

И.К. МЛАДЕЦКИЙ, д-р техн. наук, **И.В. АХМЕТШИНА**,
К.А. ЛЕВЧЕНКО, канд. техн. наук
 (Днепропетровск, Украина, Национальный горный университет)

СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ МАКСИМАЛЬНОГО ВЫХОДА ОБОГАЩЕННОГО ПРОДУКТА

Известно, что обогатить полезное ископаемое это значит получить, по крайней мере, два продукта, один из которых будет иметь содержание ценного минерала β больше чем в исходном продукте ($\beta > \alpha_{II}$), а во втором будет $\nu < \alpha_{II}$.

Задача технологической линии обогащения полезного ископаемого (ТЛО) заключается в получении концентрата заданного качества $\beta_K = \beta_{K3}$ (содержания ценного минерала) при ограничении на потери в обедненном продукте (хвосты): $\nu_{XB} < \nu_{ДОП}$. Тогда целью технолога является обеспечение как можно большего выхода $\gamma \rightarrow \text{макс}$.

Выполнить такое условие возможно, например, двумя способами:

- первый способ – создать соответствующие условия подготовки сырья;
- второй способ – организовать соответствующие условия разделения.

Согласно теореме Рейнгардта [1] максимального выхода продукта можно добиться путем раздельного обогащения рудных разновидностей, составляющих шихту, которая идет на обогащение. Для этого путем соответствующей подготовки отдельных рудных разновидностей, затем разделения при известных заданных условиях, а после смешения обогащенных разновидностей в единый концентрат будет получен максимальный выход его. Однако, существующие технологии предполагают обогащение шихтованного рудопотока и для получения максимального выхода остается возможным реорганизация процесса разделения. Предлагается рассмотреть технологический способ реализации максимального выхода концентрата при обогащении шихтованного рудопотока.

Предположим, что происходит обогащение определенным образом подготовленной руды с распределением сростков $F(\alpha)$ и содержанием ценного минерала α_{II} на сепарационном блоке с некоторой характеристикой общего вида $P(\alpha)$ и ступенчатой сепарационной характеристикой:

$$P(\alpha) = \begin{cases} 0 & \text{при } \alpha < \alpha_{II} \\ 1 & \text{при } \alpha > \alpha_{II} \end{cases},$$

где α_{II} абсцисса точки перегиба сепарационной характеристики.

Выход обогащенного продукта определяется соотношением $\sum \Delta F(\alpha)P(\alpha)$ и для частиц с содержанием ценного минерала $\alpha > \alpha_{II}$, будут такие суммы:

$$\sum_{\alpha_{II}}^1 \Delta F(\alpha) \times 1 = \gamma_{\kappa}, \quad \sum_{\alpha_{II}}^1 \Delta F(\alpha)P(\alpha) = \gamma_{\kappa 1}.$$

Загальні питання технології збагачення

Соотношение между ними такое, что $\gamma_{k1} < \gamma_k$, поскольку $P(\alpha) < 1$. А качественные показатели будут равны:

$$\frac{1}{\gamma_K} \sum_{\alpha_{II}}^1 \alpha \Delta F(\alpha) \times 1 = \beta_1, \quad \frac{1}{\gamma_{k1}} \sum_{\alpha_{II}}^1 \alpha \Delta F(\alpha) P(\alpha) = \beta_2$$

и соотноситься между собой, как $\beta_2 < \beta_1$, по той же причине: $P(\alpha) < 1$.

Допустим, что заданное значение качества концентрата составляет $\beta_{K3} = \beta_1$.

Характеристика общего вида способствует извлечению и бедных частиц с $\alpha < \alpha_{II}$ и это дает дополнительный выход обогащенного продукта

$$\sum_0^{\alpha_{II}} \Delta F(\alpha) P(\alpha) = \gamma_{k2}$$

и качество $\frac{1}{\gamma_{k2}} \sum_0^{\alpha_{II}} \alpha \Delta F(\alpha) P(\alpha) = \beta_3$. А для ступенчатой сепарационной характеристики $\sum_0^{\alpha_{II}} \alpha \Delta F(\alpha) 0 = 0$. Тогда для общего вида извлечения качество обогащенного продукта

$$\beta_K = \frac{\beta_3 \gamma_{k2} + \beta_2 \gamma_{k1}}{\gamma_{k2} + \gamma_{k1}}.$$

Так как $\beta_3 < \beta_{k3}$, и $\beta_2 < \beta_{k3}$, то $\beta_K < \beta_{k3}$, хотя $\gamma_{k1} + \gamma_{k2}$ может быть и $> \gamma_k$. Для достижения $\beta_K \geq \beta_{k3}$, необходимо сепарационную характеристику общего вида сместить в сторону больших значений α и тем самым уменьшить выход. В результате при достижении $\beta_K = \beta_{k3}$ выход $\gamma_{k1} + \gamma_{k2} < \gamma_k$.

