

ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ.

Теплоизоляционными называют материалы, обладающие низкой теплопроводностью до $0,18 \text{ Вт/м}^\circ\text{С}$, которая является функцией их низкой плотности до 600 кг/м^3 . Предназначены для теплоизоляции зданий, оборудования, средств транспорта.

К этим материалам относят теплоизолирующие мастики, засыпки, которые изготавливают на месте производства, штучные теплоизоляционные изделия, которых выпускают на заводах.

Классификация

В соответствии с нормативными документами теплоизоляционные материалы и изделия классифицируют:

1. По области применения:
 - изоляционно-монтажные;
 - изоляционно-строительные;
 - изоляционно-отделочные;
 2. По структуре:
 - волокнистые;
 - ячеистые;
 - зернистые с открытой или закрытой пористостью;
 3. По форме и внешнему виду:
 - штучные: плиты, блоки, сегменты;
 - рулонные и шнуровые;
 - рыхлые и сыпучие (вата минеральная, стеклянная);
 4. По виду исходного сырья:
 - органические;
 - неорганические;
 - смешанные;
 5. По средней плотности (основная классификация):
 - особо низкой плотности (марка 15, 25, 35, 50, 75 кг/м^3);
 - низкой плотности (марки 100, 125, 150, 175 кг/м^3);
 - средней плотности (марки 200, 225, 250, 300, 350 кг/м^3);
 - плотные (марки 400, 450, 500, 600 кг/м^3);
 6. По жесткости:
 - мягкие (М);
 - полужесткие (ПЖ);
 - жесткие (Ж);
 - повышенной жесткости;
 - твердые;
- Жесткость определяют по стандартной методике, вычисляя относительную деформацию в %, вызванную применением стандартной нагрузки.
7. По теплопроводности:
 - группа А: низкой теплопроводности, $\lambda = 0,06 \text{ Вт/м}^\circ\text{С}$;
 - группа Б: средней теплопроводности, $\lambda = 0,06 - 0,115 \text{ Вт/м}^\circ\text{С}$;
 - группа В: повышенной теплопроводности, $\lambda = 0,115 - 0,175 \text{ Вт/м}^\circ\text{С}$;

8. По возгораемости:

- несгораемые;
- трудносгораемые;
- сгораемые;

В общем случае теплоизоляционные материалы и изделия должны иметь низкую среднюю плотность (до 600 кг/м³), не выделять вредных и токсичных веществ, пыли, более установленных ПДК.

Главной особенностью таких материалов является высокая пористость от 70 до 98%, которая достигается применением особых технологических приемов.

Применение теплоизоляционных материалов в строительстве позволяет увеличить технико-экономические показатели, в том числе:

1. снизить массу конструкции и нагрузку на несущие конструкции;
2. уменьшить потребность в цементе и стали;
3. сократить расходы энергии на поддержание тепловлажностного режима внутри здания;

Наибольшая эффективность использования теплоизоляционных материалов достигается при изоляции поверхностей, имеющих наиболее высокую температуру, так как при этом коэффициент теплоотдачи α снижается в большое количество раз. Теплоизоляционные материалы применяют также для сохранения отрицательных температур. В этом случае большое влияние необходимо уделять предотвращению конденсации влаги внутри либо на поверхности этих материалов.

Основные задачи развития теплоизоляционных материалов – это расширение сырьевой базы (использование отходов производства), совершенствование технологических процессов (уменьшение энергоемкости и стоимости материалов), обеспечение максимальной заводской готовности.

Основные свойства теплоизоляционных материалов.

К функциональным свойствам относятся:

- пористость;
- теплопроводность;
- теплоёмкость
- теплостойкость

К строительно-эксплуатационным свойствам относятся: средняя плотность, физико-механические показатели, стойкость при действии влаги, морозостойкость, то есть свойства обеспечивающие долговечность материалов.

Пористость – поры делят на макропоры (более 0,2 мм) и микропоры (менее 0,2 мм).

Истинная пористость состоит из открытых и закрытых (замкнутых) пор. С точки зрения уменьшения теплопроводности наиболее предпочтительнее микропоры, не сообщающиеся друг с другом.

Так как теплопроводность складывается из следующих слагаемых:

$$\lambda_{\Sigma} = \lambda_{\Gamma} + \lambda_{\text{и}} + \lambda_{\text{к}}$$

где: λ_{Γ} – коэффициент теплопроводности межпоровых перегородок;

$\lambda_{\text{и}}$ – коэффициент теплопроводности, передаваемый за счет излучения;

Чем больше размеры пор и больше степень черноты материала, тем больше и быстрее тепло будет передаваться за счет излучения.

