

гравитационными методами может быть достигнуто содержание серы на уровне 1,5–1,9%.

Для расчета норм зольности добываемых углей определены значения плотности проб. Полученные данные п– в табл. 5.

Таблица 5

Проба	Материал	Плотность, кг / м ³	Зольность, %
1	Уголь	1456	15,46
2	–”–	1407	9,43
3	–”–	1409	10,32
4	–”–	1357	6,73
5	–”–	1443	13,56
Средн.		1414	11,10
1 (кровля)	Порода	2407	85,91
1 (почва)	–”–	2534	86,60
2 (кровля)	–”–	2557	93,27
2 (почва)	–”–	2682	89,77
3 (кровля)	–”–	2608	93,20
3 (почва)	–”–	2589	91,93
4 (кровля)	–”–	2557	92,45
4 (почва)	–”–	2507	89,02
5 (кровля)	–”–	2574	88,94
5 (почва)	–”–	2687	87,74
Средн.		2570	89,88

Установлена тесная корреляционная зависимость между плотностью угольных проб ρ_y и их зольностью в виде

$$\rho_y = 1293 + 10.9 A^d, \text{ кг/м}^3.$$

Приведенная формула позволяет определить плотность чистой угольной пачки по величине зольности. Для породных проб аналогичную зависимость установить не удалось, что можно объяснить относительно малым интервалом варьирования зольности и различным минеральным составом кровли и почвы.

Полученные результаты дают возможность оценить качественные характеристики углей пласта К₂^ш шахты "Самсоновская-Западная" и продуктов их обогащения.

© Смирнов А.И., Самойлов А.И., Корчевский А.Н., 2005

Надійшла до редакції 26.04.2005 р.
Рекомендовано до публікації

УДК 622.7

Д.А. ПОЛУЛЯХ, д-р техн. наук
(Украина, Днепропетровск, Приднепровская лаборатория "УкрНИИУглеобогащение")

К ВОПРОСУ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЦЕЛЕСОБРАЗНОСТИ ПЕРЕОБОГАЩЕНИЯ ПРОМПРОДУКТА НА УГЛЕОБОГАТИТЕЛЬНЫХ ФАБРИКАХ

В связи с дефицитом коксующихся углей на Украине является актуальной разработка технических и технологических решений, направленных на увеличение выхода коксового концентрата. Наряду со снижением потерь горючей массы с отходами углеобогажительных фабрик, одним из важнейших путей решения поставленной задачи является увеличение выхода коксового концентрата за счет переработки промпродукта.

В табл. 1 приведены показатели выхода промпродукта на коксовых фабриках Украины, из которой следует, что выход промпродукта в течение 43 лет находится в пределах от 1,5 до 6,6% с зольностью 37–40% [1]. Пик выпуска промпродукта приходится на 1960 и 1990 г.г. (рис. 1), причем минимальная его зольность приходится на 1990 г. (рис 2).

За это время зольность рядового угля стабильно увеличивалась и достигла в 2003 году 39,8%, при этом зольности концентрата и отходов остаются практически неизменными на уровне, соответственно 7,3–8,8 и 73,1–74,9%. Однако зольности концентрата и отходов в последние годы находятся вблизи верхних значений приведенных диапазонов (рис 3).

Таблица 1

Год	Промпродукт				Зольность, %		
	Кол-во, тонн	Выход, %	Зольность, %	Влага, %	Рядового угля	концентрата	породы
1960	3768,1	6,6	38,6	8,8	20,2	7,4	68,4
1965	2755,9	3,8	39,7	8,4	22	7,3	70,3
1970	2196,2	3,0	39,0	7,2	23,3	7,3	73,6
1975	3172,1	3,7	38,1	7	25,7	7,4	75,2
1980	4030,3	4,6	40,0	7,3	27,1	7,5	73,6
1985	4304,1	5,2	39,4	7,2	28,6	7,7	73,1
1990	2952,1	5,4	37,0	6,9	27,5	7,3	74,4
1995	622,8	3,2	39,2	7,1	31,7	7,9	70,8
2000	433,1	1,7	39,6	7,9	37,2	8,8	74,9
2003	262,1	1,5	38,1	8	39,8	8	74,87

