

Список литературы: 1. Горобец Л.Ж. Развитие научных основ измельчения твердых полезных ископаемых [автореф.] дисс. на соискание научн. степени докт. техн. наук: Днепропетровск, 2004. – 35 с. 2. Павлов П.И. Параметры акустического излучения промышленной газоструйной установки // [П.И. Павлов, Л.Ж. Горобец, В.Н. Бовенко и др.] // Вестник НТУ «ХПИ». – 2007. – № 27. – С. 33 – 41. 3. Павлов П.И. Акустическое исследование измельчаемости гетерогенных материалов струйным способом // [Л.И. Павлов, Л.Ж. Горобец, В.Н. Бовенко, Н.С. Прыдако] // ЗЖК – 2008. – № 34(73). – С. 67 – 74. 4. А.с. 512602 СССР. А. периодический датчик для регистрации акустических сигналов: / В.Н. Бовенко, В.И. Палушич (СССР); Опубл. 30.08.76, Бюл. № 16. 5. Фролов Д.И. Связь между параметрами акустических сигналов и размерами разрывов сплошности при разрушении гетерогенных материалов / [Д.И. Фролов, Р.И. Кивышев, В.С. Курченко, С.В. Новосков] // Механика композитных материалов. – 1980. – № 5. – С. 907 – 911. 6. Статини С.А. Исследование временных параметров акустических сигналов при образовании трещин отрыва / С.А. Статини, П.Г. Таммлин // Прогноз землетрясений. – 1984. – № 4. – С. 31 – 45. 7. Горобец Л.Ж. Эксплуатация акустический мониторингу шоста струменного подрібнення / Л.Ж. Горобец, Н.С. Прыдако, Г.О. Стрельников, Г.В. Верхоробина // Автоматизация виробничих процесів у машинобудуванні та приладобудуванні. – 2006. – Вып. 40. – С. 69 – 74. 8. Павлов П.И. Мониторинг изменений технологических и режимных параметров в процессе струйного измельчения строительных материалов / [П.И. Павлов, Л.Ж. Горобец, Н.С. Прыдако и др.] // Применение дисперсных и ультра- (нано-) дисперсных пероксидных систем в промышленной технологии: матер. науч.-техн. конф. – С.-Пб., 2008. – С. 112 – 127.

Поступила в редакцию 10.06.09

УДК 622.776

**И.К. МЛАДЕЦКИЙ**, докт. техн. наук, ДНГУ, г. Днепропетровск,  
**Ю.С. МОСТЫКА**, докт. техн. наук, ДНГУ, г. Днепропетровск

### АНАЛИТИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБОГАТИМОСТИ ВКРАПЛЕННОЙ РУДЫ ПРИ ЕЕ ОБОГАЩЕНИИ

На основе текстурно-структурных признаков валунной руды и показателя совершенства обогащающей технологии найдено требуемое значение крупности помола руды с целью достижения требуемых показателей качества концентрата.

On the basis of texture and structural signs of iron-stone and index of perfection of concentrating technology the required function of distributing of conglomerates and required largeness of grade of ore is found for achievement of the required indexes of enriching.

Проектирование обогащающих технологий для глубокого обогащения вкрапленных полезных ископаемых первую очередь требует определения количества стадий измельчения. Для этого необходима оценка начального и

конечного значений крупности частиц руды. Начальным значением крупности частиц для глубокого обогащения является крупность частиц мелкого дробления и его оценка не вызывает значительных трудностей. Конечное значение средней крупности помола связывают с требуемым значением качества концентрата. Поэтому для этого первоначально ориентируются на среднюю крупность вкрапления ценного минерала, а затем экспериментальными исследованиями по обогатимости полезного ископаемого оценивают окончательное значение средней крупности помола.

Для использования компьютерных технологий по исследованию обогатимости руды необходимы функциональные зависимости между требуемой конечной крупностью помола и параметрами руды, поступающей на обогащение.

Данная работа посвящена поиску упомянутой зависимости и решается при условии, что качество концентрата является заданной величиной  $\beta_K$ , а на потери ценного компонента в хвостах наложено ограничение, требуется, чтобы потери ценного компонента в хвостах были бы не более допустимого значения  $\alpha_K < \alpha_{K\text{доп}}$ . Известной величиной является также средняя крупность вкрапления ценного минерала  $d_{0K}$  и содержание ценного компонента в исходной руде  $\alpha_H$ . Поиск зависимости будем вести на примере усредненных показателей железных руд Криворожского железорудного бассейна.