λ_k – теплопроводность за счет конвекции, то есть перемещенное воздействие масс, находящихся в порах воздуха;

Истинная пористость обуславливает как теплофизические характеристики, так и механические свойства материалов, то есть показывает содержание твердой фазы материала.

Поровое пространство теплоизоляционных материалов в процессе эксплуатации необходимо оберегать, то есть не создавать открытую пористость, так как она способствует проникновению вглубь материалов газов и влаги, которая разрушает межпоровые перегородки, и увеличивает коэффициент теплопроводности, снижая прочность материалов.

На свойства теплоизоляционных материалов влияет также форма пор. Вытянутые поры делают анизотропными свойства материалов, направление пор перпендикулярное нагрузке уменьшает прочность и увеличивает коэффициент теплопроводности, а параллельное нагрузке – наоборот.

Теплопроводность – свойство материала сохранять эксплуатационные характеристики в условиях теплового, механического и химического воздействия при определенной температуре. Это свойство характеризуется предельной температурой эксплуатации, при которой материал сохраняет свои свойства. При превышении этой температуры начинаются структурные и фазовые превращения, ускоряются химические реакции, протекающие внутри материала, что сопровождается резким изменением физико-механических свойств. Эта температура определяет область использования материалов.

Например, для органических материалов обычно максимальная температура эксплуатации не превышает 150°C.

Прочностные деформативные характеристики теплоизоляционных материалов оценивают модулями упругости при сдвиге, сжатии, растяжении, так как эти материалы могут испытывать большие перепады температуры, которые вызывают деформации при эксплуатации.

Прочность и теплофизические показатели ячеистых материалов зависит от количества твердой фазы, размеров пор, качества поверхности. Теплофизические характеристики этих материалов можно изменять в широких пределах, варьируя содержание твердой фазы.

Материалы волокнистой структуры изменяют свои свойства при изменении ориентации волокон, их толщины, формы и шероховатости поверхности.

Комплексным показателем качества теплоизоляционных материалов является коэффициент конструктивного качества (ККК), который определяется по прочности при сжатии и средней плотности. Чем выше ККК, тем большими конструктивными свойствами обладает теплоизоляционный материал.

Обычно эти материалы имеют плотность более 400 кг/м³.

Свойства и качество теплоизоляционных материалов обычно снижаются при увеличении их влажности. Материалы с коэффициентом размягчения менее 0,75 являются не водостойкими.

Способы получения пористой структуры теплоизоляционных материалов.

Получают следующими способами:

1. Газообразованием.
2. Введением пены.
3. Высоким водозатворением смеси, с последующей сушкой.
4. Механической диспергацией.
5. Созданием волокнистого каркаса.
6. Вспучиванием минерального и органического сырья.
7. Использованием выгорающих добавок.
8. Химической переработкой.

Для протекания и ускорения всех этих процессов применяют различные технологические приемы, связанные в основном с повышением температуры: обжиг, пропаривание, подогрев исходных компонентов, автоклавная обработка.

Способ газообразования. Основан на выделении газообразных продуктов в объеме материала, находящегося в вязко-текучем или пиропластичном состоянии (материал разжижается). Газообразователи обычно вводят в исходную массу, хотя роль газообразователя может играть и гидратная вода, находящаяся в сырье и испаряющаяся при его нагревании (изготавливают перлит и вермикулит). Газообразование может происходить как в результате реакции газообразователя (алюминиевая пудра) с компонентами сырья, так и в результате разложения компонентов сырья и газообразователя.

Пенообразование. Основано на понижении поверхностного натяжения воды при добавлении к ней ПАВ. В результате интенсивного перемешивания в пеногенераторах создаётся пена, которую стабилизируют с помощью стабилизаторов и вводят в поризуемую массу. Показатели кислотности пены $\text{pH}=8-10$. Обычно стабильную пену получают при использовании активаторов пены.

Наиболее распространены пенообразователи:

1. Сапониновый – получают экстракцией сапонины из растения «мыльный корень». Пена, получаемая с использованием этого пенообразователя, отличается хорошей устойчивостью, однако ее использование требует особых мер безопасности и защиты, так как она имеет повышенную токсичность.
2. Клееканифольный – состоит из клея (50 %), канифоли (40 %) и щелочи (10 %). Этот пенообразователь даёт пену с высокой пеноустойчивостью однако обладает ограниченными условиями и сроком хранения, так как является многокомпонентной системой, которая может разлагаться на составляющие. Одновременно нельзя применять кислые ускорители твердения.
3. Алюмосульфонафтенный – изготавливают с использованием отходов нефтепереработки. Отличается хорошей пеноустойчивостью, однако имеет высокую стоимость, так как получается в результате многостадийных химических реакций.

