

УДК 662.74:662.765.063

Петухов В.Н., Яковлев С.В., Насырова К.Р., Сучкова А. Я.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА ФЛОТАЦИИ УГЛЕЙ ЗА СЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭФФЕКТИВНОГО РЕАГЕНТА - ВСПЕНИВАТЕЛЯ

Авторское резюме: В работе рассмотрено влияние действия реагентов-вспенивателей различного группового химического состава и строения молекул на показатели флотации углей, поступающих на коксование. Установлена высокая эффективность и селективность процесса флотации при использовании в качестве реагента - вспенивателя технического продукта нефтехимии «Оксаль Т-92». Повышенная флотационная активность и селективность действия реагента - вспенивателя «Оксаль Т-92» объясняется повышенной адсорбцией диоксановых спиртов и их формалей за счет взаимодействия с полярными центрами угольной поверхности по типу водородных связей. Это обеспечивает предварительную гидрофобизацию угольных частиц, что приводит к повышению адсорбции реагента - собирателя и увеличению извлечения горючей массы углей в концентрат, снижению потерь органической массы углей с отходами флотации.

Ключевые слова: флотация углей, реагенты - собиратели, реагенты - вспениватели, эффективность, селективность, извлечение горючей массы в концентрат, зольность концентрата.

Введение

В связи с механизацией добычи углей возрастает количество мелких классов углей в исходном угле, поступающем на обогатительные фабрики. Для мелких классов углей наиболее эффективным методом обогащения является флотация. Эффективность процесса флотации во многом определяется физико-химическими свойствами используемых реагентов. В качестве реагентов при флотации применяют комплекс реагентов, а именно собиратели, вспениватели и модификаторы [1-6]. Реагенты - собиратели, адсорбируясь на поверхности углей, повышают гидрофобность зерен, обеспечивая их высокую флотирруемость. Реагенты - вспениватели, адсорбируясь на границе раздела фаз жидкость - газ, понижают поверхностное натяжение, обеспечивая увеличение диспергирования пузырьков воздуха в пульпе и их устойчивость. При этом создаются благоприятные условия не только для образования пузырьков определенного размера и прилипания к ним взвешенных частиц, но и стабилизация пены. Реагенты - вспениватели благоприятствуют растеканию реагентов - собирателей при их абсорбции на угольной поверхности. От правильно выбранных реагентов – вспенивателей во многом зависит эффективность и селективность действия реагентного режима.

Методы исследования

В работе были проведены исследования влияния флотационной активности технических продуктов нефтепереработки в качестве реагентов - вспенивателей при флотации угольной мелочи. В качестве реагентов - вспенивателей были выбраны «Флотек-1» и «Оксаль Т-92», в качестве реагента - собирателя «Флотек-2», который используется на ЦОФ «Беловская» ПАО «ММК-УГОЛЬ». В качестве исходных продуктов в лабора торных условиях было изучено исходное питание ЦОФ «Беловская» ПАО «ММК-УГОЛЬ», представленное технологическими марками «Ж» и «ГЖ», с зольностью 18,0%. В результате

анализа ситового состава исходного питания флотации установлено, что минеральные частицы неравномерно распределены по классам крупности угля. Наибольшее количество минеральных примесей содержит класс -0,05 мм, зольность которого равна 30,8 %. Наименьшую зольность 11,5% содержит класс крупности более 0,25 мм (табл.1).

Выбранные для исследования реагенты - вспениватели отличаются по групповому химическому составу и физико-химическим свойствам. В реагенте - вспенивателе «Оксаль Т-92» в преобладающем количестве содержатся диоксановые спирты и эфиры и незначительное количество алифатических спиртов (табл.2).

Технический продукт «Флотек-2» представляет собой смесь алифатических спиртов, незначительного количества углеводородов и добавок, а реагент - собиратель «Флотек-1» по групповому химическому составу в основном смесь углеводородов различного молекулярного строения и незначительное количество полярных химических соединений, со средней плотностью реагента - собирателя 0,85-0,95 г/см³.

Исследованием флотиремости угольной мелочи ООО «ММК-УГОЛЬ» было установлено, что при равном расходе вспенивателя 0,15 кг/т лучшие показатели по эффективности и селективности действия проявляет «Оксаль Т-92». Использование данного реагента вспенивателя позволяет повысить выход концентрата с 73,7-79,4 до 82,3-85,7% в зависимости от расхода реагента - собирателя.

При использовании в качестве реагента - вспенивателя «Флотек-2» наблюдаются значительные потери органической массы углей с отходами флотации. Зольность отходов флотации составляет в пределах 48,1-51,6%, а при использовании реагента - вспенивателя «Оксаль Т-92» она повышается до 69,1-74,9%. При применении реагента - вспенивателя «Флотек-2» извлечение горючей массы в концентрат составило 84,5-87,4%, что на 7,3-8,8% ниже в случае использования в качестве реагента - вспенивателя «Оксаль Т-92» (табл. 3).

