

УДК 691-41

ЭВОЛЮЦИЯ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

¹Халиков Д.А., ²Халикова Г.С., ¹Гончарова Т.В., ¹Исламов К.Ф.

¹Набережночелнинский институт (филиал), Казанский федеральный университет,
Набережные Челны, e-mail: dinar.inc@mail.ru, kam@kambox.ru;

²ООО «Нижекамский завод металлических конструкций», Набережные Челны,
e-mail: gulnaz90.2712@mail.ru

Начиная еще с древних времен теплоизоляционные материалы играли важную роль в жизни человека, создавая комфортные условия существования. Кроме функции теплоизоляции эти материалы выполняли также функцию укрывного материала для защиты от атмосферных осадков. В процессе эволюции теплоизоляционных материалов стала придаваться форма, обеспечивающая конструкционную прочность и технологичность при возведении сооружений и жилищ. В особый этап последующего развития следует выделить производство композитных теплоизоляционных материалов. Именно на этом этапе человек интуитивно использовал пористость как одно из основных свойств теплоизоляционных материалов. Появились многочисленные теплоизоляционные материалы выпускаемые в условиях массового производства, которые можно классифицировать по виду основного исходного сырья (органическое, неорганическое); структуре (волокнистая, зернистая, ячеистая, сыпучая); содержанию связующего вещества (содержащие и не содержащие); возгораемости (несгораемые, трудносгораемые, сгораемые); по форме: плоские (плиты, маты, войлок); рыхлые (вата, перлит); шнуrowые (шнуры, жгуты); фасонные (сегменты, цилиндры, полуцилиндры и др.).

Ключевые слова: теплоизоляционные материалы, технологическая эффективность, композиционные материалы, пористость

EVOLUTION OF HEAT-INSULATING CONSTRUCTION MATERIALS

¹Khalikov D.A., ²Khalikova G.S., ¹Goncharova T.V., ¹Islamov K.F.

¹Branch of KFU in Naberezhnye Chelny, Naberezhnye Chelny,
e-mail: dinar.inc@mail.ru, kam@kambox.ru;

²ООО «Nizhnekamsk plant of metal constructions», Naberezhnye Chelny, e-mail: gulnaz90.2712@mail.ru

Beginning with ancient times heat-insulating materials played an important role in human life for creation of comfortable living conditions. Except function of thermal insulation these materials carried out also function of ukryvny material for protection against an atmospheric precipitation. In the course of evolution the form providing the constructional durability and technological effectiveness at construction of constructions and dwellings began to be given to heat-insulating materials. In a special stage of the subsequent development it is necessary to allocate production of composite heat-insulating materials. At this stage of people intuitively I used porosity as one of the main properties of heat-insulating materials. There were numerous heat-insulating materials which are let out in the conditions of mass production which can be classified on: to a type of basic raw materials (organic, inorganic); to structure (fibrous, granular, cellular, loose); to the content of binding substance (containing and not containing); inflammabilities (fireproof, fire-resistant, combustible); in a form: flat (plates, mats, felt); friable (cotton wool, perlite); shnurovy (cords, plaits); shaped (segments, cylinders, semi-cylinders, etc.).

Keywords: insulation materials, technological effectiveness, composite materials, porosity

Начиная с эпохи неолита и по настоящее время теплоизоляционные материалы всегда играли важную роль в жизни человека, создавая комфортные условия существования. В различных климатических зонах они имели соответствующее функциональное назначение. В тропиках защищали от зноя, в умеренных и северных широтах – от холода. По мере развития технологии строительства человек применял различные теплоизоляционные материалы, которые также претерпевали эволюционные изменения в направлении повышения своих служебных свойств.

На первом этапе, очевидно, находили применение не подвергаемые какой-ли-

бо обработке доступные дикоросы: пальмовые, банановые листья, трава и т.п. в южных широтах; тростник, камыш, мох, торф, крапива, ветви лиственных и хвойных деревьев в северных широтах. Применялись также теплоизоляционные материалы животного происхождения: шкуры, кожа, шерсть.

По мере развития земледелия в качестве теплоизоляционных материалов стали применяться отходы растениеводства: солома, костра льна, конопля и т.п.

Кроме функции теплоизоляции эти материалы выполняли также функцию укрывного материала для защиты от атмосферных осадков.

