

УДК: 621.183.4:691.33

ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫЙ МАТЕРИАЛ НА ОСНОВЕ БАЗАЛЬТОВЫХ ВОЛОКОН И НЕОРГАНИЧЕСКОГО СЯЗУЮЩЕГО

*д.т.н., проф. Шпирько Н.В., к.т.н., доц. Вдовкина Г.Г.,
асп. Коваленко В.О., asp. Романовский Р.И.*

ГВУЗ «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры»

Введение. В последние годы в нашей стране все чаще ощущается энергетический кризис. Поэтому значение теплоизоляционных материалов постоянно возрастает. От качества этих материалов во многом зависит уровень развития ряда производств и в первую очередь черной и цветной металлургии, электроэнергетики, а также химической, газовой, нефтеперерабатывающей промышленности [1]. Главная задача теплоизоляционных материалов не только экономия топлива, предотвращения потерь тепла в окружающую среду, поддержание заданного температурного режима, но и защита основных строительных конструкций и технологического оборудования от вредного воздействия высоких температур, создания нормальных условий труда людей и техники в горячих цехах и уменьшение размеров производственных площадей [2-3].

Актуальность проблемы. Однако, проанализировав рынок, оказалось, что в нынешнее время в Украине производится мало высокоэффективной теплоизоляции для защиты технологического оборудования, а ее номенклатура ограничена. Поэтому, исследования по расширению сырьевой базы для производства теплоизоляционных материалов, улучшению их основных физико – механических свойств и снижению себестоимости является актуальным.

Анализ. При исследовании рынка теплоизоляционных материалов выяснилось, что наибольший сегмент занимает волокнистая теплоизоляция, применение которой, подтверждается практически во всех случаях.

Основными функциональными свойствами теплоизоляционных материалов является плотность и теплопроводность, а эксплуатационными – прочность, термическая стойкость и температура применения. Рациональная плотность теплоизоляционных материалов зависит от температуры их применения и повышается с ее увеличением.

На теплофизические и прочностные свойства волокнистых изделий значительное влияние оказывает плотность, длина, диаметр волокна и степень их кристаллизации. Увеличение диаметра волокна приводит к росту теплопроводности за счет возрастания лучистой и молекулярной составляющей коэффициента теплопроводности газа в порах.

Принципиально пористость волокнистых материалов складывается из межволокнистой пористости. Поры в материалах с волокнистой структурой имеют неопределенную форму и представляют собой сообщающуюся систему воздушных полостей. Замкнутые поры отсутствуют. Чем тоньше волокно, тем больше число волокон в единице объема (при постоянной массе твердой фазы), а следовательно, меньше размер единичной поры и ниже

конвективный теплообмен в материале.

Все поры разделяются на макропоры ($r_{эф} \geq 10\text{мкм}$), микропоры ($100\text{нм} \leq r_{эф} \leq 10\text{мкм}$), ультрапоры ($r_{эф} \leq 100\text{нм}$). Ультрапоры в теплоизоляционных материалах относятся к порам первого порядка, микропоры – к порам второго порядка, а макропоры – к порам третьего порядка.

Наименьшей теплопроводностью в широком интервале температур, при прочих равных условиях, обладают теплоизоляционные материалы ультра- и микропористой структуры. Такая структура может достигаться, применением аэрогеля, поэтому теплопроводность волокнистых теплоизоляционных материалов может быть снижена путем создания композиционного материала, в котором аэрогель наполнен волокнами, позволяющими снизить усадку аэрогеля, повысить термическую стойкость и получить крупногабаритные изделия.

Однако получение аэрогеля является дорогостоящим и трудным процессом. Для снижения стоимости конечного продукта, улучшения основных свойств материала может быть применено его армирование его различными волокнами. Силикатный аэрогель формируется в результате сушки кремнегеля.

Исходными продуктами для получения кремнегеля являются кремневая кислота или коллоидный кремнезем (золь кремнезема). Наиболее дешевым источником получения относительно чистой кремневой кислоты, из которой готовится золь, а затем геля водный раствор силиката натрия смешивается с кислотой в пропорции, позволяющей получить рН жидкой фазы = 7 – 10,4 единиц.

В качестве кислоты, как правило, применяется соляная или серная. При нейтрализации раствора силиката натрия кислотой образуется монокремневая кислота, способная конденсационно полимеризоваться до трехмерных частиц диаметром 1-2 нм при $rH > 7$. Затем происходит быстрый рост частиц кремнезема до 5 – 150 нм в зависимости от рН дисперсной фазы, температуры и количества солей в системе [4]. После чего полученный гель промывается водой для удаления солей и подвергается специальной сушке.

