

С.О. ФЕДОСЕЕВА,
О.А. МОРОЗОВ, Л.А. МОРОЗОВА, кандидаты техн. наук
(Украина, Луганск, ГП "Укрнииуглеобогащение"),
С.В. НЕСТЕРЕНКО, канд. техн. наук,
В.И. ЩЕБЕТУН
(Украина, Харьков, Национальная академия городского хозяйства)

РАЗРАБОТКА И ИСПЫТАНИЕ СПОСОБОВ ЭМУЛЬГИРОВАНИЯ РЕАГЕНТОВ ПРИ ФЛОТАЦИИ УГЛЕЙ

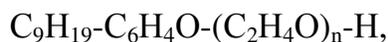
Решение задачи увеличения объемов выпуска угольного концентрата для коксования и повышения его качества неразрывно связано с совершенствованием технологии флотации. В практике флотации углей наиболее широкое распространение получили реагентные режимы, предусматривающие подачу аполярных реагентов в капельном виде. Однако эффективность указанного способа подачи реагентов низкая, поскольку они практически нерастворимы в жидкой фазе пульпы. При этом, как правило, значительное количество реагента всплывает и переходит в пенный продукт, что приводит к повышенному его расходу.

В связи с этим важное значение приобретает разработка режимов флотации, предусматривающих предварительное эмульгирование нерастворимых в воде аполярных реагентов, что обеспечивает их более полный контакт с поверхностью твердой фазы и лучшую ее гидрофобизацию. Тонкое диспергирование реагентов существенно увеличивает площадь контактирующих поверхностей, ускоряет протекание соответствующих физико-химических процессов во флотационной пульпе и создает предпосылки для более эффективного и рационального использования реагентов.

Стремление достигнуть высоких качественно-количественных показателей флотации с применением эмульгирования реагентов стимулирует разработку экономичных и высокопроизводительных методов получения эмульсий. Эмульсии должны отличаться тонкой, однородной дисперсностью и стабильностью во времени.

Важнейшим условием для образования эмульсий является присутствие в системе стабилизатора, который в этом случае называют эмульгатором [1-3].

В качестве возможных стабилизаторов эмульсий флотореагентов нами рассматривались высокоэффективные неионогенные поверхностно-активные вещества – оксиэтилированные моноалкилфенолы, выпускаемые промышленностью под названием Неололы, растворимые в воде и способствующие вследствие этого образованию эмульсий первого рода М/В. Состав Неололов может быть представлен следующей формулой:



где C_9H_{19} – алкильный радикал изононил, присоединенный к фенолу преимущественно в пара-положении.

Збагачення корисних копалин, 2011. – Вип. 45(86)

Флотація

щественно в пара-положении к гидроксильной группе; n – усредненное число молей окиси этилена, присоединенное к одному молю алкилфенолов, принимающее следующие значения: 4, 6, 8, 9, 10, 12.

Для эмульгирования флотореагентов в качестве стабилизатора эмульсий был выбран Неонол АФ 9-12, с максимальным числом молей окиси этилена (12) и имеющим наибольшее значение гидрофильно-липофильного баланса (ГЛБ) – 14.

Получение эмульсий осуществляли на лабораторной установке (рис. 1) производительностью 8 л/ч.

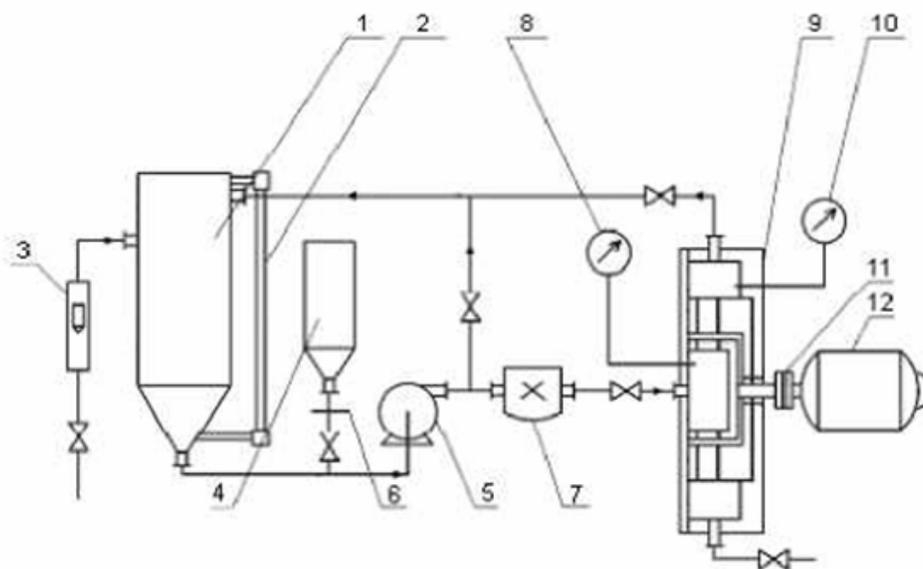


Рис. 1. Принципиальная схема лабораторной установки для приготовления эмульсии:

