

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

УДК 544.774.2:699.86

ПРЕИМУЩЕСТВА АЭРОГЕЛЯ НАД СУЩЕСТВУЮЩИМИ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫМИ МАТЕРИАЛАМИ

И.А. ДАВЫДЕНКО

(Представлено: **Е.С. НЕКРАСОВА**)

Постоянное совершенствование технологий способствует стремительному развитию разработки и производства новых материалов, среди которых инновационный материал – аэрогель. В данной работе исходя из его физических свойств, выявлены его достоинства перед другими теплоизоляционными материалами.

Беларусь – страна мощной химической промышленности. Это обуславливает возможность производства налаживания производства аэрогеля на территории нашей страны, что должно значительно уменьшить его стоимость на территории государства. На территории страны отсутствуют богатые запасы полезных ископаемых, поэтому приоритетом становится развитие высоких технологий и получения статуса технологичной державы в мировом сообществе, с приоритетным развитием высоких технологий.

Аэрогели – класс материалов, представляющих собой гель, в котором жидкая фаза полностью замещена газообразной. Такие материалы обладают рекордно низкой плотностью и демонстрируют ряд уникальных свойств: твёрдость, прозрачность, жаропрочность, чрезвычайно низкую теплопроводность и т.д. Известны аэрогели на основе аморфных оксидов: диоксида кремния SiO_2 , оксида алюминия Al_2O_3 , оксидов Cr, Sn, W, Fe, Li, Na, Ca, Mg, Ba, Sb, Te, Ni, Ge, Zn, Mn и других элементов. Также получены аэрогели на основе углеродных нанотрубок (в начале 1990-х получены первые образцы аэрогеля на основе углерода). Аэрогель на основе SiO_2 представляет собой разветвленный трехмерный кластер, напоминающий древовидную сеть из наночастиц размером около 4 нм. Поры между кластерами заполнены воздухом, характерный размер пор ~100 нм, в десятки раз превышающий размер кластеров, что и позволяет получать очень легкий материал (рис. 1) [1].

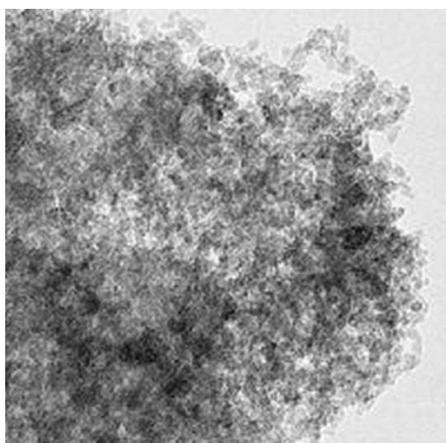


Рис. 1. Разветвленная трехмерная сеткааэрогеля на основе SiO_2 из наночастиц размером около 4 нм

Благодаря своей структуре аэрогели обладают набором уникальных свойств. При сильной нагрузке аэрогель трескается, но в целом это весьма прочный материал – образец аэрогеля может выдержать нагрузку в 2000...4000 раз больше собственного веса, она намного выше, чем у железобетона или даже титановых сплавов, применявшихся в некоторых советских самолётах и подлодках. Аэрогели, как и гели, могут производиться из разных материалов. Самые перспективные создаются на основе углеродных нанотрубок длиной около 1 мкм. Чтобы преодолеть проблемы с неэластичностью, американские материаловеды наносили на образцы такого аэрогеля от одного до пяти слоёв графена. Полученный материал легко перенёс до 1 000 000 циклов сжатия-восстановления без малейших следов изменения формы или объёма после удаления деформирующей нагрузки. Хотя их прочность приближается к прочности твердых тел, по плотности они близки к газам.

Плотность различных аэрогелей обычно варьируется в пределах от 0,001 до 0,5 г/см³ (чаще всего порядка 0,02 г/см³), а плотность воздуха – 0,001225 г/см³ [2].

Наиболее распространены кварцевые аэрогели, по плотности среди твердых тел они уступают лишь металлическим микрорешёткам, чья плотность может достигать – 0,9 кг/м³, что на одну десятую меньше лучших показателей плотности аэрогелей – 1 кг/м³. В воздушной среде при нормальных условиях плотность такой металлической микрорешётки равна 1,9 кг/м³ за счёт внутривоздушной среды. Это в 500 раз меньше плотности воды и всего в 1,5 раза больше плотности воздуха [3].

Аэрогели обладают и крайне малой теплопроводностью, поскольку теплу нужно пройти сложный путь по разветвленной сети из очень тонких цепочек наночастиц. При этом перенос тепла по воздушной фазе также затруднен из-за того, что эти же цепочки делают невозможной конвекцию, без которой теплопроводность воздуха очень низка.

Аэрогели, в особенности кварцевые, не только хорошие теплоизоляторы. Они также очень гигроскопичны. Благодаря чрезвычайно низкой теплопроводности ~0,017 Вт/(м·°C) (табл. 1) в воздухе при атмосферном давлении, меньшей, чем теплопроводность воздуха 0,024 Вт/(м·°C), именно они обладают потенциалом применения в строительстве в качестве теплоизолирующих и теплоудерживающих материалов. Кроме этих уникальных свойств температура плавления кварцевого аэрогеля составляет 1200 °C [4].