Рис. 1. Выход и влага промпродукта

Рис. 2. Зольность промпродукта

Рис. 3. Зольность продуктов обогащения

В табл. 2 приведены фракционные составы промпродукта коксовых фабрик, взятые из данных [2–12]. Из этих данных и опыта гравитационного обогащения углей [13–16] следует, что промпродукт по содержанию в нем промпродуктовых фракций условно можно разделить на четыре категории:

- I – с содержанием промпродуктовых фракций меньше 10%.
- II – от 10 до 30%.
- III – от 30 до 50%.
- IV – 50 и более%.

Фабрика	год	крупність	<1500		1500–1800		>1800		Итого	
			γ, %	A ^d , %	γ, %	A ^d , %	γ, %	A ^d , %	γ, %	A ^d , %
Узловская	1997	>10	4,3	18,7	92,7	39,24	3	71,7	100	39,3
		1–10	–	–	62,5	30,5	37,5	70	100	45,3
Комсомольская Краснолиман-с кая	1997	1–13	36,6	16,8	31,7	37,26	31,7	81,2	100	43,7
		1–13	65,8	7,66	34,2	66,74	–	–	100	31,6
Чумаковская	2000	1–13	31,1	10,79	32,4	38,5	36,5	82,7	100	46,1
		1–13 (осн.)	64,68	11,16	11,35	43,12	23,97	78,42	100	30,91
	2004	1–13 (кон.)	45,2	12,39	25,1	38,76	29,7	71,49	100	36,52
Пролетарская	2004	>13	96,23	18,4	2,83	39,8	0,943	76,8	100	57,9
		1–13	15,93	22,0	14,46	45,5	69,61	78,5	100	64,7
Колосниковска я	2005	1–13	30,31	17,0	31,43	35,5	38,26	68,1	100	42,3
		1–100 (осн.)	25,84	6,5	6,87	29,3	67,29	76,1	100	54,9
Дзержинская	2004	1–100 (кон.)	44,15	5,2	9,2	26,6	46,64	69,8	100	37,3
		13–100	12,47	8,8	45,15	40,1	42,37	83,2	100	53,9
		1–13	23,45	9,8	46,44	32,2	30,11	74,6	100	39,7
		>13	7,991	9,4	60,04	51	31,97	68,5	100	53,27
Октябрьская	1997	+15	4,5	10,5	53,7	34,7	41,8	68,6	100	46,7
Дуванская	2004	+15	4,5	10,5	53,7	34,7	41,8	68,6	100	46,7
		1–13	22,42	16,67	9,16	38,27	68,42	81,62	100	63,09
Самсоновская	2004	1–100	40,47	9,8	7,47	26,7	52,06	78,6	100	46,9

Для первой категории промпродукта целесообразна технология обогащения с его возвратом на переобогащение в загрузку основной отсадочной машины.

Для второй категории целесообразно направление промпродукта основной отсадки на контрольную Ом с выделением трех продуктов: концентрата КОМ, промпродукта КОМ и отходов КОМ, причем промпродукт КОМ дробится и возвращается в загрузку основной отсадочной машины.

Для третьей категории целесообразно направление промпродукта основной отсадочной машины на контрольную с выделением трех продуктов: концентрата КОМ, промпродукта КОМ и отходов КОМ, причем промпродукт КОМ дробится и возвращается в загрузку контрольной отсадочной машины.

Для четвертой категории целесообразно дробление промпродукта основной Ом с переобогащением его в контрольной Ом, с выделением трех продуктов: концентрата КОМ, промпродукта КОМ и отходов КОМ, причем промпродукт КОМ выделяется как товарный промпродукт.

Следует иметь в виду, что наилучшие показатели обогащения промпродукта в отсадочных машинах достигается при обогащении его узким классом [17], поэтому добавление шламов в контрольную отсадочную машину нежелательно.

