

УДК 666.972

Е.И. Демченко, кандидат технических наук
инженер ООО «АКАМ», г. Днепропетровск
И.Е. Мороз, генеральный менеджер ООО «АКАМ»
г. Днепропетровск
С.К. Бодигин, директор ЧП «Тепла хата»
г. Днепропетровск

Экологическое обоснование производства пенобетона неавтоклавного твердения с использованием отходов производства камнеобрабатывающего предприятия

У роботі запропонована технологія раціональної екологічно чистої утилізації відходів камнеобробного підприємства шляхом використання шламу як наповнювача неавтоклавного пінобетону. Наведено результати фізико-механічних випробувань дослідної партії продукції.

The technology of efficient and ecologically recycling of stone processing enterprises through the use of sludge as a filler for non-autoclaved aerated concrete was investigated. The physical and mechanical test results of an experimental batch of products was represented

Введение

Утилизация твердых пылевидных отходов (шлама) камнеобрабатывающих предприятий имеет острую экологическую проблему. Нерациональное накопление отходов в отвалах приводит к загрязнению окружающей среды. При аналитическом подходе к данной проблеме и детальном рассмотрении физико-химических свойств шлама можно заметить, что отходы можно использовать в качестве ценного сырья для производства ячеистых бетонов.

Облегченные строительные ограждающие конструкции с повышенными теплозащитными свойствами пользуются большим спросом у современного потребителя и широко применяются для снижения энергозатрат в конструкциях и сооружениях различного назначения.

На этом фоне приоритетной задачей производителей строительных материалов является предложение качественного конкурентоспособного продукта. При этом сильная конкуренция приводит к вынужденной экономии на качестве шихтовых материалов, что в результате сказывается на качестве готовой продукции в целом. Решением данной проблемы может служить применение отходов производства в качестве сырьевых материалов.

Неавтоклавные пенобетоны на фоне относительно простой технологии изготовления характеризуются достаточно нестабильной структурой и комплексом конструктивных свойств. Поэтому технология требует четкого соблюдения всех операций и постоянного анализа параметров производства.

На основании вышеуказанного разработка и внедрение использования отходов камнеобрабатывающих предприятий в производстве ячеистых бето-

нов неавтоклавного твердения является весьма актуальной задачей.

Цель и постановка задачи

Целью данной работы является определение возможности использования в качестве заполнителя для пенобетона отходов камнеобрабатывающей продукции в виде пылевидного шлама.

Для решения поставленной цели были решены следующие задачи: произведена опытная партия пенобетона со шламом в виде заполнителя технологического происхождения; определено влияние заполнителя на физико-механические свойства пенобетона.

Основная часть

В качестве наполнителя в пенобетонах классически рекомендуют [1] использовать дробленый фракционированный кварцевый песок (ДФКП).

К преимуществам применения ДФКП можно отнести:

- ДФКП прочно сцепляется с цементным камнем благодаря шероховатости поверхности, острым углам зерен и минимальному количеству загрязнения глиноземом.
- Высокая прочность.
- Возможность использования фракционно подготовленную смесь, т.е. подбор фракций заполнителя осуществлять таким образом, чтобы получить бетонно-песчаную смесь максимально плотной структуры, заполняя пустоты в пространстве между частицами, и минимизировать арочный эффект.

Таким образом, измельчение песка позволяет не только повысить его удельную поверхность, получить требуемый гранулометрический состав, но и улучшить качество поверхности частиц путем удаления и разрушения поверхностных неактивных пленок. Создание чистой и активной поверхности зерен песка повышает его реакционную способность в различных процессах. Следует добавить, что операция многократного измельчения одного и того же песка позволяет не только удалить загрязняющие пленки, но и придать песку некоторую степень вяжущих свойств. При этом применение ДФКП влечет за собой дополнительные технологические операции: размол, сушка, рассев.