4. Гидролизованная кровь – изготавливается из технической крови с добавлением растворов щелочей. Этот пенообразователь отличается средней пеноустойчивостью и его применение требует соблюдения санитарно-гигиенических норм.

Способ высокого водозатворения – основан на использовании избыточного количества воды, введенной в смесь перед сушкой формовочных масс. Основная характеристика – максимальное водотвердое отношение сырьевой смеси, обеспечивающая получение нужной пористости без значительного снижения физико-механических показателей. Способом высокого водозатворения изготавливают материалы, как с волокнистой структурой, так и ячеистой с пористостью до 85 %. Этот способ часто сочетается с введением выгорающих добавок и последующего обжига.

Способ механической диспергации. Основан на увеличении удельной поверхности контактов зерен материала при механическом воздействии на них и последующей неплотной упаковке. Таким способом изготавливают различные теплоизоляционные засыпки на основе гранулированных теплоизоляционных материалов.

Способ создания волокнистого каркаса. Основан на использовании хаотичного расположения волокон неплотно заполняющих объем материала, и создающих его каркас. Таким способом изготавливают материалы из минеральной массы, фибролит, асбестосодержащие материалы. Отличительной особенностью этого способа являются крупные сообщающиеся поры, величина которых зависит от размера толщины волокон и способа уплотнения каркаса. Основную прочность и жесткость этим материалам придают длинные волокна, расположение которых определяет характеристику пористости.

Теплоизоляционные материалы с волокнистым каркасом могут быть двух типов:

1. Материалы со свободно упакованными волокнами с подвижными и небольшими по площади контактами между волокон, форму и жесткость которым придают с помощью дополнительных внешних ограничителей. Это прошивные материалы из минеральной ваты и стекловолокна, в металлической сетке.

2. Материалы, структура которых образуется в результате жестких контактов между волокнами путем введения связующего. Плотность и жесткость изделий регулируют количеством связующего, плотностью упаковки волокон и их размерами.

Способ вспучивания минерального и органического сырья. Основан на увеличении объема материала при его нагревании вследствие расширения заключенного в нем воздуха или испарения химически не связанной воды.

Способностью вспучиваться обладают перлитовые горные породы, вермикулит, минералы глин, полистирол.

Способ выгорающих добавок. Используют в основном для создания пористой керамики, так как требуется высокая температура. В качестве выгорающих добавок используют низкосортный тонкоизмельченный уголь, древесные опилки, торфяную крошку и др..

Рассмотренные способы создания пористости определяют вид и особенности формования изделий, тепловой обработки, подготовки сырьевых компонентов. Вид способа также определяет возможность его интенсификации, качество получаемого материала и возможность его модификации.

Например, в высоковязких пластичных массах процесс газообразования интенсифицируют вибрацией (вибровспучивание), в результате чего непрерывно обновляется реагирующая поверхность газообразователя, что интенсифицирует газовыделение.

Органические теплоизоляционные материалы

Арболит – лёгкий бетон на органических заполнителях, получаемый в результате формования и твердения рационально подобранной смеси, состоящей из минерального вяжущего, заполнителей (отходов лесозаготовки, лесопиления и деревообработки, дроблённых стеблей хлопчатника, льна), химических добавок и воды. Арболит применяют для изготовления теплоизоляционных, конструктивно-теплоизоляционных изделий эксплуатируемых в зданиях с относительной влажностью не более 75%. Изделия изготавливают неармированными, однослойными и многослойными. При плотности до 400 кг/м³, арболит сгораем, выше 400 кг/м³ трудносгораем. При защите от увлажнения это биостойкий материал.

Арболит поддерживает в помещении хорошие санитарно гигиенические условия (осушающий режим), на нём не конденсируется влага (так как он имеет низкую теплопроводность и теплоёмкость).

Ксилобетон – разновидность арболита с заполнителем опилками и вяжущим цементом или известью и гипсом. При плотности до 600 кг/м³ применяют как теплоизоляционный материал, 600-1200 кг/м³ как конструктивно-теплоизоляционный материал (при прочности свыше 5 МПа).

