивости минералних сировина, који је дао Фред Ц. Бонд и који представља симулацију млевења у затвореном циклусу до постизања 250% кружне шарже. Изнето је да због сложености и дужине овог поступка за одређивање мељивости су чињени покушаји многих истраживача да ову методу поједноставе и скрате.

Друго поглавље (Теоријски основе), састоји се од пет потпоглавља. У првом потпоглављу говори се о гранулометријском саставу сировине као основном делу лабораторијских испитивања и његовој важности за одређивање квалитета млевења и утврђивање степена ослобађања корисних минерала од јаловине при различитим крупноћама зрна. Показани су начини одређивања гранулометријског састава и приказивање добијених резултата табеларно и графички. У другом потпоглављу описан је начин појављивања корисних минерала у природним стенама и објашњена је неопходност уситњавања ради њиховог ослобађања пре процеса концентрације. Објашњена је структура чврстих тела која се најчешће јављају у облику кристалне

решетке, дефекти који се јављају у кристалним решеткама и њихов утицај на процес уситњавања. Описани су начини уситњавања, силе које делују при уситњавању, уређаји за уситњавање као и степени уситњавања појединих уређаја. Наведени су и објашњени закони уситњавања који се баве односом утрошене енергије и остварене промене у крупноћи материјала, као и области уситњавања које добро описују. У трећем потпоглављу објашњен је начин одређивања енергије потребне за уситњавање материјала у лабораторијским условима који је развио Фред Ц. Бонд. Показане су средње вредности Бондовога радног индекса за неке сировине. Објашњена је потреба да се овај поступак поједностави, наведени су и описани су неки од скраћених поступака појединих научника заједно са приказаним упоредним вредностима добијеним стандардним и скраћеним поступком. Такође, у овом потпоглављу су приказана досадашња истраживања млевења у млину са куглама нехомогених и композитних материјала. У четвртог потпоглављу изнета је теоријска основа скраћеног поступка за одређивање Бондовога радног индекса који је био предмет испитивања ове докторске дисертације. У петом потпоглављу је детаљно описана процедура за извођење овог скраћеног поступка.

У трећем поглављу (Циљ истраживања) детаљно су изложени циљеви истраживања, и предложене хипотезе истраживања. Истраживања која су спроведена у оквиру ове докторске дисертације била су усмерена на:

- праћење промена појединих параметара (параметра G [g/ob.], параметар P_{80} [μm], састав кружне шарже, састав производа млевења), приликом извођења стандардне Бондове процедуре за одређивање мељивости материјала, који добро описују механизме који се дешавају у Бондовом лабораторијском млину са куглама,
- дефинисање скраћеног поступка за одређивање Бондовога радног индекса на основу података добијених праћењем промена параметара млевења. Тестирање скраћеног поступка упоредним испитивањем са стандардним поступком на нехомогеним композитним материјалима.

Четврто поглавље (Експериментални део), састоји се од два потпоглавља. У првом потпоглављу наведени су узорци који су били предмет испитивања ове докторске дисертације заједно са њиховим физичким, хемијским и минералошким особинама. У другом потпоглављу су наведене методе лабораторијских испитивања које су примењене у овој докторској дисертацији. Описани су детаљно поступак извођења стандардне Бондове процедуре за одређивање радног индекса заједно са сликама и карактеристикама примењених лабораторијских уређаја и поступак за одређивање нерастворног дела узорка у хлороводоничкој киселини.

Пето поглавље (Резултати и дискусија), састоји се од шест потпоглавља. У првом потпоглављу приказани су резултати добијени стандардном Бондовом процедуром за одређивање мељивости са компаративним ситима $74\mu\text{m}$, $105\mu\text{m}$ и $150\mu\text{m}$ на узорцима кречњака и андезита као и на узорцима мешавина ових сировина у различитим масеним односима. За сваки Бондов тест су приказане промене параметара G [g/ob.] и P_{80} [μm] у различитим циклусима млевења. У другом потпоглављу приказани су резултати добијени стандардном Бондовом процедуром са компаративним ситом $150\mu\text{m}$ за одређивање мељивости на узорцима топионичке шљаке и руде бакра и на узорцима мешавина ових сировина у различитим масеним односима. За сваки Бондов тест су приказане промене параметара G [g/ob.] и P_{80} [μm] у различитим циклусима млевења. У трећем потпоглављу објашњен је начин на који су одређене константе g_{ki} и r_{ki} . Приказан је распон кретања бројних вредности G_i/G_{i0} и P_{80i}/P_{80i0} за други, трећи и четврти циклус млевења стандардног Бондовога теста на узоцима који су испитивани у докторској дисертацији. Константе g_{ki} и r_{ki} представљају средње вредности највеће и