Теплоизоляционные материалы на основе кремнегеля (аэрогеля) могут быть изготовлены несколькими способами, предотвращающими усадку при удалении жидкой фазы. Наиболее приемлемым для промышленного производства изделий является армирование геля микрочастицами и волокном. Микрочастицы и волокно при армировании ими геля кремнезема противодействуют напряжениям, вызывающим усадку и разрушение изделия при сушке.

Поэтому **целью работы** является разработка композиционного теплоизоляционного материала из аэрогеля, армированного базальтовым волокном с температурой применения до 600°C .

Результаты исследований. В качестве сырьевых материалов были использованы: базальтовое волокно “Днепропетровский завод теплоизоляционных и базальтовых изделий”, пгт. Юбилейный,

Днепропетровской области, отвечающее требованиям ТУ У В.2.7-21.356 и базальтовые волокна «ООО «Северодонецкий завод теплоизоляционных изделий», г. Северодонецк, соответствующие ТУ У В.2.7-23.9-33792007 - 001:2013. Водный раствор силиката натрия, производства ООО «НПК «Запорожавтобытхим», соответствующее ГОСТ 13078-81; уксусная кислота 9% производства АТЗТ «Днепродзержинский завод продтоваров», соответствующая ТУУ 00377532.001-2000.

Материал изготавливали по следующей технологии: в растворесмесителе предварительно готовился водный раствор силиката натрия необходимой концентрации. Затем вводилось базальтовое волокно и перемешивание продолжалось до получения однородной массы. Благодаря расклинивающему действию кремнегеля на волокна через 15 – 20 минут перемешивания вся масса представляет собой однородную волокнистую структуру. После этого добавлялась уксусная кислота для получения гелевой матрицы. Приготовленная формовочная масса заполнялась в предварительно смазанные формы, после чего смесь подвергалась вакуумированию, а затем сушке при температуре 250 – 300 °С.

Применение вакуумирования позволило снизить плотность материала на 20% за счет удаления избыточной воды, а общая продолжительность сушки сократилась на 5 часов, что видно из рис. 1.

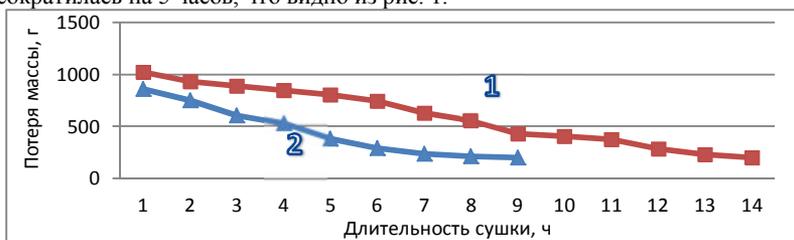


Рис. 1. Зависимость потери массы от продолжительности сушки: 1 – невакуумированных образцов; 2 – вакуумированных образцов.

При использовании базальтового волокна и кремнегеля, формируется как волокнистая, так и ультрапористая структура материала.

Исходя из технико-экономических соображений в материал необходимо вводить столько волокна, чтобы его было достаточно для обеспечения необходимой плотности и термической стойкости. Оптимальная плотность теплоизоляционных материалов комбинированной структуры эксплуатирующихся в интервале температур 50–600°С составляет 175–200 кг/м³, а термическая стойкость в значительной степени определяется прочностью и релаксацией материала.

Проведенные исследования показали, что с увеличением содержания волокна в формовочном растворе с 10 до 20% средняя плотность материала возрастает с 179 до 199 кг/м³ (рис.2). Дальнейшее увеличение количества волокна приводит к увеличению плотности и повышает количество макропор,

что приводит к снижению показателей теплопроводности, но повышает термическую стойкость.



Рис. 2. Зависимость плотности материала от количества волокна в формовочном растворе

Не менее важным свойством материала для теплоизоляции теплоагрегатов является его дополнительная усадка после нагрева до определенной температуры. Дополнительная усадка, совместно с другими свойствами, определяет граничную температуру применения теплоизоляционного материала. За граничную температуру его применения по усадке принимается та температура при которой усадка достигает 2%.

