

ТЕПЛОЕНЕРГЕТИКА

DOI: 10.31319/2519-2884.42.2023.16

УДК 664.2.032.1

Соколовська І.Є., к.т.н., доцент, ORCID: 0000-0001-5014-0501

e-mail: sokolovskaja7887@gmail.com

Мись В.С., здобувач другого (магістерського) рівня, e-mail: Derezzerbumblebee@gmail.com

Дніпровський державний технічний університет, м. Кам'янське

Sokolovska Iryna, Candidate of technical sciences, Associate professor, Associate professor of the Department of Thermal Power Engineering

Mys Vadym, master's degree student

Dniprovsky State Technical University, Kamianske

ОТРИМАННЯ ПОРИСТИХ МАТЕРІАЛІВ З ПРОГНОЗОВАНИМИ ТЕПЛОФІЗИЧНИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

У статті наводяться експериментальні дані, на підставі яких вивчено вплив різних чинників на міцнісні та теплофізичні характеристики пористих теплоізоляційних матеріалів.

Виконані лабораторні дослідження запропонованого у роботі матеріалу дозволяють підібрати потрібні температурні режими термообробки. Таким чином, завданням подальших досліджень є вибір методу організації ефективного тепломасообміну, моделювання цих процесів, експериментальна апробація отриманих даних та створення методу визначення основних технологічних та конструктивних параметрів способу отримання нового матеріалу.

Виконані експериментальні дослідження дозволили визначити умови реалізації нових технологій одержання пористих матеріалів із можливістю прогнозного визначення їх властивостей.

Ключові слова: пористі тіла; теплоізоляційний матеріал; властивості; спосіб отримання; результати експерименту.

The article presents experimental data, based on which the influence of various factors on the strength and thermophysical characteristics of porous heat-insulating materials was studied.

Performed laboratory studies of the material proposed in the paper allow choosing the required temperature regimes of heat treatment. Thus, the task of further research is to choose a method of organizing effective heat and mass exchange, modeling these processes, experimental testing of the obtained data, and creating a method for determining the main technological and structural parameters of the method of obtaining a new material.

The performed experimental studies made it possible to determine the conditions for the implementation of new technologies for the production of porous materials with the possibility of predictive determination of their properties.

Keywords: porous bodies; heat-insulating material; properties; method of obtaining; experimental results.

Постановка проблеми

Пористі тіла в теплоенергетиці застосовуються для теплового захисту енергетичних установок, різноманітних агрегатів, в теплоізоляційних конструкціях будівель та технологічних мереж. Властивості цих матеріалів та область використання залежать від їх хімічного складу та способу виробництва [1—3].

Теплофізичні характеристики пористих тіл визначаються одночасним проявом поверхневих та капілярних сил. Для зміни сили зв'язків між частками та керування структурою пористого тіла використовують різноманітні добавки до дисперсного середовища, які змінюють за-

ряд або гідрофільність поверхні частки. Такими добавками можуть слугувати солі, кислоти та луги, поверхнево-активні речовини та поліелектроліти, розчинні полімери.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Пористі тіла, що складаються з рухомих часток, які взаємодіють одна з одною за рахунок поверхневих сил в момент їх формування, під час деформації можуть зазнавати структурних змін в ході тепломасообмінних процесів. Це проявляється у зміні взаємного розташування часток і числа контактів між ними (агрегування, дезагрегування), а також середніх відстаней між частками — товщини прошарків рідини, що їх розділяють.

До найбільш поширених процесів перебудови структури відносяться набухання при контакті та просоченні рідиною та усадка при сушінні та інших способах масовіддачі [1, 2]. Ці процеси супроводжуються зміною середніх розмірів пор та їх розподілу за розмірами, що робить швидкість і механізм масообмінних процесів залежними також від перебудови структури. Змінюються, відповідно, і коефіцієнти перенесення, що стають функцією вже не тільки масовісності, а й структури пористого тіла, що змінюється. Існуючі на даний момент способи одержання пористих теплоізоляційних матеріалів на кремнеземистій основі [3] у ряді випадків не забезпечують досягнення необхідних споживчих властивостей, зокрема загальної пористості гранульованого теплоізоляційного матеріалу та високої термостійкості.

