

2. Топливо твердое минеральное. Методы определения выхода продуктов полукоксования: ГОСТ 3168 – 93 (ИСО 647 – 74). – Действителен от 1993-10-21. – Минск: Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 1993. – 20 с. – (Государственный стандарт Украины).

3. Тайц, Е. М. Методы анализа и испытания углей как сырья для промышленного использования / Е.М. Тайц, Н. Г. Титов, Н. В. Шишаков. – М.: Госгортехиздат, 1961. – 316 с.

4. Отчет о НИР (промежуточный) ИГТМ им. Н.С. Полякова НАН Украины; Руководитель А.Ф. Булат. – Днепропетровск, 2007. – 130 с. – № 0107U002003; инв № 6792.

5. Отчет о НИР (промежуточный) ИГТМ им. Н.С. Полякова НАН Украины; Руководитель А.Ф. Булат. – Днепропетровск, 2008. – 111 с. – № 0107U002003; инв № 6880.

УДК 622.794.3:622.74.3

А.И. Шевченко, к.т.н.
(ИГТМ НАН Украины)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ОБОГАЩЕНИЯ УГОЛЬНЫХ ШЛАМОВ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ КОНЦЕНТРАТА

Наведено результати раніше виконаних досліджень з переробки вугільних шламів. Виконано аналіз складу шламів. Запропоновано збагачення вугільних шламів грохоченням для одержання концентрату з максимальним вмістом вуглецю при мінімальній зольності

DEFINITION OF POSSIBILITY OF ENRICHMENT COAL SLIMES FOR CONCENTRATE RECEPTION

Results before the executed researches on processing coal slimes are resulted. The structure analysis slimes is made. Enrichment coal slimes screening for reception of a concentrate with the maximum maintenance of carbon is offered at minimum ash level

За последние годы в Украине резко возрос интерес к переработке шламов, содержащихся в накопителях [1, 2]. Это обусловлено рядом причин:

- дефицит энергоносителей, который предопределяет устойчивый спрос на угольную продукцию;

- высокое содержание горючей массы в накопителях – до 70 %;

- низкая стоимость сырья, не превышающая 10 грн/т;

- несложность добычи и ее невысокая себестоимость.

Актуальность исследований и анализа практического опыта переработки шламов различной категории связаны с громадными их запасами в накопителях. При этом зольность в различных накопителях колеблется в пределах 30...70 %. Таким образом, углеродная часть в виде мелких угольных частиц составляет весомую долю. Для более полного извлечения угля необходимы новые технологии и техника, способные решить эту актуальную техническую проблему. Учитывая огромные суммарные запасы накопителей и высокий процент содержания в них угля, они представляют собой техногенные месторождения, которые требуют освоения. Себестоимость углеродной массы, доизвлекаемой из накопителей, несравненно ниже добываемого рядового угля. Область его использования при соответствующем качестве (при зольности не более 27...28 %) очень большая (преимущественно это – энергетика), а при брикетировании и

снижении зольности возможно использование при производстве кокса и в металлургии [1–4].

Как известно, на обогатительных фабриках глубина и схемы обогащения углей различались. В связи с этим качественные характеристики шламов (грансостав, выход классов, содержание в них золы и углерода) в накопителях существенно изменяются.

В ИГТМ НАН Украины на протяжении нескольких лет ведется изучение сырьевой базы обогатительных фабрик шахт и коксохимзаводов Украины [5–7]. Исследовался минералогический и гранулометрический состав шламов, что позволило определить закономерности распределения угля в шламах в зависимости от их крупности, а также разработать рекомендации и методику по использованию тонкого вибрационного грохочения при переработке угольных шламов. В соответствии с рекомендациями была выполнена модернизация серийного грохота ГИЛ-52 и проведены промышленные испытания по переработке шламов из накопителя Кураховской ЦОФ, давшие положительные результаты, на основе которых он был оставлен для дальнейшей эксплуатации [6]. На базе этих данных разработан способ переработки шламов из накопителей и получен патент [8].

