

ОБ ОСОБЕННОСТЯХ ТРИБОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЗАРЯДКИ ЧАСТИЦ УГОЛЬНЫХ ШЛАМОВ В ПНЕВМОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕПАРАТОРАХ

С.Н. Сидоренко¹, В.А. Моисеев², В.Г. Андриенко²,
А.И. Урванцев³, В.Л. Васильев³

¹Экологический факультет, Российский университет дружбы народов

² ЗАО «Компомаш-ТЭК», ³ ЗАО «СПУРТ»

Предложен новый высокопроизводительный метод электрической сепарации частиц угольных шламов, позволяющий существенно снизить уровень отходов угольной промышленности.

Идея электрической сепарации в движущейся газовой среде выдвинута впервые В.И. Глазновым [1] и разрабатывалась в дальнейшем в работах зарубежных и отечественных исследователей [2-5]. Главным достоинством метода, названного впоследствии пневмоэлектрической сепарацией, является большая скорость транспортирования частиц (5—10 м/с и более) в рабочем промежутке сепаратора. Это позволяет достичь удельной производительности 10—20 т/ч на метр рабочего сечения сепаратора и эффективно разделять тонкоизмельченные смеси с крупностью частиц от 0,2 (0,5) до 0,010 мм. Этот эффект в сочетании с высокой производительностью единичного аппарата особенно важен для процесса сухого обогащения угольных шламов, в которых содержится до 50% угля. Если извлечь из шламов еще 30% угля, то оставшаяся часть может быть использована для производства строительных блоков.

Сущность способа пневмоэлектрической сепарации состоит в том, что исходная смесь частиц взвешивается воздушным потоком в транспортном канале, подвергается интенсивной трибозарядке или зарядке в поле коронного разряда, и затем частицы разделяются в квазиравномерном электростатическом поле соответственно полученным зарядам. Анализ сил, действующих в рабочей зоне сепаратора, показал, что основными факторами процесса разделения являются сопротивление движущейся воздушной среды, заряд частиц и напряженность электрического поля.

Исследованию влияния силы сопротивления среды, напряженности электрического поля, зарядки частиц в поле коронного разряда на результаты электросепарации во многих типах сепараторов посвящены многие работы [3,4,6-8]. В то же время совершенно недостаточно исследованы процессы трибоэлектрической зарядки частиц в условиях пневмоэлектрической сепарации. Описываемые в литературе [7,9] результаты исследований в большинстве своем относятся к случаям зарядки частиц одного вещества (мономинерала) при контакте с поверхностью другого. Поэтому в реальных условиях пневмоэлектрической сепарации, где зарядка разделяемых компонентов осуществляется одновременно при взаимном столкновении частиц, физическими исследованиями на мономинералах иногда трудно объяснить влияние технологических факторов на результаты электросепарации.

Одним из факторов, оказывающих влияние на результаты пневмоэлектрической сепарации, является соотношение разделяемых компонентов в исходной смеси. На рис. 1 приведены экспериментальные данные, отражающие влияние

массовой доли железа в исходном питании на эффективность пневмоэлектрической сепарации окисленной железной руды Скелеватского месторождения Кривого Рога [5], измельченной до крупности 92% класса $-0,074$ мм. Как видно, эффективность извлечения железа в концентрат максимальна (50 % и более) при массовой доле железа в исходном 28-32 %, то есть тогда, когда соотношение основных компонентов — гематита и кварца — примерно 1:1. При резком преобладании одного из компонентов эффективность извлечения железа в концентрат (как и кварца в хвосты) снижается до 10—20 % и менее.

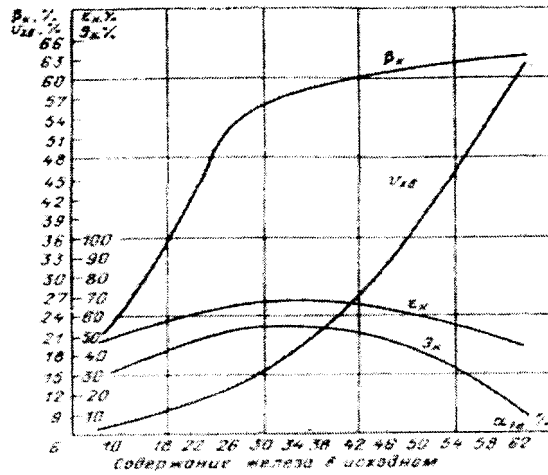


Рис. 1. Зависимость качественных показателей

Аналогичные зависимости были получены при пневмоэлектрической сепарации и для многих других разновидностей руд и минеральных смесей. Это позволяет сделать предположение о существовании единого механизма трибоэлектрической зарядки, не зависящего от генетических особенностей разделяемых компонентов, но зависящего от соотношения этих компонентов в исходной смеси. Целью данной работы является попытка теоретической интерпретации наблюдаемого эффекта.

