

## ПРИМЕНЕНИЕ ЖИДКОСТЕКОВЫХ КОМПОЗИЦИЙ В ТЕХНОЛОГИИ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Лотов В.А., Кутугин В.А.

Томский Политехнический Университет, г. Томск

При проведении теплоизоляционных работ более предпочтительными являются материалы с жесткой ячеистой структурой заданной геометрической формы и размерами. К таким материалам относятся пеностекло, пеносиликаты, пенобетоны, газобетоны и т.д., получаемые на основе вяжущих систем, стеклосоединительных и жидкостекловых композиций.

Основной задачей настоящего и будущего является вовлечение в сферу производства максимально возможных объемов побочных продуктов различных промышленных отходов, образующихся в большом количестве, при добыче и сжигании углей, выплавке черных и цветных металлов, производстве и применении стекол, переработке нефти, производстве удобрений, добыче и переработке рудных и нерудных полезных ископаемых и т.п. Выполнение этой задачи имеет важное технико-экономическое и экологическое значение.

Каждый вид производимых теплоизоляционных материалов имеет свои технологические особенности, определяющие удельные затраты сырья и энергии. Из материалов с жесткой ячеистой структурой наименее энергоемкими в производстве являются неавтоклавные ячеистые бетоны и пеносиликатные материалы.

Основными проблемами при производстве неавтоклавных ячеистых бетонов являются достаточно высокий расход цемента (280-400 кг для бетонов с плотностью 300-500 кг/м<sup>3</sup>) и сравнительно небольшая их прочность, длительные сроки схватывания.

Указанные недостатки в значительной мере можно исключить при использовании в производстве ячеистых бетонов шлакощелочных вяжущих веществ, эффективность которых доказана работами школы проф. Глуховского В.Д. [1]

К недостаткам, сдерживающим развитие производства материалов на основе вспученного жидкого стекла - пеносиликатов, относятся ограниченная водостойкость готовых изделий и дефицитность гидратированных натриевых силикатов и их сравнительно высокая стоимость [2].

Как в технологии шлакощелочных вяжущих, так и в технологии термовспученных пеносиликатов используется жидкое стекло. Чистое жидкое стекло, полученное из силикатной глины и жидкостекловых композиций на его основе, имеют высокую стоимость, что значительно повышает себестоимость материалов, изготовленных на их основе, ставя такие материалы за границу конкурентоспособности. Однако, существует метод получения жидкостекловых композиций из активных кремнеземистых компонентов – микрокремнезема, диатомитов, опок и т.п. посредством прямого синтеза, характеризующийся низкими энергетическими затратами [3]. Полученное

таким методом жидкое стекло, а вернее жидкостекольная композиция, может содержать значительное количество тонкодисперсных гидратированных примесей (не вступивший в реакцию кремнезем, алюмосиликаты и пр.), что положительно сказывается на таких свойствах готовых изделий как прочность и водостойкость.

Данная работа посвящена разработке технологии изготовления теплоизоляционных материалов на основе и с использованием жидкостекольных композиций (ЖСК), полученных методом прямого синтеза. Ориентируясь на нужды строительства, была поставлена задача получения материалов с высокими эксплуатационными свойствами, простой технологией изготовления, низкими затратами на производство.

В данной работе жидкостекольные композиции изготавливались методом прямого синтеза из микрокремнезема (Новокузнецкий завод ферросплавов, г. Новокузнецк), диатомита и опоки (Диатомовый комбинат, г. Инза). Затем изготавливались теплоизоляционные материалы двух видов: пеносиликаты на основе ЖСК и поризованные шлакощелочные изделия, у которых в качестве жидкости затворения и вяжущего компонента использовались полученные ЖСК.

При получении жидкостекольных композиций методом прямого синтеза производилась обработка кремнеземсодержащего материала концентрированным раствором щелочи (концентрация NaOH в растворе: > 30 %) в пропорциях, необходимых для получения того или иного модуля жидкого стекла. После перемешивания компонентов получается вязкая жидкость с плотностью порядка 1,45-1,55 г/см<sup>3</sup>, состоящая из натриевого жидкого стекла (модуль от 1 до 3) и гидратированных частиц, находящихся в коллоидном состоянии (кремнезем, глинистые, алюмосиликаты и пр.). Было замечено, что входящие в состав ЖСК гидратированные примеси, (даже при их доле около 50 % мас.) не вызывают разрушения структуры образовавшегося жидкого стекла, тогда как введение даже 8-10 % мас. тонкодисперсных наполнителей в чистое жидкое стекло ведет к его деградации и гелеобразованию. Этот момент очень важен в обеих технологиях, так как жидкое стекло подвергшееся гелеобразованию не вспучивается при термической поризации и теряет активность в процессах минералообразования при изготовлении шлакощелочных бетонов.

