

*О.М. Григоренко, к.т.н., доцент, НУЦЗУ,  
В.О. Липовий, ст. викладач, НУЦЗУ,  
А.М. Пишняк, курсант, НУЦЗУ*

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ АМОФОСУ ТА ТРИГІДРАТУ ОКСИДУ АЛЮМІНІЮ НА ГОРЮЧІСТЬ ТА КРАТНІСТЬ СПУЧУВАННЯ ЕПОКСИПОЛІМЕРІВ**

(представлено д-ром техн. наук Поздєєвим С.В.)

На основі літературних джерел та проведеного експерименту досліджено вплив амофосу та тригідрату оксиду алюмінію на горючість та кратність спучування наповнених епоксиполімерів.

**Ключові слова:** епоксиполімер, кисневий індекс, кратність спучування, амофос, тригідрат оксиду алюмінію.

**Постановка проблеми.** З точки зору пожежної безпеки композиційні матеріали на основі епоксидних олігомерів можна охарактеризувати як такі, що мають високі горючість та димоутворюючу здатність. Однак, завдяки своїм унікальним властивостям, таким як висока міцність, низька теплопровідність, хімічна та атмосферостійкість, висока адгезія до інших матеріалів, вони знайшли широке застосування у ряді галузей промисловості. Саме відмінні експлуатаційні показники епоксиполімерів, таких як висока адгезія до різних поверхонь та стійкість до впливу зовнішніх факторів, а також можливість їхньої модифікації шляхом введення антипіренів та дисперсних мінеральних наповнювачів, дозволяють їх використання у якості вогнезахисних покриттів. Тому, дослідження впливу антипіренів та наповнювачів на горючість та вогнезахисну ефективність епоксиполімерів є актуальною.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Зниження горючості та димоутворюючої здатності епоксидних полімерів найчастіше досягається введенням до складу композиції різноманітних добавок. На сьогоднішній день проводилося багато дослідження, спрямованих на покращення тієї чи іншої характеристики епоксиполімерів, у тому числі й горючості [1] та вогнезахисної ефективності [2].

В результаті аналізу наведених літературних джерел встановлено, що для зниження горючості епоксидних олігомерів застосовують наступні методи [3, 4]:

- введення в структуру полімеру атомів, що сприяють зниженню горючості. Недоліком цього методу є те, що зміна структури полімеру впливає на його властивості, включаючи морфологію (орієнтацію, силу міжмолекулярної взаємодії), механічні характеристики, фізичні власти-

вості (температуру плавлення та склування, в'язкість);

- введення добавок, що сповільнюють горіння (антипіренів, наповнювачів);
- використання вогнезахисних покриттів.

На пожежонебезпечні характеристики епоксидних полімерів і матеріалів на їхній основі великий вплив мають хімічна природа й концентрація отверджувачів. Так, епоксидні полімери, затверділі ангідридами дикарбонових кислот, менше схильні до горіння, ніж аналогічні полімери, затверділі амінами [5]. Наявність в отверджувачі ароматичних ядер знижує горючість і підвищує термостійкість полімерів (втрата маси при 500°C дорівнює 63 - 70 %) у порівнянні з аліфатичними отверджувачами ( $\Delta m$  при 500°C = 80 - 90 %). При зниженні вмісту поліетиленполіаміну (ПЕПА) з 15 до 6 масових частин (мас. ч.) зменшується вихід СО (на 16 %) і коефіцієнт димоутворення в режимі піролізу й горіння, причому спостерігається симбатна зміна  $Dm_{max}$  зі збільшенням ступеню зшивки. Мінімальні значення  $Dm_{max}$  у режимах піролізу й горіння реалізуються при вмісті 6 мас. ч. ПЕПА [6].

На сьогодні, серед вогнезахисних матеріалів найбільш перспективними є покриття, які спучуються під впливом високих температур (інтумесцентного типу). Інтумесцентна технологія захисту виробів полягає у спученні і перетворенні в кокс поверхневого шару матеріалу, схильного до впливу полум'я. Утворений при цьому спінений коксовий шар охороняє протягом певного часу поверхню, що захищається (або нижні шари) від впливу полум'я і високих температур. Доцільність використання вогнезахисних покриттів, які спучуються (ВПС), зумовлена насамперед тим, що вони тонкошарові, мають високу вогнезахисну ефективність і можуть бути нанесені на поверхню, що захищається, різними механізованими методами.