К недостаткам использования песка необходимо отнести наличие вредных примесей, а именно глины и органических соединений (особенно – гуминовые кислоты). Данный ряд примесей является сильными ингибиторами «схватывания» и «твердения цемента».

При сравнении удельных поверхностей глинистых частиц с частицами цемента (2400 и 3000 м²/л соответственно) можно заметить, что она уже практически приближается к аналогичным показателям цемента. Если учесть, что по условиям обеспечения максимальной прочности каждая частичка заполнителя должна быть покрыта оболочкой цементного раствора, получается, что на обволакивание ультрамелких частиц требуется гораздо больше раствора.

Рациональным видится замена применения ДФКП на пылевидные отходы (шлам) камнеобрабатывающей промышленности со схожими технологическими свойствами.

Образование шлама можно описать следующим образом: для производства плит из натурального камня применяется алмазно-канатные распиловочные машины (рис. 1).



Рисунок 1. Алмазно-канатная распиловочная машина на производстве ООО «АКАМ»

При распиле блоков камня охлаждение алмазного каната производится при помощи воды, которая вымывает образовавшийся в результате резки шлам. По водосточным каналам шлам подается на водоочистные сооружения замкнутого типа, где происходит отделение воды и шлама. Вода после очистки возвращается на нужды производства, а шлам с минимальным количеством влаги (до 5 %) подается в накопители. Производственная мощность предприятия ООО «АКАМ» позволяет получать до 300 т/мес. отходов в виде шлама. Производство преимущественно ориентировано на обработку лабрадорита Слободского месторождения, поэтому химико-минералогический состав шлама известен и представлен в таблице 1.

Известно [2], что морфология частиц наполнителя влияет на: подвижность раствора и смеси, реологические

свойства (тиксотронные и дилатантные), расслаиваемость, воздухововлечение, когезионную прочность растворов, усадочные деформации, прочность сцепления с основаниями, водонепро-

ницаемость, устойчивость к агрессивным воздействиям и др.

Физико-механические свойства мелкого наполнителя влияют на реологические свойства бетонной смеси – предельное напряжение сдвига, вязкость и на плотность бетона.

Свободная поверхность шлама, или, другими словами, механоактивной добавки, после измельчения не является равновесной и статически устойчивой. В приповерхностном слое начинаются процессы перестройки в направлении равновесного состояния. Однако, как показывает практика, расфасованные механоактивированные цементы, сохраняют свою активность в течение года и более.

Одним из важных технологических свойств шлама является фракционный состав. Так, весь фракционный состав шлама лежит в пределах 0–16 мкм. Другим немаловажным технологичес-

Таблица 1. Химико-минералогический состав лабрадорита Слободского месторождения

Минерал	Содержание, %				
	Na ₂ O	CaO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	Альбит—анортит
Лабрадор	4,0	13,3	31,8	51,9	30% Na[AlSi ₃ O ₈] — 70% Ca[Al ₂ Si ₂ O ₈]

ким свойством наполнителя является форма частиц. Так, благодаря особенностям структуры плагноклаза (главной составляющей лабрадорита) при распиле блока камня алмазными канатами частицы шлама приобретают форму чешуек. Такая форма способствует созданию в межпоровой перегородке пенобетона более плотной упаковки частиц (рис. 2).

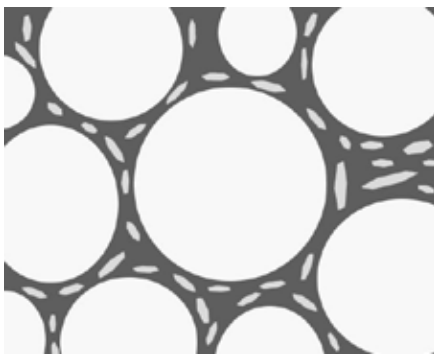


Рисунок 2. Схематическое изображение структуры пенобетона: белыми кругами обозначены поры; черным – цементный раствор; серым – частицы шлама

Условная схема показывает, как чешуйчатые частицы располагаются между воздушными пузырьками в теле цементного раствора. При этом частицы располагаются в пространстве между пузырьками (межпоровом пространстве), плотно упаковываются и повторяют их шаровидную форму. Данная схема, на наш взгляд, будет способствовать повышению физико-механических свойств готового изделия.

