

А.С. КИРНАРСКИЙ, д-р техн. наук
(Германия, "Инжиниринг Доберсек ГмбХ"),

А.И. ЧУБЕНКО
(Россия, Прокопьевск, ОАО "СибНИИуглеобогащение")

ОБОСНОВАНИЕ РАЦИОНАЛЬНОГО РЕЖИМА ОБЕЗВОЖИВАНИЯ УГОЛЬНЫХ ШЛАМОВ

Традиционная схема обезвоживания жидких шламовых отходов при обогащении угля включает их сгущение с последующим обезвоживанием сгущенного продукта в камерных пресс-фильтрах. Содержание твердого в питании последних оказывает двойное действие. Во-первых, чем больше плотность питания, тем быстрее заполняются камеры и, как следствие, меньше продолжительность рабочего цикла и больше производительность. Во-вторых, с повышением содержания твердого снижается сопротивление осадка из-за уменьшения его расслоения по крупности. Суспензию с содержанием твердого менее 300-350 г/л вообще не рекомендуется подавать на пресс-фильтр, так как это вызывает резкое снижение его производительности и делает его использование нерентабельным. Снижение удельной производительности до 10 кг/(м²·ч) приводит к незначительному повышению капитальных и эксплуатационных затрат, экспоненциальный рост последних имеет место при дальнейшем снижении производительности аппарата. При удельной нагрузке менее 5 кг/(м²·ч) установка пресс-фильтров вообще нецелесообразна [1]. Одним из действенных регуляторов, обеспечивающим сокращение цикла фильтрования и повышение пропускной способности пресс-фильтров, есть предварительное сгущение исходной суспензии до 450-600 г/л, поэтому представляет интерес установить технологические условия достижения такого уплотнения суспензии, что стало предметом данной статьи.

Объектом исследования служили угольные шламы коксующейся группы углей Эльгинского месторождения, гранулометрический состав двух представительных проб которого представлен в таблице 1.

Таблица 1

Класс крупности, мм	Выход классов по пробам, %	
	Проба 1	Проба 2
0,05-0,16	52,9	14,3
0,00-0,05	47,1	85,7
Итого	100,0	100,0

Из указанных проб угольного шлама готовилась суспензия при содержании твердого 25 и 50 г/л, осветление которой наблюдали по стандартной методике Коу-Клевенджера в стеклянных мерных цилиндрах при добавлении высокомолекулярного анионактивного флокулянта "Суперфлок А 100", удельный расход которого составлял соответственно 10, 20, 30, 40 и 50 г/т, при этом

Зневоднення та сушіння. Водно-шламове господарство

определяли скорость осаждения частиц и содержание твердого в продуктах разделения после установления в течение одного часа четкой границы раздела между осветленным слоем и слоем осажденного угольного шлама. Результаты лабораторных исследований сведены в таблицу 2.

Таблица 2

Содержание твердого в исходной суспензии, г/л	Расход флокулянта, г/т	Скорость осаждения, м/с	Содержание твердого, г/л	
			осветленный слой	сгущенный продукт
Проба № 1 (47,1% кл. -0,05 мм)				
25	10	0,0083	2,86	854
25	20	0,010	1,24	626
25	30	0,011	1,20	596
25	40	0,012	1,17	539
25	50	0,014	1,18	542
50	10	0,0061	2,24	705
50	20	0,0067	1,23	698
50	30	0,0072	0,82	684
50	40	0,0077	0,73	725
50	50	0,0083	0,64	650
Проба № 2 (85,7% кл. -0,05 мм)				
25	10	0,010	0,97	523
25	20	0,013	0,85	526
25	30	0,014	0,90	483
25	40	0,017	1,12	479
25	50	0,020	1,07	461
50	10	0,0070	0,66	617
50	20	0,0077	0,49	576
50	30	0,0083	0,56	603
50	40	0,010	0,57	575
50	50	0,014	0,85	647

Результаты лабораторных исследований однозначно свидетельствуют об увеличении скорости осаждения твердой фазы с повышением удельного расхода флокулянта и разбавлении питания. Так, в первой серии опытов на пробе №1 при содержании твердого в исходной суспензии 25 г/л и при увеличении расхода флокулянта с 10 до 50 г/т скорость осаждения возрастает с 0,0083 до 0,014 м/с, а при более плотном питании – с 0,0061 до 0,0083 м/с при том же расходе флокулянта.

Аналогично протекает процесс сгущения во второй серии опытов на пробе №2. При увеличении расхода реагента с 10 до 50 г/т скорость осаждения удваивается как в разбавленной, так и в более плотной среде.