најмање величине предходно поменутих односа. У четвртом потпоглављу показане су рачунски добијене вредности Бондовога радног индекса композитних узорака према масеним уделима и Бондовим индексима компоненти мешавине, упоредо са вредностима Бондовога радног индекса добијених стандардном процедуром. На овај начин је показано да ли је потребан већи утрошак енергије када се компоненте мешавине мељу заједно или одвојено. У петом потпоглављу приказане су табеларно и графички промене састава циркулатине шарже и производа млевења током извођења стандардног Бондовога теста мељивости на композитним узорцима андезита и кречњака. Показано је да долази до концентracије тврђе компоненте (андезит) у циркулативној шаржи од првог ка крајњем циклусу млевења, док је код производа млевења у првим циклусима млевења највећа концентрација мекше компоненте (кречњак) која полако опада како опит напредује. У шестом потпоглављу табеларно су приказани упоредни резултати добијени стандардним Бондовим поступком и скраћеним поступком са два, три и четири млевења за вредности параметара G [g/ob.] и P_{80} [μm] и за вредности Бондовога радног индекса W_i [kWh/t]. Анализа приказаних података је урађена засебно на узоцима кречњака и андезита и засебно на узорцима шљаке и руде бакра, као и обједињено за све узорке који су испитивани у раду.

У петом поглављу (Закључак) кандидат даје резиме добијених резултата из којих се може извести следеће:

- Нема велике разлике у погледу утрошка енергије да ли се композитни узорци андезита и кречњака и композитни узорци топионичке шљаке и руде бакра мељу одвојено или заједно.
- У почетним циклусима млевења мекша компонента лакше се уситњава и брже постиже жељену крупноћу и прелази у производ млевења у већем масеном уделу од тврђе компоненте у односу на њихов полазни масени однос. Са порастом броја циклуса млевења у циркулативној шаржи млина повећава се садржај тврђе компоненте, зато што јој се спорије смањује крупноћа. Приликом постизања стабилног стања се формира таква кружна шаржа млина у којој имамо смањен садржај мекше компоненте са већим средњим пречником и повећан садржај тврђе компоненте са мањим средњим пречником.
- Млевење у Бондовом лабораторијском млину са куглама се одвија према закону кинетике првог реда. Ова чињеница омогућава да се за сваки циклус млевења стандардног Бондовога теста израчуна константа k (брзина млевења сировине) и помоћу k одреди параметар G [g/ob.] у случају да се мељу количине материјала као када је постигнут еквилибријум, мирно стање (кружна шаржа 250%). Овако добијене вредности G и стварна вредност G_e последњег млевења код стандардног Бондовога поступка имају приближно исти однос за различите сировине. Константа $\gamma_{ки}$ који представља вредност односа $\frac{G_e}{G_{iE}}$, и за друго, треће и четврто млевење износи: $g_{k1}=1,158$, $g_{k2}=1,096$ и $g_{k3}=1,037$.
- Параметар P_{80} просева компаративног сита за различите циклусе млевења код свих сировина се мења по тачно одређеном правилу. Константа $\pi_{ки}$ која представља вредност односа $\frac{P_{80}}{P_{80i}}$, и за друго, треће и четврто млевење износи: $p_{k1}=1,035$, $p_{k2}=1,030$ и $p_{k3}=1,017$.
- Константе $\gamma_{ки}$ и $\pi_{ки}$ омогућавају да се процене параметри G и P_{80} , и помоћу овако процењених вредности да се израчуна вредност Бондовога радног индекса W_i .
- Поузданост скраћеног поступка за одређивање Бондовога радног индекса расте са бројем изведених циклуса млевења.

- Највеће грешке Бондовога радног индекса добијене скраћеним поступком са два, три и четири млевења износиле су: 6,73%, 4,88% и 3,30%.

Шесто поглавље (Литература) представља абецедни списак коришћених литературних извора за потребе израде ове докторске дисертације.