Исходя из данных фракционного состава промпродукта, выделение из него концентратной фракции возможно двумя способами: обогащение промпродукта как механической смеси концентратных, промпродуктовых и породных фракций с помощью гравитационных аппаратов и предварительное раскрытие промпродукта с последующим обогащением его как механической смеси.

Если первый способ следует из фракционного состава промпродукта и требует лишь выполнения фракционных анализов, то второй способ требует специальных исследований для определения технологической целесообразности его раскрытия и дальнейшего обогащения.

В качестве примера ниже приведены исследования промпродукта ЦОФ "Чумаковская", полученного при обогащении углей марки К ш. "Красноармейская-Западная №1" [12]. В связи с тем, что существующая технологическая схема ЦОФ "Чумаковская" не предусматривает выделение крупного промпродукта. Исследованию подвергалась фракция +1,8 т/м³, выделенная из отходов тяжелосреднего сепаратора.

В табл. 3 и 4 приведен гранулометрический и фракционный составы этой фракции до и после дробления до крупности 13 мм.

Таблиця 3

Класс, мм	До дробления		После дробления	
	Выход, %	Зольность, %	Выход, %	Зольность, %
+13	73,45	36,6	22,36	44,5
6–13	15,55	29,96	14,08	38,14
3–6	6,45	22,4	17,6	30,09
1–3	2,65	25,51	23,19	25,72
0–1	1,9	36,26	22,77	34,11
Итого	100	34,35	100	34,35

Из табл. 3 следует, что после дробления зольность классов 3–6, 6–13 и +13 мм выросла соответственно на 7,69; 8,18 и 7,9%, зольность класса 1–3 осталась практически без изменений, зольность класса 0–1 мм снизилась с 36,26 до 34,11%.

Таблиця 4

Плотность фракций т/м ³	До дробления		После дробления					
			Класс 13–25		Класс 1–13		Итого	
	γ, %	A ^d , %	γ, %	A ^d , %	γ, %	A ^d , %	γ, %	A ^d , %
–1,5	14,2	19,02	19,75	26,6	49,47	11,19	40,86	15,52
1,5–1,8	85,3	36,84	61,73	40,95	29,88	40,7	39,1	40,81
+1,8	–	–	18,52	72,22	20,65	64,77	20,07	66,76
Итого	100	34,31	100	43,92	100	31,07	100	34,79
Показатель Т	35,8		75,8		37,6		48,9	
Выход к исходному, %	98		22,36		54,87		77,23	

Фракционный состав рассматриваемого продукта (табл. 4) резко изменился, что говорит о раскрытии сростков промежуточных фракций. Так, зольность фракции –1,5 т/м³ снизилась с 19,02 до 15,52%, а ее выход увеличился с 14,20 до 40,86%. Выход фракции 1,5–1,8 т/м³ уменьшился с 85,8 до 39,1%, а ее зольность повысилась на 3,97% с 36,84 до 40,81%. В дробленом продукте появилась фракция –1,8 т/м³ с выходом 20,04% и зольностью 66,76%. Следует обратить внимание на увеличение в дробленном продукте класса 0–1 мм с 1,9 до 22,77%, что приводит к увеличению нагрузки на водно-шламовый комплекс. Кроме того повышение эффективности дробления (т.е. отсутствие класса +13 в дробленном продукте) приводит к фракционному составу, приведенному в

табл. 4 для продукта класса 1–13 мм, из которого следует, что выход фракции –1,5 т/м³ достигает 49,47% с зольностью 11,19%. Категория обогатимости при этом не меняется, однако показатель Т изменяется в 2,28 раза с 85,8 до 37,6%, что свидетельствует об улучшении обогатимости рассматриваемого продукта.

Таким образом, при выделении крупного промпродукта в условиях ЦОФ "Чумаковская" на углях ш. "Красноармейская-Западная №1" его дробление до крупности 13 мм технологически целесообразно, причем необходимо предусмотреть контроль по классу +13 мм дробленного продукта и его возврат в питание дробилки.

