

УДК 622.778

И.К. МЛАДЕЦКИЙ, д-р техн. наук,

С.В. ЛИТВИНЕНКО

(Украина, Днепропетровск, Национальный горный университет)

СОГЛАСОВАНИЕ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ И КЛАССИФИКАЦИИ

Первоначальное измельчение, как правило, включает замкнутый цикл со спиральным классификатором. Такое соединение аппаратов определенным образом способна раскрывать ценный минерал. Принято считать, что классификатор ведет разделение по крупности. Технологической характеристикой измельчения также является функция распределения частиц по крупности. В промышленности степень подготовки сырья к разделению характеризуют содержанием готового класса. Понятие готового класса должно быть связано с параметрами полезного ископаемого. Будем ориентироваться при согласовании характеристик технологических аппаратов, которые реализуют процессы измельчения и классификации, на вкрапление и функционально связанное с крупностью и вкрапленностью значение раскрытия R . Разделим мысленно измельченный продукт на богатую фракцию, в которой частиц с содержанием ценного компонента больше чем в исходной руде, и на бедную фракцию, где содержатся все остальные частицы. Раскрытие будем численно определять как разность содержаний ценного компонента в богатой α_p и бедной α_n фракциях подготовленного сырья. Практически определено, что фракция крупности, в которой уже могут быть открытые рудные зерна, считается верхней границей диапазона готового класса, т.е. частицы имеют размер, равный среднему размеру вкрапления. Нижняя граница – нулевая.

Расчеты раскрытия при первичном измельчении показали, что открытые рудные и нерудные зерна появляются, когда $R > 0,5$. Таким образом, $R = 0,5$ можно принять в качестве особой точки на кривой $R = f(d)$.

Для определения точки согласования характеристик измельчения и классификации задаемся интервалами изменения классов крупности частиц. Определяем раскрытие в каждом узком классе крупности. Строим кривую $R = f(d)$. Находим точку $R = 0,5$. Абсцисса этой точки дает значение абсциссы точки перегиба сепарационной характеристики классификатора, который будет работать в соединении с мельницей.

Для определения раскрытия вычисляем содержание сростков и открытых рудных зерен в каждом узком классе крупности. Формулы имеют ограниченное применение в зависимости от значения крупности, которое сравнивается с величиной вкрапления d_{BK} :

Зададимся значением вкрапления $d_{BK} = 0,5$ мм и содержанием полезного

Підготовчі процеси збагачення

компонента $\alpha_{II} = 0,35$ и определим содержание сростков и открытых зерен в классах крупности.

– количество открытых рудных зерен

$$P_{PЗ} = \alpha_{II} \int_{X_I}^{X_{i+1}} \left(1 - \frac{d}{d_{BK}}\right) f(d) \partial d \quad (1)$$

где $P_{PЗ}$ – содержание открытых рудных зерен; α_{II} – содержание полезного компонента в исходной руде; d – текущий размер частиц; d_{BK} – значение крупности вкрапления; $f(d)$ – дифференциальная функция распределения частиц по крупности.

– количество богатых сростков

$$P_{PC} = \alpha_{II} \int_{X_I}^{X_{i+1}} \frac{d}{d_{BK}} f(d) \partial d \quad (2)$$

Выражения (1) и (2) применимы для диапазона крупности $0 < d_{i+1} < d_{BK}$.

– количество открытых нерудных зерен

$$P_{HЗ} = (1 - \alpha_{II}) \int_{X_I}^{X_{i+1}} \left(1 - \frac{d}{r_{BK}}\right) f(d) \partial d \quad (3)$$

где $r_{BK} = 1,4 d_{BK} \left(\sqrt[3]{\frac{0,65}{\alpha_I}} - 1\right)$ – размер нерудного включения.

– количество бедных сростков

$$P_{PC} = (1 - \alpha_{II}) \int_{X_I}^{X_{i+1}} \frac{d}{r_{BK}} f(d) \partial d \quad (4)$$

Выражения (3) и (4) применимы для диапазона крупности $0 < X_{i+1} < r_{BK}$.

Для частиц крупностью, превышающей размер вкрапления d_{BK} , количество богатых сростков вычисляется по следующей зависимости:

$$P_{PC} = \alpha_{II} (F(X_{i+1}) - F(X_i)),$$

где $F(d)$ – интегральная функция распределения частиц по крупности, а для частиц крупностью, превышающей размер нерудного вкрапления r_{BK} , количество бедных сростков определяется как

$$P_{HC} = (1 - \alpha_{II}) (F(X_{i+1}) - F(X_i)), \quad X > r_{BK}$$

Зададимся теперь сепарационной характеристикой классификатора (рис. 1, поз.2), который будет работать в соединении с мельницей, а руда с содержанием полезного компонента $\alpha_{II} = 0,35$ и диаметром вкрапления $d_{BK} = 0,5$ измельчена в

соответствии с характеристикой, представленной на рис.1 (поз. 1).

