

**И.В. АХМЕТШИНА,**  
**И.К. МЛАДЕЦКИЙ, Ю.С. МОСТЫКА,** д-ра техн. наук,  
**В.Ю. ШУТОВ**  
(Украина, Днепропетровск, Национальный горный университет)

## **ИДЕНТИФИКАЦИЯ ФУНКЦИИ ВКРАПЛЕННОСТИ РУДЫ**

Исследование полезного ископаемого на обогатимость предполагает идентификацию функции вкрапленности. Обычно это кропотливая работа с микроскопом. Если же имеется в распоряжении сканирующий микроскоп с компьютерной обработкой сигнала, тогда такая работа не составляет труда. Однако в таком случае необходимо выполнить несколько сканирований различных шлифов, затем выполнить осреднительные вычисления. Не любая лаборатория располагает такими сканерами, поскольку это дорогие устройства.

Предлагается более оперативный способ определения функции вкрапленности, основанный на определении классов крупности измельченного материала и распределении зерен по содержанию в них ценного минерала в каждом классе крупности.

*Лабораторная подготовка материала.* Предварительное визуальное обследование шлифа куска руды дает возможность определить максимальный размер вкрапления  $d_{BK_{max}}$ . В соответствии с этим значением производится измельчение до данной граничной максимальной крупности, например, до средней крупности  $\bar{d} = \frac{d_{BK_{max}}}{3}$ , или 100% класса ( $-d_{BK_{max}}$ ). В данном случае в самом крупном классе будут открытые рудные зерна, а мелких классах – тем более. Таким образом, измельчать необходимо таким образом, чтобы каждый класс крупности имел открытую фракцию.

Выполнив классифицирование измельченного продукта, и далее фракционный анализ в каждом классе крупности, будем иметь функцию распределения материала по классам крупности  $F(d)$  и функции распределения сростков в каждом классе крупности  $i - E_i(\alpha/d)$ . В результате содержание открытой рудной фракции в каждом классе крупности  $V_i(d)$  становится известной величиной.

*Теоретические предпосылки.* В работе [1] показано, что теоретически возможно определить содержание открытой рудной фракции в определенном классе крупности с помощью соотношения:

$$P_{P3}(d_i) = \alpha_H \left(1 - \frac{d_i}{d_{BK_i}}\right) \Delta F(d_i) \Delta F(d_{BK_i}), \quad (1)$$

## **Загальні питання технології збагачення**

где  $d_i$  – средний диаметр частиц в  $i$ -том классе крупности;  $\alpha_{II}$  – содержание ценного минерала в исходном продукте;  $\Delta F(d_i)$ ,  $\Delta F(d_{BK_i})$  – приращения функции распределения частиц по крупности и функции распределения вкрапленности (определяются путем анализа измельченного продукта).

Величина  $P_{P3}(d_i)$  определяется по результатам анализа и представляет собой раскрытую фракцию в каждом классе крупности:

$$P_{P3}(d_i) = \Delta F(\alpha = 1/d_i).$$

Введем следующие обозначения:  $n$  – количество классов крупности измельченной пробы;  $(n+1)$  – число дискретных интервалов функции размеров включений;  $i$  – номер класса крупности;  $j$  – номер интервала размеров включений;  $\alpha$  – содержание рудного материала в пробе;  $d_i$  – средний диаметр частиц в классе крупности;  $b_j$  – средний диаметр включений  $j$ -того интервала;  $F$  – функция распределения диаметров частиц в измельченном материале;  $E$  – функция распределения рудных включений;  $P_i$  – количество открытых рудных зерен в  $i$ -том классе крупности;  $B_i$  – содержание открытых рудных зерен в  $i$ -том классе крупности ( $B_i = \frac{P_i}{\Delta F_i}$ ).

Тогда формулу (1) можем переписать в следующем виде:

$$P_i = \alpha_{\text{всх}} \sum_{j=i+1}^{n+1} \left(1 - \frac{d_i}{b_j}\right) \cdot \Delta E_j \cdot \Delta F_i. \quad (2)$$

Поскольку ( $B_i = \frac{P_i}{\Delta F_i}$ ), можем также использовать соотношение:

$$B_i = \alpha \sum_{j=i+1}^{n+1} \left(1 - \frac{d_i}{b_j}\right) \cdot \Delta E_j. \quad (3)$$

В этих формулах в наиболее простой форме и в явном виде представлены соотношения между значениями классов крупности и вкрапленности.

