

**И.К. МЛАДЕЦКИЙ**, д-р тех. наук,  
**С.Н. ДАЦУН**

(Украина, Днепропетровск, Национальный горный университет)

### МАГНИТНАЯ ДЕСУЛЬФУРАЦИЯ УГЛЕЙ

Одними из основных компонентов загрязняющих уголь являются фосфор и сера. При не полном сгорании они образуют ядовитые соединения и такие что ухудшают свойства выплавляемых металлов. Таким образом, необходимо угли перед сжиганием сделать более бедными от упомянутых элементов. Нами была взята задача снизить содержание серы в угле.

Известно, что сера в углях содержится в сульфидах, органических соединениях, сульфатах и в редких случаях в элементарном виде. Основную роль играют сера сульфидная (пирит, марказит, изредка пирротин) и органическая. Содержание сульфидных минералов до 6%.

Сульфиды представляют собой отдельные минералы, которые могут быть механическим способом удалены из угольной массы. Поскольку они имеют тонко дисперсное состояние – в среднем до 0,02 мм, то если уголь перед сжиганием будет достаточно измельчен и использоваться в виде водоугольного или пылевидного топлива, то механическое обогащение позволит снизить содержание серы в угольной массе.

Исследования [1] показали, что серосодержащие минералы являются слабомагнитными и поэтому высокоградиентная магнитная сепарация позволит удалить их.

Для решения вопроса о применимости магнитной сепарации необходимо исследовать раскрытие пиритных минералов, а затем выбрать параметры магнитной сепарации. С помощью решения этих двух задач можно определить ожидаемые показатели обогащенного и обедненного продуктов, а также подобрать условия измельчения и технологический блок сепарации.

То есть цель работы заключается в десульфурации угля идущего на дальнейшее сжигание на ТЭС, а идея работы заключается в том, что перед сжиганием предполагается раскрыть пиритную серу, далее подвергнуть подготовленный материал сепарации с целью удаления пиритной серы.

*Исследование раскрытия.* Для получения функции обогатимости или раскрытия пиритной серы мы использовали математические модели раскрытия разработанный на кафедре обогащения полезных ископаемых в виде четырех интегральных уравнений [2]:

$$P_{pz} = \alpha_n \sum_{d_i=0}^{d_{вк}} \left(1 - \frac{d_i}{d_{вк}}\right) \Delta F(d_i);$$
$$P_{nz} = (1 - \alpha_n) \sum_{d_i=0}^{r_{вк}} \left(1 - \frac{d_i}{r_{вк}}\right) \Delta F(d_i);$$

$$P_{pc} = \alpha_n \left( \sum_{d_i=0}^{d_{BK}} \frac{d_i}{d_{BK}} \Delta F(d_i) + (F(10L_{BK}) - F(d_{BK})) \right);$$

$$P_{nc} = (1 - \alpha_n) \left( \sum_{d_i=0}^{r_{BK}} \frac{d_i}{r_{BK}} \Delta F(d_i) + (F(10L_{BK}) - F(r_{BK})) \right) + (1 - F(10L_{BK}))$$

Моделюючи показателі раскрытия мы пришли к выводу, что достаточной средней крупностью помола угля будет  $\bar{d}=0,1$  мм, при этом получены открытые зерна сульфидов  $P_{pz}=0,0048$ , открытые зерна угля  $P_{nz}=0,16$ ; сrostки содержащие большую часть сульфидов  $P_{pc}=0,065$ ; сrostки содержащие большую часть угля  $P_{nc}=0,77$ .

Таким образом, в результате такого измельчения мы имеем около 6% богатых сульфидных сrostков и открытых зерен, которые могут быть отсепарированы.

*Исследование сепарации.* Функция обогатимости показывает, что сепарационная характеристика разделительного блока должна иметь очень высокую производную с тем, чтобы кривая обогатимости наилучшим образом согласовывалась с ней. Отдельные высокоградиентные сепараторы не имеют таких характеристик, по этому для формирования разделительного блока необходимо первоначально подобрать в ручную вид сепарационной характеристики, а затем с помощью определенных правил синтезировать с заданной сепарационной характеристикой. Таким образом, сепарационная характеристика аппарата, который используется нами, для обогащения угля приведена в таблице 1.

Таблица 1

$\alpha$	0	0,025	0,05	0,075	0,10	0,125	0,15	0,175	0,20	0,225	
$P(\alpha)$	0	0,55	0,67	0,75	0,80	0,84	0,86	0,89	0,91	0,93	
$\alpha$	0,25	0,275	0,30	0,325	0,35	0,375	0,40	0,425	0,45	0,475	
$P(\alpha)$	0,95	0,96	0,97	0,98	0,985	0,99	0,995	1,0	1,0	1,0	
$\alpha$	0,50	0,525	0,55	0,575	0,60	0,625	0,65	0,675	0,70	0,725	
$P(\alpha)$	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	
$\alpha$	0,75	0,775	0,80	0,825	0,85	0,875	0,90	0,925	0,95	0,975	1,0
$P(\alpha)$	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

Первая опробуемая технологическая схема разделения имеет вид показанная на рисунке 1, а сепарационная характеристика такого блока определяется формулой:

$$P_c = P^4 + 4P^4R + 10P^4R^2 ,$$

где  $P$  – сепарационная характеристика аппарата, а  $R=(1-P)$ .

