

УДК 622.6

**П.И. ПИЛОВ**, д-р техн. наук,

**А.В. ДОНЕЦ**

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

### **ПОТЕРИ МАГНЕТИТА ПРИ ТЯЖЕЛОСРЕДНОМ ОБОГАЩЕНИИ КАМЕННЫХ УГЛЕЙ**

*Постановка задачи.* Технология обогащения в тяжелых средах хорошо известна как весьма точный и эффективный метод сепарации и широко применяется в мировой практике углеобогащения.

Свойства суспензии как тяжелой среды определяют не только плотность, объёмная концентрация, дисперсность утяжелителя, но и присутствие шламов. С одной стороны, шламы, повышая вязкость суспензии, снижают эффективность сепарации, а с другой стороны позволяют повысить ее стабильность.

В практике отечественного углеобогащения в промышленных условиях в качестве тяжелой среды используют минеральные суспензии, где дисперсной фазой является магнетит в крупности менее 0,1 мм. Главным достоинством такой минеральной суспензии является простота ее регенерации (восстановления) путем извлечения магнетита из зашламленной суспензии магнитной сепарацией.

Однако при регенерации происходит потеря магнетита. Наибольшая его доля приходится на отмывку от продуктов обогащения и при регенерации некондиционной суспензии разбавленной суспензии, насыщенной шламами обогащаемого материала.

Применяемые в качестве утяжелителей магнетитовые концентраты по гранулометрическому составу классифицируются на крупный, мелкий и тонкий. Применение более зернистого утяжелителя при обогащении углей, содержащих легкоразмокаемые породы, т.е. на фабриках с содержанием шлама в магнетитовой суспензии более 100 г/л приводит к снижению потерь магнетита и возможности увеличения нагрузок на сепаратор, обезвоживающее и регенерирующее оборудование. Использование более мелких магнетитовых концентратов приводит к повышению устойчивости суспензий, но и вызывает увеличение потерь магнетита при отмывке продуктов обогащения от магнетита.

Поэтому актуальным является изучение вопроса о снижении потерь магнетита при его отмывке.

*Решение задачи.* При отмывке продуктов обогащения в одну стадию на просеивающей поверхности от магнетита, определенная часть последнего собирается в нижних частях обрабатываемых кусков, т.е. в их гидродинамической тени и таким образом, уносится с продуктами обогащения, что приводит к неконтролируемым потерям.

Для количественной оценки этих потерь выполнены лабораторные исследования процесса отмывки, имитирующего подобный процесс в промышленных условиях.

## Гравітаційна сепарація

Для дослідження використовувалась проба угля, отобранна на ЦОФ "Павлоградська". Уголь був розділений умовно на 3 класи крупності: крупний, який має розмір частинок менше 25 мм, але більше 10 мм (-25+10 мм); середній (-10+5 мм) і мелкий (-5+2 мм). Кожен клас підвергався розділенню на легку і важку фракції в магнетитовій суспензії щільністю 1520 кг/м<sup>3</sup>. Результати розділення класів представлені в табл. 1.

Таблиця 1

Результати сепарації угля в магнетитовій суспензії			
Класи крупності, мм	-25+10	-10+5	-5+2
Маса, кг	1,15	1,84	1,41
Выход, %:			
легкої фракції	73,9	34,8	29,1
важкої фракції	26,1	65,2	70,9

Отримані продукти (легка і важка фракції) підвергалися отмывке, за технології, імітуючої отмывку на грохоті в промислових умовах.

Для визначення кількості магнетиту, залишеного на продуктах розділення після отмывки, їх промивали в ємкості з чистою водою з метою відділення залишків магнетиту і шламу. Осадок підвергався магнітній сепарації в слабому полі з метою виділення магнетиту, який став би потенційними втратами внаслідок неефективної отмывки. В табл. 2 показано кількість магнетиту, який видаляється в процесі отмывки з матеріалу і захоплюється ним.

