

УДК 666.9.043.2; 691.5

*Пушкарьова К.К., доктор техн. наук, професор,
Гончар О.А., канд .техн. наук, доцент,
Борисова А.І., асистент,
Київський національний університет будівництва
та архітектури,
Ейне І.А., канд .техн. наук, ТОВ "СІОПОР Україна",
м. Київ*

ОСОБЛИВОСТІ ОТРИМАННЯ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ НА ОСНОВІ ЛУЖНИХ АЛЮМОСИЛКАТНИХ КОМПОЗИЦІЙ ТА СІОПОРУ

Проблеми енергозбереження, актуальні сьогодні як ніколи, обумовлюють появу на ринку будівельних матеріалів нових розробок, пов'язаних зі створенням ефективних теплоізоляційних матеріалів. Одним з таких матеріалів, який зарекомендував себе як ефективний теплоізоляційний, негорючий, екологічно чистий матеріал зі звукоізоляційними властивостями, є сіопор – легкий штучний заповнювач у вигляді піску чи щебеню, отриманий на основі кремнеземистої сировини та лугу. Галузі застосування його досить широкі: це можуть бути легкі бетони, мурувальні розчини та штукатурки, тепло- та звукоізоляційні засипки. Сіопор можна також використовувати як сорбент при збиранні нафтопродуктів з поверхні води та ґрунту, він може бути використаний для виготовлення ефективних високотемпературних утеплювачів у вигляді плит та/або шкаралуп для теплоізоляції трубопроводів і промислового обладнання.

Високі технічні характеристики такого заповнювача, а також особливості хімічного складу дозволяють висунути гіпотезу щодо можливості застосування його як заповнювача для виготовлення теплоізоляційних матеріалів на основі алюмосилкатних зв'язуючих композицій, що розроблені в Державному науково-дослідному інституті в'язуючих матеріалів ім. В.Д. Глуховського [1-4].

Метою даної роботи було встановлення можливості отримання ефективних теплоізоляційних матеріалів на основі лужних алюмосилкатних композицій та легкого заповнювача – сіопору.

Теплоізоляційні матеріали виготовляли на основі базової алюмосилкатної системи складу $\text{Na}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3-6\text{SiO}_2-\text{H}_2\text{O}$, приготування якої включає перемішування вихідних компонентів (розчину рідинного скла, метакаоліну та мікрокремнезему) за допомогою змішувача примусового типу дії з і швидкістю перемішування 940 об/хв; в якості заповнювача застосовували сіопор, технічні характеристик якого наведено у табл. 1, у кількості 5...25%.

Таблиця 1 – Технічні характеристики сіопору

Найменування показника	Одиниця вимірювання	Величина показника за фракціями		
		дрібна	середня	крупна
Розмір гранул	мм	0,1 – 0,63	0,63 – 2,5	2,5 - 10
Насипна густина	кг/м ³	120 +/- 20	70 +/- 20	60 +/- 20
Границя міцності при стиску	МПа	0,17	0,14	0,14
Коефіцієнт теплопровідності, λ	Вт/м °К	0,055	0,05	0,048

На першому етапі роботи було досліджено вплив кількості заповнювача (5...25%), температури термообробки та розчино-твердого відношення алюмосилікатних композицій складу $\text{Na}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3-6\text{SiO}_2-\text{H}_2\text{O}$ на фізико-механічні властивості отриманих теплоізоляційних матеріалів. Результати представлено в табл. 2, 3 та на рис.1.

Застосування сіопору для виготовлення теплоізоляційних матеріалів на основі алюмосилікатних композицій у кількості 5...10% дає змогу отримати матеріали з середньою густиною 365...460 $\text{кг}/\text{м}^3$ та міцністю при стиску 1,6...2,6 МПа. Збільшення кількості заповнювача позитивно впливає на показники середньої густини теплоізоляційних матеріалів – вони зменшуються до 360...370 $\text{кг}/\text{м}^3$, однак при цьому знижуються і показники міцності та водостійкості. У зв'язку з цим було розглянуто можливість регулювання середньою густиною штучного каменю за рахунок зміни розчино-твердого відношення алюмосилікатних зв'язуючих речовин (рис.1) та за рахунок збільшення температури випалювання (табл. 3).