Способ заключается в следующем. На основе анализа проб, взятых в разных точках по площади накопителя, осуществляют выбор и аналитический расчет зоны классов крупности, имеющей высокое содержание угля. Далее путем тонкой классификации с помощью вибрационного грохочения [9] разделяют шламы на углеродную и силикатную составляющие для получения низкозольного угольного концентрата из высокозольного шлама.

Исследования ряда накопителей [5, 6] показали, что по мере уменьшения крупности содержание зольной части растет, а максимум находится в классах крупностью от 0 до 0,315 мм. На этом этапе была установлена возможность получения обогащенной массы с помощью грохочения по классам 0,2 и 0,315 мм из высокозольных шламов с высоким содержанием углерода при нормативной зольности. Однако при этом часть углерода от 15 до 25 %, а иногда и более, с высокой зольностью теряется с тонкими классами крупностью менее 0,2 мм. Необходимы решения, которые позволят предотвратить или максимально снизить эти потери, что особенно актуально в настоящее время в связи с резким увеличением цен на энергоносители.

Цель работы – определение возможности обогащения угольных шламов грохочением для получения концентрата с максимальным содержанием углерода при минимальной зольности.

Предварительными исследованиями было установлено, что для ряда накопителей характерно смещение максимальной зольности в класс 0–0,05 мм (табл. 1, 3, 5, 7, 9). Рассмотрим возможность обогащения таких шламов с помощью грохочения.

Проба 1 имеет зольность 33,78 % при содержании угля 66,22 %. После грохочения по классу 0–0,05 мм получим следующие продукты (табл. 2): выход надрешетного составит 23,85 % с зольностью 9,52 % при содержании угля

90,48 %; выход подрешетного – 76,15 % при зольности 41,38 % и содержании угля 58,62 %.

Таблица 1 – Характеристика пробы в точке 1 с зольностью исходного продукта $A^d = 33,78$ %

Классы, мм	Выход класса, г	Выход класса γ , %	Зольность класса A^d , %	Содержание золы в классе c_z , %	Содержание угля в классе c_y , %
+2,5–5,0	3,8	0,3	8,35	0,025	0,275
+1,6–2,5	16,6	1,3	2,29	0,029	1,271
+1,0–1,6	35,7	2,78	2,32	0,064	2,716
+0,63–1,0	34,0	2,65	3,83	0,101	2,549
+0,315–0,63	74,2	5,79	5,77	0,334	5,456
+0,2–0,315	43,7	3,41	12,29	0,419	2,991
+0,1–0,2	71,8	5,6	15,38	0,861	4,739
+0,05–0,1	25,9	2,02	21,62	0,437	1,583
0–0,05	976,3	76,15	41,38	31,51	44,64
	$\Sigma = 1282,0$	$\Sigma = 100,0$		$\Sigma = 33,78$	$\Sigma = 66,22$

Таблица 2 – Характеристика продуктов после грохочения шламов из пробы 1 по классу 0,05 мм

Классы, мм	Выход класса, г	Выход класса γ , %	Зольность класса A^d , %	Содержание золы в классе c_z , %	Содержание угля в классе c_y , %
Надрешетный продукт					
+2,5–5,0	3,8	1,24	8,35	0,1	1,14
+1,6–2,5	16,6	5,43	2,29	0,12	5,31
+1,0–1,6	35,7	11,68	2,32	0,27	11,41
+0,63–1,0	34,0	11,12	3,83	0,43	10,69
+0,315–0,63	74,2	24,27	5,77	1,4	22,87
+0,2–0,315	43,7	14,29	12,29	1,76	12,53
+0,1–0,2	71,8	23,49	15,38	3,61	19,88
+0,05–0,1	25,9	8,47	21,62	1,83	6,64
	$\Sigma = 305,7$	$\Sigma = 100,0$		$\Sigma = 9,52$	$\Sigma = 90,48$
Подрешетный продукт					
0–0,05	976,3	100	41,38	41,38	58,62
	$\Sigma = 976,3$	$\Sigma = 100,0$		$\Sigma = 41,38$	$\Sigma = 58,62$

