

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА СУШКИ БАЗАЛЬТОВОЛОКНИСТЫХ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ ПЛИТ

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

Представлены результаты экспериментальных исследований процесса сушки базальт-волоконистых теплоизоляционных плит с использованием связующего, содержащего поливинилацетатную дисперсию и натриевое жидкое стекло. Показано, что на скорость сушки влияют диаметр элементарного волокна и параметры технологического процесса: скорость прососа теплоносителя, аэродинамическое сопротивление материала и изменение его в процессе сушки, скорость влагоудаления.

Ключевые слова: сушка, волокнистые материалы, влагосодержание, аэродинамическое сопротивление, теплопроводность.

ВВЕДЕНИЕ

Среди широкого ассортимента минераловатных утеплителей наиболее востребованы и перспективны теплоизоляционные плиты плотностью 150 кг/м³, относящиеся к категории полужестких. Для обеспечения высоких эксплуатационных свойств базальт-волоконистых материалов важной задачей является выбор рационального способа нанесения связующих веществ на волокна, обеспечивающего равномерную и качественную фиксацию структуры по всему объему изделия. Это достигается методом пролива волокнистого ковра разбавленным раствором связующего. Однако, вследствие того, что волокнистый ковер, состоящий из огромного количества хаотично переплетенных очень тонких волокон, имеет низкую плотность, для качественной пропитки требуется 5 – 8 кратный избыток связующего, который перед сушкой необходимо удалить.

Сушка волокнистых материалов – процесс достаточно энергоемкий, и во многом определяющий технико-экономические показатели всего производства, поэтому, во-первых, следует стремиться к достижению минимальной влажности ковра перед сушкой, во-вторых, стадию сушки необходимо проводить при оптимальных условиях.

По своей физической сущности сушка является сложным диффузионным процессом, скорость которого определяется перемещением тепла и влаги внутри материала и их переносом с поверхности в окружающую среду. В случае с высокопористыми волокнистыми изделиями сушка осуществляется в результате движения сушильного агента (горячего воздуха) сквозь материал. Для создания требуемой скорости движения теплоносителя необходи-

мо иметь разность давлений воздуха над материалом и под ним, которая будет определяться аэродинамическим сопротивлением. Когда аэродинамическое сопротивление превышает разность давлений, воздух через материал не фильтруется, т.е. в этих условиях он становится непроницаемым. При этом скорость сушки уменьшается практически на порядок, поскольку испарение влаги происходит с поверхности изделия с очень медленным движением тепла во внутренние слои и соответственно диффузией влаги наружу. Такой случай на практике вполне возможен, например, когда неверно спроектировано вентиляционное оборудование, обеспечивающее подачу воздуха к сушильной камере и удаление от нее. Чтобы избежать ошибок при проектировании, необходимо знать аэродинамическое сопротивление увлажненного ковра и характер его изменения в процессе сушки.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Для исследования процесса сушки в лабораторных условиях изготавливали плиты плотностью 135–150 кг/м³ методом послойного пролива базальт-волоконистого ковра водной эмульсией связующего, состоящего из поливинилацетатной дисперсии и натриевого жидкого стекла, с удалением избытка влаги вакуумированием для обеспечения минимальной остаточной влажности изделия-сырца. Эксперименты проводили на образцах плит, полученных с использованием ваты марки ВМТ (вата минеральная из тонкого волокна) с диаметром элементарного волокна (6±1) мкм и марки ВМСТ (вата минеральная из супертонкого волокна), состоящей из волокон диаметром (2±1) мкм [1]. Общий характер структуры

плит – неоднородный, с хаотичным переплетением покрытых связующим элементарных волокон, образующих структурные элементы анизометрической формы (рисунок 1).



Рисунок 1 – Макроструктура плиты

Предварительно проведенные на увлажненных образцах плиты толщиной 0,05 м и плотностью 150 кг/м³ исследования по имитации процесса вакуум-фильтрации показали, что аэродинамическое сопротивление неоднозначно зависит от времени вакуумирования и скорости прососа воздуха V (рисунок 2).

