

А.Д. ПОЛУЛЯХ, д-р техн. наук,

О.В. ПОЛУЛЯХ, канд. техн. наук,

А.Н. ИВАНЧЕНКО, Д.А. МАКСАЕВ,

С.В. МАРЕНИЧЕНКО, А.В. КОВТУН

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

ИССЛЕДОВАНИЕ ОБЕЗВОЖИВАНИЯ ТОНКОДИСПЕРСНЫХ УГОЛЬНЫХ ШЛАМОВ МЕТОДОМ ФИЛЬТРОВАНИЯ ПОД ДАВЛЕНИЕМ

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. В связи с резким увеличением содержания мелких и тонких классов в рядовом угле, выводом из эксплуатации сушильных установок и илонакопителей и ужесточением требований к качеству товарной продукции значительно возросла роль обезвоживания продуктов обогащения и, в первую очередь, тонкодисперсных материалов [1].

Известно [2, 3], что любое обогатительное оборудование наиболее эффективно работает в соответствующем диапазоне крупности. Особенно важно для фильтровального оборудования.

Поэтому определение параметров фильтруемости угольных суспензий на фильтр-прессах является важнейшей научно-производственной задачей, определяющей как фронт фильтрования, так и себестоимость фильтрования.

Анализ исследований и публикаций. Фильтрование тонкодисперсных угольных материалов осуществляется на фильтр-прессах двух типов: с горизонтальными или вертикальными перегородками [4-6]. Фильтрование осуществляется под давлением. Для характеристики фильтруемости угольных суспензий под давлением определяются параметры фильтрования. Известны различные оборудование и методики, используемые для определения параметров фильтруемости угольной суспензии, однако достоверность получаемых результатов не всегда удовлетворяет исследователей.

Постановка задачи. Разработать методику и выполнить исследования фильтруемости угольных суспензий под давлением на горизонтальных и вертикальных перегородках.

Изложение материала и результаты исследований. Определение параметров фильтруемости угольных суспензий под давлением на горизонтальных перегородках производится на лабораторной установке с поверхностью фильтрования $0,01 \text{ м}^2$ под давлением $0,8 \text{ МПа}$ при температуре $20 \text{ }^\circ\text{C}$ (рис. 1).

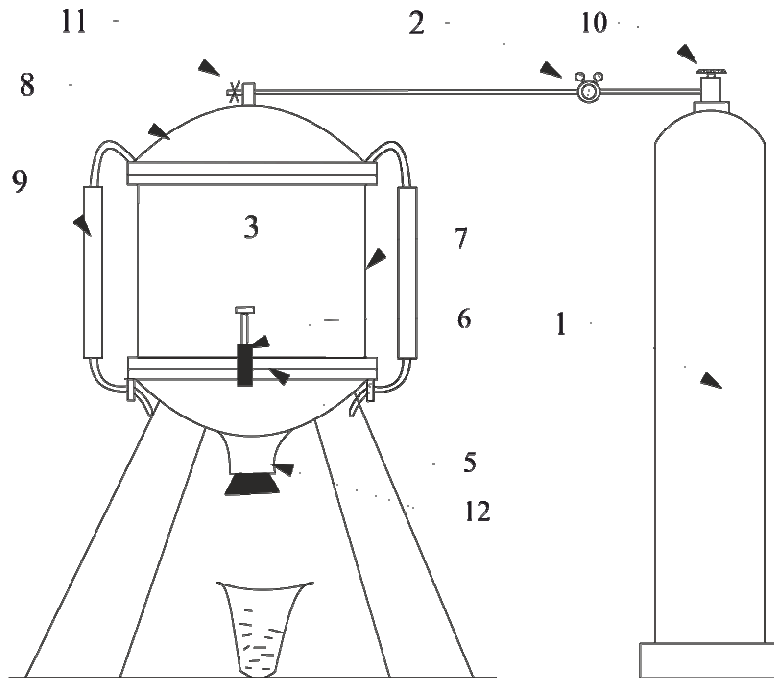


Рис. 1. Лабораторная установка для определения параметров флотуемости под давлением на горизонтальной перегородке

Установка состоит из баллона 1 со сжатым воздухом (азотом) с редуктором 2, лабораторного фильтра 3 соединенного с редуктором соединительной трубкой 4.

