

Д-р техн. наук В.П. Надутый
(ИГТМ НАН Украины),
А.Ф. Нагорский (ООО "Углеобогащение"),
канд. техн. наук А.И. Шевченко
(ИГТМ НАН Украины)

ТОНКОЕ ВИБРАЦИОННОЕ ГРОХОЧЕНИЕ ПРИ ПЕРЕРАБОТКЕ УГОЛЬНЫХ ШЛАМОВ

Розглянуто технологію переробки вугільних шламів із шламонакопичувачів з використанням тонкого вібраційного грохочення та конструктивні особливості обладнання для його реалізації.

THIN PERCUSSIVE SCREENING AT WASTE-HANDLING COAL SLIMES

The know-how of waste-handling of coal slimes from slime accumulators with use of a thin percussive screening and design singularities of machinery for its embodying is reviewed.

Над реализацией идеи переработки угольных шламов обогатительных фабрик работают многие специалисты [1-4]. Поскольку наличие шламов является результатом несовершенства технологии обогащения угля, то разработки ведутся в двух направлениях: углубляется схема полного цикла обогащения и) создаются новые методы дообогащения шламов из шламонакопителей. В данной работе рассматриваются опыт и предложения по второму направлению работ.

Актуальность исследований и анализа практического опыта переработки шламов различных категорий связаны с громадными их запасами в накопителях обогатительных фабрик. По скромным подсчетам, только углеобогащательные фабрики Донецкой области имеют более 170 тыс. тонн балансовых шламов с зольностью не более 45 %, забалансовых первой категории – более 13,5 млн. тонн с зольностью не более 60 % и забалансовых второй категории – более 14,5 млн. тонн с зольностью 70-75 % [5]. Средние цифры зольности 60 % по существу техногенного месторождения угля при современном уровне техники уже нельзя называть отходами обогащения угля. Назрела необходимость дальнейшей переработки шламонакопителей с целью развития сырьевой угольной базы и улучшения экологической обстановки в регионе. Экологический фактор играет важнейшую роль. Достаточно сказать, что удельная техногенная нагрузка достигла катастрофических размеров. Например, в Горловке она составляет 1369,7 тыс. т/км², в Донецке – 1101,9 тыс. т/км², в Макеевке – 1431,5 тыс. т/км², в Дзержинске – 3130,0 тыс. т/км², в Енакиеве – 2081,4 тыс. т/км², в Торезе – 2500,0 тыс. т/км² и т.д. [6, 7]. Наличие большого количества шламонакопителей в регионе вносит огромный отрицательный вклад в нарушение экологической обстановки. Поэтому переработка шламов является не только важнейшей технической и технологической задачей, но и социальной проблемой государственного уровня.

Целью поиска технического решения является разработка способа и средств для его осуществления по максимальному извлечению угля из шламов. Поскольку шламы представляют собой углеродносиликатную массу, которую раз-

делить на составляющие (углерод-силикаты) в полной мере при существующей технологии обогащения не представляется возможным, необходим нетрадиционный метод разделения.

Прежде всего, необходимо установить содержание угля и золы в различных точках шламонакопителя и определить перспективность его разработки. За критерий оценки принимается допустимое содержание золы в шламе после переработки (в концентрате, например, 20-22 %) при максимальном содержании извлеченного угля (35-40 %).

В качестве примера можно привести данные анализа шламов из нескольких точек шламонакопителя обогатительной фабрики (ОФ), показанные в табл. 1-4.

Таблица 1 – Характеристика пробы в точке 1 с зольностью исходного продукта $A^d = 54,06$ %

№ п/п	Классы крупности, мм	Выход класса, γ , %	Зольность класса, A^d , %	Содержание золы в классе, C_z , %	Содержание угля в классе, C_y , %
1	+2,5	3,49	9,31	0,32	3,17
2	+1,6	3,65	17,26	0,63	3,02
3	+1,0	5,18	15,0	0,78	4,4
4	+0,63	5,88	24,31	1,43	4,45
5	+0,315	14,05	45,41	6,38	7,67
6	+0,2	8,81	63,23	5,57	3,24
7	+0,1	12,84	78,85	10,12	2,72
8	+0,05	6,8	74,73	5,08	1,72
9	-0,05	39,3	77,37	30,41	8,89
		$\Sigma = 100,0$		$\Sigma = 60,72$	$\Sigma = 39,28$

Проба 1 имеет зольность 54,06 % при содержании угля 39,28 %. После разделения по крупности 0,2 мм в надрешетном продукте остается обогащенная масса с зольностью 29,0 % и содержанием угля 25,9%.

