

ДОСЛІДЖЕННЯ СТРУКТУРИ КОМПОЗИЦІЙНИХ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ ХОЛОДНОГО СПІНЮВАННЯ

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, Сєверодонецьк

Досліджено закономірності впливу компонентів рідкоскляної композиції на формування пористої структури композиційних теплоізоляційних матеріалів, що включають гранульоване спучене рідке скло і в'язуче, яке спінюється за допомогою газоутворювача за температури навколишнього середовища. Обов'язковими компонентами в'язучого є, окрім рідкого скла, газоутворювач, поверхнево-активна речовина і активна добавка. Як активні добавки для виробництва цих матеріалів застосовані в'язучі наповнювачі — алебастр і цемент, які зв'язують надмірну кількість води, що міститься у рідкому склі, у своїй кристалічній решітці та дозволяють підвищити міцність теплоізоляційних матеріалів. Як газотвірні агенти використано пероксид водню і алюмінієва пудра, що легко диспергуються у рідкому склі. Утворенню стійких пін сприяє не лише введення поверхнево-активних речовин, але й використання полімерних добавок, що підвищують в'язкість системи і механічну міцність піни. Тому як піностабілізатори вибрані ОП-10 і полівінілацетатна дисперсія, які мають хорошу сумісність з рідким склом.

Дослідження структури теплоізоляційних матеріалів проводилось шляхом електронної мікроскопії. В результаті дослідження в залежності від виду і кількості компонентів в'язучого визначені такі параметри структури спіненого матеріалу: поперечний діаметр пор, коефіцієнт форми пор, ступінь неоднорідності структури матеріалу, а також його загальна пористість і об'ємний вміст закритих пор. Проведені дослідження дозволили визначити оптимальну рецептуру в'язучого для виготовлення цих матеріалів, яка задовольняє основній вимозі — виникнення активних центрів повинно відбуватися в мить, коли диспергування газу в матриці (рідкоскляній композиції) досягає межі (насичення), завдяки чому утворюється однорідна дрібнопориста структура матеріалу. Утворення рівномірної пористої структури теплоізоляційних матеріалів забезпечує низькі показники їх теплопровідності і високу міцність, що дозволяє ефективно їх використовувати для теплоізоляції різних споруд.

Ключові слова: структура теплоізоляційних матеріалів, рідке скло, газотвірний агент, поверхнево-активна речовина, активна добавка, наповнювач.

Вступ

До ефективних теплоізоляційних матеріалів (ТІМ) відносять утеплювачі, які мають теплопровідність не вище $0,06 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$. При цьому ці матеріали повинні характеризуватися доступністю сировини, малою енергоємністю і низькою собівартістю виробництва, механічною міцністю, екологічною та пожежною безпекою, бути водо- і морозостійкими [1]—[2]. Цим вимогам задовольняють теплоізоляційні матеріали на основі рідкого скла (РС), які на відміну від традиційної органополімерної теплоізоляції мають низьку горючість та високу термостійкість. Теплоізоляційні матеріали на основі рідкого скла є або продуктами спучування гідратованих розчинних стекол, або композиційними матеріалами, які включають гранульоване спучене рідке скло і в'язуче [3]. Причому в'язуче, яке омонолічує гранули є не поризованим. Для зниження щільності композиційних теплоізоляційних матеріалів і коефіцієнта теплопровідності пропонується проводити додаткову поризацію в'язучого шляхом його спінювання за допомогою газоутворювача. Залежно від способу затвердіння (полімеризації) основного компонента в'язучого — рідкого скла, такі матеріали поділяють на холодного спінювання і гарячого спінювання. Холодне спінювання має такі важливі переваги перед гарячим спінюванням, як мала енергоємність і простота технології виробництва.

Процес включає такі стадії: змішування компонентів сировинної маси; спінювання; затвердіння спіненої маси; сушіння за температури 20 ± 2 °C.

Для регулювання реологічних характеристик сировинної суміші і експлуатаційних властивостей теплоізоляційних матеріалів в рідкоскляні композиції (РСК) вводять тонкомолоті мінеральні наповнювачі і модифікуючі добавки. Для досягнення високої пористості теплоізоляційних матеріалів створювати пори в них можна за допомогою газотвірних агентів. Введення поверхнево-активних речовин (ПАР) забезпечує рівномірний розподіл газотвірного агента і наповнювача у композиції, підвищує стійкість піни та сприяє отриманню однорідної і відтвореної структури спіненого матеріалу [4].