Перед началом работы на дренажное основание 5 фильтра 3 укладывается смоченная, чистая (простиранная) фильтровальная ткань. Ткань укладывается между двумя резиновыми прокладками. Сливной патрубок 12 дренажного основания закрывается пробкой. Затем к дренажному основанию 5 зажимами 6 крепится корпус 7. Затем в корпус 7 заливается исследуемая суспензия с содержанием твердого 500 г/л. Объем суспензии должен быть таким, чтобы толщина обезвоженного осадка составляла 15 мм. Затем корпус 7 закрывается крышкой 8 и герметизируется с помощью зажимов 9. Из сливного патрубка 12 удаляется пробка, открывается вентиль 10 на баллоне и включается секундомер.

При подключении нового баллона 1 редуктором 2 устанавливается давление 0,8 МПа. Вытекающий фильтрат собирается поочередно в два стеклянных стаканчика, откуда через фиксированное по секундомеру время переливается в мерный цилиндр. Количество отборов за опыт должно быть не менее 10. В журнале записывается кинетика фильтрования (объем фильтрата и время от начала процесса, когда они были получены). Фильтрование ведется до момента появления воздуха в патрубке отвода фильтрата 12. В это время закрывается подача газа из баллона, выключается секундомер. После падения давления до 0 фильтр разгружается. Сняв крышку 8, определяют толщину осадка. Осадок пе-

Зневоднення та сушіння. Водно-шламове господарство

реносится на лист бумаги, взвешивается и сушится в сушильном шкафу до постоянного веса и снова взвешивается. Фильтровальная ткань простирается. На основании полученных данных рассчитываются: влажность, удельное сопротивление осадка полного цикла фильтрования, включающее 30 мин вспомогательных операций, удельная и общая производительность пресс-фильтра, с учетом постоянного сопротивление фильтровальной перегородки $25 \cdot 10^{12} \text{ м}^{-1}$.

Определение параметров флотуемости угольных суспензий под давлением на вертикальной перегородке производится на лабораторной установке, схема которой представлена на рисунке 2 и 3.



Рис. 2. Лабораторная установка для определения параметров фильтрования под давлением на вертикальной перегородке.

Ёмкость для суспензии представляет собой двухметровый газовый баллон, в котором сделаны штуцера для загрузки и выгрузки суспензии. Загрузочный штуцер снабжен гайкой с заглушкой. Разгрузочный штуцер при помощи накидных гаек жестко соединяется с фильтровальной камерой фильтр-пресса. С линией воздуха под давлением ёмкость соединяется при помощи накидной гайки со стороны баллонного вентиля.



Рис. 3. Однокамерный лабораторный фильтр-пресс

Однокамерный лабораторный пресс-фильтр представляет собой 3 плиты стягивающие между собой силовым винтом со штурвалом. Между плитами навешивается фильтрующая ткань – бельтинг, обеспечивающая полное задержание твердых частиц. Средняя плита является камерой фильтрации с размерами 100×100×25 мм. Две крайние плиты имеют камеры для сбора фильтрата. В пазах крайних плит имеется паз для прокладки, необходимой для обеспечения герметичности. Все плиты выполнены фрезерованием (или отливкой с последующей обработкой) цельного листа металла диаметром не менее 25 мм. Все плиты перемещаются по направляющим для обеспечения центрирования и смонтированы на одной раме.

Баллон с воздухом и редуктор к нему представляет собой стандартный 40 л баллон.

В качестве приемника фильтрата используется цилиндр с делениями, емкостью 1 л. По размерам плит вырезается две навески фильтрующей ткани. Плиты раздвигаются и на крайние плиты навешивается фильтрующая ткань. Плиты стягиваются винтом со штурвалом. С помощью накидной гайки к средней плите подсоединяется емкость для суспензии, которая соединяется с баллоном с воздухом под давлением. Все соединения должны обеспечивать герме-

Зневоднення та сушіння. Водно-шламове господарство

тичность при $P = 1,0$ МПа. Под штуцер выхода фильтрата подставляется приемник фильтрата.

Приготовление суспензии осуществляется в отдельной емкости. Расчетное количество твердого заливается расчетным количеством воды. Полученную суспензию необходимо периодически взбалтывать. Приступать к исследованию суспензии можно не ранее 8 часов после ее приготовления.

После подготовки установки к работе в емкость загружают суспензию и загрузочный штуцер закрывают заглушкой. На емкости открывают вентиль и создают в ней давление воздухом из баллона при помощи редуктора. Фильтрование считается законченным, когда из выходного отверстия фильтрат перестает вытекать с какой-то конечной скоростью, устанавливаемой до начала эксперимента. Скорость истечения фильтрата определяется путем его замера через равные промежутки времени.

После окончания процесса фильтрования баллон с воздухом закрывается и через заглушку давление сбрасывается до атмосферного. Снимается емкость с центральной плиты и раздвигаются плиты. Давление на установке 1,0 МПа.

