

РОЗДІЛ 2

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ДІАГНОСТИКА РОБОТИ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ І КОНСТРУКЦІЙ

УДК 614.841.3

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ МІНЕРАЛІЗУВАЛЬНИХ ДОДАТКІВ НА ВЛАСТИВОСТІ СИЛІЦІЙОРГАНІЧНИХ КОМПОЗИЦІЙ

В. Артеменко, к. т. н.

Львівський національний аграрний університет,

Р. Яковчук, к. т. н.

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності,

Х. Демчина, к. т. н.

Національний університет «Львівська політехніка»

Постановка проблеми. Враховуючи недостатню довговічність бетону та виробів на його основі, пов'язану з деструктивними процесами в поверхневих шарах за експлуатації та дії вогню, доцільний захист їх поверхні від впливу агресивних факторів нанесенням покриттів. Покриття на основі силікатних матеріалів доцільно використовувати для захисту конструкційних матеріалів різної хімічної природи від високотемпературної корозії [1].

Підбір раціонального складу вихідних композицій для вогнезахисних покриттів та можливість регулювання їх структури і фазового складу дають змогу підвищити ефективність їх захисту за значних термічних навантажень, і є актуальним науковим дослідженням [2].

Використання відомих складів покриттів неефективне через велику різницю температурного коефіцієнта лінійного розширення (ТКЛР). Відповідно, вогнезахисне покриття має мати такий склад, який забезпечив би значення ТКЛР, близьке до ТКЛР-бетону. Отже, технологічно найприйнятнішою кристалічною фазою у складі таких покриттів може бути кордієрит [3].

Враховуючи те, що покриття для захисту бетонних конструкцій повинно мати низьке значення ТКЛР, його фазовий склад практично має бути кордієритовим. Синтезувати в матеріалі покриття кордієритову фазу можна використовуючи як вихідні компоненти магній, алюміній та силіцію оксиди [4].

Дослідження композицій з участю MgO, який забезпечував би утворення кордієриту у складах покриттів, практично відсутні, тому актуальним є питання вивчення особливостей взаємодії в системі MgO – Al₂O₃ – SiO₂ за участю силіційорганічної складової.

Постановка завдання. Надійність тривалої експлуатації вогнезахисних покриттів значною мірою залежить від взаємодії покриття з підкладом, яка характеризується силою адгезійного зчеплення. Під час формування покриття

відбуваються такі процеси: змочування і розтікання суспензії; утворення площі контакту між двома фазами; утворення адгезійного зв'язку. На межі розділу покриття і підкладу можуть відбуватися фізико-хімічні процеси, які впливають на величину адгезійної міцності.

Для підвищення адгезійної міцності можна проводити модифікацію (зміну хімічного складу) покриття або підкладу, внаслідок чого з'являтимуться функціональні групи, здатні до інтенсивнішої взаємодії. Крім того, фізико-хімічні процеси ініціюються з підвищенням температури і залежать від часу контакту покриття з поверхнею підкладу [5].

Виклад основного матеріалу. Для дослідження впливу мінералізувальних додатків на властивості силіційорганічних композицій готували композиції вогнезахисної речовини з мінералізувальними додатками за технологією, описаною у [3]. Як мінералізувальні добавки використовували B_2O_3 , Cr_2O_3 , TiO_2 , MnO_2 , ZrO_2 .

Для визначення лінійних характеристик матеріалу композиції в процесі нагрівання були підготовлені зразки у формі паралелепіпеда з розмірами $65 \times 30 \times 10$ мм. Відформовані зразки випалювали за температури 473 К. У зв'язку з тим, що матеріал композиції до цієї температури перебував у пастоподібному стані, була необхідна попередня термообробка.

Лінійне зсідання зразків композицій визначали за формулою:

$$L = [(l_0 - l_1) / l_0] \cdot 100\%,$$

де l_0 – відстань між мітками перед термообробкою, мм; l_1 – відстань між мітками після термообробки, мм.

За результатами вимірювань і розрахунків була побудована крива лінійного зсідання дослідних композицій за нагрівання (рис. 1).