- 1 и 4 Емкости для реагентов; 2 Трубка замера уровня; 3 Ротамер;
- 5 Насос; 6 Дозатор; 7 Расходомер контроля количества подаваемой в роторный аппарат жидкости; 8 и 10 Манометры; 9 Роторный аппарат; 11 Муфта;
- 12 Электродвигатель привода роторного аппарата

Во время работы экспериментальной установки емкость 1 при помощи крана заполняется водой с контролем посредством ротамера 3. Уровень жидкости в емкости 1 контролируется с помощью стеклянной уровневой трубки 2. Открытием клапана полости аппарата освобождаются от воздуха.

После заполнения системы жидкостью, включается привод роторного аппарата, состоящий из двигателя постоянного тока П-32 12 и муфты МУВП 11. Двигатель позволяет плавно изменять число оборотов ротора аппарата от 400 до 3500 об./мин. После включения роторного аппарата включается насос 6, и жидкость начинает циркулировать в замкнутой системе.

Постановке лабораторных экспериментов предшествовал выбор оптимальных значений расхода стабилизатора эмульсии, продолжительности перемешивания, а также соотношения дисперсной фазы и дисперсионной среды.

По результатам предварительных исследований приняты следующие значения параметров эмульгирования, обеспечивающие минимальный расход эмульгатора и устойчивость эмульсии к расслоению не менее суток:

- объемное соотношение дисперсной фазы (аполярного реагента) и дисперсионной среды (воды) 70% : 30%;
- продолжительность перемешивания в роторном аппарате 5 мин.
- концентрация стабилизатора эмульсии (Неонола АФ 9-12) в дисперсионной среде 0,1% масс.

При выборе оптимальной концентрации Неонола АФ 9-12 в эмульсиях задавались значением до 0,1% масс., поскольку дальнейшее увеличение концентрации эмульгатора не улучшает качество эмульсии. Известно, что при насыщении адсорбционных слоев эмульгатором избыток его находится в растворенном виде в дисперсионной среде и не участвует в процессе эмульгирования [1]. Минимальное содержание ПАВ в эмульсии обусловлено, прежде всего, стабильностью получаемой эмульсии.

Для получения эмульсий флотореагентов в лабораторных условиях были использованы широко применяющиеся в качестве собирателей при флотации углей на обогатительных фабриках Донбасса: топливо ТС-1 и дизельное топливо. При проведении лабораторных флотоопытов предусматривались два варианта подачи указанных аполярных реагентов в процесс – в капельном виде и в виде эмульсии при их расходах 800-1600 г/т.

Исследование флотоактивности реагентов проводилось по методике "Украиниуглеобогащение" на лабораторной флотомашине "Механобр" с объемом камеры 0,5 л в сопоставимых условиях при одинаковом времени контакта флотореагентов с пульпой и одинаковом времени съема пенного продукта. Реагенты дозировались одновременно в начало процесса. Флотационная активность реагентов оценивалась по качественно-количественным показателям, полученным при проведении флотоопытов на углях марки "Ж", а также по извлечению горючей массы в концентрат. В качестве вспенивателей использовались композиционный реагент (оптимальный расход – 60 г/т) и масло ПОД (оптимальный расход – 250 г/т). Содержание твердого в исходной пульпе составляло 120 г/л.

Результаты выполненных экспериментов, представленных в таблице 1– Результаты флотации углей марки "Ж" ($A^d=15,6\%$) с применением эмульгирования аполярных флотореагентов, свидетельствуют о технологических преимуществах подачи аполярных флотореагентов в виде эмульсии по сравнению с их подачей в капельном виде [4].

Так, подача дизтоплива в виде эмульсии в сочетании со вспенивателем композиционный реагент (опыты 1-5) или со вспенивателем Масло ПОД (опыты 6-10) позволяет повысить зольность отходов флотации на 2,7...2,8% при одновременном снижении расхода собирателя на 25% (с 1160 до 870 г/т). Зольность флотоконцентрата при этом увеличивается незначительно – на 0,3...0,5%.

