

## СООТНОШЕНИЯ МЕЖДУ КРУПНОСТЬЮ ВКРАПЛЕНИЯ ЦЕННОГО КОМПОНЕНТА И НЕОБХОДИМОЙ КРУПНОСТЬЮ ПОМОЛА РУДЫ

Младецкий И.К., докт. техн. наук, проф., Колесник М.В. студ.  
Национальный горный университет, Днепропетровск

*В статье дано обоснование достаточной крупности помола руды в одной стадии, с тем, чтобы соблюсти принцип Чечотта.*

*The article describes argumentation of sufficient size of grinded particles of ore in one stage with intention to follow the thesis of Chechott.*

### ***Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.***

Обогатителям хорошо известно, что крупность помола руды для наилучшего ее раскрытия зависит от крупности вкрапления ценного компонента и чем тоньше вкрапление, тем тоньше помол.

Реализация такого принципа предполагает измельчение уже открытой рудной фазы. Чтобы снизить такое отрицательное явление применяют стадийное измельчение с последующим выводом из дальнейшего процесса открытых рудной и нерудной фаз. При этом остается вопрос требуемой крупности измельчения в каждой стадии с тем, чтобы переизмельчение было бы минимальным, т.е. соблюсти принцип Чечета: не измельчать ничего лишнего. Объединим измельчение и разделение с помощью средней крупности помола и показателей раскрытия рудного минерала. Исследуем упомянутое явление с помощью анализа раскрытия рудной фазы. Исследования будем проводить путем математического моделирования.

***Анализ исследований и публикаций.*** В литературных источниках [1] известны математические соотношения, которые позволяют определять функцию распределения сростков, если известна функция распределения измельченных частиц по крупности  $f(d)$  и обогатительные характеристики сырья: вкрапление  $d_{вк}$  и содержание ценного компонента в руде  $a_u$ . Эти соотношения имеют вид:

- содержание открытых рудных зерен:

$$P_{PЗ} = \alpha_u \int_0^{d_{вк}} \left(1 - \frac{d}{d_{вк}}\right) f(d) \partial d; \quad (1)$$

- содержание открытых нерудных зерен:

$$P_{H3} = (1 - \alpha_u) \int_0^{r_{\text{вк}}} \left(1 - \frac{d}{r_{\text{вк}}}\right) f(d) \partial d; \quad (2)$$

- содержание бедных сростков:

$$P_{HC} = (1 - \alpha_u) \left( \int_0^{r_{\text{вк}}} \frac{d}{r_{\text{вк}}} f(d) \partial d + \int_{r_{\text{вк}}}^{10L_{\text{вк}}} f(d) \partial d \right); \quad (3)$$

- содержание богатых сростков:

$$P_{PC} = \alpha_u \left( \int_0^{d_{\text{вк}}} \frac{d}{d_{\text{вк}}} f(d) \partial d + \int_{r_{\text{вк}}}^{10L_{\text{вк}}} f(d) \partial d \right) + \int_{10L_{\text{вк}}}^{\infty} f(d) \partial d; \quad (4)$$

Содержание ценного минерала в сростках принимаются средними, а поскольку зависимости приняты линейными, то:

- содержание ценного минерала в богатых сростках -  $\alpha_{PC} = \frac{1 + \alpha_{II}}{2}$ ;

- содержание ценного минерала в бедных сростках -  $\alpha_{HC} = \frac{\alpha_{II}}{2}$ .

Построенная по таким числовым характеристикам функция распределения сростков показано на рис. 1.

