Горощенко Олександр Миколайович – магістр, Кафедра ливарного виробництва, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»; вул. Кирпичова, 2, м. Харків, Україна, 61002.

Гриценко Дмитро Вікторович – магістр, Кафедра ливарного виробництва, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»; вул. Кирпичова, 2, м. Харків, Україна, 61002.

Салтиков Леонід Олександрович – магістр, Кафедра ливарного виробництва, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»; вул. Кирпичова, 2, м. Харків, Україна, 61002.

Макаренко Дмитро Миколайович – старший викладач, Кафедра хімії, екології та експертизних технологій, Національний Аерокосмічний Університет ім. М. Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут», вул. Чкалова, 17, м. Харків, Україна, 61070; e-mail: d.makarenko@khai.edu

Чибичик Ольга Анатольевна – ассистент кафедры литейного производства, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»; ул. Кирпичева, 2, г. Харьков, Украина, 61002; e-mail: litvo11@kpi.kharkov.ua

Степаненко Руслан Николаевич – магистр, Кафедра литейного производства, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»; ул. Кирпичева, 2, г. Харьков, Украина, 61002.

Горощенко Александр Николаевич – магистр, Кафедра литейного производства, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»; ул. Кирпичева, 2, г. Харьков, Украина, 61002.

Гриценко Дмитрий Викторович – магистр, Кафедра литейного производства, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»; ул. Кирпичева, 2, г. Харьков, Украина, 61002.

Салтыков Леонид Александрович – магистр, Кафедра литейного производства, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»; ул. Кирпичева, 2, г. Харьков, Украина, 61002.

Макаренко Дмитрий Николаевич – старший преподаватель, Кафедра химии, экологии и экспертизных технологий, Национальный Аэрокосмический Университет им. Н. Е. Жуковского «Харьковский авиационный интситут», ул. Чкалова, 17, Украина, 61070; e-mail: d.makarenko@khai.edu

Hcibichik Olga – Assistant department of Foundry, National technical University «Kharkiv Polytechnic Institute»; Kyrpychova str., 2, Kharkiv, Ukraine, 61002; Contacttel.: (057) 707-68-54; e-mail: litvo11@kpi.kharkov.ua

Stepanenko Ruslan – master, Department of Foundry production, National technical University «Kharkiv Polytechnic Institute»; Kyrpychova str., 2, Kharkiv, Ukraine, 61002.

Horoshchenko Oleksandr – master, Department of Foundry production, National technical University «Kharkiv Polytechnic Institute»; Kyrpychova str., 2, Kharkiv, Ukraine, 61002.

Hrytsenko Dmytro – master, Department of Foundry production, National technical University «Kharkiv Polytechnic Institute»; Kyrpychova str., 2, Kharkiv, Ukraine, 61002.

Saltykov Leonid – master, Department of Foundry production, National technical University «Kharkiv Polytechnic Institute»; Kyrpychova str., 2, Kharkiv, Ukraine, 61002.

Makarenko Dmytro – Senior lecturer, Department of Chemistry, ecology and expertise technologies, National Aerospace University «Kharkiv Aviation institute», Chkalova str., 17, Kharkiv, Ukraine, 61070.

УДК 533.24.083

Л. П. ШУМСЬКА

ПОРИСТА ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЯ НА ОСНОВІ ГЛИНОЗЕМУ

Запропоновано детальний опис способу отримання пористого теплоізоляційного матеріалу на основі глинозему методом низькотемпературної поризації легкоплавкої сировини при мінімальних енергетичних затратах. У роботі досліджені основні теплофізичні процеси, що протікають в сировинній суміші при її нагріванні і спучуванні, завдяки чому можна прогнозувати основні структурні показники готового теплоізоляційного матеріалу, а також передбачити його теплофізичні властивості. Новий пористий теплоізоляційний матеріал можна використовувати для теплового захисту поверхонь у широкому діапазоні температур і вологості.

Ключові слова: теплоізоляційні пористі вироби, термічне спучування, вологовміст, тепломасообмін, теплопровідність, енерговитрати.

Предложено подробное описание способа получения пористого теплоизоляционного материала на основе глинозема методом низкотемпературной поризации легкоплавкого сырья при минимальных энергетических затратах. В работе исследованы основные теплофизические процессы, протекающие в сырьевой смеси при ее нагревании и вспучивании, благодаря чему можно прогнозировать основные структурные показатели готового теплоизоляционного материала, а также предусмотреть его теплофизические свойства. Новый пористый теплоизоляционный материал можно использовать для тепловой защиты поверхностей в широком диапазоне температур и влажности.

Ключевые слова: теплоизоляционные пористые изделия, термическое вспучивание, тепломассообмен, влагосодержание, теплопроводность, энергозатраты.