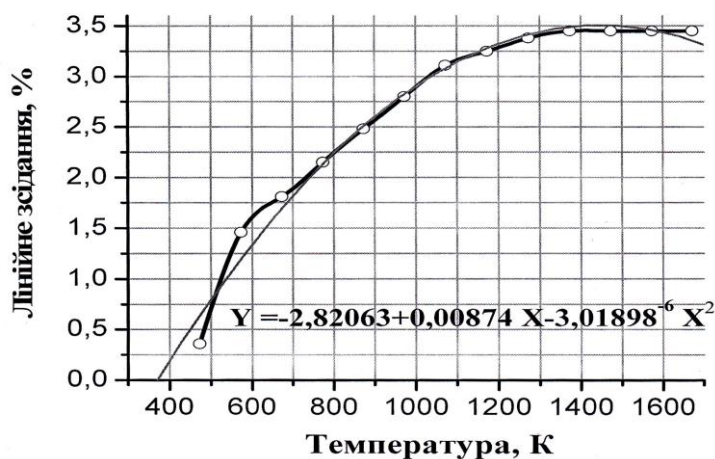


Рис. 1. Крива лінійного зсідання дослідних композицій за нагрівання

Під час нагрівання наповнених силіційорганічних композицій понад 573 К відбуваються процеси термоокисної деструкції полімеру, які супроводжуються зсіданням матеріалу, і найбільші значення лінійного зсідання фіксуються в інтервалі температур 573–1073 К (див. рис. 1).

Призупинення процесів лінійного зсідання зразків композиції в інтервалі температур 1273–1623 К свідчить про завершення процесів спікання в матеріалі (див. рис. 1). Лінійне зсідання композицій у цьому температурному інтервалі характеризується стабільністю та невисокими цифровими значеннями.

Як видно з графічної залежності лінійного зсідання від температури, для обраного складу значення становить не більше ніж 4 %, що дає змогу матеріал назвати малозсідальним, оскільки він має стабільні лінійні характеристики у процесі випалювання. Відповідно, використовуючи ці композиції, можна створити покриття для захисту бетонних виробів, які будуть експлуатуватися в широкому інтервалі температур.

Переважаючим фактором, що визначає стійкість кераміки до термоудару, є ТКЛР, і що нижчі його показники, то менша ймовірність виникнення термічних напружень за різких перепадів температур. ТКЛР кераміки залежить від її фазового складу, виду і кількості цементувальної склоподібної фази.

Температурні залежності відносного видовження зразків композицій вимірювали у повітряному середовищі на автоматичному кварцовому дилатометрі ДКВ-5А в інтервалі температур 293–1098 К. Стандартна довжина зразків з матеріалу композицій, попередньо термооброблених за 1623 К, становила 50 мм за поперечного перерізу 5×5 мм.

Після проведення вимірювання температурних залежностей відносного видовження зразків було побудовано дилатометричні криві розширення дослідних композицій (рис. 2).

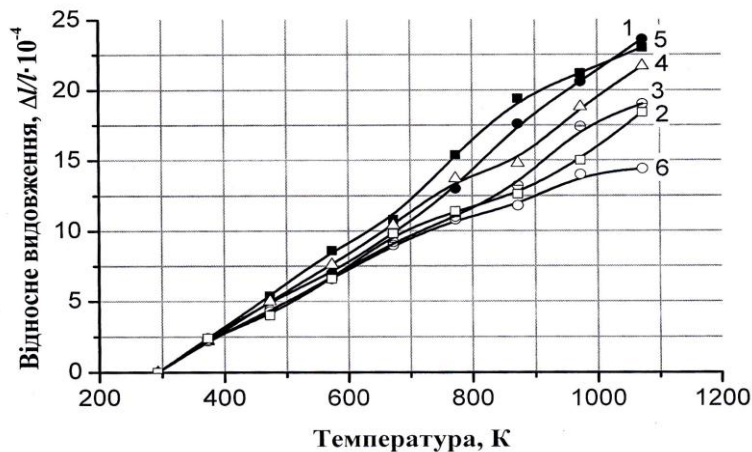


Рис. 2. Криві дилатометричного розширення дослідних композицій після випалювання за 1623 К: 1 – композиція складу 3; 2 – склад 3 з дод. TiO_2 ; 3 – склад 3 з дод. MnO_2 ; 4 – склад 3 з дод. ZrO_2 ; 5 – склад 3 з дод. Cr_2O_3 ; 6 – склад 3 з дод. V_2O_3