Эмульгирование топлива ТС-1 также позволяет существенно улучшить технологические показатели флотации: зольность отходов возрастает с 71,7 до 74,7% (вспениватель – композиционный реагент, опыты 11 и 14) и с 69,1 до

Флотация

72,1% (вспениватель – масло ПОД, опыты 16 и 19). Расход собирателя ТС-1 в опытах 14 и 19 уменьшен на 25%.

Таким образом, результаты выполненных лабораторных исследований показали, что реагентные режимы флотации с применением эмульгирования аполлярных собирателей позволяют существенно улучшить качественно-количественные показатели флотации при одновременном снижении расхода реагентов.

Таблица 1

№ флотоопыта	Расход реагентов, г/т				Зольность, %		Выход концентрата, %	Извлечение горючей массы в концентрат, %
	Собиратель (способ подачи)		Вспениватель		концентрата	отходов		
	в капельном виде	в виде эмульсии	композиционный реагент	масло ПОД				
Собиратель – дизтопливо								
1	1160				9,2	72,9	89,95	96,77
2	870				8,7	68,4	88,44	95,67
3		1160	60		9,8	77,8	91,47	97,76
4		870			9,5	75,6	90,77	97,33
5		580			9,1	71,8	89,63	96,54
6	1160				9,2	69,9	89,46	96,24
7	870				8,7	65,8	87,92	95,10
8		1160		250	9,9	74,6	91,19	97,35
9		870			9,7	72,7	90,63	96,97
10		580			8,9	70,1	89,05	96,12
Собиратель – топливо ТС-1								
11	1200				9,5	71,7	90,19	96,71
12	900				9,1	67,6	88,89	95,73
13		1200	60		9,9	77,3	91,54	97,73
14		900			9,7	74,7	90,92	97,28
15		600			9,3	72,4	90,02	96,74
16	1600				9,1	69,1	89,17	96,03
17	1200				8,8	65,5	88,01	95,10
18		1600		250	10,1	75,2	91,55	97,52
19		1200			9,8	72,1	90,69	96,92
20		800			8,4	68,8	88,08	95,59

Для проведения экспериментов в промышленности на ЦОФ "Дуванская" был изготовлен экспериментальный полупромышленный образец многоступенчатого роторно-дискового кавитационного устройства, отличительными особенностями которого является то, что диски имеют специальный профиль, снабжены каналами и установлены на консольном валу с целью повышения энергоэффективности кавитационных процессов и возможности получения необходимой дисперсности обрабатываемых жидкостей в прямоточном режиме.

Промышленные испытания режимов флотации углей с применением эмульгирования флотореагентов были проведены на углях марки Ж (ЦОФ "Ду-

ванская" ОАО "Краснодонуголь"). Для проведения испытаний была изготовлена и смонтирована экспериментальная установка непрерывного действия для промышленного приготовления эмульсии флотореагентов (рис. 2) производительностью 200 л/ч.

