

Л.А. МОРОЗОВА, О.А. МОРОЗОВ, кандидаты техн. наук,
Г.А. МАВРЕНКО
(Украина, Луганск, ГП "Укрнииуглеобогащение")

АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИИ ФЛОТАЦИИ УГЛЕЙ НА ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ ФАБРИКАХ УКРАИНЫ

Углеобогажительными фабриками Украины в 2008 году было переработано 71558,1 тыс.т рядового угля [1]. Больше половины из них (36388,4 тыс. т) переработано на ОФ с обогащением шламовых продуктов методом флотации. При этом флотационному обогащению подвергались все шламы коксующихся углей и около 20% энергетических, что позволило увеличить ресурсы углей для коксования и снизить зольность товарной продукции фабрик, обогащающих энергетические угли. В результате обогащения мелких классов углей и шламовых продуктов методом флотации в количестве 7841,0 тыс. т (без учета ОФ при КХЗ), получено 5537,9 тыс. т флотоконцентрата средней зольностью 12,1%, удельный вес которого в общем концентрате на ОФ с флотацией составил 26,1%.

В таблице 1 приведены основные технологические показатели работы флотоотделений на углеобогажительных фабриках в 2008-2009 годах. Как видно из данных табл.1, диапазон изменения зольности шламов, обогащаемых методом флотации, велик и составляет от 12,2% (ЦОФ "Кондратьевская" 2008 год) до 53,2% (ЦОФ "Октябрьская" 2009 год). Их гранулометрический состав также разнообразен (табл. 2), что обусловлено не только характеристикой флотируемых углей, но и способами подготовки и классификации исходного материала по крупности (от сгущенного радиальных сгустителей и пирамидальных отстойников до слива гидроциклонов малого диаметра ГЦ-250 и ГЦ-150). Так, содержание класса 0,5-1,0 мм колеблется в пределах от 0 до 12%, а класса 0-0,125 мм – от 29,6 до 92,8 %.

Следует отметить, что в последние годы во флотации проявляется устойчивая тенденция смещения верхнего предела крупности от 0,5 до 0,25 мм и далее до 0,125 мм. Это вызвано стремлением снизить себестоимость обогащения углей за счет сокращения объема использования в технологии дорогостоящих процессов обработки шламов в циклах регенерации оборотных вод.

С самыми высокими показателями по зольности отходов флотации и следовательно с минимальными потерями горючей массы работают фабрики, обогащающие угли марки Ж (78,5% – ГОФ "Киевская") и марки К (79,6% – ЦОФ "Чумаковская", в 2008 году). На фоне лучших фабрик необходимо обратить внимание на предприятия, которые выпускают самые низкие по зольности отходы флотации (табл. 1): ЦОФ "Добропольская" – 56,8% и ЦОФ "Октябрьская" – 64,0% [1, 2].

