

УДК 667.621.226:047.31

**ВЛИЯНИЕ НАПОЛНИТЕЛЕЙ НА СВОЙСТВА
ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННОГО
МАТЕРИАЛА НА ЖИДКОМ СТЕКЛЕ**

Н.М. Шалухо, М.И. Кузьменков, Н.Г. Короб,
Д.М. Кузьменков, А.В. Сушкевич

Белорусский государственный технологический университет, г. Минск

Энергоэффективные строительные материалы кроме низкой теплопроводности должны характеризоваться экологической чистотой, негорючестью, низкой стоимостью [1–2]. Таким требованиям отвечают неорганические композиционные материалы на основе микрогетерогенных силикатов – пеносиликат, пеностекло, пенобетон, газосиликат [1]. Перспективным на сегодняшний день является производство теплоизоляционных материалов на основе вспененного жидкого стекла с различными наполнителями.

Целью данного исследования являлся выбор наполнителя для придания прочности и структурной жесткости теплоизоляционному материалу на основе вспененного жидкого стекла. Такие наполнители должны обладать высокой химической стойкостью, особенно в щелочных средах, низкой стоимостью, обеспечивать высокую прочность на сжатие, а также стабильность системы при схватывании. Последнее является важной особенностью, поскольку в результате проведенных предварительных экспериментов было установлено, что при отсутствии наполнителя образуются расслаивающиеся смеси уже после 10–20 мин выдержки.

В работе использовали жидкие натриевые стекла производства ОАО «Домановский производственно-торговый комбинат» с различными силикатными модулями.

В качестве наполнителя цемент, асбест, аэросил, мел, известь, минеральные волокна, перлит, силикатные микросферы. Асбестовое волокно использовали по ГОСТ 2850–95. Коротковолокнистый хризотил-асбест содержит в своем составе нанотрубки, придающие ему повышенную реакционную способность. Перлит использовали по ГОСТ 10832–91. Вспученный перлит – сыпучий, пористый, рыхлый, легкий, долговечный и огнестойкий материал. Обладает тепло- и звукоизолирующими свойствами, высокой впитывающей способностью, экологически чистый материал, не токсичен, не содержит тяжелых металлов.

Минеральные волокна применялись в виде стеклянного и базальтового волокна. Стеклянное волокно получают из расплавленного

боросиликатного стекла. Различают непрерывное стеклянное волокно – комплексные стеклянные нити длиной 20 км (и более), диаметром мононитей 3–50 мкм, и штапельное стеклянное волокно – длиной 1–50 см, диаметром волокон 0,1–20 мкм. Базальтовое волокно получают из базальта, путем плавления его при 1400 °С и преобразования расплава в волокна в центрифуге.

Кроме того, применяли портландцемент марки ПЦ500-Д20 по ГОСТ 31108–03; мел по ГОСТ 12085–88; известь строительную по ГОСТ 9179–77; аэросил по ГОСТ 14922–77; силикатные микросферы – полые микрошарики диаметром 2–120 мкм и толщиной стенки 2 мкм по ГОСТ Р53172–2008.

Введение наполнителей в жидкое стекло осуществляли перед введением пены при интенсивном перемешивании в течение 1 мин. Количеством наполнителя варьировали в пределах 10–20 % от массы жидкого стекла. В опытах с минеральными волокнами, мелом, перлитом наблюдалось сильное расслоение вспененного материала, что свидетельствует о низком армирующем действии указанных наполнителей и снижении продолжительности отверждения материала. При использовании извести наблюдалось слабое расслоение, но образцы характеризовались низкой прочностью. В образцах с аэросилом, асбестом, смесью асбеста и цемента расслоение отсутствовало. Результаты изучения свойств материалов, полученных на основе данных наполнителей, представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Зависимость свойств теплоизоляционного материала от вида наполнителя

| № опыта | Вид наполнителя | Прочность образца, на сжатие, МПа | Плотность образца, г/см ³ |
|---------|--------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|
| 1 | Минеральные волокна | – | Расслоение |
| 2 | Мел | – | Расслоение |
| 3 | Перлит | – | Расслоение |
| 4 | Известь | – | Расслоение |
| 5 | Аэросил (14%) | 0,112 | 0,186 |
| 6 | Аэросил (20%) | 0,108 | 0,171 |
| 7 | Асбест (20%) | 0,221 | 0,315 |
| 8 | Асбест (20%)+цемент (6%) | 0,829 | 0,339 |
| 9 | Асбест (20%)+цемент(10%) | 0,520 | 0,326 |
| 10 | Асбест (20%)+цемент(6% в пене) | 0,406 | 0,283 |

Применение в качестве наполнителя аэросила приводит к образованию внешне однородных по структуре материалов. Однако, как видно из данных таблицы, образцы характеризуются низкой прочностью на сжатие. Таким образом, данный материал не может использоваться для создания конструктивно устойчивых строительных мате-

риалов. Кроме того, аэросил обладает относительно высокой стоимостью (около 12\$ за 1 кг), что также затрудняет использование данного соединения в качестве наполнителя.

