

*Г.В. Кошлак, к.т.н., доцент кафедри
теплогазопостачання, вентиляції та теплоенергетики
М.В. Самцов, студент групи 301-НТ
Полтавський національний технічний
університет імені Юрія Кондратюка*

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ ОТРИМАННЯ ПОРИСТИХ МАТЕРІАЛІВ

Виконано дослідження процесів гідротермічного спучування розчинних силікатів і функціональних залежностей для одержання пористих матеріалів з прогнозованими теплофізичними характеристиками. Визначено найбільш прийнятну методіку пороутворення з погляду енергетичних витрат і екологічних вимог – метод спучування.

Ключові слова: пориста система, пороутворення, теплопровідність, спучення.

Вступ. Аналіз досвіду передових держав у рішенні проблеми енергозбереження дозволяє визначити один з найбільш ефективних його шляхів – скорочення витрат тепла крізь конструкції будинків, споруджень, промислового устаткування, теплових мереж та інших об'єктів, в яких використовуються теплоносії. Україна має достатньо виробничих потужностей для забезпечення споживачів необхідною кількістю теплоізоляційних матеріалів, але застосування застарілих технологій та номенклатури виробів не дає можливості конкурувати з високоякісною продукцією відомих європейських виробників. Унаслідок цього проблема енергозбереження в державі ускладнюється супутніми не вирішеними екологічними питаннями.

Основний матеріал і результати. Нині чітко виділилися чотири напрямки виробництва теплоізоляційних матеріалів: створення штучних пористих зернистих або порошкоподібних матеріалів з наступним формуванням з них високопористих виробів; формування виробів з природних пористих матеріалів шляхом додаткової поризації в процесі виготовлення, виробництво високопористих виробів із щільних штучних і природних волокнистих і порошкоподібних матеріалів шляхом поризації одним з відомих способів; виробництво поризованих сипучих і пухких матеріалів для засипної теплоізоляції [1, 2].

Головне технологічне завдання у виробництві високоефективних теплоізоляційних матеріалів – забезпечити їх високопористу будову із заданими характеристиками пористої структури.

Різноманітні способи поризації стосовно теплоізоляційним виробам можуть бути поділені на шість основних груп: спучування, видалення пароутворювача, нещільна упаковка, контактне омонолічення, об'ємні омонолічення і створення комбінованих структур.

До найважливіших теплофізичних властивостей пористих матеріалів відносяться три характеристики теплопередачі: теплопровідність, температуропровідність і питома теплоємність.

Теплопровідність матеріалів залежить від наступних факторів:

1) фізичного стану і будови, які визначаються фазовим станом речовини; ступенем кристалізації та розмірами кристалів; анізотропією теплопровідності кристалів і напрямком теплового потоку; об'ємом пористості матеріалу та характеристиками пористої структури;

2) хімічного складу і наявності домішок, останні особливо впливають на теплопровідність кристалічних тіл;

3) умов експлуатації, що залежать від температури, тиску, вологості матеріалу.

Теплопровідність пористих матеріалів при постійному складі твердої фази залежить від об'єму пористості, виду та характеристик пористої структури.

Питома теплоємність матеріалів залежить від їх природи і в незначній мірі від об'єму пористості.

Передача теплоти в пористих матеріалах рис.1 здійснюється теплопровідністю каркаса (q_1), конвекцією газу усередині пор (q_2), випромінюванням стінок пор (q_3) і теплопровідністю газу (q_4), що знаходиться в порах і капілярах.