Флотация

Таблица 1

Год	Наименование	Переработано шлама, тыс. т	Получено, тыс. т		Выход к питанию, %		Зольность, %		
			флотоконцентрата	отходов	флотоконцентрата	отходов	питания	флотоконцентрата	отходов
ГП УК "Краснолиманская"									
2008	ГОФ "Краснолиманская"	379,8	190,9	188,9	50,3	49,7	39,3	8,4	70,5
2009		359,4	236,4	123,0	65,8	34,2	29,8	8,6	70,5
АП шахта им. А. Ф. Засядько									
2008	ГОФ "Киевская"	216,8	140,3	76,5	64,7	35,3	32,8	8,5	77,4
2009		280,2	198,6	81,6	70,9	29,1	28,7	8,3	78,5
УК шахта "Красноармейская-Западная" №1									
2008	ЦОФ "Чумаковская"	882,5	687,0	195,5	77,8	22,2	26,0	10,8	79,6
2009		700,0	531,2	168,8	75,9	24,1	23,1	8,5	68,9
Ассоциация "Донецкий расчетно-финансовый центр"									
2008	ООО ЦОФ "Узловская"	710,0	612,3	97,7	86,2	13,8	20,0	12,3	68,2
2008	ОАО ЦОФ "Калининская"	391,7	295,0	96,7	75,3	24,7	24,7	9,4	71,5
2008	АП ЦОФ "Комсомольская"	872,8	537,2	335,6	61,5	38,5	38,0	17,3	71,1
ООО "Энергоимпекс"									
2008	ГОАО ЦОФ "Дзержинская"	430,5	298,4	132,1	69,3	30,7	29,8	11,5	71,1
2009	ОАО ЦОФ "Пролетарская"	316,1	208,9	107,2	66,1	33,9	28,6	8,7	67,5
2008	ООО ЦОФ "Кондратьевская"	422,4	374,7	47,7	88,7	11,3	15,2	8,2	70,0
2009		139,9	124,4	15,5	88,9	11,1	15,6	8,7	70,6
2008	ЗАО ЦОФ "Селидовская"	100,6	91,0	9,6	90,5	9,5	12,2	6,3	67,9
2009		73,4	64,2	9,2	87,5	12,5	19,8	12,8	68,9
2008	ОАО ЦОФ "Стахановская"	164,4	95,9	68,5	58,3	41,7	46,5	32,1	66,7
2009		153,7	79,2	74,5	51,5	48,5	46,0	23,9	69,4
2008	ОАО ЦОФ "Селидовская"	112,0	97,1	14,9	86,7	13,3	26,3	19,5	70,4
2009		32,6	25,1	7,5	77,0	23,0	23,7	9,8	70,1
ООО "Метинвестхолдинг"									
2008	ОАО ЦОФ "Колосниковская"	431,4	398,3	33,1	92,3	7,7	14,3	9,5	72,7
ОАО "Донбасская топливно-энергетическая компания"									
2008	ОАО ЦОФ "Добропольская"	584,6	358,2	226,4	61,3	38,7	35,4	18,7	61,8
2009		497,3	201,2	296,1	40,5	59,5	42,2	20,8	56,8
2008	ОАО ЦОФ "Октябрьская"	347,5	154,5	193,0	44,5	55,5	46,8	21,4	67,1
2009		362,0	143,7	218,3	39,7	60,3	53,2	36,8	64,0
ЗАО "Луганская угольная компания"									
2008	ЗАО "Михайловское"	53,3	34,1	19,2	64,0	36,0	30,6	8,3	70,3
2009		113,8	70,1	43,7	61,6	38,4	32,7	9,3	70,3
2008	ОАО ГОФ "Белореченская"	125,8	64,0	61,8	50,9	49,1	44,1	17,2	72,0
2009		117,4	59,5	57,9	50,7	49,3	41,6	12,0	72,0
2008	ЗАО "Криворожское"	137,2	76,2	61,0	55,5	44,5	40,2	14,1	72,7
2009		148,0	116,0	32,0	78,4	21,6	25,3	12,2	72,6
ОАО "Краснодонуголь"									
2008	СП ГОФ "Самсоновская"	878,4	676,4	202,0	77,0	23,0	21,5	6,7	71,0
2009		680,0	496,4	183,6	73,0	27,0	26,3	9,4	72,1
2008	СП ЦОФ "Дуванская"	297,0	239,5	57,5	80,6	19,4	21,0	9,1	70,5
2009		300,3	232,7	67,6	77,5	22,5	23,5	9,5	71,6

