

Л.А. МОРОЗОВА, канд. техн. наук
(Україна, Луганськ, ГП "УКРНИИУГЛЕОБОГАЩЕНИЕ"),

А.В. БОЯРЕНКО
(Україна, Бєлицьке, ПАО "ДТЭК Октябрьская ЦОФ"),

А.Г. РЕЗНИЧЕНКО
(Україна, Добропіль, ПАО "ДТЭК Добропольская ЦОФ"),

И.А. ЗАГНИЙ
(Україна, Молодогвардійськ, ГОФ "Самсоновская" ПАО "Краснодонуголь")

ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ПРИМЕНЕНИЮ ФЛОКУЛЯНТОВ ДЛЯ ИНТЕНСИФИКАЦИИ РАБОТЫ СГУСТИТЕЛЬНОГО И ОБЕЗВОЖИВАЮЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. Анализ работы углеобогащительных фабрик показывает, что наибольшие технологические потери горючей массы с отходами образуются при снижении эффективности работы основного оборудования, предназначенного для осветления шламовых вод, что приводит к увеличению содержания твердого в оборотной воде, сбросу шлама и интенсивному заполнению шламовых отстойников или илонакопителей.

Кроме того, одной из особенно острых труднорешаемых до настоящего времени проблем обогащения угля является обезвоживание флотоконцентрата и тонких шламов. Жесткие нормы по влажности вынуждают уделять вопросам обезвоживания флотоконцентрата особое внимание.

Одним из способов интенсификации работы сгустительного и обезвоживающего оборудования (радиальные сгустители, ленточные фильтр-пресса, дисковые вакуум-фильтры) является обработка шламовых продуктов флокулянтами. Применение флокулянтов приводит к увеличению производительности сгустительного оборудования и вакуум-фильтров, влажность осадка при этом может изменяться как в ту, так и другую сторону в зависимости от вида флокулянта.

Поэтому, практическую ценность представляет собой подбор оптимальных синтетических флокулянтов и режимов обработки для сгущения и осаждения шламовых продуктов с высоким (более 60 г/л) содержанием твердого, а также катионных флокулянтов для флокулирования и обезвоживания флотоконцентрата с повышенным содержанием тонких угольных частиц.

Анализ исследований и публикаций. В последнее время на Украинском рынке появилось много различных флокулянтов широкого спектра действия: анионактивные, катионактивные, неионогенные; с высокой, очень высокой, средней и низкой молекулярной массой; с очень высоким, высоким, средним, низким и очень низким зарядом.

При этом известно [1, 2], что с увеличением молекулярной массы флокулирующая способность флокулянтов возрастает, что позволяет снизить расход

Зневоднення та сушіння. Водно-шламове господарство

полимера. Вместе с тем, по мере возрастания размеров макромолекул усиливаются стерические явления и затрудняется подход частиц с адсорбированными макромолекулами к свободной поверхности других частиц. Совместное действие обоих факторов приводит к тому, что наиболее эффективная флокуляция и максимальный размер хлопьев должны наблюдаться при определенном размере макромолекул, точнее – определенном соотношении между размером угольных частиц и макромолекул полимера.

Кроме того, значительную роль во флокулирующей способности полимерного флокулянта играет степень его заряда. Положительно заряженные коагулянты нейтрализуют отрицательный заряд, окружающий твердые частицы. Когда заряд вокруг каждой частицы нейтрализован, они постепенно сближаются, уменьшая свой эффективный радиус, становятся в конце концов неустойчивыми и могут сталкиваться друг с другом [3]. При столкновении частицы соединяются друг с другом, образуя большие хлопья.

Наиболее распространены в промышленности для осаждения отходов флотации флокулянты серии Magnafloc (производства швейцарской фирмы Ciba Specialty Chemicals), которые изготавливают на основе полиакриламида.

На многих крупных обогатительных фабриках, таких как АКХЗ, Свято-Варваринская, Чумаковская, Пролетарская, Дзержинская и УПЦ Авдеевского КХЗ, флокулянты Magnafloc эффективно применяются для осаждения высокозольных частиц отходов флотации с содержанием твердого от 20 до 50 г/л [4]. Добавляются флокулянты в разбавленном до 0,025% виде, расход их при этом в основном не превышает 50 г/т. Однако, при высоком содержании твердого в осаждаемом продукте и более низкой зольности флокулянты Magnafloc менее работоспособны, в связи с чем возникает необходимость в подборе более эффективного флокулянта и оптимального режима его подачи.