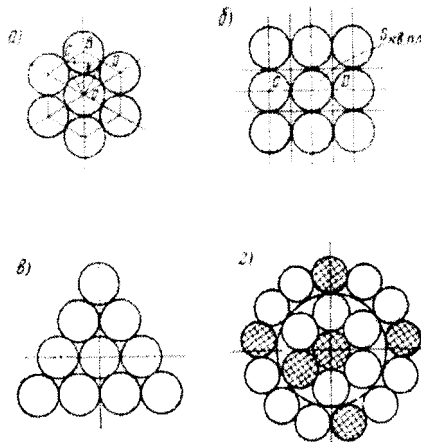


Рис. 2. Определение числа контактов частиц различной крупности

Вскрытая зависимость эффективности пневмоэлектрической сепарации от соотношения компонентов в исходной руде обусловлена, по-видимому, влиянием

двух основных факторов процесса: особенностью трибоэлектрической зарядки частиц и степени раскрытия минералов в смеси, подвергаемой обогащению.

На рис. 2 приведена модель группы шарообразных частиц, находящихся в контакте. Предположим, что центральная частица с радиусом $ON = R$ окружена по периферии частицами одинакового размера с радиусом $BN = r$. Определим зависимость числа контактов центральной и окружающих ее периферических частиц от соотношения их радиусов, то есть функцию $n = f(r/R)$.

В табл. 1 приведены результаты расчета числа контактов частиц при различном соотношении радиусов центральной и периферических частиц. Из таблицы видно, что с уменьшением радиуса периферических частиц число контактов их с центральной резко возрастает.

Таблица 1

Расчет числа контактов частиц различной крупности

Отношение r/R ($R = 1$)	0,05	0,1	0,2	0,5	1,0	2	5	10
n	1385	389	113	28	12	7	4	3

В опытах 1-4 (табл. 2) приведены расчетные показатели прогноза электросепарации при последовательном увеличении массовой доли железа (гематита) в исходном продукте с 1,4 до 69,65%.

Таблица 2

Показатели результатов электросепарации
в зависимости от соотношения компонентов в исходной смеси

№ опыта	Полученные продукты	Выход		Массовая доля, %		Извлечение, %		Эффективность сепарации, %		Удельный заряд частиц, ед	
		вес. ед	%	Fe	Кварца	Fe	Кварца	Fe	Кварца	Гематита	Кварца
1	Концентрат	2	0,2	70,0	0,0	100,0	0,0	100,0	1,2	+6	-1
	Промпродукт	988	98,6	0,0	100,0	0,0	98,8				
	Хвосты	12	1,2	0,0	100,0	0,0	1,2				
	Исходный	1002	100,0	0,14	99,8	100,0	100,0				
2	Концентрат	20	1,98	70,0	0,0	100,0	0,0	100,0	12,1	+6	-1
	Промпродукт	870	86,14	0,0	100,0	0,0	87,88				
	Хвосты	120	11,88	0,0	100,0	0,0	12,12				
	Исходный	1010	100,0	1,39	98,02	100,0	100,0				
3	Концентрат	100	9,8	70,0	0,0	100,0	0,0	100,0	63,2	+6	-1
	Промпродукт	350	33,3	0,0	100,0	0,0	36,8				
	Хвосты	600	57,2	0,0	100,0	0,0	63,2				
	Исходный	1050	100,0	6,65	90,5	100,0	100,0				
4	Концентрат	154	14,3	70,0	0,0	100,0	0,0	100,0	100,0	+6	-1
	Промпродукт	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0				
	Хвосты	923	85,7	0,0	100,0	0,0	100,0				
	Исходный	1077	100,0	10,01	85,7	100,0	100,0				

Как видно из данных табл. 2, при увеличении массовой доли железа от 0 до 67,2 % эффективность сепарации гематита в концентрат составляет 100%, а затем быстро падает до нуля. Эффективность сепарации кварца в хвосты в диапазоне 0-10% (по железу) растет от 0 до 100%, а затем остается постоянной. При контактах гематит-кварц величина удельного заряда гематитовых частиц при малом содержании их в исходном составляет $+6 \text{ q/m}$ и уменьшается до $+0,5 \text{ q/m}$ при большом содержании гематита в исходном. Для кварца удельный заряд возрастает от $-q/m$ до -12 q/m при увеличении массовой доли железа в исходном от 0 до 67,2 %. Та-

ким образом, увеличение массовой доли какого-либо компонента в исходном продукте должно приводить к уменьшению удельного заряда каждой частицы этого компонента и, следовательно, к уменьшению эффективности его сепарации. Наоборот, уменьшение массовой доли какого-либо компонента в исходном продукте должно приводить к увеличению удельного заряда каждой частицы этого компонента и, следовательно, к увеличению эффективности его сепарации из исходной смеси. Как следует из результатов опытов, для максимальной эффективности выделения мелкого кварца из смеси с мелким гематитом достаточно наличия в ней 14 % гематита (10% по железу).

