

### **ПІДВИЩЕННЯ ВОГНЕСТІЙКОСТІ КОНСТРУКЦІЙ З АЛЮМІНІЄВИХ СПЛАВІВ**

Вогнезахист будівельних конструкцій відіграє важливу роль в системі забезпечення пожежної безпеки та призначений для підвищення фактичної межі вогнестійкості до нормативних показників. В статті досліджено вплив захисних покриттів на основі наповненого поліметилфенілсилоксану на підвищення вогнестійкості металевих будівельних конструкцій. Запропоновано склади вихідних композицій для підвищення ефективності вогнезахисту конструкцій з алюмінієвих сплавів, та дано оцінку ефективності вогнезахисту таких конструкцій розробленими складами вогнезахисних покриттів. Експериментально встановлено вплив товщини покриття на вогнезахисну здатність та структуру вогнезахисного шару, яка залежить від лінійного коефіцієнта спучення.

**Ключові слова:** вогнестійкість, захисне покриття, вогнестійкість, алюмінієві сплави.

*С.Я. Вовк*

### **ПОВЫШЕНИЕ ОГНЕСТОЙКОСТИ КОНСТРУКЦИЙ ИЗ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ**

Огнезащита строительных конструкций играет важную роль в системе обеспечения пожарной безопасности и предназначена для повышения фактического предела огнестойкости к нормативным значениям. В статье исследовано влияние защитных покрытий на основе наполненного полиметилфенилсилоксана на повышение огнестойкости металлических строительных конструкций. Предложены составы выходных композиций для повышения эффективности огнезащиты конструкций из алюминиевых сплавов, и дана оценка эффективности огнезащиты таких конструкций разработанными составами огнезащитных покрытий. Экспериментально установлено влияние толщины покрытия на огнезащитную способность и структуру огнезащитного слоя, которая зависит от линейного коэффициента вспучивания.

**Ключевые слова:** огнестойкость, защитное покрытие, огнестойкость, алюминиевые сплавы.

*S.Ya. Vovk*

### **IMPROVEMENT OF THE STRUCTURAL ALUMINUM FIRE RESISTANCE**

Fire protection of building structures plays an important role in fire safety. It is designed to increase the actual fire resistance to standard rates. The paper explores the impact of polymethylphenylsiloxane-based fire-proof coatings on improving the fire resistance of metal building structures. A formulation of the initial compositions for improving the fire protection of aluminum structures is developed. The effectiveness of these compositions using for fire protection is evaluated. The composition of flame retardant coatings. The influence of coating thickness on fire protective capability and fire retardant layer structure is proved experimentally.

**Key words:** fire resistance, fire-proof coatings, fire resistance, aluminum alloys.

**Постановка проблеми.** Вогнезахист будівельних конструкцій відіграє важливу роль в системі забезпечення пожежної безпеки та призначений для підвищення фактичної межі вогнестійкості до нормативних показників, а також обмеження поширення вогню. Це завдання забезпечується використанням теплозахисних та теплопоглинальних екранів, вогнезахисних складів і різноманітними технологічними прийомами. Вогнезахисна дія екранів базується на їх високому опорі тепловим впливам під час пожежі із збереженням, протягом певного часу теплофізичних характеристик при високих температурах, або утворювати при нагріванні кокоподібні пористі структури з високою теплоізолювальною здатністю.

Вогнезахисні фарби, лаки, емалі затримують займання матеріалів та зменшують поширення полум'я по поверхні матеріалу. Найбільш ефективними є фарби, які спучуються при теплових впливах з утворенням на поверхні матеріалу спіненого негорючого шару з високими теплоізоляційними властивостями.

Метали внаслідок високої теплопровідності ( $\lambda > 30$  Вт/м·К) дуже чутливі до дії високих температур та вогню. Вони швидко нагріваються зі значним зниженням міцнісних характеристик. Фактично межа вогнестійкості металевих конструкцій за умов пожежі, залежно від товщини елементів перерізу та діючих навантажень, становить 6...24 хв, в той час коли мінімальні показники необхідних меж вогнестійкості повинні бути 15...150 хв, залежно від ступеня вогнестійкості будівель та типу конструкції.

Сучасні методи вогнезахисту металевих конструкцій полягають у використанні:

- теплоізоляційних штукатурок, які складаються з цементу або гіпсу, перлітового піску або вермикуліту, рідкого скла;
- вогнезахисних покриттів на основі азбесту або гранульованого мінерального волокна;
- фарб, що спучуються, які представлені складними системами органічних та неорганічних компонентів.