Постановка задачи. Целью данной работы является определение марки и расхода флокулянта для интенсификации процессов сгущения и обезвоживания шламовых продуктов при различном содержании твердого и количестве тонких классов менее 0,063 мм в них.

Изложение материала и результаты. Для исследования были выбраны флокулянты серии Besfloc, Оптифлок и Флопам с различной степенью ионного заряда и различной молекулярной массой:

– анионные флокулянты: Magnafloc №156, 345, 356, 934, 5250, Экофлок А-19, Оптифлок А-110, Бесфлок К4045, К 4046, К 4043 и К4034, флопам 945; флопам 934;

– катионные флокулянты: Besfloc К6630, 6632, 6641, 6728, К6741, 6841, а также MAGNAFLOC 525, 356, 945, 525, 345.

Интенсификация сгущения шламов. Исследования флокулируемости и сравнение эффективности различных флокулянтов в первую очередь были проведены на высокозольных шламовых продуктах марки К (зольность 72%) с низким содержанием твердого (30г/л).

В таблице 1 приведены результаты флокулируемости отходов флотации из углей марки "К" в зависимости от класса крупности флотированного угля.

Зневоднення та сушіння. Водно-шламове господарство

Как видно из таблицы, при увеличении крупности флокулируемых частиц и снижении содержания тонкого материала крупностью менее 40 микрон в исходном шламе, скорость осаждения отходов флотации увеличивается, а оптимальный расход флокулянта снижается. Наибольшую эффективность для флокуляции тонкодисперсного шлама проявляет флокулянт BESFLOC K4045 и BESFLOC K4046. При снижении содержания тонкодисперсных частиц на второе место выходит флокулянт Магнафлок 156. То есть, чем выше содержание тонкодисперсных шламов в питании сгустителей, тем более эффективным должен быть флокулянт (с высоким молекулярным весом и высоким зарядом) и тем больше должен быть его расход.

Таблица 1

№ п/п	Наименование флокулянта	Расход флокулянта, г/т	Скорость осаждения, м/ч		Относительное увеличение скорости осаждения, раз	
			начальная	средняя	начальной	средней
Уголь класса 0 -0,04 мм						
1	Без добавления флокулянта	0	0,13	0,10	-	-
2	Магнафлок 156	40	8,54	7,36	65,7	73,6
		50	10,64	8,79	81,8	87,9
3	BESFLOC K4045	40	10,17	8,20	78,2	82,0
		50	12,96	10,52	99,7	105,2
4	BESFLOC K4046	40	9,36	7,65	72,0	76,5
		50	11,52	10,02	95,2	100,0
5	Оптифлок А-110	40	5,84	5,10	44,9	51,0
		50	9,19	7,86	70,7	78,6
Уголь класса 0-0,2 мм (в т.ч. класс 0-0,04 мм – 39,84%)						
6	Без добавления флокулянта	0	0,14	0,13	-	-
7	BESFLOC K4045	20	15,43	12,7	111,8	99,2
		25	18,0	15,59	130,4	121,8
8	Магнафлок 156	20	12,50	10,14	89,3	79,22
		25	16,62	13,62	120,4	106,4
9	BESFLOC K4046	20	11,19	10,09	79,9	77,6
		25	14,82	13,01	107,4	101,6
10	Оптифлок А-110	20	2,98	2,83	21,6	22,1
		25	6,59	5,65	47,7	44,1
Уголь класса 0-0,2 мм (в т.ч. класс 0-0,04 мм – 18,51%)						
6	Без добавления флокулянта	0	0,21	0,18	-	-
7	Магнафлок 156	15	9,86	9,59	46,9	53,3
		20	13,32	12,80	63,4	71,1
8	BESFLOC K4045	15	12,1	11,89	57,6	66,1
		20	16,7	15,43	79,5	85,7
9	BESFLOC K4046	15	6,51	5,98	31,0	33,2
		20	8,85	8,23	42,1	45,7
10	Оптифлок А-110	15	4,01	3,79	19,1	21,0

Зневоднення та сушіння. Водно-шламове господарство

В подальшому були досліджені рідкі шламові продукти марки Г зольністю 69% з високим вмістом твердого (100 г/л) і тонкодисперсних частинок (79%).