*Алгоритм расчета функции распределения вкрапленности.* При измельчении из крупного вкрапления образуются и мелкие открытые рудные зерна, которые в результате гранулометрического анализа переходят в более мелкий класс. На этом основании расчет будем вести, начиная с самого крупного класса, из которого только уходят мелкие осколки вновь образуемого класса.

На основании теоретических предположений в самом крупном классе ( $n$ ), средний диаметр частиц которого  $d_n$ , количество открытой рудной фазы составит:

$$B_n = \alpha \left( 1 - \frac{d_n}{b_{n+1}} \right) \cdot \Delta E_{n+1}. \quad (4)$$

В этом уравнении (1) неизвестной величиной является  $\Delta E_{n+1}$ . Она определяется тривиально:

$$\Delta E_{n+1} = \frac{B_n}{\alpha \left( 1 - \frac{d_n}{b_{n+1}} \right)}. \quad (5)$$

Однако, поскольку значение  $B_n$  меньше ожидаемого, то и  $\Delta E_{n+1}$  также получается меньше действительного. Поскольку в мелких классах величина  $B_i$  будет завышена по упомянутым причинам, то расчетный результат необходимо будет корректировать. Это является систематической ошибкой – погрешностью метода.

Соседний нижний класс ( $n-1$ ) будет складываться из открытой фракции, полученной из соседнего крупного вкрапления и из вкрапления, принадлежащего данному классу:

$$B_{n-1} = \alpha \left( 1 - \frac{d_{n-1}}{b_{n+1}} \right) \cdot \Delta E_{n+1} + \alpha \left( 1 - \frac{d_{n-1}}{b_n} \right) \cdot \Delta E_n, \quad (6)$$

тогда

$$\Delta E_n = \frac{B_{n-1} - \alpha \left( 1 - \frac{d_{n-1}}{b_{n+1}} \right) \cdot \Delta E_{n+1}}{\alpha \left( 1 - \frac{d_{n-1}}{b_n} \right)}. \quad (7)$$

Аналогично, для класса крупности ( $n-2$ ) имеем:

$$B_{n-2} = \alpha \left( 1 - \frac{d_{n-2}}{b_{n+1}} \right) \cdot \Delta E_{n+1} + \alpha \left( 1 - \frac{d_{n-2}}{b_n} \right) \cdot \Delta E_n + \alpha \left( 1 - \frac{d_{n-2}}{b_{n-1}} \right) \cdot \Delta E_{n-1}, \quad (8)$$

тогда

## **Загальні питання технології збагачення**

$$\Delta E_{n-1} = \frac{B_{n-2} - \alpha \left(1 - \frac{d_{n-2}}{b_{n+1}}\right) \cdot \Delta E_{n+1} - \alpha \left(1 - \frac{d_{n-2}}{b_n}\right) \cdot \Delta E_n}{\alpha \left(1 - \frac{d_{n-2}}{b_{n-1}}\right)}. \quad (9)$$

Общий вид выражения для определения функции вкрапления для интервалов размеров включений ( $\Delta E_n$ ) до ( $\Delta E_2$ ):

$$\Delta E_{n-i+1} = \frac{B_{n-i} - \alpha \sum_{j=1}^{i-2} \left[ \left(1 - \frac{d_{n-i}}{b_{n-j}}\right) \cdot \Delta E_{n-j} \right]}{\alpha \left(1 - \frac{d_{n-i}}{b_{n-i+1}}\right)}. \quad (10)$$

Значение ( $\Delta E_1$ ) найдем из выражения:

$$\Delta E_1 = 1 - \sum_{i=n+1}^{n-2} \Delta E_i. \quad (11)$$

Таким образом, последовательное использование выражений (5), (10) и (11) позволяет определить функцию распределения вкрапленности в исходной породе на основании данных гранулометрического анализа измельченного материала.