На основі дилатометричних кривих розширення були розраховані значення температурного коефіцієнта лінійного розширення композицій в інтервалах температур за формулою:

$$\alpha_{t_1-t_2} = [(n_2 - n_1)] / (t_2 - t_1) \cdot l_1 + \alpha_{t_2-t_1}^{кв},$$

де n_1, n_2 – видовження зразка за температури t_1 і t_2 ; l_1 – довжина зразка за температури t_1 , мм; $\alpha_{t_2-t_1}^{кв}$ – температурний коефіцієнт лінійного розширення кварцового скла в температурному інтервалі $t_1 - t_2$.

Результати розрахунків температурного коефіцієнта лінійного розширення композицій в інтервалах температур наведені в таблиці.

Із отриманих розрахункових даних видно (див. табл.), що значення температурного коефіцієнта лінійного розширення композицій з мінералізувальними додатками є меншими ніж для композиції без додатків.

Таблиця

ТКЛР дослідних композицій

№ з/п	Склад композиції	ТКЛР $\alpha_{293-873}$ $10^6 \cdot K^{-1}$
1	KO-08-MgO-Al ₂ O ₃ -SiO ₂	3,37
2	KO-08-MgO-Al ₂ O ₃ -SiO ₂ -TiO ₂	2,29
3	KO-08-MgO-Al ₂ O ₃ -SiO ₂ -MnO ₂	2,19
4	KO-08-MgO-Al ₂ O ₃ -SiO ₂ -ZrO ₂	2,57
5	KO-08-MgO-Al ₂ O ₃ -SiO ₂ -Cr ₂ O ₃	3,06
6	KO-08-MgO-Al ₂ O ₃ -SiO ₂ -B ₂ O ₃	2,05

Отже, регулювання фазового складу введенням мінералізувальних додатків призводить до створення матеріалів з прогнозованим значенням температурного коефіцієнта лінійного розширення.

Покращання властивостей конструкційних матеріалів потребує вирішення складних завдань антикорозійного захисту в широкому інтервалі температур. Ефективність захисної дії покриттів визначається процесами фазоутворення під час нагрівання і хімічною стійкістю їх до хімічно активних реагентів [5].

Під хімічною стійкістю керамічного матеріалу розуміють його спроможність протистояти руйнівній дії агресивних середовищ. Хімічна стійкість керамічних матеріалів визначається природою основної кристалічної фази і захисною дією плівки, що утворилася на кристалічній і склоподібній фазах.

Пористі матеріали швидше піддаються руйнуванню під дією напружень, які виникають. Останні пов'язані з утворенням і кристалізацією нових сполук у порях виробу, які, розширюючись в об'ємі у процесі кристалізації, руйнують їх.

Лугостійкість визначали за формулою: $L = (m_1 / m_0) \cdot 100 \%$ де m_0, m_1 – маса приросту до і після дослідження.

На основі проведених розрахунків були побудовані графічні залежності лугостійкості матеріалу композицій від температури (рис. 3).