Таблиця 2 – Вплив кількості сіопору на властивості теплоізоляційних матеріалів, отриманих на основі алюмосилікатної композиції складу $\text{Na}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3-6\text{SiO}_2-\text{H}_2\text{O}$, при розчино-твердому відношенні реакційних сумішей 1,5/1 та температурі термообробки 300°C

Кількість заповнювача, %	Показники фізико-механічних властивостей отриманих матеріалів				
	ρ_m , $\text{кг}/\text{м}^3$	λ , $\text{Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$	R_{cr} , МПа	K_p	К.к.я., МПа
5	463	0,140	2,61	0,93	12,17
10	391	0,108	2,05	0,65	13,41
15	411	0,116	1,75	0,74	10,36
20	365	0,096	1,67	0,68	12,54
25	367	0,097	1,25	0,70	9,28

Як свідчать отримані результати, мінімальні показники середньої густини (250...260 $\text{кг}/\text{м}^3$) досягаються при збільшенні Р/Т до 3/1 та термообробці композицій при температурі 250...300 °С (табл.3).

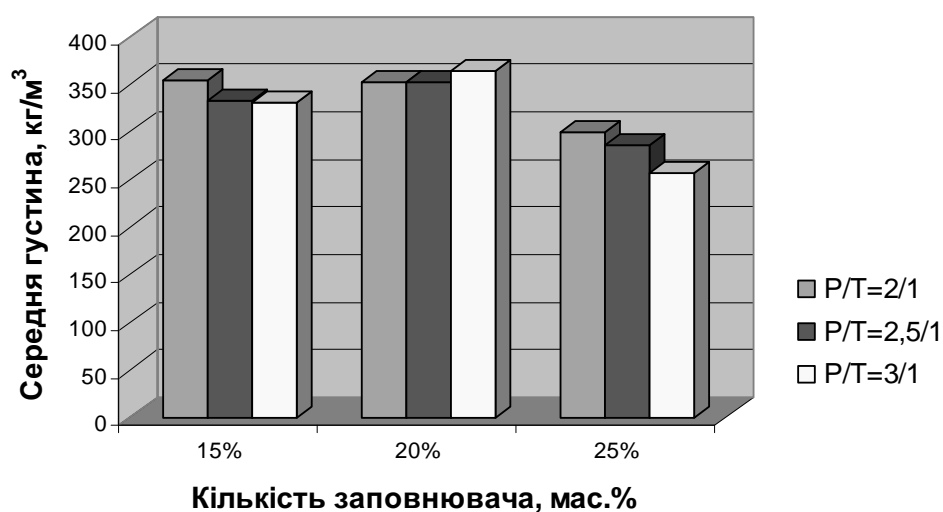


Рисунок 1 – Вплив розчино-твердого відношення сумішей на середню густину отриманих теплоізоляційних матеріалів на основі сіопору та лужних алюмосилікатних композицій складу $\text{Na}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3-6\text{SiO}_2-\text{H}_2\text{O}$ (температура термообробки 300 °С)

Таблиця 3 – Вплив температури термообробки на властивості теплоізоляційних матеріалів на основі сіопору та алюмосилікатних композицій з розчино-твердим відношенням 3/1

Температура термообробки, °С	Показники фізико-механічних властивостей отриманих матеріалів				
	ρ_m , кг/м ³	λ , Вт/(м·К)	R_{ct} , МПа	K_p	К.к.я., МПа
200	285	0,065	1,60	0,72	19,70
300	256	0,054	1,67	0,68	25,48
400	327	0,081	1,61	0,69	15,05
500	311	0,074	1,59	0,75	16,44
600	324	0,080	1,68	0,70	16,00

Підвищення температури термообробки призводить до збільшення середньої густини та погіршення міцнісних характеристик отриманих матеріалів, що може бути пов'язано з реакціями, які відбуваються на границі контакту "заповнювач-в'язуча речовина". Утворення в контактній зоні легкоплавкої рідкої фази при підвищенні температури випалювання обумовлює зниження міцності та збільшення середньої густини і теплопровідності отриманого штучного каменя.

Результати електронної мікроскопії, представлені на рис. 2, свідчать про формування в продуктах випалювання дрібнозернистої структури з рівномірно розподіленими мікро- та макropорами. При використанні сіопору структура штучного каменя конгломератна і відрізняється наявністю дрібних пор (діаметром до 50 μm), проте характер пористості свідчить про добре зчеплення гранул заповнювача зі зв'язуючим та формування однорідної дрібнозернистої контактної зони (рис. 2, а). На мікрорівні так само спостерігається утворення окремих агрегатів шаруватої будови (рис. 2, б).