Теплоізоляційні матеріали повинні характеризуватися рівномірною пористою структурою, що забезпечує низькі показники теплопровідності і високу міцність. Тому *метою роботи* є дослідження закономірності впливу компонентів РСК (наповнювачів, газоутворювачів, ПАР) на формування пористої структури спіненого композиційного матеріалу.

Експериментальна частина

Обов'язковими компонентами сировинних сумішей є, окрім рідкого скла, газоутворювач, ПАР і активна добавка. Як активні добавки можна використовувати в'язучі речовини, які виконують функцію як наповнювача (підвищують в'язкість композиції), так і отверджувача (сприяють утворенню каменеподібних тіл в процесі реакції з водою). Під час виробництва цих матеріалів як в'язучі наповнювачі застосовані алебастр і цемент, що зв'язують надмірну кількість води, яка міститься у РС у своїй кристалічній решітці, а це дозволяє підвищити міцність ТІМ. В якості газотвірних агентів під час виробництва цих матеріалів використані пероксид водню і алюмінієва пудра, які легко диспергуються у РС і мають такі важливі переваги, як невелика вартість та не дефіцитність. А для H_2O_2 також — незалежність швидкості газоутворення від рН середовища. Крім того H_2O_2 і Al під час розкладання виділяють кисень і водень, відповідно, — гази абсолютно нетоксичні. Утворенню стійких піни сприяє не лише введення ПАР, але і використання полімерних добавок, що підвищують в'язкість системи і механічну міцність піни, тому в якості піностабілізаторів вибрані ПАР ОП-10 і полівінілацетатна дисперсія (ПВАД), які мають хорошу сумісність з РС.

Для дослідження структури теплоізоляційного матеріалу визначені такі параметри: поперечний діаметр пор, коефіцієнт форми пор і ступінь неоднорідності структури матеріалу, відповідно до методики «Визначення середніх розмірів пор в пінопласті» [5]. Для проведення випробування використано масштабну сітку і мікроскоп із загальним збільшенням до 15...20 разів. Для визначення поперечного діаметра пор зріз робиться в напрямку, перпендикулярному напрямку спінювання. Вимірювання проводиться в 3—5 різних місцях зрізу. Поперечний діаметр пор розраховується за формулою

$$D = 2 \sqrt{\frac{S}{n\pi} \left(1 - \frac{\rho_k}{\rho_m} \right)}, \quad (1)$$

де D — поперечний діаметр пор, мм; S — площа зрізу, на якій проводиться підрахунок пор, мм^2 ; n — число пор на площі S ; ρ_k — уявна щільність теплоізоляційного матеріалу, кг/м^3 ; ρ_m — щільність полімерного матеріалу — основи пінопласту, кг/м^3 .

Коефіцієнт форми пор визначається після додаткового підрахунку кількості пор на деякій площі зрізу, паралельного напрямку спінювання. Розрахунок здійснюється за формулою

$$\alpha = \frac{S_1 \cdot n}{n_1 \cdot S}, \quad (2)$$

де α — коефіцієнт форми пор; S_1 — площа зрізу, паралельного спінюванню, на якій проводиться підрахунок пор, см^2 ; n_1 — кількість пор на площі S_1 ; S і n — відповідно, площа і кількість пор для зрізу, перпендикулярного спінюванню.

Оцінка ступеня неоднорідності структури спіненого матеріалу проводиться за відносною зміною діаметра пор в різних місцях блока і розраховується за формулою

$$K = \frac{\Delta D_{\text{ср}}}{D_i} \cdot 100, \quad (3)$$

де $\Delta D_i = D_i - D_{cp}$; ΔD_{cp} — усереднене значення ΔD_i ; D_i — індивідуальне значення D в різних місцях блока.