Одновременно наблюдается некоторое ухудшение чистоты осветленного слоя, что можно объяснить повышенной дисперсностью частиц твердой фазы (85,7 % кл. -0,05 мм). В первом случае дисперсность частицы вдвое меньше (47,1 % кл. -0,05 мм), поэтому при разбавленном питании (25 г/л) содержание

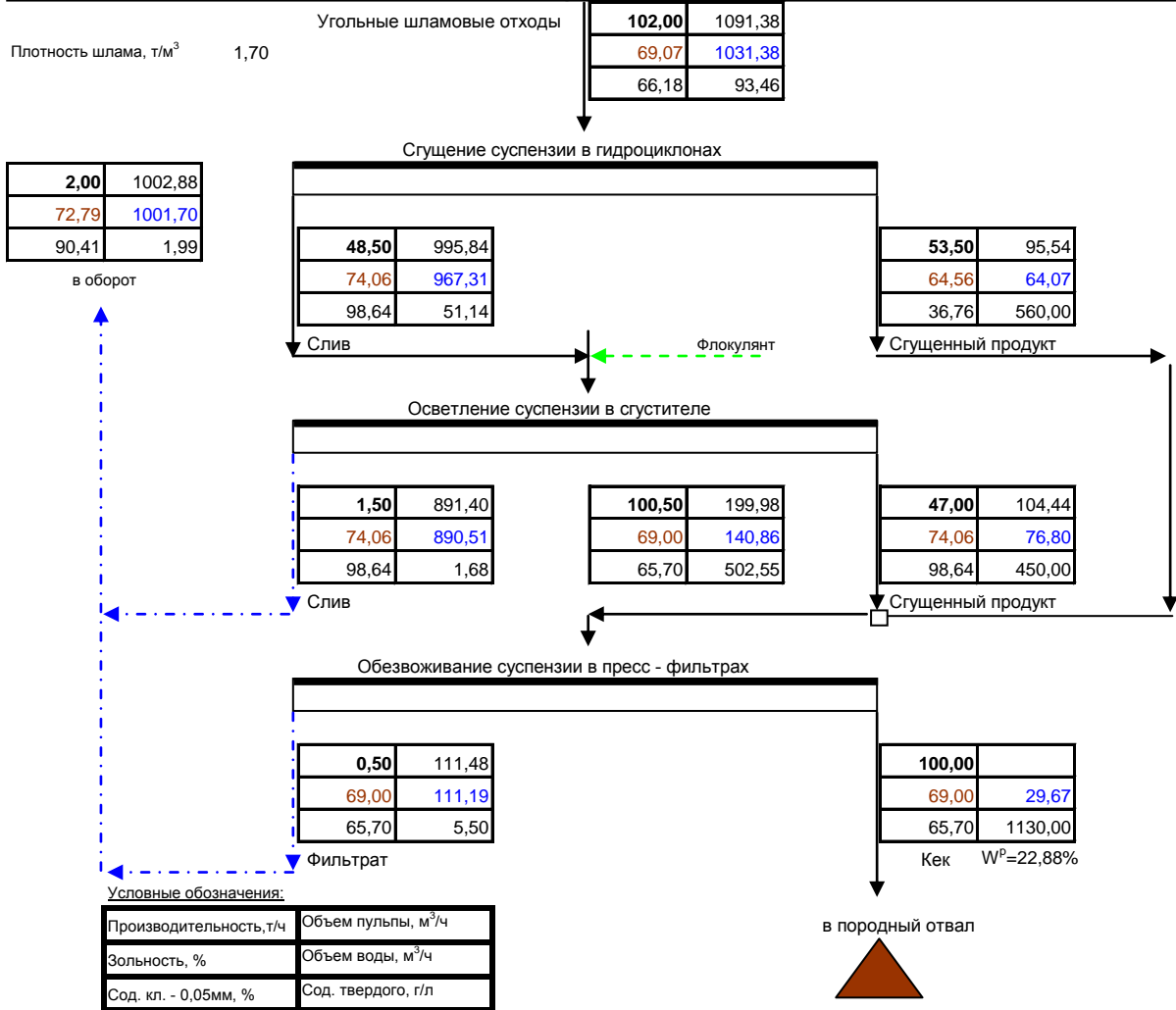
Зневоднення та сушіння. Водно-шламове господарство

твердого в освітленому шарі зменшується з 2,86 до 1,18 г/л, а на більшій щільності харчування (50 г/л) – з 2,24 до 0,64 г/л.

Таким чином, витрата флокулянта дозволяє значно інтенсифікувати процес освітлення угольної суспензії. Що стосується накоплення твердого осаду, то дані таблиці 2 показують зменшення вмісту твердого в стисненому продукті за умови збільшення швидкості осадження при зростаючій витраті флокулянта. Максимальна швидкість стиснення, рівна 0,02 м/с, досягнута при обробці розбавленої угольної суспензії, дисперсна фаза якої представлена більш тонким угольним шламом. В той же час, незважаючи на таку високу швидкість осадження вміст твердого в стисненому продукті становить лише 461 г/л. Максимальне ущільнення суспензії (854 г/л) спостерігається при значно нижчій швидкості осадження (0,0083 м/с), мінімальній витраті флокулянта (10 г/т) і зменшеній дисперсності твердої фази (47,1% кл. -0,05 мм). Таке явище можна пояснити тим, що частинки більшої крупності краще укладаються в флокулах порівняно з високодисперсними частинками, а надлишок флокулянта ускладнює витіснення залишкової вологи з сфлукуюваних агрегатів.

