

УДК 622.7.1

## **ПЕРЕРАБОТКА ОТХОДОВ, СОДЕРЖАЩИХСЯ В ИЛОНАКОПИТЕЛЯХ. ИЗВЛЕЧЕНИЕ КЕРАМЗИТА ИЗ ИЛОНАКОПИТЕЛЕЙ**

**Науменко В. Г.**, доцент, к.т.н., ГОУ ВПО «ДонНТУ»,

**Переверзева В. В.**, студентка группы ОПИ-14 ГОУ ВПО «ДонНТУ».

**Аннотация.** Рассмотрены основные способы извлечения керамзита из илонакопителей.

**Ключевые слова:** илонакопитель, керамзит, отходы, переработка.

**Annotation.** The main criteria for the applicability of thin-layer thickening and the methodological basis for the selection of thin-layer thickeners are considered.

**Key words:** thickening, clarification, thin-layer thickener, hydraulic particle size.

Неблагоприятная экологическая обстановка в Донбассе требует ликвидации сброса отходов углеобогажительных фабрик в отстойники и илонакопители, а напряженный топливный баланс республики вызывает необходимость разработки эффективных средств энергетического использования в топливном комплексе страны тонкозернистых забалансовых шламов.

В настоящее время в сезонном режиме работы для извлечения ценных компонентов в товарную продукцию применяются различные варианты для отработки илонакопителей. При этом из илонакопителей не извлекаются полностью шламовые продукты, и земли не рекультивируются, что не соответствует требованиям экологии и отраслевым нормативным документам. Требования экологии к существующим производствам предполагают недопущение сбросов вторичных жидких продуктов обратно в илонакопитель, что в большинстве случаев не выполняется.

Установлено, что из шламовых продуктов, пригодных к переобогащению, которые находятся в илонакопителях исследованных углеобогажительных

фабрик, ориентировочно может быть получено 24,6 % (26,8 млн. т) потенциальных топливных ресурсов зольностью 25 %.

Качественные показатели шламов, хранящихся в илонакопителях, и их физико-химические характеристики колеблются в широких пределах и изменяются в процессе длительного хранения [1, 2], что затрудняет их вторичную переработку и требует индивидуального подхода при разработке технологии повторного обогащения содержимого илонакопителей с целью дальнейшего использования.

Зернистый материал крупностью  $> 1,0$  мм во всех пробах практически отсутствует, содержание низкозольных угольных частиц крупностью 0,25 – 1,0 мм составляет 10...20 %, зольность частиц шлама менее 0,25 мм изменяется в пределах 47...70 %. Основное содержание (более 60 %) составляет тонкий высокозольный материал крупностью менее 0,045 мм.

На основании анализа содержимого илонакопителей и существующего положения с их переработкой, установлено, что наиболее эффективными процессами для обогащения шламовых продуктов илонакопителей являются мокрая винтовая сепарация и флотация.

Анализ приведенных данных показывает, что из шламов всех 6 исследованных илонакопителей (кроме илонакопителя ЦОФ «Червоноградская») крупностью менее 0,5 мм может быть получен кондиционный концентрат для энергетических целей с зольностью от 19,6 % до 25,7 % при зольности отходов флотации в интервале 75,7...87,6 %, выход флотоконцентрата колеблется в интервале 31,3...68,4 %.

Резюмируя изложенное можно сделать вывод, что переработка методом флотации содержимого илонакопителей углеобогатительных фабрик является перспективной и целесообразной. При оптимальном подборе реагентных режимов из техногенных угольных месторождений Украины методом флотации возможно дополнительное извлечение кондиционного товарного продукта для энергетики.

С целью создания компактной флотационной машины нового поколения для перемешивания и обогащения илонакопителей с пониженными энергопотреблением и металлоемкостью, в институте «Укрнииуглеобогащение» проведены исследования и разработан параметрический ряд малогабаритных радиальных перемешивающих механических флотационных машин с одним аэрирующим устройством [3], оптимальными аэрогидродинамическими и технологическими характеристиками объемом 2; 16; 25 и 36 м<sup>3</sup>.

Аэратор радиально-осевого типа интенсивно диспергирует и равномерно распределяет воздух по всему объему флотируемой пульпы. Возможность регулирования расхода воздуха на аэрацию во флотомашине позволяет изменять гидродинамические условия в зависимости от характеристик исходного материала и, как следствие, качественно-количественные показатели продуктов флотации.