**Постановка завдання та його вирішення.** У якості об'єкту дослідження використовували композиції на основі епоксидного олігомеру ЕД-20 (ДСТУ-2093-92), затверділі затверджувачем поліетиленполіаміном (ПЕПА) (ТУ 2413-357-00203447-99). Для зниження горючості і, одночасно, для прискорення утворення міцного коксового залишку до їх складу вводили наповнювачі – тригідрат оксиду алюмінію ( $Al_2O_3 \cdot 3H_2O$ ) та амофос, що являє собою азотно-фосфорне концентроване розчинне добриво, яке містить близько 10-12 % N і 45-52 %  $P_2O_5$  та, в основному, складається з моноамонійфосфату  $NH_4H_2PO_4$  і частково діамонійфосфату  $(NH_4)_2HPO_4$ .

Ефективність застосування тригідрату оксиду алюмінію зумовлена зниженням температури наповнених композицій при дії відкритого вогню внаслідок інтенсивного виділення при 230°C зв'язаної води, та запобігання займання епоксиполімерів, що відбувається за температури  $\approx 400^\circ C$ .

Хоча введення тригідрату оксиду алюмінію у відповідних концентраціях дозволяє отримати епоксидні композиційні матеріали з достатньо високими вогнезахисними властивостями, представляють інтерес дослідження щодо його поєднання з іншими антипіренами на основі фосфорорвмісних сполук, здатних виконувати також роль пластифікаторів.

Поєднання амофосу і тригідрату оксиду алюмінію у складі вогнезахисного покриття, забезпечує вогнегасний ефект, який складається з:

- хімічного гальмування реакції горіння внаслідок дії порошку (кристали введеного у полум'я порошку спричиняють суміжні реакції, які руйнують здатні горіти радикали або перешкоджають їх утворенню);
- утворення на поверхні носія (піноскла) ізолюючих речовин у вигляді пінококсу;
- виштовхування кисню із зони горіння.

Для створення вогнезахисного покриття на основі епоксидіанової смоли ЕД-20 необхідно було провести ряд експериментів. Дослідження проводили згідно з принципами теорії планування експериментів. Вогнезахисна ефективність покриття залежить від його горючості та властивостей спученого коксового шару, основною характеристикою якого є кратність спучування. Тому дослідження впливу вмісту наповнювачів амофосу і тригідрату оксиду алюмінію проводилися за показниками кисневого індексу та кратності спучування. Була побудована матриця планування і у відповідності до неї виготовлено декілька зразків з різним вмістом наповнювачів. Після чого зразки було випробувано на горючість згідно ГОСТ 12.1.044 – 89 та кратність спучування.

Отримані значення кисневого індексу та кратності спучування і відповідні їм кількісні співвідношення наповнювачів були оброблені за допомогою програми «Plan». В результаті розрахунків отримали рівняння регресії системи «амофос-тригідрат оксиду алюмінію».

$$y_1 = 30 + 2,33 \cdot x_1 + 6 \cdot x_2 - 0,33 \cdot x_1^2 + 1,67 \cdot x_2^2 - 1,25 \cdot x_1 \cdot x_2 \quad (1)$$

$$y_2 = 20,67 + 2,5 \cdot x_1 - 0,14 \cdot x_2 - 0,5 \cdot x_1^2 - 2,5 \cdot x_2^2 - 1,5 \cdot x_1 \cdot x_2 \quad (2)$$

За цими рівняннями побудовані поверхні відгуку (рис. 1), які дають можливість візуально простежити як змінюється кисневий індекс композиції та кратність спучування в залежності від вмісту компонентів наповнювача.

Як бачимо із рис. 1а найкращі показники по кисневому індексу (КІ = 38%) має композиція із максимальним вмістом наповнювачі амофосу і тригідрату оксиду алюмінію – 25 і 50 мас.ч. відповідно. Однак за кратністю спучування максимальний ефект досягається при вмісті амофосу 25 мас.ч. та тригідрату оксиду алюмінію  $x_2 = -0,4$ , що після переведу із кодованих значень в натуральні відповідає значенню 38 мас.ч. При цьо-

му екстремум поверхні відгуку знаходиться на межі варіювання. Можливо зробити припущення, що збільшення вмісту амофосу у композиції буде призводити до збільшення кратності спучування.