Фибролит - это плотный материал волокнистой структуры, который образовался в результате омоноличивания древесной стружки минеральным вяжущим веществом. Причём стружка играет роль как заполнителя так и одновременно армирующего компонента.

Производство этого материала началось с середины 19 века. Цементный фибролит выпускался в СССР с 1940г. За это время была разработана технология и на других видах вяжущих, но наиболее распространённым остался цементный и магнезиальный фибролит. В различных странах фибролит известен под разными названиями : в США – порекс, в Швеции – траулит, в Чехии – свен, в Бельгии – эльтонит.

В зависимости от вида используемого вяжущего различают : цементный фибролит, магнезиальный, магнезиально-доломитовый, известковый, гипсовый, цементно известковый.

В зависимости от назначения различают :

1. теплоизоляционный фибролит с плотностью до 350 кг/м³ , П=85%, R_{сж}= 4Мпа, теплопроводностью 0,098.
2. акустический фибролит с плотностью от 350 до 400 кг/м³ , П=82%, R_{сж}= 7Мпа, теплопроводностью 0,115.

3. теплоизоляционно - конструкционный фибролит с плотностью от 450 до 500 кг/м³, П=77%, Rсж= 12Мпа, теплопроводностью 0,157.

Марка фибролита соответствует его средней плотности, которая в свою очередь зависит от расхода вяжущего и усилия прессования при изготовлении. Эти 2 параметра являются основными и зависимыми между собой в технологии изготовления фибролита. Так, простое изменение расхода вяжущего без изменения усилия прессования ведёт к разрыхлению материала, повышению его неоднородности и плотности.

Фибролит не водостоек, нуждается в специальной защите от увлажнения. Однако такая высокая и открытая пористость способствует хорошему звукопоглощению при небольшой толщине 25-36 мм.

Фибролит хорошо сцепляется с основанием и штукатуркой, хорошо гвоздится и обрабатывается. Фибролитовая стена толщиной 15 см. по теплоизоляции равна 50 см кирпичной стены. Фибролит воздухопроницаем, не горит, а тлеет, во влажном состоянии (более 35 %), поражается грибами.

Сырьё для производства фибролита

1. Цемент
2. Древесная шерсть
3. Минерализатор

Для производства древесной шерсти используют неделовую древесину, предварительно окоренную (так как в коре содержится большое число веществ вредно влияющих на прочность) и выдержанную в течении 4-6 месяцев.

Выдержка осуществляется с целью снижения содержания в самой древесине органических веществ способных под воздействием щелочной среды ПЦ переходить в хорошо растворимые сахара которые понижают прочность фибролита в 5- 10 раз. После полугодового выдерживания эти вещества за счёт окислительных процессов переходят в труднорастворимые формы.

Древесная шерсть используемая в качестве заполнителя и армирующего элемента представляет собой стружку длиной 200- 500 мм., шириной 3 – 7 мм, толщиной 0,3-0,6 мм. Отклонение толщины ниже допустимого снижает прочность изделия, выше допустимого снижает эластичность и повышает хрупкость.

ПЦ или другое используемое вяжущее должны быть быстро твердеющими, иметь марку не ниже 400. Наиболее применим цемент с содержанием С3S примерно 60% и С3А 12%. Для сокращения сроков схватывания применяют домалывание.

Минерализаторы предназначены для нейтрализации вредного воздействия на цементный камень сахаратов и улучшения адгезии цементного камня с древесной шерстью. Применяют водные растворы хлорида кальция или растворимого стекла которыми пропитывают или обрызгивают древесную шерсть.

Ориентировочный расход материалов при производстве фибролита марок 300-500 на 1 м³: древесины 0,3-0,8 м³; ПЦ 400 - - 170-270 кг; CaCl₂ – 6-12 кг; 30-50 кг условного топлива и 13-25 кВт электроэнергии.

Технология изготовления фибролита.

1. Подготовка сырья
2. Минерализация
3. Смешивание минерализованной шерсти с цементом
4. Формование
5. Предварительное твердение
6. ТО плит.

Подготовка сырья состоит из окоривания древесины, выдерживании 4-6 месяцев на открытой площадке и последующей распиловке на отрезки длиной до 0.5м. Получение шерсти производится на специальных станках, рабочим органом которых является плита со строгальными ножами, имеющими возвратно-поступательные движения. Существуют также станки с вращательным движением ножей. Из полученной стружки удаляются в грохотах или воздушных сепараторах пыль и наиболее мелкие фракции, затем стружку подсушивают до влажности 20-25% в камерах или конвейерных сушилках, что необходимо для обеспечения более глубокой минерализации.