Использование одного блока-аэратора снижает потребление электроэнергии и металлоемкость по сравнению с существующими образцами флотационных машин в 1,5...2 раза, сокращает расходы на обслуживание и ремонт флотационного оборудования, что является актуальным.

На основании выполненных исследований и синтеза технологических операций по обогащению шламовых продуктов институтом «Укрнииуглеобогащение» разработан технологический комплекс КПШ-100 по переработке шламовых продуктов илонакопителей, включающий 4 основных технологических процесса:

- предварительная подготовка машинных классов с операциями сгущения водоугольной суспензии и подготовки среднезернистого и мелкозернистого машинных классов к обогащению;

- обогащение среднезернистого машинного класса на винтовых сепараторах с операциями обогащения, сгущения и обезвоживания концентрата;

- обогащение мелкозернистого машинного класса методом флотации с операциями обогащения шлама и обезвоживания флотоконцентрата;

- обработка жидких отходов с операцией сгущения жидких отходов в сгустителе и обезвоживания их на фильтр-прессах.

Схема комплекса выполнена с возможностью ее трансформирования к конкретной характеристике содержимого илонакопителя. Согласно с техническими условиями комплекс КПШ-100 комплектуется в основном оборудованием, которое выпускается отечественными производителями серийно, размещается в компактном облегченном здании павильонного типа каркасной конструкции или без него в зависимости от количества шламовых отходов, монтируется из отдельных блоков, количество оборудования в которых может изменяться в зависимости от характеристики содержимого илонакопителя.

Техническая характеристика технологического комплекса по переработке шламов илонакопителей:

- производительность: не более 100 т/ч;
- зольность шлама илонакопителей: от 44 до 69 %;
- крупность обогащаемого шлама: 0-3 мм;
- зольность товарной продукции: не более 25,0 %;
- влажность товарной продукции: не более 15,0 %;
- зольность отходов: не менее 75,0 %;
- выход товарной продукции: 12...62 %.

Одним из ценных компонентов, извлекаемых из илонакопителей является керамзит. Керамзит представляет собой легкий пористый материал ячеистого строения в виде гравия, реже в виде щебня, получаемый при обжиге легкоплавких глинистых пород, способных всучиваться при быстром нагревании их до температуры 1050...1300 °С в течение 25...45 мин. Качество керамзитового гравия характеризуется размером его зерен, объемным весом и прочностью. В зависимости от размера зерен керамзитовый гравий делят на следующие фракции: 5 – 10, 10 – 20 и 20 – 40 мм, зерна менее 5 мм относят к керамзитовому песку. В зависимости от объемного насыпного веса (в кг/м<sup>3</sup>) гравий делят на марки от 150 до 800. Водопоглощение керамзитового гравия

8...20 %, морозостойкость должна быть не менее 25 циклов. Керамзит применяют в качестве пористого заполнителя для легких бетонов, а также в качестве теплоизоляционного материала в виде засыпок. Керамзитовый гравий — частицы округлой формы с оплавленной поверхностью и порами внутри. Керамзит получают главным образом в виде керамзитового гравия. Зерна его имеют округлую форму. Структура пористая, ячеистая. На поверхности его часто имеется более плотная корочка. Цвет керамзитового гравия обычно темно-бурый, в изломе — почти черный. Его получают вспучиванием при обжиге легкоплавких глин во вращающихся печах. Такой гравий с размерами зерен 5 – 40 мм морозоустойчив, огнестоек, не впитывает воду и не содержит вредных для цемента примесей. Керамзитовый гравий используют в качестве заполнителя при изготовлении легкобетонных конструкций. Керамзитовый щебень — заполнитель для легких бетонов произвольной формы, преимущественно угловатой с размерами зерен от 5 до 40 мм, получаемый путем дробления крупных кусков вспученной массы керамзита. Некоторые глины при обжиге вспучиваются. Например, при производстве глиняного кирпича один из видов брака — пережог — иногда сопровождается вспучиванием. Это явление использовано для получения из глин пористого материала — керамзита. Вспучивание глины при обжиге связано с двумя процессами: газовой выделением и переходом глины в пиропластическое состояние. Источниками газовой выделенной являются реакции восстановления окислов железа при их взаимодействии с органическими примесями, окисления этих примесей, дегидратации гидрослюдов и других водосодержащих глинистых минералов, диссоциации карбонатов и т. д. В пиропластическое состояние глины переходят, когда при высокой температуре в них образуется жидкая фаза (расплав), в результате чего глина размягчается, приобретает способность к пластической деформации, в то же время становится газонепроницаемой и вспучивается выделяющимися газами. Для изготовления керамзитобетонных изделий нужен не только керамзитовый гравий, но и мелкий пористый заполнитель. Керамзитовый песок — заполнитель для легких бетонов и