*Реализация алгоритма определения функции распределения фракции.* Для решения поставленной задачи необходимо иметь следующие характеристики измельченного материала пробы:

- функцию распределения размеров зерен в измельченном материале  $F(d_i)$ ;
- содержание открытых рудных зерен в каждом классе крупности  $B(d_i)$ ;
- содержание рудной фазы в материале пробы ( $\alpha$ )

Пример представления исходных данных для определения функции распределения вкрапленности приведен в табл. 1 ( $\alpha = 0,4$ ).

Таблица 1

Исходные данные к расчету функции вкрапленности						
№	Индекс	$d_i$ , мм	$\Delta F_i$	$b_j$ , мм	$P_i$	$B_i$
1	$n+1$			1,7		
2	$n$	1	0,1	1	0,0025	0,025
3	$n-1$	0,5	0,25	0,5	0,0211	0,084
4	$n-2$	0,25	0,3	0,25	0,0505	0,168
5	$n-3$	0,12	0,21	0,12	0,0515	0,2450
6	$n-4$	0,06	0,09	0,06	0,0272	0,3025
7	$n-5$	0,03	0,05	0,03	0,0173	0,3453

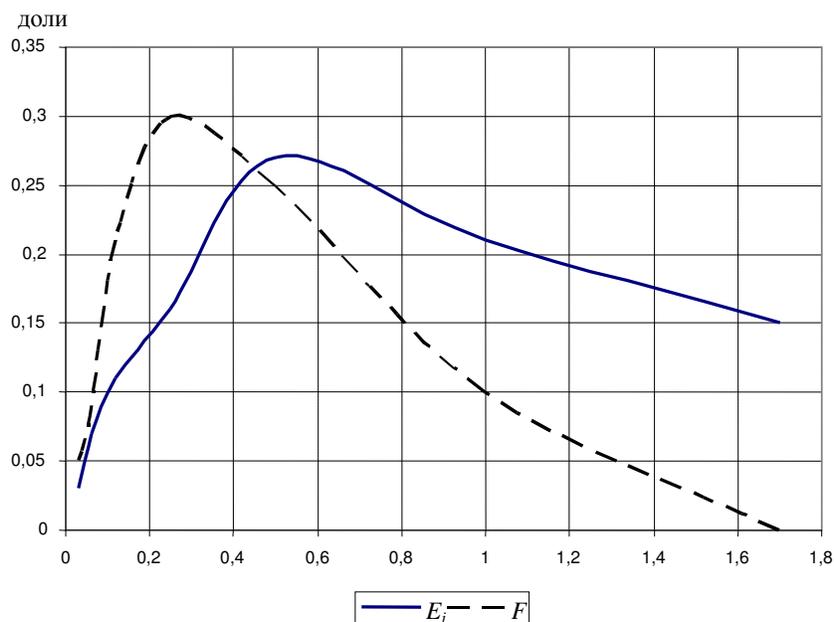
## Загальні питання технології збагачення

В результате расчета получена функция  $\Delta E(b_j)$ , приведенная в табл. 2.

Таблица 2

Результаты расчета по идентификации функции распределения вкрапленности

№	Индекс	$d_i$ , мм	$\Delta F_i$	$B_i$	$b_j$ , мм	$\Delta E_j$
1	$n+1$				1,7	0,15
2	$n$	1	0,1	0,025	1	0,21
3	$n-1$	0,5	0,25	0,084	0,5	0,27
4	$n-2$	0,25	0,3	0,168	0,25	0,16
5	$n-3$	0,12	0,21	0,2450	0,12	0,11
6	$n-4$	0,06	0,09	0,3025	0,06	0,07
7	$n-5$	0,03	0,05	0,3453	0,03	0,03



Функции распределения крупности измельченной пробы  $F_i$   
и функция распределения вкрапленности  $E_j$

1. Младецкий И.К., Мостыка Ю.С. Аналитическое определение показателей раскрытия руд. – Д.: Системные технологии, 1999. – 106 с.

© Ахметшина И.В., Младецкий И.К., Мостыка Ю.С., Шутов В.Ю., 2011

*Надійшла до редколегії 18.01.2011 р.  
Рекомендовано до публікації д.т.н. П.І. Піловим*