Таблица 1

Ситовый состав исходного питания ЦОФ «Беловская»

Класс крупности, мм	Выход, %	Зольность, %	Суммарный выход, %	Суммарная зольность, %
Более 0,25	26,1	11,5	26,1	11,5
0,25-0,16	19,9	12,9	46,0	12,1
0,16-0,10	13,7	13,0	59,7	12,3
0,10-0,05	15,6	19,7	75,3	13,8
Менее 0,05	24,7	30,8	100,0	18,0
Итого	100,0	18,0		

Таблица 2

Физико-химические свойства реагента - вспенивателя «Оксаль Т-92»

Компонентный состав	Массовая доля %
Диоксаноxyе спирты	38-61
Формали диоксаноxyых спиртов и эфиров	15-54
Эфиры диоксаноxyых спиртов	5,11-11,87
Пиранилспиродиоксан	1,35-7,03
3-метил-1,3-бутандиол	1,12-4,92
1,3,9-триоксапиро-5,5-ундекан	0,12-4,46
Эфир трет-бутанола и 4-метилгидроксиэтил-1,3-диокса.	0,04-3,31
Физико-химические свойства	
Температура замерзания, °С	- 30
Плотность , г/см ³	1,0-1,12

Таблица 3

Показатели флотации угля с использованием различных вспенивателей

Расход реагентов					Продукты флотации	Показатели флотации, %				
Собира- тель	Вспени- ва- тель	Расход реагентов, кг/т				Выход	Золь- ность	ε*, г.м.	ε,** м.ч.	η***
		собира- теля	вспени- вателя	об- щий						
Флотек-1	Флотек-2	1,84	0,15	1,99	Концентрат	73,7	6,0	84,5	75,4	0,798
					Отходы	26,3	51,6			
		2,30	0,15	2,45	Концентрат	78,0	9,5	86,1	58,8	0,712
					Отходы	22,0	48,1			
		2,76	0,15	2,91	Концентрат	79,4	9,7	87,4	57,2	0,707
					Отходы	20,6	50,0			
	«Оксаль- Т-92	1,84	0,15	1,99	Концентрат	82,3	7,0	93,3	67,9	0,798
					Отходы	17,7	69,1			
		2,30	0,15	2,45	Концентрат	84,4	8,0	94,7	62,5	0,769
					Отходы	15,6	72,1			
		2,76	0,15	2,91	Концентрат	85,7	8,5	95,6	59,5	0,754
					Отходы	14,3	74,9			
Исходный	100,0	18,0								

Примечание:

ε*_{г.м.} - извлечение горючей массы в концентрат; ε**_{м.ч.} - извлечение минеральной части в отходы, %; η*** - коэффициент селективности. η = 0,01 * ε*_{г.м.} * ε**_{м.ч.}

Исследованием установлено, что применение реагента - вспенивателя «Оксаль-Т-92» позволяет повысить селективность процесса флотации. При увеличении выхода концентрата с 78,0-79,4 до 82,3-85,7% зольность концентрата снижается с 9,5-9,7 до 8,0-8,5% по сравнению с использованием реагента «Флотек-2», который длительное время применяется на ЦОФ «Беловская». Коэффициент селективности в случае применения реагента - вспенивателя повышается с 0,707-0,712 до 0,754- 0,769 (см. табл.2). Повышенная эффективность и селективность действия реагента - вспенивателя «Оксаль Т-92» объясняется его групповым химическим составом.

Наличие в групповом химическом составе реагента - вспенивателя «Оксаль Т-92» диоксановых спиртов, формальди диоксановых спиртов оказывает существенное влияние не только на улучшение процесса пенообразования, но также на процесс адсорбции их на угольной поверхности и ее гидрофобизацию. В работах [7,8] установлено, что алкилзамещенные 1,3-диоксаны взаимодействуют с полярными центрами угольной поверхности за счет образования водородных связей, обеспечивая хорошую гидрофобизацию угольных частиц. Это обуславливает улучшение адсорбции углеводородов на угольной поверхности и повышение флотуемости угольных частиц. Улучшение селективности процесса флотации угольной мелочи в случае применения в качестве реагента - вспенивателя «Оксаль Т-92» объясняется пониженной энергией адсорбции диоксановых спиртов и формальди диоксановых спиртов и эфиров на алюмосиликатах по сравнению с алифатическими спиртами, содержащимися в реагенте - вспенивателе «Флотек-2».

