

ЭФФЕКТИВНАЯ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИЯ ДЛЯ ТРУБОПРОВОДОВ

О.С. Татаринцева, В.В. Самойленко, В.В. Фирсов

Учреждение Российской академии наук Институт проблем химико-энергетических технологий
Сибирского отделения РАН

В работе представлены результаты исследований по созданию минераловатных скорлуп, обеспечивающих эффективную изоляцию трубопроводов и промышленного оборудования. Предложена аппаратно-технологическая схема их производства. Показано, что коэффициент теплопроводности изделий зависит от степени уплотнения и оптимален при объемной массе 150...180 кг/м³ в температурном интервале эксплуатации от 25 °С до 300 °С.

Ключевые слова: теплоизоляционные минераловатные скорлупы, водопоглощение, гидрофобизация, силиконовая эмульсия, теплопроводность, прочность.

ВВЕДЕНИЕ

Высокая эффективность изоляции достигается при условии, если она будет обладать не только низкой теплопроводностью, но и высокой теплостойкостью, малой объемной массой, постоянством объема, устойчивостью к атмосферным воздействиям, удобством и безопасностью в процессе монтажа и эксплуатации, долговечностью. В настоящее время для тепловой изоляции трубопроводов тепловых сетей, горячего и холодного водоснабжения в жилищном и гражданском строительстве, технологических трубопроводов (во всех отраслях промышленности), при монтаже вентиляционного оборудования и кондиционеров используются в основном стеклянные и минеральные волокна в виде ваты и прошивных матов. Однако они обладают низкой химической и гидролитической стойкостью, существенно снижающей срок службы изоляционного покрытия, вредно воздействуют на организм человека, неудобны при монтаже. В сегменте строительных материалов для этих целей в небольшом количестве представлены также изделия из минеральной и стеклянной ваты с использованием синтетических смол – цилиндры, полуцилиндры, скорлупы. На практике нашли применение четыре способа их производства: навивка, горячее прессование в матрицах, фрезерование из плит и прокатка [1].

Основным недостатком изделий, получаемых этими способами, являются горючесть и узкий температурный интервал эксплуатации (до 250 °С), обусловленные применением органического связующего, как правило, фенолоформальдегидных смол, которые, выгорая, выделяют в окружающую среду токсичные компоненты. Кроме того, большинство из них не обеспечивает высокого качества изделий: структура их неоднородна, а геометрические размеры не соблю-

дены. При изготовлении скорлуп фрезерованием образуется большое количество отходов (40...50 %), поэтому метод этот не нашел широкого применения.

Изложенное дает основание полагать, что проблема создания негорючих экологически чистых минераловатных скорлуп и разработка технологического процесса их получения, обеспечивающего высокие эксплуатационные свойства, не потеряла своей актуальности.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Основными требованиями, которые предъявляются к изделиям для изоляции трубопроводов, помимо высоких теплоизоляционных свойств, являются обеспечение необходимой монтажной жесткости при минимальной объемной массе и сохранение эксплуатационных свойств во времени.

Качество изделий зависит от многих факторов, важнейшими из которых являются качество наполнителя, вид связующего, равномерность его введения в ковер и степень отверждения. С уменьшением диаметра волокон и количества неволоконистых включений при прочих равных условиях увеличивается прочность минераловатных изделий. Согласно многочисленным литературным данным для получения эффективных жестких минераловатных изделий диаметр волокон не должен превышать 5-6 мкм при минимальном содержании неволоконистых включений.

Положительный опыт применения в народном хозяйстве штапельных волокон из горных пород и изделий на их основе дает основание использовать его при решении этой проблемы, поэтому в настоящей работе в качестве наполнителя использовалась ба-

зальтовая вата, полученная индукционным способом плавления с последующим раздувом расплава в супертонкие волокна диаметром 2 ± 1 мкм и содержанием неволоконистых включений («корольков») размером свыше 0,25 мм не более 5 %.

В качестве связующих рассматривались компоненты органического (поливинилацетатная дисперсия, фенолоформальдегидная смола) и неорганического (натриевое жидкое стекло, бентонитовая глина), а также их совместные композиции.

Для проведения исследований выбрана схема, принятая для производства минераловатных плит с плотностью до 175 кг/м^3 из гидромасс [2]. В общем случае технологическая линия включает подготовительное отделение, где готовятся волокнодержащая суспензия и связующее, узел формования изделия-сырца и сушильное устройство.

