

И.К. Младецкий, П.И. Пилов

**ИДЕНТИФИКАЦИЯ СЕПАРАЦИОННОЙ
ХАРАКТЕРИСТИКИ В СООТВЕТСТВИИ
С ПАРАМЕТРАМИ СЫРЬЯ**

Семинар № 25

Известно, что при разработке технологии обогащения полезного ископаемого не пользуются типовыми схемами: каждое сырье имеет индивидуальные особенности, которые накладывают отпечаток на технологические решения. Поэтому, чтобы определить тип сепаратора необходимо рассмотреть обогатительные особенности полезного ископаемого. Рассмотрим эти особенности.

Модель структуры рудного вкрапления можно представить как некоторую пространственную решетку, в узлах которой находятся зерна рудного минерала. Руду рассмотрим как двухкомпонентную систему ценного минерала и пустой породы, соотношение между которыми определяется содержанием α_u одного из них. Характер распределения ценного минерала зависит от крупности вкрапления d_{vk} . Величина α_u не оказывает влияния на d_{vk} . Среднее расстояние между частицами рудного вкрапления при условии матричного строения руды можно определить следующим образом. Содержание ценного минерала в куске руды

$$\alpha_u = V_{mag} / V_{kp} \quad (1)$$

где $V_{mag} = n_o k_{\phi 1} d_{vk}^3$ — объем магнетита в куске руды; $V_{kp} = k_{\phi 2} d_{vk}^3$ — объем куска руды; n_o — количество

зерен вкрапления в объеме V_{kp} ; $k_{\phi 1}$ — коэффициент формы зерен вкрапления; d_{vk} — средняя крупность вкрапления рудного минерала; $k_{\phi 2}$ — коэффициент формы куска руды.

На основании данных соотношений находим, что

$$n_0 = \frac{k_{\phi 2} \cdot d_{vk}^3}{(d_{vk} + r_{vk})^3 \cdot k_{\phi 2}}.$$

И далее имеем $\alpha_u = (d_{vk} / (d_{vk} + r_{vk}))^3$, откуда среднее расстояние между двумя соседними включениями

$$r_{vk} = d_{vk} \cdot \left(\sqrt[3]{\alpha_u^{-1}} - 1 \right). \quad (2)$$

Для реальных условий необходимо вместо единицы, стоящей под корнем, ввести некоторый коэффициент k_5 . Когда зерно вкрапления имеет шарообразную форму, то $k_5 = \pi/6$, что является нижним предельным значением. Следовательно, пределы изменения коэффициента k_5 составляют $\pi/6 \leq k_5 \leq 1$. По физическому смыслу k_5 определяет такое значение α_u , при котором ценный минерал уже нельзя считать вкрапленным. Если $\alpha_u > k_5$, рудная фаза становится непрерывной (преобладающей), а нерудная — вкрапленной. Величину $L_{vk} = d_{vk} + r_{vk}$ назовем элементарной длиной вкрапления. Из анализа экспериментальных данных следует, что между крупно-

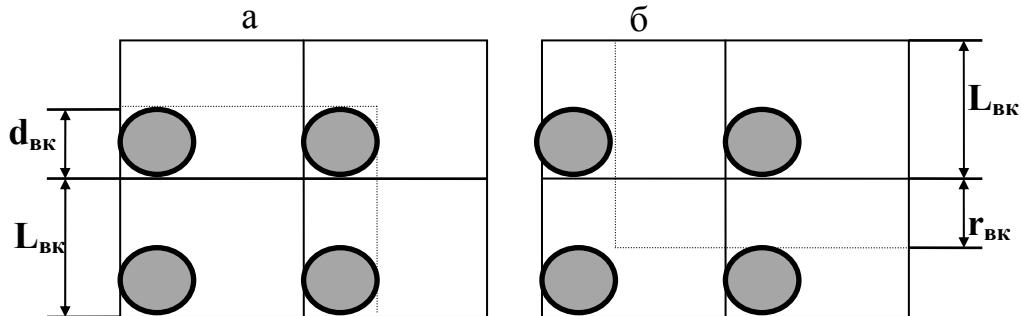


Рис. 1. Возможные виды сростков

стью частиц и содержанием в них ценного минерала существует определенная зависимость. Для ее выявления следует рассмотреть функцию распределения частиц по размерам d . Диапазон изменения d можно разбить на 3 участка.