Заключение

Исследованием установлено, что наиболее высокой флотационной активностью и селективностью действия при флотации угля обладает реагент - вспениватель «Оксаль Т-92», содержащий в групповом химическом составе диоксановые спирты и формальди диоксановых спиртов. Применение в качестве реагента - вспенивателя технического продукта нефтехимии «Оксаль Т-92» позволило при флотации исходного питания с зольностью 18,0% повысить извлечение горючей массы углей в концентрат на 7,3-8,8% по

сравнению с использованием в качестве реагента - вспенивателя технического продукта «Флотек-2». Повышенная флотационная активность и селективность действия реагента вспенивателя «Оксаль Т-92» объясняется повышенной адсорбцией диоксановых спиртов и их формальди за счет взаимодействия с полярными центрами угольной поверхности по типу водородных связей. Это обеспечивает предварительную гидрофобизацию угольных частиц, что приводит к повышению адсорбции реагента - собирателя и увеличению извлечения горючей массы углей в концентрат, снижению потерь органической массы углей с отходами флотации.

Список литературы

1. Глембоцкий В.А. Основы физико-химии флотационных процессов. М.: Недра, 1980. 471 с.
2. Кубак Д.А., Петухов В.Н., Семенов Д.Г. Исследование влияния группового химического состава комплексных реагентов на эффективность флотации углей // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2013. №4. С.5.
3. Чижевский В.Б., Власова Н.С., Савинчук Л.Г. Флотационные свойства Т-66, Т-80, Т-81 // Цветная металлургия. 1981. №18. С.12-14.
4. Петухов В.Н. Основы теории и практика применения флотационных реагентов при обогащении углей для коксования. Магнитогорск: Изд – во Магнитогорского государственного технического университета им Г.И. Носова, 2016. 453 с.
5. Петухов В.Н., Юнаш А.А. Разработка новых реагентных режимов флотации углей // Кокс и химия. 1998. № 3. С. 5-8.
6. Некоторые возможные области применения кремниевых аналогов циклических ацеталей / Гальченко Е.П., Петухов В.Н., Мусавилов Р.С. и др. // Журнал прикладной химии. 1990. № 11. С. 2527-2532.
7. Петухов В.Н., Кубак Д.А. Использование величины энергии водородной связи межмолекулярных комплексов химических соединений с активными центрами угольной поверхности для обоснования их флотационной активности // Кокс и химия. 2014 г. №7. с.50-56.

Сведения об авторах

Петухов Василий Николаевич - д-р техн. наук, проф., ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», Магнитогорск, Россия. E-mail: chief.petuhov2013@yandex.ru

Яковлев Сергей Викторович - студент Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. Магнитогорск, Россия.

Сучкова Анастасия Ярославовна - студент Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. Магнитогорск, Россия

Насырова Ксения Рафиковна - студент Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. Магнитогорск, Россия.

INFORMATION ABOUT THE PAPER IN ENGLISH

IMPROVING THE EFFICIENCY OF COAL FLOTATION PROCESS BY USING AN EFFECTIVE AGENT FOAMING

Petukhov Vasily Nicholaevich- D.Sc., Professor, Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk, Russia.

Yakovlev Sergey Viktorovich – Student, Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk, Russia.

Suchkova Anastasia Yaroslavovna - Student, Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk, Russia.

Nasyrova Kseniya Rafikovna - Student, Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk, Russia.

Abstract. *This article examines the effects of the operation of the reactants, foaming agents with different chemical composition and molecular structure on the development of coal flotation regime entering the coking. High efficiency and selectivity of process of flotation with using as reagent of the technical product of petrochemistry «Oksal T-92» is established. The increased flotation activity and selectivity of the reagent foaming agents «Oksal T-92» are explained by the increased adsorption of dioxane alcohols and their formals due to their interaction with the polar centers of the coal surface in the form of hydrogen bonds. This fact ensures the preliminary hydrophobization of coal particles, which leads to an increase in the adsorption of the collector's reagent and an increase in the extraction of the combustible mass of coal into the concentrate, and a decrease in the organic mass loss of coal with flotation waste.*

Keywords: *flotation of coals, reagents collectors, reagents foaming agents, efficiency, selectivity, extraction of combustible weight in concentrate, concentrate ash-content.*

Ссылка на статью:

Петухов В.Н., Яковлев С.В., Насырова К.Р., Сучкова А. Я. Повышение эффективности процесса флотации углей за счет использования эффективного реагента - вспенивателя// Теория и технология металлургического производства. 2019. №1(28). С. 9-12.

Petukhov V.N., Suchkova A.Y., Nasyrova K.R. Improving the efficiency of coal flotation process by using an effective agent foaming. *Teoria i tehnologija metallurgiceskogo proizvodstva*. [The theory and process engineering of metallurgical production]. 2019, vol. 28, no. 1, pp.9-12.