Након шестог поглавља су биографија кандидата, потписане изјаве о ауторству, истовестности штампане и електронске верзије докторског рада и начину коришћења докторске дисертације.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост и оригиналност

Уситњавање је један од основних индустријских процеса кога оптерећују велики расходи у тешкој опреми, енергији, функционисању и одржавању. За уситњавање руде до пројектоване крупноће потребно је утрошити највише енергије, знатно више од утрошка свих осталих процеса припреме и концентрације. Енергија неопходна за уситњавање неке сировине се представља вредношћу Бондовога радног индекса. Ова вредност се широко примењује у припреми минералних сировина за поређење отпорности на млевање у млину са куглама различитих материјала, за процену енергије потребне за млевање и за пројектовање и оптимизацију млинова у погонима за припрему.

Бондов радни индекс се одређује помоћу Бондовога тест мељивости у лабораторијском млину са куглама и који представља тест млевења у затвореном циклусу до постизања 250% кружне шарже. Извођење овог теста захтева обучено особље за рад, велику количину узорка, велики утрошак времена и подложно је процедуралним грешкама. Због сложености и дужине Бондовога теста и могућности да се направе грешке приликом његовог извођења, многи научници су покушавали са мање или више успеха да овај поступак поједноставе и скрате.

Ова докторска дисертација бави се истраживањем уситњавања минералних мешавина са различитим мељивостима у Бондовом млину са куглама. Разумевање како се мешавине различитих сировина са различитим мељивостима мељу, од велике је важности у припреми минералних сировина.

У овој докторској дисертацији на основу добијених експерименталних резултата дефинисане су функционалне зависности промена параметара који описују процес млевења током извођења стандардног Бондовога теста за одређивање мељивоти. На основу ових законитости дефинисан је нови скраћени поступак за одређивање мељивости минералних сировина у лабораторијском Бондовом млину са куглама.

С обзиром да истраживања у оквиру ове докторске дисертације представљају оригиналан приступ проблематици одређивања Бондовога радног индекса, 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 на другим сировинама.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

У литературном прегледу докторске дисертације наведена су 50 литературна навода, која су омогућила да се прикаже стање у областима везаним за тему доктората. Део навода је новијег датума и представља радове објављене у врхунским међународним часописима што указује на актуелност теме докторске дисертације. Наведени

литературни радови су коришћени како приликом планирања експерименталног рада, тако и у тумачењу и анализи резултата истраживања, дискусији и извођењу закључака. 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. BOND F.C., 1949, Standard grindability test tabulated, *Trans Am. Inst. Min. Eng.*, 183, 313.
2. BOND F.C., 1952, The third theory of comminution, *Trans Am. Inst. Min. Eng.*, 193, 484-494.
3. BOND F.C., 1961. Crushing and grinding calculation part I and II. *British Chemical Engineering* 6 (6 and 8), 378-385 & 543-548.
4. MAGDALINOVIĆ N., 1989. A procedure for rapid determination of the Bond work index. *International Journal of Mineral Processing* 27 (1-2), 125-132
5. MAGDALINOVIĆ N., 2003, Abbreviated test for quick determination of Bond's Work index, *J. Min. And Metall.* 39, 1-4.
6. YAN D., EATON R., 1994, Breakage properties of ore blends, *Minerals Engineering* vol.7, nos. 2/3, 185-199.
7. WILLS B.A., 2006, *Mineral Processing Technology*, 7th edn., Pergamon Press.
8. ONER M., 2000, A study of intergrinding and separate grinding of blast furnace slag cement, *Cement and Concrete Research* 30, 473-480.
9. KAPUR P.C., 1970, Analysis of the Bond grindability test, *Trans. Inst. Min. Metal L*, 79, 103.
10. KARRA V.K., 1981, Simulation of the Bond Grindability test, *CIM Bulletin*, Vol. 74(827), 195.
11. KAPUR P.C., FUERSTENAU D.W., 1989, Simulation of Locked-Cycle Grinding Tests Using Multicomponent Feeds, *Powder Technology* 58, 39-48.
12. GHAREHGESHLAGH H.H., 2015, Kinetic grinding test approach to estimate the ball mill work index, *Physicochem. Probl. Miner. Process.*, 52(1), 342-352.
13. BERRY T.F., BRUCE R.W., 1966, A simple method of determining the grindability of ores., *Can. Min. J.* 87, 63-65.
14. HORST W.E., BASSAREAR J.H., 1977, Use of simplified ore grindability technique to evaluate plant performance, *Trans. Soc. Min. Eng. (AIME)* 260, 348-351.
15. SMITH R.W., LEE K.H., 1968, A Comparison of data from Bond type simulated closed-circuit and batch type grindability in batch ball mill, *Powder Technology* 146 (Issue 3), 193-199.
16. MULAR A.L. AND JERGENSEN G.V., II editors, 1982, Design and installation of comminution circuits, pp. 176-203.
17. LEWIS K.A., PEARL M., TUCKER P., 1990, Computer Simulation of the Bond Grindability test, *Mineral Engineering*, Vol.3, 199.
18. AKSANI B., SONMEZ B., 2000, Technical note – Simulation of Bond grindability test by using cumulative based kinetic model, *Mineral Engineering*, vol.13, no.6, pp.673-677
19. DENIZ V., OZDAG H., 2003, A new approach to Bond grindability and work index: dynamic elastic parameters, *Mineral Engineering*, vol.16, no.3, pp.211-217
20. MAGDALINOVIĆ N., TRUMIĆ M., TRUMIĆ G., MAGDALINOVIĆ S., TRUMIĆ M., 2012, Determination of the Bond work index on samples of non-standard size, *Int. J. Miner. Process.*, 114-117, pp.48-50
21. MARTINS S., 2016, Size - energy relationship in comminution, incorporating scaling laws and heat, *International Journal of Mineral Processing*, 153, pp.29-43