В работе [1] предложена формула, позволяющая в некоторой степени прогнозировать качество концентрата  $\beta$ , если известно содержание ценного минерала в исходной руде  $\alpha_H$ , показатель раскрытия  $R$  и показатель совершенства технологии разделения  $K$

$$\beta_K = \alpha_H + RK(1 - \alpha_H). \quad (1)$$

Коэффициенты  $K$  и  $R$  зависят от технологии переработки полезного ископаемого и совместно определяют трудность обогащения полезного ископаемого. Коэффициент  $K$  определяет совершенство разделения, поэтому связан с видом сепарационных характеристик аппаратов, применяемых в технологии. Определим значения показателей, характеризующих технологию обогащения.

Показатель совершенства технологии разделения зависит от применяемых сепараторов и технологии их соединения. Экспериментально этот показатель может быть определен по результатам опробования технологических потоков.

Исследование фракционного состава твердой фазы пульпы хвостов и концентрата показало, что распределение сродков в этих продуктах имеют вид, приведенный в табл. 1.

Среднее значение выхода концентрата  $\gamma_B = 0,4$ .

Таблица 1

Зависимости распределения сродков в выходных продуктах обогащательной фабрики

$\alpha$	0	0,125	0,375	0,625	0,875	1
$F_B$	0,01	0,02	0,64	0,09	0,6	1
$F_C$	0,25	0,8	0,9	0,98	0,99	1

Соотношения между узкими фракциями в обогащенном продукте имеет вид  $\Delta\gamma_B = \Delta F_B \gamma$ , а в обдленном  $\Delta\gamma_C = \Delta F_C (1 - \gamma)$ . Баланс узких фракций в продуктах разделения  $\Delta\gamma_\alpha = \Delta\gamma_C + \Delta\gamma_B$ .

В соответствии с определением сепарационной характеристики она представляет собой отношение содержания фракции в концентрате к содержанию фракции в исходном продукте, т.е.

$$P = \frac{\Delta\gamma_B}{\Delta\gamma_\alpha} = \frac{\Delta F_B \gamma}{\Delta F_B \gamma + \Delta F_C (1 - \gamma)} \quad (2)$$

В результате получена сепарационная характеристика (табл. 2).

Откуда видно, что она близка к идеальной.

Поэтому принимается предположение, что разделение происходит ступенчато при значении  $\alpha = \alpha_B$  и коэффициент совершенства технологии разделения на этом основании  $K = 1$ .

Таблица 2

Сепарационная характеристика ТЛО

$\alpha$	0	0,125	0,375	0,625	0,875	1
$P$	0,024	0,012	0,17	0,29	0,97	0,96

Таким образом, исходное выражение (1) принимает вид

$$\beta_{KZ} = \alpha_B + R(1 - \alpha_B) \quad (3)$$

Из последнего соотношения определяется требуемое раскрытие для достижения желаемого качества концентрата

$$R_B = \frac{\beta_{KZ} - \alpha_B}{1 - \alpha_B} \quad (4)$$

На основании требований к качеству концентрата и потерям ценного минерала в хвостах можно записать

$$\gamma_T = \frac{\alpha_B - v_{KZOB}}{\beta_{KZ} - v_{KZOB}} \quad (5)$$

Показатель раскрытия может быть выражен через параметры раскрытия [2]: открытые рудные  $P_{OZ}$  и нерудные зерна  $P_{NZ}$ , богатые  $P_{BZ}$  и бедные  $P_{CZ}$  сродки:

$$R = \frac{P_{OZ} + P_{CZ} \alpha_{OC} - P_{BZ} \alpha_{BZ}}{P_{OZ} + P_{CZ} - P_{BZ} - P_{CZ}} = \alpha_T - \alpha_B \quad (6)$$

где  $\alpha_{OC} = \frac{\alpha_B}{2}$ ,  $\alpha_{BZ} = \frac{1 + \alpha_B}{2}$ .

