

ОТЗЫВ

официального оппонента
доктора технических наук, доцента Пелевина Алексея Евгеньевича
на диссертацию Читалова Леонида Сергеевича
на тему: «Разработка комплексного метода оценки эффективности процессов
измельчения сульфидных медно-никелевых руд»,
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по
специальности 25.00.13 – Обогащение полезных ископаемых

1. Структура и объем работы

Представленная работа состоит из оглавления, введения, четырех глав с выводами по каждой из них, заключения, списка литературы, включающего 103 наименования. Работа изложена на 118 страницах машинописного текста, содержит 42 рисунка, 27 таблиц и 4 приложения.

2. Актуальность темы работы

Одним из основных путей повышения эффективности обогащения полезных ископаемых является снижение затрат на измельчение. В настоящее время в схемах рудоподготовки используются различные типы мельниц: барабанные стержневые и шаровые, мельницы самоизмельчения и полусамоизмельчения, вертикальные шаровые мельницы и измельчающие валки высокого дробления.

Выбор схемы измельчения и применимость конкретного типа измельчительного оборудования для реализации схемы зависит от физико-механических свойств исходной руды. Для изучения физико-механических свойств руды разработаны специальные методики, реализация которых может потребовать специального оборудования и повышенных затрат на экспериментальные исследования. Поэтому новые методики определения физико-механических свойств руд и продуктов обогащения, позволяющие снизить затраты на испытания, будут востребованы не только научно-исследовательскими, но и промышленными предприятиями.

Современный расчёт схем измельчения и обогащения с оптимизацией технологических и экономических показателей требует применения математического моделирования на основе фундаментальных физико-математических методов с применением специализированных программных комплексов. Это позволяет не только значительно снизить затраты на экспериментальные работы, но и повысить точность полученных результатов, что особенно важно при использовании результатов исследований в промышленности.

Поэтому задачи, решаемые в диссертации, связанные с изучением физико-механических свойств руды, с моделированием схемы её измельчения, с оптимизацией параметров и режимов работы мельниц являются актуальными.

ОТЗЫВ

3. Научная новизна и практическая значимость работы

– Разработана и экспериментально проверена модифицированная методика определения рабочего индекса Бонда BWI , позволяющая использовать мельницу МШЛ-14 в шаровом тесте Бонда. Модифицированную методику принципиально можно использовать для других лабораторных мельниц.

– Экспериментально получены и теоретически описаны зависимости физико-механических параметров M_{ia} , M_{ic} , M_{ih} , DW_i , $SCSE$, t_a от показателей A , b и объёмной плотности. Это позволяет снизить затраты на экспериментальные работы за счёт применения регрессионных моделей для расчёта физико-механических параметров, используемых при расчёте схем измельчения.

– Разработана методика оценки относительной удельной энергии разрушения материала в мельнице полусамоизмельчения с учётом гранулометрического состава и энергии разрушения частиц различной крупности.

– Использование относительной удельной энергии разрушения материала в качестве критерия оптимизации при моделировании позволило сделать вывод о возможном увеличении производительности мельницы МПСИ 10,36x5,18 на 4,1 % и о снижении удельных затрат электроэнергии на 1,2 % при использовании оптимальных режимов мельницы.

– Разработанные методики определения физико-механических свойств руды, особенности моделирования схем измельчения с применением специализированных программных комплексов и методику оптимизации результатов моделирования можно использовать в научно-исследовательских и образовательных организациях.

– Применимость результатов работы подтверждается актом внедрения результатов исследования в АО «КАДФЕМ Си-Ай-Эс» (№21/015 от 19.03.2021 г.).

4. Степень обоснованности и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Основные научные результаты работы отражены в двух положениях, выносимых на защиту.