3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

Истраживање је реализовано применом метода које су се показале као адекватне за испитивања постављеног проблема одређивања законитости по којима се мењају параметри који описују механизме присутне у лабораторијском Бодновом млину са

куглама приликом одређивања мељивости сировина. На основу релевантних литературних података и претходних истраживања, за извођење експеримената користила се физичка метода уситњавања композитних материјала у млину са куглама.

За тестове мељивости узорци су припремљени уситњавањем у чељусној и ваљкастој дробилици, и просејавани на вибрационом сити да би се добила прописана крупноћа. На узорцима је извршена физичко хемијска карактеризација, хемијска и минералозна анализа. На свим узорцима је одређивана мељивост по стандардној Бондовој процедури. Током извођења тестова мељивости рађена је гранулометријска ситовна анализа и растварање у хлороводоничкој киселини на производима млевења свих циклуса млевења, да би се пратила промена гранулометријског и хемијског састава. Такође, праћена је промена новоствореног просева по једном обртају млина.

Експериментално добијени подаци о промени гранулометријског састава производа млевења за све тестове мељивости представљени су графички и утврђена је функционална зависност промене параметара који описују гранулометријски састав. Експериментално добијени подаци о промени новоствореног просева по једном обртају млина за све тестове мељивости представљени су графички и утврђена је функционална зависност промене овог параметра који описује брзину процеса млевења.

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 докторске дисертације, остварен је значајан допринос у овој области. Резултати и закључци изнети у овој докторској дисертацији потврда су могућности примене новог скраћеног поступка за одређивања Бондовог радног индекса са два, три или четири циклуса млевења у лабораторијском Бондовом млину са куглама у практичним условима, уз потребу за мањом количином узорка, уштеду времена за извођење опита и са високом прецизношћу добијених резултата.

С обзиром да су резултати до којих је дошао кандидат практични и применљиви, могуће је кроз даљи рад на овој проблематици извршити њихову верификацију како проширењем испитивања у смислу сагледавања проблема и са неких других аспеката применом додатних метода, тако и модификовањем услова, и подизањем истраживања изнад лабораторијског нивоа.