Insulation porous products based on silicates and silica belong to the most effective materials for protective elements of various purposes. Low density, fire resistance, low thermal conductivity, however, sufficiently high strength structural allow to consider the pore ceramic materials one of the most promising materials for construction.

The article describes a detailed method for the production of a porous insulating material based on alumina by the method of low-temperature porosity of low-melting light-weight raw materials at minimum energy intensity. With the help of differential thermal analysis, the modes of heat treatment have been studied; the rational parameters of thermal bloating have been defined that allows implementing the process with minimal energy consumption with predicted thermal properties of obtained materials.

The result of the study is the establishment of the temperature boundaries of the physicochemical processes in the raw mixtures during heating and the relationship between the composition of the mixture, the heating temperature, and the structure of the material. New porous insulating material can be used for thermal protection of surfaces in a wide range of temperatures and humidity.

Keywords: porous insulation materials, thermal bloating, water contetnt, thermal conductivity, heat-and-mass transfer, moisture content, energy intensity

© Л. П. Шумська. 2017

Вступ. Теплоізоляційні пористі вироби належать до найбільш ефективних матеріалів для захисних елементів різного призначення. Низька густина, вогнестійкість, мала теплопровідність, разом з тим достатньо висока конструктивна міцність дозволяють вважати пористокерамічний матеріал одним із найбільш перспективних матеріалів для будівництва. Тому проблема створення нових пористих теплоізоляційних матеріалів і технологій їх виробництва є надзвичайно актуальною.

Аналіз літературних даних та постановка проблеми. Питання отримання пористих матеріалів з прогнозованими теплофізичними характеристиками аналізується у наукових працях вітчизняних дослідників [1]. Так, у роботах [2-4] розглядаються проблеми встановлення раціональних термодинамічних умов гідротермічного спучування гідросилікатів, що дозволяють знизити енерговитрати у виробництві теплоізоляційних пористих матеріалів.

Існує три групи технологій [5-7], що охоплюють усі відомі способи отримання пористої структури. У першій групі технологій пориста структура створюється за допомогою штучних чи природних пороутворюючих матеріалів та легкоплавких глин способом об'ємного чи контактного омонолічування – керамопор; у другій – поризацією шлікерної маси різними способами піноутворення, сухої мінералізації піни, аерування, низькотемпературного газоутворення – пенюкераміка; у третій – високотемпературною поризацією легкоплавкої сировини.

Ціль та задачі дослідження. Метою даної роботи є розгляд третього способу структуроутворення, що відбувається при гідратації сировинної композиції. На відміну від існуючих робіт [8–10] у наших дослідженнях пропонується за рахунок підбору раціонального співвідношення кількості компонентів сировинної суміші та режимів спучування встановити таке їх співвідношення, при якому можна отримати пористий матеріал із заданими теплофізичними властивостями при мінімальних витратах енергії. Планується виконати такі дослідження за допомогою диференційно-термічного аналізу.

Практичні дослідження

Для виконання практичних досліджень до сировинної маси додавали шамотну глину або чисту будівельну глину, склад яких наведений у табл. 1.

Завданням дослідження є визначення оптимального співвідношення мас добавок за показниками енерговитрат на реалізацію процесу термічного спучування, міцності отриманого матеріалу, пористості й теплопровідності. Очевидно, що теплопровідність та енерговитрати повинні бути мінімальними.

Дослідження виконувались із застосуванням диференційно-термічного аналізу (ДТА) процесу термічного спучування сировинної суміші.

Випробування проводять при постійному підйомі температур, записуючи різницю температур на діаграмному папері як функцію температури. У результаті отримують криву ДТА (рис. 1–4). При обробці результатів експерименту горизонтальну вісь градуюють за температурою. За положенням піка ендотермічного процесу можна знайти температурний інтервал фазових переходів.

Таблиця 1 – Хімічний склад вогнетривких глин

№	Глина	Вміст оксидів, %									
		SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	TiO_2	CaO	MgO	K_2O	Na_2O	SO_3	ППП
1	Будівельна глина	44,59-54,14	27,13-35,85	1,48-2,47	1,14-1,97	0,38-0,81	0,23-0,42	0,21-0,60	0,25-0,45	1,34-3,62	11,48-13,86
2	Шамотна глина	46,80	36,80	1,58	--	0,20	0,76	0,34	0,18	--	13,6