Второй этап эволюции теплоизоляционных материалов характеризуется тем, что человек целенаправленно начал изменять их форму и свойства. С использованием технологии вязания из растительных материалов стали изготавливаться маты, циновки, полотна, из шерсти стал производиться войлок.

Теплоизоляционным материалам стала придаваться форма, обеспечивающая конструкционную прочность и технологичность при возведении сооружений и жилищ. Древесина использовалась при строительстве деревянных домов и других сооружений. Кроме материалов растительного и животного происхождения началось применение такого природного сырья, как глина, пористое минеральное сырье: туф, ракушечник, песчаник и т.п. В малолесных местностях строились жилые дома под соломенными крышами. Из необожжённого глиняного кирпича был построен Вавилон и многие города на всех континентах.

В особый этап следует выделить производство композитных теплоизоляционных материалов. По-видимому, одним из первых искусственных композиционных теплоизоляционных материалов является саман – строительный материал, произведенный на основе дешевого и недефицитного природного сырья, не требующего для производства больших затрат энергии. В нем в качестве основного конструкционного и теплоизолирующего материала используется какое-либо волокнистое растительное сырье, в основном солома, а глина играет роль связующего. Ни солома, ни глина не выделяют никаких вредных веществ. Саманные стены толщиной 40–50 см имеют такую же теплоизоляционную способность, как и кирпичная кладка толщиной 80 см.

Именно на этом этапе человек интуитивно использовал пористость как одно из основных свойств теплоизоляционных материалов.

Следующим этапом развития строительных теплоизоляционных материалов стало появление в качестве их компонент искусственно созданных материалов – цемента, полимеров, стекла, волокнистых материалов (каменное и стекловолокно, асбестовое волокно и т.п.).

Появились многочисленные теплоизоляционные материалы, выпускаемые в условиях массового производства, которые можно классифицировать по виду основного исходного сырья (органическое, неорганическое); структуре (волокнистая, зернистая, ячеистая, сыпучая); содержанию связующего вещества (содержащие и не содержащие); возгораемости (несгораемые, трудносгораемые, сгораемые); по форме: плоские (плиты, маты, войлок); рыхлые

(вата, перлит); шнуровые (шнуры, жгуты); фасонные (сегменты, цилиндры, полусферы и др.).

Теплоизоляционные легкие бетоны готовят из пористого заполнителя – легкого керамзита, вермикулита, вспученного перлита и, как правило, минерального или органического связующего. Плотность изделий составляет 150–300 кг/м³.

Теплоизоляционные цементные ячеистые газо- и пенобетоны имеют достаточную марку по прочности, низкое водопоглощение, хорошую морозостойкость, повышенную огнестойкость, низкую теплопроводность, плотность составляет 100–500 кг/м³.

Из порландцемента и органического коротковолокнистого сырья (древесных опилок, сечки соломы и камыша, дробленой станочной щепы или стружки), обработанного раствором минерализатора, изготавливают арболитовые изделия. Химическими добавками служат: растворимое стекло, сернистый глинозем, хлористый кальций. В строительстве применяют теплоизоляционный арболит плотностью до 500 кг/м³ и конструктивно-теплоизоляционный арболит плотностью до 700 кг/м³. Теплопроводность арболита составляет 0,08–0,12 Вт/(м·К), прочность при сжатии – 0,5–3,5 МПа, растяжение при изгибе – 0,4–1,0 МПа.

Фибролит представляет собой плитный материал из древесной шерсти и неорганического вяжущего вещества. В качестве вяжущего служит порландцемент и раствор минерализатора – хлористого кальция. Плиты выпускаются толщиной 25, 50, 75 и 100 мм с теплопроводностью 0,1–0,15 Вт/(м·К), плотностью 300–500 кг/м³, и пределом прочности при изгибе 0,4–1,2 МПа.

Древесно-волокнистые изоляционные плиты производят из неделовой древесины, отходов деревообработки и лесопиления, макулатуры, стеблей кукурузы и соломы. Плотность этих плит до 250 кг/м³, теплопроводность – до 0,07 Вт/(м·К).

Древесно-стружечные плиты изготавливают путем горячего прессования массы, содержащей около 90% органического волокнистого сырья, как правило, специально приготовленной древесной шерсти и 7–9% синтетических смол. Для улучшения свойств плит в сырьевую массу добавляют гидрофобизирующие вещества, антисептики и антипирены.