Таблица 3 – Характеристика пробы в точке 2 с зольностью исходного продукта $A^d = 29,78$ %

Классы, мм	Выход класса, г	Выход класса γ , %	Зольность класса A^d , %	Содержание золы в классе c_z , %	Содержание угля в классе c_y , %
+2,5–5,0	0,6	0,08	17,74	0,014	0,066
+1,6–2,5	0,6	0,08	17,78	0,014	0,066
+1,0–1,6	1,4	0,17	6,33	0,011	0,159
+0,63–1,0	7,6	0,95	4,93	0,047	0,903
+0,315–0,63	68,0	8,47	11,62	0,984	7,486
+0,2–0,315	57,0	7,09	11,62	0,824	6,266
+0,1–0,2	135,5	16,87	16,01	2,701	14,169
+0,05–0,1	22,0	2,74	21,83	0,598	2,142
0–0,05	510,3	63,55	38,69	24,587	38,963
	$\Sigma = 803,0$	$\Sigma = 100,0$		$\Sigma = 29,78$	$\Sigma = 70,22$

Содержание угля в пробе 2 составляет 70,22 % при зольности 29,78 %. После разделения по классу 0–0,05 мм (табл. 4) выход надрешетного продукта составит 36,45 % с содержанием углерода 85,76 % при зольности 14,24 %; выход подрешетного продукта 63,55 % при зольности 38,69 % и содержании угля 61,31 %.

Таблица 4 – Характеристика продуктов после грохочения шламов из пробы 2 по классу 0,05 мм

Классы, мм	Выход класса, г	Выход класса γ , %	Зольность класса A^d , %	Содержание золы в классе c_z , %	Содержание угля в классе c_y , %
Надрешетный продукт					
+2,5–5,0	0,6	0,2	17,74	0,04	0,16
+1,6–2,5	0,6	0,2	17,78	0,04	0,16
+1,0–1,6	1,4	0,48	6,33	0,03	0,45
+0,63–1,0	7,6	2,6	4,93	0,13	2,47
+0,315–0,63	68,0	23,23	11,62	2,69	20,54
+0,2–0,315	57,0	19,47	11,62	2,26	17,21
+0,1–0,2	135,5	46,3	16,01	7,41	38,89
+0,05–0,1	22,0	7,52	21,83	1,64	5,88
	$\Sigma = 292,7$	$\Sigma = 100,0$		$\Sigma = 14,24$	$\Sigma = 85,76$
Подрешетный продукт					
0–0,05	510,3	100	38,69	38,69	61,31
	$\Sigma = 510,3$	$\Sigma = 100,0$		$\Sigma = 38,69$	$\Sigma = 61,31$

Таблица 5 – Характеристика пробы в точке 3 с зольностью исходного продукта $A^d = 29,78$ %

Классы, мм	Выход класса, г	Выход класса γ , %	Зольность класса A^d , %	Содержание золы в классе c_z , %	Содержание угля в классе c_y , %
+2,5–5,0	0,05	0,004	22,47	0,001	0,003
+1,6–2,5	0,05	0,004	16,11	0,001	0,003
+1,0–1,6	0,1	0,007	32,41	0,002	0,005
+0,63–1,0	1,3	0,092	20,11	0,019	0,073
+0,315–0,63	38,8	2,723	4,45	0,121	2,602
+0,2–0,315	67,3	4,79	6,71	0,321	4,469
+0,1–0,2	143,0	10,17	9,92	1,009	9,161
+0,05–0,1	45,5	3,24	15,38	0,498	2,742
0–0,05	1110,9	78,97	39,20	30,956	48,014
	$\Sigma = 1407,0$	$\Sigma = 100,0$		$\Sigma = 32,93$	$\Sigma = 67,07$

В пробе 3 содержание угля составляет 67,07 % при зольности 32,93 %. Выполнив грохочение по классу 0–0,05 мм, получим: выход надрешетного продукта – 21,03 % с зольностью 9,37 % при содержании угля 90,63 %; выход подрешетного – 78,97 % при зольности 39,2 % и содержании угля 60,8 % (табл. 6).