Таблица 2 – Характеристика пробы в точке 2 с зольностью исходного продукта $A^d = 44,83$ %

№ п/п	Классы крупности, мм	Выход класса, γ , %	Зольность класса, A^d , %	Содержание золы в классе, C_z , %	Содержание угля в классе, C_y , %
1	+2,5	0,73	2,1	0,015	0,715
2	+1,6	1,12	2,85	0,032	1,088
3	+1,0	2,14	3,28	0,07	2,07
4	+0,63	3,83	3,48	0,133	3,69
5	+0,315	15,32	10,14	1,553	13,76
6	+0,2	8,81	24,67	2,173	6,63
7	+0,1	12,98	48,51	6,297	6,68
8	+0,05	4,87	50,00	2,435	2,43
9	-0,05	50,20	71,32	35,803	14,39
		$\Sigma = 100,0$		$\Sigma = 48,51$	$\Sigma = 51,49$

Проба 2 имеет зольность 44,83 % при общем содержании угля 51,49 %. После разделения по крупности 0,1 мм в надрешетном продукте остается обога-

щенная масса с зольностью $A^d = 13,5\%$ и содержанием угля $C_y = 34,55\%$.

Таблица 3 – Характеристика пробы в точке 3 с зольностью исходного продукта $A^d = 38,27\%$

№ п/п	Классы крупности, мм	Выход класса, γ , %	Зольность класса, A^d , %	Содержание золы в классе, C_z , %	Содержание угля в классе, C_y , %
1	+2,5	0,72	2,77	0,02	0,7
2	+1,6	1,44	1,58	0,02	1,42
3	+1,0	2,79	1,83	0,05	2,74
4	+0,63	5,33	2,61	0,14	5,19
5	+0,315	13,14	8,18	1,07	12,07
6	+0,2	4,8	21,75	1,04	3,76
7	+0,1	8,6	50,91	4,38	4,22
8	+0,05	6,87	60,14	4,13	2,74
9	-0,05	56,31	70,03	39,43	16,88
		$\Sigma = 100,0$		$\Sigma = 50,28$	$\Sigma = 49,72$

Проба 3 имеет зольность 38,27 % при содержании угля 49,72 %.

После разделения по крупности 0,2 мм в надрешетном продукте остается обогащенная масса с зольностью $A^d = 6,45\%$ и содержанием угля $C_y = 25,88\%$, а при разделении по крупности 0,1 в надрешетном продукте остается обогащенная масса с зольностью $A^d = 12,8\%$ и содержанием угля $C_y = 28,62\%$.

Таблица 4 – Характеристика пробы в точке 4 с зольностью исходного продукта $A^d = 41,0\%$

№ п/п	Классы крупности, мм	Выход класса, γ , %	Зольность класса, A^d , %	Содержание золы в классе, C_z , %	Содержание угля в классе, C_y , %
1	+2,5	0,34	1,2	0,004	0,336
2	+1,6	0,84	1,16	0,009	0,831
3	+1,0	2,41	1,24	0,029	2,38
4	+0,63	7,03	1,56	0,109	6,92
5	+0,315	18,56	3,60	0,668	17,89
6	+0,2	10,22	10,07	1,019	9,2
7	+0,1	9,57	16,25	1,555	8,01
8	+0,05	7,07	31,49	2,226	4,84
9	-0,05	43,96	68,87	30,27	13,68
		$\Sigma = 100,0$		$\Sigma = 35,89$	$\Sigma = 64,11$

Проба 4 имеет зольность 41,0 % при общем содержании угля 64,11 %.

После разделения по крупности 0,1 мм в надрешетном продукте остается обогащенная масса с зольностью $A^d = 5,0\%$ и содержанием угля $C_y = 45,42\%$, а при разделении по крупности 0,2 зольность обогащенной массы составит $A^d = 3,1\%$ при содержании угля $C_y = 37,4\%$.