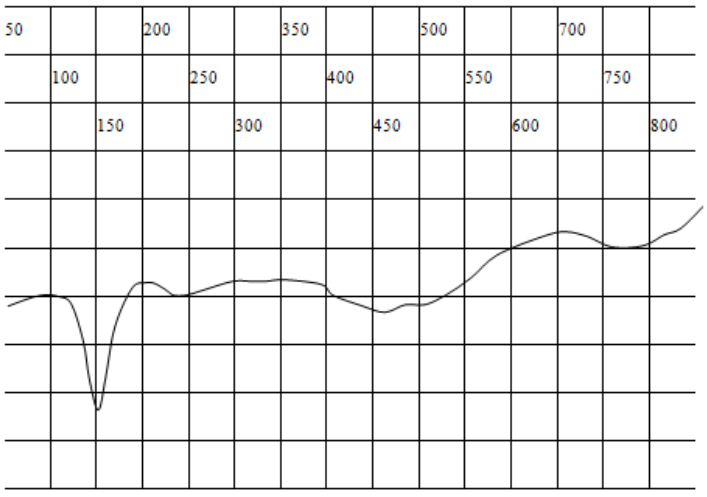


Рис. 1 – ДТА сировинної суміші з вмістом 75 мас. частин глини № 1 (табл. 1)

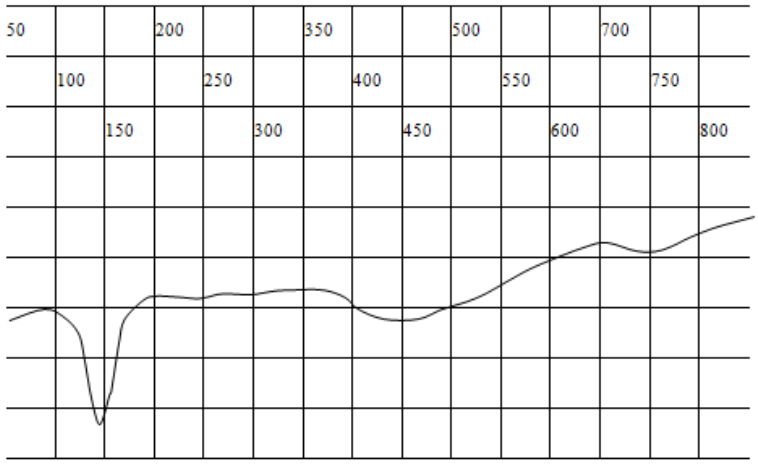


Рис. 2 – ДТА сировинної суміші з вмістом 75 мас. частин глини № 2 (табл. 1)

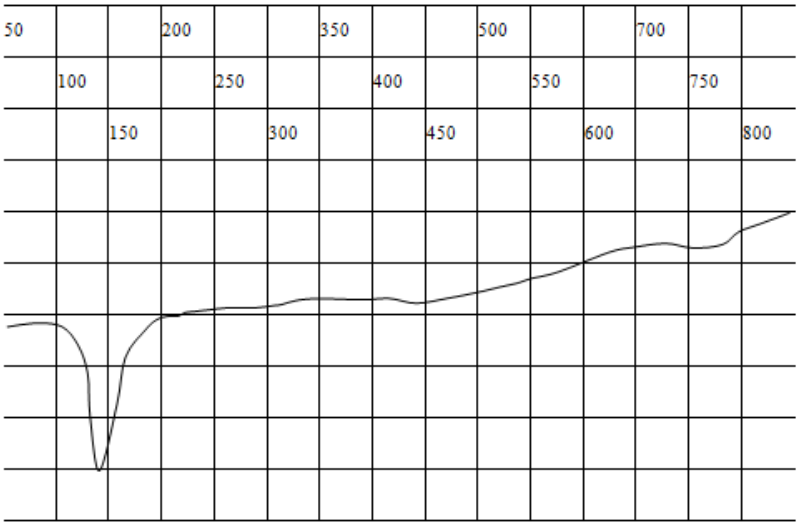


Рис. 3 – ДТА сировинної суміші з вмістом 160 мас. частин глини № 1 (табл. 1)

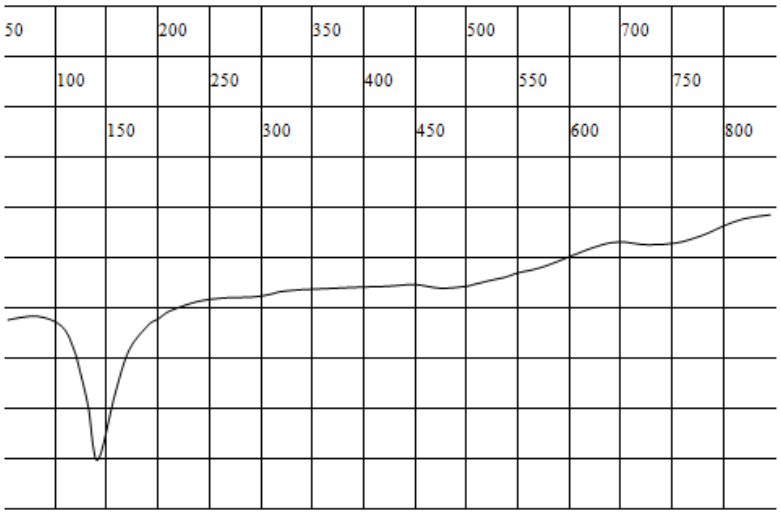


Рис. 4 – ДТА сировинної суміші з вмістом 160 мас. частин глини № 2 (табл. 1)

Для зразків глин № 1 і № 2 на діаграмах немає суттєвої різниці у термічних показниках фазових перетворень. Але при збільшенні вмісту глинозему екзотерма видалення вологи має більший мінімум, що є наслідком більшого водонасичення сировинної суміші.