При сформулированных условиях разделения можно предположить, что

$$P_{OZ} + P_{CZ} = \gamma_B \quad \text{и} \quad P_{BZ} + P_{CZ} = 1 - \gamma_B \quad (7)$$

а также, что

$$\alpha_T = \beta_{KZ} \quad \text{и} \quad \alpha_B = v_{KZOB} \quad (8)$$

Используя соотношения (6) ... (8) имеем

$$\frac{P_{BZ} \alpha_{BZ}}{1 - \gamma_B} = v_{KZOB}$$

откуда

$$P_{BZ} = \frac{(1 - \gamma_T) v_{KZOB}}{\alpha_{BZ}} \quad (9)$$

На основании требований к качеству концентрата имеем:

$$\frac{P_{PZ} + P_{PC} \alpha_{PC}}{\gamma_T} = \beta_{KZ},$$

Откуда

$$P_{PC} = \frac{2\gamma_T(1 - \beta_{KZ})}{1 + \alpha_H}, \quad (10)$$

Содержания открытых фракций составят:

$$P_{PZ} - \alpha_H - P_{PC}, \quad P_{PZ} - 1 - \alpha_H - P_{PC}. \quad (11)$$

Оценим численно показатели раскрытия ценного минерала при таких исходных данных:

$$\alpha_H = 0,4; \beta_{KZ} = 0,95; \chi_{\text{хол}} = 0,05; \alpha_{HC} = 0,2; \alpha_{PC} = 0,7.$$

Показатели раскрытия оказались следующие:

$$R_T = \frac{0,95 - 0,4}{1 - 0,4} = 0,917, \quad \gamma_T = \frac{0,4 - 0,05}{0,95 - 0,05} = 0,389,$$

$$P_{PC} = \frac{(1 - 0,389) \cdot 0,05}{0,2} = 0,153, \quad P_{PZ} = 1 - 0,4 - 0,153 = 0,444,$$

$$P_{PC} = \frac{1 - 0,458 - 0,153 - 0,95 \times 0,389}{0,3} = 0,065; \quad P_{PZ} = 0,335.$$

Вычисленное по этим показателям раскрытие дает значение  $R_T = 0,902$ .

Далее для определения требуемой крупности помола выберем одно из уравнений для аналитического расчета параметров раскрытия, например такос [2]:

$$P_{PZ} = \frac{\alpha_H}{d} \int_0^d \left(1 - \frac{d}{d_{nc}}\right) \exp\left(-\frac{d}{d}\right) \delta d$$

и с его помощью определим среднюю крупность помола  $\bar{d}$ .

С этой целью представим интегральное выражение конечной суммой:

$$P_{PZ} = \alpha_H \sum_{i=1}^k \left(1 - \frac{d}{d_{nc}}\right) \left(\exp\left(-\frac{d_{i-1}}{d}\right) - \exp\left(-\frac{d_i}{d}\right)\right).$$

Задаваясь значениями средней крупности помола и вычисляя количество открытых рудных зерен, путем сравнения его с необходимым, которое вычислено ранее, определим необходимую крупность помола руды.

Приняв значение средней крупности вскрытия  $d_{nc} = 0,2$  мм было получено:

$$\text{— для } \bar{d} = 0,2, P_{PZ} = 0,13;$$

$$\text{— для } \bar{d} = 0,1, P_{PZ} = 0,27;$$

$$\text{— для } \bar{d} = 0,03, P_{PZ} = 0,33.$$

Последнее значение содержания открытых рудных зерен соответствует решению задачи.

Таким образом, требуемая крупность помола руды составляет 0,03 мм. При этом содержание класса  $< 0,07$  мм. составляет

$$P_{<0,07} = 1 - \exp\left(-\frac{0,07}{0,03}\right) = 0,903.$$

Следовательно, для получения требуемых показателей качества концентрата необходимо измельчать руду, в которой содержание ценного компонента 40 % и вскрытие его 0,2 мм до 90 % класса  $< 0,07$  мм, что соответствует показателям измельчения для железной руды средней обогащенности.

Список литературы: 1. Карпачев Б.И. Современное состояние обогащения руд черных металлов / Б.И. Карпачев. — М.: Геостроиздат, 1964. — 763 с. 2. Мельничук И.К. Технологии разработки показателя вскрытия корунда коллонта (науч. пособие) / И.К. Мельничук. // Псков. — Днепропетровск: НГУ, 2005. — 156 с.

Поступила в редакцию 22.06.09