В связи с тем, что ЦОФ "Чумаковская" выпускает коксовый концентрат, возникает вопрос о переобогащении промпродукта контрольной отсадочной машины (КОМ)

Таблиця 5

Плотность фракций т/м ³	Исходный продукт											
	Исходный класс 1–13 мм			Дробленый класс 1–5 мм			Дробленый класс 1–3 мм			Дробленый класс 1–1,5 мм		
	γ _н , %	γ _{фр} , %	A ^d , %	γ _н , %	γ _{фр} , %	A ^d , %	γ _н , %	γ _{фр} , %	A ^d , %	γ _н , %	γ _{фр} , %	A ^d , %
	–1,5	36,3	45,2	12,2	29,8	46,9	8,23	24,1	46,6	8,16	13,4	45,1
1,5–1,8	20,1	25,1	35,92	14,3	22,5	31,79	10,8	20,9	31,5	5,8	19,4	31,2
1,8	23,8	29,7	69,8	19,6	30,6	67,7	16,8	32,5	67,1	10,5	35,5	67,8
Итого	80,2	100	35,26	63,5	100	31,93	51,7	100	32,19	29,7	100	33,92
Класс 0–1 мм	19,8		66,05	36,5		58,13	48,3		51,18	70,3		44,5
Всего	100		41,36	100		41,36	100		41,36	100		41,36
d _{ср}		1			2,33			3,5			5,6	
d _{ср}												

Из данных табл. 5 следует, что промпродукт контрольной отсадочной машины состоит из 45,2% фракций –1,5 т/м³ с зольностью 12,29%, 25,1% фракций 1,5–1,8 т/м³ с зольностью 38,76% и 29,7% фракций +1,8 т/м³ с зольностью 71,49%.

Выполненные исследования определения степени раскрытия промпродукта КОМ (табл. 5) показали, что зольность фракций промпродукта снижается только при его дроблении до 5 мм, далее величина зольности при дальнейшем дроблении стабилизируется на уровне: для легких фракций 8,16–8,42% (первоначальная 12,2%), для средних фракций 31,2–31,79% (первоначальная 35,92%), для тяжелых фракций 31,93–33,92% (первоначальная 35,26%). При этом увеличение выхода класса 0–1 мм и снижение его зольности составляет при i = 1, соответственно, 19,8 и 66,05%, при i = 2,33, соответственно, 36,5 (+16,7) и 58,13 (–7,92)%; при i = 3,5, соответственно, 48,3(+28,5) и 51,18(–14,87)%; при i = 5,6, соответственно, 70,3(+50,5) и 44,5(–21,55)%.

Флотация образовавшегося шлама, как следует из табл. 6, малоэффективна при использовании флотореагентов и режимов, применяющихся в настоящее время на ЦОФ "Чумаковская".

Таблиця 6

Расход реагентов			Зольность, %			Выход, %		Извлечение горючей массы в концентрат, %
собирабельность		вспениваемость	питания	концентрата	отходов	концентрата	отходов	
ТС-1	Дитто плыво	Оксаль						
1400	–	30	44,5	9,3	46,4	5,1	94,9	9,7
–	1400	60	44,5	19,9	48,7	14,6	85,4	21,0

Выход флотоконцентрата при зольности 9,3% составляет 5,1%, при зольности флотоконцентрата 19,9% соответственно 14,6%. Извлечение горючей массы в концентрат в первом случае 9,7% при зольности отходов 46,4%, во втором –21,0% при зольности отходов 48,7%.

Применяя другие флотореагенты и режимы из данного продукта возможно получение более качественных показателей флотации, однако для этого необходимо провести специальные исследования.

Таким образом, с точки зрения снижения зольности фракций, раскрытие зерен дробления промпродукта целесообразно до 5 мм, однако соотношение между "легкими", "средними" и "тяжелыми" фракциями практически не изменяется и находится на уровне как 2:1:1,5. При этом необходимо учитывать расширение фронта флотации и введение новых реагентов и режимов.

Следовательно, дробление промпродукта КОМ целесообразно. Выделение из него концентратных (или породных) фракций необходимо осуществлять гравитационным методом, представляя промпродукт как механическую смесь частиц твердого материала различной плотности, например, на винтовых сепараторах или в тяжелосредних циклонах.