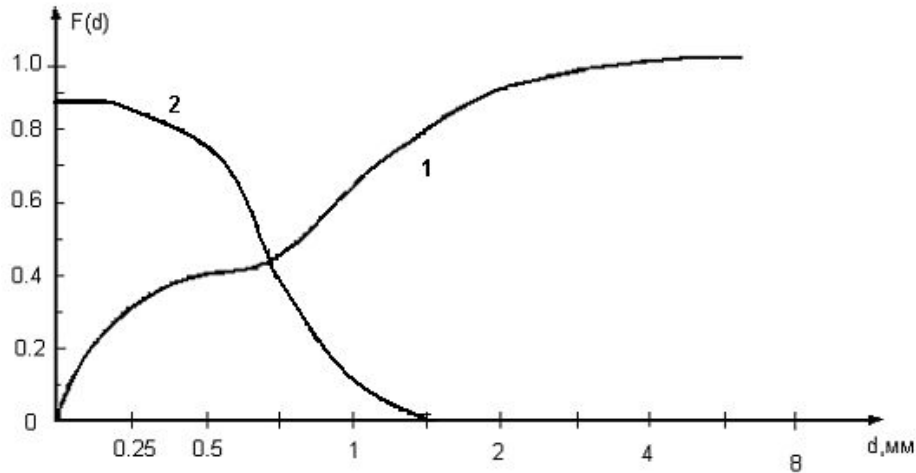


Рис.1. Распределение частиц по крупности (1) и сепарационная характеристика классификатора (2)

Рис. 1. Распределение частиц по крупности (1) и сепарационная характеристика классификатора (2)

Определяем содержание сростков и открытых зерен в различных узких классах крупности:

- 1) при крупности измельчаемого материала до 15 мм ($0 < d_1 \leq 0,15$)
 $P_{1PЗ} = 0,0672$, $P_{1PC} = 0,0133$, $P_{1НЗ} = 0,07228$, $P_{1HC} = 0,077$, $r_{BK} = 0,16$;
- 2) при крупности измельчаемого материала до 25 мм ($0,15 < d_2 \leq 0,25$)
 $P_{2PЗ} = 0,0163$, $P_{2PC} = 0,0117$, $P_{2HC} = 0,039$;
открытые нерудные зерна $P_{НЗ}$ отсутствуют
- 3) при крупности измельчаемого материала до 45 мм ($0,25 < d_3 < 0,45$)
 $P_{PЗ} = 0,0084$, $P_{PC} = 0,0429$, $P_{HC} = 0,0585$;
- 4) при крупности измельчаемого материала до 75 мм ($0,45 \leq d_3 \leq 0,75$)
 $P_{PC} = 0,021$, $P_{HC} = 0,039$.

Далее для определения раскрытия R необходимо определить содержание ценного компонента в богатых α_P и бедных сростках α_H

$$\alpha_P = \frac{P_{PЗ} + \alpha_{PC} \cdot P_{PC}}{P_{PC} + P_{PЗ}} ; \quad \alpha_H = \frac{\alpha_{HC} \cdot P_{HC}}{P_{HC} + P_{НЗ}} , \quad (5)$$

где

$$\alpha_{PC} = \frac{\alpha_{МАКС} + \alpha_{И}}{2} ; \quad \alpha_{HC} = \frac{\alpha_{МИН} + \alpha_{И}}{2} ; \quad (6)$$

где $\alpha_{МАКС}$ – максимальное содержание ценного минерала (ЦМ) в богатых

сростках; $\alpha_{МИН}$ – минимальное содержание ЦМ в бедных сростках.

Так как функция распределения частиц ограничена слева нулевой крупностью, то при любой степени помола таких частиц ничтожно мало и, очевидно, имеет смысл или пренебречь. Воспользуемся этим постулатом и примем, что если количество частиц класса крупности $0 < d < d_{KP}$ меньше одного процента, то считаем его присутствие несущественным.

Если располагаем дифференциальной функцией распределения частиц по крупности $f(d)$, то граничная крупность мелкого класса d_{KP} будет найдена из

$$0,01 = \int_0^{d_{KP}} f(d) \delta d$$

соотношения $\int_0^{d_{KP}} f(d) \delta d$ путем численного поиска.

Максимальное и минимальное содержание ценного компонента в частицах большого размера определяем так:

– максимальное

$$\alpha_{МАКС} = \left(\frac{nd_{BK} + \Delta d}{nL_{BK} + \Delta d} \right)^3, \quad (7)$$

Формула(7) применима для промежутка $0 < \Delta d < d_{BK}$

– минимальное:

$$\alpha_{МИН} = \left(\frac{nd_{BK}}{nL_{BK} + \Delta d} \right)^3, \quad (8)$$

Формула(8) применима для промежутка $0 < \Delta d < r_{BK}$;

$$L_{BK} = d_{BK} \sqrt[3]{\frac{0,65}{\alpha_{И}}} = r_{BK} + d_{BK}, \quad (9)$$

где d_{BK} – размер вкрапления ЦМ; n – количество измерений L_{BK} , укладываемых в поперечнике частицы [1].

