

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Бальчюнене Наталья Ильинична

младший научный сотрудник
ФГБУ ВПО «Петрозаводский
государственный университет»
г. Петрозаводск, Республика Карелия

НЕКОТОРЫЕ ЗАРУБЕЖНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ДРОБЛЕНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД

Аннотация: в статье на основе рассмотрения зарубежные работы приведены некоторые результаты исследований, направленных на изучение процессов дробления горных пород и повышение эффективности этих процессов.

Ключевые слова: горные породы, дробление, зарубежные исследования, легкодоступность, щебень.

При поддержке Минобрнауки РФ в рамках ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса на 2014–2020 годы» проводятся НИР по соглашению с Петрозаводским государственным университетом – ПетрГУ от 20.10.2014 №14.574.21.0108 [1; 4; 6; 7; 9].

В Республике Карелия имеется серьезный потенциал для выполнения НИР в сфере освоения минерально-сырьевых ресурсов, включая наличие ученых авторитетного Института геологии Карельского НЦ РАН, горно-геологического факультета ПетрГУ, которые в последние годы в определенное мере интегрировали некоторые направления в сфере образования (многие ученые Института геологии работают на горно-геологическом факультете ПетрГУ, а директор Института возглавляет кафедру этого факультета), имеются и многочисленные публикации по проблеме [2; 3; 5; 8–10].

Тем не менее, изучаемая проблема является весьма сложной для проведения НИР. По ее результатам необходимо выйти на новые инновационные технические и технологические решения и рекомендации.

Все это обусловило необходимость организации перевода и изучения зарубежных работ по проблематике исследований, на основании которых ниже приведены некоторые результаты зарубежных исследований, направленных на изучение процессов дробления горных пород и повышение эффективности этих процессов.

В статье «Экспериментальное исследование формы щебня» [11] показано, что форма щебня является ключевым параметром, влияющим на свойства смесей. Разработана программа эксперимента, направленная на уточнение варьирования формы щебня с учетом настройки гирационной дробилки и сортировки загрузочного материала. Результаты показали, что настройки дробилки оказывают значительное влияние на индекс лещадности произведенных элементарных фракций. Варьирование пропорций составляющих загрузочных фракций не оказалось существенного влияния на индекс лещадности производимых смесей, в то время как варьирование разброса или размера загрузочных фракций оказалось. Относительно характеристик формы частиц, было отмечено, что размеры частиц не взаимосвязаны, но плоские частицы вытянуты, и наоборот. Наконец, было отмечено, что индекс лещадности меняется противоположно размеру произведенного щебня.

В статье «Компьютерное моделирование разрушения материалов в дробильных устройствах» [13] приведены результаты изучения трех различных измельчительных устройств: дробилки, мельницы и гибридные мельницы (синергическое сочетание мельницы и дробилки). Для достижения цели был проведен сравнительный анализ трех устройств. В частности, был разработан компьютерный код на основе метода дискретного элемента (DEM), который способен фиксировать переменные измельчения, такие как разрушение материала, нагрузка движения, потребляемая мощность, и количество ударов, в том числе. Измельченный материал был смоделирован с помощью набора сфер (основные элементы

DEM), соединенных друг с другом балочными элементами, аналогичным тем, которые используются в методе конечных элементов. Балки имеют механические свойства, определенные по типу измельченного материала, и они могут быть сломаны через критерий разрушения, установленный уровнем достигнутого стресса. Сравнение произведено при равных условиях для трех устройств с использованием одного и того же размера и гранулометрического распределения материала для измельчения. Установлено, что гибридная мельница имеет преимущества перед двумя другими в конкретных условиях эксплуатации.

В статье «Достижения в области конусного дробления» [14] сообщается, что основываясь на обширных исследованиях процесса конусного дробления, Нордберг разработал «WaterFlushtm»-технологию дробления и конусную дробилку (746 кВт, 1000 л. с.). В статье исследовано влияние этих разработок на горнодобывающую отрасль с учетом повышения емкости, экономии энергии, сокращение капитальных и эксплуатационных затрат.