Способ получения скорлуп путем приготвления гидромассы из базальтового штапельного волокна и раствора связующего опробован нами на изготовленной лабораторной установке, в состав которой входят смеситель для приготовления волокнодержащей суспензии, формующий аппарат с подпрессовочным устройством и камера сушки.

Однако первые опыты по приготовлению волокнистой гидромассы показали, что использование ваты в исходном состоянии с различной длиной волокон, иногда достигающей нескольких сантиметров, не обеспечивает равномерного ее распределения в композициях. В целях устранения этого недостатка было принято решение измельчать вату с помощью специально разработанного и изготовленного устройства (рисунок 1).

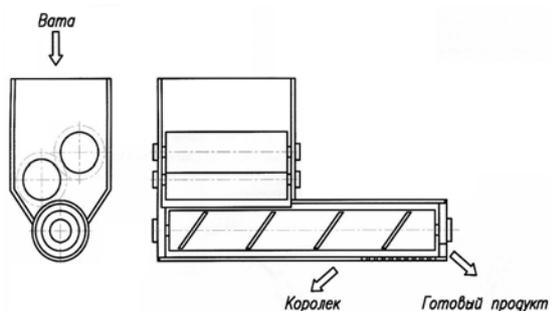


Рисунок 1. Схема установки измельчения минеральной ваты

Конструктивно установка измельчения представляет собой аппарат непрерывного действия, состоящий из корпуса с загрузочным бункером и тремя горизонтально расположенными колковыми валами, вращающимися с различными окружными скоростями.

Процесс измельчения осуществляется следующим образом: в бункер загружается минеральная вата в виде рыхлой массы. Непрерывно вращающийся с малой скоростью первый вал своими колками захватывает вату и подает ее в зазор, между первым и вторым валами. Второй вал вращается со скоростью, в несколько раз большей первого. За счет разности окружных скоростей этих валов вата предварительно грубо измельчается и непрерывно равномерно подается на третий основной измельчительный вал, представляет собой однозаходный шнек с расположенными по винтовой линии лопастями и колками. По мере продвижения в аппарате куски измельченной ваты доизмельчаются, освобождаясь от большей части «корольков», которые удаляются через отверстия в нижней части корпуса. Готовый продукт непрерывно выгружается из аппарата. Полученный после измельчения базальтоволокнистый материал с размером агломератов (гранул) менее 10 мм, содержит минимальное количество неволоконистых включений, имеет насыпную плотность в неуплотненном состоянии 75 кг/м^3 и сохраняет все основные свойства исходной ваты.

Гидромассы составляли из измельченного волокна и разбавленных водой связующих различной концентрации в соотношении 1:5; 1:10; 1:15; 1:20. Оптимальным оказалось соотношение 1:10, при котором относительная влажность после формования не превышала 80 %.

Сформированные образцы композиций подвергали тепловой обработке в зависимости от вида связующего: бентаколлоидного – $400 \text{ }^\circ\text{C}$ для осуществления сушки и перехода натриймонтмориллонита в дегитратационную форму; фенолоформальдегидной смолы – $180 \text{ }^\circ\text{C}$ для прохождения процесса полимеризации; жидкого стекла – $150 \text{ }^\circ\text{C}$ для осуществления поликонденсации кремниевой кислоты; поливинилацетатной дисперсии – $120 \text{ }^\circ\text{C}$ для удаления воды. Термостатирование изделий в лабораторных условиях показало, что процесс этот из-за ограниченных поверхностей соприкосновения теплоносителя с изделием достаточно длителен (8...10 часов) и осуществлять его, по-видимому, целесообразно в сушильных камерах туннельного типа.

В результате исследования изменений объемной массы от подпрессовочной нагрузки при формовании изделий с использованием бентаколлоидного связующего установлено, что зависимость этих факторов выражена в виде локального элемента кривой,

ЭФФЕКТИВНАЯ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИЯ ДЛЯ ТРУБОПРОВОДОВ

заданной в явной форме, обращенной вогнутостью вверх (рисунок 2). При этом с увеличением усилия подпрессовки ход кривых сохраняется для образцов с различной концентрацией связующего.