Первый участок включает весьма тонкие (мелкие) частицы. Если измельченная частица больше зерна вкрапления и расстояния между зернами, то она не может быть открытым зерном, так как содержит рудную и нерудную фазы. Следовательно, количество открытых рудных зерен в долях единицы определяется величиной $d_{вк}$ а нерудных и значением $r_{вк}$. Величина $L_{вк}$ является правой границей первого участка в котором находятся открытые зерна и сростки.

Второй участок диапазона изменения величины d состоит из сростков. С увеличением крупности измельченных частиц в них увеличивается количество элементарных объемов. При достижении определенного размера, равного $n_1 L_{вк}$ (n_1 – количество элементарных длин вкрапления в попечнике частицы), частицы мало отличаются друг от друга содержанием в них ценного минерала и приближаются по свойству к монолиту. Третий участок включает частицы крупностью $n_1 L_{вк}$. Они будут отражать свойства

исходной руды. Для определения величины n_1 необходимо установить, в каких пределах колеблется содержание ценного компонента в частицах крупности $L_{вк} < d < n_1 L_{вк}$. Содержание ценного минерала находится из соотношения $\alpha = (n d_{вк} / d)^3$.

Рассмотрим модель структуры рудных вкраплений (рис. 1). Когда размеры частиц лежат в пределах $L_{вк} < d < 2L_{вк}$, то содержание ценного компонента будет максимальным при $d = L_{вк} + d_{вк}$. В этом случае соседнее зерно вкрапления принадлежит частице с максимально возможным содержанием в ней ценного минерала (рис. 1, а).

$$\alpha_{\max} = \left(\frac{2d_{вк}}{r_{вк} + 2d_{вк}} \right)^3. \text{ Если в частице}$$

всего одно зерно, а расстояние между зернами вкрапления двойное, то минимальное содержание ценного минерала

$$(рис. 1, б) \quad \alpha_{\min} = \left(\frac{d_{вк}}{2r_{вк} + d_{вк}} \right)^3.$$

При размерах частицы $2L_{вк} < d < 3L_{вк}$ максимально возможное содержание в ней ценного минерала ($n=2$)

$$\alpha_{\max} = \left(\frac{3d_{вк}}{2r_{вк} + 3d_{вк}} \right)^3, \text{ а минимальное}$$

α

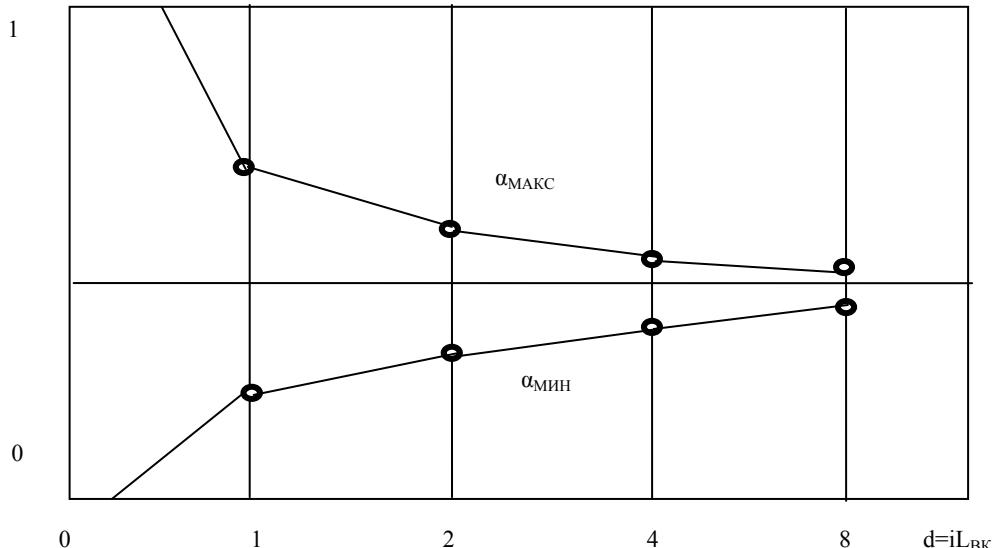


Рис. 2. Графики изменения предельных значений содержания ценного компонента в частицах заданной крупности