Мипора изготавливается путем вспенивания мочевиноформальдегидной смолы, отвердения блоков, отлитых из пеномассы, и их последующей сушки. Мипора – наиболее легкий (плотность – 10–20 кг/м³) и наименее теплопроводный (0,026–0,03 Вт/(м·К)) из теплоизоляционных материалов.

Теплоизоляционный пеноизол обладает теплозащитными и звукоизолирующими свойствами. Плита пеноизола толщиной 10 см с жесткой наружной облицовкой по теплопроводности соответствует 90–100 см кирпичной кладки и поглощает до 95 % звуковых колебаний.

Полипеновинилхлорид выпускается двух видов: эластичный и жесткий. Жесткий пеновинилхлорид – теплоизоляционный материал, незначительно изменяющий свои свойства при изменении температуры в диапазоне от +60...–6 °С.

Пенополистирол, изготавливаемый из полистирола с порообразователем – жесткий пластик. Пенополистирол – мягкий материал с плотностью до 25 кг/м³, стойкий к истиранию, трудновоспламеняемый, но более горючий по сравнению с поливинилхлоридом, водопоглощение составляет доли процента.

Пенополиуретан получают в результате химических реакций, протекающих при смешивании исходных компонентов (полиэфира, воды, диизоцианита, эмульгаторов и катализаторов). Изготавливают жесткий и эластичный полиуретан.

Пенополиуретан имеет самую низкую теплопроводность, ниже 0,019 Вт/(м·К) по сравнению с другими изоляционными материалами; может быть использован в интервале температур от –50...+110 °С; максимальное водопоглощение составляет 2–5 %.

Полиэтилен вспененный с замкнутыми порами. Плотность 30 г/м³, теплопроводность 0,04 Вт/(м·К), допустимые температуры от –45...+100 °С, диаметр от 10 до 114 мм, толщина стенок изоляции 10; 15; и 20 мм, длина 2 м. Не гигроскопичен (не впитывает влагу) и химически нейтрален, легко монтируется.

Сотопласты изготавливают путем склейки гофрированных листов бумаги, хлопчатобумажной или стеклянной ткани, пропитанной полимером. При заполнении ячеек крошкой из мипоры теплоизоляционные свойства сотопласта повышаются.

Ячеистые пластмассы в зависимости от характера пор подразделяются на пенопласты и поропласты. Пенопласты имеют преимущественно закрытые поры в виде ячеек, разделенных тонкими перегородками. Поропласты – ячеистые пластмассы с сообщающимися порами. Имеются также и материалы со смешанной структурой. Поры ячеистых пластмасс занимают 90–98 % объема материала, на стенки приходится всего лишь 2–10 %, вследствие этого ячеистые пластмассы легки и малотеплопроводны.

Теплоизоляционный слой пенопласта толщиной 5–6 см, имеющий плотность

около 2–3 кг/м³, эквивалентен слою ячеистого бетона или минеральной ваты толщиной 14–16 см. Вследствие этого масса 1 м² трехслойной панели, утепленной ячеистой пластмассой, снижается на 2–50 кг.

Ячеистые пластмассы применяют для утепления стен и покрытий, теплоизоляции трубопроводов при температуре до –60 °С.

Вулканитовые изделия изготавливают из смеси молотого трепела или диатомита (около 60 %), асбеста (20 %) и воздушной извести (20 %). Автоклавная обработка отформованных изделий ускоряет химическое взаимодействие между кремнезернистыми компонентами и воздушной известью и приводит к образованию гидросиликатов кальция.

Базальтовое волокно способно выдерживать действие температурной нагрузки до +1000 °С, как и основная порода, тогда как стекловолотно – лишь +550...650 °С. Базальтовая вата обладает теплопроводностью 0,035 Вт/(м·К), плотностью 130 кг/м³ при температуре 0 °С. Применяется базальтовая вата в виде огнестойких матов, плит и лент; поставляется в рулонах, устойчива к коррозии.

Зернистые материалы применяют для теплоизоляционных засыпок. При температурах до +450...600 °С применяют гранулированную и стеклянную вату, топливные шлаки, полученные в результате сжигания кускового топлива, топливные золы от сжигания пылевидного топлива, дробленую пемзу и вулканический туф. При температурах до +900 °С применяют измельченные трепелы и диатомиты с крупностью до 5 мм; вспученный вермикулит в виде смеси пластинчатых зерен крупностью не более 15 мм, плотностью 100–120 кг/м³; вспученный перлит в виде пористого песка с плотностью 75–100 кг/м³.