На кривих ДТА реєструється низькотемпературний ендотермічний пік 146^{o}C, обумовлений видаленням сорбованої води; присутність останньої пов'язана з високою питомою поверхнею часток, яка знаходиться у прямій залежності від розупорядкованості суміші.

Зміни, які відбуваються при нагріванні, показали три ендотермічні ефекти: 146, 500 і 720 (середні температури інтервалів на рис. 1–4). Великий ендотермічний ефект унаслідок видалення поглиненої води відзначається при 146 ºС, а сходинка на кривій, що спостерігається при 300ºС, свідчить про видалення конституційної води (зв'язаної у вигляді ОН). Ендотермічний ефект при 720 ºС пояснює видалення іонів ОН. Як свідчать дані діаграми, оптимальний температурний інтервал дегідратації суміші в межах 146-720ºС. Залишається встановити зв'язок інтервалів температур зі структурою спученого матеріалу, а, відповідно, і зі споживчими властивостями (міцність, теплопровідність, термостійкість, водопоглинання). Для цього, змінюючи склад вихідної суміші, повторюють вимірювання за наведеною вище методикою.

На отриманих кривих ДТА для всіх експериментальних зразків у досліджуваному інтервалі температур спостерігається ряд явищ, пов'язаних з тепловими ефектами:

1) до 100 °С — випаровування хімічно незв'язаної води;

2) 100…170°С — різка втрата у масі і яскраво виражений ендотермічний ефект, котрий пов'язаний з частковою дегідратацією гелю і фаз різноманітного складу;

3) 450…550°С — ендотермічний ефект, котрий відповідає розкладанню портландіта з виділенням парів води;

4) 700…900 °С — незначна втрата у масі і слабкий ендотермічний ефект, котрий пов'язаний із розкладанням карбонатних матеріалів (кальциту, доломіту), а також з останньою стадією дегідратації гелю і гідроалюмінатів.

Дослідження порової структури. Морфологія і пористість зразків визначались оптичними методами. За даною методикою визначаються макроскопічні параметри пористості всередині метричного інтервалу з нижньою межею 10 мкм і верхньою 5 мм. Зазначений інтервал характеризує міцнісні параметри речовини і параметри тепло- і масоперенесення.

Для аналізу структури виготовляли шліф спученого матеріалу й проводили попередній аналіз на установці, що складається з проекційної оптичної системи, телевізійної камери, комп'ютера з інтерфейсом сполучення. При 10-кратному збільшенні реєстрували загальний вигляд шліфа у видимому світлі в сірих тонах з 256-ма градаціями сірого. Візуалізація пор відбувалась за допомогою методів тіньового контрастування, котрий заснований на застосуванні системи освітлення поверхні зразка, що складається з освітлювачів, спрямованих під малими кутами до поверхні. При використанні методу люмінесцентного контрастування на поверхню шліфа було нанесено шар люмінофора. Крупність люмінофора попередньо нормується методом водної седиментації з виділенням часток люмінофора субмікронного розміру. Надлишок люмінофора видаляється з поверхні обдуванням, після чого на поверхню накладається спеціалізована плівка для видалення частинок люмінофора, що залишилися. Поверхня зразка контролювалась на бінокулярному мікроскопі. У площині гранул та міжгранульних площинах реєструвались пори з мінімальним розміром 150 мкм. Формується маркерний план об'єкта, що визначається контурами частинок обпалених гранул. Отриманий кадр аналізується з визначенням розмірів (рис. 5–10).