$$\alpha_{\min} = \left(\frac{2d_{\text{вк}}}{3r_{\text{вк}} + 2d_{\text{вк}}} \right)^3.$$

Обобщив полученные данные для частиц любого дискретного размера ($nL_{\text{вк}}$), определим пределы изменения содержания в них ценного минерала (рис. 2):

$$\left(\frac{nd_{\text{вк}}}{r_{\text{вк}} + nL_{\text{вк}}} \right)^3 \leq \alpha \leq \left(\frac{(n+1)d_{\text{вк}}}{d_{\text{вк}} + nL_{\text{вк}}} \right)^3 \quad (3)$$

В соответствии с этими кривыми весь продукт распределяется на богатые и бедные сростки. Открытые зерна представляют частный случай сростков. Рассмотрим, каким образом распределяются частицы между фракциями.

В работе [1] было показано, что наилучшее разделение в сепараторе получается в том случае, если между раскрытием ценного компонента и сепарационной характеристикой наблюдается определенное соответствие. Оно заключается в том, что производная от сепарационной характеристики в точке ее перегиба $P^1(\alpha)$ и показатель раскрытия R связаны соотношением

$$P^1(\alpha) = \frac{K}{R}.$$

Однако, это отношение при больших показателях раскрытия ограничено и поэтому целесообразно воспользоваться некоторой коррекцией его в виде

