

А.Д. ПОЛУЛЯХ, д-р техн. наук
(Украина, Днепропетровск, ГП "Укрниуглеобогащение")

О КАЧЕСТВЕ МАГНЕТИТОВЫХ УТЯЖЕЛИТЕЛЕЙ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ДЛЯ ТЯЖЕЛОСРЕДНОГО ОБОГАЩЕНИЯ УГЛЯ

Мировой промышленный опыт тяжелосреднего обогащения углей показал, что наиболее эффективным утяжелителем, вытеснившим все другие, является магнетит [1].

Высокая плотность (порядка 4900-5200 кг/м³), достаточная твердость (5,5-6,5 единиц по шкале Мооса), стабильные магнитные свойства позволяют получить требуемый гранулометрический состав, обеспечивающий хорошую регенерацию. В чистом магнетите (FeO·F₂O₃) содержится 72,4% железа.

Однако за последнее время качество магнетитовых концентратов, поставляемые угольной промышленности, значительно изменилось из-за усовершенствования технологических схем измельчения и обогащения руды на ГОКах. Существенно возросло в магнетитовом концентрате содержание тонких классов и соответственно уменьшился средний размер зерна. В связи с этим увеличились потери магнетита при магнитной регенерации суспензий и с продуктами обогащения. Особенно это сказывается при обогащении углей с легкоразмокаемой породой.

Таблица 1

Потери магнетита при обогащении крупного машинного
класса на углеобогатительных фабриках Украины

ЦОФ	Год	Потери магнетита, кг/т, с:					Итого
		концентратом	пром-продуктом	породой	хвостами регенерации	прочие	
Чумаковская	2000	0,2	-	0,4	0,6	-	1,2
Селидовская	2004	0,3	-	0,7	0,4	0,3	1,7
Узловская	1996	0,2	0,3	0,7	0,3	0,2	1,7
"Октябрьская, угли шахт ГП: "Добропольеуголь" "Красноармейстуголь" "Селидовуголь" "Павлоградуголь"	2004	0,2	0,3	0,7	0,5	0,2	1,9
		0,2	0,3	0,8	0,5	0,2	2,0
		0,2	0,3	0,9	0,6	0,2	2,2
		0,9	0,3	1,7	0,8	0,2	3,9
Краснолиманская	2006	0,6	-	0,18	0,6	0,2	2,2
Комсомольская	1997	0,4	-	0,2	0,3	0,1	1,0
Червоноградская	1995	0,3	-	0,2	0,6	-	1,1
	2007	0,3	-	0,4	0,6	-	1,5
Павлоградская	1996	0,9	-	1,7	0,9	0,3	3,8
	2005	0,9	-	1,7	2,0	0,3	4,9
ОФ ш. Комсомолец Донбасса	2007	0,3	-	0,5	0,5	0,2	1,5
Нагольчанская	2007	0,4	-	0,6	1,0	-	2,0
Свердловская	2007	0,8	-	0,6	0,2	-	1,6
Комендантская	2002	0,3	-	1,0	0,4	0,2	1,9
Центросоюз	2008	1,0	-	1,4	0,2	0,4	3,0
Вахрушевская	2006	1,0	-	1,5	0,2	0,3	3,0
Краснопартизанская	2008	0,6	-	1,0	0,2	0,2	2,0
Луганская	2005	0,3	-	0,4	0,3	0,2	1,2

Гравітаційна сепарація

В табл. 1 приведены потери магнетита на углеобогажительных фабриках Украины (данные взяты из технологических регламентов этих фабрик) [2]. Из табл. 1 следует, что нормы потерь магнетита составляют от 1,2 до 4,9 кг/т, перерабатываемого угля, что в 1,3-4,3 раза больше, чем предусмотрено [3] для обогащения крупного машинного класса в колесных сепараторах.