Таким образом, гранулометрический и фракционный состав промпродукта и степень его раскрытия, выход класс менее 0,5 мм и его флотируемость, наличие резервов водно-шламового комплекса и определяет технологическую целесообразность переобогащения промпродукта с точки зрения увеличения выхода коксового концентрата.

Список литературы

1. Технико-экономический анализ работы углеобогатительных фабрик Украины за 1960, 1965, 1970, 1975, 1980, 1985, 1990, 1995, 2000, 2003 гг. – Луганск, Украинуглеобогатение: 1961, 1966, 1971, 1976, 1981, 1986, 1991, 1996, 2001, 2004 гг.
2. Полулях А. Д. Технологические регламенты углеобогатительных фабрик: Справочно-информационное пособие. – Днепропетровск: Изд-во НГУ, 2002. – 855 с.
3. Технологические регламенты основных процессов ЦОФ «Чумаковская» / Рук.

- А. Д. Полулях. – Луганск. – Укриниуглеобогащение. – 1996. – 129 с.
4. Технологические регламенты основных процессов ЦОФ «Краснолиманская» / Рук. А. Д. Полулях – Луганск – Укриниуглеобогащение – 1997. – Т.1– 81 с.
5. Технологические регламенты основных процессов ЦОФ «Краснолиманская» / Рук. А. Д. Полулях – Луганск – Укриниуглеобогащение – 2000. – Т.1– 92 с.
6. Технологические регламенты основных процессов ЦОФ «Чумаковская» / Рук. А. Д. Полулях – Луганск – Укриниуглеобогащение – 2000. – Т.1– 138 с.
7. Технологические регламенты основных процессов ЦОФ «Селидовская» / Рук. А. Д. Полулях – Луганск – Укриниуглеобогащение – 2004. – 202 с.
8. Технологические регламенты основных процессов ЦОФ «Октябрьская» / Рук. А. Д. Полулях – Луганск – Укриниуглеобогащение – 2004. – 181 с.
9. Выполнить комплексное опробование и осуществить расчет качественно-количественной и водно-шламовой схемы ОП ГОФ «Самсоновская» / Рук. А. Д. Полулях – Луганск – Укриниуглеобогащение – 2004. – 36 с.
10. Выполнить комплексное опробование и осуществить расчет качественно-количественной и водно-шламовой схемы ОП ГОФ «Дуванская» / Рук. А. Д. Полулях – Луганск – Укриниуглеобогащение – 2004. – 41 с.
11. Технологические регламенты основных процессов ЦОФ «Дзержинская» / Рук. А. Д. Полулях. – Луганск – Укриниуглеобогащение – 2005.
12. Выполнить анализ техники и технологии ЦОФ «Чумаковская» и разработать рекомендации по совершенствованию ее технологии и аппаратного оснащения с целью увеличения выхода концентрата. Отчет. / Рук. А. Д. Полулях, И. Д. Пейчев. – Луганск – Укриниуглеобогащение – 2005. – 135 с.
13. Техника и технология обогащения углей/ Под ред. В. И. Чангурия, А. Р. Молявко. – М.: Наука, 1995. – 622 с.
14. Молчанов А. Е., Молявко А. Р., Доброхотова И. А., Коровин В. И. Техника и технология тяжелосреднего обогащения углей: Обзорная информация. – М.: Изд-во ЦНИИУголь., – 1992.– 49 с.
15. Самылин Н. А. Технология обогащения угля гидравлической отсадкой М.: Недра, 1967. – 140 с.
16. Обогащение углей гравитационными методами / Под ред. И. С. Егорова. – М.: Недра. – 1965. – 140 с.
17. Рекомендации по комплексу оборудования, схемам и технологическим параметрам отсадки / Под ред. А. М. Котника, Н. А. Самылина. – Ворошиловград: Укриниуглеобогащение, 1971. – 85 с.

© Полулях А.Д., 2005

Надійшла до редколегії 29.04.2005 р.
Рекомендовано до публікації