

Л.С.ЧИТАЛОВ, студент, *leo-need@bk.ru*

А.В.ФАДИНА, студентка, *fadina2101@rambler.ru*

Е.Е.АНДРЕЕВ, канд. техн. наук, доцент, *opilvv@mail.ru*

В.В.ЛЬВОВ, канд. техн. наук, доцент, *opilvv@mail.ru*

Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург

L.S.CHITALOV, student, *leo-need@bk.ru*

A.V.FADINA, student, *fadina2101@rambler.ru*

E.E.ANDREEV, PhD in eng. sc., associate professor, *opilvv@mail.ru*

V.V.LVOV, PhD in eng. sc., associate professor, *opilvv@mail.ru*

National Mineral Resources University (Mining University), Saint Petersburg

НОВАЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНАЯ ИЗМЕЛЬЧАЮЩАЯ СРЕДА ДЛЯ ШАРОВЫХ БАРАБАННЫХ МЕЛЬНИЦ

Приведены результаты исследования новой измельчающей среды для барабанных мельниц, содержащей сферические тетраэдры. Экспериментальные исследования включили оценку различных технологических и структурных параметров и свойств измельчаемого материала.

Экспериментальные данные показывают, что при прочих равных условиях измельчающая среда, состоящая из сферических тетраэдров, обеспечивает более высокие технологические показатели в процессе измельчения по сравнению с измельчающей средой, составленной из шаров.

Ключевые слова: сферические тетраэдры, шары, измельчение, барабанные мельницы.

NEW EFFECTIVE GRINDING MEDIA FOR DRUM BALL MILL

A new working media for drum mills has been tested, composed of spheroidal tetrahedrons. The experimental work took account of the influence of various technological and structural parameters and properties of the material being milled.

Experimental data show that under equal other conditions, grinding media composed of spheroidal tetrahedrons ensures higher technological performance in the milling process compared to grinding media composed of balls.

Key words: spheroidal tetrahedrons, balls, grinding, drum mills.

Процесс измельчения требует высоких энергетических затрат [4]. Он применяется в различных отраслях – от переработки минерального сырья до производства цемента. Сотни миллионов тонн сырьевых материалов измельчается каждый год при расходе в среднем 20-30 кВт·ч/м. Проблема снижения расхода энергии на тонну рассматривается в экономической, экологической и сохранения окружающей среды плоскостях.

Направления исследований в снижении расхода энергии следующие [3]:

1) оптимизация общих затрат на рудо-подготовку, включая грохочение, дробление, измельчение и классификацию;

2) применение машин новых конструкций: пресс-валки, КИДы и т.д.;

3) улучшение эффективности классификации;

4) автоматизация процессов измельчения и классификации;

5) применение компьютерных прогнозирующих и оптимизирующих пакетов и др.

Операцией по снижению расхода энергии при измельчении в барабанных мельницах является использование новой формы мелющих тел вместо традиционно используемых шаров [5]. Такой новой формой мелющих тел являются, например, сфероидальные тетраэдраны.

Экспериментальные исследования включили оценку различных технологических и структурных параметров и свойств измельчаемого материала.

Наиболее важными были следующие [6]:

- заполнение мельницы измельчающей средой – 40 %;
- равномерная подача и постоянная выходная характеристика продукта в соответствии с регламентом;
- исходный материал для измельчения представлял медную порфиловую руду с рудника Ассарель (Болгария), взятую из потока питания мельниц обогатительной фабрики;
- плотность пульпы в мельнице составляла 70 % твердого;
- измельчение проводилось в открытом цикле (без циркулирующей нагрузки);
- измельчающая среда шаров и сфероидальных тетраэдронов была получена по технологии горячей объемной штамповки;
- в обоих случаях отдельные мелющие тела по массе различались не более чем на 1 %.

Две из пяти серий опытов проводились с использованием каждой из сред в отдельности (табл.1). Взамен постоянного мониторинга технологических параметров отбирались представительные пробы питающей руды и разгрузки мельницы. Осуществлялся ситовый анализ каждой из проб. Результаты усреднялись по каждой из рабочих сред. Сравнивались следующие данные:

- вновь образованная фракция – 0,08 мм представляла собой разницу между процентом этой фракции в руде и разгружаемой пульпе;
- процент частиц с крупностью – 0,2 мм, проходящей для флотации, подобным образом оценивался как разница между ее содержанием в исходном питании и пульпе;
- степень измельчения дробления [2]

$$S = \frac{D_{cp}}{d_{cp}},$$

где D_{cp} – средний измеренный диаметр частиц в руде с крупностью + 0,2 мм; d_{cp} – средний измеренный диаметр частиц пульпы в диапазоне + 0,2 мм.