Первое защищаемое положение:

«Применение модифицированной методики определения рабочего индекса шарового измельчения Бонда и DWT (теста падающего груза) позволяет сократить количество тестовых процедур и специализированного оборудования для получения комплекса физико-механических показателей измельчаемости и дробимости рудного сырья»

Первое научное положение раскрывается во второй и третьей главах диссертации.

В результате теоретического анализа альтернативных методик для определения индекса шарового измельчения Бонда (методики Капура, Карра и Ахмади) автором представлены модификации этих методик, позволяющие снизить относительную ошибку эксперимента.

Основным результатом теоретических и экспериментальных исследований явилась разработка модифицированной методики определения индекса шарового измельчения Бонда с использованием лабораторной мельницы МШЛ-14, применяемой в России. Максимальная относительная ошибка применения мельницы МШЛ-14 составила 4,5 %.

Анализ экспериментальных данных показал наличие сильной связи между физико-механическими параметрами M_{ia} , M_{ic} , M_{ih} , DW_i , $SCSE$, t_a и показателями A , b и объёмной плотностью. Наличие выявленной связи позволяет использовать регрессионные модели и получать полные результаты SMC теста по результатам теста DWT. Это приводит к сокращению затрат на экспериментальные работы, в связи с использованием только двух методик (теста шарового измельчения Бонда и DWT) для получения необходимых исходных данных для математического моделирования процесса измельчения руды.

Результаты определения физико-механических свойств руды по модифицированным методикам использованы при математическом моделировании с помощью программного комплекса JKSimMet для разработки технологии измельчения сульфидной медно-никелевой руды.

Второе защищаемое положение:

«Обосновано, что определение минимальной удельной энергии разрушения частиц рудного сырья различных классов крупности позволяет оценить эффективность работы мельницы полусамоизмельчения в многофазной DEM-CFD модели и определить предпочтительные режимы её работы»

Второе научное положение раскрывается во второй и четвертой главах диссертации.

Выполнено моделирование процесса полусамоизмельчения с учётом взаимодействия частиц руды, шаров и футеровки с получением стабильных результатов при работе мельницы в замкнутом цикле.

Для оценки эффективности работы мельницы полусамоизмельчения предложено в качестве критерия использовать относительное значение удельной энергии разрушения материала в мельнице с учётом гранулометрического состава и удельной энергии разрушения частиц различной крупности.

Оптимизация (минимизация) относительной величины удельной энергии разрушения совокупности частиц с различной крупностью позволила рекомендовать к применению уточнённые режимы работы мельницы (размер шаров, содержание твёрдого, частота оборотов барабана, заполнение мельницы шарами).

Выполненное моделирование и оптимизация с помощью предложенного критерия относительной удельной энергии разрушения материала позволяет прогнозировать увеличение производительности мельницы с 1250 до 1301 т/ч (+4,1 %) и снижение удельных затрат на электроэнергию мельницы МПСИ 10,36x5,18с 6,42 до 6,34 кВт·ч/т (-1,24 %) без изменения крупности измельчённого продукта.

5. Апробация работы

Результаты диссертационной работы в достаточной степени освещены в 11 печатных работах, в том числе в 3 статьях - в изданиях из перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук (далее – Перечень ВАК), в 4 статьях - в изданиях, входящих в международную базу данных и систему цитирования (Scopus); получено 2 свидетельства государственной регистрации программ для ЭВМ».

Текст диссертации и автореферата написан грамотным техническим языком с применением терминологии, соответствующей обогащению полезных ископаемых. В тексте встречаются незначительные несоответствия, которые можно отнести к опискам и опечаткам, что подтверждает самостоятельность написания работы соискателем.

6. В качестве замечаний следует отметить следующее:

1. В формулах (2.15)-(2.21) используются параметры A и b , их произведение названо комплексным параметром (стр. 48–52).

Какой физический смысл параметров A и b комплексного параметра $A \cdot b$?