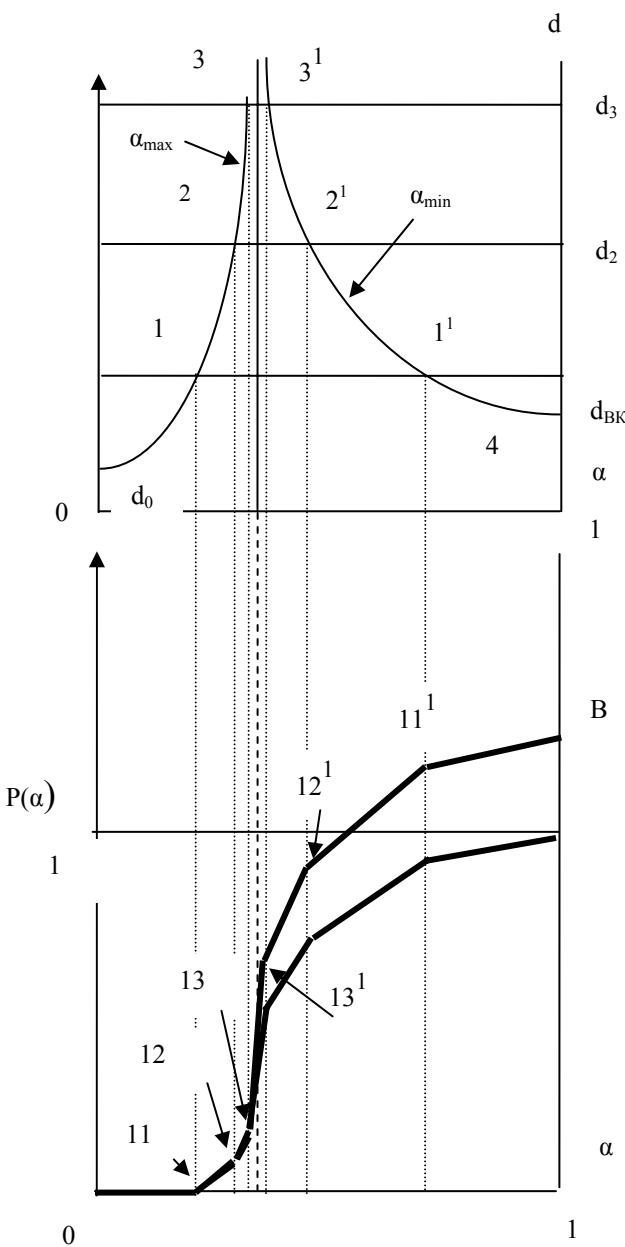


Рис. 3. Схема к построению сепарационной характеристики

В соответствии с графиками на рис. 2 можно построить сепарационную характеристику, которая будет отвечать упомянутым требованиям и предполагать наилучшее разделение подготовленной руды с известными параметрами.

Для этого графики рис. 2 расположим вертикально и под ними подготовим поле для построения сепарационной характеристики (рис. 3).

Из точек пересечения графиков функций α_{\min} , α_{\max} с горизонталиами при выбранных значениях классов крупности d_i - $1, 1^1, 2, 2^1, 3, 3^1$ проводим вертикали на подготовленное поле для характеристики $P(\alpha)$.

Отправным пунктом построения сепарационной характеристики есть горизонталь 0-1 для графиков α_{\min} , α_{\max} . Эта горизонталь характеризует крупность у которой раскрытие ценного минерала полное, т.е. $R=1$.

Минимальное значение содержания ценного минерала в этом классе крупности составляет 0, а максимальное – 1. Показатель раскрытия составляет $R_0 = \alpha_{\max 0} - \alpha_{\min 0} = . = 1 - 0 = 1$

$$P^1(\alpha) = \frac{1}{R} - 1.$$

В этом случае перекрывается весь диапазон изменения содержания ценного компонента.

В соответствии с этим показателем, производная сепарационной характеристики в этой точке составит

$$P_0^1(\alpha) = \frac{1}{R} - 1 = \frac{1}{1} - 1 = 0.$$

Производная в этом интервале нулевая, значит проводим горизонтальный отрезок 0-11 (рис. 3).

Переходим к следующему классу крупности d_1 на рис. 3. Точки 1 и 1¹ определяют значения $\alpha_{\max 1}, \alpha_{\min 1}$, на основании которых находим $R_1 = \alpha_{\max 1} - \alpha_{\min 1}$, а затем и

$$P_1^1(\alpha) = \frac{1}{R_1} - 1 = \tan \varphi. В соответствии$$

со значением производной определяем угол наклона касательной φ_1 на этом отрезке и проводим отрезок 11-12 под углом φ_1 .

Переходим к классу крупности d_2 . Выполняем все действия по определению угла наклона касательной и проводим отрезок 12-13. Так поступаем до достижения ломаной линией

участка, соответствующего исходному содержанию ценного минерала в разделяемом продукте.

Последующее построение ведем на основании уже имеющихся значений углов наклона касательных. Так отрезок 13¹-12¹ проводится под таким же углом как и отрезок 12-13; отрезок 12¹-11¹ – под углом отрезка 11-12.

Последний отрезок 11¹-B проводится под углом, который вычисляют на основании показателей, которые находят для класса крупности d_{BK} .

В результате получается ломаная линия с нулевыми начальными условиями, а конечное значение будет соответствовать некоторому значению $B \neq 1$. Поэтому после построения нормируем полученную характеристику, т.е. делим все ординаты ломаной линии на конечное значение B . Получаем сепарационную характеристику, приближенную к наилучшим условиям разделения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Младецкий И.К., Пилов П.И. Согласование характеристик подготовки и разделения в обогащении сырья. Обогащение полезных ископаемых 18(59), 2003, с. 18-23. ГИАБ

Коротко об авторах

Младецкий И.К. – доктор технических наук, профессор кафедры обогащения полезных ископаемых Национального горного университета (г. Днепропетровск),

Пилов П.И. – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой обогащения полезных ископаемых, первый проректор Национального горного университета (г. Днепропетровск).

Доклад рекомендован к опубликованию семинаром № 25 симпозиума «Неделя горняка-2007». Рецензент д-р техн. наук, проф. В.М. Авдохин.

