

ПОДГОТОВКА СЫРЬЯ К МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОМУ ПРОИЗВОДСТВУ

УДК 662.74

Свечникова Н.Ю., Эпова И.А., Ярославцев А.В.

ВЛИЯНИЕ РЕАГЕНТНОГО РЕЖИМА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РЕАГЕНТОВ-ПЕНООБРАЗОВАТЕЛЕЙ «Т-80», «ФЛОТЕК», «ДК-80» НА ПОКАЗАТЕЛИ ФЛОТАЦИИ ВЫСОКОМИНЕРАЛИЗОВАННОЙ УГОЛЬНОЙ МЕЛОЧИ

Аннотация. Рассмотрено влияние действия реагентов-вспенивателей различного группового химического состава и строения молекул, влияние расхода реагентов и плотности исходного питания на показатели флотации высокоминерализованных углей, поступающих на коксование. Установлена высокая эффективность и селективность процесса флотации при использовании в качестве реагента-вспенивателя «ДК-80», индивидуального соединения с основным веществом диметилэтилнитрилкарбинолом (ДМЭК). Ацетиленовые спирты обладают способностью совмещать в себе свойства как пенообразователя, так и собирателя, что позволяет значительно снизить расход реагента-собирателя, получить дополнительное извлечение горючей массы в концентрат, а также повысить его качество. Было выявлено, что расход реагента-вспенивателя 0,1 кг/т при плотности исходного питания 140 г/л позволяет получить высокие результаты флотационного обогащения, а также снизить затраты на процесс флотации за счет уменьшения расхода реагентов.

Ключевые слова: флотация углей, реагенты-вспениватели, реагенты-собиратели, эффективность, извлечение горючей массы

Введение

В настоящее время эффективность обогащения угля достигается за счет разработки новых технологических процессов, применения современных реагентов и их комбинаций. Основная цель любого метода обогащения угля, включая флотационный, заключается в очистке угольных частиц от минеральных примесей, которые выступают в роли балласта при транспортировке, снижают теплоту сгорания, требуют дополнительных затрат на нагрев и ухудшают качество кокса.

Флотационный метод обогащения основывается на различной смачиваемости материалов. Несмотря на высокую гидрофобность угля, эффективная пенная флотация может быть достигнута только при использовании флотационных реагентов. Скорость и полнота разделения угольных частиц и породы зависят от типа реагентов, их количества и соотношения, а также от способа их подачи. Выбор реагентного режима также существенно влияет на себестоимость концентрата и на уровень загрязнения окружающей среды [1].

При подборе реагентного режима для конкретного типа угля необходимо учитывать его молекулярное строение, свойства органической массы и минеральных компонентов. Это поможет выбрать наиболее подходящие флотореагенты, которые окажут наилучшее влияние на качественно-количественные показатели процесса флотации [2].

В работе были проведены исследования флотации угольной мелочи класса менее 0,5 мм, поступающей на флотацию ОАО «ММК-УГОЛЬ» с зольностью 28,2%.

При флотации угольной мелочи были исследованы следующие реагенты:

- в качестве реагентов-собирателей были использованы технический продукт нефтепереработки – «Флотек-2315»;

- в качестве реагента-вспенивателя использовались оксаль «Т-80», «Флотек-3242» и «ДК-80».

Экспериментальная часть

Анализ ситового состава угольной мелочи, поступающей на флотацию ОАО «ММК-УГОЛЬ», показал, что в исходном питании в преобладающем количестве содержится класс крупностью 0,5-0,315 мм (табл. 1). Это обуславливает снижение скорости процесса за счет возникающих в камере флотационной машины турбулентных потоков, которые приводят к отрыву крупных частиц от пузырьков воздуха, на повторное закрепление которых требуется определенное время [3].

Таблица 1

Ситовая характеристика высокоминерализованной угольной мелочи, поступающей на флотацию в ООО «ММК-УГОЛЬ»

Класс крупности, мм	Выход, %	Зольность, %	Суммарный выход, %	Суммарная зольность, %
+0,500	14,2	31,6	14,2	31,6
0,5-0,315	20,6	28,3	34,8	29,6
0,315-0,25	10,1	23,8	44,9	28,3
0,25-0,16	17,8	23,5	62,7	26,9
0,16-0,10	11,7	23,0	74,4	26,3
0,10-0,05	17,4	25,8	91,8	26,2
Менее 0,05	8,2	50,3	100,0	28,2
Итого	100,0	28,2		

Также исходное питание ООО «ММК-УГОЛЬ» содержит большое количество мелких классов (0,1-0,05) мм. При флотации таких углей требуется несколько большее количество реагента-собирателя, за счет резкого увеличения площади поверхности угольных частиц. А также повышенное содержание мелких классов может привести к уносу мелких зольных частиц вместе с угольными флоккулами, что приводит к повышению зольности флотоконцентрата [2].