Для получения термовспученных пеносиликатных материалов, в исходную ЖСК сначала вводились различные добавки и компоненты, оказывающие влияние на прочность, плотность и эксплуатационные характеристики готовых материалов, а так же на реологические свойства самой жидкостекольной композиции. Затем производится жидкая грануляция подготовленной композиции в растворе хлорида кальция, во время этого процесса на поверхности гранулы происходит реакция с образованием тонкой нерастворимой и относительно прочной корочки из кремнегеля и гидросиликата кальция. В результате получают гранулы размером 2-4 мм, содержащие внутри исходную жидкостекольную композицию.

Последующая сушка гранул до влажности  $40\% \pm 5\%$  необходима при формировании оптимальной пористой структуры, вследствие того, что образование структуры данного материала в процессе термообработки происходит при удалении из него влаги, и начальная влажность гранул оказывает значительное влияние на качество готового изделия.

Термическое вспучивание гранул производится в закрытом объеме при температурах до  $500^{\circ}\text{C}$ . При нагреве происходит размягчение гранул при одновременном удалении воды, что приводит к образованию жесткой пористой структуры.

Варьируя технологическими параметрами и составом исходной композиции можно получать объемно омоноличенные теплоизоляционные изделия с плотной, тонкой и прочной корочкой, низкой плотностью и характерным размером пор 1-3 мм. Несмотря на высокие значения объемного водопоглощения, изделия водостойки. Рабочий диапазон плотностей для монолитных пеносиликатов составляет  $150-450 \text{ кг/м}^3$ . Время технологического процесса от начала грануляции ЖСК до получения готового изделия с заданными геометрическими размерами и формой составляет от 1,5 до 4 часов. [4]

При изготовлении заливных шлакощелочных материалов мы выделили следующие основные стадии.

На первом этапе готовилась исходная смесь твердых компонентов и газообразователя. Смесь получалась в результате совместного помола гранулированного доменного шлака, боя стекла, кирпича, природных цеолитов, глиежей и газообразователя в шаровой мельнице. Параллельно готовилась жидкость затворения – ЖСК соответствующего модуля и влагосодержания.

На втором этапе проводилось смешение твердых компонентов и жидкости затворения, формирование изделий в процессе поризации исходной смеси за счет выделения газа. При изготовлении блоков, плит, скорлуп и т.п. смесь перемешивалась с жидкостью затворения и разливалась в формы, где изделия после приобретения заданной формы затвердевали. Процесс порообразования в смеси находится в зависимости от В/Т соотношения и использования тех или иных добавок, влияющих на величину важнейших реологических параметров - вязкости и поверхностного натяжения.

На последнем этапе данной технологии происходило упрочнение изделий в процессе схватывания и твердения поризованной смеси в результате перехода коагуляционной структуры в конденсационно-кристаллизационную. За счет развития процессов перекристаллизации исходных гелеобразных продуктов первичная прочность набиралась очень стремительно, а дальнейший процесс кристаллизации и рост прочности наблюдался в течение длительного времени.

В наших исследованиях готовились смеси, основным компонентом которых был

гранулированный доменный шлак (Кузнецкий металлургический комбинат, г Новокузнецк) в количестве 50-100 % мас. размолотый до удельной поверхности 3500-4500 см<sup>2</sup>/г и различные добавки (0-50 % мас.) для регулирования необходимых реологических, прочностных и эксплуатационных свойств (тонкомолотое стекло, кварцит, молотый кирпич, диатомит, цеолиты, с удельной поверхностью не менее 3500 см<sup>2</sup>/г). В качестве основного компонента возможно использование корольков (отходы производства минеральной ваты), что подтверждено рядом проведенных опытов и свойствами полученных образцов.