2. Какой физический смысл полученных значений физико-механических параметров M_{ia} , M_{ic} , M_{ih} , DW_i , $SCSE$ (390; 303,5; 577 и др.) при $A \cdot b = 0$? Могут ли физико-механические параметры равняться «нулю» если параметр $A \cdot b$ стремится к бесконечности (стр. 48–52)?

3. Почему для аппроксимации экспериментальных данных использована степенная, а не экспоненциальная функция (рис. 2.15-2.17, формулы (2.15)-(2.21), стр. 50-52)?

4. В табл. 4.4 диссертации (стр. 84) приведён «нестандартный» гранулометрический состав шихты из руд M1, M2 и T1, характеризующийся повышенным содержанием (75 %) класса -100+50 мм, весьма низким содержанием (1 %) класса -20+0 мм и максимальной крупностью 115 мм. С помощью этого грансостава рассчитана эффективность процесса полусамоизмельчения $E_{en.gr}$. Какой продукт имеет такой грансостав?

5. Выбор предпочтительного режима работы МПСИ 10,36x5,18 не корректный. По рис. 4.9-4.12 или из табл. 4.5 (стр. 85-87) просто выбраны значения диаметра загружаемого шара, содержания твердого в пульпе, частоты вращения барабана и изменении степени заполнения барабана мельницы дробящей средой при которых достигается максимальная эффективность процесса полусамоизмельчения. Величина каждого фактора-режима выбрана без учёта величины других факторов-режимов, то есть не учтено взаимодействие нескольких факторов-режимов. Например, согласно табл. 4.5, моделирование при предпочтительных значениях всех четырёх факторах-режимах не выполнено. Полная оптимизация не выполнена, а только её первый этап.

6. Теоретические величины относительного увеличения производительности и уменьшения удельного расхода электроэнергии при использовании предпочтительных режимов работы МПСИ составили +4,09 % и -1.24 % (табл. 4.6, стр. 88). Какой будет годовой экономический эффект, связанный со снижением расхода электроэнергии одной мельницей МПСИ 10,36x5,18?

7. Заключение

Замечания не носят принципиального характера и не ставят под сомнение достоверность и обоснованность выводов и основных положений, защищаемых в диссертации.

Диссертация Читалова Леонида Сергеевича на тему «Разработка комплексного метода оценки эффективности процессов измельчения сульфидных медно-никелевых руд» представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой предлагается новое решение актуальной научной задачи – выбора и обоснования режима работы мельницы мокрого полусамоизмельчения, обеспечивающего увеличение производительности и снижение удельных энергетических затрат на переработку сульфидных медно-никелевых руд при сохранении требуемой крупности готового продукта измельчения.

Научные результаты, полученные автором, своевременно опубликованы в изданиях, рекомендуемых ВАК Минобрнауки, а также в журналах, входящих в международную базу данных Scopus. Содержание автореферата полностью соответствует содержанию диссертации.

Диссертация «Разработка комплексного метода оценки эффективности процессов измельчения сульфидных медно-никелевых руд», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.13 – Обогащение полезных ископаемых, соответствует требованиям раздела 2 «Положения о присуждении ученых степеней» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет», утвержденного приказом ректора Горного университета от 19.12.2019 № 1755 адм, а её автор – Читалов Леонид Сергеевич – заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.13 – Обогащение полезных ископаемых.

Доктор технических наук, доцент, профессор
кафедры Обогащения полезных ископаемых
Федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего
образования «Уральский государственный
горный университет»



Пелевин Алексей Евгеньевич

Дата: 17.08.2021 г.

Адрес: 620144, Россия, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30, 1 уч. здание Уральского государственного горного университета, аудитория 1018

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уральский государственный горный университет»

Тел.: +7 (343) 257-91-57

e-mail: gmf.opi@m.ursmu.ru

Подпись *Лисовина А.В.*
удостоверяю *Лисовина А.В.*
Начальник отдела кадров ФГБОУ ВО УГГУ
«17» 08 2021 г.