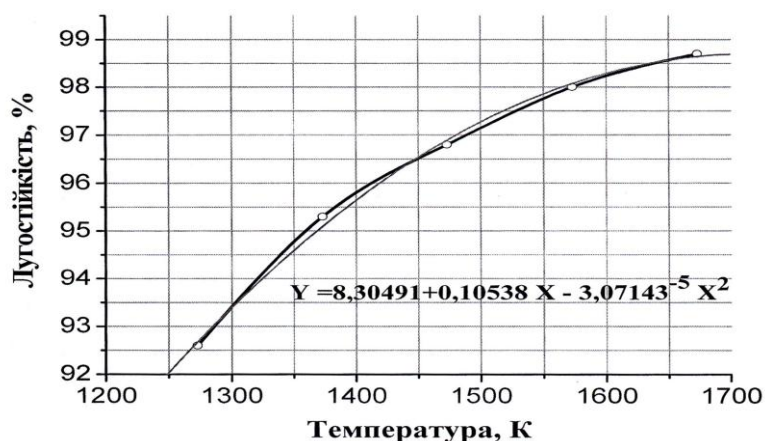


Рис. 3. Вплив температури випалювання на лугостійкість дослідних композицій

Як видно з рис. 3, збільшення температури випалювання супроводжується значним зростанням лугостійкості в інтервалі температур 1473–1673 К, що можна пояснити процесами кристалізації кордієритової фази, яка характеризується високою лугостійкістю. Інтервалу температур інтенсивного утворення високо-температурних кристалічних фаз відповідає зростання кривої лугостійкості (див. рис. 3). Вказаний характер лугостійкості композицій слугує основою для встановлення граничної температури закріплення покриттів на підкладах, яка, як видно з графіка, повинна бути не нижчою за 1573 К. З позиції впливу мінералізувальних додатків на значення лугостійкості виявлено, що всі вони забезпечують підвищення цього показника. Суттєвої різниці в характері графічних залежностей лугостійкості композицій із вмістом мінералізувальних додатків помічено не було, тому ця залежність подана однією кривою з довільним інтервалом значень.

Висновки. Мінералізувальні добавки MnO_2 , V_2O_5 , TiO_2 сприяють утворенню максимального вмісту кордієритової α -фази в матеріалі композиції, яка має низькі значення ТКЛР. Регулювання фазового складу введенням мінералізувальних додатків призводить до створення вогнезахисного матеріалу з прогнозованим значенням температурного коефіцієнта лінійного розширення, адгезійної міцності та термостійкості вогнезахисної композиції. Встановлено, що введення додатків забезпечує підвищення адгезійної міцності, найвищі показники якої зафіксовано для складів із вмістом V_2O_5 та TiO_2 . При цьому відбувається зміщення процесу термоокиснювальної деструкції поліметилфенілсилоксану у сферу вищих температур.

Бібліографічний список

1. Гивлюд М. М. Високотемпературні захисні покриття поверхонь металів на основі наповнених поліалюмосилоксанів / М. М. Гивлюд, В. В. Артеменко // Пожежна безпека : зб. наук. пр. – Львів, 2009. – № 15. – С. 46-50.
2. Підвищення межі вогнестійкості металевих конструкцій вогнезахисними речовинами / В. В. Артеменко, Р. С. Яковчук, А. І. Харчук, О. В. Міллер // Науковий вісник

Національного лісотехнічного університету України : зб. наук.-техн. пр. – Львів : РВВ НЛТУ України. – 2015. – Вип. 25.5. – С. 178–183.

3. Яковчук Р. С. Кордієритові вогнетривкі захисні покриття для бетонних конструкцій / Р. С. Яковчук, Р. В. Пархоменко, Я. Й. Коцій // Пожежна безпека : зб. наук. пр. – Львів : ЛДУ БЖД, УкрНДІПБ МНС України, 2012. – № 21. – С. 195–200.

4. Гивлюд М. М. Керамічні кордієритвмісні високотемпературні захисні покриття / М. М. Гивлюд, О. М. Вахула, Н. І. Топилко // Хімія, технологія речовин та їх застосування : Вісник Національного університету «Львівська політехніка». – 2005. – № 536. – С. 234–236.

5. Дослідження впливу мінералізуючих компонентів на температурну залежність адгезійної міцності вогнезахисного покриття / Р. С. Яковчук, Р. Б. Веселівський, А. П. Половко, О. О. Василенко // Пожежна безпека : зб. наук. пр. – Львів : ЛДУ БЖД, УрНДІПБ ДСНС України, 2014. – № 25. – С. 109–114.

Артеменко В., Яковчук Р., Демчина Х. Дослідження впливу мінералізуювальних додатків на властивості силіційорганічних композицій

Розглянуто питання формування вогнезахисного покриття на бетонній поверхні та основні фізико-хімічні процеси утворення адгезійної міцності на межі покриття – підклад. Досліджено вплив мінералізуювальних додатків на властивості розроблених силіційорганічних композицій. Як мінералізуювальні добавки використано V_2O_5 , Cr_2O_3 , TiO_2 , MnO_2 , ZrO_2 .