Проведенными исследованиями установлено, что на основе гранулированного доменного шлака, с использованием корректирующих добавок можно получать поризованные шлакощелочные бетоны с плотностью 350-450 кг/м<sup>3</sup>, с прочностью при сжатии до 1,8 МПа. Изделия имеют равномернопористую структуру с преобладающим размером пор 2-3 мм и толщиной межпоровых перегородок 0,1-0,2 мм, что сравнимо со структурой пеностекла. Длительность процесса поризации шлакощелочных смесей составляет 10-15 мин, а через два часа изделия схватываются и приобретают достаточную для распалубки прочность. Продолжительность поризации и твердения можно регулировать. Данный теплоизоляционный материал имеет превосходную адгезию к каменным и металлическим поверхностям.

Для полученных образцов по обеим технологиям определялся коэффициент качества ( $K_{\text{кач}}$ ) по методике предложенной А.Н. Черновым, который позволяет сравнивать данный материал с другими материалами, имеющими жесткую пористую структуру [5]. Для приведенного диапазона плотностей формула имеет вид:  $K_{\text{кач}}=R/\gamma^3$ , где R – прочность при сжатии, кгс/см<sup>2</sup>, а  $\gamma$  – объемная плотность образца, т/м<sup>3</sup>.

Сравнительные характеристики образцов пеносиликатного материала, шлакощелочного теплоизоляционного газобетона и газо- и пенобетона на обычном поргладцементе представлены в таблице 1.

Таблица 1

| Объемная плотность,<br>кг/м <sup>3</sup>       | Прочность при сжатии,<br>МПа (кгс/см <sup>2</sup> ) | $K_{\text{кач}}$ | Максимальная температура<br>эксплуатации, °С |
|--|---|------------------|--|
| Пеносиликатные объемно омоноличенные материалы |   |                  |  |
| 450  | 2,2 (22)  | 241              | +550   |
| 350  | 1,1 (11)  | 257              | +550   |
| 250  | 0,6 (6)   | 384              | +550   |
| 150  | 0,25 (2,5)  | 741              | +550   |
| Шлакощелочной газобетон                        |   |                  |  |

|                              |          |     |       |
|------------------------------|----------|-----|-------|
| 450                          | 1,8 (18) | 198 | + 800 |
| 400                          | 1,2 (12) | 188 | + 800 |
| Пенобетон на портландцементе |          |     |       |
| 460                          | 1,6 (16) | 164 | +300  |
| 360                          | 0,8 (8)  | 171 | +300  |
| Газобетон на портландцементе |          |     |       |
| 450                          | 1,5 (15) | 165 | +300  |
| 350                          | 0,8 (8)  | 187 | +300  |

Из приведенной таблицы видно, что основные строительно-технические характеристики материалов полученных на основе или с использованием ЖСК превосходят существующие аналоги из пено- и газобетона на портландцементе, как по  $K_{\text{кач}}$ , так и по максимальной температуре эксплуатации

Выполненные исследования показывают принципиальную возможность получения различных теплоизоляционных и теплоизоляционно-конструкционных материалов на основе ЖСК, полученных методом прямого синтеза. Себестоимость используемых материалов для получения таких изделий ниже, чем у аналогов, где применяют чистое жидкое стекло и добавки микронаполнителей. Кроме того, наличие гидратированных нерастворенных компонентов в ЖСК положительно сказывается на прочности готового теплоизоляционного материала.

#### Литература

1. Щелочные и щелочно-щелочноземельные гидравлические вяжущие и бетоны. // Под общ. ред. проф. Глуховского В.Д. - Киев: Вища школа, 1979.-232с.
2. Горлов Ю.П. Технология теплоизоляционных и акустических материалов и изделий. - М.: Высшая школа, 1989.-384 с.
3. Патент RU № 2132871 Способ получения жидкого стекла гидротермальным методом. //Лотов В.А., Верещагин В.И., Косинцев В.И., Пасечников Ю.В.//1999, БИ№19.
4. Патент RU № 2173674 Состав и способ получения вспученного силикатного материала. //Лотов В.А., Верещагин В.И., Стальмаков. Ю.А. //2001, БИ№26.
5. Чернов А.Н. О коэффициенте качества ячеистого бетона // Строит. материалы. - 2005. №12