Визначення об'ємного вмісту закритих пор проводилося відповідно до методики, наведеної в [5]. Зразки для випробувань повинні мати форму куба з розмірами ребра $50 \pm 0,5$ мм та рівну поверхню без видимих дефектів комірчастої структури і слідів механічної обробки. Перед випробуваннями зразки кондиціонують впродовж 24 год. за температури 20 ± 2 °С. Розрахунок відсоткового вмісту об'єму закритих пор визначають за формулою

$$P_3 = P_{II} - P_B, \% , \quad (4)$$

де P_B — загальний об'єм відкритих пор в зразку, %, береться рівним об'єму водопоглинання, %; P_{II} — повний об'єм пор в зразку, %, обчислюють за формулою

$$P_{II} = \left(1 - \frac{\rho_k}{\rho_m}\right) \cdot 100, \% . \quad (5)$$

Результати дослідження

Основні показники макроструктури композиційного ТІМ подані в таблиці.

Основні показники макроструктури композиційного теплоізоляційного матеріалу

Компонент	Кількість компонента	Кількість пор на 1 см ² в перпендикулярному зрізі	Кількість пор на 1 см ² в паралельному зрізі	Поперечний діаметр пор в перпендикулярному зрізі, мм	Діаметр пор в паралельному зрізі, мм	Коефіцієнт форми пор	Ступінь неоднорідності структури, %	Загальна пористість, %	Доля закритих пор, %
Цемент	5 мас. ч	38	47	0,77	0,69	0,81	12,8	70,3	7,1
	10 мас. ч	32	41	0,79	0,7	0,78	13,3	62,4	7,6
	15 мас. ч	29	33	0,79	0,74	0,88	15,6	56,7	8,3
	20 мас. ч	22	25	0,85	0,8	0,88	20,1	49,9	9,7
Алебастр	3 мас. ч	42	58	0,69	0,59	0,72	12,6	63,3	12,1
	4 мас. ч	37	55	0,72	0,59	0,67	12,9	61	13,4
	5 мас. ч	32	52	0,76	0,6	0,62	13,4	58,3	14,1
	6 мас. ч	20	48	0,93	0,6	0,42	14	54,8	12,5
Алебастр+цемент	5+15мас. ч	66	83	0,63	0,56	0,8	10,1	82,6	37,2
Пероксид водню	5 мас. ч	28	38	0,84	0,72	0,74	15,3	62,6	13,2
	7 мас. ч	24	36	0,92	0,75	0,67	16,7	64	11,8
	10 мас. ч	21	33	1,04	0,83	0,64	17,2	71,1	11,3
	15 мас. ч	17	32	1,2	0,87	0,53	19,4	76,4	10,7
Алюмінієва пудра	2 мас. ч	90	107	0,48	0,44	0,84	8,8	65	33,6
	2,5 мас. ч	77	103	0,54	0,47	0,75	9,5	70,7	34,2
	3 мас. ч	66	83	0,63	0,56	0,8	10,1	82,6	37,2
	3,5 мас. ч	46	79	0,77	0,58	0,58	14,5	84,8	38,1

Продовження таблиці

Компонент	Кількість компонента	Кількість пор на 1 см ² в перпендикулярному зрізі	Кількість пор на 1 см ² в паралельному зрізі	Поперечний діаметр пор в перпендикулярному зрізі, мм	Діаметр пор в паралельному зрізі, мм	Коефіцієнт форми пор	Ступінь неоднорідності структури, %	Загальна пористість, %	Доля закритих пор, %
ОП-10	0 мас. ч	21	32	0,99	0,8	0,66	29,2	65	12,2
	0,2 мас. ч	66	142	0,57	0,39	0,46	9,5	67,5	27,3
	0,5 мас. ч	64	120	0,62	0,46	0,53	9,8	78,4	36,9
	1 мас. ч	66	83	0,63	0,56	0,8	10,1	82,6	37,2
	2 мас. ч	30	42	0,94	0,8	0,71	24,1	83,4	37,1
ПВАД	0,2 мас. ч	38	123	0,76	0,42	0,31	10,7	69	24,1
	0,5 мас. ч	34	111	0,81	0,45	0,31	14,8	69,6	26,9
	1 мас. ч	26	82	0,93	0,52	0,32	22,4	70,4	30,2
	2 мас. ч	18	41	1,13	0,75	0,44	25,7	71,6	32,9