В обратном же случае, если в межпоровой перегородке не достигается стесненного состояния, то образовавшиеся первичные продукты гидратации будут находиться преимущественно в гелеобразном состоянии, при высыхании которых начнут развиваться усадочные явления, как в межпоровых перегородках, так и во всем массиве пенобетонного изделия [3]. Сформировавшаяся перегородка при таких условиях будет обладать небольшой прочностью, что в свою очередь приводит к резкому снижению прочностных характеристик пенобетона.

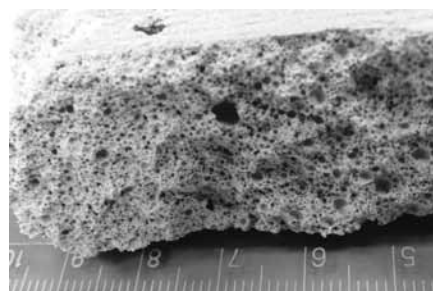
К преимуществам использования механоактивированного шлама можно отнести следующее:

- образование активных центров на свежесформированной поверхности позитивно влияет на увеличение реакционной способности;
- места выхода дислокаций на поверхности частиц кристаллов служат энергетической ямой для зарождения и развития процесса гидратации цемента;
- стабильность гранулометрического состава.

В условиях ЧП «Тепла хата» была произведена опытная партия пенобетона марки Д 600 с применением шлама в качестве наполнителя. Макроструктура излома пенобетона представлена на рисунке 3.

Использование шлама в пенобетонной смеси позволяет повысить её агрегативную устойчивость в период схватывания цементного теста и тем самым предотвратить перемещение компонентов в пространстве под действием гравитационной составляющей компонентов. Отмечено явное отсутствие седиментации раствора по высоте, что положительным образом сказывается на анизотропии свойств готового изделия.

Прочность на сжатие образцов с использованием в качестве наполнителя песка и шлама составила $14,4 \pm 0,6$ и $13,0 \pm 0,7$ кгс/см², соответственно. В соответствии с ДСТУ Б В.2.7-45:2010,



а



б

Рисунок 3. Макроструктура пенобетона марки Д 600

полученные данные позволяют отнести материал к теплоизоляционным ячеистым бетонам неавтоклавного твердения с классом прочности на сжатие В 0,75.

Применение шлама в технологической схеме (рис. 4) позволяет сократить технологические операции, что ускорит процесс и снизит себестоимость продукции.

Дальнейшие исследования будут направлены на:

- детальный анализ влияния химико-минералогического состава шлама на процессы гидратации;
- исследование структуры и технологических свойств частиц наполнителя, а также прочности сцепления цементного камня с поверхностью зерен заполнителей;
- повышение физико-механических свойств блоков ячеистых бетонов неавтоклавного твердения.

Выводы

1. Применение отходов камнеобрабатывающего производства в виде шлама в качестве активного наполнителя для производства ячеистого пенобетона неавтоклавного твердения позволяет решить экологическую проблему – благодаря утилизации пылевидных отходов и предотвращения вредного влияния отходов на окружающую среду прилегающей территории.

2. При переходе к использованию шлама наблюдается экономический эффект за счет исключения операций подготовки и активации мелкого наполнителя.

3. Замечено отсутствие седиментации цементного раствора по высоте, что сказывается положительным образом на анизотропии свойств готового изделия.