На рис. 1 показані результати досліджень по осадженню шламових частинок харчування радіальних сгустителів марки Г з використанням різних флокулянтів.

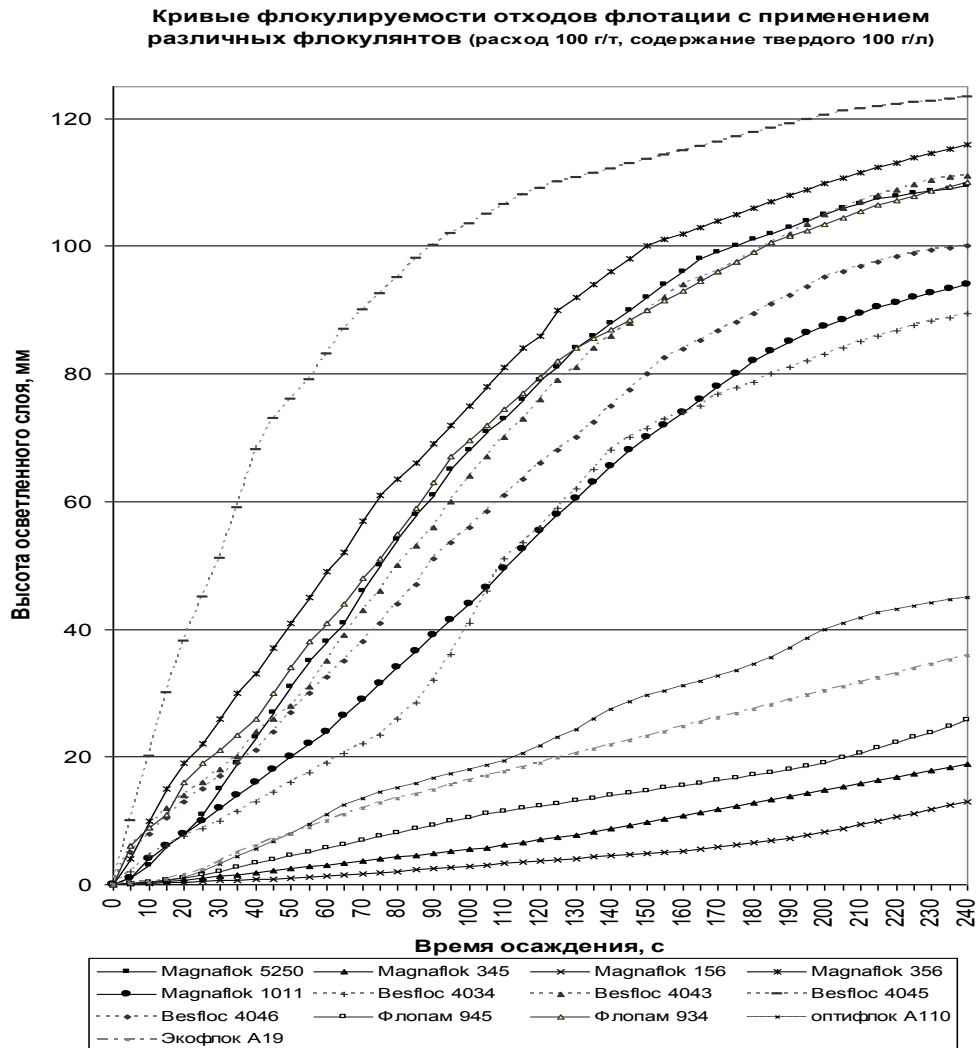


Рис. 1. Результати досліджень по осадженню шламових частинок харчування радіальних сгустителів марки Г з використанням різних флокулянтів

Більш ефективною для флокуляції відходів флотації (харчування радіальних сгустителів) і осадження твердих частинок є застосування аніоноактивного флокулянта Besfloc К 4045 і Magnafloc 356. Так, при вмісті твердого в відходах флотації 100 г/л, швидкість осадження твердих частинок в результаті обробки їх флокулянтами Besfloc К 4045 і Magnafloc 356 в кількості 100 г/т досягає 6 і 3 м/ч, що є прийнятним для застосування їх як флокулянтів.