Установим граничную крупность мелкого класса d_{KP} и найдем n из формул (7) и (8):

$$n = \frac{d_{KP}}{L_{BK}},$$

а значение Δd примем максимальным ($\Delta d = d_{BK}$) для поиска $\alpha_{МАКС}$ и минимальным ($\Delta d = r_{BK}$) для поиска $\alpha_{МИН}$. Выполнив тождественные преобразования и получим искомые величины:

$$\alpha_{\text{МАКС}} = \left(\frac{n+1}{n \cdot \sqrt[3]{\frac{0,65}{\alpha_{\text{И}}}}} \right)^3; \quad \alpha_{\text{МИН}} = \left(\frac{n}{(n+1) \cdot \sqrt[3]{\frac{0,65}{\alpha_{\text{И}}} + 1}} \right)^3, \quad (10)$$

где

$$n = \frac{d_i}{L_{\text{БК}}} \quad (11)$$

Определим $L_{\text{БК}}$ по выражению (9), а количество измерений n по (10):

$$L_{\text{БК}} = d_{\text{БК}} + r_{\text{БК}} = 0,5 + 0,16 = 0,66 \text{ мм.}$$

$$n_1 = \frac{d_1}{L_{\text{БК}}} = \frac{0,15}{0,66} = 0,227; \quad n_2 = \frac{d_2}{L_{\text{БК}}} = \frac{0,25}{0,66} = 0,379;$$

$$n_3 = \frac{d_3}{L_{\text{БК}}} = \frac{0,45}{0,66} = 0,65; \quad n_4 = \frac{d_4}{L_{\text{БК}}} = \frac{0,75}{0,66} = 1,136.$$

Подставим полученные значения в формулы (8) и (9) и получим:

$$\alpha_{\text{МАХ1}} = 0,882, \quad \alpha_{\text{МИН1}} = 0,00074; \quad \alpha_{\text{МАХ2}} = 0,832, \quad \alpha_{\text{МИН2}} = 0,0028;$$

$$\alpha_{\text{МАХ3}} = 0,77, \quad \alpha_{\text{МИН3}} = 0,01; \quad \alpha_{\text{МАХ4}} = 0,71, \quad \alpha_{\text{МИН4}} = 0,313.$$

Далее для определения раскрытия вычислим $\alpha_{\text{рс}}$ и $\alpha_{\text{нс}}$ по формулам (5) и (6):

$$\alpha_{\text{рс1}} = 0,616, \quad \alpha_{\text{нс1}} = 0,1754; \quad \alpha_{\text{рс2}} = 0,591, \quad \alpha_{\text{нс2}} = 0,1764;$$

$$\alpha_{\text{рс3}} = 0,56, \quad \alpha_{\text{нс3}} = 0,18; \quad \alpha_{\text{рс4}} = 0,53, \quad \alpha_{\text{нс4}} = 0,3315.$$

Подставив полученные значения в выражения (5) и (6) получим:

$$\alpha_{\text{р1}} = 0,9366, \quad \alpha_{\text{н1}} = 0,09,$$

$$\alpha_{\text{р2}} = 0,8291, \quad \alpha_{\text{н2}} = 0,1764, \quad \alpha_{\text{р3}} = 0,632, \quad \alpha_{\text{н3}} = 0,18, \quad \alpha_{\text{р4}} = 0,53, \quad \alpha_{\text{н4}} = 0,3315,$$

Раскрытие R получаем как разность $\alpha_{\text{р}}$ и $\alpha_{\text{н}}$:

$$R_1 = 0,8456; \quad R_2 = 0,6527; \quad R_3 = 0,452; \quad R_4 = 0,1985.$$

Построим график для определения значения крупности разделения в классификаторе или абсциссы точки перегиба на сепарационной характеристике, т.е. зависимость $R=f(d)$



Рис.2.Функция изменения раскрытия ценного минерала в узких классах

Рис. 2. Функция изменения раскрытия ценного Минерала в узких классах

Затем проводим горизонталь к ординате со значением 0,5 до пересечения с графиком. Из точки пересечения опускаем перпендикуляр на ось абсцисс. Точка пересечения даст искомое значение крупности разделения в классификаторе $d_n = 0,4$ или абсциссу точки перегиба на сепарационной характеристике.

Список литературы

1. Младецкий И.К., Мостыка Ю.С. Аналитическое определение показателей раскрытия руд. Днепропетровск: Системные технологии, 2000. – 104 с.

© Младецкий И.К., Литвиненко С.В., 2005

*Надійшла до редколегії 16.03.2005 р.
Рекомендовано до публікації д.т.н. П.І. Піловим*

УДК 622.232

Г.В. ПЕТРУШКИН, канд. техн. наук,
А.В. ЗУБАРЕВ

ЗАЩИТА ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ ДРОБИЛЬНЫХ МАШИН

Опыт использования горных машин, предназначенных, в частности, для дробления полезных ископаемых, показывает, что электродвигатели в их составе работают в весьма напряженных условиях и режимах эксплуатации, что, безусловно, сказывается на сроке их службы. Одно из таких обстоятельств