З метою покращення міцнісних показників та підвищення водостійкості отриманих теплоізоляційних матеріалів в якості зв'язуючих речовин було використано алюмосилікатні системи, модифіковані сполуками магнію та феруму. Результати досліджень їхніх фізико-механічних властивостей наведено в табл. 4.

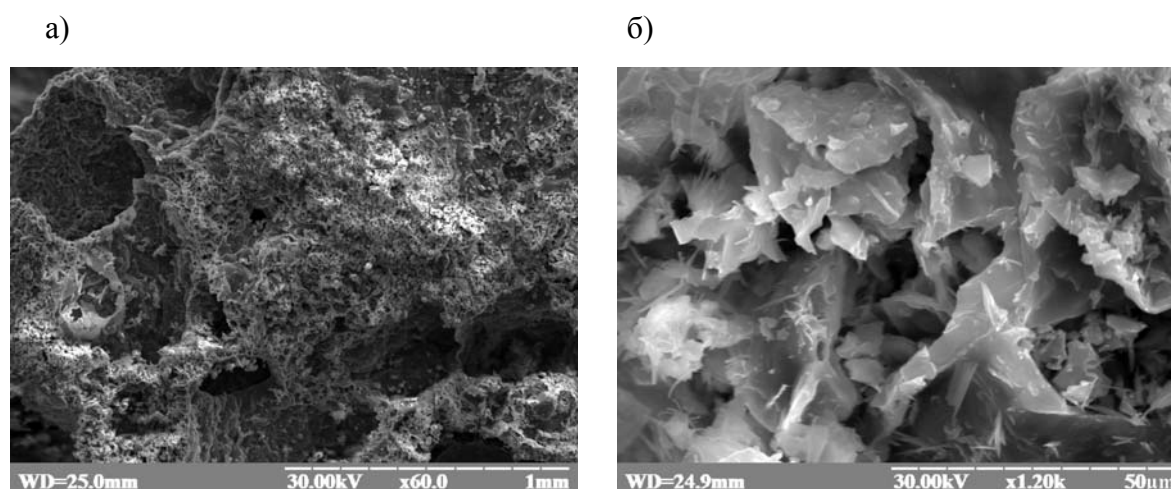


Рисунок 2 – Електронно-мікроскопічні фотографії поверхні сколу зразків штучного каменя, випалених при температурі 300°С і отриманих на основі лужної алюмосилікатної композиції з використанням в якості заповнювача сіопору. Збільшення: а – в 60 разів, б – в 1200 разів

Таблиця 4 – Вплив різної кількості сіопору та розчино-твердого відношення на властивості теплоізоляційних матеріалів, отриманих на основі алюмосилікатних композицій, які модифіковані сполуками магнію та феруму і випалені при температурі 300 °С

Кількість заповнювача, %	Розчино-тверде відношення	Показники фізико-механічних властивостей отриманих матеріалів				
		ρ_m , кг/м ³	λ , Вт/(м·К)	R_{cr} , МПа	K_p	К.к.я., МПа
композиція складу $Na_2O-Al_2O_3-0,5FeO-6SiO_2-H_2O$						
15	2,5/1	253	0,052	0,98	0,70	15,31
20	2,5/1	266	0,057	0,735	0,94	10,39
25	2,5/1	250	0,051	0,76	0,74	12,16
композиція складу $Na_2O-Al_2O_3-0,5MgO-6SiO_2-H_2O$						
15	2/1	267	0,058	2,31	0,92	32,40
20	2,5/1	295	0,068	2,45	0,96	28,15
25	2,5/1	272	0,060	2,22	0,91	30,00
композиція складу порівняння $Na_2O-Al_2O_3-6SiO_2-H_2O$						
15	1,5/1	411	0,116	1,75	0,74	10,36
20	1,5/1	365	0,096	1,67	0,68	12,54
25	1,5/1	367	0,097	1,25	0,70	9,28

Модифікація алюмосилікатних зв'язуючих сполуками феруму дозволяє знизити середню густину та коефіцієнт теплопровідності отриманих матеріалів, а сполуками магнію – підвищити водостійкість та міцність штучного каменю. Це обумовлює доцільність використання комплексної добавки, яка дасть змогу отримати теплоізоляційні матеріали з наперед заданими експлуатаційними характеристиками на основі алюмосилікатних композицій та сіопору.