Флотація

Таблиця 2

Наименование ЦОФ, КХЗ, исходный материал, год отбора	Класс крупности, мм								Золь- ность питания, %
	+0,5		0,25-0,5		0,125-0,25		0-0,125		
	γ, %	A ^d , %	γ, %	A ^d , %	γ, %	A ^d , %	γ, %	A ^d , %	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
"Октябрьская", слив ГЦ-1000, 2005	0,5	6,2	6,4	6,2	5,9	10,6	87,2	56,9	50,7
2007	1,7	6,0	9,0	7,0	1,8	9,0	87,5	56,1	50,9
"Добропольская", слив ГЦ-350, ГЦ-1000, фильтрат, 2007	–	–	3,8	4,7	7,4	5,1	88,8	56,1	50,4
2008			3,67	3,7	6,57	5,8	89,76	51,7	46,9
"Чумаковская" Сгущ. радиальн. сгуст., слив ГЦ-1000,фильтрат 2005	2,4	3,4	13,9	6,4	5,9	13,6	77,8	39,7	32,7
2004	11,47	4,5	18,94	10,3	19,42	24,2	50,17	48,9	31,7
"Самсоновская", Сгущ. пирамид. отстой- ников, сгущ. радиальн. сгуст., фильтрат, 2006	2,6	3,9	25,1	4,1	2,9	7,9	69,5	21,2	16,1
2010	4,57	3,9	25,05	4,1	1,93	7,9	68,45	21,2	15,9
Дуванская, слив флотоворонки из сгущ. радиальн., 2006	3,8	4,5	25,0	7,9	2,7	3,5	68,5	24,6	19,1
2008	11,22	4,9	23,57	5,2	4,0	9,5	61,21	23,7	16,7
"Комсомольская", слив ГЦ-1000, подреше- тный ГК-1,5	12,7	27,8	33,9	26,9			53,4	52,8	40,8
Михайловская, слив ГЦ-630 и ГЦ-360, 2004	–	–	9,6	4,0	1,6	14,6	88,8	23,8	27,8
2007	0,42	6,6	14,61	3,7	2,15	3,5	82,82	47,8	40,2
2009	4,0	1,3	29,8	3,3	20,8	8,3	45,4	19,5	11,6
"Дзержинская" сгущ. радиальн. 2008	–	–	4,8	3,2	18,5	4,4	76,7	33,5	26,7
2009	2,33	11,5	5,17	4,3	20,12	4,7	72,38	31,3	22,9
Узловская, сгущ. радиальн.2007	6,9	4,3	30,5	5,5	26,4	13,0	36,2	31,3	16,7
Киевская, слив ГЦ-350, 2007	–	–	0,22	2,5	7,0	2,5	92,8	19,5	18,3
"Авдеевский КХЗ", слив пирамид. отст. 2005	–	–	5,3	3,1	15,6	5,5	79,1	30,0	24,7

Флотация

Продолжение табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2007	–	–	6,0	5,5	12,7	3,7	81,3	19,3	16,5
"Калининская"	1,28	13,5	42,34	14,5	26,76	16,5	29,57	22,2	17,3
"Краснолиманская", слив ГЦ-630, ф-т на перечистку, 2008	3,6	2,4	10,8	2,0	21,1	3,4	64,5	34,2	23,1
2009	2,3	2,91	19,8	22,9	10,6	16,1	67,3	32,9	29,1
"Пролетарская", слив ГЦ-1000, слив ГЦ-630, часть сгущ. радиальн. 2004	0,9	3,1	0,9	3,0	0,7	2,8	97,5	18,0	17,6
2004	0,21	3,3	10,46	1,7	1,50	2,0	87,83	14,3	12,8
"Селидовская", слив ГЦ-350, слив ГЦ-1000 и перечистка	–	–	12,5	3,9	8,3	8,2	79,2	41,1	33,7
2007	5,13	6,4	12,71	8,2	3,82	13,9	78,34	56,0	45,8
"Белореченская", слив ГЦ-150, фильтрат	5,6	3,7	13,2	5,1	9,3	11,4	71,9	52,6	39,8
"Колосниковская", слив ГЦ-1000	0,04	2,0	4,39	2,0	22,24	3,0	73,33	18,0	14,0
2007	0,06	1,9	2,96	1,9	15,34	2,3	81,64	27,0	22,5
"Макеевский КХЗ", слив ГЦ-710	–	–	6,2	4,3	8,8	5,2	85,0	27,1	23,8
"Стахановская" слив ГЦ-350 2010	5,89	2,3	13,07	3,4	19,77	6,2	61,27	41,3	27,1
2000	24,83	26,2	49,15	31,0	12,38	34,2	13,54	49,8	32,7
"Криворожская", слив ГЦ-710	–	–	26,9	3,1	21,0	8,3	52,1	26,5	16,3

В 2009 году по сравнению с 2008 годом улучшены показатели на фабриках: "Киевская", "Кондратьевская", "Селидовская", "Самсоновская" и "Дуванская".