Возросшие потери магнетита на углеобогажительных фабриках Украины, по нашему мнению, связаны с качеством магнитных концентратов и, в первую очередь, с его гранулометрическим составом и относительной магнитной проницаемостью.

В качестве критериев крупности магнетитовых концентратов служит обычно содержание одного или двух классов, определяющих их характерный гранулометрический состав.

В СССР и в странах СНГ до настоящего времени в угольной промышленности существует классификация магнетитовых утяжелителей по трем классам крупности с разделением на три сорта (табл. 2).

Таблица 2

Классификация магнетита по сортам

Класс, мм	Выход, %		
	сорт К (крупный)	сорт М (мелкий)	сорт Т (тонкий)
>0,15	2-10	2-10	0-5
<0,04	40-50	50-60	60-75
<0,02	3-10	10-25	25-35

Следует отметить недостаточную четкость отечественной и зарубежной классификаций из-за наличия нескольких критериев крупности (выход определенных классов), а также несоответствие фактического гранулометрического состава применяемых на практике утяжелителей крупности принятым в классификации.

Например, если в 1983 г. в магнетите ЮГОКа было содержание класса менее 0,074 мм 88,9%, то в 2009 г. – 100%. В настоящее время магнетит ЦГОКа содержит 96-98% класса менее 0,074 мм. Применение магнетита сорта Т вместо сортов К и М для обогащения соответственно крупного и мелкого машинных классов угля и привело к росту потерь магнетита на углеобогажительных фабриках.

Эти данные подтверждают вывод о том, что с точки зрения обогащения угля качество магнетита по гранулометрическому составу ухудшилось. В настоящее время все магнетитовые концентраты предназначены только для переработки на металлургических предприятиях, а не для использования в качестве утяжелителя на углеобогажительных фабриках. Ранее на ЮГОКе была одна секция, специализирующаяся на выпуске сортового магнетита специально для углеобогажительных фабрик.

В табл. 3 приведены данные качества магнетитовых концентратов ЦГОКа, ЮГОКа, Лебединского ГОКа, а также общие требования к магнетитовому утя-

Гравітаційна сепарація

желителю суспензий, применяемых для обогащения углей. При этом для сравнения взяты сорта с лучшими показателями качества магнетитовых концентратов.

Таблица 3

Исходные данные для сравнительного анализа

Наименование показателей	Общие требования к магнетиту-утяжелителю	СССР ЮГОК [4]	ЦГОК ТУ У 13.1-00190977-003:2007 Сорт А.7 [5]	ЮГОК ТУ У 13.1-00191000-001:2009 Сорт КЗ В [6]	Лебединский ГОК ТУ 0712-030-00186803-99 Сорт "высший" [7]
--------------------------	--	---------------	---	--	---

Показатели по ТУ

Назначение	углеобогащение	углеобогащение	металлургия	металлургия	металлургия
Массовая доля общего железа, %	≥65,0	65,0	68,5	67,5	68,0
Массовая доля влаги, %	≥10,5	10,5	10,5	11,0	10,0(3,0*)

Дополнительные показатели

Сорт	К, М, Т	К, М, Т	Т	Т	Т
Плотность, кг/м ³	4300-5000	4380	4420	4330	4930
Содержание магнитных фракций, %	>90	94,8	94,2	94,8	94,3
Условная магнитная восприимчивость	>0,7	0,8	0,86	0,85	0,88

Происхождение руды осадочно-метаморфическое осадочно-метаморфическое осадочно-метаморфическое осадочно-метаморфическое осадочно-метаморфическое
* – в соответствии с ТУ 0712-008-00186803-2007 (сушеный [8] железорудный концентрат).

Следует отметить, что в технических условиях на магнетитовые концентраты этих ГОКов отсутствуют показатели, характеризующие их гранулометрический состав.

Из табл. 3 следует, что рассматриваемые сорта соответствуют общим требованиям к магнетиту-утяжелителю по всем показателям, кроме крупности. В современных магнетитовых утяжелителях отсутствуют сорта К и М.