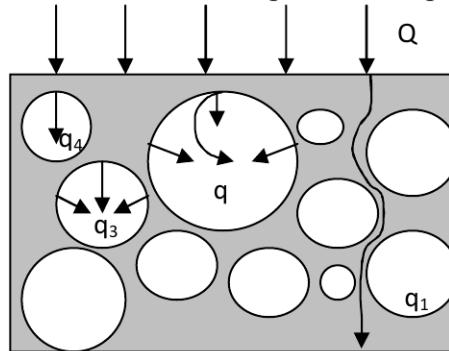


Рис. 1. Схема передачі тепла в матеріалі із замкнутими порами

Таким чином, інтенсивність передачі тепла визначається значною мірою геометричною характеристикою матеріалу і можна затверджувати, що на теплофізичні характеристики пористих матеріалів істотний вплив робить структура матеріалів, форма, розміри і взаємне розташування пор і капілярів.

Цей висновок зроблений на основі аналізу робіт різних авторів [1–4].

У великих порах теплопередача здійснюється за допомогою теплопровідності, випромінювання і конвекції, а в малих порах конвекцією можна знехтувати. У багатьох високотемпературних теплоізоляційних матеріалах газу знаходяться в порах порівняно невеликого об'єму і теплопровідність газів стрибкоподібно знижується, якщо розмір пор стає менше довжини пробігу газових молекул. Від структурних параметрів матеріалу залежать практично всі теплофізичні характеристики, деякі з них наведено на рис. 2–4.

Очевидно, що для одержання матеріалу з бажаними теплофізичними характеристиками необхідно розробити структуру з порами визначеного розміру з обліком передбачуваного температурного діапазону роботи ТПМ. Але існуючі методи спучування не дозволяють технічно вирішити цю задачу [1–4]. Тому однією метою даної дослідної роботи є розробка технологічних основ керованого процесу пороутворення.

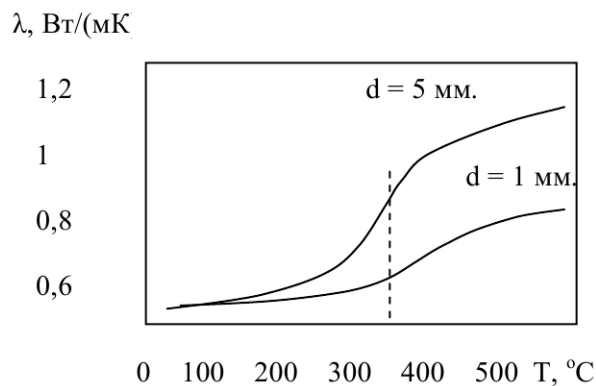


Рис. 2. Зміна теплопровідності в порях з різними діаметрами

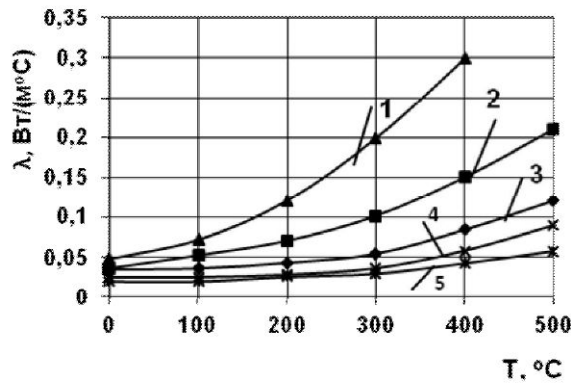


Рис. 3. Вплив температури на величину коефіцієнта теплопровідності повітря в порах діаметром: 1 – 5 мм; 2 – 2 мм; 3 – 1 мм; 4 – 0,5 мм; 5 – 0,1 мм