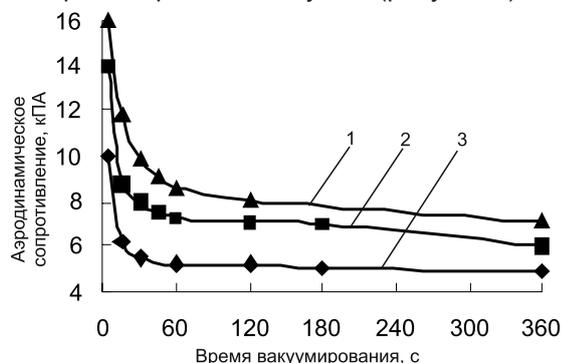


Рисунок 2 – Зависимость сопротивления увлажненного образца потоку воздуха от времени вакуумирования: 1 – V=0,17 м/с, W=150%; 2 – V=0,11 м/с, W=160%; 3 – V=0,04 м/с, W=230%

Сопротивление резко возрастает в начальный момент времени (первые 5–10 с), затем падает и по истечении 60 с стабилизируется независимо от скорости прососа воздуха. При этом основная масса воды удаляется в первую минуту вакуумирования. Наименьшая остаточная влажность образца (150 %) обеспечивается при скорости прососа воздуха 0,17 м/с, которая и была принята в дальнейших исследованиях.

В производстве теплоизоляционных плит

при конвейерном способе сушки сформированный и обработанный связующим минераловатный ковер проходит несколько секций камеры с последовательной реверсией сушильного агента через слой влажного материала: в первой секции нагретый воздух подается сверху, во второй – снизу и т.д. Последняя секция служит для постепенного во избежание деформирования плиты охлаждения. Для интенсификации процесса сушки производится отсос увлажненного воздуха из секций камеры. С учетом этого сушку модельных образцов осуществляли продувом воздуха, нагретого до температуры 90–100 °С, сквозь увлажненный ковер с периодической сменой направления его движения на противоположное, имитируя сушильную камеру с четырьмя зонами.

Под кинетикой процесса сушки обычно понимают изменение среднего по объему влагосодержания и средней температуры тела с течением времени. Скорость сушки определяется количеством влаги, удаляемой в единицу времени. Ее находят из так называемой кривой сушки – зависимости между влагосодержанием и временем сушки [2-4].

Естественной является зависимость скорости сушки от плотности материала, однако при одинаковой плотности за счет того, что в единице объема в изделиях из супертонкой ваты содержится значительно больше волокон и поровое пространство, ими образуемое, характеризуется меньшими размерами каналов, по которым движется воздух, плита из ВМСТ сохнет медленнее, чем изготовленная из тонкого волокна (рисунок 3).

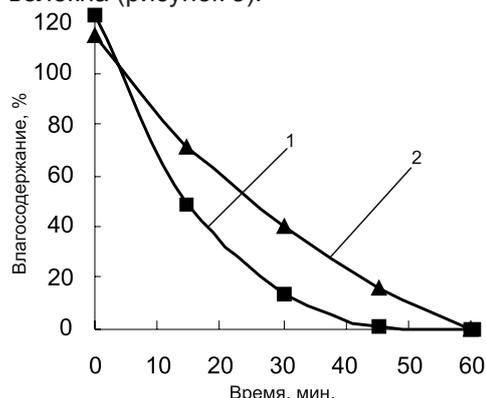


Рисунок 3 – Кривые сушки базальтоволокнистых плит из ВМТ (1) и ВМСТ (2)

Это также создает дополнительное сопротивление материала теплоносителю. Характер изменения аэродинамического сопротив-

ления образцов во время сушки представлен на рисунке 4.