Таблица 6 – Характеристика продуктов после грохочения шламов из пробы 3 по классу 0,05 мм

Классы, мм	Выход класса, г	Выход класса γ , %	Зольность класса A^d , %	Содержание золы в классе c_z , %	Содержание угля в классе c_y , %
1	2	3	4	5	6
Надрешетный продукт					
+2,5–5,0	0,05	0,02	22,47	0,007	0,013
+1,6–2,5	0,05	0,02	16,11	0,003	0,017
+1,0–1,6	0,1	0,03	32,41	0,01	0,02
+0,63–1,0	1,3	0,44	20,11	0,09	0,35
1	2	3	4	5	6
+0,315–0,63	38,8	13,1	4,45	0,58	12,52
+0,2–0,315	67,3	22,73	6,71	1,53	21,2
+0,1–0,2	143,0	48,29	9,92	4,79	43,5
+0,05–0,1	45,5	15,37	15,38	2,36	13,01
	$\Sigma = 296,1$	$\Sigma = 100,0$		$\Sigma = 9,37$	$\Sigma = 90,63$
Подрешетный продукт					
0–0,05	1110,9	100	39,2	39,2	60,8
	$\Sigma = 1110,9$	$\Sigma = 100,0$		$\Sigma = 39,2$	$\Sigma = 60,8$

Таблица 7 – Характеристика пробы в точке 4 с зольностью исходного продукта $A^d = 44,83$ %

Классы, мм	Выход класса, г	Выход класса γ , %	Зольность класса A^d , %	Содержание золы в классе c_z , %	Содержание угля в классе c_y , %
+2,5–5,0	0,1	0,02	25,98	0,005	0,015
+1,6–2,5	0,3	0,06	26,33	0,016	0,044
+1,0–1,6	0,4	0,07	23,71	0,016	0,054
+0,63–1,0	2,1	0,39	24,23	0,094	0,296
+0,315–0,63	45,3	8,33	14,02	1,168	7,162
+0,2–0,315	40,1	7,37	16,01	1,179	6,191
+0,1–0,2	44,1	8,11	20,16	1,635	6,475
+0,05–0,1	30,9	5,68	23,76	1,349	4,331
0–0,05	380,7	69,97	56,27	39,372	30,598
	$\Sigma = 544,0$	$\Sigma = 100,0$		$\Sigma = 44,83$	$\Sigma = 55,17$

Содержание угля в пробе 4 составляет 55,17 % при зольности 44,83 %. После разделения шламов по классу 0–0,05 мм выход надрешетного продукта составит 30,03 % с содержанием углерода 81,76 % при зольности 18,24 %; выход подрешетного продукта 69,97 % при зольности 56,27 % и содержании угля 43,73 % (табл. 8).

Таблица 8 – Характеристика продуктов после грохочения шламов из пробы 4 по классу 0,05 мм

Классы, мм	Выход класса, г	Выход класса γ , %	Зольность класса A^d , %	Содержание золы в классе c_z , %	Содержание угля в классе c_y , %
Надрешетный продукт					
+2,5–5,0	0,1	0,06	25,98	0,03	0,03
+1,6–2,5	0,3	0,18	26,33	0,08	0,1
+1,0–1,6	0,4	0,24	23,71	0,06	0,18

