

УДК 666.9; 691.5

*Пушкарьова К. К., доктор техн. наук, професор, зав.
кафедри будівельних матеріалів,
Гончар О. А., канд. техн. наук, доцент,
Гуринчук Д.Ю., Антикало О.А., студенти,
Київський національний університет будівництва і
архітектури, м. Київ*

РЕГУЛЮВАННЯ СКЛАДУ ТА СТРУКТУРИ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ НА ОСНОВІ ЛУЖНИХ АЛЮМОСИЛІКАТНИХ В'ЯЖУЧИХ СИСТЕМ

Експлуатаційні характеристики теплоізоляційних матеріалів обумовлені переважно характером їхньої структури, основною ознакою якої є високий вміст повітря в об'ємі матеріалу, що має надзвичайно низьку теплопровідність порівняно з рідинами й твердими тілами. Повітря повинно бути позбавлене можливості переміщення в структурі теплоізоляційних матеріалів, що досягається певною будовою, яка може бути ніздрюватою (піна), волокнистою (вата), зернистою (повітря перебуває в міжзерновому просторі) та пластинчастою (повітряні прошарки розташовані між листами матеріалу).

Згідно даним [1, 2] пористість матеріалів із ніздрюватою структурою, до яких відносяться розроблені на основі лужних алюмосилікатних композицій неорганічні теплоізоляційні матеріали, формується з ніздрюватої пористості (макропористості) та пористості міжпорових перегородок (мікропористості).

Для досягнення максимальних значень пористості необхідно, щоб в структурі спученого матеріалу пори були різного розміру та мали несферичну форму. Це дасть змогу отримати теплоізоляційні композити з оптимальним співвідношенням міцності та теплопровідності. Крім того, на експлуатаційні властивості отриманих матеріалів суттєво впливає не лише характер пористості, але й властивості міжпорових перегородок, які повинні бути однакової товщини. Тобто, згідно [1, 2], оптимальною ніздрюватою структурою вважається рівномірно розподілена в об'ємі матеріалу пористість у вигляді полідисперсних за розмірами замкнених пор, які розділені тонкими, щільними та рівними за перетином міжпоровими перегородками.

Метою роботи було отримання неорганічних теплоізоляційних матеріалів з полідисперсною пористістю, регулювання якою може бути здійснене як за рахунок використання різних видів заповнювачів, так і за рахунок введення повітровтягувальних добавок до складу лужних алюмосилікатних композицій.

На основі лужних алюмосилікатних композицій, модифікованих сполуками магнію, була запропонована технологія отримання теплоізоляційних матеріалів, що передбачала змішування вихідних компонентів алюмосилікатних композицій у змішувачі (940 об/хв), введення заповнювачів та перемішування суміші до отримання однорідної консистенції, після чого її випалювали в діапазоні температур 300...400 °С. [3, 4]

Оптимізація складу структури теплоізоляційних матеріалів на основі лужних алюмосилікатних систем проводилась за рахунок модифікації їх гідрофобізуючою рідиною 136-41 (ГКЖ-94) у кількості від 0,1% до 0,3%. Як алюмосилікатну в'язучу композицію для отримання теплоізоляційних матеріалів використовували систему складу $\text{Na}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{MgO}-\text{SiO}_2-\text{H}_2\text{O}$. Для отримання неорганічних теплоізоляційних матеріалів було використано різні види заповнювачів (перліт, вермикуліт, поравер, сіопор) у кількості 20% від маси алюмосилікатної системи. Результати дослідження їхніх фізичних та фізико-механічних властивостей представлені в табл.1 та на рис.1.

При використанні в якості заповнювача перліту відмічено зниження міцнісних показників при збільшенні кількості модифікуючої добавки від 0,1 до 0,3% відповідно на 25% та 68% порівняно з бездобавочною системою. В той же час зниження середньої густини, і, як наслідок, покращання теплоізоляційних властивостей матеріалу, спостерігається лише при введенні 0,3% добавки, при яких можливе отримання матеріалу густиною до 200 кг/м³. При використанні 0,1% та 0,2% добавки густина зростає на 12 та 7% відповідно, а коефіцієнт конструкційної якості при

цьому знижується на 38% та 43% (рис.1).

