

**Г.Д. Краснов, Д.В. Шехирев, Н.Г. Барнов, А.А. Чесноков,
В.В. Чихладзе**

ВЛИЯНИЕ МЕТОДА ДРОБЛЕНИЯ НА СЕЛЕКТИВНОСТЬ МАГНИТНОГО ОБОГАЩЕНИЯ ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКОЙ РУДЫ

Селективное раскрытие минеральных комплексов – одно из основных требований к процессу дезинтеграции горной породы для последующего разделения составляющих ее минералов. Раскрытие сростков минералов при измельчении приводит к перераспределению минералов по классам крупности и изменению минерального состава отдельных классов [1,2]. Поэтому представляет интерес сопоставление измельченных разными способами материалов в отношении распределения минеральных компонентов по классам крупности. Такое сопоставление поможет получить представление об избирательности измельчения и сравнить аппараты по этому признаку для выбора рациональной технологии рудоподготовки, обеспечивающей максимальное раскрытие сростков минералов.

Ключевые слова: полиметаллические руды, дробление, дробилка, пресс-машина, размер частиц и элементный состав сухой магнитной сепарации, селективность процессов.

Технология рудоподготовки, включающая применение валковых дробилок высокого давления (ВДВД) в операциях мелкого дробления в последнее время получает широкое развитие. В дробилках ВДВД разрушение происходит в первую очередь в области дефектных зон и межфазных границ путем объемного сжатия слоя рудного материала между вращающимися валками. Такой механизм дезинтеграции способствует повышению селективности раскрытия минералов и уменьшению энергозатрат и, согласно полученным нами данными, хорошо моделируется с помощью пресса [3, 4].

Одноосное сжатие зернистого материала под прессом с помощью плунжера в толстостенном металлическом стакане, в условиях замкнутого объема, неизбежно приводит к появлению боковых напряжений и, следовательно, к возникновению эффекта всестороннего (объемного) сжатия аналогич-

но процессу, происходящему между валками роллер-пресса. Моделирование процесса межчастичного измельчения методом объемного сжатия на прессе используется в последнее время многими исследователями, в основном, для анализа затрат энергии на дезинтеграцию. Представляет интерес сравнение влияния объемного сжатия в процессе рудоподготовки для различных типов руд и методов дробления и последующее обогащение.

Цель работы – оценка влияния метода дробления на результаты магнитной сепарации свинцово-цинковой руды Дальнегорского месторождения Приморского края.

В рамках поставленной цели в работе решались следующие задачи:

- сравнение гранулометрии и элементного состава продуктов;
- зависимость результатов магнитного обогащения руды от ее подготовки.

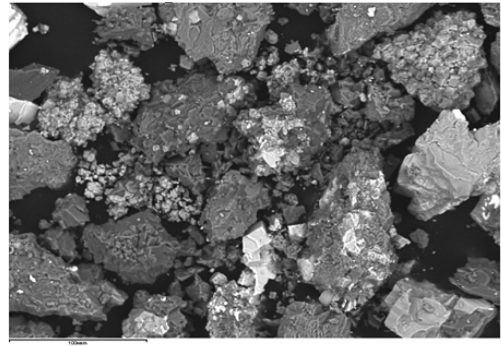
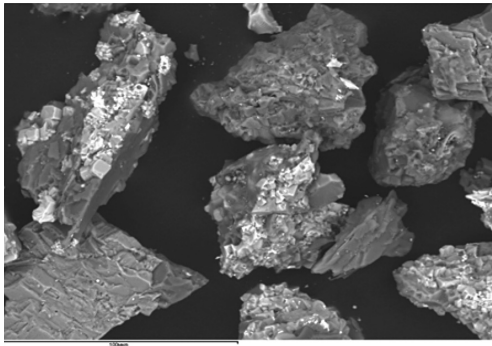


Рис. 1. Дальнегорская руда после измельчения разными способами: а) сжатие под прессом (-71+45 мкм), б) измельчение в дробилке (-71+45 мкм)

Для сравнения результатов дробления руды использованы универсальная прессовая гидравлическая машина SATC 300DX фирмы INSTRON, оснащенная цилиндрической камерой одноосного сжатия с возможностью регистрации графиков нагрузочно-деформационной характеристики компьютерной программой «Bluehill» и лабораторная щековая дробилка двойного действия БОЙД производства фирмы РОКЛАБС.