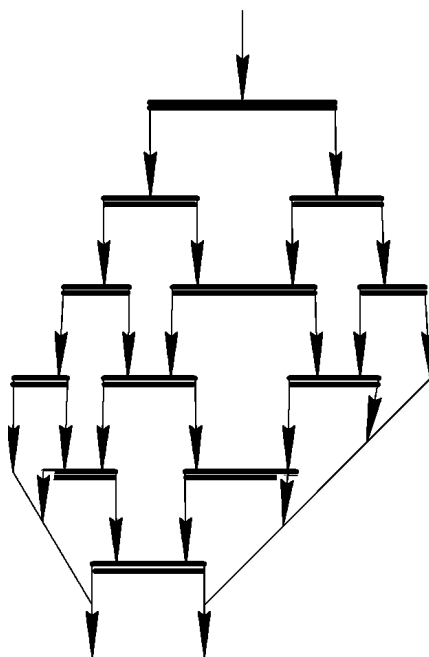


Рис. 1.

В результате мы имеем сепарационную характеристику (табл. 2)

Таблица 2

P	0,2	0,64	0,85	0,98	1	1
P <sub>c</sub>	0,017	0,63	0,94	1	1	1

Ожидаемые показатели разделения рассчитываются в соответствии с интегральными уравнениями вида:

$$\gamma = \int_0^1 P(\alpha) f(\alpha) d\alpha;$$

$$\beta = \frac{1}{\gamma} \int_0^1 \alpha P(\alpha) f(\alpha) d\alpha;$$

$$\nu = \frac{1}{1-\gamma} \int_0^1 \alpha (1 - P(\alpha)) f(\alpha) d\alpha,$$

где  $P(\alpha)$  – сепарационная характеристика;  $f(\alpha)$  – дифференциальная функция от кривой обогатимости.

В соответствии с которыми нами получены показатели  $\gamma=0,395425$ ,  $\beta=0,129298$ ,  $\nu=0,024598$ . Анализ результатов показывает, что заданный уровень содержания серы в обогащенном продукте не более пол процента далеко не достигнут, следовательно, нужно усилить разделительные свойства схемы, то есть увеличить количество перечисток.

Окончательная схема десульфурации углей магнитным способом получилась в виде приведенном на рис. 2. В соответствии с которой нами получены

показатели  $\gamma=0,779078$ ,  $\beta=0,082431$ ,  $\nu=0,007862$ .

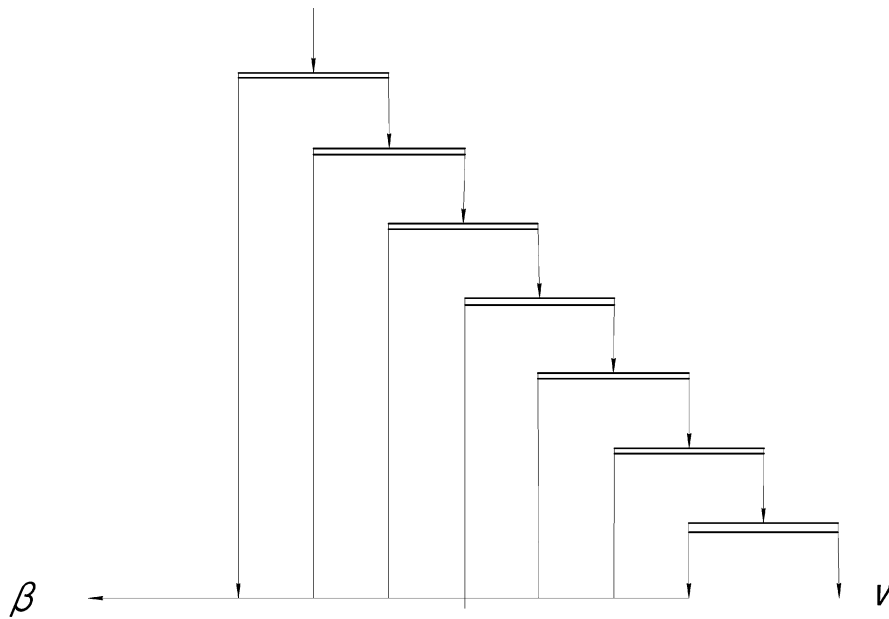


Рис. 2.

Подбор схемы разделения осуществляется методом проб и ошибок по принципу меньше выход продукта – выше качественные показатели. Таким образом, нами доказано, что с помощью магнитной сепарации возможно получение экологически чистого топлива для ТЭС.

### Список литературы

1. Савлук Е.Н. Исследование свойств и закономерностей процесса десульфурации углей различных марок методом высокоградиентной магнитной сепарации [Текст]: дис. ... канд. тех. наук / Е.Н. Савлук. – Д., 1992. – 140 с.
2. Младецкий И.К. Аналитическое определение показателей раскрытия руд [Текст]: монография / И.К. Младецкий, Ю.С. Мостыка. – Д.: Системные технологии, 1999. – 106 с.

© Младецкий И.К., Дацун С.Н., 2012

*Надійшла до редколегії 29.03.2012 р.  
Рекомендовано до публікації д.т.н. П.І. Піловим*