Формулювання мети дослідження

Задача цього дослідження — отримання сировинної суміші для теплоізоляційного матеріалу замкненокомірчастого типу підвищеної термостійкості та пористості шляхом оптимізації її якісного та кількісного складу. Також на меті стоїть вдосконалення способу отримання пористого теплоізоляційного матеріалу шляхом зміни температурних та часових режимів з метою поліпшення фізико-механічних та експлуатаційних характеристик, що дозволить використовувати матеріал в більш широкому температурному діапазоні.

Виклад основного матеріалу

Запропонований нами спосіб отримання пористого теплоізоляційного матеріалу включає наступні етапи виробництва [4]: подрібнення активного кремнеземистого матеріалу та мінерального наповнювача; перемішування компонентів сировинної суміші з водним розчином гідроксиду лужного металу; пропарювання приготованої сировинної суміші в середовищі насиченої водяної пари. Грануляцію отриманої сировинної суміші та пропарювання гранул відповідно до [4] проводять при 90—100 °С на протязі 70—90 хвилин, а потім підсушують повітрям на протязі 10—15 хвилин при температурі 100—120 °С. Процес спучування отриманих гранул проводять при температурі 500—550 °С протягом 5—20 хвилин.

Істотними факторами керованого впливу на кінетику газоутворення та формування пористої структури є температура та склад компонентів середовища. Процес спучування на стадії оптимальних пластично-в'язких властивостей суміші у поєднанні з пропонованими газоутворювачами інтенсифікує процес газовиділення, який протікає рівномірно в усьому обсязі сировинного матеріалу, забезпечуючи утворення замкнених пір.

Спучування шляхом газоутворення передбачає, що газ, який виділяється в процесі газоутворення, залишається в гелеподібній пластичній газонепроникній фазі, яка кристалізується при температурі 100—120 °С з утворенням комірчастої структури пор.

При попередньому підсушуванні гранул повітрям з температурою 100—120 °С починається активне газоутворення, якому сприяє наявність у вихідній суміші гідратної води, бікарбонату натрію та глини. При цьому в'язкість матеріалу підвищується, врівноважуючи тиск газу в бульбашках. Інтенсивність цього процесу регулюється температурою та часом впливу теплоносія, які підбираються таким чином, щоб газові осередки збільшувалися до певного заданого розміру, не зливались та зберігали свою форму. У цьому випадку внутрішні поверхні газових осередків стабілізуються поверхневими силами та тиском усередині пори, а зовнішні поверхні гранул покриваються суцільною плівкою. Час температурного впливу визначає як структурні характеристики (пористість і розмір пор), так і властивості матеріалу і його термостійкість. Остаточне структурування матеріалу відбувається при вищій нетривалій термообробці 500—550 °С.

На рис. 1—5 наведено результати лабораторних досліджень міцнісних та теплоізоляційних характеристик нового матеріалу [4] та Сіапору [3]. Щільність матеріалу визначалася за

зміною ваги заготовок та їх геометричного розміру. Теплопровідність отриманих зразків була визначена на вимірювачі теплопровідності IT-400. При дослідженнях використовувався метод динамічного калориметра [5]. Випробування на розтягування проводилось на спеціальних машинах, які записують діаграму розтягування залежності подовження зразка від чинного навантаження. Випробування на міцність проводилось за методом Роквелла.