Застосування в якості заповнювача для отримання неорганічних теплоізоляційних матеріалів на основі лужних алюмосилікатних композицій поравера у кількості 20% дозволяє отримати матеріали з середньою густиною 320 кг/м³, коефіцієнтом теплопровідності 0,07 Вт/(м·К) та міцністю при стиску 1,41 МПа (табл.1). Модифікація алюмосилікатної зв'язуючої речовини добавкою у кількості 0,2% дозволяє підвищити міцнісні показники на 38%, однак при цьому зростає і середня густина на 13%. Збільшення кількості добавки до 0,3% забезпечує отримання теплоізоляційних матеріалів з густиною 171 кг/м³ та коефіцієнтом теплопровідності 0,056 Вт/(м·К), однак призводить до втрати 80% міцності штучного каменю (рис.1).

Отримані результати свідчать, що введення в якості заповнювача вермикуліту до складу модифікованих 0,1...0,2% добавки алюмосилікатних систем дозволяє отримати матеріали з високими міцнісними характеристиками - міцність при стиску становить 2,6...2,9 МПа при показниках середньої густини 360...430 кг/м³ та коефіцієнта теплопровідності 0,08...0,082 Вт/(м·К) (табл.1). Однак при цьому знижується коефіцієнт конструкційної якості матеріалу, порівняно з бездобавочними системами, на 18% та 65% відповідно (рис. 1).

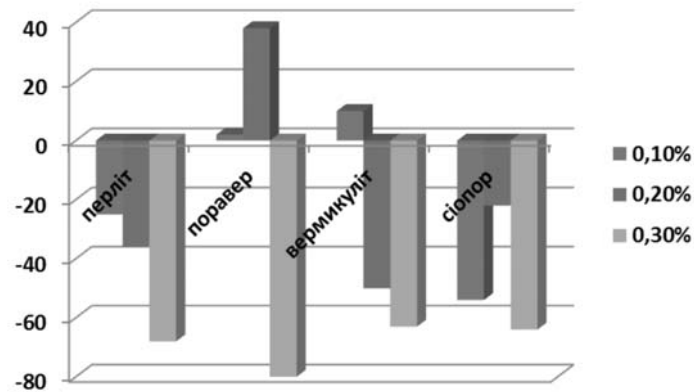
Таблиця 1 - Вплив кількості модифікуючої добавки та виду заповнювача на фізичні та фізико-механічні характеристики теплоізоляційних матеріалів

Вид заповнювача	Вміст добавки, %	Показники фізичних та фізико-механічних властивостей отриманих теплоізоляційних матеріалів			
		R _{ст} , МПа	ρ _м , кг/м ³	K _{к.я.}	λ, Вт/(м·К)
Перліт	0	2,96	336	25,7	0,072
	0,1	2,22	376	15,73	0,076
	0,2	1,89	360	14,58	0,074
	0,3	0,92	181	28,75	0,057
Поравер	0	1,41	320	13,77	0,070
	0,1	1,44	351,5	11,63	0,074
	0,2	1,94	369	14	0,075
	0,3	0,29	171	9,91	0,056
Вермикуліт	0	2,63	362	20,07	0,075
	0,1	2,91	421	16,45	0,082
	0,2	1,31	404	8,03	0,080
	0,3	0,95	321	9,22	0,070
Сіопор	0	1,07	358	8,4	0,074
	0,1	0,49	134	27,3	0,053
	0,2	0,83	197	21,53	0,058
	0,3	0,38	112	31,8	0,051