Проведенные исследования температурной усадки материалов оптимальных составов свидетельствуют о том, что в интервале температур 200–300 °С усадка составляет 0,4 – 0,5%, а наиболее интенсивная – в интервале 300–600 °С - 0,5 – 1,4% (рис. 3).

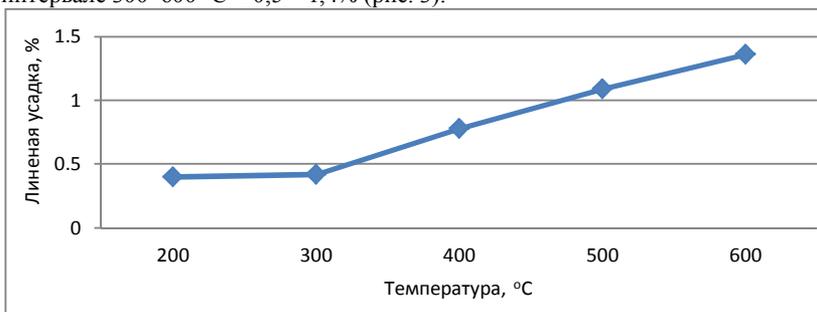


Рис. 3. Линейная температурная усадка материала

Основным функциональным свойством теплоизоляционного материала является теплопроводность в широком интервале температур, определяемая характером пористости. Исследования влияния количества волокна в формовочном растворе на теплопроводность при различных температурах приведены на рис. 4, на котором видно, что лучшие показатели теплопроводности наблюдаются при минимальном содержании волокна –

10%. При дальнейшем увеличении содержания волокна теплопроводность увеличивается, что связано с повышением плотности материала.

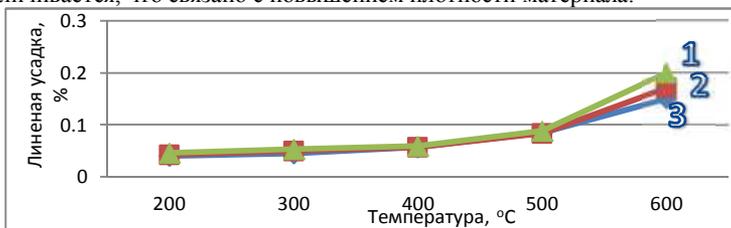


Рис. 4. Зависимость теплопроводности материала от температуры: 1 – 10% волокна в формовочной массе; 2 – 15% волокна в формовочной массе; 3 – 20% волокна в формовочной массе.

Исследованием термостойкости выявлено, что армирование кремнегеля волокном в количестве 10-20% в формовочной массе увеличивает его термическую стойкость с 36 до 44 теплосмен соответственно (рис. 5).

Введение в золь волокна более 20% формирует в нем релаксаторы и волокнистую пористость, что повышает плотность и термическую стойкость, однако негативно сказывается на показателях теплопроводности.

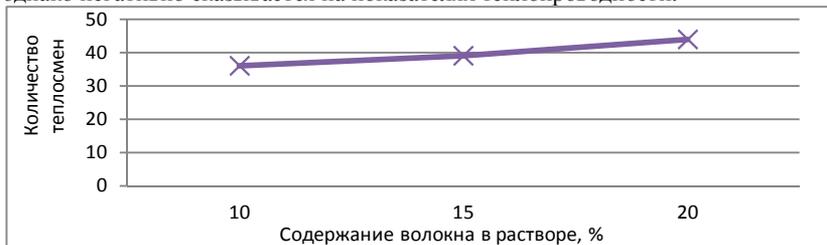


Рис. 5. Зависимость термостойкости армированного вяжущего в зависимости от количества базальтового волокна в формовочном растворе

Выводы. Проведенными исследованиями выявлено, что управление эксплуатационными свойствами связнодисперсных теплоизоляционных материалов на основе кремнегеля может быть осуществлено за счет введения необходимого количества минерального волокна.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Горлов Ю.П., Еремин Н.Ф., Седунов Б.У. Огнеупорные и теплоизоляционные материалы. Учеб. пособие для техникумов. М., Стройиздат, 1976. 192с
2. Стрелов К.К. Теоретические основы технологии огнеупоров / К.К. Стрелов. – М.: Металлургия, 1985. – 480с.
3. Текунов Ю.Н. Теплоизоляция промышленного оборудования и трубопроводов / Ю.Н. Текунов. – М.: Стройиздат, 1985. – 285 с.
4. Айлер Р. Химия кремнезема / Р. Айлер. – М.: Мир, 1985. – С. 42 – 712.