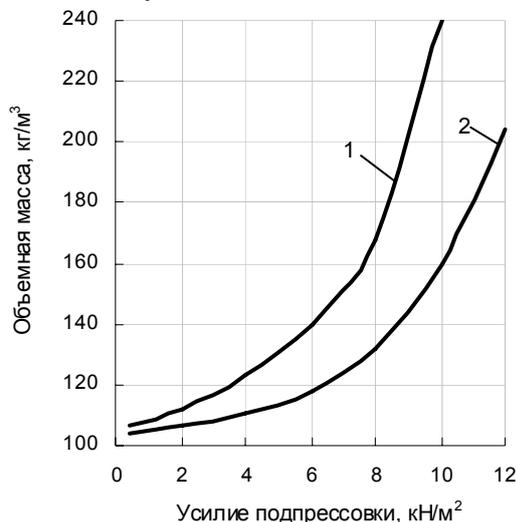


Рисунок 2. Зависимость объемной массы изделий от величины подпрессовочной нагрузки для изделий, содержащих 12 % (1) и 9 % (2) связующего

Важный показатель для утеплителей — теплопроводность, который означает, что материал должен обеспечить требуемое сопротивление теплопередаче при минимальной толщине. Согласно нормативной документации коэффициент теплопроводности для минераловатных скорлуп на органической связке средней плотности 200 кг/м³ при 25 °С должен превышать 0,053 Вт/(м·К). Изготовленные из гидромасс с использованием различных связующих образцы минераловатных скорлуп вполне удовлетворяют этим требованиям.

На рисунке 3 показано изменение коэффициента теплопроводности изделий из базальтового супертонкого волокна и смесового связующего, содержащего поливинилацетатную дисперсию и жидкое стекло, в интервале температур 25...300 °С в зависимости от плотности изделий, из которых следует, что оптимальный коэффициент теплопроводности в указанных пределах температур реализуется на изделиях с объемной массой от 130 кг/м³ до 170 кг/м³.

Аналогичные зависимости получены на образцах с другими видами связующих, однако, диапазон по плотности, в котором следует ожидать наиболее низкую теплопроводность, у них несколько отличается. Так, для изделий на фенолоформальдегидной смоле он со-

ставляет 120...140 кг/м³, на жидком стекле — 130...150 кг/м³, на бентоколлоидном связующем — 130...140 кг/м³, а на поливинилацетатном — 140...160 кг/м³.

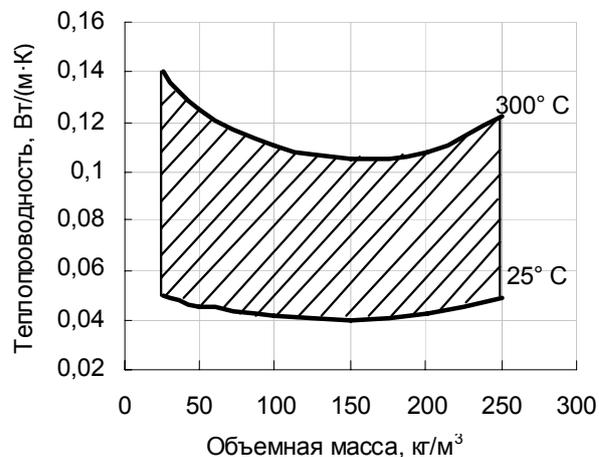


Рисунок 3. Зависимость коэффициента теплопроводности от объемной массы образцов на смесовом связующем

От прочностных характеристик зависят эксплуатационная надежность утеплителя и его способность удерживать заданную форму при механических нагрузках. Для минераловатных скорлуп показателем, характеризующим их прочность, является предел прочности при растяжении, значение которого в зависимости от плотности изделий варьируется в диапазоне 0,015...0,025 МПа. Изготовленные в лабораторных условиях образцы даже при небольшом содержании связующего имели достаточно высокие прочностные свойства, обусловленные, в первую очередь, хаотичным расположением в объеме изделия супертонких волокон [3].

Влага — один из факторов, отрицательно сказывающийся на эксплуатационных характеристиках утеплителей и, в первую очередь, на теплопроводности. Как правило, волокнистые теплоизоляционные материалы, изготовленные без применения гидрофобизаторов, обладают высоким водопоглощением — до 700...800 %. Для повышения их водостойкости используются кремнийорганические соединения. [4,5] Эксперименты показали, что применение эмульсии аминомодифицированного силоксана «TWR-359», выпускаемой компанией «Momentive», за счет объемной гидрофобизации снижает водопоглощение минераловатных скорлуп в 10 раз (рисунок 4).

Проведенные в лабораторных условиях рецептурно-технологические исследования позволили предложить схему промышленного

производства минераловатных скорлуп (рисунк 5).