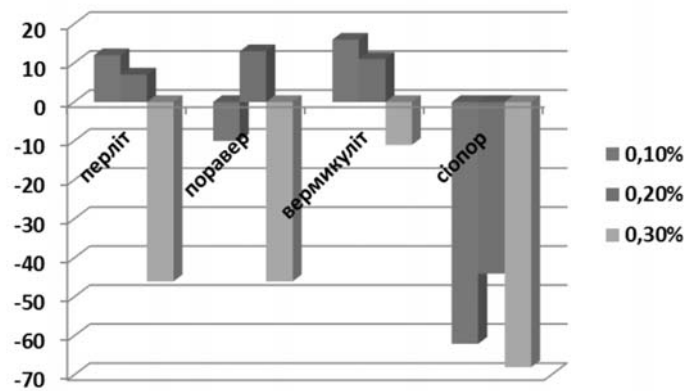
Модифікація алюмосилікатних систем при використанні у якості заповнювача сіопору призводить до зниження міцності штучного каменю зі збільшенням вмісту добавки, однак при цьому покращуються теплозахисні властивості матеріалу за рахунок зменшення його середньої густини. Так, введення 0,1% та 0,3% добавки дозволяє знизити показники густини на 62% та 68% відповідно, однак міцність також суттєво втрачається: на 54 та 64% (рис.1). Використання 0,2% добавки знижує середню густину на 44%, а міцність – лише на 22%, при цьому коефіцієнт конструкційної якості зростає на 156% і його значення становить 21,53 МПа, а коефіцієнт теплопровідності дорівнює 0,058 Вт/(м·К) (табл.1).

Таким чином, при виготовленні теплоізоляційних матеріалів з наперед заданими теплофізичними характеристиками на основі лужних алюмосилікатних систем у разі використання заповнювачів різних видів оптимальна кількість органічної модифікуючої добавки знаходиться в межах 0,2...0,3 % залежно від типу заповнювача.

а)



б)



в)

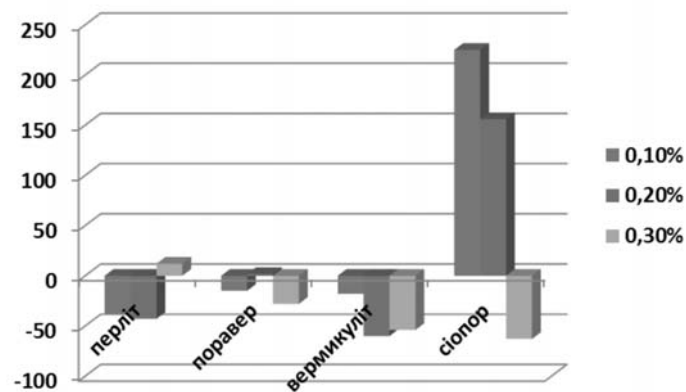
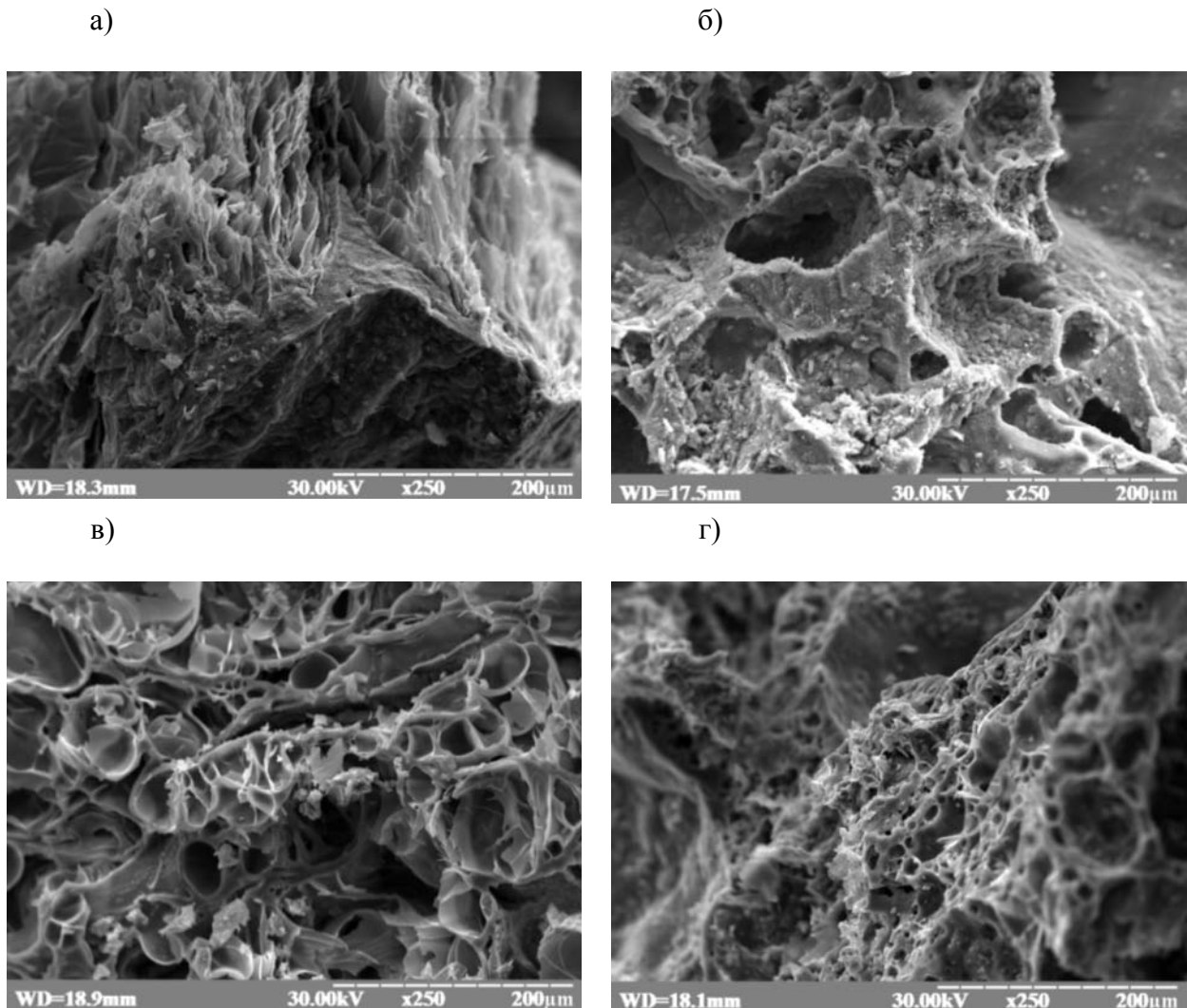