При зменшенні вмісту твердого в харчуванні радіальних сгустителів шляхом розбавлення його водою до 60 г/л (рекомендується для ефективного осад-

Зневоднення та сушіння. Водно-шламове господарство

дення шламових продуктів, согласно літературних даних і результатів предыдущих досліджень) початкова швидкість осадження твердих частинок без флокулянтів збільшується ~ в 2 рази і становить 0,098 м/ч.

Ефективність дії флокулянта при цьому значно зростає і витрата його зменшується (на 25%). Крім того, найбільшу ефективність проявляє Magnafloc 156, а флокулянт Besfloc 4045 по швидкості осадження твердих частинок переходить на друге місце. Флокулянти Оптифлок і Екофлок для углей марки К і Г Добропольського району не прийнятні, т.к. швидкість осадження частинок значно менше 5 м/ч.

Для осадження шламових частинок в рідких сбросах марки ДГ (зольністю 67,4% з вмістом твердого 75 г/л і тонкодисперсних частинок 82,5%) були досліджені флокулянти Magnafloc 156, Besfloc 4046 і Оптифлок А-110 в кількості 30 і 60 г/т. (таблиця 2). Найбільш ефективним виявився Оптифлок А-110, хоча швидкість осадження недостатня, а для збільшення швидкості осадження частинок необхідно розбавлення рідких шламов перед флокуляцією до 50-60 г/л.

Таблиця 2

№ п/п	Найменування флокулянта	Витрата флокулянта, г/т	Швидкість осадження, м/ч		Відносне збільшення швидкості осадження, раз	
			початкова	середня	початкової	середньої
1	Без додавання флокулянта	0	0,11	0,10	–	–
2	Оптифлок А-110	30	0,62	0,58	5,64	5,80
		60	2,95	2,63	26,82	26,30
3	BESFLOC K4046	30	0,39	0,32	3,55	3,20
		60	2,36	2,03	21,45	20,30
4	Магнафлок 156	30	0,94	0,76	8,55	7,60
		60	1,74	1,34	15,82	13,40

Інтенсифікація обезвоживання флотоконцентрата. Відомо, що для нормальної роботи вакуум-фільтрів вміст частинок класу менше 0,063 мм не повинен перевищувати 20-40%, так як вододерживаюча здатність матеріалу зростає з зменшенням його розміру. Оптимальний діапазон розміру частинок для ефективного фільтрування флотоконцентрата повинен становити 200-300 мкм [5-7].

Однак, в останнє час на багатьох обогатительних фабриках склалася тенденція зменшення розміру частинки флотації, в зв'язі з чим значно збільшилося вміст тонких класів розміру в флотоконцентраті. Так, вміст тонких частинок розміру менше 0,063 мм в питанні вакуум-фільтрів ЦОФ "Добропольська" становить 71,2%, на ЦОФ "Октябрьська" – 89,6%, ГОФ "Самсоновська" – 47,5%, ЦОФ "Дуванська" – 41,8%, ЦОФ "Дзержинська" – 56,8%, ЦОФ "Свято-Варваринська" – 75,8% (на сливній флотації), 25,9% (на піщовій флотації).

В зв'язі з цим, технологія обезвоживання тонкодисперсних частинок фло-

Зневоднення та сушіння. Водно-шламове господарство

тационного концентрата и шламов, которые после обогащения остаются в виде относительно устойчивой пульпы с содержанием твердого 100-200 г/литр, наиболее сложная.

Одним из способов интенсификации работы дисковых вакуум-фильтров является введение флокулянтов в питание вакуум-фильтров, что приводит к увеличению производительности вакуум-фильтров. Влажность осадка при этом может изменяться как в ту, так и другую сторону в зависимости от вида флокулянта.

Влияние тонкодисперсных частиц на процесс обезвоживания флотоконцентрата неоспоримо доказано на примере углей марки К различного класса крупности и приведено в таблице 3.