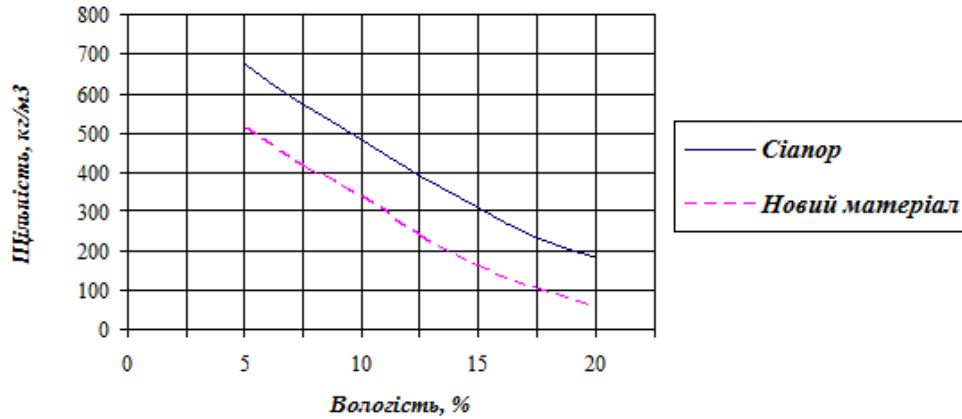


Рис. 1. Залежність щільності готових матеріалів від вологості сировини

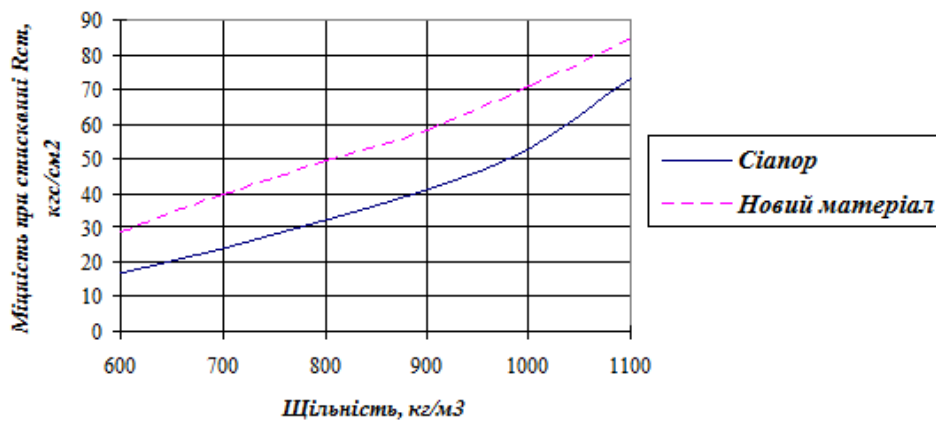


Рис. 2. Залежність коефіцієнта міцності при стисканні від щільності матеріалів

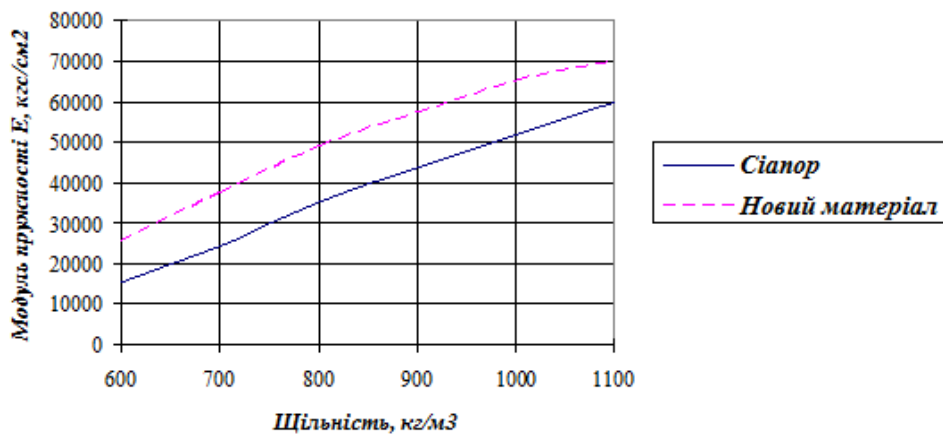


Рис. 3. Залежність модуля пружності від щільності матеріалів

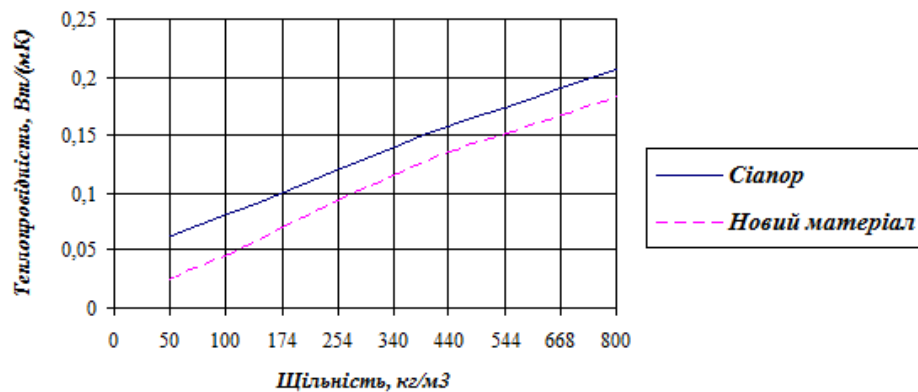


Рис. 4. Залежність теплопровідності від щільності матеріалів

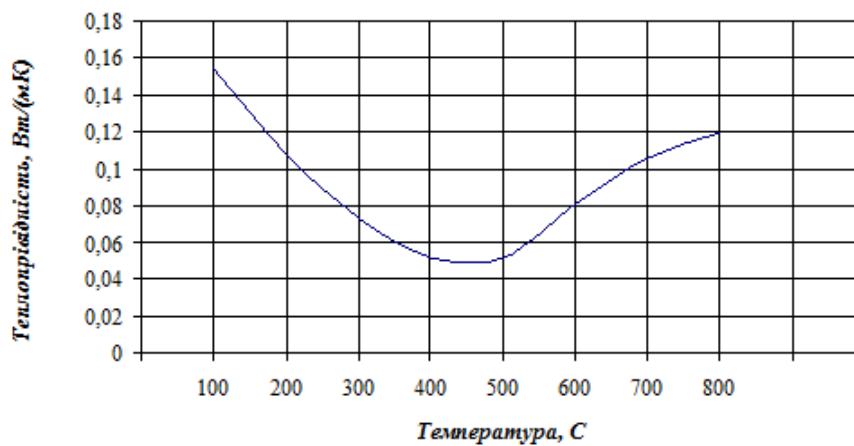


Рис. 5. Залежність теплопровідності отриманого нового матеріалу від температури термообробки

На рис. 5 показаний графік залежності теплопровідності від температури теплоносія при обробці вихідної сировинної суміші, на якому видно діапазон оптимальних температур 400—500 °С. Підвищення температури призводить до термічного розкладання матеріалу, що супроводжується підвищенням величини теплопровідності та погіршенням теплоізоляційних характеристик матеріалу. Таким чином, визначено основні характеристики матеріалу та їх функціональний якісний зв'язок з режимами термообробки.

Висновки

Виходячи з залежностей, показаних на рис. 1—5, можна зробити висновок про те, що найкращі теплофізичні та міцнісні властивості мають зразки пористого матеріалу з найменшою щільністю, які утворюються при максимальній вологості вихідної сировини. Кінетика сушіння та термообробки сировинної суміші, термічні режими є основними факторами, що визначають пористість готового теплоізоляційного матеріалу, міцність та теплопровідність.

Виконані лабораторні дослідження запропонованого у роботі матеріалу дозволяють підібрати потрібні температурні режими термообробки. Таким чином, завданням подальших досліджень є вибір методу організації ефективного тепломасообміну, моделювання цих процесів, експериментальна апробація отриманих даних та створення методу визначення основних технологічних та конструктивних параметрів способу отримання нового матеріалу.