Продолжение табл. 8

+0,63–1,0	2,1	1,29	24,23	0,31	0,98
+0,315–0,63	45,3	27,74	14,02	3,89	23,85
+0,2–0,315	40,1	24,56	16,01	3,93	20,63
+0,1–0,2	44,1	27,01	20,16	5,45	21,56
+0,05–0,1	30,9	18,92	23,76	4,49	14,43
	$\Sigma = 163,3$	$\Sigma = 100,0$		$\Sigma = 18,24$	$\Sigma = 81,76$
Подрешетный продукт					
0–0,05	380,7	100,0	56,27	56,27	43,73
	$\Sigma = 380,7$	$\Sigma = 100,0$		$\Sigma = 56,27$	$\Sigma = 43,73$

Таблица 9 – Характеристика пробы в точке 5 с зольностью исходного продукта $A^d = 44,83\%$

Классы, мм	Выход класса, г	Выход класса γ , %	Зольность класса A^d , %	Содержание золы в классе c_z , %	Содержание угля в классе c_γ , %
+2,5–5,0	0,2	0,03	4,64	0,001	0,029
+1,6–2,5	0,2	0,03	11,44	0,003	0,027
+1,0–1,6	0,5	0,07	12,32	0,009	0,061
+0,63–1,0	3,0	0,4	6,97	0,028	0,372
+0,315–0,63	43,5	5,93	8,70	0,516	5,414
+0,2–0,315	38,3	5,23	10,34	0,541	4,689
+0,1–0,2	95,5	13,03	11,23	1,463	11,567
+0,05–0,1	10,9	1,49	23,00	0,343	1,147
0–0,05	540,9	73,79	38,39	28,328	45,462
	$\Sigma = 733,0$	$\Sigma = 100,0$		$\Sigma = 31,23$	$\Sigma = 68,77$

Проба 5 имеет зольность 31,23 % при содержании угля 68,77 %. После грохочения по классу 0–0,05 мм получим: выход надрешетного продукта 26,21 % с зольностью 11,08 % при содержании угля 88,92 %; выход подрешетного – 73,79 % при зольности 38,39 % и содержании угля 61,61 % (табл. 10).

Таблица 10 – Характеристика продуктов после грохочения шламов из пробы 5 по классу 0,05 мм

Классы, мм	Выход класса, г	Выход класса γ , %	Зольность класса A^d , %	Содержание золы в классе c_z , %	Содержание угля в классе c_γ , %
Надрешетный продукт					
+2,5–5,0	0,2	0,1	4,64	0,005	0,095
+1,6–2,5	0,2	0,1	11,44	0,015	0,085
+1,0–1,6	0,5	0,26	12,32	0,03	0,23
+0,63–1,0	3,0	1,56	6,97	0,11	1,45
+0,315–0,63	43,5	22,64	8,70	1,97	20,67
+0,2–0,315	38,3	19,94	10,34	2,07	17,89
+0,1–0,2	95,5	49,71	11,23	5,58	44,13
+0,05–0,1	10,9	5,67	23,00	1,3	4,37
	$\Sigma = 192,1$	$\Sigma = 100,0$		$\Sigma = 11,08$	$\Sigma = 88,92$
Подрешетный продукт					
0–0,05	540,9	73,79	38,39	38,39	61,61
	$\Sigma = 540,9$	$\Sigma = 100,0$		$\Sigma = 38,39$	$\Sigma = 61,61$

Анализ проб (табл. 1...10) показал, что, разделив высокозольные шламы по классу 0,05 мм, можно получить продукты с таким качеством (рис. 1):

- надрешетный с выходом обогащенной массы $\gamma = 20...30\%$ со средней зольностью $A^d = 10...20\%$ при среднем содержании угля $C_y = 80...90\%$;
- подрешетный $\gamma = 70...80\%$; $A^d = 40...55\%$ $C_y = 45...60\%$.