Следует обратить внимание на то, что массовая доля влаги в железорудном концентрате Лебединского ГОКа (10,0%) на 0,5 и 1,0% меньше аналогичного показателя ЦГОКа и ЮГОКа соответственно. Выпускаемый на Лебединском ГОКе сушеный железорудный концентрат с массовой долей влаги 3,0% на 7,5 и 8,0% меньше аналогичных показателей ЦГОКа и ЮГОКа, что делает его предпочтительным для использования в зимний период времени. Кроме того, плотность железорудного концентрата Лебединского ГОКа превышает аналогичные показатели ЦГОКа и ЮГОКа на, соответственно, 510 и 600 кг/м³, что делает его более предпочтительным при приготовлении суспензий с высокой (1800-2000 кг/м³) плотностью.

Ранее выполненными исследованиями установлена взаимосвязь относительной магнитной проницаемости от гранулометрического состава магнетита, зависимость которой приведена на рисунке.

Гравітаційна сепарація

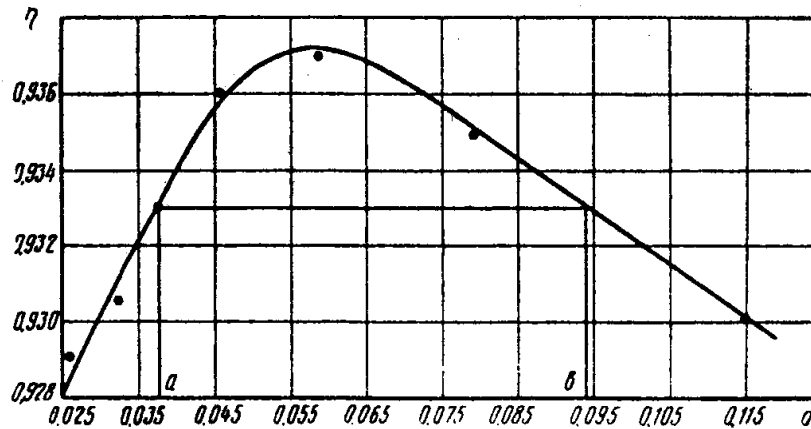


График зависимости относительной магнитной проницаемости от степени дисперсности магнетита (по данным [9])

Как видно из рисунка, по мере снижения дисперсности магнетита относительная магнитная проницаемость возрастает, достигая максимума при $d \approx 0,059$ мм, а затем плавно снижается.

В результате многочисленных опытов установлено, что относительная магнитная проницаемость утяжелителя, ранее поставляемого ЮГОКом обогащательным фабрикам Украины, не превышает 0,932. Поэтому снижение степени дисперсности утяжелителя должно соответствовать такой его крупности, при которой магнитная проницаемость будет не ниже, чем в утяжелителе, поставляемом в настоящее время фабрикам. Этому требованию удовлетворяет магнетитовый концентрат со средневзвешенным диаметром частиц не более 0,0875 мм (в интервале точек a и b , см. рисунок от 0,045 до 0,075 мм).

Установлено, что суспензия, приготовленная из магнетитового утяжелителя повышенной крупности $d = 0,0875$ мм с содержанием шлама 130-140 г/л, обладает идентичной гравитационной устойчивостью, что и суспензия с содержанием шлама 70-80 г/л, полученная из магнетита обыкновенной крупности. Это дает основание считать целесообразным использование магнетитового утяжелителя повышенной крупности на обогащательных фабриках и установках Украины с повышенным содержанием шлама в суспензии (не менее 140 г/л).

Сравнительные испытания магнетитовых утяжелителей обыкновенной и повышенной крупности были проведены на ЦОФ "Украина" в 1968 [9]. Характеристика испытуемых магнетитовых концентратов приведена в табл. 4, результаты сменных опробований – в табл. 5, содержание шлама в магнетитовой суспензии составляло 180-190 г/л.