Таблиця 3

Класс крупности, исходного угля, мм	Характеристика осадка				Содержание твердого, г/л		Удельная нагрузка, т/ч*м ²	Расчетная производительность в/ф, т/ч
	Выход, %	Зольность, %	Влажность, %	Толщина слоя на фильтровальном элементе, мм	во флотоконцентрате	в фильтрате		
0-0,04	19,4	10,6	35,3	2,2	97	40	0,090	8,6
0,04-0,2	97,5	9,1	22,7	20,0	235	3	0,579	55,6
0-0,2 (содержание класса 0-0,04 мм составляет 18,5%)	66,5	9,9	25,0	4,8	137	36	0,163	15,6
0-0,2 (содержание класса 0-0,04 мм составляет 40%)	49,1	10,0	28,4	4,3	220	56	0,176	16,9

Из таблицы видно, что обезиленный продукт обезвоживается отлично (толщина слоя на лабораторном фильтре 20 мм, а влажность составляет 22%, но при добавлении даже 18,5% тонкодисперсного материала толщина слоя снижается в 4 раза, а влажность возрастает. О хорошей фильтруемости обезилинного продукта свидетельствует также малое содержание твердого в фильтрате – 3 г/л.

Для определения эффективности флокулянтов при обезвоживании флотоконцентрата марки Г (содержание тонкодисперсных угольных частиц крупностью 0-0,063 мм – 65%) были исследованы флокулянты серии Магнафлок. Более эффективным оказался Магнафлок 5250 и 356. Толщина кека на фильтровальном элементе возросла в 3 раза и производительность фильтра увеличилась

Зневоднення та сушіння. Водно-шламове господарство

почти в 3 раза. Однако влажность кека так же увеличилась (на 1-1,5%).

Для определения эффективности флокулянтов при обезвоживании флотоконцентрата марки Ж были исследованы все катионактивные флокулянты BESFLOC по сравнению с флокулянтом Магнафлок при содержании тонких классов в концентрате несколько выше 40% (Таблица 4).

Наиболее эффективными проявили себя BRENNTAFLOР А 3345, BESFLOC марки K6630 и BESFLOC K6632 в количестве 50 г/т.

Таблица 4

№ п/п	Наименование флокулянта	Кек			Фильтрат	Удельная нагрузка, кг/ч*м ²	Расчетная производительность в/ф, т/ч
		выход, %	влага, %	толщина осадка, мм	содержание твердого, г/л		
1	Без флокулянта	83,8	34,4	5,6	32	128,24	10,3
2	BESFLOC K6630	94,2	32,4	13,9	10	318,31	25,5
3	BESFLOC K6632	94,1	31,0	13,7	10	313,73	25,1
4	BESFLOC K6641	96,4	33,6	12,3	7,3	281,67	22,5
5	BESFLOC K6728	95,6	32,7	13,0	7,0	283,96	22,7
6	BESFLOC K6741	93,4	30,6	11,3	13,2	258,77	20,7
7	BESFLOC K6841	92,5	31,9	8,6	15	196,94	15,7
8	MAGNAFLOC525	92,0	31,6	8,8	16	201,52	16,1
9	BRENNTAFLOР А 3345	94,1	31,9	15,6	11	357,24	28,7

При этом толщина осадка на фильтровальном элементе достигает 13,7-15,6 мм и влажность кека не увеличивается, а даже несколько снижается.

Обезвоживание частиц флотоконцентрата из углей марки Г Добропольского района при содержании тонких классов 0-0,063 мм более 50% позволяет получить осадок на фильтре толщиной не более 2,5 мм (таблица 5).

Таблица 5

№ п/п	Наименование флокулянта	Кек			Фильтрат	Удельная нагрузка, кг/ч*м ²	Расчетная производительность в/ф, т/ч
		Выход, %	Влажность, %	Толщина осадка на фильтре, мм	Содержание твердого, г/л		
Содержание твердого в питании – 200 г/л							
1	–	73,5	34,5	2,2	15	50,4	4,0
2	BESFLOC K6630	83,9	31,9	4,2	10	96,2	7,7
3	BESFLOC K6632	93,4	32,3	7,8	4	178,6	14,3

Обработка флотоконцентрата катионактивным флокулянтом BESFLOC K6632 в количестве 100 г на тонну твердого в пенном продукте позволяет значительно увеличить расчетную производительность до 14,3 т/ч, что соответствует номинальной производительности вакуум-фильтров "Украина-80".