Таким образом, достичь максимального выхода обогащенного продукта с помощью операции разделения можно в единственном случае – когда сепарационная характеристика аппарата ступенчатая (идеальная), поэтому $\gamma_k = \gamma_{\text{МАКС}}$.

Проверим численно выдвинутое предположение. Примем некоторый вид сепарационной характеристики $P(\alpha)$ и раскрытие ценного минерала $\Delta F(\alpha)$. Расчеты сведем в табл. 1 в соответствии с вышеприведенными формулами [2].

Таблица 1

Расчет показателей разделения сырья

α	$\Delta F(\alpha)$	$P(\alpha)$	$1-P(\alpha)$	2*3	2*4	1*5	1*6
0	0,2	0,125	0,875	0,025	0,175	0	0
0,125	0,25	0,15	0,85	0,0375	0,212	0,0047	0,0265
0,375	0,05	0,26	0,74	0,013	0,037	0,0049	0,014
0,6215	0,05	0,7	0,3	0,035	0,015	0,022	0,0091
0,875	0,25	0,9	0,1	0,225	0,025	0,197	0,022
1	0,2	0,92	0,08	0,184	0,016	0,184	0,016
				0,519	0,48	0,4126	0,0879

Показатели качества разделения равны:

Загальні питання технології збагачення

$$\beta = \frac{0,4126}{0,519} = 0,795, \nu = \frac{0,0879}{0,48} = 0,183, \gamma = 0,519.$$

Известно, что увеличить выход концентрата возможно путем уменьшения потерь в хвостах. Предположим, что изменили параметры разделения путем увеличения производной этой характеристики в точке перегиба – α_D и сместили ее влево с тем, чтобы качество обогащенного продукта осталось прежним. Результаты таких действий отображены в табл. 2.

Таблица 2

Расчет показателей разделения с измененной сепарационной характеристикой

α	$\Delta F(\alpha)$	$P(\alpha)$	1-P	2*3	2*4	1*5	1*6
0	0,2	0,05	0,95	0,01	0,19	0	0
0,125	0,25	0,12	0,88	0,03	0,22	0,0037	0,0275
0,375	0,05	0,8	0,2	0,04	0,01	0,015	0,00375
0,6215	0,05	0,9	0,1	0,045	0,005	0,028	0,00312
0,875	0,25	0,96	0,04	0,24	0,01	0,21	0,00875
1	0,2	0,96	0,04	0,192	0,008	0,192	0,008
				0,557	0,443	0,449	0,051

$$\beta = \frac{0,449}{0,557} = 0,8, \nu = \frac{0,051}{0,443} = 0,115, \gamma = 0,557.$$

Таким образом видим, сравнивая результаты табл. 1 и 2, что выход увеличился от 0,519 до 0,557 при практически неизменном качестве концентрата (0,795, 0,8). Увеличение выхода произошло за счет снижения потерь ценного минерала в хвостах от 0,183 до 0,115.

Предельный случай сепарационной характеристики будет в виде ступенчатой функции и для качества $\beta = 0,8$ осуществим подбор абсциссы ступени сепарационной характеристики (табл. 3).

Таблица 3

Расчет показателей разделения со ступенчатой сепарационной характеристикой

α	$\Delta F(\alpha)$	$P(\alpha)$	1-P	2*3	2*4	1*5	1*6
0	0,2	0	1	0	0,2	0	0
0,125	0,15	0	1	0	0,2	0	0,025
0,125	0,1	1	0	0,05	0	0,018	0
0,375	0,05	1	0	0,05	0	0,01875	0
0,6215	0,05	1	0	0,05	0	0,031	0
0,875	0,25	1	0	0,25	0	0,2187	0
1	0,2	1	0	0,2	0	0,2	0
				0,6	0,4	0,481	0,062

$$\beta = \frac{0,481}{0,6} = 0,8, \nu = \frac{0,062}{0,4} = 0,062, \gamma = 0,6.$$

Итак, максимальный выход можно получить при разделении сепарационным блоком с сепарационной характеристикой близкой к ступенчатой и чем

Збагачення корисних копалин, 2013. – Вип. 52(93)

Загальні питання технології збагачення

больше производная в точке перегиба, тем больше выход концентрата.