Таблиця 2

Кількість магнетиту, отмываемое з матеріалу							
	Маса продуктів, г	Клас крупності, мм					
		-25+10		-10+5		-5+2	
		к-т	порода	к-т	порода	к-т	порода
Отмывка	магнітний	4,25	9,15	35,7	32,6	15,3	325,74
	немагнітний	0,55	0,4	4,5	3,9	4,45	20,05
Осадок	магнітний	1,5	3,0	1,05	18,2	3,10	20,0
	немагнітний	7,75	1,55	20,09	29,95	1,55	0,4

Отримані дані були перераховані на удільні втрати магнетиту з продуктами розділення. Результати розрахунку представлені в табл. 3, і на їх основі побудовані графіки залежності втрат від крупності частинок (рис. 1).

Таблиця 3

Втрати утяжелятеля при важкосередньому збагаченні						
Клас крупності, мм	-25+10		-10+5		-5+2	
Продукт	к-т	порода	к-т	порода	к-т	порода
Маса продуктів, кг	0,85	0,3	0,64	1,2	0,41	1,0
Втрати на масу проби, кг	0,0015	0,003	0,00105	0,0182	0,0031	0,02
Втрати на тону продукту, кг/т	1,76	10,0	1,64	15,17	7,56	20,0

## Гравітаційна сепарація

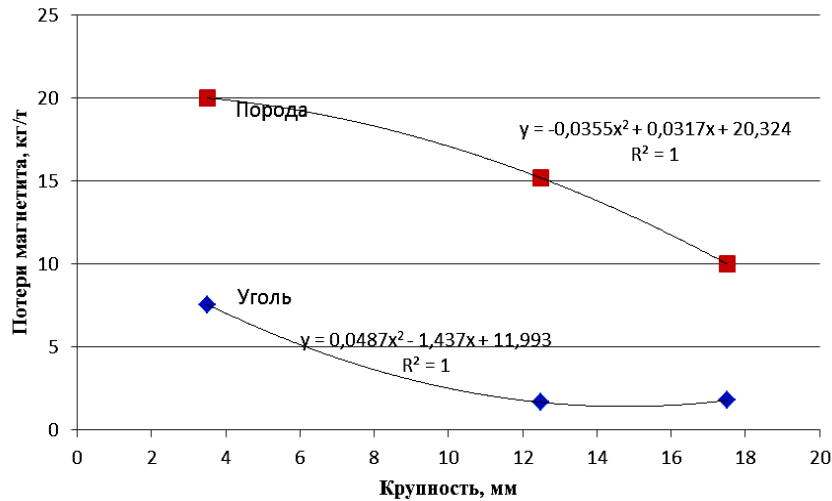


Рис. 1. Залежність втрат магнетита від крупності вугля

Как видим из табл. 3, потери магнетита с тяжелой фракцией значительно выше, по сравнению с легкой (в 3...10 раз). Это объясняется тем, что породная фракция является более гидрофильной, чем угольная. Также полученные результаты показывают, что с уменьшением класса крупности увеличивается и количество потерь. Поэтому, возможно предположить о пропорциональности количества потерь утяжелителя от удельной поверхности частиц, разделяемого материала. Известно, что удельная поверхность материала обратно пропорциональна размеру частиц его составляющего [5] и выражается уравнением

$$s_{y\delta} = 10,5 / (\delta d_{cp}),$$

где  $\delta$  – плотность материала,  $\text{кг/м}^3$ ;  $d_{cp}$  – средневзвешенный размер частиц материала, м.

Поэтому определим величину  $1/d_{экв}$  для каждого узкого класса и сравним ее с общей величиной потерь магнетита. Результаты вычислений сведем в табл. 4.

