

УДК 622.766

А.А. БЕРЕЗНЯК, канд. техн. наук,

Е.А. БЕРЕЗНЯК

(Украина, Днепропетровск, Государственное ВУЗ "Национальный горный университет")

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ СИЛЫ СОПРОТИВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЮ ЧАСТИЦЫ В СУСПЕНЗИИ МАГНЕТИТА

Тяжелосредняя сепарация в суспензиях по-прежнему остается основным способом обогащения полезных ископаемых, поскольку имеет меньшую погрешность разделения в сравнении с другими гравитационными способами. Суспензия должна иметь необходимую для сепарации плотность, устойчивость и наименее возможное сопротивление движению в ней разделяемых минералов.

Устойчивость суспензии возрастает при увеличении концентрации частиц твердой фазы и уменьшении их размеров, однако при этом увеличивается ее вязкость и, как следствие, сопротивление движению минералов [1].

Кроме вязкости, на сопротивление движению влияют множество других факторов, таких как относительная скорость перемещения минерала в суспензии, гранулометрический состав и форма частиц утяжелителя, и т.д. Поэтому сила сопротивления движению минерала описывается эмпирическими уравнениями. В области малых чисел Рейнольдса ($Re < 1$), характерных для частиц крупностью менее 0,1 мм, применяется формула Стокса. Для частиц промежуточного размера ($1 < Re < 1000$) формула сопротивления была установлена А. Алленом. Наиболее точные результаты формула Аллена позволяет получить лишь при $30 < Re < 300$. При движении крупных частиц ($Re > 3000$) используется формула Ньютона – Риттингера [2].

В качестве утяжелителя при обогащении угля применяется магнетит, который обладает достаточной плотностью и легко регенерируется магнитной сепарацией. В то же время магнетит обладает остаточной намагниченностью и после регенерации в магнитном поле его частицы намагничиваются, что приводит к магнитной флокуляции. Такие флокулы могут иметь размер более миллиметра и быстро осаждаются, что уменьшает время сепарации, чем ограничивается минимальный размер минералов, обогащаемых в данной суспензии. Стабилизация суспензии путем ее перемешивания приводит к увеличению погрешности разделения, в первую очередь, мелких частиц. В настоящее время на тяжелосреднюю сепарацию в гравитационном поле сил поступает уголь крупнее 12 мм.

Для устранения магнитной флокуляции частицы магнетита необходимо размагничивать перед его поступлением в рабочую зону сепаратора. Размагничивание необходимо производить на высокой частоте. Импульсный режим размагничивания уменьшает затраты энергии [3].

Исследованию влияния размагничивания магнетита на силу сопротивления движению в суспензии разделяемых минералов и посвящена настоящая работа.

Гравітаційна сепарація

Експерименти проводились с применением магнетитового концентрата Полтавского ГОКа, в котором содержание частиц крупностью менее 50 мкм составляет более 92%.

Измерение скорости движения в суспензии металлического шарика диаметром 12,2 мм производилось на специальной установке, которая представляет собой поперечину с двумя закрепленными колесиками, через которые переброшена нерастяжимая нить. На одном конце нити закреплен шарик, а на другом – поддон, на который помещаются разновесы. Одно из колесиков связано с диском, имеющим прорези, через которые проходит инфракрасное излучение, попадающее на фотоприемник, подключенный к компьютеру. В результате измерения числа импульсов и периода их следования вычислялась скорость перемещения шарика в суспензии.

Эксперименты проводились на суспензиях магнетита в воде различной плотности, скорости осаждения которых на начальной стадии приведены в таблице 1. Намагничивали суспензии в магнитном поле индукцией 0,25 Тл, а размагничивали в импульсном режиме на частоте 50 кГц.

Таблица 1

Скорости осаждения суспензий магнетита						
Плотность суспензии, кг/м ³	1240	1350	1470	1240	1350	1470
Магнитное состояние	Намагниченный магнетит			Размагниченный магнетит		
Скорость осаждения, м/с *10 ³	4,3	3,0	1,1	1,3	0,9	0,5

Как следует из таблицы, скорость осаждения размагниченных суспензий плотностью 1240 и 1350 кг/м³ меньше в 3,3 раза, а для суспензии плотностью 1470 кг/м³ соответственно в 2,2 раза.

Всплытие шарика в суспензии одной плотности определялось при трех разных скоростях, которые изменялись путем регулирования веса груза на поддоне.

Следует отметить, что сила трения в подвижных частях установки сравнима по величине с силой сопротивления движения в суспензии, поэтому погрешность измерений в некоторых случаях весьма значительна. Тем не менее, полученные данные, которые представлены в табл. 2, можно использовать для сравнительного анализа. В таблице приведены Расчетные значения чисел Рейнольдса, величина которых в большинстве случаев превышает 3000, поэтому расчетные значения силы сопротивления движению шарика выполнялись по формуле Риттингера.

Данные по всплытию стального шарика диаметром 12,2 мм
в суспензиях магнетита разной плотности и намагниченности

№	Плотность суспензии, кг/м ³	Скорость всплытия средняя, м/с	Число Рейнольдса	Сила сопротивления движению, Н*10 ³	Сила сопротивления по Реттингеру, Н*10 ³
Намагниченный магнетит					
1	1240	0,183	2774	1,74	1,22
2	1240	0,208	3141	3,27	1,56
3	1240	0,248	3753	5,28	2,23
4	1350	0,119	1966	1,07	0,56
5	1350	0,244	4026	3,69	2,35
6	1350	0,257	4242	3,71	2,61
7	1470	0,199	3568	2,64	1,70
8	1470	0,213	3820	3,50	1,95
9	1470	0,283	5086	4,94	3,45
Размагниченный магнетит					
10	1240	0,1738	2636	2,39	1,10
11	1240	0,2538	3849	4,42	2,34
12	1240	0,3196	4847	6,56	3,71
13	1350	0,1103	1819	2,73	0,48
14	1350	0,2419	3990	3,71	2,31
15	1350	0,2577	4251	3,81	2,62
16	1470	0,2181	3917	4,01	2,05
17	1470	0,2414	4335	5,02	2,51
18	1470	0,2745	4930	5,83	3,24

Анализируя данные таблицы 2 можно увидеть, что сила сопротивления движению тела в размагниченных суспензиях больше, чем в намагниченных. Отношение величин этих сил в среднем равно 1,4. В целом полученные значения силы сопротивления почти в два раза выше, чем расчетные, что может объясняться как систематической ошибкой измерений, так и характером обтекания суспензией движущегося с ускорением тела.

Выводы

Применение размагничивания магнетитовой суспензии перед тяжелосредней сепарацией целесообразно, поскольку увеличение времени разделения минералов в рабочей зоне сепаратора значительно превышает увеличение силы сопротивления их движению в суспензии.

Список литературы

1. Берт Р.О. Технология гравитационного обогащения. – М.: Недра, 1990. – 574 с.
2. Пилов П.И. Гравитационная сепарация полезных ископаемых. – Днепропетровск: НГУ, 2010. – 174 с.

Гравітаційна сепарація

3. O. Berezniak, O. Berezniak. Pulse method of magnetite demagnetizing. – Theoretical and Practical Solutions of Mineral Resources Mining. – London: Taylor&Francis Group – 2015. – P. 547-550

© Березняк А.А., Березняк Е.А., 2017

*Надійшла до редколегії 18.09.2017 р.
Рекомендовано до публікації к.т.н. К.А. Левченко*