При флотации высокоминерализованного угля с зольностью 28,2% с использованием реагента-собирателя «Флотек» и реагентов-пенообразователей «Т-80», «Флотек» и «ДК-80» были получены результаты, которые позволяют судить о том, что реагент «ДК-80» стимулирует повышение до 75,1% выход концентрата, увеличивает извлечение горючей массы в концентрат до 95,4% и обуславливает рост коэффициента селективности до 0,85 в сравнении с реагента-

ми «Т-80» и «Флотек» (табл. 2).

Результаты исследования свидетельствуют, что использование реагента «ДК-80» вместо «Флотек», в качестве реагента-пенообразователя при флотации углей позволяет значительно снизить расход реагентов и при этом не теряя значений качественных показателей процесса обогащения.

Повышение расхода реагента вспенивателя «ДК-80» с 0,05 кг/т до 0,1 кг/т положительно отразилось на всех показателях процесса флотации, но дальнейшее повышение расхода реагента вспенивателя дает обратный результат и приводит к снижению выхода концентрата с 73,9 до 73,2%, повышению зольности концентрата с 8,7 до 8,9%, уменьшению зольности отходов с 83,4 до 80,9%, а также к уменьшению показателей извлечения горючей массы в концентрат с 93,97 до 92,98 % и извлечения минеральной части в отходы с 77,2 до 76,9% (табл. 3).

Таблица 2

Влияние реагентного режима с применением различных по составу реагентов-пенообразователей на показатели процесса флотации высокоминерализованного угля

Реагентный режим					Продукты флотации	Показатели флотации				
Собира- тель	Вспени- ватель	Расход реагентов, кг/т				Выход γ, %	Зольность A ^d ,%	Извлечение горючей массы в концентрат Ег.м, %	Извлечение минераль- ной части в отходы Ем.ч, %	Кoeffи- циент селектив- ности η
		Собира- тель	Вспени- ватель	Общий						
Флотек	Т-80	1,92	0,10	2,02	концентрат	71,4	9,1	90,39	76,96	0,83
					отходы	28,6	75,9			
					исходный	100,0	28,2			
	Флотек	1,92	0,10	2,02	концентрат	72,0	10,0	90,25	74,47	0,82
					отходы	28,0	75,0			
					исходный	100,0	28,2			
	ДК-80	1,92	0,10	2,02	концентрат	75,1	8,8	95,39	76,56	0,85
					отходы	28,5	75,8			
					исходный	100,0	28,2			

Таблица 3

Влияние расхода реагентов на показатели процесса флотации высокоминерализованного угля

Реагентный режим					Продукты флотации	Показатели флотации				
Собира- тель	Вспени- ватель	Расход реагентов, кг/т				Выход γ, %	Зольность A ^d , %	Извлечение горючей массы в концентрат гг.м, %	Извлечение минераль- ной части в отходы гм.ч, %	Коэффи- циент селектив- ности η
		Собира- тель	Вспени- ватель	Общий						
Флотек	ДК-80	1,63	0,05	1,68	концентрат	71,4	9,1	90,39	76,96	0,83
					отходы	28,6	75,9			
					исходный	100,0	28,2			
		1,63	0,1	1,73	концентрат	73,9	8,7	93,97	77,2	0,85
					отходы	26,1	83,4			
					исходный	100,0	28,2			
		1,63	0,2	1,18	концентрат	73,2	8,9	92,88	76,9	0,85
					отходы	26,8	80,9			
					исходный	100,0	28,2			

Такие результаты можно объяснить тем, что при увеличенном расходе пенообразователя повышается количество пузырьков воздуха, которые, поднимаясь на поверхность, захватывают с собой не только частицы угля, но и породу, которая повышает содержание золы в концентрате и приводит к снижению показателей качества получаемого продукта [3].

