

*Ю.В. Гуцуляк, канд. техн. наук, доцент,  
В.В. Артеменко, канд. техн. наук, С.Я. Вовк, канд. техн. наук  
(Львівський державний університет безпеки життєдіяльності)*

## **ВОГНЕЗАХИСНІ РЕЧОВИНИ НА ОСНОВІ НАПОВНЕНИХ ПОЛІАЛЮМОСИЛОКСАНІВ ДЛЯ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ**

Будівельні конструкції і вироби в умовах дії вогню та високих температур, втрачають свої експлуатаційні властивості та з часом руйнуються. Використання захисних покриттів на основі органосилікатних композицій, які при нагріванні переходять у керамічний матеріал, дає змогу значно розширити температурний інтервал експлуатації будівельних конструкцій. Із врахуванням механізму структурування системи поліалюмосилоксановий лак КО-978 - мінеральні наповнювачі розроблено вогне- та температуростійкі органосилікатні захисні покриття для металевих будівельних конструкцій

**Ключові слова:** будівельні конструкції, вогнезахист, вогнезахисні речовини, адгезійна міцність, вогнестійкість.

**Вступ.** В найближчі десятиріччя розвиток будівництва потребуватиме подальшого покращення якості будівельних конструкцій, особливо захисту їх від дії високих температур та вогню. Цього можна досягнути раціональним вибором компонентного складу покриттів, а також модифікуванням їх поверхні. Відбувається корінна зміна поглядів на проблему довговічності та експлуатаційної надійності металів, деревини, бетонів з різного виду в'язучих, які можуть працювати в умовах підвищених температур та дії вогню [1, 2].

Головним чинником, який впливає на будівельні конструкції під час пожежі, є висока температура, внаслідок чого вони втрачають несучу здатність і руйнуються. Високі температури та механічні навантаження призводять до виникнення у конструкціях деформацій теплового розширення та повзучості. На довговічність будівельних конструкцій при дії високих температур та вогню істотно впливає фазовий склад, вид в'язучого і наповнювача внаслідок різниці термомеханічних властивостей. Напруження, які виникають у матеріалі внаслідок температурного градієнта під час нагрівання можуть привести до його руйнування. Вид армуючого компонента суттєво впливає на поведінку будівельних конструкцій під час нагрівання.

**Постановка проблеми.** Будівельні конструкції і вироби в умовах дії вогню та високих температур втрачають свої експлуатаційні властивості та з часом руйнуються. Використання захисних покриттів на основі органосилікатних композицій, які при нагріванні переходять у керамічний матеріал, дає змогу значно розширити температурний інтервал експлуатації будівельних конструкцій. Розроблення складів таких покриттів ґрунтується на використанні зв'язки і наповнювача з високою температуростійкістю, які при нагріванні взаємодіють між собою та утворюють кераміко-матричний композиційний матеріал, який не окиснюється та стійкий до дії вогню. Тому важливим завданням сьогодення є створення високоякісних захисних покриттів з комплексом заданих властивостей для забезпечення надійної експлуатації конструкцій за дії високих температур та вогню.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Вибір конструкційних матеріалів, які працюють в умовах високих температур та дії вогню, залежить від запроєктованого терміну експлуатації. В інтервалі температур 573-773 К використовують термостійкі сталі і сплави, вище від 823 К- сплави на основі Ti, Ni, Cr, Co, W і Fe. Підвищити стійкість до дії високих температур і вогню можна нанесенням на поверхні будівельних конструкцій захисного покриття [3]. На основі коригування співвідношення зв'язки, з одного боку, і температуро- та вогнестійких фаз, з іншого, створені покриття бар'єрного типу, практично унеможливають доступ кисню до поверхні матеріалу [4].

Фізико-механічні властивості органосилікатних матеріалів зумовлені термодинамічною стабільністю силоксанового зв'язку (Si-O). Для вогнезахисту металевих конструкцій застосовують поліорганосилоксани, які поєднують термостабільність та хімічну інертність силіцій-кисневого каркасу з високими фізико-механічними властивостями [5].

**Мета і завдання досліджень** полягають у встановленні можливості використання в якості температуро- і вогнезахисних покриттів для металевих будівельних конструкцій наповнених поліалюмосилоксанів з мінеральними наповнювачами.

**Об'єкти і методи досліджень.** В якості зв'язки використовували поліалюмосилоксановий лак КО-978, наповнювачем – алюмінію, цирконію (IV) оксиди, каолін, а армуючим компонентом-алюмосилікатні волокна.

Дослідження проводили за стандартними методами фізико-хімічного аналізу (рентгенофазовий, ІЧ-спектроскопії, комплексний термічний), а експлуатаційні властивості визначались згідно з вимогами стандартів.

**Результати досліджень.** Утворення первинної композиційної структури полягає в ініційованому механохімічному прививанні поліалюмосилоксанів до мінерального наповнювача із підвищенням фізико-механічних параметрів та теплостійкості.