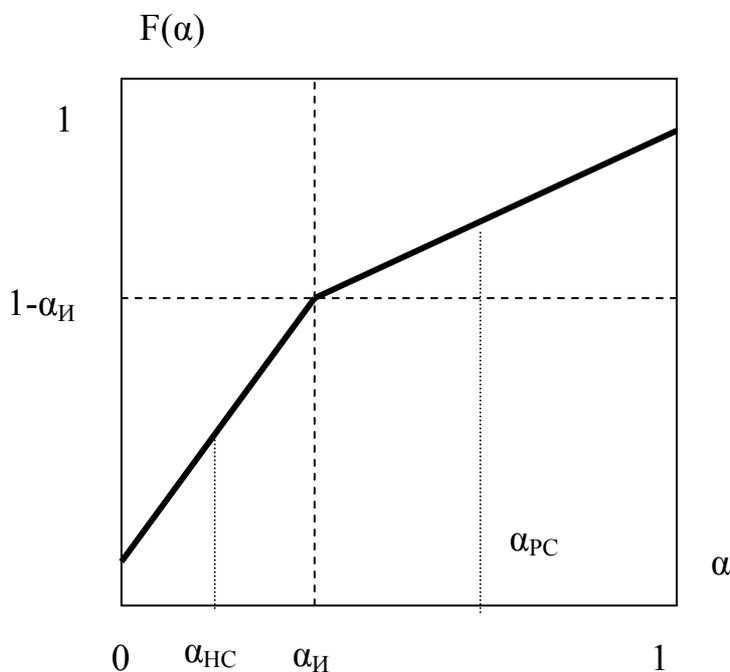


Рисунок 1. Функция распределения сростков

**Постановка задачи.** Целью данной работы является определение соотношения между крупностью вкрапления ценного компонента и необходимой крупностью помола руды.

Если изменять функцию распределения частиц  $f(d)$  с помощью изменения средней крупности  $\bar{d}$  при неизменной структуре функции, то все 4 характеристики будут изменяться при этом сумма всех фаз раскрытия останется неизменной и равной единице. Вид такого изменения показан на рис.2.

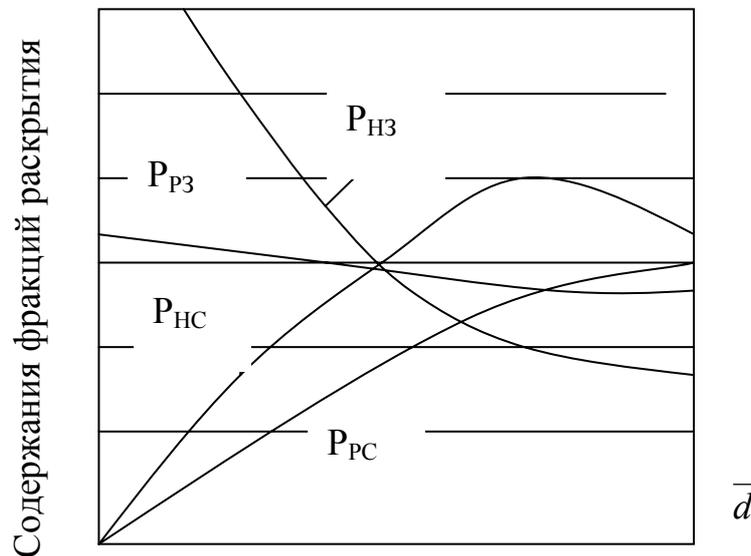


Рисунок 2. Сводные расчетные характеристики раскрытия рудного минерала от средней крупности помола руды

**Изложение материала и результаты.** Интегральный показатель раскрытия принят как разность содержаний ценного минерала в богатой и бедной фракциях, т.е.

$$R = \frac{P_{PЗ} + P_{PC}\alpha_{PC}}{P_{PЗ} + P_{PC}} - \frac{P_{HC}\alpha_{HC}}{P_{HC} + P_{HЗ}} \quad (5)$$

Из рис. 2 видно, что с увеличением крупности помола содержание обеих открытых фаз уменьшится, содержание рудных сростков стремится к 1, а содержание бедных сростков имеет экстремум при некотором значении крупности помола.

Обычно в качестве критерия какого либо явления выбирают функции, которые имеют характерные точки, такие как точки перегиба или экстремальные. Выберем точку экстремума содержания бедных сростков в качестве критерия оценки достаточности характеристик помола. Так как функции распределения частиц по крупности чаще всего имеют сложное математическое описание, то воспользуемся эмпирическими функциями, которые имеют одну точку перегиба и не имеют центральной симметрии относительно ее. Точки пере-

гиба этих функций будут определять наиболее вероятную область крупности частиц, т.е. моду крупности  $d$ . Смещение абсциссы точки перегиба функции распределения приводит к изменению и средней крупности частиц и моды.

Обоснование критерия проведено численным поиском. Для этого принято среднее содержание ценного компонента  $a_u=0,3$ , а крупность вкрапления варьировалась в пределах  $0,1 \leq d_{вк} \leq 0,5$  мм с шагом  $0,1$  мм.

Методика исследования следующая:

1) задание функции распределения частиц по крупности и числового значения крупности вкрапления.

2) вычисляются характеристики раскрытия  $R_{рз}$ ,  $R_{нс}$ ,  $R_{рс}$ ,  $R_{нс}$  и интегральный показатель раскрытия  $R$ .