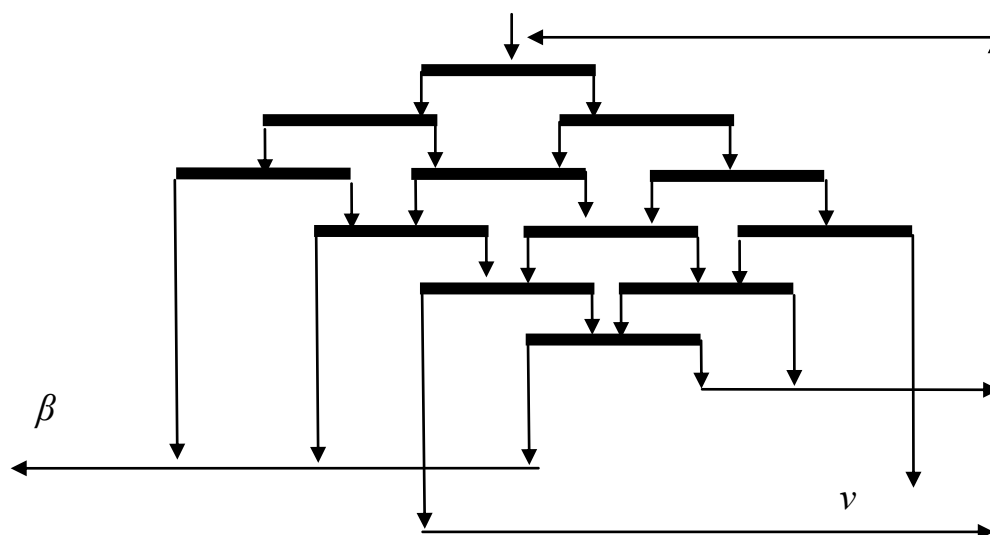
Такой сепарационный блок возможно создать с помощью определенным образом соединенных сепараторов, например несимметричного каскадного соединения, показанного на рисунке. При этом сепарационная характеристика блока определяется как:

$$P = P^3 + 3P^3R + 10P^3R^3,$$

$$P_{oc} = 6P^3R^2 + 4PR^4 + 10P^2R^4,$$

$$P = \frac{P_1}{1 - P_{oc}}.$$

где P – сепарационная характеристика аппаратов, составляющих технологический блок; $R=1 - P$.



Несимметричный каскадный сепарационный блок

Таблица 4

Расчет выходных показателей при разделении на каскадном блоке

α	$\Delta F(\alpha)$	$P(\alpha)$	$1 - P$	2*3	2*4	1*5	1*6
0	0,2	0,02	0,98	0,004	0,19	0	0
0,125	0,25	0,02	0,98	0,015	0,22	0,0006	0,0275
0,375	0,05	0,4	0,7	0,02	0,01	0,0075	0,00375
0,675	0,05	0,9	0,15	0,045	0,005	0,028	0,00312
0,875	0,25	1	0	0,25	0,01	0,22	0,00875
1	0,2	1	0	0,2	0,008	0,2	0,008
				0,534	0,443	0,4561	0,051

$$\beta = \frac{0,443}{0,534} = 0,83, \quad \nu = \frac{0,051}{0,443} = 0,115, \quad \gamma = 0,534,$$

Загальні питання технології збагачення

Проведенные исследования позволяют сделать вывод, что если вести разделение идеальным сепаратором и выполнять согласование ее положения с характеристикой раскрытия, то выход обогащенного продукта будет наибольшим выходом при заданном содержании ценного минерала в нем.

Список литературы

1. Артюшин С.П. Проектирование углеобогатительных фабрик. – М.: Недра, 1974. – 200 с.
2. Младецький І.К., Пілов П.І. Технологічні розрахунки показників збагачення корисних копалин. – Дніпропетровськ: НГУ, 2004. – 156 с.

© Младецький І.К., Ахметшина І.В., Левченко К.А., 2013

*Надійшла до редколегії 20.12.2012 р.
Рекомендовано до публікації д.т.н. П.І. Піловим*