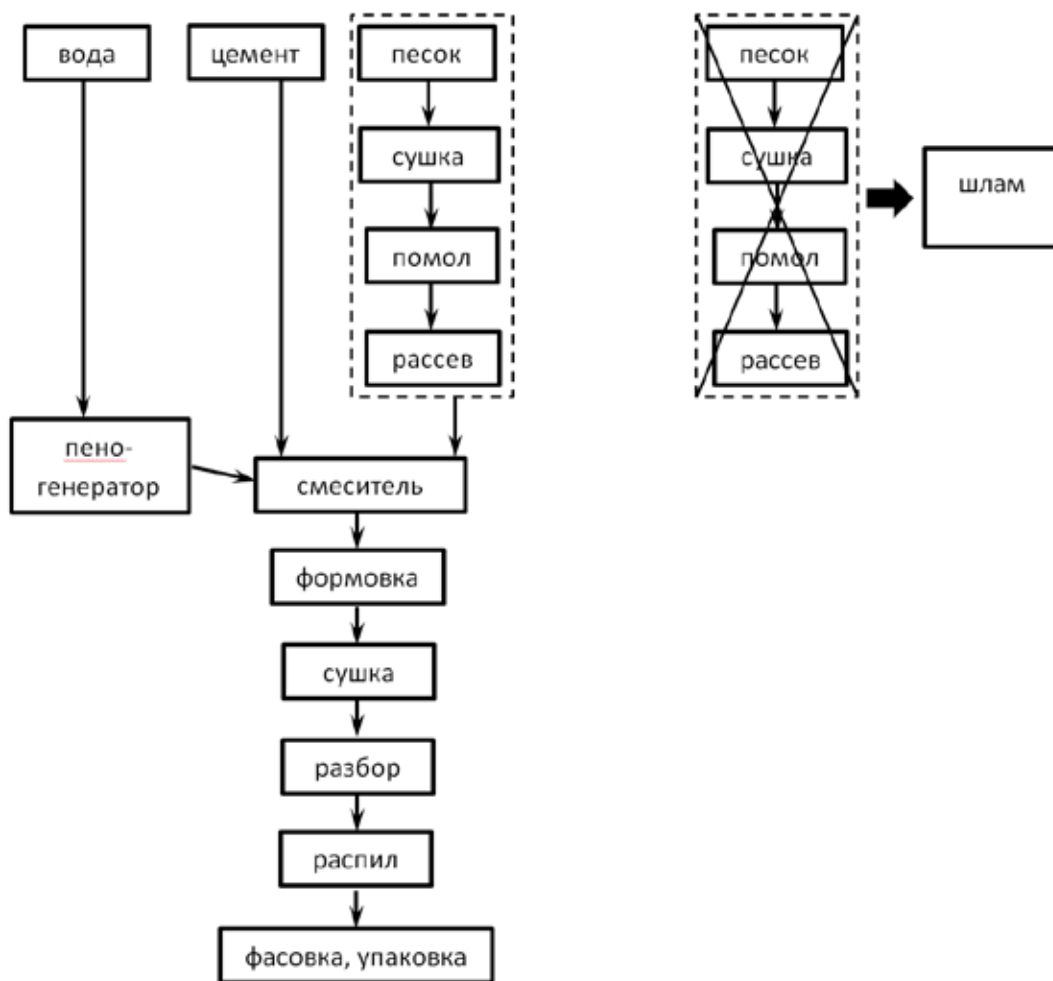


Рисунок 4. Общая технологическая схема производства блоков пенобетона

Использованная литература

1. Баженов Ю.М., Алимов Л.А., Воронин В.В., Магдеев У.Х. Технология бетона, строительных изделий и конструкций. / Учебник для вузов. – М.: АСВ, 2004г. – 256 с.
2. Виноградов Б.Н. Заполнители для бетона. – М.: Стойиздат, 1981. – 220 с.
3. Митина Н.А. Получение прочного неавтоклавногазобетона путем регулирования состава и свойств исходных смесей: Автореф. дис. на соискание уч. степени канд. техн. наук: спец. 05.17.11 «Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов» / Н.А. Митина. – Томск, 2003. – 20 с.