Каменная вата на базальтовой основе применяется для теплоизоляции коммуникаций, перекрытий, кровель, а также для утепления фасадов. Изделия из неё уменьшают уровень шума лучше стекловаты на 20–30 % и устойчивы к воздействию влаги, отталкивают воду, но пропускают водяной пар. Влага практически не влияет на долговечность этого материала и не изменяет характеристик, благодаря низкому уровню водопоглощения. Волокна ваты выдерживают температуру до +1000 °С в течение 120 минут, поэтому все изделия из них относятся к группе несгораемых материалов.

Количество видов утеплителей из каменной ваты насчитывает более 18 наименований, каждое из которых имеет свои типоразмеры, плотность (мягкие, полужесткие, жесткие) и форму.

Минеральная вата представляет собой бесформенный волокнистый материал, состоящий из тонких стекловидных волокон диаметром 5–15 мкм, получаемых из расплава легкоплавких горных пород (доломитов, мергелей), топливных и металлургических шлаков.

Минераловатные изделия с гофрированной структурой содержат до 30% ориентированных в вертикальном положении волокон; плотность изделий составляет 140–200 кг/м³. По сравнению с плитами с горизонтальной ориентацией волокон гофрированные плиты отличаются повышенной прочностью (в 1,7–2,5 раза) и меньшей деформативностью.

Минераловатные жесткие плиты и фасонные изделия (скорлупы, сегменты) выпускают с битумным, синтетическим и неорганическим связующим (глиной, цементом, жидким стеклом и др.). Для повышения прочности и снижения количества связующего в состав изделий вводят коротковолокнистый асбест. Плиты толщиной 40–100 мм выпускают плотностью 100–400 кг/м³ и теплопроводностью 0,051–0,135 Вт/(м·К).

Минераловатные твердые плиты изготавливают на синтетическом связующем – фенолспирте, растворе или дисперсии карбамидного полимера. Плиты обладают повышенной жесткостью, плотностью – 180–200 кг/м³, теплопроводностью – 0,047 Вт/(м·К) и толщиной 30–70 мм.

Теплоизоляционные асбестовые материалы изготавливают из асбестового волокна и выпускают в виде рулонов и листов. Для получения асбестового шнура, бумаги, картона вводят наполнитель и небольшое количество склеивающих веществ – казеина, крахмала.

Неорганические жесткие изделия – диатомитовые, перлитокерамические, ячеисто-керамические – обладают высокой термостойкостью – до +900 °С.

Неорганические рыхлые материалы изготавливают из смеси волокнистых материалов, асбеста, минерального волокна с неорганическими связующими, затворяемыми водой. Применяют для мастичной теплоизоляции трубопроводов с учетом температуры у границ теплоизоляционного слоя.

Асбестодиатомитовый порошок представляет собой смесь молотого трепела и диатомита (85%), асбеста (15%), иногда с добавками слюды и всякого рода отходов. Плотность теплоизоляции составляет 450–700 кг/м³, теплопроводность – 0,093–0,21 Вт/(м·К).

Минераловатная смесь готовится из минеральной ваты, поргланццемента, тонкодисперсной глины и асбеста. Плотность

изоляции в сухом состоянии – 400 кг/м³, теплопроводность не более 0,28 Вт/(м·К).

Совелитовый порошок – смесь легкого основного углекислого кальция с асбестом, применяемая при температурах до + 500 °С. Совелитовая изоляция в готовом виде имеет плотность 450 кг/м³ и теплопроводность не более 0,098 Вт/(м·К).

Совелит – наиболее распространенный асбесто-магнезиальный материал. Сырьем для производства совелита служат доломит и асбест (15%). Совелит применяют для изоляции трубопроводов, материал способен выдерживать температурную нагрузку до +500 °С.

Стекловата изготавливается, как правило, из вторично используемого стекла, песка, известняка и соды. Материал обладает низкой теплопроводностью, вследствие чего улучшаются его изолирующие свойства. Практически все такие изделия относятся к группе негорючих строительных материалов и отвечают требованиям пожарной безопасности.

В группе теплоизоляционных материалов стекловата считается одним из лучших по звукопоглощению.