Зольность отходов флотации на этих фабриках увеличилась на 1,1...2,7%, а зольность флотоконцентрата снизилась на 0,2...8,2%. Это объясняется применением оптимальных реагентных режимов, наиболее эффективных флотореагентов, автоматизации процесса их подачи и распределения, а также применением новых или модернизированных флотационных машин, оборудованных самыми современными и наиболее эффективными аэрационными устройствами.

Ухудшились показатели флотации по сравнению с уровнем предыдущего года на ЦОФ "Дзержинская", "Чумаковская", "Добропольская" и "Октябрьская". Так, зольность отходов флотации на этих фабриках снизилась на 3,1...10,7%, причем зольность флотоконцентрата на ЦОФ "Добропольская" и "Октябрьская" возросла на 2,1...15,4%. Ухудшение показателей на ЦОФ "Чумаковская" и "Дзержинская" обусловлено участием в сырьевой базе этих фабрик труднофлотируемых российских углей шахт "Распадская" и "Кыргайская", тре-

Флотация

бующих применения других более эффективных флотореагентов и оптимальных режимов их дозирования. На фабриках "Добропольская" и "Октябрьская" не уделяется должного внимания усовершенствованию технологии флотации углей, затягивается решение вопроса модернизации флотомашин и автоматизации управления процессом на современном уровне.

Необходимо отметить, что механизм управления загрузкой фабрик (в частности сырьевой базой) перестал эффективно действовать в связи с предоставлением в последние годы государственным предприятиям и шахтам большей самостоятельности. Одновременное обогащение углей нескольких марок различных по степени метаморфизма [1,2] отрицательно влияет на показатели работы фабрик. Так, на фабриках ООО ЦОФ "Узловская", ОАО ЦОФ "Калининская", АП ЦОФ "Комсомольская", ООО "Кондратьевская ЦОФ", ОАО ЦОФ "Дзержинская", ЗАО "Криворожское" осуществлялось обогащение трех – шести марок углей широкого диапазона (от ДГ до Т). Это требует частых перенастроек режимов флотации, что усложняется инерционностью изменения характеристики флотируемого шлама вследствие наличия радиальных сгустителей в водно-шламовой схеме.

Анализ действующего парка флотационных машин, установленных на углеобогатительных фабриках Украины показывает, что за последние годы в отрасли осуществлялось техническое перевооружение многих флотационных отделений. В настоящее время на фабриках находится 77 флотационных машин механического типа преимущественно с объемом камер от 6,3 до 25,0 м³, флотомашин с объемом камер менее 5 м³ почти полностью демонтированы, остались лишь на фабриках "Добропольская" и "Селидовская" (табл. 3 – Флотомашин, применяемые на обогатительных фабриках Украины). На ряде фабрик иногда имеет место эксплуатация машин при неудовлетворительном их техническом состоянии, что естественно сопровождается снижением качественно-количественных показателей процесса флотации и прежде всего снижением зольности отходов.

Таблица 3

Фабрика	ФМУ-50, аэраторы			МФУ-6, аэраторы			ФЛ-7, аэраторы		МФУ-12, аэраторы				ФМ-25, аэраторы	
	Радиально-осевые	Широколопастные	Косая шайба	Радиально-осевые	Широколопастные	БАВТ	Радиально-осевые	БАВТ	Радиально-осевые	Широко-лопастные	Центробежные	Диагональные	Радиально-осевые	Центробежные трубчатые
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
"Краснолиманская"					6									
"Добропольская"			3		2									
"Октябрьская"				1	3									

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
"Комсомольская"					10									
"Калининская"									2	2				
"Узловская"									1	3				
"Стахановская"									1,5	(1,5)				
"Кондратьевская"					1	(2)								
"Дзержинская"				1						1	0,5	0,5		
"Пролетарская"										2				
"Селидовская"	2	1		1										
"Самсоновская"				1			3	2						
"Дуванская"						2								
"Колосниковская"						4								
"УПЦ-1 АКХЗ"													4	
"Чумаковская"									2	1				
"ОФ №2 МКХЗ"													0,5	0,5
"Михайловская"				1		1								
"Криворожская"									2					
"Белореченская"									1					
"Киевская"									4					
Итого	2	1	3	5	22	9	3	2	13,5	10,5	0,5	0,5	4,5	0,5

Известно, что существенное влияние на технологию флотации оказывают конструктивные особенности аэратора флотомашин. От него зависит интенсивность перемешивания пульпы с реагентами, степень аэрации пульпы, условия минерализации и всплывания пузырьков, их деминерализация, а также сохранность пенного слоя.