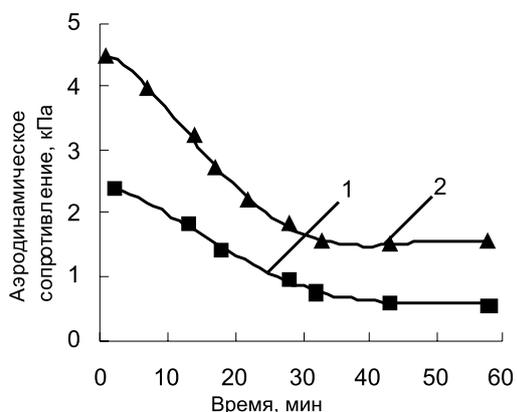


Рисунок 4 – Зависимость аэродинамического сопротивления базальтоволокнистых плит на основе ВМТ (1) и ВМСТ (2) от времени сушки

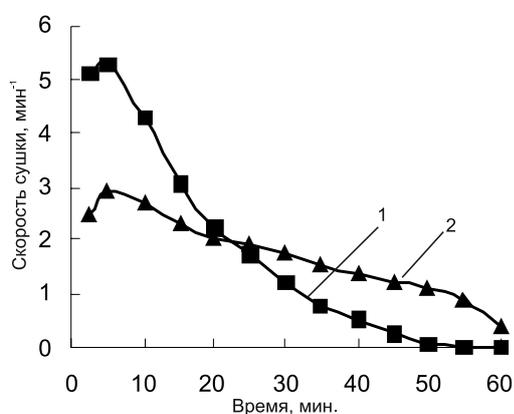
Из приведенных зависимостей видно, что плиты из супертонкого волокна обладают значительным сопротивлением, особенно в начальный период, когда имеют высокое влагосодержание, а по мере удаления влаги этот параметр постепенно снижается и при содержании влаги менее 30 % стабилизируется на

постоянном уровне. Аналогичный характер имеет зависимость для плиты на основе тонкого волокна, однако при этом значения сопротивления в 2–3 раза меньше.

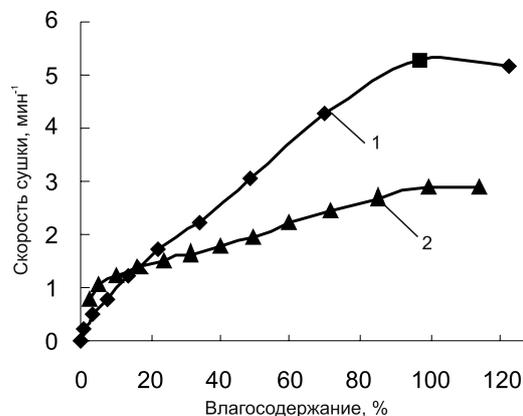
Следует отметить, что величины сопротивления (4,5 кПа в начале и 1,5 кПа в конце сушки) достаточно большие, что может создать определенные трудности при организации сушильного процесса.

Кривые относительной скорости сушки, (рисунок 5) получены методом графического дифференцирования кривых сушки.

Вид функции в каждом конкретном случае зависит от структуры материала, формы связи влаги в образце и механизма ее перемещения, а также от технологических параметров, реализуемых в процессе сушки. Так, для образца, изготовленного из тонкого волокна, сушка идет достаточно интенсивно в начальный период с постепенным снижением скорости по мере уменьшения влагосодержания. Для изделий из супертонкого волокна характерна более слабая зависимость скорости влагоудаления во всем периоде сушки, однако при этом процесс сушки идет значительно медленнее.



а



б

Рисунок 5 – Скорость сушки базальтоволокнистых плит на основе ВМТ (1) и ВМСТ (2) в зависимости от времени (а) и влагосодержания (б)

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований были определены кинетические параметры процесса вакуумной фильтрации пропитанного связующим минераловатного ковра, выбраны оптимальные условия для обеспечения оптимальной остаточной влажности изделия-сырца.

Получены кривые сушки теплоизоляционных плит, изготовленных из волокна различ-

ного качества, определены скорости сушки на разных этапах процесса, исследован характер изменения аэродинамического сопротивления плит в процессе влагоудаления.