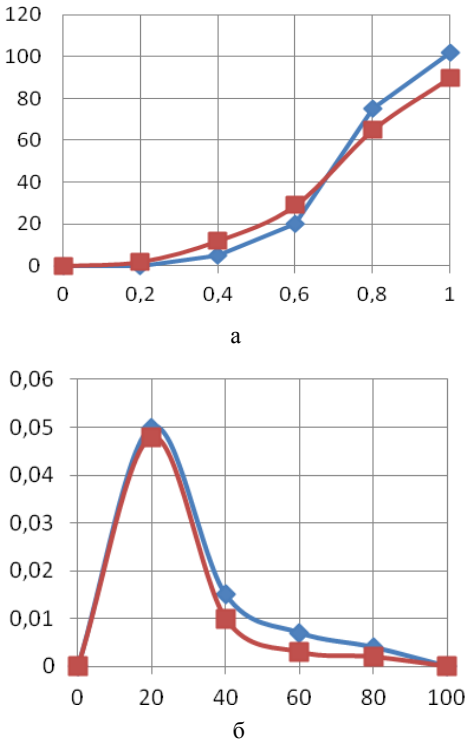


Рис. 5 – Параметри загальної пористості зразків №1 і №2 (75 мас. часток), спучених при температурі 160 ºС (перший ендотермічний мінімум): а – Інтервал фактора форми; б – Розподіл пор за розмірами

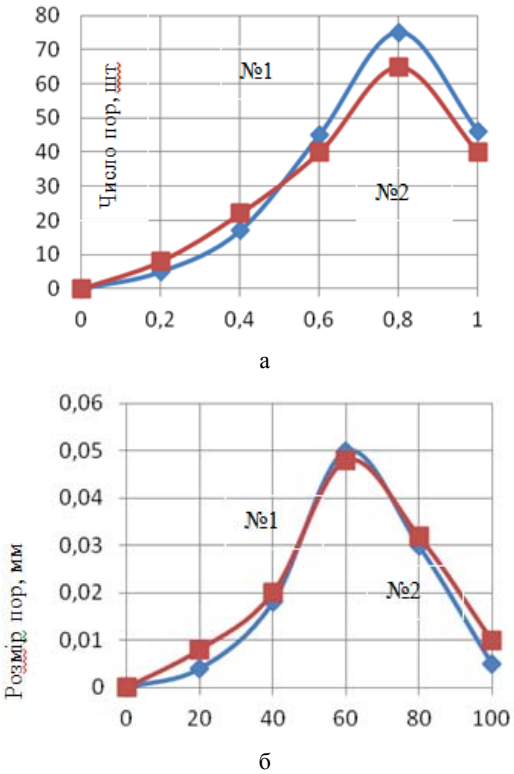
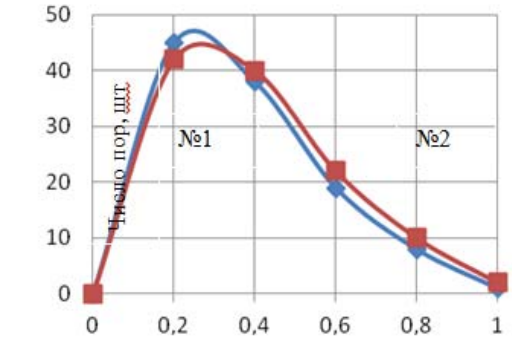
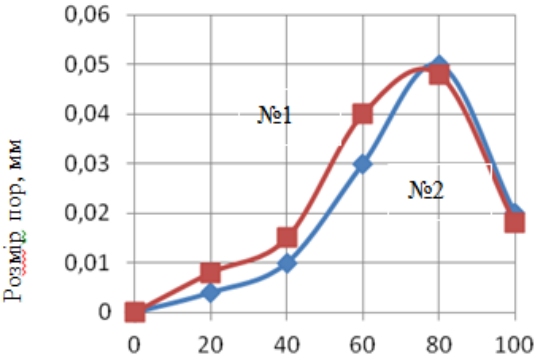


Рис. 6 – Параметри загальної пористості зразків №1 і №2 (75 мас.часток), спучених при температурі 300 ºС (другий ендотермічний мінімум): а – Інтервал фактора форми; б – Розподіл пор за розмірами

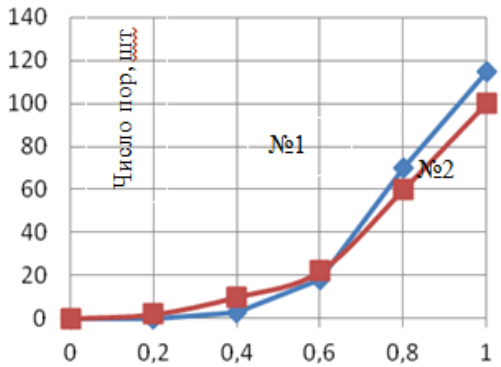


а

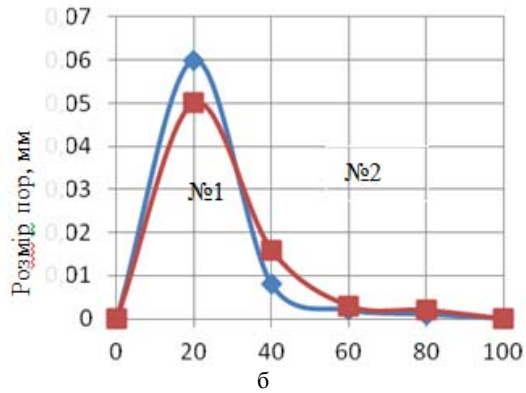


б

Рис. 7 – Параметри загальної пористості зразків №1 і №2 (75 мас. часток), спучених при температурі 700 °С (третій ендотермічний мінімум): а – Інтервал фактора форми; б – Розподіл пор за розмірами