Разработанный институтом "Укрнииуглеобогащение" аэрационный блок механической флотационной машины с радиально-осевым импеллером за счет совмещения в одном импеллере двух встречно расположенных осевых колес и радиальных лопаток позволяет равномерно распределять пульповоздушную смесь по объему камеры, увеличить степень аэрации пульпы, диспергирование воздуха и реагентов [3, 4].

Из 77 флотомашин, работающих в настоящее время на углеобогажительных фабриках, 34 оснащены широколопастными аэраторами, 11 – БАВТами и 28 флотомашин модернизированы аэраторами радиально-осевого типа, применение которых позволяет значительно интенсифицировать процесс флотации и при использовании оптимальных режимов подачи и дозирования флотореагентов повысить эффективность и селективность процесса обогащения шламовых продуктов.

Почти на всех углеобогажительных фабриках Украины с флотацией применяется сочетание двух типов флотореагентов (табл. 4 – Флотореагенты, применяемые на обогажительных фабриках Украины): собирателей и вспенивателей. Лишь в углеподготовительном цехе ОАО "Авдеевский КХЗ" используется единый реагент УР-410, созданный на основе коксохимических продуктов, и на двух углеобогажительных фабриках ("Краснолиманская" и "Октябрьская") – флотореагент нефтеуглехимический ФНУ нестабильного качества, что негативно сказывается на технологических показателях процесса.

Флотация

Таблица 4

Фабрика		Собира- тель		Вспениватель					Единый реагент	
Подчинен- ность	Наименование	ТС-1	дизтопливо	Масло ПОД	Композици- онный реа- гент	Оксаль марки Т-66	КЭТГОЛ	Монтанол 800	ФНУ	УР-410
ГП УК Красноли- манская	Краснолиманская								+	
ДТЭК	Добропольская Октябрьская	+		+					+	
ДРФЦ	Комсомольская Калининская Узловская	+		+					+	
ООО Энергоим- пекс	Стахановская		+					+		
	Кондратьевская	+		+						
	Дзержинская	+		+						
	Пролетарская Селидовская		+			+	+			
ООО "Метин- вестхолдинг"	Самсоновская	+			+					
	Дуванская	+			+					
	Колосниковская	+		+						
	УПЦ-1 АКХЗ									+
ЗАО До- нецксталь	Чумаковская	+				+				
	ОФ №2 МКХЗ	+				+				
	ЗАО Донецксталь МЗ филиал ОФ	+				+				
ЗАО ЛУК	Михайловская		+			+				
	Криворожская		+					+		
	Белореченская	+		+						
АП ш. им. За- сядько	Киевская	+				+				
Итого		15	4	8	2	6	1	2	3	1

Институт "Укрниуглеобогащение" уделяет значительное внимание совершенствованию технологии флотационного обогащения углей за счет разработки и применения высокоэффективных реагентов, использования усовершенствованных технологических режимов и способов их подачи, дозирования и распределения по фронту флотации. Сравнительные исследования флотационной активности различных реагентов вспенивателей свидетельствуют о техно-

логических преимуществах Оксалья марки Т-66, КЭТГОЛа и вновь разработанного композиционного реагента [5] по сравнению с маслом ПОД.