Найбільший вплив на пористу структуру ТІМ холодного спінювання мають газотвірні агенти. З даних таблиці видно, що зі збільшенням кількості газотвірного агента зменшується кількість пор і, отже, росте їх поперечний діаметр. Це пояснюється тим, що відбувається розрив великої кількості пор та їх об'єднання між собою та утворення наскрізних порожнин. Найменший діаметр пор спостерігається у разі використання як газотвірного агента алюмінієвої пудри у кількості 2 мас. ч і складає 0,48 мм, а ступінь неоднорідності структури складає 8,8 %. Дрібнопориста однорідна структура таких матеріалів зумовлена малою кількістю газу, що виділяється, який добре диспергує у РСК, і високою швидкістю гелеутворення РС, а, отже, невеликим періодом росту пор. Зі збільшенням кількості газоутворювача до 3,5 мас. ч, виділяється велика кількість газу, що ускладнює його диспергування у РСК, внаслідок чого структура таких зразків більше неоднорідна і складає 14,5 %.

Найбільший діаметр пор — у зразках з використанням пероксиду водню у кількості 15 мас. ч, він складає 1,2 мм, тобто збільшується пористість зразків до 76,4 %, причому доля закритих пор складає всього 10,7 % з них. Такі матеріали мають неоднорідну великопористу структуру і як наслідок — низьку міцність, оскільки стінки великих пор тонкіші, та велике водопоглинання і гігроскопічність, через переважання відкритопористої структури.

Для утворення ТІМ з дрібними закритими порами важливо, щоб виникнення активних центрів відбувалося в мить, коли диспергування газу в матриці РСК досягає межі (насичення). Це досягається використанням оптимальної кількості газоутворювача, в цьому випадку це алюмінієва пудра у кількості 3 мас. ч, оскільки такі зразки мають впорядковану дрібнопористу структуру з діаметром пор 0,63 мм та ступенем неоднорідності всього 10,1 %, а отже і міцність таких зразків буде достатньо високою, бо стінки пор з меншим діаметром міцніші. Пористість зразків складає 82,6 % з переважанням частки закритих пор, яка дорівнює 37,2 %.

Коефіцієнт форми осередків показує напрям витягнутості пор, якщо його значення менше одиниці, то пори витягнуті в напрямі, паралельному спінюванню, і мають форму еліпса. Чим ближче значення коефіцієнта форми осередків до одиниці, тим більше форма пор наближається до круглої, які відрізняються більш високою міцністю. Зменшення коефіцієнта форми пор показує перехід до овальної форми пор і потім — до поліедричної, яка характеризується найменшою міцністю [6]. Оскільки зі збільшенням кількості газотвірного агента відбувається зміна форми осередків від круглої до поліедричної, то і міцність таких матеріалів зменшуватиметься, бо тільки за відсутності поліедричної структури на усіх рівнях макроструктури формуються матеріали з найвищою руйнівною напруженою при стискуванні.

Фотографії макроструктури ТІМ з різною кількістю газоутворювача показані на рис 1.

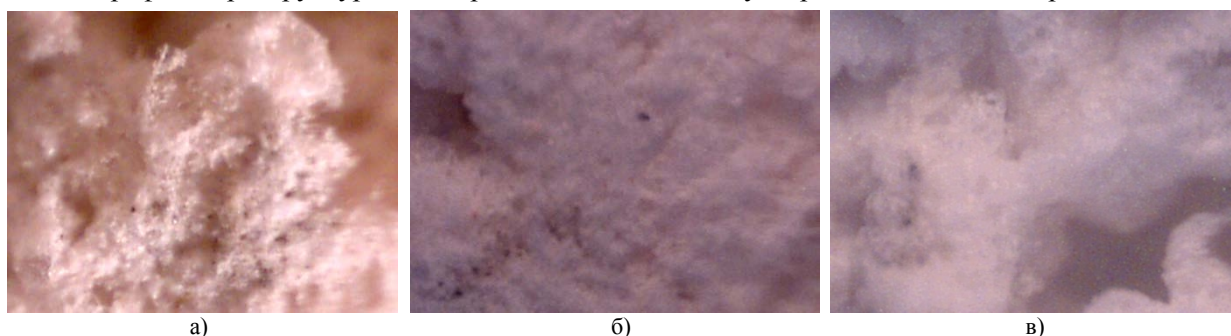


Рис. 1. Пориста структура композиційного теплоізоляційного матеріалу з різною кількістю газоутворювача ($\times 60$): а — 15 мас. ч H_2O_2 ; в — 3 мас. ч алюмінієвої пудри; г — 3,5 мас. ч алюмінієвої пудри