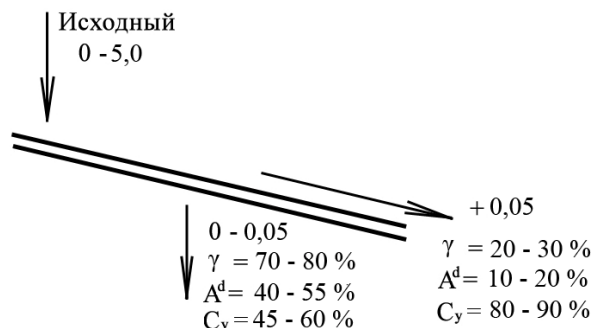


Рис. 1 – Результаты грохочения шламов по классу 0,05 мм

Таким образом, установлено, что путем одностадийного грохочения из высокозольных шламов можно выделить угольный концентрат крупностью +0,05 –5,0 мм (выход продукта составляет 20...35 %) с высоким содержанием углерода (80...90 %) при низкой зольности (10...20 %). Потери углерода в классе 0–0,05 мм составляют 45...60 %. Ведутся исследования, которые позволят их максимально снизить.

Полученные результаты будут использованы при создании методик и проектных работ, связанных с переработкой высокозольных шламов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гаркушин Ю.К. Сучасний стан та перспективи переробки вугільних шламів / Гаркушин Ю.К., Сергеев П.В., Білецький В.С. // Збагачення корисних копалин: Наук.-техн. зб. – 2003 – Вип. 17(58). – С. 143-150.
2. Епихин В.Ю. Модульные установки для переработки породных отвалов и илонакопителей / Епихин В.Ю., Чумак В.Ф., Вертола Л.Т. // Збагачення корисних копалин: Наук.-техн. зб. – 2002. – Вип. 15(56). – С. 59-65.
3. Вторичные ресурсы твердого топлива Украины / [Пивняк Г.Г., Пилов П.И., Кирнарский А.С., Кочетов В.В.] // Обогащение полезных ископаемых: Науч.-техн. сб. НГУ. – Днепропетровск, 1999. – Вып.1(42) – С. 40-47. Надутый В.П., Эрперт А.М., Шевченко А.И.
4. Бент О.И. Состояние техногенной напряженности, пути ее регулирования и уменьшения в угледобывающих районах / Бент О.И., Мокрицкая Л.М., Шутова О.С. // Уголь Украины. – 1995. – № 10. – С. 37-39.
5. Надутый В.П. Тонкое вибрационное грохочение при переработке угольных шламов / Надутый В.П., Нагорский А.Ф., Шевченко А.И. // Геотехническая механика: Сб. науч. тр. ИГТМ НАН Украины. – Днепропетровск, 2005. – Вып. 58. – С. 185-190.
6. Надутый В.П. Испытание грохота для тонкой классификации угольных шламов / Надутый В.П., Шевченко А.И. // Геотехническая механика: Сб. науч. тр. ИГТМ НАН Украины. – Днепропетровск, 2005. – Вып. 59. – С. 164-169.
7. Надутый В.П. Метод оценки качества шламов из илонакопителей / Надутый В.П., Эрперт А.М., Шевченко А.И. // Геотехническая механика: Сб. науч. тр. ИГТМ НАН Украины. – Днепропетровск, 2006. – Вып. 61. – С. 284-292.
8. Патент України № 88246, МПК⁷, B03 B 7/00. Спосіб переробки шламів із накопичувачів. Надутый В.П., Шевченко О.І.; заявник и патентовладелец Институт геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України. – № a200811471; Заявл. 23.09.2008; Опубл. 25.09.2009; Бюл. № 18.
9. Надутый В.П. Опыт использования виброгрохотов новой конструкции для тонкой классификации минерального сырья / Надутый В.П., Краснопер В.П. // Вібрації в техніці і технологіях: Всеукр. наук.-техн. журнал. – Вінниця. – Вип. 2(34). – 2004. – С. 50-52.