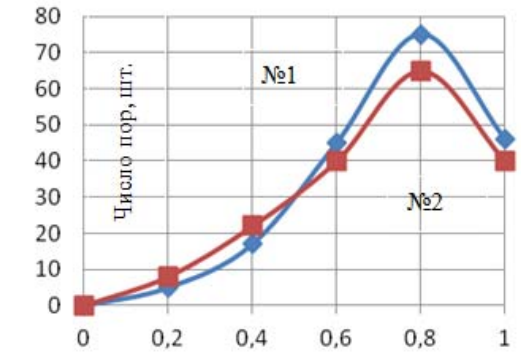


а

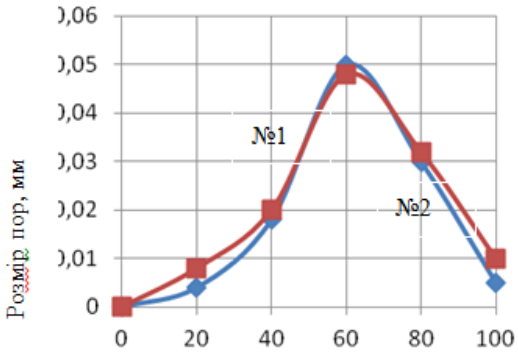


б

Рис. 8 – Параметри загальної пористості зразків №1 і №2 160 мас. часток), спучених при температурі 160 °С (перший ендотермічний мінімум): а – Інтервал фактора форми; б – Розподіл пор за розмірами

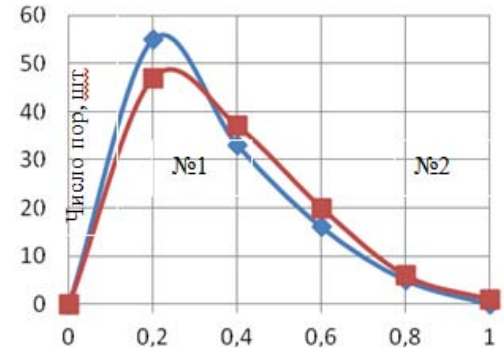


а

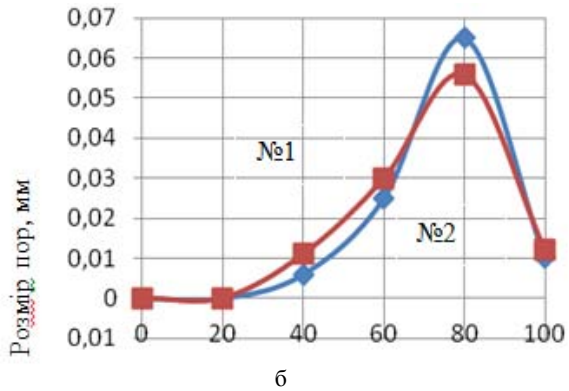


б

Рис. 9 – Параметри загальної пористості зразків №1 і №2 (160 мас. часток), спучених при температурі 300 °С (другий ендотермічний мінімум): а – Інтервал фактора форми; б – Розподіл пор за розмірами



а



б

Рис. 10. Параметри загальної пористості зразків №1 і №2 (160 мас. часток), спучених при температурі 700 °С (третій ендотермічний мінімум): а – Інтервал фактора форми; б – Розподіл пор за розмірами

На рис. 5–10 наведені параметри пористості зразків № 1 і № 2 для суміші з різним вмістом 75 і 160 масових часток. Характерною ознакою отриманих даних є те, що графіки для різних типів глин практично збігаються. Суттєві відмінності є в показниках для різних температурних мінімумів. Так, для першого ендотермічного мінімуму ми отримали спучений матеріал з дрібними, практично сферичними порами. Більша їх частина мала мінімальні розміри. Спучування сировинної суміші у другому ендотермічному мінімумі дає змішану пористість (сферичну, комірчасту і канальну). Матеріал стає менш міцним. При спучуванні в умовах третього ендотермічного мінімуму формується переважно канальна пористість. Такий матеріал має найменшу міцність. Слід очікувати зниження коефіцієнта теплопровідності з підвищенням температури спучування.

Висновки. Вирішення проблеми створення нових пористих теплоізоляційних матеріалів і технологій їх виробництва нероздільно пов'язане з науковими дослідженнями в галузі енергоперенесення у пористій структурі на етапах спучування, затвердіння і сушіння за умови забезпечення найбільш низької теплопровідності і щільності.

