

УДК: 67.15.55 : 67.09.55 : 67.09.91 : 67.29.59

Стороженко Д.О., к.х.н., доцент  
ORCID 0000-0001-7920-5161 storchem 31415S@gmail.com

Дрючко О.Г., к.х.н., доцент  
ORCID 0000-0002-2157-0526 dog.chemistry@gmail.com

Бунякіна Н.В., к.х.н., доцент  
ORCID 0000-0003-4241-5127 n.bunyakina@gmail.com

Іваницька І.О., к.х.н., доцент  
ORCID 0000-0003-1148-316X irina.ivanytska@gmail.com

Ханюков В.О., студент, Китайгора К.О., студент  
Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка

## ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ ІЗ ЖОРСТКОЮ ПОРИЗОВАНОЮ СТРУКТУРОЮ НА ОСНОВІ РОЗЧИННОГО СКЛА ТА МІНЕРАЛЬНИХ НАПОВНЮВАЧІВ ТЕХНОГЕННОГО ПОХОДЖЕННЯ

*Розроблено сировинну суміш із кремнеземвмісної техногенної компоненти – золи-винесення теплових електростанцій та способи приготування на її основі водостійких поризованих теплоізоляційних матеріалів широкого призначення за порошковою двох стадійною технологією гарячого спінювання сирцевої маси. Розробка використовує поліфункціональні властивості рідкого скла – як а) зв'язуючого компонента; в) пороутворювача; с) регулятора швидкості твердіння сирцевої маси. Запропонована рецептура дозволяє перероблення композицій різними способами з формуванням гранульованих теплоізоляційних наповнювачів, матеріалів для термоізолювання у складних за формою конструкціях, плитного і оболонкоподібного видів термоізоляційних матеріалів.*

**Ключові слова:** теплоізоляційні лужно-силікатні композитні матеріали; золи-винесення; рідке скло; термічне піноутворення.

UDC: 67.15.55 : 67.09.55 : 67.09.91 : 67.29.59

Storozhenko D.O., PhD, Associate Professor  
Dryuchko O.G., PhD, Associate Professor  
Bunjakina N.V., PhD, Associate Professor  
Ivanytska I.O., PhD, Associate Professor  
Khanyukov V.O., student, Kytayhora K.O., student  
Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University

## THERMAL INSULATION MATERIALS WITH HIGH-POROUS STRUCTURE BASED ON THE SOLUBLE GLASS AND TECHNOGENIC MINERAL FILLERS

*The raw material mixture from the silicon-like technogenic component the ash-removal of thermal power plants and the preparation methods of waterproof porous heat-insulated materials wide usage for raw mass hot foaming powdered two-stage technology are developed. The development uses the polyfunctional properties of liquid glass as a) the binder component; c) breeder; c) the speed regulator of the clamping mass hardenin. The proposed formulation allows compositions processing in various ways, with the formation of granular heat-insulating fillers, materials for thermal insulation in complex structures, slab and shell-like types of thermal insulation materials.*

**Keywords:** alkaline-silicate heat-insulation composite materials; ash removal; liquid glass; thermal foaming.

Лужно-силікатні поризовані матеріали, отримані шляхом термічного чи холодного спінювання водних розчинів силікатів лужних металів (рідкого скла) чи твердих лужно-силікатних гідрогелей, відносять до сучасних ефективних неорганічних утеплювачів, що мають перспективу завдяки можливості досягнення низьких значень умовної густини й теплопровідності при збереженні достатньої міцності структури і легкій керованості процесів спінювання й твердіння у широких межах складу композицій. Вказані переваги базуються на рівноважності і гомогенності основного компоненту сировинної суміші – рідкого скла і гідрогелей на його основі.

Існують різні технологічні підходи в отриманні таких матеріалів при газовиділенні безпосередньо в товщі сформованої композиції. Причому процес газовиділення при високих температурах може бути заснований як на реакціях спеціальних добавок, так і на виділенні парів кристалізаційної і хімічно зв'язаної води.

Проведене дослідження спрямоване на пошук і розроблення оптимізованого варіанту сировинної суміші із кремнеземвмісної техногенної компоненти – золи-винесення теплових електростанцій та способів приготування на його основі поризованих лужно-силікатних композиційних теплоізоляційних матеріалів широкого призначення, що відрізняється від аналогів складом, вмістом вихідної сирцевої маси, послідовністю й режимами формування цільового продукту, застосованим технологічним оснащенням.

У сировинній суміші використано промислове розчинне скло, золу-винесення теплових електростанцій, лежалий портландцемент і додатково – загусник – попередньо підготовлене частково обезводнене затверділе «сухе скло».

У приготовлених зразках зола-винесення виявляє хороші армуючі властивості, високу термічну стабільність, достатню стійкість до агресивних середовищ, має малу насипну густину.

При формуванні складу сировинної суміші були враховані також результати покращення водостійкості лужно-силікатних композицій шляхом заміни водозміцнюючих складових двокальцієвого силікату на лежалий портландцемент.

Регулювання швидкості «схвачування» запропонованої сирцевої маси у ході формування ксерогелю кремнієвої кислоти (в залежності від цілей втілюваних завдань) здійснювали варіюванням властивостей загусника, який використовується, та регламентуванням наступних операцій перероблення.