В статье «Использование механических свойств горных пород для прогнозирования индекса дробления Бонда» [15] сообщается, что энергия дробления в горноперерабатывающей промышленности, как правило, определяется по эмпирическому индексу Бонда, независимо от механических свойств горных пород. Хотя было предпринято несколько попыток, чтобы получить энергию измельчения на основе теоретических подходов, целесообразно было бы изучить эту взаимосвязь, основываясь на физической концепции. В исследовании [15] с целью соотнесения энергии деформации породы с соответствующей энергией, оцениваемой индексом Бонда, были смоделированы сферические и кубические формы образцов во время процесса дробления между двумя неподвижными щеками. Образцы моделируются как среднее упруго-пластическое с учетом критерия прочности «Мора – Кулона». Для проверки полученных результатов используется метод конечных разностей для моделирования характеристик разрушения в четырех вулканических породах. Рассмотрены все возможные этапы, которые могут возникнуть в технической зоне дробления кубических и сферических гор-

ных пород, и сочетание этапов дробления с самой низкой и самой высокой энергией деформации рассчитывается на основе моделирования. Полученные энергии деформации хорошо согласованы с энергиями Бонда [15].

В статья «Значение истирания при измельчении и его применение в сплаве белых чугунов» [12] показано, что сплавы белых чугунов ведут себя гораздо менее благоприятно в условиях промышленного использования, например, в шаровых мельницах, чем это могло бы быть спрогнозировано с помощью стандартных лабораторных тестов на истирание. Контактные абразивные тесты часто полагаются подходящими для имитации истирания при измельчении, но в реальности они сильно переоценивают срок службы белочугунных щек мельницы по сравнению со щеками из перлитной стали. Гипотеза «истирания при ударе» предполагает, что ключевое различие между лабораторными и рабочими условиями – это удар. Однако, авторы не обнаружили каких-либо доказательств такого явления в шаровых мельницах, вместо этого, наблюдаемые характеристики относятся к истиранию при измельчении в промышленных условиях. Определяющие признаки истирания при измельчении заново сформулированы таким образом, что подчеркнуто, что нагрузка способна передаваться изнашиваемой поверхности через абразивные частицы.

Представлены данные, которые указывают на то, что режим абразивного износа может быть определен из сравнения количественной производительности между основными классами износостойких сплавов. Предложены три полезных диагностики. Используя эти средства диагностики, показано, что контактные абразивные испытания не показывают истирания при измельчении в любом промышленно значимом смысле. Соответствующие ограниченные характеристики белых чугунов могут быть воспроизведены в различных лабораторных аппаратах, имеющих нулевую или пренебрежимо малую энергию удара: RWAT-аналоги, использующие твердые металлические круги (xWAT), аппарат блокирования полотна Abex, и простой лабораторный тест на истирание в шаровой мельнице (ВМАТ). Из них, ВМАТ наиболее точно воспроизводит механику контакта

и частиц в условиях эксплуатации, и может дать сравнение количественных характеристик сплавов, вполне соответствующих рабочим условиям [12].

В статье «Разработка методологий для оценки износостойких материалов для горнодобывающей промышленности» [16] даны результаты первой части проекта, направленного на разработку методологий оценки износостойких материалов в горнодобывающих и перерабатывающих отраслях. Обзор литературы показал, что практически не было проведено систематических исследований явления износа на действующих горнодобывающих и перерабатывающих заводах. Существует множество лабораторных исследований явления абразивного износа, которые претендуют на то, чтобы иметь какое-то отношение к применению в рабочих условиях, но очень немногие из них предоставили информацию, имеющую значение.

Был сделан вывод, что подробное исследование должно быть предпринято, чтобы определить общие затраты, связанные с износом, включая не только стоимость замены самих деталей, но и трудозатраты, связанные с заменой изношенных деталей и стоимость упущенного производства [16].

Приведенная информация по результатам перевода зарубежных работ по проблематике исследований дана в отчете по первому этапу НИР.

Список литературы

1. Васильев А.С., Шегельман И.Р., Щукин П.О. Патентный поиск в области оборудования для дезинтеграции горных пород [Текст] // Наука и бизнес: пути развития. – 2015. – №2(44). – С. 24–26.
2. Минерально-сырьевая база Республики Карелия [Текст] // Отв.ред. В.П. Михайлов, В.Н. Аминов. – Петрозаводск: Карелия. 2006. Т. 1. – 280 с.; Т.2. – 356 с.
3. Резниченко В., Морозов А., Бархатов А. Кладовая у озера: об эффективности освоения редкometальных руд Пудожского месторождения [Текст] // Металлы Евразии. – 2006. – №3. – С. 32–34.