Наилучшие результаты были получены при применении в качестве наполнителя асбеста, а также асбеста с цементом. Асбест, обладавая волокнистой структурой, способствует созданию армирующего каркаса в объеме материала. Введение цемента способствует быстрому схватыванию и формированию образцов с достаточно высокой прочностью, что не приводит к значительному увеличению плотности материала. Однако введение цемента одновременно с асбестом с последующим перемешиванием со стеклом приводит к преждевременному схватыванию массы материала, а введение цемента в состав пены обуславливает необходимость установки высокоинтенсивного смесителя для получения взвеси цемента в пенообразующем растворе.

Таким образом, несмотря на улучшение прочностных характеристик теплоизоляционного материала, введение цемента вызывает ряд технологических сложностей, что затрудняет его использование. Следовательно, исходя из анализа полученных результатов, для получения теплоизоляционного материала с комплексом заданных технических характеристик необходимо использовать в качестве наполнителя асбестовое волокно. Количество вводимого наполнителя, как и его вид существенно влияют на свойства получаемого материала.

В таблице 2 представлены данные о свойствах образцов, полученных при различном массовом соотношении асбест : жидкое стекло.

Таблица 2 – Зависимость свойств теплоизоляционного материала от соотношения асбест : жидкое стекло

| Массовое соотношение асбест : жидкое стекло | Прочность, МПа | Плотность, кг/м ³ |
|---|----------------|------------------------------|
| 0,06 : 1 | 0,190 | 0,454 |
| 0,10 : 1 | 0,248 | 0,388 |
| 0,15 : 1 | 0,411 | 0,807 |
| 0,20 : 1 | 0,221 | 0,315 |

Как видно из данных табл. 2 повышение содержания асбеста в получаемом материале приводит к закономерному росту плотности образцов, однако необходимая плотность 250 г/дм³ обеспечивается введением асбеста на уровне не более 10 % от массы жидкого стекла. Определение статической прочности таких образцов показало, что максимальная прочность достигается при введении 6 % асбеста от массы жидкого стекла. Уменьшение этого соотношения приводит к получению хрупких образцов, а при отсутствии асбеста в композиции

наблюдается сильное расслоение суспензии через 5–15 мин после вспенивания и перемешивания. В данных экспериментах проводилось предварительное смешение асбеста с водой при массовом соотношении асбест : вода равном 1 : 1,2–1,5. Такая операция приводит к набуханию волокон асбеста, уменьшению их длины, что в свою очередь способствует более легкому диспергированию наполнителя в жидком стекле на последующих стадиях изготовления вспененного материала. При введении сухого асбеста после смешения с жидким стеклом и пеной в смеси содержится значительное количество комков асбестной массы, плохо перемешанной в суспензии. Это приводит к значительному снижению армирующего действия наполнителя, неоднородности и падению прочности получаемого материала. При массовом соотношении асбест : жидкое стекло 0,15:1 наблюдалось сильное расслоение суспензии через 30 мин после смешения. Снижение содержания асбеста в суспензии приводило к уменьшению расслоения, однако прочность полученных материалов была существенно ниже, чем прочность образцов на основе предварительно смоченного водой асбеста. Кроме того, при увеличении содержания асбеста выше 10 % от массы жидкого стекла затрудняется диспергирование асбеста в смеси и увеличивается продолжительность смешения.

Таким образом, установлено влияние вида наполнителя на его свойства (прочность, плотность) в составе композиционного теплоизоляционного материала на жидком стекле. Наиболее эффективным в качестве наполнителя в теплоизоляционном материале следует считать асбестовое волокно, смоченное предварительно водой в концентрации не более 10% от массы жидкого стекла.

ЛИТЕРАТУРА

1. Заболоцкая, А.В. Технология и физико-химические свойства пористых композиционных материалов на основе жидкого стекла и природных силикатов // Автореферат... канд. техн. наук, Томск – 2003. – 21 с.
2. Голубчиков, О.А. Строительные теплоизоляционные материалы / О.А. Голубчиков // Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение. – 2010. – № 4 (24). – С. 72–77.