Зазначені властивості матеріалів визначаються величиною їх пористості, співвідношенням мікро- та макропористості, властивостями міжпорового матеріалу, що утворюють своєрідний несучий каркас, котрий, у свою чергу, визначається технологією виробництва, видом сировинних матеріалів і умовами їх підготовки. Усе вище перелічене ставить особливі вимоги до формування структури матеріалу з метою забезпечення при цьому відносно високої міцності і довговічності.

За допомогою диференційно-термічного аналізу досліджені режими термообробки, встановлені раціональні температурні параметри спучування, що дозволяють реалізувати даний процес при мінімальних енергетичних затратах з прогнозованими теплофізичними властивостями отриманих матеріалів.

Список літератури:

1. *Соколовская, И. Е.* Получение пористых материалов с прогнозируемыми теплофизическими характеристиками [Текст] / *И. Е. Соколовская, А. В. Кошлак, А. М. Павленко* // Сборник научных трудов ДГТУ. – 2007. – № 8. – С. 122–126.
2. *Кошлак, Г. В.* Теоретичні та технологічні основи розробки пористих матеріалів з заданими теплофізичними характеристиками [Текст]: автореф. дис. … канд. техн. наук / *Г. В. Кошлак*. – Ін-т проблем машинобудування ім. А.М. Підгорного НАН України. – Харків, 2009. – 21 с.
3. *Боднарева, Л.* Поведение легкого керамзита, бетона, подверженных воздействию высоких температур [Текст] / *Л. Боднарёва, Р. Гела, М. Губертова, И. Новакова* // Международный журнал гражданского, экологического, структурного строительства и архитектурного проектирования. – 2014. – № 8. – С. 1205–1208.
4. Nimmo, J. R. Porosity and pore-size distribution [Text] / J. R. Nimmo // Encyclopedia of Soils in the Environment. – 2005. – P. 295–303. doi: 10.1016/b0-12-348530-4/00404-5
5. *Шпак, А. П.* Кластерные и наноструктурные материалы. Т. 3: Пористость как особое состояние самоорганизованной структуры в твердотельных наноматериалах [Текст] / *А. П. Шпак, П. Г. Черемской, Ю. А. Куницкий, О. В. Соболь* // Пористость как особое состояние структуры в твердотельных наноматериалах. – Киев: Академпериодика, 2005. – 516 с.
6. *Komissarchuk, O.* Pore structure and mechanical properties of directionally solidified porous aluminum alloys [Text] / *O. Komissarchuk, Z. Xu, H. Hao* // China Foundry. – 2014. – Vol. 11, № 1. – P. 1–7. – Available at: http://www.foundryworld.com/uploadfile/2014022661057541.pdf
7. *Bajare, D.* Lightweight Concrete with Aggregates Made by Using Industrial Waste [Text] / *D. Bajare, J. Kazjonovs, A. Korjakins* // Journal of Sustainable Architecture and Civil Engineering. – 2013. – Vol. 4, № 5. – doi: 10.5755/j01.sace.4.5.4188
8. *Lopez-Pamies, O.* Effects of internal pore pressure on closed-cell elastomeric foams [Text] / *O. P. Lopez-Pamies, P. Castañeda, M. I. Idiart* // International Journal of Solids and Structures. – 2012. – № 49 (19-20). – P. 2793–2798. doi: 10.1016/j.ijsolstr.2012.02.024
9. *Aboudi, J.* Micromechanics of Composite Materials: A Generalized Multiscale Analysis Approach [Text] / *J. Aboudi, S. Arnold, B. Bednarcyk*. – Butterworth-Heinemann, 2012. – 1006 p.
10. *Братута, Е. Г.* Пористі теплоізоляційні матеріали [Текст]: монографія / *Е. Г. Братута, А. М. Павленко, А. В. Кошлак, О. В. Кругляков*. – Х.: ТОВ «ЕДЕНА», 2010. – 107 с.
11. *Pavlenko, A. M.* Peculiarities control the forming of the porous structure [Text] / *A. M. Pavlenko, H. V. Koshlak, B. O. Usenko* // Metallurgical and Mining Industry. – 2014. – № 6. – P. 92–95.
12. *Вукалович, М. П.* Термодинамика [Текст] / *М. П. Вукалович, И. И. Новиков*. – Москва: Машиностроение, 1972. – 672 с.

