

ТЕРМОПЕНОСИЛИКАТНЫЕ ИЗДЕЛИЯ НА ОСНОВЕ ЖИДКОГО СТЕКЛА И БАЗАЛЬТОВОЙ ЧЕШУИ.

В.А. Лотов, В.А. Кутугин, В.В. Ревенко

Томский Политехнический Университет, г. Томск

ЗАО «Базальтопластик», г. Москва

В строительном производстве наиболее технологичными по применению являются теплоизоляционные материалы с жесткой структурой, которые можно разделить на две группы. К первой группе относятся материалы, имеющие органическую природу, например различные пенопласты, торфяные плиты и др. Ко второй группе относятся материалы, имеющие неорганическую природу, например, пеностекло, пено- и газосиликаты на основе известково-кремнеземистых вяжущих, ячеистые бетоны и др.

Основным достоинством материалов первой группы является низкая теплопроводность и плотность при достаточной прочности, а недостатком – горючесть. Основным достоинством материалов второй группы является негорючесть и огнестойкость, а недостатком – повышенная плотность (ячеистые бетоны) и сложность технологии (пеностекло).

Из представленного сравнения возникает идея создания теплоизоляционного материала с жесткой структурой, сочетающего положительные стороны обеих групп, т.е. материала, который при низкой плотности, теплопроводности и достаточной прочности, обладал бы жаростойкостью, негорючестью и экологичностью.

Реализовать идею создания такого материала можно с помощью растворимых силикатов щелочных металлов или жидкого стекла, на основе которого при нагреве до 300-450°C можно получить твердую неорганическую пену с плотностью более 50 кг/м³. Если процесс вспенивания жидкого стекла осуществлять в формах с замкнутым объемом, то можно получать готовые изделия с заданной формой и размерами. При реализации такой технологии возникают проблемы, связанные с высокой относительной влажностью жидкого стекла (50-60 % мас.), и приводящие к образованию в процессе нагрева и удаления этой воды крайне неоднородной, крупнопористой структуры изделий. Чтобы устранить эти нежелательные явления, необходимо удалить из жидкого стекла практически всю свободную (удаляемую до 105°C) воду и оставить прочносвязанную, удаляемую выше 110°C.

Предварительно уменьшить влияние свободной воды можно следующими способами:

- 1 - тепловой сушкой и превращением жидкого стекла в ксерогель;
- 2 - жидкостной грануляцией растворимого силиката в растворах хлоридов кальция, алюминия, магния или их смесей;
- 3 - введением в жидкое стекло минеральных наполнителей или химических добавок, вызывающих развитие процесса гелеобразования и превращения жидкообразной исходной смеси в твердообразную, которую можно гранулировать на шнековых грануляторах.

Технологически наиболее предпочтительным является третий способ, при котором с помощью минеральных наполнителей и химических добавок можно воздействовать и на поризационную способность жидкостекольной композиции (ЖСК), и на некоторые строительно-технические свойства получаемых готовых изделий.

Весьма ответственным моментом при осуществлении этого способа является выбор минеральных и химических добавок. Минеральные добавки предназначены для увеличения доли твердой фазы в ЖСК, оптимизации процесса формирования равномернопористой структуры изделий при поризации и усиления некоторых строительно-технических свойств теплоизоляционных изделий (прочность, водостойкость).

С помощью химических добавок можно воздействовать на скорость процессов гелеобразования и на поризационную способность ЖСК, а также на свойства готовых изделий.

Минеральные наполнители должны быть нейтральными по отношению к жидкому стеклу, не вступать с ним в химические реакции при обычных температурах и обладать определенной дисперсностью. Чем выше дисперсность и удельная поверхность наполнителя, тем меньше потребуются его для связывания свободной воды в жидком стекле. Соответственно, более грубодисперсного наполнителя для этой цели необходимо вводить в большем количестве. Положительное влияние на процессы связывания воды оказывают наполнители с внутричастичной пористостью.

В настоящей работе исследована возможность использования в качестве наполнителя базальтовой чешуи с толщиной чешуек преимущественно 1 мкм и средним диаметром от 0,2 до 3 мм. Благодаря таким размерам и форме частиц, базальтовый микропластинчатый наполнитель обладает весьма интересными поверхностными свойствами. Насыпная плотность базальтовой чешуи составляет 100

кг/м³. При истинной плотности чешуи 2500 кг/м³, свободно насыпанный ее слой в одном кубометре содержит 40 дм³ твердой фазы и 960 дм³ газообразной, т.е. пористость этого слоя составляет 96%. Устойчивость такого слоя обусловлена большим потенциалом заряда частиц, который способствует их хаотичной ориентации в объеме слоя.