Таблица 1

Сводная таблица свойств, полученных при температуре 37 °C (теплопроводность, плотность, температура применения) для разновидностей аэрогелягибкой теплоизоляции, предоставленной компанией ASPEN AEROGELS (USA)

Тип аэрогеля	Коэффициент теплопроводности, т/(м·°C)	Плотность, кг/м ³	Температура применения, °C
Pyrogel XT-E	0,021	200	-40...650
Pyrogel XTF	0,021	180	-40...650
Pyrogel XT	0,021	180	-40...650
Cryogel Z	0,014	130	-265...125
Cryogel X201	0,014	130	-200...200
Pyrogel 2250	0,016	170	200 max
Pyrogel 6650	0,014	110	650 max
Spaceloft	0,014	150	-100...200
SpaceloftSubsea	0,014	160	-100...200

Как видно из вышеуказанной таблицы, коэффициент теплопроводности теплоизолирующего материала в разы ниже, чем используемых строительных материалов (табл. 2) [5].

Таблица 2

Теплотехнические показатели строительных материалов согласно ТКП 45-2.04-43-2006 (02250)

Материал	Коэффициент теплопроводности λ , Вт/(м·°C)	Плотность ρ , кг/м ³	Температура применения, °C
Маты минераловатные прошивные	0,044	125	-180...+450
	0,041	50	
Плиты пенополистирольные	0,041	50	-200...+85
	0,043	15	
Пенополиуретан	0,041	80	-150...+220
	0,029	40	
Плиты из резольнофенолформальдегидного пенопласта	0,047	100	-180...+150
	0,038	40	

Таким образом, исходя из физических свойств можно выявить ряд преимуществ нового наноматериала: - изоляция из этого материала чрезвычайно устойчива к воздействию огненной стихии. Она становится серьезным препятствием на пути распространения огня и дыма, существенно увеличивая временной интервал для организации и проведения мероприятий по тушению пожара;

- высокая степень влагонепроницаемости позволяет не только сохранить теплоизоляционные свойства аэрогеля в условиях повышенной влажности, но и надежно защитить изолируемые объекты от вредного воздействия атмосферных осадков и коррозионных процессов;

- высокая прочность, гибкость и эластичность обеспечивают длительный срок службы без заметного снижения полезных свойств аэрогеля. Даже под влиянием сильного механического воздействия они не разрушаются и вновь принимают свою первоначальную форму. При этом, в отличие от традиционных утеплителей, герметичность защитного слоя не нарушается, и уровень теплоизоляции сохраняется прежним;

- легкий вес и возможность рулонного варианта исполнения облегчает и транспортировку материала, и процесс монтажа, значительно сокращая сроки на его проведение. При этом нагрузка на изолируемые объекты практически не изменяется, как это происходит в случае применения других видов теплоизоляции. Изоляционный слой при этом не требует много места, что очень важно в стесненных условиях производственных помещений;

- состоящие из кварцевого материала, являющегося, по сути, песком, эти утеплители совершенно безвредны, как для человеческого здоровья, так и для окружающей среды. Процесс утилизации отходов облегчен тем, что отходы аэрогелевых утеплителей занимают очень малый объем.

ЛИТЕРАТУРА

1. Почтман, Ю.М. Техника Без Опасности. Эффективность потребления ресурсов. Технология устойчивого развития / Ю.М. Почтман, В.А. Бараненко. – М.: Стройиздат, 2010. – № 5.
2. Aerogels/Ed.J. Fricke. – Berlin; Heidelberg; New York; Tokyo: SpringerVerlag, 1986. – 205 p
3. Гусев, А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии / А.И. Гусев. – М.: Наука-Физматлит, 2007. – 416 с.
4. [Электронный ресурс] Таблица_1. – Режим доступа: http://thermalinfo.ru/publ/tverdye_veshhestva/stroitelnye_materialy/teplofizicheskie_svoystva_teploprovodnost_plotnost_temperatura_primeneniya_gibkoj_teploizoljacji_na_osnove_aehrogelja/6-1-0-363.
5. Строительная теплотехника: ТКП 45-2.04-43-2006. – Минск: Минстройархитектуры Респ. Беларусь, 2007. – 24 с.

УДК 544.774.2

ПРОИЗВОДСТВО АЭРОГЕЛЯ С ПОМОЩЬЮ ЖИДКОМЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ

И.А. ДАВЫДЕНКО

(Представлено: Е.С. НЕКРАСОВА)

Достижения в области науки приводят к совершенствованию технологий. Представлено исследование аэрогеля AlOON, который может синтезироваться с применением нового оригинального метода – селективного управляемого окисления водяным паром алюминия, растворенного в расплаве галлия (свинца, висмута и др.).

Аэрогель начал производиться еще в 1940-х годах, но в 1970-х производство было остановлено вследствие слишком высокой стоимости и опасности производства.

С каждым годом ученые прилагают усилия по развитию технологии производства. Основными направлениями изучения для осуществления широкой коммерциализации аэрогелей являются снижение затрат на его производство, а также повышение качества продукта.

Существуют следующие способы производства аэрогелей:

- «золь-гель» – технология с применением сверхкритического (либо сублимационного) высушивания;
- метод плазменного гидролиза;
- жидкометаллическая технология [1].

Метод сверхкритической сушки применяется в тех случаях, когда необходимо избежать повреждения поверхностей исследуемых объектов за счёт капиллярных эффектов. При обычном высушивании на воздухе или в вакууме во всех впадинах образцов возникают большие стягивающие силы, связанные с большим поверхностным натяжением на границе раздела «жидкость – газ». Действие этих сил в процессе сушки приводит к деформации областей действия данных сил, а иногда к полному схлопыванию впадин на поверхности. Чтобы этого избежать, можно проводить сушку в системе, в которой отсутствует