4. Шегельман И.Р., Рудаков М.Н., Щукин П.О. Инновационно-ресурсный потенциал региона: «Пудожский мегапроект» [Текст] // Микроэкономика. – 2011. – №2. – С. 121–123.
5. Шегельман И.Р., Васильев А.С., Щукин П.О. Анализ объектов интеллектуальной собственности, направленных на повышение производительности щековых дробилок [Текст] // Актуальные направления научных исследований: от теории к практике : материалы III междунар. науч.-практ. конф. (29.01.2015).
6. Шегельман И.Р. Ресурсный потенциал как фактор развития приграничного региона [Текст] / И.Р. Шегельман // Наука и бизнес: пути развития. – 2012. – №12(18). – С. 101–103.
7. Шегельман И.Р., Васильев А.С., Щукин, П.О. К вопросу о повышении надежности функционирования щековых дробилок при дезинтеграции горных пород [Текст] // Новое слово в науке: перспективы развития : материалы III Междунар. науч.-практ. конф. (05.03.2015). – Чебоксары: ЦНС «Интерактив плюс», 2015.
8. Шегельман И.Р., Васильев А.С., Щукин П.О. Некоторые направления моделирования процессов функционирования щековых дробилок [Текст] // Образование и наука в современных условиях : материалы III Междунар. науч.-практ. конф. (16.04.2015). – Чебоксары: ЦНС «Интерактив плюс», 2015.
9. Шегельман И.Р., Шеголева Л.В., Щукин П. О. Постановка задачи оптимизации перевозок лесных грузов с учетом влияния крупных горно-промышленных предприятий на загруженность транспортной сети [Текст] // Известия СПбГЛТА. – 2007. – Вып. 180. – С. 132–139.
10. Шегельман И.Р., Щукин П.О., Галактионов О.Н., Суханов Ю.В., Васильев А.С., Крупко А.М. К разработке имитационной модели процесса функционирования дробильных технологических систем / Innovation in the industry and the social sphere: materials republican scientific-practical. conf. – Petrozavodsk: ООО «Verso», 2015. – Р. 16–17.

11. Шеков В.А., Луодес Х.Т., Иванов А.А., Вождаенко А.Я., Мясникова О.В. Щебень Карелии. Свойства, применение и перспективы использования [Текст]. – Петрозаводск: 2004. – 1450 с.
12. Bouquety M.N., Descantes Y., Barcelo L. Larrard F., Clavaud B. Experimental study of crushed aggregate shape // Construction and Building Materials, Volume 21, Issue 4, April 2007, Pages 865-872, ISSN 0950-0618, <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2005.12.013>.
13. Gates, G.J., Gore, M.J-P. Hermand, M.J-P. Guerineau, P.B. Martin, J. Saad. The meaning of high stress abrasion and its application in white cast irons, Wear, Volume 263, Issues 1-6, 10 September 2007, Pages 6-35, ISSN 0043-1648, <http://dx.doi.org/10.1016/j.wear.2006.12.033>.
14. Gutierrez A., Guichou J. Computational simulation of fracture of materials in comminution devices // Minerals Engineering, Volume 61, June 2014, Pages 73-81, ISSN 0892-6875, <http://dx.doi.org/10.1016/j.mineng.2014.03.010>.
15. Karra, V. Developments in cone crushing, Minerals Engineering, Volume 3, Issues 1-2, 1990, Pages 75-81, ISSN 0892-6875, [http://dx.doi.org/10.1016/0892-6875\(90\)90082-M](http://dx.doi.org/10.1016/0892-6875(90)90082-M).
16. Refahi, A., Rezai, B., J. Mohandes A. Use of rock mechanical properties to predict the Bond crushing index // Minerals Engineering, Volume 20, Issue 7, June 2007, Pages 662-669, ISSN 0892-6875, <http://dx.doi.org/10.1016/j.mineng.2006.12.015>.
17. Sare I.R., Constantine A.G. Development of methodologies for the evaluation of wear-resistant materials for the mineral industry, Wear, Volumes 203-204, March 1997, Pages 671-678, ISSN 0043-1648, [http://dx.doi.org/10.1016/S0043-1648\(96\)07398-X](http://dx.doi.org/10.1016/S0043-1648(96)07398-X).