Вогнезахисна властивість фарб проявляється при спучуванні нанесеного складу від нагрівання до 170...200°C з утворенням теплоізолювального шару товщиною до 15 мм залежно від товщини нанесеного покриття.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** В останнє десятиріччя досягнутий істотний прогрес у розробці складів, які дають змогу підвищувати до необхідних значень показники вогнестійкості металевих конструкцій. Сучасний вогнезахист металевих конструкцій потребує використання полегшених матеріалів та легких заповнювачів, спученого перліту, вермикуліту і мінерального волокна [1].

Відомо [2], що для захисту металевих конструкцій від високих температур та вогню доцільно використовувати покриття на основі оксидних та силікатних матеріалів. Для їх формування використовують композиції на основі силіційорганічних зв'язок з оксидними та силікатними наповнювачами [3]. Практика застосування таких покриттів показала, що матрично-оксидні композиційні покриття не піддаються окисненню, мають високу температуростійкість, теплостійкість та можуть використовуватись в широкому температурному інтервалі [4,5]. Недоліком відомих складів захисних покриттів є низька адгезійна міцність у температурному інтервалі термоокисної деструкції зв'язки.

Використання епоксидполімерних матеріалів, завдяки високим технологічним, механічним, адгезійним та антикорозійним властивостям, у якості основи захисних покриттів металевих конструкцій обмежене їх підвищеною пожежною небезпекою та потребує додаткової обробки графітового наповнювача фосфатною та сульфатною кислотами [6,7].

Вирішення проблеми впливу таких захисних покриттів на вогнестійкість металевих конструкцій потребує детального вивчення у лабораторних умовах.

**Мета роботи.** Оцінка ефективності вогнезахисних покриттів для вогнезахисту конструкцій з алюмінієвих сплавів.

**Експериментальна частина.** Для отримання вихідних композицій вогнегасних покриттів в якості зв'язки взято поліметилфенілсилоксановий лак (КО – 08), якому властива висока еластичність, гідрофобність, теплостійкість та адгезійна міцність до алюмінієвих сплавів.

З врахуванням сумісності до силіційорганічних сполук, високу температуро- та вогнестійкість, наповнювачами вибрано алюмінію, титану, хрому оксиди і зміцнюючий компонент – мінеральну вату. Базовий склад вогнезахисних композицій покриттів (мас.%): КО – 08 – 30 – 40;  $Al_2O_3$  – 30 – 50;  $TiO_2$  – 15 – 20;  $Cr_2O_3$  – 10 – 20; мінеральна вата – 1 – 3.

Вихідні склади композицій для захисних покриттів отримували методом сумісного подрібнення компонентів у помольних агрегатах до максимального розміру дисперсного наповнювача не більше 50 мкм. У процесі механо-хімічного диспергування композиції проходить подрібнення наповнювача, розрив ланцюга силіційорганічної зв'язки та його прививання до поверхні активованої оксидної складової з утворенням седиментаційностійкої суспензії.

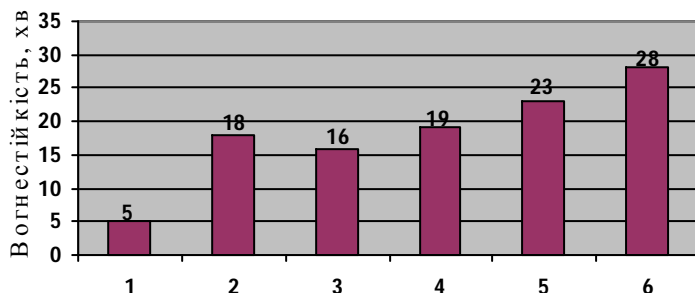
За стандартною методикою експериментально встановлено оптимальну текучість вихідних композицій для вогнезахисних покриттів, яка становить 23-25 с за ВЗ-4, сухого залишку – 72-78 мас.% та мікротвердість, як критерій ступеня затверднення, в межах 237,2-253,2 МПа. Розроблені склади вогнезахисних покриттів корозостійкі, мають високу міцність на згин (1 мм) та ударну міцність (4,5-5,0 Дж), а їх довговічність в атмосферних умовах становить понад 12 років. Адгезійна міцність захисних покриттів до алюмінієвих сплавів знаходиться в межах 4,2-4,6 МПа.