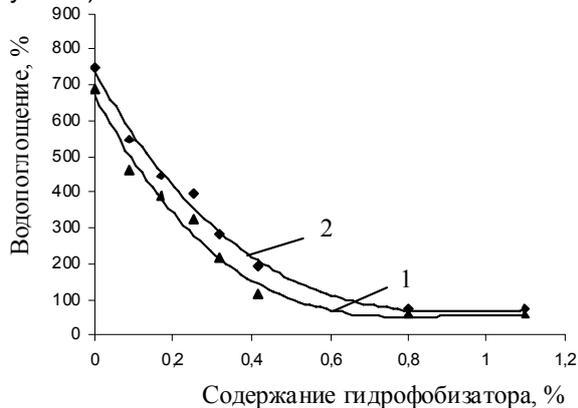
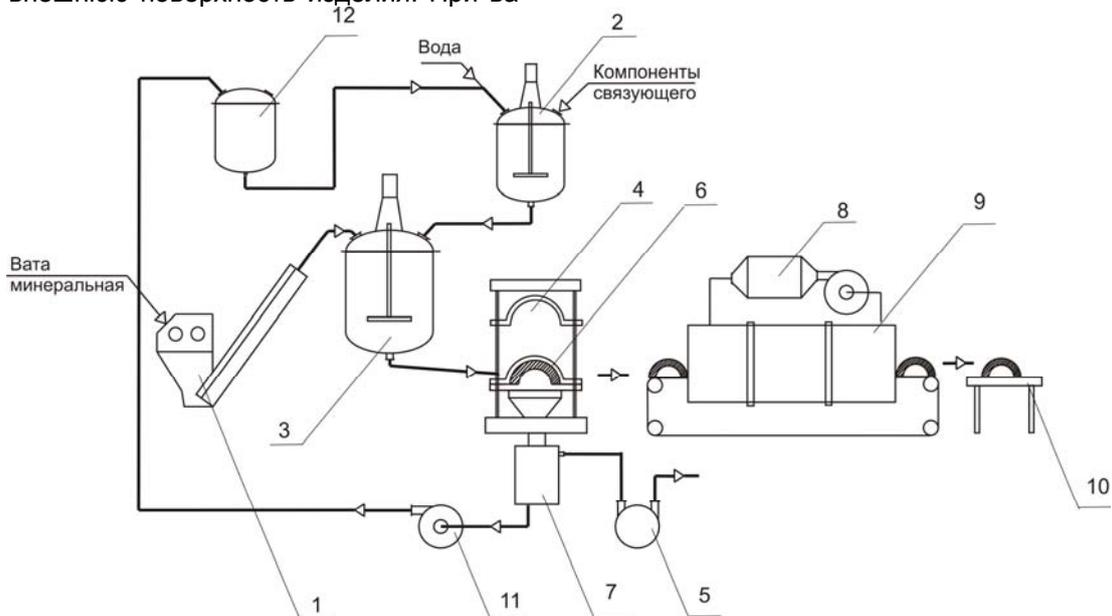


Рисунок 4. Зависимость водопоглощения минераловатных скорлуп от содержания гидрофобизатора: через 1 сут. (1) и через 3 сут. (2)

Волокнистая гидромасса готовится в композиционном бассейне, куда поступают предварительно подготовленное из соответствующих рецептур компонентов, разбавленное водой связующее и измельченная вата. Формование изделий проводят закачкой волокнистой гидромассы в емкость вакуум-фильтра, где она распределяется по поверхности сетчатой нижней полуформы. После набора необходимого количества массы и ее выравнивания заполнение прекращается, опускается верхняя полуформа, формирующая внешнюю поверхность изделия. При ва-

куумировании из сырой волокнистой массы удаляется избыточное количество воды, которая насосом подается в сборник фильтрата и может повторно использоваться в технологическом процессе. Сформированный в виде скорлупы образец распрессовывается и подвергается тепловой обработке в камере сушки при заданных в зависимости от вида используемого связующего температурно-временных условиях. Предложенная технологическая схема имеет ряд достоинств: позволяет использовать различные виды связующих и обеспечивает равномерное распределение их по объему изделия, за счет чего скорлупы приобретают необходимую жесткость и сохраняют геометрические размеры в течение длительного времени. Отличительной особенностью ее является применение в качестве формирующего агрегата вакуум-фильтра с подпрессовочным устройством, который позволяет получать изделия из штапельных волокон очень малого диаметра (0,5-3,0 мкм), благодаря чему достигаются высокие физико-технические показатели. Кроме того, применение вакуумного фильтра-пресса обеспечивает совмещение трех основных технологических операций: фильтрование гидромассы, обезвоживание осадка и его уплотнение, что существенно снижает материалоемкость процесса формования, а сам узел формования является компактным и легко поддается автоматизации.