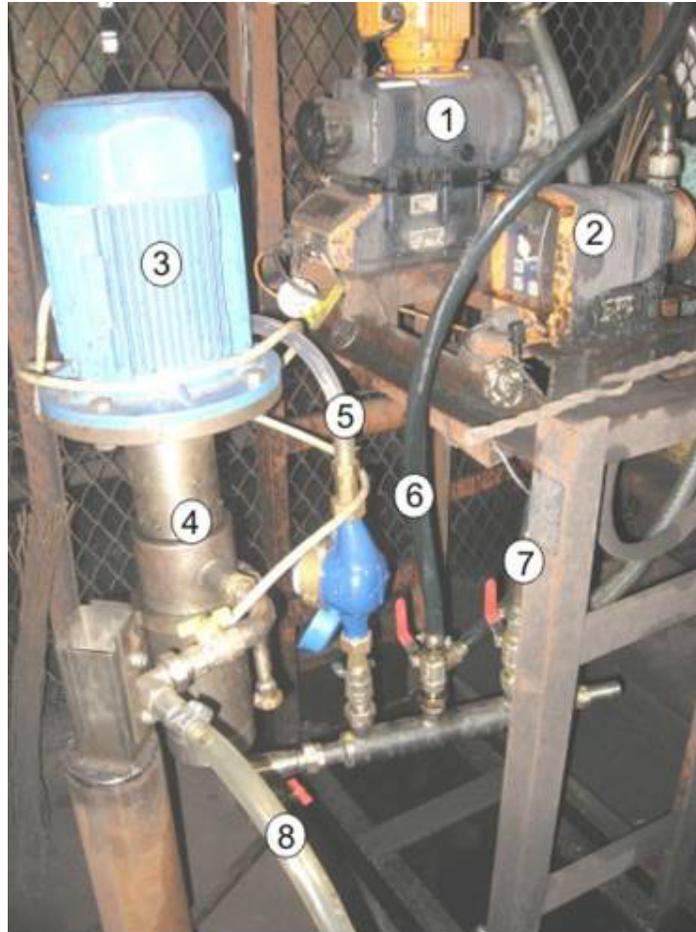


Рис. 2. Экспериментальная установка для эмульгирования флотореагентов:
1 дозатор собирателя; 2 дозатор вспенивателя; 3 асинхронный двигатель;
4 многоступенчатый дисковый диспергатор; 5 трубопровод подачи воды;
6 трубопровод подачи вспенивателя; 7 трубопровод подачи собирателя;
8 трубопровод подачи готовой эмульсии

Образование эмульсии происходило в многоступенчатом дисковом диспергаторе (поз. 4), включение в работу которого осуществлялось с помощью асинхронного двигателя (поз. 3) мощностью 3 кВт.

Исходные компоненты для эмульгирования подавались в диспергатор с помощью дозирующей системы, представляющей собой распределительную гребенку, снабженную шаровыми трехходовыми кранами (поз. 5, 6, 7) и шлангами для подключения к дозаторам собирателя – ТС-1 (поз. 1) и вспенивателя – композиционный реагент (поз. 2).

Готовая эмульсия на выходе из диспергатора поступала по шлангу (поз. 8) в расходомерный бак пульпы, находящийся на расстоянии около 1 метра от

Флотация

экспериментальной установки. Для приготовления рабочего раствора стабилизатора эмульсии была предусмотрена емкость объемом 200 литров, в которой готовился водный 0,1 %-ный раствор Неонола АФ 9-12. Частота вращения роторных дисков диспергатора составляла 2500 об./мин.

В табл. 2 приведены результаты испытаний технологии эмульгирования аполярного реагента в условиях ЦОФ "Дуванская" вначале приведены данные базового варианта без эмульгирования собирателя (опробования 1 и 2), а затем результаты двух вариантов эмульгирования собирателя с применением различных стабилизаторов эмульсии (опыты 3-6). В каждом из представленных вариантов использовался собиратель ТС-1 при оптимальном расходе (1360 г/т) и сниженном на 30% (960 г/т).

Таблица 2

№ опробования	Содержание твердого в исходной пульпе, г/л	Нагрузка на флотоотделение		Расход реагентов, г/т		Зольность, %			Содержание твердого в отходах флотации, г/л	Влажность кека, %
		м ³ /ч	т/ч	собирателя (ТС-1)	вспенивателя (композиционный реагент)	исходного кека	отходов			
Базовый вариант (без эмульсии)										
1	207	206	42,6	1360	26	16,4	8,2	67,7	59	23,5
2	215	195	41,9	960	26	16,4	7,1	60,0	77	23,8
I серия опытов – эмульсия флотореагентов с водой (1:1), стабилизатор эмульсии – композиционный реагент										
3	192	210	40,3	1360	26	16,4	9,4	75,6	42	24,2
4	206	192	39,6	960	26	16,4	8,5	69,7	61	24,9
II серия опытов – эмульсия флотореагентов с водой (1:1), стабилизатор эмульсии – 0,1% раствор неонола АФ 9-12 в воде										
5	218	201	43,8	1360	26	14,9	9,9	81,1	47	24,4
6	206	195	40,2	960	26	14,9	8,5	71,0	57	24,7

Ниже приведен компонентный состав исходной смеси, поступающей на распределительную гребенку дозирующей системы экспериментальной установки для базового варианта и для каждой серии опытов.

Базовый вариант (опробования 1 и 2). Собиратель (ТС-1) и вспениватель (композиционный реагент) поступали непосредственно из напорных баков реагентов на дозаторы реагентов и далее, смешиваясь в одной трубе, подавались в расходомерный бак пульпы. Данные опробований, полученные в базовом варианте, служили основой для сравнения.

I серия опытов (опробования 3 и 4). В качестве стабилизатора эмульсии использовался применяемый на фабрике вспениватель – *композиционный реагент*. Исходные компоненты для эмульгирования, поступающие на распределительную гребенку:

- ТС-1 (из напорного бака флотореагентов через дозатор);
- композиционный реагент (из напорного бака флотореагентов через дозатор);

– вода (из фабричной системы через счетчик).

Расход воды контролировался и регулировался с помощью счетчика и шарового двухходового крана. Полученная трехкомпонентная смесь поступала на всас дискового диспергатора, на выходе которого готовая эмульсия направлялась в расходомерный бак пульпы.