растворов с размером частиц от 0,14 до 5 мм получают при обжиге глинистой мелочи во вращающихся и шахтных печах или же дроблением более крупных кусков керамзита. Производство керамзитового песка по обычной технологии во вращающейся печи неэффективно. Некоторая примесь песчаной фракции получается при производстве керамзитового гравия за счет разрушения части гранул в процессе термообработки, однако он сравнительно тяжелый, так как мелкие частицы глинистого сырья практически не вспучиваются (резервы газообразования исчерпываются раньше, чем глина переходит в пиропластическое состояние). Кроме того, в зоне высоких температур мелкие гранулы разогреваются сильнее крупных, при этом, возможно, их оплавление и налипание на зерна гравия. На многих предприятиях керамзитовый песок получают дроблением керамзитового гравия, преимущественно в валковых дробилках.

Себестоимость дробленого керамзитового песка высока не только в связи с дополнительными затратами на дробление, но главным образом потому, что выход песка всегда меньше объема дробимого гравия. Коэффициент выхода песка составляет 0,4...0,7, т. е. в среднем из 1 м<sup>3</sup> гравия получают только около 0,5 м<sup>3</sup> дробленого керамзитового песка. При этом почти вдвое возрастает его насыпная плотность. В настоящее время при получении керамзитового песка лучшей считают технологию его обжига в кипящем слое. В вертикальную печь загружается глиняная крошка крупностью до 3 или 5 мм, получаемая дроблением подсушенной глины или специально приготовленных по пластическому способу и затем высушенных гранул. Через решетчатый (пористый) под печи снизу под давлением подают воздух и газообразное топливо (или же горячие газы из выносной топки). При определенной скорости подачи газов слой глиняной крошки разрыхляется, приходит в псевдооживленное состояние, а при ее увеличении как бы кипит. Газообразное топливо сгорает непосредственно в кипящем слое. Благодаря интенсификации теплообмена в кипящем слое происходит быстрый и равномерный нагрев материала. Частицы глины обжигаются и вспучиваются примерно за 1,5 мин.

Перед подачей в печь обжига глиняная крошка подогревается в кипящем слое реактора термоподготовки примерно до 300 °С, а готовый песок после обжига охлаждается в кипящем слое холодильного устройства. Насыпная плотность получаемого керамзитового песка— 500...700 кг/м<sup>3</sup>.

К зерновому составу керамзитового песка предъявляются требования, аналогичные требованиям к природному песку, но крупных фракций в нем должно быть больше. Проблему получения керамзитового песка, достаточно эффективного по свойствам и себестоимости, нельзя считать полностью решенной. Часто при получении керамзитобетона в качестве мелкого заполнителя применяют вспученный перлит, а также природный песок. Сырьем для производства керамзита служат глинистые породы, относящиеся в основном к осадочным горным. Некоторые камнеподобные глинистые породы — глинистые сланцы, аргиллиты — относятся к метаморфическим. Глинистые породы отличаются сложностью минералогического состава и, кроме глинистых минералов (каолинита, монтмориллонита, гидрослюда и др.) содержат кварц, полевые шпаты, карбонаты, железистые, органические примеси. Глинистые минералы слагают глинистое вещество — наиболее дисперсную часть глинистых пород (частицы мельче 0,005 мм). Собственно глинами называют глинистые породы, содержащие более 30 % глинистого вещества. Для производства керамзита наиболее пригодны монтмориллонитовые и гидрослюдистые глины, содержащие не более 30 % кварца. Общее содержание SiO<sub>2</sub> должно быть не более 70 %, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> — не менее 12 % (желательно около 120 %), Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + FeO — до 10 %, органических примесей — 1...2 %. Пригодность того или иного глинистого сырья для производства керамзита устанавливают специальным исследованием его свойств. Важнейшее из требований к сырью - вспучивание при обжиге. Вспучиваемость характеризуется коэффициентом вспучивания.