Основною причиною такого протиріччя, коли чистота сливу знаходиться в оберненій залежності від ступеня стиснення, як це спостерігається в першій серії експериментів, є те, що тут поєднуються два технологічні процеси – освітлення і стиснення, які згідно з принципом однофункціональності краще виконувати окремо, наприклад, спочатку стиснення – освітлення, при цьому перша стадія реалізується в автоматизованій гідроциклонній установці "Conticlass[®]", а друга – в радіальних стиснувачах [2]. Збільшений вміст твердого в вихідній суспензії пояснюється наявністю в її складі відходів мокрої винтової сепарації, які відрізняються значним вмістом твердого (400-500 г/л). На першій стадії має місце максимальне ущільнення вихідної суспензії до 500-600 г/л в стисненому продукті і розбавлення сливу до вмісту твердого менше 52 г/л. Слив гідроциклонної установки направляється в високоскоростний стиснувач, в якому суспензія освітлюється до 2 г/л, а стиснений продукт ущільнюється до 450 г/л. Зазначене покажемо на чисельному прикладі (рисунок).

Зневоднення та сушіння. Водно-шламове господарство



Двухстадиальная схема сгущения шламовых отходов углеобогащения

Из рисунка видно, что нагрузка на сгуститель по твердому за счет предварительного сгущения суспензии в гидроциклонах сокращается вдвое. Требуемая удельная площадь осветления определяется по уточненной формуле Коу-Клевенджера [3, 4]

$$S_o = \frac{(R_1 - R_2) \cdot Q}{k \cdot \left(\frac{v_{oc}}{\varphi} \right) \cdot \rho}, \text{ м}^2,$$

где S_o – площадь осаждения, м²; R_1 – отношение Ж : Т (жидкость : твердое) в исходном продукте, 19,94; R_2 – отношение Ж : Т в сгущенном продукте, 1,63; Q – производительность, 48,5 т/ч; v_{oc} – скорость осаждения твердых частиц при оптимальном разбавлении исходной суспензии, 22 м/ч; ρ – плотность пульпы, 1,04 т/м³; φ – коэффициент технологического запаса, 5; k – отношение эффективно используемой поверхности осаждения к общей площади поверхности осаждения сгустителя, который принимается 0,75. В этом случае искомая площадь равна

Зневоднення та сушіння. Водно-шламове господарство

$$S_o = \frac{(R_1 - R_2) \cdot Q}{k \cdot \left(\frac{v_{oc}}{\varphi}\right) \cdot \rho} = \frac{(19,94 - 1,63) \cdot 48,5}{0,75 \cdot \left(\frac{22}{5}\right) \cdot 1,04} = \frac{1000}{3,43} = 258,75, \text{ м}^2.$$

Тогда к установке назначаем высокоскоростной сгуститель диаметром 18 м.

Без применения гидроциклонов капитальные и эксплуатационные затраты возрастают из-за установки двух сгустителей указанного диаметра и двойного расхода флокулянта на осаждение твердой фазы суспензии. В то же время, при подаче всего объема пульпы (1091,38 м³/ч) на гидроциклонную установку следует считаться со значительными затратами электроэнергии, которые в удельном выражении составляют 0,2 кВт/м³. Этот недостаток может быть устранен при самотечном питании гидроциклонов, для чего достаточно иметь перепад высот на уровне 9-10 м. Принципиально возможен вариант в обратной последовательности: осветление – сгущение. В этом случае вся суспензия обрабатывается в сгустителях с получением осветленного слива, направляемого в оборот, и сгущенного продукта, который дополнительно уплотняется в гидроциклонах и окончательно обезвоживается на камерном пресс-фильтре. Технологический недостаток данного решения – циркуляция слива гидроциклонной установки.

Список літератури

1. Бутовецкий В.С. Охрана природы при обогащении углей: Справочное пособие. – М.: Недра, 1991. – 231 с.
2. Кирнарский А.С. Принцип однофункциональности разделительных процессов при обогащении каменного угля // Уголь. – 2012. – № 5. – С. 92-94.
3. Coe H.S., Clevenger G.H. Methods for determining the capacities of slime-settling tanks // Transactions American Institute of Mining Engineers. – USA, 1916. – Vol. 55, – P. 356-384.
4. Кирнарский А.С. Определение площади осаждения сгустителей // Уголь Украины. – 2013. – № 1. – С. 40-41.

© Кирнарский А.С., Чубенко А.И., 2013

*Надійшла до редколегії 15.04.2013 р.
Рекомендовано до публікації д.т.н. П.І. Піловим*