В качестве примера расчета показателя фильтруемости приведены результаты фильтрования отходов фильтрации углеобогатительной фабрики. Концентрация суспензии 525 г/л. Объем суспензии 0,4 л. Площадь фильтровальной перегородки установки $S = 10^{-2} \text{ м}^2$.

Кинетика фильтрования приведена в таблице 1

На основании приведенного опыта определяется следующее:

- толщина осадка $H = 15 \cdot 10^{-3} \text{ м};$
- полный объем фильтрата $V = 235 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3;$
- масса осадка $P_o = 208 \cdot 10^{-3} \text{ кг};$
- масса сухого осадка $P_{o.c.} = 208 \cdot 10^{-3} \text{ кг};$

- влажность осадка
$$W = \frac{P_o - P_{o.c.}}{P_o} \cdot 100\% ;$$

- вязкость фильтрата принимается равной вязкости воды $\mu = 10^{-3}$, н.с.м⁻²;

- удельный объем фильтрата $g_i = \frac{V_i}{S}$ для каждого замера;

- постоянная $X_o = \frac{h}{g} = \frac{h \cdot S}{V} = \frac{15 \cdot 10^{-3} \cdot 10^{-2}}{235 \cdot 10^{-6}} = 0,64 ;$

- отношение $\frac{\tau_i}{g_i}$ для каждого замера;

- постоянная
$$M_1 = \frac{\frac{\tau_2}{g_2} - \frac{\tau_1}{g_1}}{g_2 - g_1} ;$$

Зневоднення та сушіння. Водно-шламове господарство

$$M_{cp} = \frac{M_1 + M_2 + \dots + M_n}{n} = 4,49 \cdot 10^6.$$

При этом не учитывается последнее по времени значение и значения M , отклоняющиеся от среднего на $\geq 50\%$

N – постоянная $N_1 = \frac{\tau_2}{g_2} - M_1 \cdot g_1$ и ее среднее значение

$$N_{cp} = \frac{N_1 + N_2 + \dots + N_n}{n} = 1,14 \cdot 10^4;$$

ΔP – давление фильтрования $\Delta P = 8 \cdot 10^5$, Н·м⁻²;

– удельное сопротивление остатка

$$r_0 = \frac{2 \cdot \Delta P \cdot M_{cp}}{\mu \cdot x_0} = 112,25 \cdot 10^{14}, \text{ м}^{-1};$$

– сопротивление фильтровальной перегородки

$$R_{\phi.n.} = \frac{\Delta P \cdot N}{\mu} = 9,36 \cdot 10^{12}, \text{ м}^{-1};$$

– время фильтрования на фильтр прессы

$$t_{\phi} = 1,25 \frac{\mu(r_0 h^2 + 2R_{\phi.n.} h)}{2\Delta P \cdot x_0} = 3426 \text{ с} = 57,1, \text{ мин.}$$

Таблица 1

Кинетика фильтрования

№ п/п	Время фильтрования τ , с	Объем фильтрования V , мл	Удельный объем фильтрата $q \cdot 10^{-4}$	Отклонение $\tau/q \cdot 10^4$, с·м ² /м ³	Постоянная $M \cdot 10^6$	Постоянная $N \cdot 10^4$
1	60	43	43	1,40	3,26	6,28
2	180	80	80	2,25	3,49	4,87
3	360	116	116	3,10	3,83	3,22
4	540	141	141	3,83	4,07	1,92
5	720	165	165	4,36	4,71	-0,11
6	900	185	185	4,86	5,60	-2,70
7	1080	200	200	5,40	6,46	-5,26
8	1260	218	218	5,78	11,06	
9	1800	235	235	7,66		

Зневоднення та сушіння. Водно-шламове господарство

– удельная производительность фильтр-пресса

$$Q_{yg} = \frac{60 \cdot P_{Tb}^{15}}{(t_{cp} + 30) \cdot S},$$

30 – это время вспомогательных операций для фильтр-прессов, мин

– масса твердой фазы осадка толщиной $h = 15$ мм.

$$P_{mg}^{15} = P_{o.c.} \frac{15}{h} = 168 \cdot 10^{-3} \frac{15}{15} = 168 \cdot 10^{-3};$$

$$Q_{y\partial} = \frac{60 \cdot 168 \cdot 10^{-3}}{(57,1 + 30) \cdot 10^{-2}} = 11,57, \text{ кг/м}^2 \cdot \text{ч};$$

– полная производительность фильтр-пресса при помощи фильтрации 600 м^2

$$Q_{об} = 11,57 \cdot 600 = 6,9, \text{ т/ч}$$

В таблице 2 приведены данные по расчету производительности фильтр-прессов при обезвоживании отходов флотации ряда углебогатительных фабрик.