Смесь обычно получают по сухому способу, при котором подсушенная стружка минерализуется 3-4%-ым водным раствором CaCl_2 или жидкого стекла путём окунания, распыления или в барабанных смесителях, либо на перфорированных конвейерных лентах. Затем перед окончательным смешиванием с цементом стружку, пропитанную минерализатором, сначала опрыскивают либо посыпают сухим цементом. Это необходимо для того, чтобы влажность стружки уменьшилась, вследствие впитывания цементом и цемент наиболее равномерно распределился по её поверхности. Температура минерализатора должна быть 40-50°C.

Смешивание с цементом производят в гравитационных смесителях или смесителях принудительного действия, исключаящих уплотнение или наматывание смеси на вал смесителя. Для теплоизоляционного фибролита соотношение между стружкой и цементом по массе составляет 1,2:3. При этом влажность шихты – 45-50%.

Отличительной особенностью технологии акустического фибролита является использование более толстой или более узкой стружки и невысокое усилие прессования. Оптимальная толщина 25 – 35мм. Из смесителей формуемая масса по конвейеру со специальным разрыхлительным устройством распределяется по формам, в которых прессуется механическими, гидравлическими либо пневматическими прессами.

Толщина слоя шихты, уложенной в формы, тем выше, чем больше предполагаемая степень уплотнения. Например, для марок 300-350 слой массы в форме выше в 2.5-3раза толщины готовой плиты. Для теплоизоляционного фибролита прессуемое давление – 0.1МПа, для более плотных плит – 0.4МПа. При этом наиболее распространённым является пакетный способ уплотнения форм. Количество форм в пакете не более 10штук. Основной размер выпускаемых плит 2400x550x75 мм.

ТО осуществляется в 2 этапа : низко- температурное ТО в формах и сушка без форм (под навесом) в течении min 48 часов.

Ячеистые бетоны.

Это разновидность легких бетонов, отличительным свойством их структуры являются равномерно распределённые ячеистые поры (до 85%). Поры должны иметь сферическую форму диаметром до 2 мм, равномерно распространенные в теле бетона, снижая плотность и теплопроводность.

Различают ячеистые бетоны:

1. По виду применяемого порообразователя. Различают бетоны на основе газообразователя, полученные в результате химической реакции введенных в смесь компонентов (алюминиевая пудра) и пенобетоны, при введении заранее изготовленной пены в раствор вяжущих.

2. По виду вяжущего и добавок:

— бетоны на основе портландцемента или смешанных цементов (газобетоны и пенобетоны);

— бетоны на основе известково-кремнеземистых вяжущих (газосиликаты и пеносиликаты);

— бетоны на основе шлаковых вяжущих (газошлакобетоны и пеношлакобетоны);

— бетоны на основе гипсовых вяжущих (газгипсобетоны и пеногипсобетоны);

В названии бетона учитывается также и вид кремнеземистой добавки.

3. Автоклавные и безавтоклавные ячеистые бетоны – по характеру твердения.

Безавтоклавные ячеистые бетоны – твердеют в естественных условиях, либо при атмосферном давлении в пропарочных камерах в термореактивных формах, либо в формах с электроподогревом. Безавтоклавные бетоны находят ограниченное применение.

4. По области применения:

А) теплоизоляционные (до $\rho=500$ кг/м³) и общей пористостью 75-85 %;

Б) конструктивно-теплоизоляционные - $\rho=500-800$ кг/м³, пористость – 55-75 %;

В) конструкционные - $\rho=900-1200$ кг/м³, пористость - 40-55 %;

Наиболее распространены первые два вида бетонов.

Панели из ячеистого бетона нельзя использовать для цоколей и подвалов зданий с мокрым режимом эксплуатации. Для повышения долговечности фасадную поверхность панелей обрабатывают гидрофобными кремнийорганическими жидкостями или наносят на нее защитное покрытие из каменных, плиточных или полимерных материалов.

Арматура и закладные детали в конструкциях из ячеистого бетона должны иметь надежное антикоррозионное покрытие (цементно-казеиновое, цементно-латексное, битумное или полимерное покрытие). Это связано с тем, что автоклавная обработка ячеистых бетонов лишает их возможности пассивировать сталь.

Толщина внешнего защитного слоя зависит от поверхности ячеистого бетона и должна быть не менее 25 мм.