Таким образом, определив среднее значение качества обогащенной массы шлама по четырем точкам взятых проб, получим среднюю зольность $A^d = 13-15\%$ при среднем содержании угля $C_y = 30,9-33,6\%$ в надрешетном концентрате. Результаты исследований указывают на принципиальную возможность по-

лучения низкозольного угольного концентрата из высокозольного шлама путем тонкой классификации без применения специальных методов флотации. В этом заключается основная рекомендация для отработки деталей новой технологии, которая состоит из двух основных операций: тонкой классификации угольной пульпы и максимально возможного обезвоживания полученного низкозольного угольного концентрата (надрешетного продукта).

Тонкая классификация по крупности 0,05-0,2 мм с высокой эффективностью для узких полос разделяемых классов сухих сыпучих материалов является проблемой. Для этих целей промышленность Украины оборудования серийно не выпускает. В настоящее время ведутся разработки в этом направлении и отдельные испытания экспериментальных образцов. Классификация пульпы с содержанием твердого по этим классам является еще более трудной задачей, поскольку ее решение усложняется дополнительной вязкостью жидкости и растворенных в ней глинистых включений. Для преодоления этих сил на рабочей поверхности нужны ускорения, значительно превышающие их уровень на существующих серийных вибрационных грохотах. В ИГТМ НАН Украины разработаны вибрационные грохоты для тонкой классификации сухих сыпучих материалов и пульп. Их работа основана на использовании динамической активности эластичной рабочей поверхности (сита) специальной конструкции, работающей в резонансном режиме с частотой колебаний привода грохота. При этом частоты колебаний должны обеспечивать высокую текучесть грохотимой горной массы через отверстия динамически активного сита [8, 9].

Этот принцип рекомендован для модернизации серийных виброгрохотов при использовании их в процессе тонкой классификации. На этом принципе основаны опытные образцы виброгрохотов, разработанных ИГТМ НАН Украины в виде параметрического ряда для промышленной проверки и эксплуатации их при тонкой классификации горной массы (сухой и в виде пульпы). Такое конструктивное решение было рекомендовано для модернизации серийного виброгрохота ГИЛ-52 с целью классификации угольного шлама в виде пульпы по крупности разделения 0,1-0,2 мм в условиях шламонакопителя ОФ. Шламы имеют высокую вязкость, поскольку в своем составе содержат размокшие глинистые сланцы. Зольность шламов на различных участках хранилища колеблется в пределах 38-70 %. В соответствии с выполненным анализом проб, взятых с разных шламонакопителей, наиболее эффективная крупность разделения шлама с максимальным процентом извлечения угольной мелочи минимальной зольности рекомендована +0,1 мм. Поэтому для промышленных испытаний рекомендована металлическая плетеная сетка с ячейкой 0,1 мм. Учитывая угол наклона грохота (10°) и склонность шлама к окомкованию, возможно применение сетки с ячейкой 0,15-0,2 мм. Испытания показали, что пульпа эффективно классифицируется только на участке загрузки грохота длиной 1000-1500 мм, после чего обезвоживается и классификация прекращается. Обезвоженный надрешетный продукт (концентрат) продвигается по грохоту в окомкованном виде (окатыши или пласты). При этом продолжается его обезвоживание, но классификация полностью отсутствует. В окомкованном надрешетном продукте еще

имеется мелкая зольная часть, которая может быть отобрана дальнейшей классификацией на грохоте путем установки брызгал на участке около 1000 мм по длине грохота, начиная от зоны обезвоживания пульпы.

Таким образом, зона грохочения составит: $1000 \div 1500 \text{ мм} + 1000 \text{ мм} = 2500 \text{ мм}$. Поскольку короб грохота ГИЛ-52 имеет длину 4500 мм, то на оставшихся 2000 мм после брызгал материал будет перемещаться и обезвоживаться. В данном случае, реализуя полную длину сита, возможно совмещать операции тонкой классификации пульпы и обезвоживания надрешетного продукта до 22-25 % влажности. Очень важным является тот факт, что на обезвоживающей части грохота сетка с ячейкой 0,1-0,2 мм необязательна. На этом участке может быть установлена сетка с ячейкой 0,5-1,0 мм, что существенно продлевает ее срок службы без изменения качества концентрата. Таким образом, на одном сите происходит два трудно осуществляемых процесса: тонкая классификация и обезвоживание до определенного предела. Сокращение длины грохочения не позволит совместить эти операции. С точки зрения компоновки оборудования такое совмещение целесообразно и позволит достичь цели. Однако наиболее целесообразно разделить эти операции и выполнять их на двух последовательно установленных виброгрохотах: первый – классифицирующий с дополнительной промывкой обезвоженного надрешетного материала и второй – обезвоживающий с подборкой необходимого для этого процесса режима и просеивающей поверхности. В этом случае достаточно иметь два грохота легкого типа с длиной рабочего органа 2-2,5 м в каждом, регулируемой амплитудой колебаний короба, динамически активной рабочей просеивающей поверхностью и регулируемой частотой.