З фотографій видно, що за надмірної кількості газоутворювача (рис. 1а і в) відбувається велике газовиділення, що призводить до утворення порот в середині матеріалу і для таких зразків характерна неоднорідна великопориста структура. За використання оптимальної кількості газоутворювача — 3 мас. ч алюмінієвої пудри (рис. 1б), утворюється однорідна дрібнопориста структура зразків.

На пористу структуру ТІМ впливають також і наповнювачі, позаяк сприяють підвищенню в'язкості РСК в результаті її гелеутворення. Для отримання однорідної дрібнопористої структури матеріалів необхідно щоби швидкість гелеутворення РСК була дещо вище швидкості виділення газу, тому кількість в'язучого наповнювача необхідно визначати з урахуванням цієї вимоги.

З даних таблиці видно, що максимальна кількість наповнювача у складі в'язучого призводить до утворення крупнопористої неоднорідної структури матеріалу, величини поперечного діаметра пор і ступеня неоднорідності структури складають 0,93 мм і 14 %, відповідно, з використанням алебаstrу — 0,85 мм і 20,1 % — з цементом. Усі значення коефіцієнта форми осередків менше одиниці, отже, пори витягнуті в напрямі, паралельному спінюванню. У разі використання цементу форма пор переважно овальна, оскільки значення коефіцієнта ближче до 1 (0,8...0,88), а з алебаstrом — полідрична ($K = 0,6...0,7$), а це говорить про меншу міцність таких зразків. Найменші показники поперечного діаметра пор і ступеня неоднорідності структури має матеріал з комбінуванням алебаstrу з цементом і складають вони відповідно 0,63 мм і 10,1 %. Такий матеріал має рівномірну дрібнопористу структуру з переважанням закритої пористості та осередків овальної форми ($K = 0,8$), які відрізняються достатньо високою міцністю. Фотографії макроструктури ТІМ з різною кількістю наповнювача показані на рис 2.

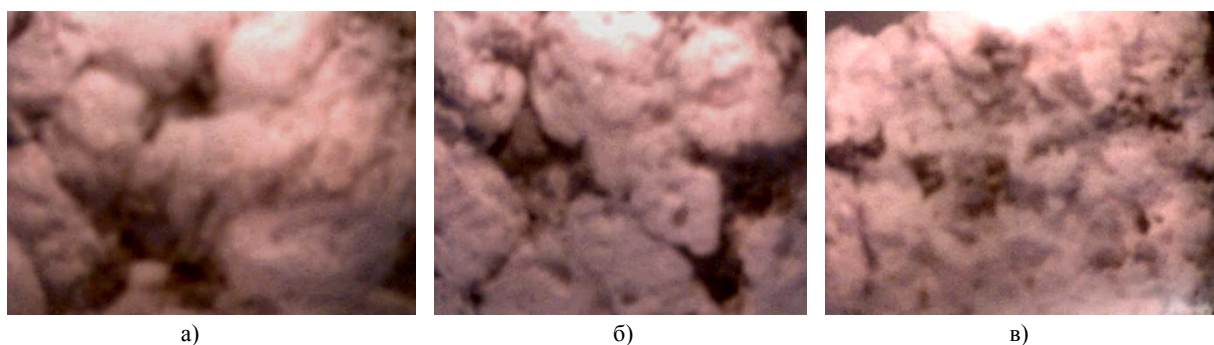


Рис. 2. Пориста структура композиційного теплоізоляційного матеріалу з різною кількістю наповнювача ($\times 60$): а — 20 мас.ч цементу; б — 5 мас.ч цементу; в — 5 мас. ч алебаstrу + 15 мас. ч цементу