Стеклопор выпускают трех марок:

«СЛ» с плотностью 15–40 кг/м³, теплопроводностью 0,028–0,035 Вт/(м·К);

«Л» с плотностью 40–80 кг/м³, теплопроводностью 0,032–0,05 Вт/(м·К);

«Т» с плотностью 80–120 кг/м³, теплопроводностью 0,038–0,05 Вт/(м·К).

В сочетании с разнообразными связующими стеклопор используют для изготовления заливочной, мастичной, штучной теплоизоляции. Применение стеклопора в наполненных пенопластах наиболее эффективно, так как позволяет снизить расход материала и значительно повысить огнестойкость теплоизоляционных изделий.

Термозвукоизол – комбинированный современный строительный материал, составленный из холстопрощивного стекловолоконного полотна типа ПСХ, упакованного в защитный материал лутрасил, представляющий собой монофиламентное полипропиленовое синтетическое волокно, исключительно прочное и легкое. Лутрасил абсолютно не пропускает пыль и не отсыревает. Термозвукоизол – открытие современной строительной индустрии. Воздух на молекулярном уровне проходит через слой лутрасила, который совершенно исключает возможность выделения стеклянной пыли. Термозвукоизол состоит из внутреннего слоя, стекловолоконного холстопрощивного полотна, и оболочки из двух слоев нетканого полипропилена.

Современный этап развития теплоизоляционных материалов связан с применением

ем при их производстве наночастиц, придающих им уникальные свойства, в частности в виде различных мастик, которые используются путем нанесения на изолируемую поверхность теплоизоляционного материала в пластичном состоянии. Мастики готовят на месте производства работ путем растворения порошкообразного материала, включающего наночастицы, водой до необходимой густоты, который затем наносят послойно.

Список литературы

1. Бобров Ю., Овчаренко Е.Г., Шойхет Б.М., Петухова Е.Ю. Теплоизоляционные материалы и конструкции: учебник. – М.: Изд-во «Инфра-М», 2003. – 268с.
2. Горлов Ю.П. Технология теплоизоляционных материалов: учеб. для вузов / Ю.П. Горлов, А.П. Меркин, А.А. Устенко. – М.: Стройиздат, 1980. – 399 с.:ил.
3. Горяинов К.Э. Технология теплоизоляционных материалов и изделий: учеб. для вузов / К.Э. Горяинов, С.К. Горяинова. – М.: Стройиздат, 1982. – 376 с.
4. Сухарев М.Ф. Производство теплоизоляционных материалов / М.Ф. Сухарев, И.Д. Майзель, В.Г. Сандлер. – М.: Высшая шк., 1981. – 231 с.
5. Технология производства теплоизоляционных и звукоизоляционных строительных материалов на основе минерального волокна и местных вяжущих: сб. науч. тр. – Вильнюс:ВНИИтеплоизоляция, 1982. – 112 с.

References

1. Bobrov Ju., Ovcharenko E.G., Shojhet B.M., Petuhova E.Ju. Teploizoljacionnye materialy i konstrukcii: uchebnik. M.: Izd-vo «Infra-M», 2003. 268 p.
2. Gorlov Ju.P. Tehnologija teploizoljacionnyh materialov: ucheb. dlja vuzov / Ju.P. Gorlov, A.P. Merkin, A.A. Ustenko. M.: Strojizdat, 1980. 399 p.:il.
3. Gorjajnov K.Je. Tehnologija teploizoljacionnyh materialov i izdelij: ucheb. dlja vuzov / K.Je. Gorjajnov, S.K. Gorjajnova. M.: Strojizdat, 1982. 376 p.
4. Suharev M.F. Proizvodstvo teploizoljacionnyh materialov / M.F. Suharev, I.D. Majzel, V.G. Sandler. M.: Vysshaja shk., 1981. 231 p.
5. Tehnologija proizvodstva teploizoljacionnyh i zvukoizoljacionnyh stroitelnyh materialov na osnove mineralnogo volokna i mestnyh vjazhushhih: sb. nauch. tr. Vilnjus:VNIIteploizoljacija, 1982. 112 p.

Рецензенты:

Шибакон В.Г., д.т.н., профессор, зав. кафедрой «Машиностроение», Набережно-челнинский филиал, Казанский федеральный университет, г. Набережные Челны;
Сибгатуллин Э.С., д.ф.-м.н., профессор, зав. кафедры «Промышленное, гражданское и строительство и строительные материалы», Набережночелнинский институт (филиал), Казанский федеральный университет, г. Набережные Челны.