Таблица 1

Результаты проведенных испытаний

Опыт	Питание мельницы	Пульпа	Вновь образованная поверхность
<i>Содержание класса – 0,2 мм, %</i>			
<i>Измельчающая среда – сфероидальные тетраэдраны</i>			
1	1,81	60,43	58,62
2	2,33	63,65	61,32
3	2,46	61,55	59,09
4	2,73	64,31	61,58
5	2,20	65,71	63,51
Среднее	2,306	63,13	60,824
<i>Измельчающая среда – шары</i>			
1	2,39	55,50	53,11
2	2,35	54,11	51,76
3	1,57	55,52	53,95
4	2,46	60,51	58,05
5	2,03	59,94	57,91
Среднее	2,160	57,116	54,956
<i>Содержание класса – 0,1 мм, %</i>			
<i>Измельчающая среда – сфероидальные тетраэдраны</i>			
1	1,54	45,80	44,26
2	2,08	47,68	45,60
3	2,18	46,65	44,47
4	2,43	48,49	46,06
5	1,99	49,30	47,31
Среднее	2,044	47,584	45,54
<i>Измельчающая среда – шары</i>			
1	2,06	42,31	40,25
2	2,06	41,44	39,38
3	1,40	42,85	41,45
4	2,17	45,16	42,99
5	1,77	44,45	42,68
Среднее	1,892	43,242	41,35

Экспериментальные данные показывают, что при прочих равных условиях измельчающая среда, состоящая из сфероидальных тетраэдронов, обеспечивает более высокие технологические показатели в процессе измельчения по сравнению с измельчающей средой, составленной из шаров (табл.2). Вновь образованная фракция крупности – 0,08 мм в среднем выше на 2,32 %, а флотационная крупность – 0,2 мм

выше на 5,868 %. Степень измельчения получилась выше на две единицы (доизмельчение в шаровой мельнице составило 10,1, а при измельчении сфероидальными тетрагедронами 12,1).

Таблица 2

Усредненные экспериментальные результаты параллельных опытов измельчения с шарами и сфероидальными тетрагедронами для класса – 0,063 мм, %

Опыт	Питание мельницы	Пульпа	Вновь образованная поверхность
<i>Измельчающая среда – сфероидальные тетрагедроны</i>			
1	1,20	28,21	27,01
2	1,71	28,31	26,60
3	1,76	28,03	26,27
4	1,96	28,62	26,66
5	1,69	28,58	26,89
Среднее	1,664	28,350	26,686
<i>Измельчающая среда – шары</i>			
1	1,64	26,02	24,38
2	1,68	26,16	24,48
3	1,13	26,81	25,68
4	1,69	26,65	24,96
5	1,39	25,80	24,41
Среднее	1,506	26,288	24,482

Испытанная новая форма измельчающих тел, названная сфероидальными тетрагедронами, обеспечивает более высокую производительность и вновь образованные поверхности, которые увеличивают производительность барабанных мельниц при тех же затра-

тах энергии [1]. Снижение расхода энергии в таком высокоэнергетическом процессе, как барабанная мельница, на несколько процентов будет давать наилучший экономический результат. Положительные моменты применения испытанных мелющих тел лежат в экономической и экологической плоскостях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кармазин В.И. Методы и оборудование для обогащения руд / В.И.Кармазин, Е.Е.Серго. М., 1974.
2. Сиденко П.М. Измельчение в химической промышленности. М., 1968.
3. Сравнение измельчающего действия шаров и сфероидальных тетраэдров в шаровых барабанных мельницах / Л.Цоцорков, Т.Пенчев, П.Бодуров, Л.Кузев // 25-й Международный конгресс обогатителей, Австралия, Брисбен, 2010.
4. Crow W.L. Grinding Ball Rationing. 1957.
5. Jain S.K. Ore Processing, Rotterdam, 1987.
6. Gyes R. Problems and development of Material Grinding. Literature on Construction, Moscow, 1964.

REFERENCES

1. Karmazin V.I., Sergo E.E. Processes and Machines for Mineral Processing. Moscow, 1974.
2. Sidenko P.M. Grinding in Chemical Industry. Moscow, 1968.
3. Tzotzorkov L., Penchev T., Bodurov P., Kuzev L. Comparative studies on balls versus spheroidal tetrahedrons working media to ore grinding in an industrial drum mill // 25th XXV International Mineral processing congress. Australia, Brisbane, 2010.
4. Crow W.L. Grinding Ball Rationing, 1957. Vol. 9.
5. Jain S.K. Ore Processing, Rotterdam, 1987.
6. Gyes R., Problems and development of Material Grinding. Literature on Construction. Moscow, 1964.