Сирцева маса, приготовлена за оптимізованою рецептурою, на відміну від існуючих аналогів, починає тверднути за звичайної температури вже з моменту її «затворення» розчинним склом і набуває властивостей, необхідних для наступного фрагментування.

Запропонована сировинна суміш дозволяє також обійти труднощі, пов'язані з сушкою в'язкої рідкоскляної маси від великого вихідного вмісту води (56 – 62 %) до значення вмісту води 33 – 38 %, необхідного для одержання жорсткого гідрогелю, здатного до термічного спучування.

У розробці поставлена задача по виготовленню цільового поризованого продукту досягається використанням технології гарячого спінювання сирцевої маси, схема одержання якого включає чотири головні стадії:

- 1) підготовку вихідних складових сировинної суміші і гомогенізацію останньої;
- 2) «затворення» композиційної системи розчинним склом й утворення стійкого гелю; фрагментування затверділої сирцевої маси і поміщення грануляту у футеровані розбірні форми;
- 3) нагрівання і переведення речовини заготовок у піропластичний стан (110 – 115 °С);
- 4) подальше гаряче спінювання і відтворення регулярної поризованої макроструктури композиційних систем (130 – 220 °С) та формування цільових властивостей продукту перероблення (500 – 550 °С).

Пороутворювачем у цьому випадку є вода (в основному силанольна чи молекулярна, міцно зв'язана водневими зв'язками з немістковими атомами кисню), що виділяється при термообробленні композиційних систем.

Запропонована гаряча поризація структури силікатних композицій при «спучуванні» систем у ксерогелевому вигляді проходить швидко, минаючи в'язко-липкий стан. Визначальним фактором у ході термоактивації систем було технічне запровадження відтворюваного темпу їх нагрівання [див. 1]. Усвідомлений вибір його оптимального режиму мотивують емпіричні дані із з'ясування особливостей термічного спінювання композиційних систем, одержаних методом диференційно-термічного аналізу.

З аналізу термографічних даних і макроструктури одержаних зразків, можна зробити висновок, що найбільший вклад у формуванні структури виробу з максимальною однорідністю вносить конституційна вода, тоді як видалення надлишку адсорбційної вологи на початкових стадіях приводить до утворення великих наскрізних пор і каналів у сирцевій масі. Тому вихідна рідко-скляна композиція повинна містити мінімальну кількість вільної й адсорбованої води.

Використання двох стадійної схеми запропонованого перероблення в технології приготування поризованих теплоізоляційних матеріалів зумовлюють: 1) характер і особливості поведінки складових компонентів рідко-скляних композиційних систем у ході термооброблення, виявлення ними сильної адгезії по відношенню до більшості конструкційних матеріалів; 2) необхідність розв'язання питання легкого видалення заготовок із оснастки формування; 3) вибір способу футерування внутрішніх поверхонь розбірних форм оснащення; 4) термофізичні і хімічні властивості використаного матеріалу футеровки.

Оптимізована рецептура приготування сирцевої суміші дозволяє перероблення композицій різними способами з формуванням термоізоляційних матеріалів широкого призначення: гранульованих теплоізоляційних наповнювачів [2], матеріалів для термоізолювання у складних за формою конструкціях [3], плитного і оболонкоподібного видів термоізоляційних матеріалів [4]. Така поставлена задача в залежності від цілей і особливостей вирішуваних завдань досягається можливістю проведення декількома відмінними способами завершальних стадій їх отримання.

#### *Література*

1. Пат. 43549 Україна. МПК G 05 D 23/00. Спосіб програмного формування лінійного закону зміни температури нагрівника / О.Г. Дрючко, Д.О. Стороженко, Н.В. Бунякіна, І.О. Іваницька – и 2009 01783; Заявлено 02.03.2009; Опубл. 25.08.2009, Бюл. №16. – 10 с.
2. Пат. на корисну модель № 121407 Україна. МПК (2006.01) C04B 28/26. Спосіб виготовлення спученого гранульованого теплоізоляційного наповнювача / А.М. Павленко, Д.О. Стороженко, О.Г. Дрючко, Н.В. Бунякіна, І.О. Іваницька – и 2017 03934; Заявлено 21.04.2017; Опубл. 11.12.2017, Бюл. № 23. – 9 с.
3. Пат. на корисну модель № 121408 Україна. МПК (2006.01) C04B 28/26. Спосіб тепло ізолювання у складних за формою конструкціях / Д.О. Стороженко, О.Г. Дрючко, Н.В. Бунякіна, І.О. Іваницька – и 2017 03935; Заявлено 21.04.2017; Опубл. 11.12.2017, Бюл. № 23. – 9 с.
4. Пат. на корисну модель № 121406 Україна. МПК (2006.01) C04B 28/26. Спосіб виготовлення плитного й оболонко подібного видів теплоізоляційних матеріалів / Д.О. Стороженко, О.Г. Дрючко, Н.В. Бунякіна, І.О. Іваницька – и 2017 03932; Заявлено 21.04.2017; Опубл. 11.12.2017, Бюл. № 23. – 8 с.