Список використаної літератури

1. Чураев Н.В. Физикохимия процессов массопереноса в пористых телах. М.: Химия, 1990. 272 с.
2. Хейфец Л.И., Неймарк А.В. Многофазные процессы в пористых средах. М.: Химия, 1982. 320 с.
3. Сировинна суміш пористого заповнювача для бетону та спосіб його одержання: пат. 3802 Україна: С04В14/00, С04В20/04, С04В22/06. заявл. 20.10.1992; опубл. 27.12.1994, Бюл. №15. 6 с.
4. Сировинна суміш для пористого теплоізоляційного матеріалу і спосіб його одержання: пат. 85285 Україна: С04В14/00, С04В14/04, С04В14/06, С04В14/10, С04В14/26. № u200703901; заявл. 10.04.2007; опубл. 12.01.2009, Бюл. №1. 8 с.
5. Платунов Е.С. Теплофизические измерения в монотонном режиме. Л.: Энергия, 1973. 143 с.

OPTIMIZING POROUS MATERIALS WITH PREDICTION THERMAL PHYSICAL CHARACTERISTICS

Abstract

The article presents experimental data, based on which the influence of various factors on the strength and thermophysical characteristics of porous heat-insulating materials was studied.

Porous bodies in thermal power engineering are used for thermal protection of power plants, various aggregates, in thermal insulation structures of buildings and technological networks. The properties of these materials and the field of use depend on their chemical composition and method of production.

The task of this research is to obtain a raw material mixture for heat-insulating material of the closed-cell type with increased thermal resistance and porosity by optimizing its qualitative and quantitative composition. The goal is also to improve the method of obtaining porous heat-insulating material by changing the temperature and time regimes in order to improve the physical, mechanical and operational characteristics, which will allow the material to be used in a wider temperature range.

Based on the dependences of strength and thermophysical properties on the density of the finished material obtained in the work, it was concluded that the best characteristics are the samples of the porous material with the lowest density, which are formed at the maximum humidity of the raw material. Kinetics of drying and heat treatment of the raw material mixture, thermal regimes are the main factors that determine the porosity, strength and thermal conductivity of the finished heat-insulating material.

Performed laboratory studies of the material proposed in the paper allow choosing the required temperature regimes of heat treatment. Thus, the task of further research is to choose a method of organizing effective heat and mass exchange, modeling these processes, experimental testing of the obtained data, and creating a method for determining the main technological and structural parameters of the method of obtaining a new material.

The performed experimental studies made it possible to determine the conditions for the implementation of new technologies for the production of porous materials with the possibility of predictive determination of their properties.

References

- [1] Churayev N.V. (1990). *Fizikokhimiya protsessov massopere nosa v poristykh telakh. [Physico-chemistry of mass transfer processes in porous bodies]*. М.: Chemistry, 272 p. [in Russian].
- [2] Kheyfets L.I. & Neymark A.V. (1982). *Mnogofaznyye protsessy v poristykh sredakh [Multiphase processes in porous media]*. М.: Chemistry, 320 p. [in Russian].

-
- [3] Syrovynna sumish porystoho zapovnyuvacha dlya betonu ta sposib yoho oderzhannya [Raw material mixture of porous aggregate for concrete and method of its preparation]. (1994). Ukrainian patent, no. 3802.
 - [4] Syrovynna sumish dlya porystoho teploizolyatsiynoho materialu i sposib yoho oderzhannya [Raw material mixture for porous heat-insulating material and method of its preparation]. (2009). Ukrainian patent, no. 85285.
 - [5] Platunov Ye.S. (1973). *Teplofizicheskiye izmereniya v monotonnom rezhime. [Thermophysical measurements in the monotonous mode]*. L.: Energy, 143p. [in Russian].

Надійшла до редколегії 08.02.2023