Рисунок 1 - Зміна показників фізичних та фізико-механічних властивостей отриманих теплоізоляційних матеріалів:

а – міцності, б – середньої густини, в – коефіцієнта конструкційної якості залежно від виду заповнювача та кількості модифікуючої добавки (0,1...0,3%)

Для встановлення впливу модифікації лужних алюмосилікатних композицій повітровтягувальними добавками та типу використаних заповнювачів на особливості формування мікро- та макроструктури розроблених матеріалів було проведено електронно-мікроскопічний аналіз зразків штучного каменю, отриманих на основі лужної алюмосилікатної композиції та різних видів заповнювачів. Результати електронної мікроскопії наведено на рис. 2.

Як свідчать результати електронно-мікроскопічного аналізу (рис.2), введення модифікуючої добавки до складу лужних алюмосилікатних систем, де в якості заповнювача використано вермикуліт, дозволяє змінити характер пористості міжпорових перегородок. Якщо в системах без повітровтягуючої добавки такі перегородки пластинчасті і щільні, що обумовлює високі міцнісні характеристики матеріалів (табл.2), то модифікація алюмосилікатних композицій приводить до збільшення мікропористості, тобто, до поризації міжпорових перегородок (рис. 2а) та зниження показників середньої густини. Це дозволяє знизити теплопровідність (коефіцієнт теплопровідності становить 0,07 Вт/(м·К), порівняно з бездобавочними композиціями).



**Рисунок 2 – Електронно-мікроскопічні фотографії
поверхні сколу зразків штучного каменю, отриманих на основі
модифікованої лужної алюмосилікатної композиції, при збільшенні в 250 разів
з використанням в якості заповнювача:
а- вермикуліту, б- сіопору, в – перліту, г- пораверу.**

При використанні в якості заповнювача сіопору відмічено формування сферичних пор однакового діаметру (рис. 2б), що призводить, з одного боку, до зниження міцності штучного каменю (табл.1), а з іншого – до покращання теплоізоляційних властивостей. Введення модифікуючої добавки, згідно з результатами електронної мікроскопії, значно прискорює процес случування і навіть є причиною деякого заплавлення мікропор штучного каменю, що й обумовлює зниження його міцності. При цьому тенденція покращання теплоізоляційних показників зберігається –

коефіцієнт теплопровідності зменшується до 0,056 Вт/(м·К) та відмічається зростання коефіцієнта конструкційної якості до 21...27 (табл.1).