За надмірної кількості наповнювача, в'язкість РСК істотно зростає, і швидкість гелеутворення буде вища за швидкість виділення газу, внаслідок чого композиція, що спінується, недостатньо збільшиться в об'ємі, при цьому структура матеріалу буде неоднорідною та мати включення не спіненого в'язучого (рис. 2а). У разі недостатньої кількості наповнювача до моменту досягнення межі насичення швидкість виділення газу дуже велика, а в'язкість РСК низька, в результаті чого спінений матеріал обпадає в результаті розриву стінок пор, а структура матеріалу буде неоднорідною та мати наскрізні порожнечі (рис. 2б). Комбінування алебаstrу з цементом призводить до встановлення необхідної в'язкості РСК до того, як швидкість виділення газу стане незначною. За цих умов в порах встановлюється тиск, що попереджує їх обпадання, і водночас деформованість

рідкоскляної матриці знижується достатньою мірою, щоб забезпечувати стабільність пор (рис. 2в).

Значний вплив на пористу структуру ТІМ мають і ПАР, які знижують поверхневий натяг в стінках пор, що сприяє їх зростанню і стабілізації до моменту затвердіння системи. Для кожного виду композиції існує оптимальна концентрація ПАР, нижче якої вплив ПАР незначний, а вище — призводить до появи пластифікуючого ефекту, внаслідок чого порушується синхронність швидкостей спінування і затвердіння РСК. Фотографії макроструктури ТІМ з різною кількістю ПАР показані на рис 3.

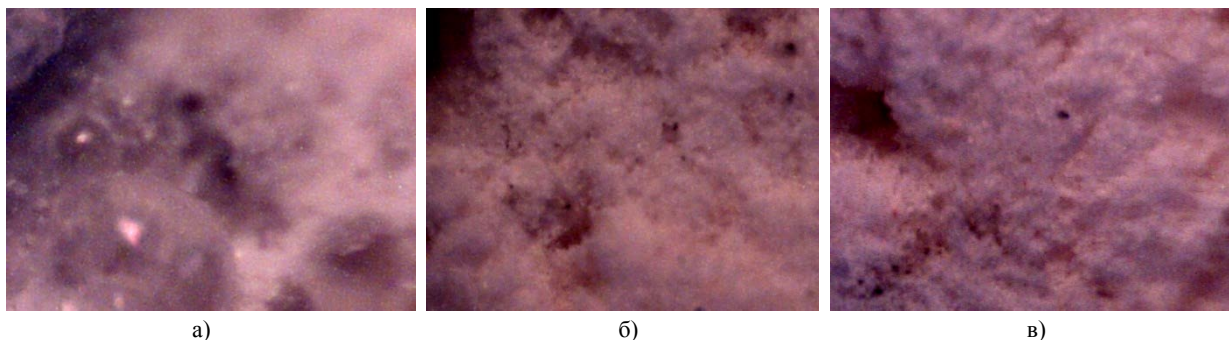


Рис. 3. Пориста структура композиційного теплоізоляційного матеріалу з різною кількістю ПАР ($\times 60$):
а — 2 мас. ч ОП-10; б — 2 мас.ч ПВАД; в — 1 мас. ч ОП-10

Як видно з даних таблиці, найбільший діаметр пор спостерігається як за відсутності ПАР (0,99 мм), так і за надлишку ПАР, наприклад з 2 мас. ч ПВАД він складає 1,13 мм. Такі матеріали характеризується неоднорідною великопористою структурою (ступінь неоднорідності складає 29,2 і 25,7 % відповідно), це видно і на фото структури матеріалу (рис. 3а). Введення ПАР у кількості 0,5 мас. ч дозволяє зменшити поперечний діаметр пор і ступінь неоднорідності структури, тобто сприяє утворенню однорідної дрібнопористої структури за рахунок рівномірного зростання піни.

Кращим піностабілізатором є ОП-10 у кількості 1 мас. ч. Отриманий в його присутності ТІМ має рівномірнішу дрібнопористу структуру (поперечний діаметр пор і ступінь неоднорідності структури складають відповідно до 0,63 мм і 10,1%), ніж зразки з використанням ПВАД (за 1 мас. ч поперечний діаметр пор і ступінь неоднорідності структури складають відповідно до 0,93 мм і 22,4 %). У разі використання ОП-10 форма пор переважно овальна, тільки за використання великої кількості ПАР (понад 1 мас. ч), оскільки значення коефіцієнта форми пор тільки в цьому випадку наближається до 1 ($K = 0,8$). За використання меншої кількості ОП-10 ($K = 0,4 \dots 0,6$) форма пор буде поліедричною. Також поліедричну форму будуть мати пори у матеріалі з використанням ПВАД, оскільки значення коефіцієнта форми пор знаходиться в межах 0,3...0,4, що говорить про меншу стабілізуючу здатність ПВАД.

