

И.А. Левицкий, проф., д-р. техн. наук;  
Ю.Г. Павлюкевич, канд. техн. наук; Н.В. Мазура, канд. техн. наук  
(БГТУ, Минск)

## ПРИМЕНЕНИЕ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ШЛАМОВ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА КЕРАМЗИТОВОГО ГРАВИЯ

Многолетний опыт исследований в области получения керамзитового гравия на основе легкоплавких глин показывает, что определяющее влияние на формирование пористой структуры керамзита при вспучивании легкоплавких глин оказывают глинистые минералы, органические вещества и оксиды железа, вводимые в состав шихт как с основным сырьем, так и с различными корректирующими добавками.

Шламы Белорусского металлургического завода (БМЗ), характеризующиеся высоким содержанием оксидов железа (12,7–14,8 %) соответствуют требованиям, предъявляемым к керамзитовому сырью и могут быть использованы в качестве корректирующих добавок для регулирования вспучиваемости глин при производстве керамзитового гравия.

Шламы СТПЦ-1 и СТПЦ-2 представляют собой материал, образующиеся при нейтрализации сточных вод на станциях нейтрализации БМЗ и состоят, главным образом, из соединений железа и кальция. Согласно проведенным рентрено-фазовым исследованиям основными кристаллическими фазами являются: в шламе СТПЦ-1 —  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  и  $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ ; в шламе СТПЦ-2 —  $\text{CaCO}_3$ . Остальные компоненты шламов присутствуют в виде аморфных соединений. Оксид железа в шламах находится в виде гидроксофосфатов разного состава, который определяется соотношением  $\text{Fe}_2\text{O}_3:\text{P}_2\text{O}_5:\text{H}_2\text{O}$ .

Химический состав шламов на прокаленное вещество в пересчете на оксиды следующий, % (здесь и далее по тексту массовое содержание):  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  12,7–14,8;  $\text{CaO}$  20,0–37,0;  $\text{P}_2\text{O}_5$  0,9–8,3;  $\text{SO}_3$  0,35–34,8;  $\text{ZnO}$  1,67–3,17;  $\text{PbO}$  1,8–2,0;  $\text{MgO}$  0,5–1,0;  $\text{Na}_2\text{O}$  1,0–0,98;  $\text{CO}_2$  0,1–9,3;  $\text{H}_2\text{O}$  17,3–18,2. По данным термического анализа массовая доля свободной воды в шламах составляет 40–65%.

В целях выявления возможности применения шламов БМЗ при производстве керамзита и определения оптимальных составов сырьевых смесей и условий вспучивания проведены лабораторно-технологические испытания.

На основе глины месторождения «Кустиха», применяемой на Петриковском заводе для получения керамзитового гравия, были со-

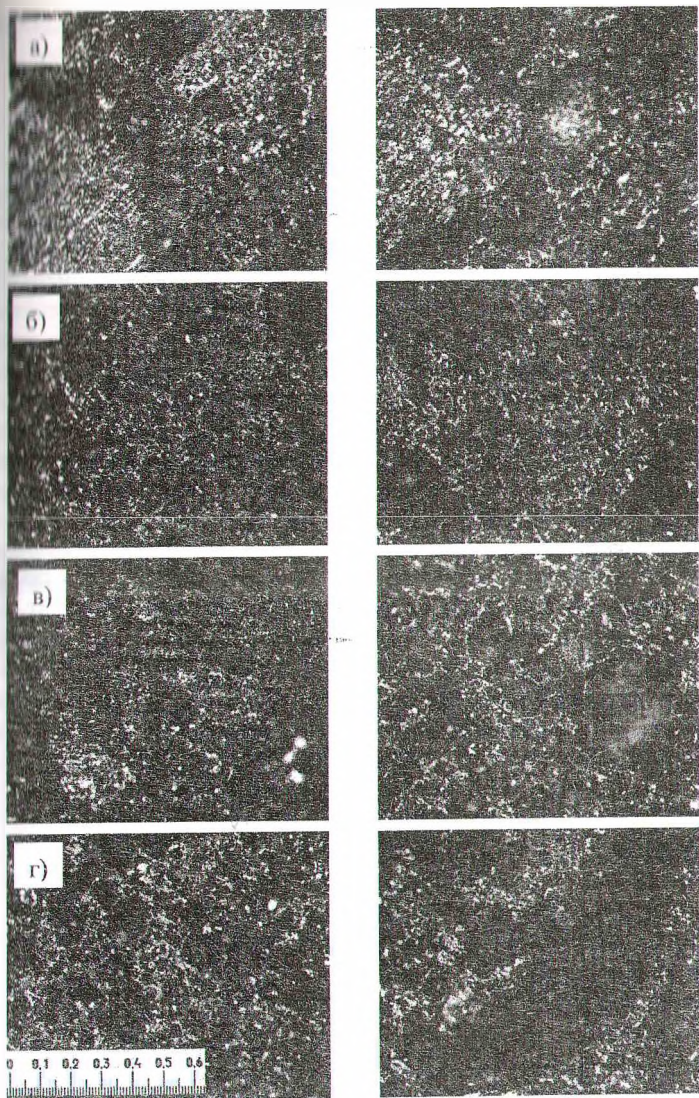
ставлены шихты, включающие в качестве корректирующей добавки шламы БМЗ в количестве 5–12,5%.