Для максимального извлечения крупного кварца из смеси с мелким гематитом необходимо содержание последнего в исходной смеси уже около 43%, а для извлечения мелкого кварца из смеси с крупным гематитом содержание последнего должно быть около 83 %.

При сепарации угольных шламов, содержащих равные части угля и минерала не крупнее 0,5 мм, удалось получить угольный концентрат, включающий 10% минерала и хвосты, содержащие 88% минерала.

Выводы.

1. При пневмоэлектрической сепарации реальных минеральных смесей с трибоэлектрической зарядкой частиц наблюдается явление снижения эффективности разделения компонентов при резком преобладании одного из них в исходном продукте.

2. Рассмотрена модель трибоэлектрической зарядки группы шарообразных частиц и показано, что величина заряда каждой частицы одного минерала пропорциональна количеству контактов ее с частицами другого минерала, которое определяется соотношением разделяемых компонентов в исходной смеси и их размерами.

3. Численными расчетами для искусственной минеральной смеси показано, что эффективность электросепарации компонентов при трибоэлектрической зарядке может достигать 100 % только при условии обеспечения контакта каждой частицы одного сорта с частицей другого сорта, причем в этом контакте они обмениваются зарядом, достаточным для выделения их в конечные продукты — концентрат и хвосты.

4. Установлено, что диапазон соотношения компонентов в исходной смеси, в котором эффективность электросепарации обоих компонентов максимальна, должен быть наибольшим для частиц одинаковой крупности, и уменьшается при увеличении размера частиц одного из минералов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Глазанов В.Н. К вопросу электростатического обогащения угольной мелочи. - М., 1950. - 80 с.
2. Карта М., Феррара Г., Дельфа К. Электрическая сепарация тонкоизмельченных руд во взвешенном состоянии в газовой среде с зарядкой частиц ионизацией или трением // VIII Международный конгресс по обогащению полезных ископаемых. - Л., 1968.-Т.1.-С. 744.
3. Волков В.Н., Ревнищев В.И., Семенов В.К. Расчет траекторий частиц в электрических сепараторах с движущей средой // Обогащение железных марганцевых руд: Сб. науч. тр./ «Уралмеханогбр». Свердловск, 1972. - Вып. 18. - С. 73-88.
4. Урванцева А.И., Мезенцев А.Н. К расчету поля пневмоэлектрического сепаратора // Изв. Вузов. Горн. Журнал. 1980. - № 10. - С. 117-120.
5. Комлев А.М., Кусембаев С.Х., Сладков Г.И. и др. Возможность применения пневмоэлектрической сепарации при обогащении смешанных и окисленных железных руд // Обогащение руд черных металлов. - М., 1981. - вып. 10. - С. 76-86.

6. Верещагин И.П., Левитов В.И., Мирабекян Г.З., Пашин М.М. Основы электрогазо-динамики дисперсных систем // М., 1974. - 480 с.
7. Ангелов А.И., Верещагин И.П., Еришов В.С. и др. Физические основы электрической сепарации / Под. ред. В.И. Ревнивцева. - М., 1983. - 270 с.
8. Месеняшин А.И. Электрическая сепарация в сильных полях. - М., 1978. - 175 с.
9. Леб Л. Статическая электризация. - М.-Л., 1963. - 408 с.
10. Тюренков Н.Г. Единый метод оценки эффективности обогащительных процессов. - М., 1952. - 36 с.

ON FEATURES OF TRIBOELECTRICAL CHARGING OF COAL PARTICLES IN PNEUMOELECTRIC SEPARATORS

S.N. Sidorenko¹, V.A. Moiseyev², V.G. Andriyenko²,
A.I. Urvantsev³, V.L. Vasilyev³

¹Ecological Faculty, Peoples' Friendship Russian University,
Podolskoye shosse, 8/5, 113093, Moscow, Russia

²JSC «Kompomash-TEK»,

³JSC «SPURT»

The method of electric separation is investigated with the purpose of reduction of waste products of the coal industry.