Второе требование к сырью (в значительной степени связанное с первым) — легкоплавкость. Температура обжига должна быть не выше 1250 °С, и при этом переход значительной части наиболее мелких глинистых частиц в расплав

должен обеспечить достаточное размягчение и вязкость массы. Иначе образующиеся при обжиге глины газы, не удерживаемые массой, свободно выйдут, не вспучив материал. Третье из важнейших требований — необходимый интервал вспучивания. Так называют разницу между предельно возможной температурой обжига и температурой начала вспучивания данного сырья. За температуру начала вспучивания принимают ту температуру, при которой уже получается керамзит с плотностью гранулы  $0,95 \text{ г/см}^3$ . Предельно возможной температурой обжига считается температура начала оплавления поверхности гранул. Для расширения температурного интервала вспучивания используют такой прием, как опудривание сырцовых глиняных гранул порошком огнеупорной глины, что позволяет повысить температуру обжига и при этом избежать оплавления гранул.

Применение. Наиболее широкое применение керамзитобетон находит в качестве стенового материала. В ряде районов страны стеновые панели из керамзитобетона стали основой массового индустриального строительства. Особенно эффективно применение для стеновых панелей хорошо вспученного легкого керамзитового гравия марок 300, 400, до 500 (по насыпной плотности). Плотность конструкционно-теплоизоляционного керамзитобетона для однослойных стеновых панелей, как правило, составляет  $900 \dots 1100 \text{ кг/м}^3$ , предел прочности при сжатии —  $5 \dots 7,5 \text{ МПа}$ . Такой бетон в конструкции выполняет одновременно несущую и теплоизоляционную функции. В двух- или трехслойных стеновых панелях требуемую несущую способность может обеспечить слой (или два слоя) конструкционного керамзитобетона, а теплозащитную — слой крупнопористого теплоизоляционного керамзитобетона плотностью  $500 \dots 600 \text{ кг/м}^3$ .

Исследования, проведенные в Белорусском политехническом институте (С.М. Ицкович, Г.Т. Широкий и др.), Алма-Атинском НИИСтромпроекте (М.З. Вайнштейн, В.П. Грицай и др.), Уралнистромпроекте (Г.В. Геммерлинг, А.Н.Чернов и др.), показали, что переход от однослойной конструкции панелей к двух- или трехслойной с разделением несущей и теплозащитной функций

стен и возложением их на соответствующие слои конструкционного и теплоизоляционного керамзитобетона повышает качество и надежность панелей, снижает их материалоемкость. Теплоизоляционный крупнопористый керамзитобетон — самый легкий бетон, который можно получить на данном заполнителе. Его плотность при минимальном расходе цемента лишь немного больше насыпной плотности керамзитового гравия. На керамзите марок 700, 800 получают конструкционные легкие бетоны с пределом прочности при сжатии 20, 30, 40 МПа, используемые для производства панелей перекрытий и покрытий, в мостостроении, где особенно важно снизить массу конструкций.

*Технико-экономические показатели.*

Производство керамзита связано с одновременным уменьшением удельного расхода топливно-энергетических ресурсов на его производство. Основные пути для решения этой задачи следующие: совершенствование структуры производства; рост производительности труда, на 24...26 % для получения за этот счет примерно 90 % общего прироста продукции; более эффективное использование сырья, топлива, электрической энергии, а также производственных мощностей и основных фондов; повышение рентабельности работы предприятия. Для этого необходимо создавать и внедрять принципиально новые орудия труда и технологические процессы, превосходящие по своим технико-экономическим показателям лучшие отечественные и мировые достижения. Общественная производительность труда определяется затратами как живого труда на данном предприятии, так и овеществленного в материалах, машинах, зданиях и сооружениях, используемых при производстве той или иной продукции. Обобщающим показателем общественной производительности труда является себестоимость продукции. На лучших предприятиях годовая выработка на одного рабочего достигает 3000 т при затратах труда менее 1 чел.·ч/т. По этому показателю передовые заводы стоят на уровне лучших достижений мировой техники.

Такой большой подъем производительности труда, общей эффективности производства и качества цемента достигается комплексом организационно-

технических мероприятий, направленных на модернизацию оборудования и перевооружение предприятий новой высокопроизводительной техникой. При этом основное внимание уделяется увеличению выпуска цемента за счет реконструкции и расширения действующих заводов. Сооружение новых предприятий предусматривается преимущественно в районах, где нет аналогичных заводов. Это должно способствовать ликвидации перевозок керамзита на большие расстояния.