Отобранные материалы высушивались до воздушно-сухого состояния и измельчались до крупности 1 мм. После перемешивания, подготовленные для приготовления гранул смеси затворялись водой до формовочной влажности. Формование лабораторных сырцовых гранул осуществлялось пластическим методом. Гранулы диаметром 10 мм высушивались до постоянной массы при температуре 100–105°C. Термическая обработка гранул производилась в электрической лабораторной печи СНОЛ по двухступенчатому принципу нагрева, обеспечивающему быстрый нагрев от температуры термоподготовки до температуры вспучивания. На первой стадии обжига медленный нагрев осуществляли до температуры 550°C со скоростью 300°C/ч, на второй стадии быстрый нагрев – от 550 до 1100–1200°C со скоростью 600°C/ч. Выдержка при максимальной температуре составляла 10 мин.

Анализ микроструктуры полученных материалов показывает, что образцы керамзитового гравия, обладают сложной нерегулярной структурой. Отдельные поры, отличаются по форме, ориентации и кривизне поверхности. Преобладающий размер пор 0,1–0,2 мм. Наиболее плотная структура отвечает образцам, содержащим наименьшее количество шламов – 5 %. В таких образцах пористость развивается на границах глинистых частиц, где по всей вероятности концентрация оксидов железа, вводимых шламами, наибольшая. При введении шламов в количестве от 10 до 12,5 % характер пористости меняется. Она равномерней распределена по объему материала, появляются крупные поры размером до 1–2 мм.

При ускоренном обжиге керамзитового гравия оксид железа  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , оказывающий определяющее влияние на вспучивание материала, согласно дифференциально-термическим исследованиям образуется при температурах 500–700°C и сохраняется в окислительной атмосфере печи вплоть до 1000–1100°C. В продуктах термообработки шлама СТПЦ-1 образуется  $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ , а в образцах шламов СТПЦ-2, кроме  $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ , кристаллизуется гидроксилпатит  $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}$ .

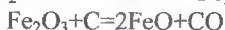
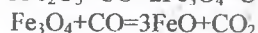
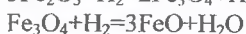
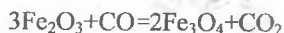
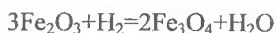
Вспучивание материала вследствие восстановления оксидов железа возможно лишь после завершения процессов выделения гидроксидов из глинистых минералов, за счет  $\text{CO}$  и  $\text{H}_2$ , образующихся из органических веществ и при разложении карбонатов  $\text{CaCO}_3$ .



Содержание гальванических шламов СТПЦ-2, %: а) 5; б) 7,5; в) 10; г) 12,5

**Рисунок – Микроструктура образцов керамзитового гравия,  
полученного при температуре 1150°C**

Последние диссоциируют при температуре выше 800°C.



Последняя реакция при температуре выше 800°C обеспечивает давление газа более  $10^3$  МПа, достаточное для разрыва структурных связей расплава с образованием пузырьков. Другие реакции не дают такого эффекта [1].

Введение шламов БМЗ в состав сырьевой смеси и исследование пределов содержания при получении керамзитового гравия приводит к росту пористости образцов, снижению плотности, что является весьма актуальным в производстве искусственных пористых заполнителей. Однако шламы уменьшают интервал вспучивания сырьевой смеси, что, при их содержании более 10% может отрицательно сказаться на проведении в заводских условиях нормального процесса обжига. Интервал вспучивания для исследованных сырьевых смесей составил 1130–1160°C.

В результате оценки комплекса физико-химических и технологических свойств в качестве оптимальной сырьевой смеси в работе была принята шихта, содержащая 10% добавку шлама. Керамзит, полученный из этой смеси был передан для испытаний в лабораторию Новолукмольского завода керамзитового гравия, где определялась насыпная плотность, гранулометрический состав, сопротивление раздавливанию и морозостойкость пористого заполнителя. Испытания показали, что по всем контролируемым параметрам материал соответствует требованиям СТБ. Потеря массы после 20 циклов попеременного замораживания и оттаивания составляет 0,83%, сопротивление раздавливанию 3,9 Н/мм<sup>2</sup>, насыпная плотность 515–560 кг/м<sup>3</sup>, что значительно лучше показателей образцов, синтезированных с использованием глины без добавок гальваношламов.

Таким образом, использование в качестве корректирующих добавок гальванических шламов Белорусского металлургического завода (БМЗ), позволит не только получить материал с требуемой вспучиваемостью и улучшить качество керамзита, но и расширить диапазон регулирования свойств пористого заполнителя.

## ЛИТЕРАТУРА

1 Колесников, Е.А. Вспучивание легкоплавких глин // Стекло и керамика.—1974.—№5.