Исследование влияния плотности исходного питания на показатели флотационного обогащения высокоминерализованного угля дало следующие результаты: при повышении плотности исходного питания от 100 до 140 г/л выход концентрата увеличился с 73,3 до 75,6% с одновременным снижением его зольности с 8,9 до 8,7%; возросла зольность отходов с 81,2 до 88,6%; зафиксирован рост извлечения горючей

массы в концентрат с 93,0 до 96,13% и повышение коэффициента селективности процесса с 0,85 до 0,86 (табл. 4).

Однако при дальнейшем повышении плотности исходного питания до 200 г/л показатели флотации снижаются.

При флотации высокоминерализованного угля ОАО «ММК-УГОЛЬ» с применением реагента-собирателя «Флотек» и реагента-вспенивателя «ДК-80» плотность исходного питания, равная 140 г/л, является наиболее предпочтительной, так как при такой концентрации исходного угля были получены более высокие результаты выхода концентрата и его качества (см. рисунок).

Таблица 4

Влияние плотности исходного питания на показатели флотации

Плотность исходного питания, г/л	Реагентный режим					Продукты флотации	Показатели флотации				
	Собира- тель	Вспени- ватель	Расход реагентов, кг/т				Выход γ , %	Золь- ность A^d , %	Извлечение горючей массы в концентрат $E_{г.м.}$, %	Извлечение минераль- ной части в отходы $E_{м.ч.}$, %	Коэффи- циент се- лектив- ности η
			Собира- тель	Вспени- ватель	Общий						
100	Флотек	ДК-80	1,63	0,10	1,73	концентрат	73,3	8,9	93,0	76,87	0,85
						отходы	26,7	81,2			
						исходный	100,0	28,2			
140			1,63	0,10	1,73	концентрат	75,6	8,7	96,13	76,68	0,86
						отходы	24,4	88,6			
						исходный	100,0	28,2			
200			1,63	0,10	1,73	концентрат	73,9	9,1	93,56	76,15	0,84
						отходы	26,1	82,3			
						исходный	100,0	28,2			

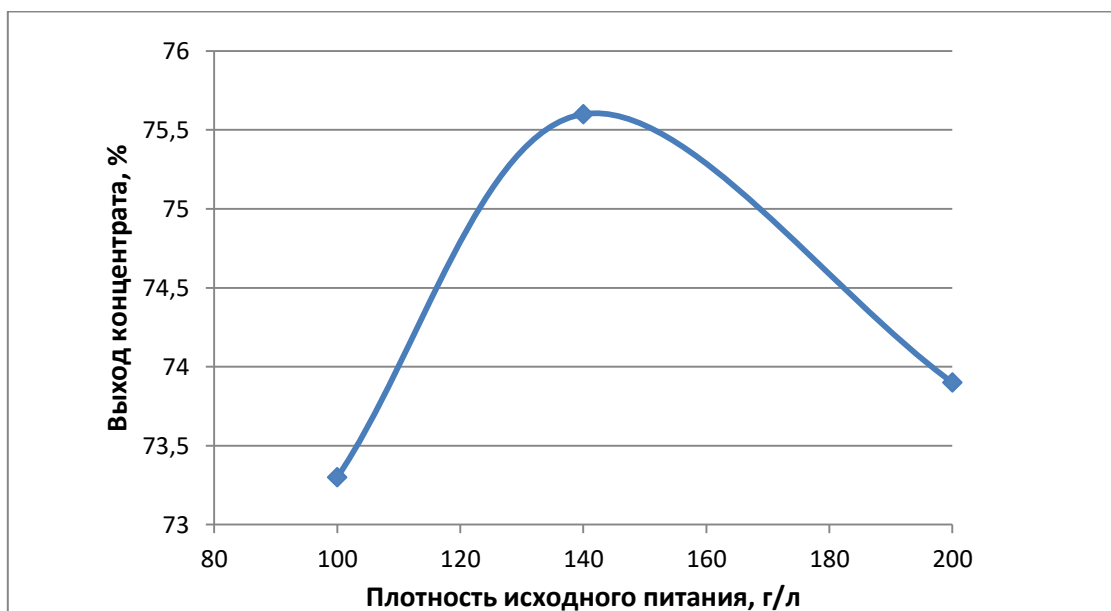


График выхода концентрата в зависимости от плотности исходного питания

Заключение

Результаты, полученные в ходе проведения опытов, позволяют судить о том, что применение в процессе обогащения угольной мелочи реагента-собираателя «Флотек» совместно с реагентом-пенообразователем «ДК-80» дает возможность получать более высокие показатели процесса флотации в сравнении с результатами, полученными в ходе испытаний с использованием других исследуемых реагентов:

- выход концентрата увеличивается с 63,8 до 85,0%;
- снижается зольность концентрата с 10,0 до 8,8%;
- увеличивается извлечение горючей массы в концентрат с 68–80 до 97,0%.