Висока стабілізуюча здатність ОП-10 зумовлена тим, що його молекули у вигляді спіралей поліетиленоксиду із зануреними в полярну фазу кінцевими поліетиленоксидними фрагментами розташовуються на межі розділу фаз. У разі збільшення поверхні спіралі розпрямляються, причому, зберігається міжмолекулярна взаємодія, що забезпечує достатню міцність поверхневого шару. Необхідна міцність поверхневого шару досягається в присутності на межі розділу фаз взаємоз'язаних оксіетиленових фрагментів, причому цей ефект посилюється зі збільшенням вмісту в композиції ОП-10. Це підтверджується впорядкуванням структури матеріалу зі збільшенням кількості ОП-10 (рис. 3в). ПВАД є гіршим піностабілізатором, оскільки вона не забезпечує збереження міжмолекулярної взаємодії зі збільшенням поверхні, внаслідок чого різко підвищується вірогідність розриву стінок пор і утворення дефектів структури при спінуванні композиції. Тільки у разі збільшення вмісту до 2 мас. ч ПВАД спостерігається упорядкування структури матеріалу (рис. 3б).

Висновки

Проведені дослідження структури композиційних ТІМ холодного спінування в залежності від компонентного складу рідкоскляної композиції для омонолічування гранульованого наповнювача дозволили визначити оптимальну рецептуру для виготовлення таких матеріалів, яка складається з: 100 мас. ч РС, 15 мас. ч цементу та 5 мас. ч алебастру, 3 мас. ч алюмінієвої пудри, 1 мас. ч ОП-10. Такий склад РСК задовольняє основній вимозі отримання спіненних матеріалів, щоби виникнення активних центрів відбувалося в мить, коли диспергування газу в матриці РСК досягає межі (наси-

чення), завдяки чому досягається однорідна дрібнопориста структура ТІМ (діаметр пор — 0,63 мм, ступінь неоднорідності — 10,1 %, загальна пористість зразків, 82,6 %, з яких доля закритих пор — 37,2 %). Утворення рівномірної пористої структури теплоізоляційних матеріалів забезпечує низькі показники їх теплопровідності і високу міцність, що дозволяє ефективно їх використовувати для теплоізоляції різних споруд.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] М. Ю. Иванов, «Энергоэффективные утеплители в строительстве,» *Труды Братского государственного университета, серия: Естественные и инженерные науки*, т. 3, с. 161-166, 2012.
- [2] Т. Н. Радина, и М. Ю. Иванов, «Использование техногенных промышленных отходов для производства эффективных строительных материалов как способ охраны окружающей среды,» *Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В. Г. Шухова*, № 8, с. 261-262, 2004.
- [3] Л. П. Зарубина, *Теплоизоляция зданий и сооружений*, 2-е изд. СПб., Россия: БХВ-Петербург, 2012, 416 с.
- [4] Н. И. Малявский, «Щелочно-силикатный утеплитель. Свойства и химические основы производства,» *Российский химический журнал*, т. 4, с. 39-45, 2003.
- [5] СТБ 1338, *Пенопласты жесткие полиуретановые и полиизоциануратные*, 2002.
- [6] Н. Г. Шплет, *Требования к пенопластам, применяемым в качестве теплоизоляции строительных конструкций*. Л.: Полимерные материалы в гражданском строительстве на Крайнем Севере, 1983, С. 89-92.

Рекомендована кафедрою галузевого машинобудування ВНТУ

Стаття надійшла до редакції 25.03.2020

Рymar Тетяна Ернстівна — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри хімічної інженерії та екології, e-mail: rymartatyana1975@gmail.com .