Вихідні склади для захисних покриттів вибирали за умови одержання максимального вмісту температуростійких силікатів алюмінію і цирконію при дії високих температур. Склад вихідних композицій наведено у табл. 1.

**Таблиця 1**

*Склади вихідних композицій для захисних покриттів на основі наповненого поліалюмосилоксану (КО-978)*

№ з/п	Вміст КО-978 мас %	Вміст наповнювачів, мас. %			
		Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	ZrO <sub>2</sub>	Каолін	Каолінове волокно
1	20	40	5	30	5
2	30	30	17,5	19	3,5
3	40	20	28	10	2

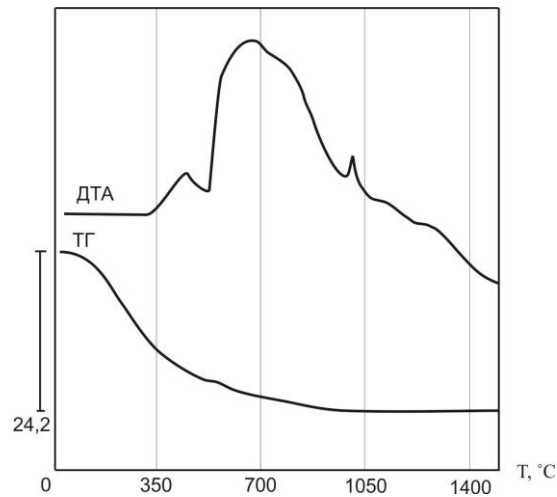
Суміщення оксидних наповнювачів із поліорганосилоксанами якнайповніше відбувається за механохімічного диспергування у кульових млинах і характеризується процесами фізичної адсорбції, руйнуванням кристалічної ґратки оксидів і прививанням полімеру до поверхні наповнювача.

Експериментально встановлено, що в процесі диспергування наповнювача у середовищі поліалюмосилоксану спостерігається істотна зміна ІЧ-спектрів. Необхідно особливо відмітити зменшення поглинання спектрів в цілому із збільшенням тривалості помолу, а отже процес диспергування наповнювача у розчині поліалюмосилоксану супроводжується не тільки руйнуванням його кристалічної ґратки, але й прививанням полімеру.

Збільшення часу диспергування композиції поліалюмосилоксан-наповнювач супроводжується також ростом кількості частинок розміром менше від 10 мкм. Найінтенсивніше цей процес проходить за вмісту зв'язки 30 мас.% і часу диспергування 150 год.

Початок першого екзотермічного ефекту і відповідну втрату маси відносять до деструкції поліалюмосилоксану, що обумовлено відривом металевих радикалів. Деструкція зв'язки завершується за температури 1083 К. Початок екзоэффекту за 1285 К відноситься до структурних перетворень в утвореному силіційкисневому каркасі і початку кристалізації мулітової фази, яка, очевидно, утворюється із високоактивних продуктів термоокисної деструкції поліалюмосилоксану. Екзоэффект з максимумом за 1393 К можна віднести до кристалізації муліту із алюмінію оксиду кремнезему, а за 1573 К - циркону.

В композиціях поліалюмосилоксан-наповнювач (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, ZrO<sub>2</sub>, каолінове волокно, каолін глуховецький) при нагріванні відбуваються аналогічні процеси з додатковим накладанням термічних ефектів глинистої складової (рис. 1). Встановлено, що в інтервалі температур 823-1173 К проходить дегідратація каоліну, який приводить до послаблення зв'язку між іонами у кристалічній ґратці каоліну. При подальшому нагріванні утвореного метакаолініту (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>·2 SiO<sub>2</sub>) з'являється гострий екзотермічний пік при 1253 К і в системі з'являються нові кристалічні фази, термодинамічно більш стійкі завдяки відношенню силоксанових зв'язків кристалічної ґратки, а саме – муліт.



**Рис. 1.** Термограма та крива втрати маси покриття на основі системи КО 978- $Al_2O_3-ZrO_2$ -каолін-каолінове волокно

Введення до складу композиції волокна при високих температурах призводить до інтенсивного утворення склоподібної фази.

Зразки оброблені запропонованим покриттям показали, що жаростійкість Ст. 3 і сплавів титану збільшилась у 4-11 разів залежно від температури нагрівання (873 – 1273 К).

Результати досліджень відображені в таблиці 2.