Зневоднення та сушіння. Водно-шламове господарство

Результати лабораторних досліджень послужили основою для проведення промислових випробувань по інтенсифікації роботи обезвожуючого обладнання в умовах ГОФ "Самсоновська" ПАО "Краснодонуголь" (марка Ж) і ОАО "ЦОФ Добропольська" ЦОФ (марка Г).

Використання флокулянта BRENNTAFLOP A 3345 в кількості 35 г/т в якості інтенсифікатора обезвоживання флоконцентрата з вугілля марки Ж (вміст тонких частинок < 0,063 мм – 48%) дозволило збільшити продуктивність дискових вакуум фільтрів в 1,7 – 2,3 рази при одночасному зниженні вологості кека на 0,6 %. Вміст твердого в фільтраті знизився при цьому з 115 г/л до 40 г/л, що свідчить про збільшення уловлювання тонкозернистого шламу в товарний продукт фабрики.

Для інтенсифікації роботи вакуум фільтрів "Україна-80" на ЦОФ "Добропольська" при обезвоживанні флоконцентрата з вугілля марки Г (вміст тонких частинок менше 0,063 мм до 72%), проведені випробування флокулянтів Оптифлок А 150, Brenntaflor А 3345 і Besfloc К 6630. Найбільшу ефективність при цьому проявив флокулянт Оптифлок А 150. Використання його для обробки пенного продукту в кількості 1,8 кг/ч дозволило збільшити товщину осаду на фільтрі в 2-3 рази.

Висновки

При виборі синтетических флокулянтів і режимів флокуляції шламу для інтенсифікації роботи сгустительного і обезвожуючого обладнання необхідно враховувати наступні фактори:

- вміст твердого в вихідних продуктах;
- кількість тонких класів менше 0,063 мм в продуктах, підлягаючому обезвоживанню;
- марочну належність шламу;
- зольність вихідного продукту.

Застосування флокулянтів оптимального складу в установленних кількостях в промислових умовах дозволяє інтенсифікувати процеси згущення шламових продуктів і обезвоживання флоконцентрата з збільшенням продуктивності обладнання.

Список літератури

1. Технологічно-екологічний інжиніринг при збагаченні корисних копалин: навч. посібник / А.Д. Полулях, П.І. Пілов, А.І. Егурнов, Д.А. Полулях. -Д.:Національний горний університет, 2012. – 713 с.
2. Справочник по збагаченню вугілля. Під ред. І.С. Благова, А.М. Коткіна, Л.С. Зарубина. 2-е изд. – М, Недра, 1984 г. – 614 с.
3. Герасимова Е.В., Горловський С.І. Застосування флокулянтів на збагачувальних фабриках /В кн. "Застосування полімерів в вугільній промисловості".-М.:ЦНИТЭИ.-1963.- с.25-60.
4. Технологічні регламенти вуглеобогачувальних фабрик: Справочно-інформаційне посібник /А.Д. Полулях. – Д.:Національний горний університет, 2002. – 755 с.
5. Пігоров Г.С. Мучник Э.І. Беккер Е.Я. О фільтруємості флотационного концентрата і відходів флотации – Кокс і Хімія, 1977, № 12, с. 9 – 11.

Збагачення корисних копалин, 2013. – Вип. 53(94)

Зневоднення та сушіння. Водно-шламове господарство

6. Бейлин М.И. Теоретические основы процессов обезвоживания углей М.: Недра, 1969, с. 240.

7. О вакуумном фильтровании угольного флотационного концентрата. М.А. Борц, М.В. Петренко – Уголь, 1982, № 3, с. 54 – 59.

© Морозова Л.А., Бояренко А.В., Резниченко А.Г., Загний И.А., 2013

*Надійшла до редколегії 24.03.2013 р.
Рекомендовано до публікації д.т.н. О.Д. Полуляхом*