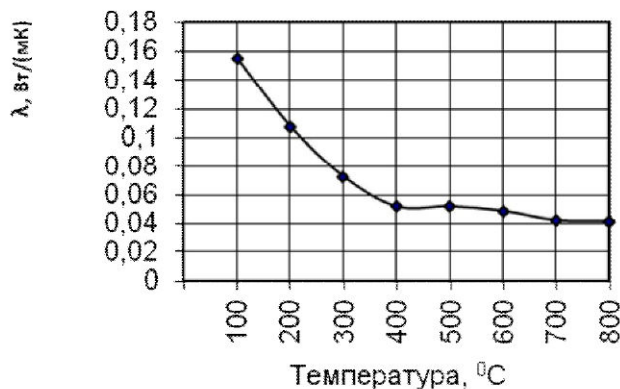


Рис. 4. Залежність теплопровідності від температури теплоносія при термообробці

Найбільш поширеним методом спучування є газоутворення [1,2]. Спучення газоутворенням ґрунтується на виділенні газоподібних продуктів у всьому об'ємі матеріалу, який знаходиться в пластично-в'язкому (у тому числі і піропластичному) стані. Спучення газоутворенням відбувається за наступними схемами: хімічна взаємодія складових компонентів вихідної суміші; внесення додаткового газоутворювача в вихідну суміш; вплив температури на вихідну суміш. Хімізм процесу газоутворення поділяється на кілька способів: перший заснований на виділенні газу при взаємодії газоутворювача з компонентами маси (газоутворювач – алюмінієва пудра, карбонати, кислоти та ін), другий ґрунтується на виділенні газу з газоутворювача (перекис водню, органічні газоутворювачі) без взаємодії з масою. По виду розрізняють: газоутворювачі, штучно введенні в масу (алюмінієва пудра, органічні порофори і газоутворювачі і т. д.); газоутворювачі, які є складовою частиною вихідних компонентів (гідратна вода). За температурою газоутворення і спучування спосіб газоутворення поділяється на: низькотемпературний (температура процесу до 100 °С), середньотемпературна (200 – 400 °С), високотемпературний (вище 800 °С). Сучасні газоутворювачі повинні відповідати таким вимогам: плавний перебіг процесів газовиділення з отриманням нетоксичних і не викликають корозію продуктів; значна кількість об'єму газу, що виділяється відповідає кількості газового числа; відповідність температурного інтервалу максимального газоутворення температурі розм'якшення спінування матеріалу; стійкість в умовах зберігання і транспортування, доступність і відносно низька вартість.

Вирішальним фактором створення високопористої комірчастої структури, досягнення високих значень коефіцієнта газостримання та отримання оптимальних характеристик пористості є спрямоване регулювання пластично-в'язких властивостей

маси і кінетики газовиділення. Регулювання кінетики газовиділення для різних видів газоутворювачів здійснюється різними прийомами.

Як додатковий газоутворювач у вихідній суміші можна використовувати алюміній. Алюміній як газоутворювач може знаходитися в складі вихідної суміші або вноситися як додатковий компонент газоутворювача. Швидкість газовиділення залежить від водневого показника середовища, температури маси, видалення з поверхні алюмінієвої частки продуктів реакції. Інтенсифікації газовиділення також сприяють: введення в масу активаторів реакції (хлоридів, наприклад NaCl); підвищення температури маси; застосування вібраційних впливів, щоб очистити поверхню металу від продуктів реакції; підвищення рН середовища введення лугів і зниженням водо-твердого відношення. Вода може знаходитися, в складі суміші або додатково вводиться в неї. Кінетика спучування, крім форми зв'язку води з матеріалом (фактором нерегульованим), визначається швидкістю підйому і максимальною температурою нагріву.

При виробництві теплоізоляційних матеріалів на основі гідросилікатів використовують метод спучування газоутворенням, тому розглянемо цей механізм пароутворення докладніше.

На процес спучування гідросилікатних матеріалів впливають такі фактори: склад сировини (хімічний, мінералогічний, гранулометричний), температура й інтервал спучування, вміст структурно зв'язаної води, режим та час термообробки. Спучування за допомогою додаткового газоутворювача припускає, що він повинен забезпечувати плавний процес газоутворення, відповідність температурного інтервалу максимального розм'якшення сировини до часу інтенсивного газоутворення [5].

При виробництві ТПМ на основі гідросилікатів при невисоких інтервалах спучування газоутворювачів може служити гідратна вода.