Вогнезахисну ефективність розроблених складів покриттів визначали згідно з ДСТУ-Н-ПБ.1.1-29:2010 [8]. В якості критерію оцінки вогнезахисних властивостей використано час прогрівання поверхні зразка до критичної температури (250°C для алюмінієвих сплавів) при тепловій дії на нього зі сторони вогнезахисного покриття у випробувальній печі. Зразки були з алюмінієвого сплаву АМг6 розміром 230?230?5 мм із нанесеним на них покриттям. З необігріваної сторони встановлювали термопару ТХА, а саму пластину закривали теплоізоляційною базальтовою плитою Rockwool товщиною 100 мм та густиною 120 кг/м<sup>3</sup>. Для визначення вогнезахисної ефективності пластину з алюмінієвого сплаву із нанесеним покриттям встановлювали вертикально у випробувальну піч.

Досліджено вплив товщини покриття на вогнезахисну здатність алюмінієвого сплаву АМг6. Для цього випробувано зразки з розробленими складами захисних покриттів. Для порівняння розроблених складів використано сертифікований в Україні склад для вогнезахисту металів Ендотерм ХТ-150. Вказані склади наносили на досліджувані зразки товщиною 0,6; 0,8; 1 та 1,5 мм. Отримані результати наведено на рис. 1.

Експериментально встановлено, що використання запропонованих складів захисних покриттів товщиною 1,0-1,5 мм підвищує межу вогнестійкості алюмінієвих сплавів в 4-5 разів.

Встановлено, що формування покривної структури вогнезахисного покриття при його затвердненні проходить в реальних умовах, а саме – 24 години при 20°C. В умовах близьких до реальної пожежі в температурному режимі нагрівання (35...40°C/хв) при досягненні 170...200°C у захисному покритті проходять процеси термоокисної деструкції поліметилфенілсилоксанової зв'язки, у результаті чого покриття спучується з утворенням теплоізоляційного вогнезахисного шару.



**Рисунок 1.** – Межа вогнестійкості захищеного зразка з алюмінієвого сплаву АМг6:

1 – вихідний; 2 – захищений складом Ендотерм ХТ-150; захищений розробленим складом вогнезахисного покриття товщиною: 3 – 0,6 мм; 4 – 0,8 мм; 5 – 1,0 мм; 6 – 1,5 мм

Досліджено вплив товщини захисного покриття на формування структури вогнезахисного шару, яка залежить від лінійного коефіцієнта спучення та теплопровідності сформованого на поверхні алюмінієвого сплаву покриття (рис.1) і впливає на теплофізичні властивості захисних покриттів.

Залежність лінійного коефіцієнта спучення та теплопровідності розроблених складів вогнезахисних покриттів від його товщини та температури нагрівання (табл.1).

**Таблиця 1**

*Залежність лінійного коефіцієнта спучення та теплопровідності розроблених складів*

Температура нагрівання, °С	Лінійний коефіцієнт спучення, $K_{cn}$				Коефіцієнт теплопровідності, $\lambda$ (Вт/м·К)			
	Товщина покриття, мм							
	0,6	0,8	1,0	1,5	0,6	0,8	1,0	1,5
100	0,00	0,00	0,00	0,00	0,82	0,83	0,83	0,83
300	4,53	5,25	6,92	7,12	0,22	0,208	0,193	0,19
400	7,14	9,12	10,83	11,2	0,142	0,112	0,093	0,09
500	9,23	11,41	12,8	13,2	0,102	0,087	0,071	0,068

Встановлено (табл.1), що лінійний коефіцієнт спучення, який є основним показником у створенні тепло- та вогнезахисного шару покриття залежить від його товщини та температури нагрівання. При цьому значно знижується коефіцієнт теплопровідності захисного покриття, що зумовлює підвищення межі вогнестійкості алюмінієвих сплавів.

**Висновок.** Вогнезахисна ефективність розроблених складів залежить від товщини нанесеного покриття. Так при товщині покриття 1-1,5 мм вогнезахисна здатність збільшується на 29-52% порівняно з сертифікованими складами. Підвищення вогнезахисної здатності відбувається внаслідок утворення, в умовах пожежі, на поверхні конструкцій пористого теплоізоляційного шару товщиною понад 10 мм, який підвищує межу вогнестійкості конструкцій з алюмінієвих сплавів в 4-5 разів.