Характер деформации и разрушения кристаллических частиц изучен в аналитическом центре ИПКОН РАН с помощью электронной микроскопии на сканирующем электронном микроскопе Leo 1420 VP. Анализ элементного состава образцов осуществлялся с помощью рентгенофлуоресцентного спектрометра Shimadzu XRF-1800.

На микрофотографиях (рис. 1) показан характер разрушения частиц в различных аппаратах. На рисунках видно, что в массе зерен одинаковой крупности продукты прессовой обработки отличаются большим содержанием дефектных зерен. Характерны трещины, часто проходящие по линиям срастания кристаллов, сколы по краям поверхностей частиц. В крупных классах дробленого материала, при наличии трещиноватости, частицы, в основном, представляют собой

сростки кристаллов, но в более мелких классах наблюдается увеличение количества свободных зерен.

Постепенное высвобождение из сростков отдельных минералов неизбежно должно привести изменению вещественного состава классов. Это должно проявиться при последующем обогащении.

Обе параллельные пробы, после дробления в аппаратах были подвергнуты сухой магнитной сепарации, разделены на классы крупности, в которых анализировали содержание характерных элементов. Для оценки селективности дезинтеграции геоматериала использован числовой критерий [5, 6]

$$G_i = \gamma_i \cdot \left(\frac{\beta_i}{\alpha} - 1 \right)$$

Видно, что суммарный выход магнитной фракции после пресса почти на 10% ниже, чем из дробилки, соответственно на столько же выше выход немагнитной. Однако, за счет лучшей селективности, извлечение свинца и цинка в немагнитную фракцию для пресса выше. Этот факт наглядно иллюстрируют рис. 2 и 3.

Полученный результат магнитной сепарации можно объяснить лучшим раскрытием минералов при прессовом измельчении и, следовательно,

Таблица 1

Выход, содержание, извлечение и селективность по классам для Р_в, %

	Дробилка	ДМФ			ДНФ			
класс+,мм	выход,	содержание	извлеч-е	селектив.	выход	содержание	извлеч-е	селектив.
2,5	6,28	12,15	3,83	-2,45	11,28	19,04	10,78	-0,50
1,60	7,19	9,81	3,54	-3,65	13,20	16,63	11,02	-2,18
0,63	5,30	8,45	2,25	-3,05	14,12	21,41	15,17	1,06
0,315	3,65	10,41	1,91	-1,74	11,65	31,85	18,63	6,98
0,0	4,36	12,42	2,72	-1,64	22,97	26,13	30,12	7,16
Сумма	26,78	10,60	14,25	-12,54	73,22	23,32	85,73	12,51

Таблица 2

Выход, содержание, извлечение и селективность по классам для Р_в, %

	Пресс	ПМФ			ПНФ			
класс+,мм	выход	содерж-е	извлеч-е	селектив.	выход	содерж-е	извлеч-е	селектив.
2,5	2,12	6,74	0,68	-1,43	9,56	12,77	5,85	-3,70
1,60	4,08	10,49	2,06	-2,03	17,55	16,00	13,47	-4,08
0,63	3,89	9,04	1,69	-2,20	13,59	21,84	14,24	0,65
0,315	5,69	9,31	2,54	-3,15	27,26	31,77	41,53	14,27
0,0	1,17	5,48	0,31	-0,86	15,10	24,37	17,65	2,55
Сумма	16,95	8,95	7,27	-9,67	83,05	23,28	92,74	9,68

Таблица 3

Выход, содержание, извлечение и селективность по классам для Zn, %

	Дробилка	ДМФ			ДНФ			
класс+,мм	выход,	содерж-ние	извлеч-е	селектив.	выход	содерж-ние	извлеч-е	селектив.
2,5	6,28	10,39	6,44	0,15	11,28	9,20	10,23	-1,05
1,60	7,19	9,21	6,53	-0,66	13,20	8,06	10,50	-2,71
0,63	5,30	9,15	4,78	-0,52	14,12	9,89	13,77	-0,35
0,315	3,65	9,71	3,49	-0,15	11,65	11,69	13,43	1,78
0,0	4,36	7,74	3,33	-1,03	22,97	12,13	27,47	4,51
Сумма	26,78	9,30	24,57	-2,21	73,22	10,44	75,40	2,19