Bibliography (transliterated):

1. Sokolovskaia, Y. E., Koshlak, A. V., Pavlenko, A. M. (2007). Poluchenye porystykh materyalov s prohnozyruemymy teplofyzycheskymy kharakterystykamy. Sbornyk nauch. trudov DHTU, 8, 122–126.
2. Koshlak, H. V. (2009). Teoretychni ta tekhnolohichni osnovy rozrobky porystykh materialiv z zadanymy teplofizychnymy kharakterystykamy. In-t problem mashynobuduvannia im. A. M. Pidhornoho NAN Ukrainy, Kharkiv, 21.
3. Bodnareva, L. (2014). Povedenye lehkoho keramzyta, betona, podverzhennykh vozdeistvyiu vysokykh temperature. Mezhdunarodnyi zhurnal hrazhdanskoho, ekolohycheskoho, strukturnoho stroytelstva y arkhytekturnoho proektyrovanyia, 8, 1205–1208.
4. Nimmo, J. R. (2005). POROSITY AND PORE-SIZE DISTRIBUTION. Encyclopedia of Soils in the Environment, 295–303. doi: 10.1016/b0-12-348530-4/00404-5
5. Shpak, A. P., Cheremskoi, P. H., Kunytskyi, Yu. A., Sobol, O. V. (2005). Klasternye i nanostrukturnye materialy. T. 3: Poristost' kak osoboe sostojanie samoorganizovannoj struktury v tverdotel'nyh nanomaterialah. Porystost kak osoboe sostoianye struktury v tverdotelnykh nanomateryalakh, Kyev: Akademperyodyka, 516.
6. Komissarchuk, O., Xu, Z., Hao, H. (2014). Pore structure and mechanical properties of directionally solidified porous aluminum alloys. China Foundry, 11, 1, 1–7. Available at: http://www.foundryworld.com/uploadfile/2014022661057541.pdf
7. Bajare, D., Kazjonovs, J., Korjakins, A. (2013). Lightweight Concrete with Aggregates Made by Using Industrial Waste. Journal of Sustainable Architecture and Civil Engineering, 4 (5). doi: 10.5755/j01.sace.4.5.4188
8. Lopez-Pamies, O., Castañeda, P. P., Idiart, M. I. (2012). Effects of internal pore pressure on closed-cell elastomeric foams. International Journal of Solids and Structures, 49 (19-20), 2793–2798. doi: 10.1016/j.ijsolstr.2012.02.024
9. Aboudi, J., Arnold, S., Bednarcyk, B. (2012). Micromechanics of Composite Materials: A Generalized Multiscale Analysis Approach. Butterworth-Heinemann, 1006.
10. Bratuta, E. H., Pavlenko, A. M., Koshlak, A. V., Krugljakov, O. V. (2010). Porysti teploizoliatsiini materialy. Kharkiv: TOV «EDENA», 107.
11. Pavlenko, A. M., Koshlak, H. V., Usenko, B. O. (2014). Peculiarities control the forming of the porous structure. Metallurgical and Mining Industry, 6, 92–95.
12. Vukalovych, M. P., Novykov, Y. Y. (1972). Termodynamyka. Moscow: Mashynostroenye, 672.

Надійшла (received) 27.04.2017

Бібліографічні описи / Библиографические описания / Bibliographic descriptions

Пориста теплоізоляція на основі глинозему/ Л. П. Шумська // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Харків : НТУ «ХПІ», 2017. – No 16(1238). – С.110–116. – Бібліогр.: 12 назв. – ISSN 2079-5459.

Пористая теплоизоляция на основе глинозема/ Л. П. Шумская // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Харків : НТУ «ХПІ», 2017. – No 16(1238). – С. 110–116.– Бібліогр.: 12 назв. – ISSN 2079-5459.

The porous thermal insulation based on alumina/ L. Shumska //Bulletin of NTU "KhPI". Series: Mechanical-technological systems and complexes. – Kharkov: NTU "KhPI", 2017. – № 16 (1238).– P. 110–116. – Bibliogr.: 12. – ISSN 2079-5459

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Шумська Любов Петрівна – директор Полтавського коледжу нафти і газу Полтавського національного технічного університету імені Юрія Кондратюка, здобувач кафедри теплопостачання, вентиляції та теплоенергетики Полтавського національного технічного університету імені Юрія Кондратюка; Першотравневий проспект, 24, м. Полтава, Україна, 36011; e-mail: schumska@gmail.com.

Шумская Любовь Петровна – директор Полтавского колледжа нефти и газа Полтавского национального технического университета имени Юрия Кондратюка, соискатель кафедры теплоснабжения, вентиляции и теплоэнергетики Полтавского национального технического университета имени Юрия Кондратюка; Першотравневый проспект, 24, г. Полтава, Украина, 36011; te-mail: schumska@gmail.com.

Shumska Lyubov – Director of Poltava Oil and Gas College of Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University, aspirant of Department of Heat and gas supply, ventilation and heat power engineering of Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University; Pershotravnevyi avenue, 24, Poltava, Ukraine 36011; e-mail: schumska@gmail.com.