Визначено лінійні характеристики матеріалу композиції у процесі нагрівання, а також за результатами вимірювань і розрахунків побудовано криву лінійного зсідання дослідних композицій у разі нагрівання. На основі дилатометричних кривих розширення були розраховані значення температурного коефіцієнта лінійного розширення композицій у заданих інтервалах температур.

Встановлено, що значення температурного коефіцієнта лінійного розширення композицій з мінералізуювальними додатками менші ніж для композиції без додатків. Введення додатків забезпечує підвищення адгезійної міцності, найвищі показники якої зафіксовано для складів із вмістом V_2O_5 та TiO_2 .

Ключові слова: вогнезахист, вогнезахисна речовина, захисний шар, температурний коефіцієнт лінійного розширення, адгезійна міцність, мінералізуювальні добавки, силіційорганічні композиції.

Artemenko V., Yakovchuk R., Demchina Kh. Research on the impact of mineralizing additives on the properties of siliciorganic compositions

The issue of formation of fire protection on the concrete surface and the basic physical and chemical processes of the formation of adhesive strength on the boundary of the coating – lining is considered. The influence of mineralization applications on the properties of siliconorganic compositions developed is investigated. V_2O_5 , Cr_2O_3 , TiO_2 , MnO_2 , ZrO_2 are used as mineralizing additives.

The linear characteristics of the composition of the material in the process of heating were determined, as well as the results of measurements and calculations, the curve of linear composition of the experimental compositions during heating was constructed. On the basis of dilatometric expansion curves, the values of the temperature

coefficient of linear expansion of compositions in the given temperature intervals were calculated.

It has been established that the value of the temperature coefficient of linear expansion of compositions with mineralization applications is less than for a composition without additives. The introduction of applications provides an increase in adhesion strength, the highest values of which are recorded for formulations containing B_2O_3 and TiO_2 .

Key words: flame retardant, flame retardant, protective layer. Temperature coefficient of linear expansion, adhesion strength, mineralizing additives, silicone organic compositions.

Артеменко В., Яковчук Р., Демчина Х. Исследование влияния минерализующих добавок на свойства силицийорганических композиций

Рассмотрены вопросы формирования огнезащитного покрытия на бетонной поверхности и основные физико-химические процессы образования адгезионной прочности на грани покрытия – подклад. Исследовано влияние минерализующих добавок на свойства разработанных силицийорганических композиций. В качестве минерализующих приложений использовано B_2O_3 , Cr_2O_3 , TiO_2 , MnO_2 , ZrO_2 .

Определены линейные характеристики материала композиции в процессе нагрева, а также по результатам измерений и расчетов построено кривую линейного свертывания исследовательских композиций при нагревании. На основе дилатометрических кривых расширения были рассчитаны значения температурного коэффициента линейного расширения композиций в заданных интервалах температур.

Установлено, что значение температурного коэффициента линейного расширения композиций с минерализующими приложениями является меньше, чем для композиции без приложений. Введение приложений обеспечивает повышение адгезионной прочности, высокие показатели которой зафиксировано для складов с содержанием B_2O_3 и TiO_2 .

Ключевые слова: огнезащита, огнезащитное вещество, защитный слой, температурный коэффициент линейного расширения, адгезионная прочность, минерализующие добавки, силицийорганические композиции.

Стаття надійшла 26.06.2017.

УДК 624. 012

УТВОРЕННЯ І РОЗКРИТТЯ ПОХИЛИХ ТРІЩИН КОМБІНОВАНО АРМОВАНИХ СТАЛЕФІБРОБЕТОННИХ ЗГІНАЛЬНИХ ЕЛЕМЕНТІВ

В. Білозір, к. т. н.

Львівський національний аграрний університет

Постановка проблеми. Експериментально-теоретичні дослідження [1] показали, що фіброве армування позитивно впливає на тріщиностійкість похилих