При увлажнении чешуи водой происходит сток электрического заряда и все чешуйки укладываются параллельно в горизонтальной плоскости. Благодаря большой суммарной поверхности частиц, чешуя обладает большой водоудерживающей способностью. Так, 1 г чешуи способен удерживать 6 г воды в слое с плотностью скелета твердой фазы 156 кг/м³. Относительная влажность такого слоя составляет 85,7%.

Натриевое жидкое стекло с модулем $n=3$ и плотностью 1450-1500 кг/м³ содержит 45% твердой и 55% жидкой фазы (воды), в которой 25% свободной и 30% связанной воды. Если 1 г чешуи удерживает 6 г воды, то для связывания 25 г свободной воды в составе жидкого стекла необходимо вводить в 100 г жидкого стекла около 4,2 г чешуи. По отношению ко всей массе жидкого стекла это составит 5%.

В расчете на 100 г жидкого стекла, отношение объемных долей вводимой чешуи и ($V_{ч}$) и жидкого стекла ($V_{жс}$) будет равно $V_{ч}/V_{жс}=50/70=0,714$, что является более наглядной характеристикой соотношения компонентов получаемой ЖСК. Базальтовая чешуя обладает большим запасом свободной поверхностной энергии и избыточным, нескомпенсированным зарядом чешуек. При контакте и смешении чешуи с жидким стеклом происходит уменьшение поверхностной энергии чешуи за счет совершения работы адгезии и выделения тепла в процессе смачивания и адсорбции молекул свободной воды. Так как жидкое стекло является ионной и электропроводящей жидкостью, то при его контакте с чешуей происходит нейтрализация заряда чешуек, что проявляется в расслоении смеси и образовании осадка из чешуек. Для предотвращения этого нежелательного явления полученную ЖСК необходимо гранулировать, например, в водном растворе ($\rho=1,3-1,4$ г/см³) хлорида кальция, что обеспечивает равномерное распределение чешуи по всему объему ЖСК и получение в процессе термической поризации смеси изделий с равномерной пористой структурой.

При введении в состав ЖСК чешуи в количествах более 7% мас. наблюдается разрушение жидкого стекла и снижение поризационной способности смеси, а также уменьшение адгезионной прочности между чешуйками и вспененным массивом. Дисперсное армирование неорганической пены чешуйками базальта способствует

образованию более равномерной и более прочной пористой структуры теплоизоляционных изделий. Влияние количества вводимой базальтовой чешуи на свойства изделий представлены в таблице 1.

Таблица 1. Строительно-технические характеристики изделий

Характеристики изделий	Содержание базальтовой чешуи в ЖСК, % (мас.)				
	0	3	5	7	10
Плотность, кг/м ³	100	200	300	450	Трудно перемешать, разрушение стекла, водоотделение
Прочность при сжатии, МПа	0,15	0,45	1,08	1,52	
Коэффициент теплопроводности, Вт/м·°К	0,052	0,067	0,083	0,122	

При введении 10% мас. базальтовой чешуи (100 см³/70 см³) в жидкое стекло трудно получить равномерную смесь, а через некоторое время, в результате практически полного разрушения стекла наблюдается водоотделение. При нагреве такой смеси, вместо поризации наблюдается ее уплотнение. Водоотделение происходит за счет разрушения гидросиликатов натрия, а уплотнение можно объяснить появлением в смеси оксида натрия, который вступает в химическое взаимодействие с оксидами чешуи, химический состав которой практически одинаков с химическим составом базальта.

Таким образом, введение базальтовой чешуи в состав жидкостекольных композиций способствует увеличению прочности изделий за счет дисперсного армирования и организации более равномерной пористой структуры, а за счет связывания части ионов натрия чешуей, увеличивается водостойкость изделий.

Анализируя вышесказанное, приходим к выводу, что применение жидкого стекла в сочетании с высокоэффективными наполнителями позволяет создать материалы, обладающие уникальным сочетанием свойств: низким коэффициентом теплопроводности, негорючестью, высокой технологичностью и экологичностью, при сравнительно низкой себестоимости. Применяя термопеносиликатные материалы в гражданском строительстве можно с успехом решить проблемы связанные с дефицитом теплоизоляционных материалов, энергосбережением и соответствием вновь возводимых и реконструируемых зданий нормам СНиП.