Модифікація лужних алюмосилікатних композицій, які містять в якості заповнювача перліт приводить до збільшення діаметру сферичних пор штучного каменю на їх основі (рис. 2в) та до зниження шаруватості міжпорових перегородок. Однак при цьому пори заповнюються волокнистими новоутвореннями, які виконують функцію мікроармування штучного каменю та забезпечують його високі міцнісні показники (табл. 1). Крім того, склоподібна структура міжпорових перегородок теж сприяє підвищенню механічних властивостей теплоізоляційних матеріалів (рис. 2в).

Результати дослідження мікроструктури штучного каменю на основі лужних алюмосилікатних систем та пораверу за допомогою електронно-мікроскопічного аналізу (рис. 2г) дозволяють відмітити формування полідисперсної системи макропор та утворення склоподібної структури міжпорових перегородок з однаковою величиною перетину. Це обумовлює міцність утвореного штучного каменю та низьку теплопровідність (табл.1).

Таким чином, проведеними дослідженнями встановлено, що введення модифікуючої добавки у кількості 0,1...0,3 %, залежно від типу використаного заповнювача, змінює характер макро- та мікропористості штучного каменю, що призводить до зміни його експлуатаційних характеристик. Так, застосування перліту та вермикуліту дозволяє отримати матеріали з високими міцнісними показниками (2,2...2,9 МПа) за рахунок формування міцних міжпорових перегородок з однаковим перетином шаруватої структури, при цьому низька теплопровідність штучного каменю (менше 0,07 МПа) забезпечується збільшенням мікропористості (поризацією міжпорових перегородок). Для зниження показників середньої густини (до 200 кг/м³) та теплопровідності (1-0,051...0,057 Вт/(м·К)) доцільно застосовувати як заповнювачі поравер та сіпор, при використанні яких у комплексі з модифікуючою добавкою зростає загальна пористість штучного каменю, однак при цьому показники міцності не перевищують 1 МПа. Виконана оптимізація складів сировинних сумішей та кількості заповнювача дозволила отримати матеріали з міцністю в межах 0,8...1,0 МПа та середньою густиною – 140...200 кг/м³.

Отримані матеріали можуть ефективно застосовуватися для утеплення огорожувальних конструкцій, ізоляції морозильних і теплових установок, трубопроводів і покрівель, для виготовлення опоряджувальних матеріалів з теплозахисними та декоративними властивостями.

Негорючість теплоізоляційних матеріалів на основі лужних алюмосилікатних композицій дає можливість використовувати його для теплоізоляції у висотному будівництві, ізоляції трубопроводів та іншого обладнання, яке працює при температурі до 600 °С, а також для створення вогнезахисних конструкцій, оскільки не лише захищає конструкцію від дії високих температур при пожежі, збільшуючи тим самим час евакуації, але й при горінні матеріал не виділяє токсичних речовин, що є небезпечними для здоров'я людини.

ЛІТЕРАТУРА

1. Высокотемпературные теплоизоляционные материалы / С. М. Кац, – М. Металлургия, 1981. - 232 с.
2. Горлов Ю. П. и др. Технология теплоизоляционных материалов: Учебник для вузов / Ю. П. Горлов, А. П. Меркин, А. А. Устенко. — М.: Стройиздат, 1980. — 399 с.
3. Пушкарьова К. К. Ефективні теплоізоляційні матеріали на основі лужних алюмосилікатних систем / Пушкарьова К. К., Гончар О. А., Борисова А. І. - Збірник праць ВАТ «УкрНДІВогнетривів», №110, Харків, 2010. – С.582-586.
4. Пушкарьова К.К. Легкі теплоізоляційні бетони на основі модифікованих лужних алюмосилікатних композицій /Пушкарьова К. К., Гончар О. А., Борисова А. І. - Збірник “Будівельні матеріали, виробу та санітарна техніка”. - К., НДІБМВ. - 2011. - Вип. 39. - С. 137-140.