Флотационные свойства вспенивателей КЭТГОЛ и Оксаль марки Т-66 испытывали на ЦОФ "Пролетарская", "Кондратьевская" и "Селидовская" [6]. Для углей, перерабатываемых ЦОФ "Пролетарская", наиболее приемлемым является использование вспенивателя КЭТГОЛ (зольность отходов возросла в среднем на 1,8 % по сравнению с применением масла ПОД). В условиях ЦОФ "Кондратьевская" выявлено, что замена масла ПОД на реагенты Оксаль марки Т-66 и КЭТГОЛ позволяет повысить зольность отходов соответственно на 2,3 и 1,5% для углей марки Ж и на 1,7 и 1,8% для углей марки ОС. На ЦОФ "Селидовская" наилучшие качественно-количественные показатели флотации достигнуты при использовании в качестве вспенивателя реагента Оксаль марки Т-66, обеспечивающего увеличение зольности отходов на 2,4%. Расход реагентов вспенивателей во всех случаях снижался, а качество концентрата оставалось на прежнем уровне или улучшалось.

В результате длительной работы флотационного отделения ГОФ "Самсоновская" на новом реагентном режиме с применением в качестве собирателя ТС-1, а в качестве вспенивателя разработанного композиционного реагента зольность отходов увеличилась в среднем на 2,6% при практически неизменном качестве концентрата. Потребность во вспенивателе уменьшилась в 7 раз. Высокие флотационные свойства композиционного реагента, хорошая текучесть при низких температурах и достаточные ресурсы для обеспечения потребностей углеобогащения позволяют рекомендовать этот реагент для широкого промышленного использования.

Немаловажное значение имеет режим подачи и распределения флотореагентов по фронту флотации. Применение оптимальных способов распределения реагентов по камерам флотомашин обеспечивает более равномерный съем пенного продукта во времени [7, 8], что позволяет повысить селективность процесса разделения и снизить потери горючей массы с отходами. Внедрение рассматриваемых методов повышения селективности флотации угольных шламов на ЦОФ "Киевская", "Дзержинская", "Стахановская", "Пролетарская", "Узловская", "Самсоновская", Макеевском КХЗ и др. позволяет увеличить выход флотоконцентрата на 0,7-1,0% при снижении его зольности на 0,1-0,2%.

Таким образом, на многих фабриках, обогащающих угли для коксования, процесс флотации угольных шламов значительно интенсифицирован путем применения разработок ГП "Укрнииуглеобогащение". Это свидетельствует о возможности увеличения выхода флотоконцентрата, улучшения технико-экономических показателей работы углеобогатительных фабрик и снижения потерь горючей массы с отходами флотации в результате планомерного технического переоснащения технологического оборудования современными образцами, его модернизации, а также применения эффективных флотореагентов и оптимальных режимов их дозирования.

Флотація

Список литературы

1. Технично-економический анализ работы углеобогатительных фабрик Украины за 2008 год. – Луганск: ГП "Укрнииуглеобогашение", 2009. – 119 с.
2. Технично-економический анализ работы углеобогатительных фабрик Украины за 2009 год. – Луганск: ГП "Укрнииуглеобогашение", 2010. – 122 с.
3. . Усовершенствование конструкции флотационных машин механического типа. / **И.П. Курченко, Л.А. Морозова, Г.А. Мавренко и др.** // Уголь Украины – 2006.– №7.
4. Интенсификация процесса флотации углей путем совершенствования конструкции флотационных машин механического типа / **И.П. Курченко, А.П. Левандович, Л.А. Морозова и др.** // Збагачення корисних копалин: Наук.-техн. зб. – 2005. – №22. – С. 140.
5. Патент на корисну модель №5482 "Спосіб флотації вугілля" / **І.П. Курченко, О.О. Золотко, О.О. Краснонос, та інші.** – Бюл. №3 від 15.03.2005.
6. Применение эффективных флотореагентов – важнейший путь интенсификации процесса флотации / **И.П. Курченко, О.А. Морозов, С.О. Федосеева и др.** // Уголь Украины – 2008. – №3.
7. **Классен В.И.** Флотация углей. – М.: ГНТИ, 1963. – 379 с.
8. Патент на корисну модель № 12709 "Спосіб флотації вугілля"/ **І.П. Курченко, В.В. Черкасов, О.О. Морозов та ін.** – Бюл. № 2 від 15.02.2006 р.

© Морозова Л.А., Морозов О.А., Мавренко Г.А., 2010

Надійшла до редколегії 13.04.2010 р.

Рекомендовано до публікації д.т.н. О.Д. Полуляхом