Как видно из приведенных данных, несмотря на более высокую нагрузку по углю на сепаратор СК и соответственно несколько повышенное содержание в нем класса 0-6 мм, потери утяжелителя повышенной крупности ниже по сравнению с потерями утяжелителя обыкновенной крупности.

Гравітаційна сепарація

Характеристика магнитных концентратов

Показатели	Магнетитовый концентрат	
	обыкновенной крупности	повышенной крупности
Плотность, г/см ³	4,5	4,47
Содержание класса >70 мк, %	12,0	29,7
Содержание магнитных фракций, %	96,3	95,6
Средневзвешенный размер частиц, мм	0,0345	0,0875
Относительная магнитная проницаемость	0,932	0,930

Таблица 5

Результаты сменных опробований

Показатели	При обогащении в суспензии с магнетитом	
	обыкновенной крупности	повышенной крупности
Крупность обогащаемого угля, мм	>6	>6
Нагрузка на сепаратор, т/ч	150	250
Содержание класса <6 мм в угле, поступающем в сепаратор, %	2,92	5,95
Потери утяжелителя с продуктами обогащения, кг/т	1,29	1,11
Потери магнетита с хвостами регенерации, кг/т	0,232	0,185
Содержание шлама в суспензии, г/л	181	193
Плотность суспензии, т/м ³	1,8	1,89

Было также установлено, что в результате применения магнетитового утяжелителя повышенной крупности расход его на фабрике сократился на 400 г/т обогащаемого угля, а потери в породе угольных и промпродуктовых фракций снизились на 0,1-0,2%.

Выводы

1. Применяемые в качестве утяжелителей магнетитовые концентраты не отвечают предъявляемым к ним требованиям по гранулометрическому составу, что приводит к большим потерям магнетита особенно при обогащении углей с легкоразмокаемой породой.

2. Диапазон крупности магнетитового концентрата должен находиться в пределах значений средневзвешенного диаметра частиц от 0,045 мм до 0,075 мм. В этом случае относительная магнитная проницаемость будет более 0,936.

3. Суспензия, приготовленная из магнетитового утяжелителя повышенной крупности $d = 0,0875$ мм с содержанием шлама 130-140 г/л, обладает идентичной гравитационной устойчивостью, что и суспензия с содержанием шлама 70-80 г/л, полученная из магнетита обычной крупности.

4. Применение более зернистого магнетита 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.

Список литературы

Гравітаційна сепарація

1. Зарубин Л.С., Софа М.Б., Чернов В.И. Магнитные утяжелители для тяжелосреднего обогащения углей. – М.: ЦНИЭИуголь, 1983. – 41 с.
2. Полулях А.Д. Контроль качества и расход магнетита на углеобогажительных фабриках Украины // Збагачення корисних копалин: Наук.-техн. зб. – 2010. – Вип. 40(81). – С. 65-71.
3. Справочник по обогащению углей / Под ред. И.С. Благова, А.М. Коткина, Л.С. Зарубина. – М.: Недра, 1984. – 614 с.
4. Рекомендации по обогащению угля в магнетитовой суспензии (основные параметры). – М.: ИОТТ, 1976. – 171 с.
5. Технічні умови ТУ У 13.1-00190977-003:2007 Концентрат залізорудний агломераційний ВАТ "Центральний гірничо-збагачувальний комбінат".
6. Технічні умови ТУ У 13.1-00191000-001:2009 Концентрат залізорудний агломераційний ВАТ "Південний гірничо-збагачувальний комбінат".
7. Технические условия ТУ 0712-030-00186803-99 Концентрат железорудный ОАО "Лебединский горно-обогажительный комбинат".
8. Технические условия ТУ 0712-008-00186803-2007 Концентрат железорудный (сушеный) ОАО "Лебединский ГОК".

© Полулях А.Д., 2013

*Надійшла до редколегії 02.04.2013 р.
Рекомендовано до публікації д.т.н. П.І. Піловим*