1 — измельчитель-дозатор ваты; 2 — смеситель для приготовления связующего; 3 — композиционный бассейн для приготовления гидромассы; 4 — вакуумный фильтр-пресс; 5 — вакуумный насос; 6 — образец скорлупы; 7 — емкость для фильтрата; 8 — калорифер; 9 — сушильная камера; 10 — стол механической обработки и упаковки; 11 — насос; 12 — сборник фильтрата

Рисунок 5. Аппаратурно-технологическая схема производства минераловатных скорлуп.

ЭФФЕКТИВНАЯ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИЯ ДЛЯ ТРУБОПРОВОДОВ

Согласно проведенным лабораторным исследованиям и расчетным данным предлагаемая технология обеспечит получение скорлуп с основными техническими характеристиками:

плотность, кг/м ³	150 – 180
коэффициент теплопроводности при 25 °С, Вт/(м·К).....	0,048 – 0,052
водопоглощение по массе за 24 ч, %.....	70 – 80
предел прочности при растяжении, МПа	0,02 – 0,03

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изготовленные по предлагаемой технологии из гидромасс, содержащих измельченную вату и неорганические связующие (бентонитовая глина, жидкое стекло), а также композиции из жидкого стекла и поливинилацетата или фенолоформальдегидной смолы с добавлением гидрофобизатора базальтоволокнистые изделия для тепловой изоляции трубопроводов экологически безопасны, негорючи, устойчивы к тепловым воздействиям

и обеспечивают получение экономического эффекта благодаря низкому коэффициенту теплопроводности и небольшой объемной массе по сравнению с традиционными материалами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Горяинов К.Э., Дубенецкий К.Н., Васильков С.Г., Попов Л.Н. Технология минеральных теплоизоляционных материалов и легких бетонов. / Учеб. пособие для вузов. – М.: Стройиздат, 1986. – 536 с.
2. Майзель И.Л., Сандлер В.Г. Технология теплоизоляционных материалов. М.: Высшая школа, 1988. – 239 с.
3. Джигирис Д.Д. Основы производства базальтовых волокон и изделий / Д.Д. Джигирис, М.Ф. Махова. – М.: Теплоэнергетик, 2002. – 412 с.
4. Свидерский В.А., Яценко О.М. // Композиционные материалы на основе базальтовых волокон. – Киев: ИПМ. – 1989. – С.86-90.
5. Сельков А.Е. // Сб. докл. X Юбилейной Всерос. науч.-практ. конф. «Техника и технология производства теплоизоляционных материалов из минерального сырья», Белокуриха, 26-28 мая 2010 г., Бийск: БТИ АлтГТУ. – 2010. – С. 205-206.

КОМПОНОВКА РЕЦЕПТУР ВЫСОКОНАПОЛНЕННЫХ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТОВ С ЗАДАНЫМИ СВОЙСТВАМИ

Т.К. Углова, С.Н. Новоселова, О.С. Татаринцева, С.Г. Ильясов

Учреждение Российской академии наук Институт проблем химико-энергетических технологий Сибирского отделения РАН, г. Бийск Алтайского края

Представлены результаты экспериментально-теоретических исследований по созданию высоконаполненных полимерных композитов с заданными свойствами путем выбора базовой рецептуры и корректировки ее в целях придания определенных функциональных характеристик заменой (введением) компонентов, за них отвечающих.

Ключевые слова: композит, рецептура, наполнитель, вязкость, отверждение, прочность при сжатии, адгезия, водопоглощение.

В настоящее время наблюдается рост востребованности искусственных композиционных материалов, обеспечивающих надежность и долговечность эксплуатационных характеристик изделий при использовании их в условиях повышенных механических нагрузок, 100 %-ной влажности, сезонных климатических изменений и т.д.

Процесс создания таких материалов требует длительного времени и является дорогостоящим. Поэтому, безусловно, актуальными являются технические решения, направленные на сокращение времени поста-

новки экспериментальных исследований и снижение стоимости их проведения.

Одним из таких решений является выбор в процессе рецептурно-технологических работ базового состава композита из входящих в него компонентов и последующую корректировку его в целях придания определенных функциональных свойств без изменения основных технических характеристик.

Ниже представлены результаты реализации решения на примере разработки заливочного композита, предназначенного для восстановления бетонных и железобетонных конструкций, и показана возможность варьи-