**Таблиця 2**

Результати розрахункових (згідно з ДСТУ-Н Б EN 1993-1-2:2010) та експериментальних значень вогнезахисної здатності вогнезахисних покриттів товщиною 0,6 мм для металевих пластин (згідно з ДСТУ Б. В. 1.1-4-98\* та ДСТУ-Н-П Б В.1.1-29:2010)

Зразки металевих пластин	Проміжок часу досягнення критичної температури (на 480 °С вище початкової), хв	
	Розрахунковим методом Сталь 09Г2С	Експериментальним методом Сталь 09Г2С
Без покриття	15	15
З покриттям ВЗР №1	34,5	36,5
З покриттям ВЗР №2	36,8	37,2
З покриттям ВЗР №3	40	36,9
З покриттям ВЗР №4	41	40,2
З покриттям ВЗР №5	42,5	40,3
З покриттям ВЗР №6	41,6	39,6
З покриттям ВЗР №7	43	41,4
З покриттям ВЗР №8	46	51
З покриттям ВЗР №9	45	41,6

Для збільшення довговічності металевих конструкцій під час експлуатації в умовах високих температур доцільно застосовувати вогнезахисні покриття, у яких захисний механізм ґрунтується на процесі спучування в умовах пожежі і утворенні на поверхні матеріалу жаростійкого шару.

Запропоноване покриття на основі поліалюмосилоксану має високу адгезійну міцність за кімнатної температури (5,3-5,8 МПа), а нагрівання в інтервалі температур 673-1273 К зменшує її значення на 15 – 20 %.

Використання захисних покриттів на основі наповнених поліалюмосилоксанів збільшує межу вогнестійкості незахищених металевих будівельних конструкцій з R 15 до R 45 для металевих будівельних конструкцій захищених розробленою вогнезахисною речовиною (склад №8). Найвищі показники вогнестійкості характерні для зразків захищених покриттями товщиною 0,6 мм (склад №8), що містять каолін, каолінове волокно та оксид титану.

**Висновок.** Експериментально встановлено підвищення фізико-механічних властивостей металевих конструкцій при дії високих температур завдяки запропонованим покриттям; межа вогнестійкості при цьому збільшується в 3 рази.

### Список літератури

1. ДСТУ Б.В. 1.1-4-98\*. Будівельні конструкції. Методи випробувань на вогнестійкість. Загальні вимоги.
2. Свидерский В.А., Ткач Н.А. Высокотемпературные кремнийорганические полифункциональные покрытия // Температуроустойчивые функциональные покрытия. – Тула, 2001. – С. 60-64.
3. Гивлюд М.М. Жаростійкі антикорозійні захисні покриття для конструкційних матеріалів / М.М. Гивлюд, В.А. Свидерський, Б.В. Федунь // Матер. III Міжн. конф. – Львів, 1996. – С. 182-184.
4. Гивлюд Н.Н. Способ улучшения качества композиционных защитных покрытий / Н.Н. Гивлюд, В.А. Свидерський // Новые технологии в химической промышленности. – Минск, 2002. – С. 99-101.
5. Гивлюд М. М. Високотемпературостійкі захисні покриття поверхонь металів на основі наповнених поліалюмосилоксанів / М. М. Гивлюд, В. В. Артеменко // Зб. наук. пр. – Л., 2009. – №15. – С. 46-50.
6. Процеси взаємодії між компонентами захисних покриттів на основі системи –  $Al_2O_3 - ZrO_2 - SiO_2$  / Ємченко І. В., Гивлюд М. М., Артеменко В. В., Передрій О. І. // Діагностика, довговічність та реконструкція мостів і будівельних конструкцій: Зб. наук. пр. – Л.: Каменярь, 2008. – Випуск 10. – С. 31-39.

*Ю.В. Гуцуляк, В.В. Артеменко, С.Я. Вовк.*

### ОГНЕЗАЩИТНЫЕ ВЕЩЕСТВА НА ОСНОВЕ НАПОЛНЕННЫХ ПОЛИАЛЮМОСИЛОКСАНОВ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Строительные конструкции и изделия в условиях действия огня и высоких температур, теряют свои эксплуатационные свойства и со временем разрушаются. Использование защитных покрытий на основе органосиликатных композиций, которые при нагревании переходят в керамический материал, дает возможность значительно расширить температурный интервал эксплуатации строительных конструкций. С учетом механизма структуризации системы полиалюмосилоксановый лак КО-978 – минеральные наполнители разработано огне- и температуроустойчивые защитные покрытия для металлических конструкций.

**Ключевые слова:** строительные конструкции, огнезащита, огнезащитные вещества, адгезионная прочность, огнестойкость.

**FIREPROOF MATTERS ARE ON BASIS OF GAP-FILLING POLIAL-  
YUMOSILOKSANIV FOR BUDIVL'NIKH OF CONSTRUCTIONS**

Build constructions and wares in the conditions of action of fire and high temperatures, lose the operating properties and collapse in course of time. The use of sheeting on the basis of organosilikatnikh compositions, which at heating pass to ceramic material, enables considerably to extend the temperature interval of exploitation of build constructions. Polyaluminosiloxane lacquer KO-978 – mineral fillings developed fire-proof and temperature resisting organosilicate protective covers for wood, metal, concrete constructions including system structuring mechanism.

**Keywords:** building construction, fire protection, fire-retardant materials, adhesive strength, fire resistance.