II серия опытов (опробования 5 и 6). В качестве стабилизатора эмульсии использовался *Неонол АФ 9-12*. Исходные компоненты для эмульгирования, поступающие на распределительную гребенку:

- собиратель ТС-1 (из напорного бака флотореагентов через дозатор);
- композиционный реагент (из напорного бака флотореагентов через дозатор);
- вода с растворенным в ней эмульгатором (из бочки объемом 200 литров через счетчик).

Анализ данных, приведенных в табл. 2, позволяет отметить следующее.

Сопоставление качественно-количественных показателей флотации, полученных при опробованиях в базовом варианте, с результатами работы флотоотделения с применением эмульгирования флотореагентов показало, что наиболее высокие технологические показатели процесса флотации получены во 2 серии опытов при использовании в качестве стабилизатора эмульсии Неонола АФ 9-12 (опробование 5). В этих условиях зольность отходов флотации повысилась на 13,4% (с 67,7 до 81,1%), однако при этом существенно возросла зольность кека (с 8,2 до 9,9%) и появилось избыточное пенообразование в водно-шламовой системе фабрики. При снижении расхода собирателя ТС-1 на 30% (с 1360 до 960 г/т) зольность отходов флотации увеличилась на 3,3% (с 67,7 до 71,0%) без ухудшения качества кека (опробование 6). Полученные эмульсии были устойчивы к расслоению в течение нескольких суток.

Оптимальным следует считать реагентный режим, предусматривающий использование в качестве стабилизатора эмульсии вспенивателя, применяющегося на фабрике – композиционного реагента (I серия опытов). Как видно из приведенных данных (опробования 3 и 4) эмульгирование флотореагентов с водой на дисковом диспергаторе позволяет повысить зольность отходов флотации на 7,9% (с 67,7 до 75,6 %) при возрастании зольности кека с 8,2 до 9,4%. Уменьшение расхода ТС-1 с 1360 до 960 г/т (на 30%) позволяет повысить зольность отходов флотации на 2,0% без ухудшения качества кека. Визуальные наблюдения за устойчивостью получаемых эмульсий показали, что они расслаиваются в течение нескольких минут, а требуемая устойчивость эмульсий должна быть не менее 1-2 секунд (время прохождения готовой эмульсии от дискового диспергатора до расходомерного бака исходной пульпы, поступающей на флотацию). При смешивании полученной эмульсии с флотационной пульпой концентрация дисперсной фазы (капель собирателя ТС-1) уменьшается более чем в 1000 раз. Образующаяся при этом сильноразбавленная эмульсия устойчива в течение нескольких часов, что вполне достаточно для контактирования пульпы с реагентами и завершения процесса флотации во флотомашинах.

Флотація

Выводы

Установлено, что подача флотореагентов в процесс в виде прямой эмульсии (м/в) с применением в качестве стабилизаторов эмульсии композиционного реагента или Неонола АФ 9-12 позволяет существенно улучшить технологические показатели процесса флотации при одновременном снижении расхода собирателя ТС-1 до 30%.

Наилучшие результаты получены при использовании в качестве эмульгатора Неонола АФ 9-12: зольность отходов флотации повысилась на 3,3% (с 67,7 до 71,0%) без изменения качества кека, расход реагента ТС-1 был уменьшен на 30%.

Однако с технологической точки зрения наиболее целесообразным следует считать метод эмульгирования флотореагентов без дополнительного введения в процесс поверхностно-активных веществ. В качестве стабилизатора эмульсий рекомендуется использовать вспениватель (композиционный реагент), применяемый в процессе флотации. Использование указанного метода эмульгирования позволяет уменьшить расход собирателя ТС-1 на 20...30%, и снизить потери угля на 3,3% за счет увеличения зольности отходов флотации с 67,7 до 69,7% без ухудшения качества кека.

Список литературы

1. Эмульсии / Под ред. **Ф. Шермана**. – Л.: Химия, 1972. – 448 с.
2. Поверхностные явления в дисперсных системах // Коллоидная химия: Избранные труды. П.А. Ребиндер. – М.: Наука, 1978. – 368 с.
3. **Воюцкий С.С.** Курс коллоидной химии. – М.: Химия, 1975. – 512 с.
4. Патент на корисну модель № 54170 "Спосіб флотації вугілля" Морозов О.О., Федосеева С. О., Морозова Л.О., та ін. – Бюл. № 20 від 25.10.2010 р.

© Федосеева С.О., Морозов О.А., Морозова Л.А., Нестеренко С.В., Щебетун В.И., 2011

*Надійшла до редколегії 26.04.2011 р.
Рекомендовано до публікації д.т.н. О.Д. Полуляхом*