Таблица 2

Расчетные технологические параметры работы фильтр-прессов на отходах флотации

Название фабрик	Марка	Зольность, %	Концентрация, г/л	Расчетное время фильтрации, мин.	Влажность, %	Производительность фильтр-прессов	
						Удельная, кг/м ² ч	Полная, т/ч
"Павлоградская"	Г	69,3	380	50	27,2	13,2	7,6
"Октябрьская"	Г	68,6	350	60	28,3	11,7	6,7
"Селидовская"	ДГ	83,2	370	163	28,0	5,9	3,6
"Украина"	Д	64,7	450	56	27,3	11,7	6,7
"Узловская"	К	78,3	355	96	28,6	8,0	4,6
"Калининская"	ОС	70,8	380	73	23,4	11,1	6,4
"Комендантская"	А	80,5	360	99	23,9	8,9	5,1
"Белореченская"	Г	82,2	380	152	30,0	5,1	2,9
"Кураховская"	Д	59,0	450	26	26,0	11,7	6,7
"Пролетарская"	К	66,0	330	198	32	3,8	2,2
"Киевская"	Ж	80,0	400	110-130	27-29	6,6	3,8
"Свердловская"	А	65,0	380	132	27,5	6,3	3,8
"Червоноградская"	Г, ГЖ	67,0	500	40	25	13	7,8

Среди исследованных отходов лучшей фильтруемостью под давлением обладают отходы флотации (илы) пяти фабрик Донбасса: "Павлоградская", "Октябрьская", "Украина", "Калининская", "Кураховская" (удельная производительность при фильтрации составляет 11-13 кг/м²ч.

Проведенные исследования свидетельствуют о том, что внедрение новой

Зневоднення та сушіння. Водно-шламове господарство

технологии обезвоживания отходов с применением крупногабаритных фильтр-прессов являются наиболее рентабельными в условиях этих фабрик.

Окончательный выбор метода обработки отходов флотации (илов) по старой (илонакопители) или новой (фильтр-прессы) технологии должен осуществляться с учетом местных условий: наличия свободных площадей для строительства илонакопителей, а так же затраты на строительство и эксплуатацию, наличия свободных производственных площадей для размещения фильтр-прессов и вспомогательного оборудования, ожидаемые расходы на вывозку обезвоженных продуктов флотации (илов), возможную компенсацию расходов при реализации отходов и др.

Выводы

Затруднения со складированием тонкодисперсных отходов углеобогащения в илонакопителях (из-за прекращения выделения земли под их строительство) предопределяет необходимость применения фильтр-прессового оборудования для замыкания водно-шламовой схемы внутри фабрики и передачи обезвоженных отходов для складирования в породные отвалы. Определение фронта фильтрования должно осуществляться на основе определения параметров фильтруемости угольных суспензий в лабораторных условиях по предлагаемым апробированным методикам.

Список литературы

1. Правила перевозок смерзающихся грузов на железнодорожном транспорте. Утверждено приказом МПС России от 05.04.1999 № 20Ц
2. Кирнарский А. С. Обоснование граничных примеров крупности в условиях МВС-процесса // Сб. науч. тр. НГА Украины. – 1998. – 3, Т 4. – С. 116-120.
3. Определение граничных размеров крупности при обогащении угля различными методами / Н.А. Самылин, В.В. Починок, И.Т. Ярмутин и др. // Обогащение и брикетирование угля. – 1973. – № 11. – С. 6-7.
4. Полулях А.Д. Обезвоживание отходов флотации на фильтр-прессах // Збагачення корисних копалин: Наук.-техн. зб. – 2011. – Вип. 47(88). – С. 151-156.
5. Мамренко В.Г., Слабоспицкий Е.П. Технология обезвоживания шлама на ленточном фильтр-прессе "Парнаби" // Збагачення корисних копалин: Наук.-техн. зб. – 2001. – Вип. 13(54). – С. 70-74.
6. Папушин Ю.Л. Особенности флотации и обезвоживания тонкодисперсных угесодержащих материалов. – Донецк: Норд-пресс, 2002. – 266 с.

© Полулях А.Д., Полулях О.В., Иванченко А.Н., Максаев Д.А.,
Марениченко С.В., Ковтун А.В., 2014

*Надійшла до редколегії 05.09.2014 р.
Рекомендовано до публікації д.т.н І.К. Младецьким*