Таблица 4

Выход, содержание, извлечение и селективность по классам для Zn, %

	Пресс	ПМФ			ПНФ			
класс+,мм	выход	содерж-е	извлеч-е	селектив.	выход	содерж-е	извлеч-е	селектив.
2,5	2,12	5,78	1,32	-0,80	9,56	5,32	5,48	-4,07
1,60	4,08	6,98	3,08	-1,01	17,55	7,90	14,96	-2,59
0,63	3,89	7,17	3,01	-0,88	13,59	8,44	12,37	-1,22
0,315	5,69	7,09	4,35	-1,34	27,26	10,85	31,90	4,65
0,0	1,17	5,15	0,65	-0,52	15,10	14,06	22,90	7,80
Сумма	16,95	6,78	12,40	-4,54	83,05	9,78	87,62	4,56

Примеч.: ДМФ, ПМФ, ДНФ и ПНФ – магнитные и немагнитные фракции аппаратов

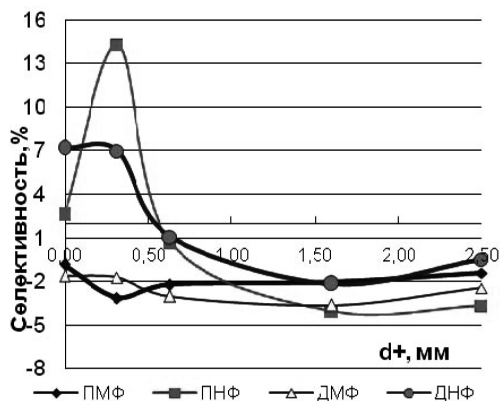


Рис. 2. Распределение РЬ по классам

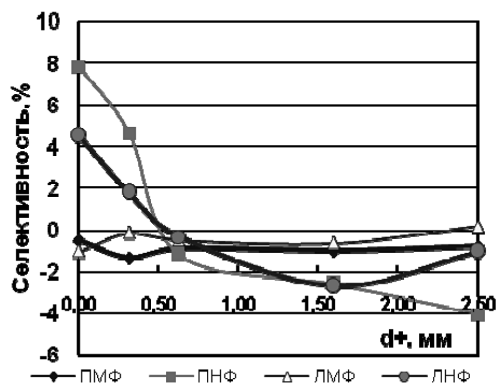


Рис. 3. Распределение Zn по классам

уменьшением количества сrostков. В магнитном поле магнитные минералы в сrostках увлекают с собой частицы породы и, таким образом, увеличивается выход магнитного продукта, но снижается его качество. Улучшение раскрытия приводит к лучшему разделению при тех же параметрах магнитного поля.

В целом показано сравнительное изменение состояния кристаллических частиц минеральных материалов и образование свободных зерен пос-

ле дезинтеграции различными методами. Такое сопоставление поможет сравнить аппараты при необходимости выбора технологии и оборудования с точки зрения селективности дезинтеграции.

Подтверждена обоснованность использования предлагаемого числового критерия селективности, адекватно описывающего распределение выбранных минералов в продуктах измельчения и последующего обогащения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ревнивцев В.И., Гапонов Г.В., Зарогатский Л.П. и др. Селективное разрушение минералов. – М.: Недра, 1988. – 286 с.
2. Федотов П.К. Разрушение руды в роллер-прессе. – М.: ООО «Геоин-форммарк», 2006. – 128 с.
3. Краснов Г.Д., Подгаецкий А.В., Чихладзе В.В. Дробление рудных материалов методом объемного сжатия. Материалы 1-го Международного научно-практического семинара памяти В.А. Олевского «Проблемы дезинтеграции минерального и техногенного сырья в горной промышленности и строительной индустрии», 10–16 сентября 2007. – Ставрополь. – С. 21–26.
4. Краснов Г.Д., Подгаецкий А.В., Чихладзе В.В. Опыт моделирования про-

цесса дробления в роллер-прессе // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2009, ОВ 14. – С. 89–102.