3) изменяют крупность помола и снова вычисляют характеристики раскрытия.

4) так поступают до тех пор, пока характеристика  $R_{нс}$  начнет уменьшаться.

5) фиксируется мода крупности, соответствующая экстремуму функции  $R_{нс}$ .

6) изменяется размер вкрапления и повторяются действия, отмеченные в пунктах 2-5.

7) после того, как будут исчерпаны принятые значения  $d_{вк}$  строится функция  $\bar{d} = f(d_{вк})$ , которая показывает зависимость крупности помола руды в отдельной стадии в зависимости от размера вкрапления ценного минерала в частицах руды, поступающей на измельчение.

Результат расчетов сведены в табл. 1.

Таблица 1. Результаты расчета показателей раскрытия

		Содержание бедных сростков							
d	d <sub>вк</sub>	0,013	0,019	0,031	0,055	0,14	0,3	0,8	1,3
0,1		0,47	0,49	0,54	0,58	0,63	0,62	0,59	0,5
0,2		0,27	0,37	0,42	0,59	0,66	0,65	0,62	0,55
0,3		0,15	0,21	0,36	0,54	0,64	0,67	0,64	0,6
0,4		0,12	0,17	0,31	0,54	0,6	0,66	0,68	0,66
0,5		0,09	0,14	0,24	0,44	0,56	0,645	0,66	0,65

В соответствии с табл.1 построена зависимость моды крупности помола частиц при которой достигается наибольший выход бедных сростков, и крупности вкрапления. Как видно из рисунка, чем больше вкрапление, тем больше может быть средняя крупность помола частиц при этом раскрытие ценного минерала будет наилучшим при наименьшем расходе энергии, затрачиваемой на измельчение.

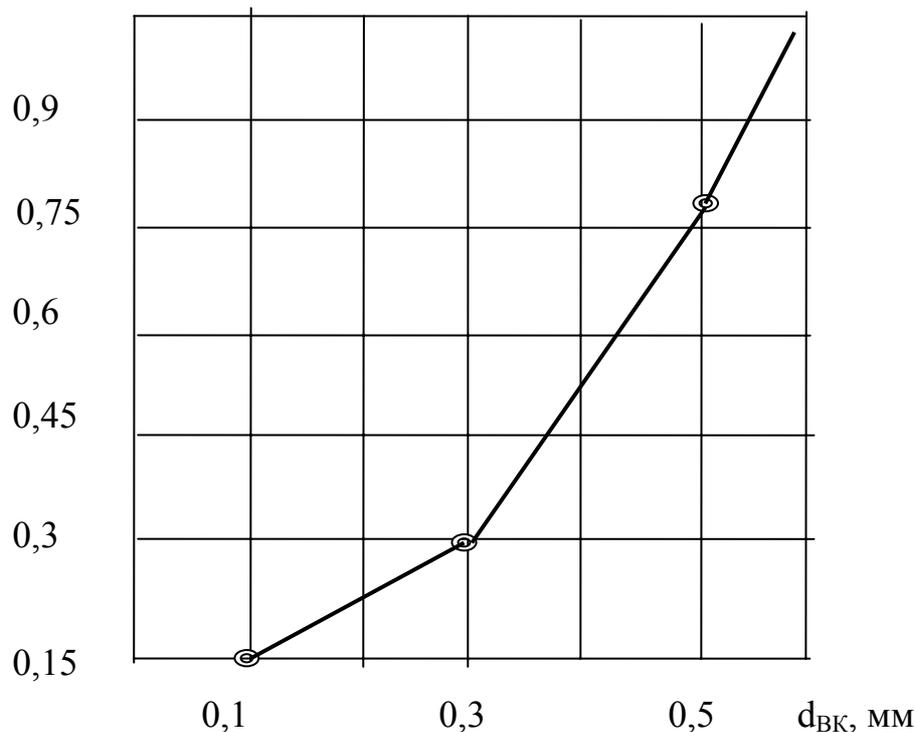


Рисунок 3. График зависимости требуемой крупности помола руды при известной крупности вкрапления ценного минерала

**Выводы и направление дальнейших исследований.** Анализ таблиц показывает, что экстремум содержания бедных сростков соответствует экстремуму показателя раскрытия. Следовательно, моду крупности, соответствующую экстремуму  $R_{нс}$  можно принять в качестве достаточности стадийного измельчения. По достижении такой крупности помола необходимо этот продукт подвергать сепарации.

Список источников.

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

Дата поступления статьи в редакцию: 02.11.07