Таблица 4

Потери магнетита в зависимости от крупности продуктов обогащения			
Класс крупности, мм	-25+10	-10+5	-5+2
Средний диаметр, м	0,0175	0,0075	0,0035
Обратная величина среднего диаметра, $\text{м}^{-1}$	57,14	133,33	285,71
Удельная поверхность, $\text{м}^{-1}$	0,39474	0,92105	1,97368
Потери с концентратом	1,77	1,64	7,56
Потери с породой	10,0	15,17	20,0

На основании полученных данных построены графики, представленные на рис. 2

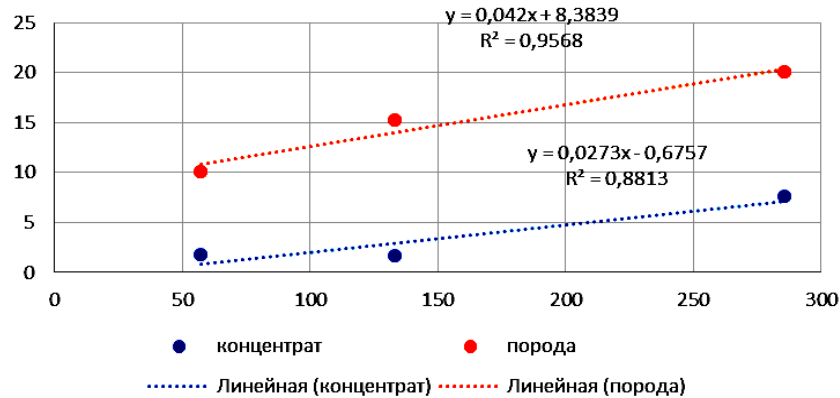


Рис. 2. Потери магнетита в залежності від удільної поверхності вугля

Обработка полученных данных позволила установить линейную зависимость потерь от удельной поверхности (рис. 2), т.е. предположение об их пропорциональности подтвердилось.

Существенное снижение потерь магнетита может быть достигнуто при применении второй стадии после отмывки на грохоте. Полученные после грохочения продукты разделения можно направлять в емкость с чистой водой, например, в колесный сепаратор либо в баггер-зумпф. Отмытый магнетит будет извлекаться с водой в слив, а чистые куски угля, либо породы будут извлекаться элеваторных колесом, либо элеватором.

Возможно, также применить нижнюю подачу воды под давлением под просеивающую поверхность грохота, либо устанавливать специальные просеивающие сита, которые имеют перепад высоты, где применяется дополнительная отмывка.

Вопрос о выборе способа дополнительной отмывки магнетита должен решаться при технико-экономическом сравнении различных вариантов.

Таким образом, лабораторные исследования позволили установить, что основные потери магнетита при тяжелосреднем обогащении связаны с неэффективной его отмывкой с поверхности частиц, и пропорциональны удельной поверхности продуктов обогащения.

### Список литературы

1. Бедрань Н.Г. Исследование свойств магнетитовых утяжелителей для обогащения углей в тяжелых средах: Отчет. – Д.: ДГИ, 1977. – 83 с.
2. Евсиович С.Г. Основные свойства тяжелых суспензий как среды для гравитационного обогащения полезных ископаемых: Автореф. дисс. ... к.т.н. – Л., 1952. – 19 с.
3. Землянский П.П. Определение расхода суспензии для ее регенерации // Техника и технология обогащения углей: Науч. тр. – М.: Недра, 1965. – Т IV. – С. 143-152.
4. Землянский П.П. Определение скорости накопления шлама в суспензии при обогащении углей // Техника и технология обогащения углей: Науч. тр. – М.: Недра, 1968. – Том VI. – С. 177-185

## **Гравітаційна сепарація**

---

5. Полулях А.Д. Технологические регламенты углеобогащительных фабрик. – Днепропетровск, 2002. – 856 с.

6. Пилов П.И. Гравитационная сепарация полезных ископаемых: Учебное пособие. – Д.: Национальный горный университет, 2010. – 127 с.

7. Справочник по обогащению углей / Под ред. И.С. Благоев. – М.: Недра, 1984. – 488 с.

© Пилов П.И., Донец А.В., 2016

*Надійшла до редколегії 04.03.2016 р.  
Рекомендовано до публікації д.т.н. І.К. Младецьким*