Повышенную флотационную активность и селективность действия реагента-вспенивателя «ДК-80» можно объяснить структурой молекулы терминальных спиртов. Квазиковалентная связь (концевая С-Н-связь), которая по своим свойствам очень близка к водородной, является относительно слабой, но она играет важную роль в формировании структуры и свойств молекул. В процессе флотации она обеспечивает взаимодействие между реагентом и поверхностью угольных частиц, что позволяет реагенту адсор-

бироваться на поверхности угля и приводит к изменению его смачиваемости, а также способствует росту его флотируемости [4].

Список источников

1. Петухов В.Н., Юнаш А.А. Разработка новых реагентных режимов флотации углей // Кокс и химия. 1998. № 3. С. 5-8.
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. №3. С. 5–10.
3. Петухов В.Н. Основы теории и практика применения флотационных реагентов при обогащении углей для коксования: монография. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2016. 453 с.
4. 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. №7. С. 50-56.

Сведения об авторах

Свечникова Наталья Юрьевна – кандидат технических наук, доцент кафедры металлургии и химической технологии, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск, Россия.

Эпова Ирина Александровна – специалист по работе со студентами очной формы обучения, отдел мониторинга образовательного процесса учебно-методического управления, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск, Россия.

Ярославцев Алексей Викторович – кандидат технических наук, доцент кафедры машин и технологий обработки давлением и машиностроения, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск, Россия. E-mail: a.yaroslavtsev@magtu.ru

INFORMATION ABOUT THE PAPER IN ENGLISH

THE INFLUENCE OF THE REAGENT REGIME USING FOAMING AGENTS T-80, FLOTEC, DK-80 ON THE FLOTATION PERFORMANCE OF HIGHLY MINERALIZED COAL FINES

Svechnikova Natalia Yu. – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at the Department of Metallurgy and Chemical Technology, Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk, Russia.

Epova Irina A. – Specialist in working with full-time students, Department of Educational Process Monitoring of the Educational and Methodological Administration, Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk, Russia.

Jaroslavtsev Alexey V. – PhD. (Eng.), Associate Professor of the Department of Machines and Technologies of Pressure Processing and Mechanical Engineering, Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk, Russia. E-mail: a.yaroslavtsev@magtu.ru

Abstracts. The influence of foaming agents of different chemical group compositions and molecular structures, reagent consumption, and the density of the initial feed on the flotation performance of highly mineralized coals intended for coking has been examined. High efficiency and selectivity of the flotation process were established when using "DK-80" as a foaming agent, an individual compound with the main substance being dimethyl ethynyl carbinol (DMEC). Acetylenic alcohols have the ability to combine the properties of both a foaming agent and a collector, which significantly reduces the consumption of the collector reagent, increases the recovery of combustible mass into the concentrate, and improves its quality.

It was found that a foaming agent consumption of 0.1 kg/t at an initial feed density of 140 g/l allows for high results in flotation enrichment and reduces flotation process costs by minimizing reagent consumption.

Keywords: coal flotation, foaming agents, collector reagents, efficiency, recovery of combustible mass

Ссылка на статью:

Свечникова Н.Ю., Эпова И.А. Ярославцев А.В. Влияние реагентного режима с использованием реагентов-пенообразователей «Т-80», «Флотек», «ДК-80» на показатели флотации высокоминерализованной угольной мелочи // Теория и технология металлургического производства. 2025. №1(52). С. 44-48.

Svechnikova N.Yu., Epova I.A., Jaroslavtsev A.V. The influence of the reagent regime using foaming agents T-80, Flotec, DK-80 on the flotation performance of highly mineralized coal fines. *Teoria i tehnologiya metallurgicheskogo proizvodstva*. [The theory and process engineering of metallurgical production]. 2025, vol. 52, no. 1, pp. 44-48.