3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

Урађена докторска дисертација, анализа добијених резултата, публикован научни рад, као и публиковани радови изван докторске дисертације и учешће у реализацији научно-истраживачких пројеката, указују на способност кандидата мр Дејана Тодоровића, дипл. инж. рударства за самостални научни рад као и за активно учешће у тимском раду.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

У оквиру ове докторске дисертације, кандидат је остварио следеће научне доприносе:

- Добијени резултати истраживања употпуњују податке и параметре који дефинишу млевење у Бондовом млину са куглама у већ постојећој научној литератури:
 - испитана промена параметра P_{80} [μm] у свим циклусима млевења стандардног Бодновог теста мељивости који описује гранулометријски састав производа млевења,
 - испитана промена параметра G [g/ob.] (новостворени просев по једном обртају млина) у свим циклусима млевења стандардног Бодновог теста мељивости који описује брзину млевења,
 - испитана промена састава кружне шарже и производа млевења приликом млевења композитних материјала.
- Добијени резултати испитиваних промена параметара процеса приликом тестирања мељивости стандардним Бондовим поступком, као и њихова упоредна анализа, омогућили су:
 - дефинисање функционалне зависности промена параметра P_{80} [μm] у различитим циклусима млевења,
 - дефинисање рачунске корекције параметра G [g/ob.] за сваки циклус млевења,
 - дефинисање функционалне зависности кориговане вредности параметра G [g/ob.] за друго, треће и четврто млевење са параметром G [g/ob.] крајњег циклуса млевења.
- Утврђене функционалне зависности промена параметара који описују процес млевења у лабораторијском Бондовом млину са куглама омогућиле су дефинисање новог скраћеног поступка за одређивање Бодновог радног индекса, који даје велику прецизност резултата у односу на резултате добијене стандардним Бондовим поступком.

4.2. Критична анализа резултата истраживања

Сагледавањем циљева и постављених хипотеза у односу на добијене резултате, може се констатовати да приказана истраживања у потпуности задовољавају критеријуме једне докторске дисертације. Увидом у доступну литературу из ове области, као и у резултате који су добијени применом адекватне методологије, може се констатовати да су коришћене методе у складу са савременим методама и да су резултати до којих је дошао кандидат значајни не само са научног, већ и практичног аспекта.

4.3. Верификација научних доприноса

Научни допринос ове докторске дисертације је верификован кроз публиковане научне радове проистекле као резултат истраживања у оквиру дисертације:

Категорија M22

1. **Todorović Dejan**, Trumić Maja, Andrić Ljubiša, Milošević Vladan, Trumić Milan: Quick method for Bond work index approximate value determination, - *Physicochemical Problems of Mineral Processing*, vol. 53, no.1, pp 321-332, 2017 (**IF 2015=0.977**) (ISSN 1643-1049)

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

У докторској дисертацији кандидата мр Дејана Тодоровића, дипл. инж. рударства дефинисане су функционалне зависности промена параметара који описују процес млевење током извођења стандардног Бондовога теста за одређивање мељивости. Ови резултати чине надоградњу досадашњих резултата наведених у литератури новијег датума. Резултати који представљају оригиналност ове дисертације односе се на дефинисање новог скраћеног поступка за одређивање мељивости минералних сировина у лабораторијском Бондовом млину са куглама. Публикован рад у једном од водећих часописа (M22) на најбољи начин потврђује ниво остварених резултата у овом раду.

На основу напред наведених чињеница Комисија са задовољством закључује да је докторска дисертација кандидата мр Дејана Тодоровића, дипл. инж. рударства под називом: *Изучавање мељивости нехомогених композитних материјала и тестирање скраћеног поступка за одређивање Бондовога радног индекса*, урађена према свим стандардима о научно-истраживачком раду, као и да испуњава све услове предвиђене Законом о високом образовању, Стандардима за акредитацију докторских студија, Статутом Техничког факултета у Бору и критеријума које је прописао Универзитет у Београду.

Комисија предлаже Наставно-научном већу Техничког факултета у Бору да прихвати позитиван извештај о урађеној докторској дисертацији кандидата мр Дејана Тодоровића, дипл. инж. рударства под називом: *Изучавање мељивости нехомогених композитних материјала и тестирање скраћеног поступка за одређивање Бондовога радног индекса*, да исту изложи на увид јавности и упуту на коначно усвајање Већу научних области Техничких наука Универзитета у Београду, а да након тога позове кандидата на јавну одбрану.

У Бору, јули 2016. године

КОМИСИЈА

1. Др Милан Трумић, редовни професор
Универзитет у Београду, Технички факултет у Бору

2. Др Маја Трумић, доцент
Универзитет у Београду, Технички факултет у Бору

3. Др Љубиша Андрић, научни саветник
Институт за технологију нуклеарних и других
минералних сировина, Београд

4. Др Владан Милошевић, виши научни сарадник
Институт за технологију нуклеарних и других
минералних сировина, Београд