Зазвичай для приготування лужних алюмосилікатних композицій, що здатні до спучування, використовують силікатвміщуючий побічний продукт виробництва металевого кремнію – аморфний мікрокремнезем, який має темно-сірий колір. Заміна його на інші види кремнеземистих компонентів (трепел або білу сажу), що мають білі та світлі кольори, дозволить отримувати теплоізоляційні матеріали світлої кольорової гама, які зможуть поєднати в собі теплоізоляційні та декоративні характеристики (табл.5).

Отримані результати свідчать про доцільність введення білої сажі до складу алюмосилікатної композиції для заміни мікрокремнезему. При цьому відмічено найменше значення середньої густини отриманого матеріалу (244 кг/м³), в той час як використання мікрокремнезему призводить до збільшення середньої густини матеріалу майже на 5 %, а трепелу – на 16 %. Декоративні властивості таких композицій є найкращими при застосуванні білої сажі, що дає змогу отримати матеріали, які можуть бути використані і для оздоблення, і для теплоізоляції.

БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ, ВИРОБИ ТА САНІТАРНА ТЕХНІКА

Таблиця 5 – Вплив різних типів кремнеземистого компонента в складі лужної алюмосилікатної композиції на властивості отриманих теплоізоляційних матеріалів з використанням сіопору (температура термообробки 300°C)

Тип кремнеземистого компонента	Колір	Показники фізико-механічних властивостей отриманих теплоізоляційних матеріалів					
		ρ_m , кг/см ³	λ , Вт/(м·К)	$R_{сух}$, МПа	$R_{нас}$, МПа	K_p	$K_{к.я.}$, МПа
Трепел (родовище Стальне Могилевської області)	світло-жовтий	284	0,064	1,16	1,06	0,91	14,38
Біла сажа БС-100 (суха розмелена аморфна кремнекислота)	білий	244	0,050	1,25	0,89	0,71	20,99
Мікрокремнезем (Запорізького алюмінієвого комбінату)	темно-сірий	256	0,054	1,67	1,14	0,68	25,48

Отже, в роботі показано можливість виготовлення теплоізоляційних матеріалів на мінеральній основі, властивості яких можна регулювати на мікро- та макрорівнях. На макрорівні властивості матеріалу можна змінювати як шляхом варіювання кількості легкого заповнювача (сіопору), так і шляхом зміни технологічних параметрів (розчино-твердого відношення та температури термообробки). На мікрорівні регулювання здійснюється за рахунок зміни складу та структури продуктів дегідратації алюмосилікатних систем. Введення до їх складу сполук магнію та феруму забезпечує направлений синтез новоутворень типу гідрослюд [5], що обумовлює високі експлуатаційні характеристики штучного каменю та можливість застосування його для внутрішньої та зовнішньої теплоізоляції.

ЛІТЕРАТУРА

1. Глуховский В.Д. Грунтосиликаты / В.Д. Глуховский. – К.: Госстройиздат, 1959. – 127 с.
2. Скурчинская Ж.В. Синтез аналогов природных минералов с целью получения искусственного камня: автореф. дис. на соискание науч. степени канд. техн. наук: спец. 05.17.11 "Строительные материалы и изделия" / Ж.В. Скурчинская. – Львов, 1973. – 24 с.
3. Жукова Р.С. Синтез и исследование щелочных алюмосиликатов на основе глинистых минералов и гидроксида калия: автореф. дис. на соискание науч. степени канд. техн. наук: спец. 05.23.05 "Строительные материалы и изделия" / Р.С. Жукова. – К., 1972. – 18 с.
4. Чиркова В.В. Материалы на основе стеклоподобных безкальциевых алюмосиликатов и соединений натрия: автореф. дис. на соискание науч. степени канд. техн. наук: спец. 05.23.05 "Строительные материалы и изделия" / В.В. Чиркова. – К., 1974. – 22 с.
5. Пушкарёва К.К., Гончар О. А., Борисова А.І., Самченко Д.М. Особливості спучування лужних алюмосилікатних композицій, модифікованих залізовміщуючими добавками Вісник Донбаської національної академії будівництва і архітектури "Сучасні будівельні матеріали" - 2010. Макеєвка, вип. 1 (81). – С.67-72.