5. Краснов Г.Д., Чихладзе В.В. Особенности разрушения минералов, измельченных различными методами. Материалы 2-го Международного научно-практического семинара памяти В.А. Олевского «Проблемы дезинтеграции минерального и техногенного сырья в горной промышленности и строительной индустрии», 4–8 декабря 2009. – Ставрополь. – С. 12–23.

6. Краснов Г.Д., Ракаев А.И., Шехирев Д.В., Чихладзе В.В. Кинетика и селективность измельчения медно-никелевой руды в барабанных мельницах // Цветные металлы. – 2011. – № 6. – С. 11–15. **ГИАБ**

Краснов Гелий Дмитриевич¹ – профессор,

Шехирев Дмитрий Витальевич² – зав. кафедрой,

Барнов Николай Георгиевич² – кандидат геолого-минералогич наук, e-mail: barnov@inbox.ru,

Чесноков Андрей Анатольевич² – студент,

Чихладзе Владимир Вахтангович¹ – кандидат химических наук,

¹ Институт проблем комплексного освоения недр Российской академии наук,

² НИТУ «МИСиС».

UDC 622.7:621.926

INFLUENCE OF THE METHOD OF CRUSHING ON THE SELECTIVITY MAGNETIC SEPARATION POLYMETALLIC ORE

Krasnov G.D.¹, Professor,

Shekhirev D.V.², Head of Chair,

Barnov N.G.², Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, e-mail: barnov@inbox.ru,

Chesnokov A.A.², Student,

Chikhladze V.V.¹, Candidate of Chemical Sciences,

¹ Institute of Problems of Comprehensive Exploitation of Mineral Resources

of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia,

² National University of Science and Technology «MISiS», 119049, Moscow, Russia.

Selective disclosure of mineral complexes – one of the basic requirements of the process of disintegration of the rock for the subsequent separation of the constituent minerals. Disclosure splices minerals during grinding leads to a redistribution of minerals by class size and changing the mineral composition of separate classes [1, 2]. It is therefore of interest to compare different ways of crushed materials on the distribution of mineral components by size classes. This comparison will help to get an idea of selective grinding and compare vehicles on the basis of a rational choice for ore dressing technology, providing maximum disclosure splices minerals.

Key words: polymetallic ore, crushing, crusher, press machine, particle size and elemental composition of dry magnetic separation, selectivity of the processes.

REFERENCES

1. Revnitshev V.I., Gaponov G.V., Zarogatskii L.P. *Selektivnoe razrushenie mineralov* (Selective destruction of minerals), Moscow, Nedra, 1988, 286 p.

2. Fedotov P.K. *Razrushenie rudy v roller-pretse* (Destruction of ore per roller presse), Moscow, ООО «Geoinformmark», 2006, 128 p.

3. Krasnov G.D., Podgaetskii A.V., Chikhladze V.V. *Materialy 1-go Mezhdunarodnogo nauchno-prakticheskogo seminaru pamyati V.A. Olevskogo «Problemy dezintegratsii mineral'nogo i tekhnogennogo syr'ya v gornoi promyshlennosti i stroitel'noi industrii»*, 10–16 sentyabrya 2007 (Proceedings of the 1st International scientific-practical seminar memory V.A. Olevskii «Problems of disintegration of mineral and industrial raw materials in the mining and construction industry», September 10–16, 2007), Stavropol, pp. 21–26.

4. Krasnov G.D., Podgaetskii A.V., Chikhladze V.V. *Gornyi informatsionno-analiticheskii byulleten'*. 2009, special issue 14, pp. 89–102.

5. Krasnov G.D., Chikhladze V.V. *Materialy 2-go Mezhdunarodnogo nauchno-prakticheskogo seminaru pamyati V.A. Olevskogo «Problemy dezintegratsii mineral'nogo i tekhnogennogo syr'ya v gornoi promyshlennosti i stroitel'noi industrii»*, 4–8 dekabrya 2009 (Materials 2st International scientific-practical seminar memory V.A. Olevskii «Problems of disintegration of mineral and industrial raw materials in the mining and construction industry», 4–8 December 2009), Stavropol, pp. 12–23.

6. Krasnov G.D., Rakaev A.I., Shekhirev D.V., Chikhladze V.V. *Tsvetnye metally*. 2011, no 6, pp. 11–15.