Полученные данные необходимы для организации оптимального процесса сушки при производстве базальтоволокнистых теплоизоляционных плит.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 4640-2011. Вата минеральная. Технические условия. – М.: Издательство стандартов, 2012. – 10 с.
2. Рабинович Г.Д., Слободкин Л.С., Куц П.С. Тепло- и массообмен в сушильных и термических процессах. Минск: Наука и техника, 1966. – 334 с.
3. Лыков А.В. Теория сушки. М.: Энергия, 1968. – 472 с.
4. Лыков М.В. Сушка в химической промышленности. М.: Химия, 1970. – 429 с.

Самойленко Вячеслав Владимирович, старший научный сотрудник лаборатории материаловедения минерального сырья Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института проблем химико-энергетических технологий Сибирского отделения Российской академии наук (ИПХЭТ СО РАН), 659322, Алтайский край, г. Бийск, ул. Социалистическая, 1. Дом. адрес: 659322, Алтайский край, г. Бийск, ул. Декабристов, д. 4, кв. 43. Раб. тел. (3854) 30-59-06. E-mail:

labmineral@mail.ru.

Фирсов Вячеслав Викторович, инженер лаборатории материаловедения минерального сырья Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института проблем химико-энергетических технологий Сибирского отделения Российской академии наук (ИПХЭТ СО РАН), 659322, Алтайский край, г. Бийск, ул. Социалистическая, 1. Дом. адрес: 659305, Алтайский край, г. Бийск, ул. Ударная, д. 71, кв. 114. Раб. тел. (3854) 30-59-06. E-mail: labmineral@mail.ru.

Татаринцева Ольга Сергеевна, д-р техн. наук, доцент, зав. лабораторией материаловедения минерального сырья Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института проблем химико-энергетических технологий Сибирского отделения Российской академии наук (ИПХЭТ СО РАН), 659322, Алтайский край, г. Бийск, ул. Социалистическая, 1. Дом. адрес: 659322, Алтайский край, г. Бийск, ул. Декабристов, д. 10/1, кв. 36. Дом. тел. (3854) 30-51-63, раб. тел. 30-58. E-mail: labmineral@mail.ru.

УДК 691.618.93

ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫЙ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫЙ МАТЕРИАЛ С ЖЕСТКОЙ ЯЧЕИСТОЙ СТРУКТУРОЙ

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

Показана принципиальная возможность изготовления теплоизоляции с жесткой ячеистой структурой на неорганическом сырье по энергосберегающей технологии.

Ключевые слова: жидкое стекло, микрокальцит, аэросил, каолин, поризация, пеносиликат, плотность, теплопроводность, водопоглощение, прочность.

На постоянно развивающемся рынке теплоизоляции уже длительное время лидирующее место по эксплуатационным характеристикам занимает пеностекло. Его сотовая структура, состоящая из замкнутых стеклянных ячеек, обеспечивает неизменность прочностных и теплофизических характеристик материала в процессе эксплуатации, абсолютную биостойкость, низкое водопоглощение, негорючесть и экологическую безопасность. Препятствием для его широкого применения является высокая стоимость из-за значительного энерго- и трудоемкого производства [1].

Альтернативой пеностеклу может стать пеносиликат – материал с жесткой ячеистой структурой, изготовленный с использованием неорганического сырья по энергосберегающей технологии.

Реализовать идею создания такого материала представляется возможным при использовании в его составе водорастворимых

силикатов щелочных металлов (натриевого или калиевого жидкого стекла). Известно, что выпускаемое промышленностью жидкое стекло за счет содержащегося в нем нанодисперсного аморфного кремнезема при температурной обработке способно структурироваться с образованием пор, разделенных межпоровыми перегородками. Качество получаемой структуры непосредственно связано со способом удаления присутствующей в избыточном количестве (50–60 %) химически несвязанной воды. Неравномерное или с высокой скоростью ее удаление приводит к образованию крупнопористой, часто с межпоровыми «дырами», структуры. Эффективным способом стабилизации процесса является изменение содержания твердой фазы в жидкостекольной композиции, которое достигается модификацией жидкого стекла кремнеземом в виде измельченной силикат-глыбы и выражается через степень модификации (процент сухого