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, м. Северодонецьк

T. E. Rymar¹

Investigation of the Structure Composite Insulation Cold Foamed Materials

¹Volodymyr Dahl East Ukrainian National University, Severodonetsk

In the work the regularities of influence of components of liquid-glass composition on the formation of porous structure of composite thermal insulating materials, which include granulated blown liquid glass and binder, which is foamed with the help of gas-forming agent at ambient temperature, are investigated. The obligatory components of the binder are, apart from liquid glass, gas-forming agents, a surface-active substance and an active additive. As active additives in the production of these materials were used binder fillers alabaster and cement, which bind an excessive amount of water contained in the liquid glass in its crystal lattice and allow to increase the strength of insulation materials. Hydrogen peroxide and aluminium powder were used as gas-forming agents, which are easily dispersible in liquid glass. The formation of resistant foams is facilitated not only by the introduction of surfactants, but also by the use of polymer additives, which increase the viscosity of the system and mechanical strength of the foam, therefore OP-10 and polyvinyl acetate dispersion, which have good compatibility with liquid glass, were chosen as foam stabilizers.

The structure of insulating materials was studied by means of electronic microscopy. As a result of the study, depending on the type and quantity of binder components, the following parameters of the structure of foamed materials were determined: transverse pore diameter, pore shape coefficient, the degree of inhomogeneity of the material structure, as well as its total porosity and volume content of closed pores. The conducted researches allowed to determine the optimal binder formulation for the production of these materials, which meets the main requirement — the occurrence of active centers should occur at the moment when gas dispersion in the matrix (liquid—glass composition) reaches the limit (saturation), thus achieving a homogeneous fine-pore material structure. The formation of uniform porous structure of thermal insulation materials provides low rates of their thermal conductivity and high strength, which allows their effective use for thermal insulation of various structures.

Keywords: structure of insulating materials, liquid glass, gas-forming agents, surface-active substance, active additive, fillers.

Rymar Tetiana E. — Cand. Sc. (Eng.), Associate Professor, Associate Professor the Chair of Chemical Engineering and Ecology, e-mail: rymartatyana1975@gmail.com

Исследование структуры композиционных теплоизоляционных материалов холодного вспенивания

¹Восточноукраинский национальный университет имени Владимира Даля, Северодонецк

Исследованы закономерности влияния компонентов жидкостекольной композиции на формирование пористой структуры композиционных теплоизоляционных материалов, которые включают гранулированное вспученное жидкое стекло и связующее, которое вспенивается с помощью газообразователя при температуре окружающей среды. Обязательными компонентами связующего являются, кроме жидкого стекла, газообразователь, поверхностно-активное вещество и активная добавка. Как активные добавки при производстве данных материалов использованы вяжущие наполнители алебастр и цемент, которые связывают чрезмерное количество воды, содержащейся в жидком стекле, в своей кристаллической решетке и позволяют повысить прочность теплоизоляционных материалов. В качестве газообразующих агентов использованы пероксид водорода и алюминиевая пудра, которые легко диспергируются в жидком стекле. Образованию стойких пен способствует не только введение поверхностно-активных веществ, но и использование полимерных добавок, которые повышают вязкость системы и механическую прочность пены, потому в качестве пеностабилизаторов были выбраны ОП-10 и поливинилацетатная дисперсия, имеющие хорошую совместимость с жидким стеклом.

Исследование структуры теплоизоляционных материалов проводилось путем электронной микроскопии. В результате исследования в зависимости от вида и количества компонентов связующего определены следующие параметры структуры вспененных материалов: поперечный диаметр пор, коэффициент формы пор, степень неоднородности структуры материала, а также его общая пористость и объемное содержание закрытых пор. Проведенные исследования позволили определить оптимальную рецептуру связующего для изготовления этих материалов, удовлетворяющую основному требованию — возникновение активных центров должно происходить в момент, когда диспергирование газа в матрице (жидкостекольной композиции) достигает предела (насыщение), благодаря чему образуется однородная мелкопористая структура материала. Образование равномерной пористой структуры теплоизоляционных материалов обеспечивает низкие показатели их теплопроводности и высокую прочность, что позволяет эффективно их использовать для теплоизоляции разных сооружений.

Ключевые слова: структура теплоизоляционных материалов, жидкое стекло, газообразующий агент, поверхностно-активное вещество, активная добавка, наполнитель.

Рымар Татьяна Эрнстовна — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры химической инженерии и экологии, e-mail: rymartatyuana1975@gmail.com