Розглянемо механізм спучування, який полягає тому, що при потраплянні гідросилікату в зону високих температур утворюється мінеральний розплав, в'язкість якого поступово знижується; одночасно відбувається зростання газової фази з відповідним збільшенням її тиску. Далі настає момент, коли тиск газової фази (парів води) перебільшує сили в'язкого опору й поверхневого натягу, в результаті чого при подальшому підвищенні температури відбувається спучування розплаву. Оптимальними умовами спучування є підвищена в'язкість середовища за рахунок утворення низькотемпературних евтектичних розплавів, й знижений поверхневий натяг розм'якшеного скла, що визначається хімічним складом і температурою.

Основними факторами газоутворення є гідроксильні групи, які з'єднуються з катіонами кремнію при насиченні гідросилікатного матеріалу водою. При насиченні гідросилікатів водою гідроксильні групи ОН вбудовуються в молекулярну структуру матеріалу, при цьому утворюються термостійкі гідроксильні групи, які можуть перетворюватися в пару лише при високих температурах. Істотно впливає на процес спучування вода, яка міститься в сировині. Надмірне насичення водою може привести до інтенсивного газоутворення, яке, в свою чергу, приводить до переходу матеріалу піропластичний стан, що при подальшій термічній обробці веде до небажаного розриву часток сумішей.

Формування пористої (комірчастої) структури відбувається в три етапи: зародження газового пухирця; зростання; стабілізація розмірів та місць розташування пухирця. Зростання газового пухирця та утворення пори - складний процес і протікає під впливом реологічних властивостей розплаву: в'язкості, поверхневого натягу, які можна регулювати температурними режимами спучування. Ріст газового пухирця та утворення газової пори протікає по всій масі одночасно і незважаючи на різну інтенсивність утворення пухирців, пориста структура буде прагнути до гомогенної.

Інтенсивність протікання цих явищ визначається інтенсивністю теплопідводу і рівномірністю розподілу тепла в сировинній частці, а також кінетикою можливих хімічних реакцій взаємодії різних речовин, що входять у сировинну суміш.

Висновки. Аналіз літературних джерел, присвячених дослідженню процесів пороутворення, дозволив класифікувати існуючі методи утворення пористої структури в технологіях виробництва відомих пористих матеріалів і визначити найбільш прийнятну методику пороутворення з погляду енергетичних витрат і екологічних вимог - метод спучування.

Література

1. Горлов Ю.П. *Технология теплоизоляционных материалов* / Ю.П. Горлов, А.П. Меркин, А.А. Устенко. – М.: Стройиздат, 1980. – 399 с.
2. Пат. України 3802С2, МПК С04В14/00. *Сировинна суміш пористого заповнювача для бетону та спосіб його одержання* / Сланевский С.І, Мартинов В.І.; заявник: Сланевский С.І, Мартинов В.І.; патентовласник – Закрите акціонерне товариство «КСВ». – №93060555; заявл. 20.19.1992; опублік. 27.12.1994, Бюл. № 6.
3. Пат. 2151121 РФ., МПК С04В28/26. *Сырьевая смесь и способ получения гранулированного теплоизоляционного материала* / Радина Т.Н., Стефанишин А.В.; заявитель и патентообладатель Братский государственный технический университет. – №98111269/03; заявл. 11.06.1998; опублік. 20.06.2000, Бюл. №11.
4. Пат. 2134668 РФ., МПК С04В28/26. *Способ изготовления пористых силикатных материалов* / Брыков С.И.; заявитель и патентообладатель Брыков С.И. – №98109881/03; заявл. 29.05.1998; опублік. 20.08.1999, Бюл. №17.
5. Малявский Н.И. *Щелочносиликатные утеплители. Свойства и химические основы производства* / Н.И. Малявский // Рос. хим. ж. об-ва им. Д.И. Менделеева. – 2003. – Т. XLVII, № 4. – С. 39-45.