### Список літератури

1. Вахитова Л.Н. Комплексное решение проблемы защиты металлоконструкций от воздействия коррозии и огня / Л.Н. Вахитова, П.А. Фещенко, М.Л. Лапушкин//Промышленная окраска. – 2006. – №6. – С. 7-12.
2. Баженов С.В. Тонкослойные вспучивающиеся покрытия для огнезащиты металлоконструкций/ С.В. Баженов//Противопожарные и аварийно-спасательные средства.- 2004.- №1.- С. 24-29.
3. Гивлюд М.М. Покриття для високотемпературного захисту конструкційних матеріалів / М.М. Гивлюд, І.В. Ємченко // Зб. наук. праць «Механіка і фізика руйнування будівельних матеріалів та конструкцій». – Львів: Каменяр, 2005. Вип.6. – С. 472-476.
4. Ємченко І.В. Підвищення високотемпературної довговічності конструкційних матеріалів захисними покриттями на основі наповнених силіційелементоорганічних лаків./ І.В.Ємченко// наукові вісті НТУУ «КПІ». – Київ, 2007, №6 (56). – С.71-74.
5. Вовк С.Я. Залежність процесу масопереносу у зоні контакту покриття-підклад від температури нагрівання / С.Я. Вовк // Пожежна безпека: Зб. наук. праць. – Львів, ЛДУБЖД, 2011. – №9. – С. 23-27.
6. Яковлева Р.А. Влияние антипиренов на показатели пожарной опасности эпоксиполимерных материалов/ Р.А. Яковлева, Е.Ю. Спирина-Смилка, Ю.В. Попов// Проблемы пожарной безопасности: сб. научн. трудов. – 2011, вып.29 – С. 175-181.
7. Яковлева Р.А. Влияние коинтеркалированных соединений графита на показатели огнезащитных свойств вспучивающихся огнезащитных композиций/ Р.А. Яковлева, Е.Ю. Спирина, Ю.В. Попов// Науковий вісник будівництва. – Харків: ХДТУБА. – 2010. вип.59. – С. 259-263.

8. Захист від пожежі. Вогнезахисне оброблення будівельних конструкцій. Загальні вимоги та методи контролювання: ДСТУ-Н-П В.1.1-29: 2010. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2011.– 14с. – (національний стандарт України).

### References

1. Vakhitova L.N. Comprehensive solution to the problem of protection of steel structures against corrosion and fire / L.N. Vakhitova, P.A. Feshenko, M.L. Lapushkin // *Industrial Painting*. - 2006. – №6. – p. 7-12.

2. S.V. Bazhenov Thin-film intumescent coatings for fire protection of steel structures / S.V. Bazhenov // *Fire and rescue means*. – 2004. – №1. – p. 24-29.

3. Hyvlyud M.M. Coatings for high-temperature structural materials protection / M.M. Hyvlyud, I.V. Yemchenko // *Collection. Science. works "fracture mechanics and physics of building materials and structures."* – Lviv: Mason, 2005. Issue 6. – p. 472-476.

4. Yemchenko I.V. Increasing high durability of structural materials protective coatings based on full sylitsiyelementoorhanichnyh varnishes. // *I.V. Yemchenko scientific news NTU "KPI"*. – Kyiv, 2007, №6 (56) .– S.71-74.

5. Vovk S. Ya. The dependence of the mass transfer process in the contact zone coverage Put-temperature heating / S. Ya. Vovk // *Fire safety*.– Lviv, LDUBZHD, 2011. – №9. – p. 23-27.

6. Yakovleva R.A The influence of fire retardants on fire danger indices epoksipolimers / R.A. Yakovleva, E. Spirin-Smilka, Y. Popov // *Problems of Fire Safety: Sat. Scien. works*. – 2011, Vnp. 29 – p. 175-181.

7. Yakovleva R.A. Influence of Co compounds of graphite on the performance properties of flame retardant intumescent flame retardant kovpozitsy / R.A. Yakovleva, E. Spirin, Y. Popov // *Scientific Building Bulletin*. – Kharkov: HDTUBA. – ed.59. – 2010. p. 259-263.

8. Protection from fire. Fire-retardant treatment of building structures. General requirements and methods of control: ISO-N-P V.1.1-29: 2010. – Kyiv, Ukraine Ministry of Regional Development, 2011. – 14С. – (national standard of Ukraine).