На основании вышеизложенного можно сделать следующие выводы:

1. Выполненные лабораторные и промышленные испытания в условиях участка переработки шламов ОФ показали, что применение виброгрохотов для тонкой классификации с непосредственным возбуждением ситовой поверхности позволяет без дополнительной операции флотации извлекать углеродную составляющую и использовать ее в виде топлива для электростанции. Оставшаяся силикатная масса может найти свое применение для изготовления строительных смесей.

2. Учитывая различную сортность углей и составы вмещающих пород в шламонакопителях, технология и оборудование в каждом конкретном случае должны настраиваться для максимальной эффективности отсева и обезвоживания. При этом соотношение твердого к жидкому в пульпе при подаче на грохот должно быть не менее 1:2, частота колебаний короба грохота и элементов резинового сита РЛСС должна быть не менее 16 Гц (960-980 об/мин – обороты вала вибровозбудителя).

3. Угол наклона короба грохота с одновальным вибровозбудителем рекомендуется 10-12°, а для виброгрохотов с самобалансным вибровозбудителем – не более 4°.

4. Предлагаемая технология позволяет на ОФ перерабатывать отходы флотации (шламы) на углеродную и силикатную часть, при этом каждая из них

имеет потребительскую ценность: углеродная – энергетическую, а силикатная может быть использована в строительной индустрии. Шламы после обезвоживания используются по безотходной технологии, а водная часть пульпы идет для осветления в отстойники.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Полулях А.Д. Особенности современных технологий углеобогащения // Збагачення корисних копалин. Наук.-техн. зб. – 2003. – Вип. 17(58). – С. 3-6.
2. Патракеев В.Н., Пейчев И.Д., Уваров И.И. Переработка техногенного сырья на ЦОФ "Червоноградская" // Збагачення корисних копалин. Наук.-техн. зб. – 2003. – Вип. 17(58). – С. 65-67.
3. Кофанов А.С., Епихин В.Ю., Чумак В.Ф., Король А.П. Комплекс оборудования для обогащения шламов в технологических схемах углеобогатительных фабрик // Збагачення корисних копалин. Наук.-техн. зб. – 2003. – Вип. 17(58). – С. 68-72.
4. Гаркушин Ю.К., Сергеев П.В., Білецький В.С. Сучасний стан та перспективи переробки вугільних шламів // Збагачення корисних копалин. Наук.-техн. зб. – 2003. – Вип. 17(58). – С. 143-150.
5. Полулях А.Д. Технологические регламенты углеобогатительных фабрик // Справочно-информационное пособие. Утверждено к изданию ученым советом УкрНИИ углеобогащения Министерства топлива и энергетики Украины (протокол № 6 от 12.09.01 г.). – Днепропетровск, 2002. – 856 с.
6. Бент О.И., Мокрицкая Л.М., Шутова О.С. Состояние техногенной напряженности, пути ее регулирования и уменьшения в угледобывающих районах // Уголь Украины. – 1995. - № 10. – С. 37-39.
7. Бент О.И. Прогноз социально-экологических исследований утилизации промышленных отходов в Украине // Уголь Украины. – 1997. - № 2-3. – С. 56-57.
8. Надутый В.П., Краснопер В.П. Реализация виброударного взаимодействия рабочих поверхностей грохота при тонкой классификации материалов // Вібрації в техніці і технологіях. Всеукраїнський наук.-техн. журнал - Вінниця. – Вип. 1 (27). – 2003. – С. 83-85.
9. Надутый В.П., Краснопер В.П. Опыт использования виброгрохотов новой конструкции для тонкой классификации минерального сырья // Вібрації в техніці і технологіях. Всеукраїнський наук.-техн. журнал - Вінниця. – Вип. 2 (34). – 2004. – С. 50-52.