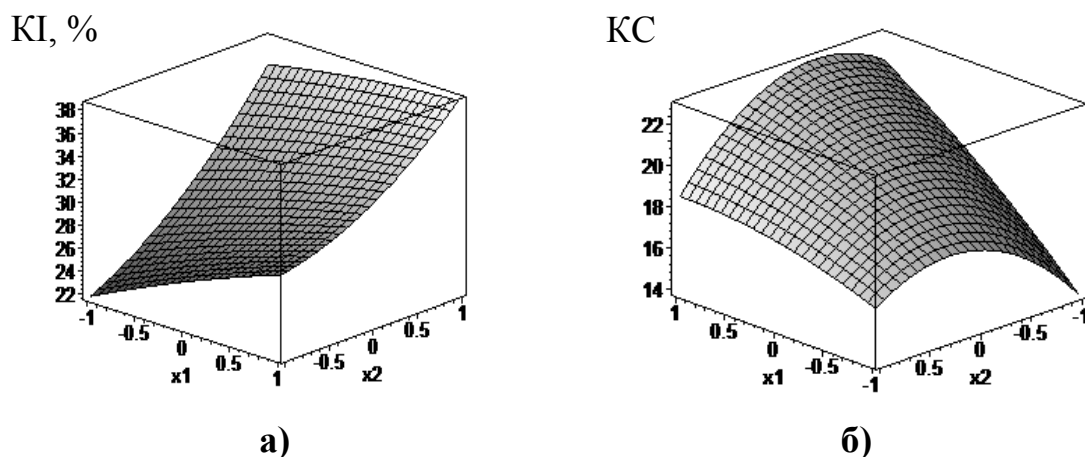


Рис. 1. Залежність величини кисневого індексу КІ (а) та кратності спучування КС (б) від вмісту амофосу  $x_1$  та тригідрату оксиду алюмінію  $x_2$ .

Однак, як показали дослідження, властивості епоксидних композицій з високим вмістом наповнювачів різко змінюються в сторону збільшення в'язкості, що унеможлиблює нанесення таких композицій на поверхню, яка підлягає вогнезахисту. Раціональний вміст наповнювачів, при якому досягається максимальне значення кратності спучування ( $КС = 22,7$ ) та прийнятний рівень горючості ( $КІ = 36\%$ ), становить 25 та 38 мас.ч. амофосу та тригідрату оксиду алюмінію відповідно.

**Висновки.** Таким чином, на основі проведеного експерименту було досліджено вплив амофосу та тригідрату оксиду алюмінію на горючість та кратність спучування наповнених епоксиполімерів. Отримані в результаті дані дозволяють припустити використання епоксидних композицій з раціональним вмістом наповнювачів для вогнезахисту будівельних конструкцій та інженерних комунікацій.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Яковлева Р.А. Влияние дисперсных минеральных наполнителей на величину кислородного индекса и процессы термоокислительной деградации эпоксиполимеров [Электронный ресурс] / Р.А. Яковлева, Н.В. Дмитриева, Ю.В. Попов, В.А. Андронов, А.М. Безуглий // Проблемы пожарной безопасности. – 2005. – Вып. 17. – С. 204-209. – Режим доступа: <http://nuczu.edu.ua/sciencearchive/Problems OfFireSafety/vol17>.

2. Богданова В.В. Огнегасящий эффект замедлителей горения в синтетических полимерах и природных горючих материалах / В.В. Богда-

нова // Сборник статей по химии и химическим технологиям НИИ: Химические проблемы создания новых материалов и технологий. – 2008. – Выпуск 3. – С. 344-375.

3. Машляковский Л.Н. Органические покрытия пониженной горючести / Л. Н. Машляковский, А. Д. Лыков, В. Ю. Репкин. – Л.: Химия, 1989. – 184 с.

4. Курта С.А. Наповнювачі – синтез, властивості та використання: навчальний посібник / Сергій Андрійович Курта. – Івано-Франківськ: Вид-во Прикарпат. нац. ун-ту ім. В. Стефаника, 2012. – 296 с.

5. Благодравова А.А. Лаковые эпоксидные смолы / А.А. Благодравова, А.И. Непомнящий. – М.: Химия, 1970. – 248 с.

6. Асеева Р.М. Горение полимерных материалов / Р.М. Асеева, Г.Е. Заиков. – М.: Наука, 1981. – 280 с.

А.Н. Григоренко, В.А. Липовой, А.Н. Пышняк

**Исследование влияния аммофоса и тригидрата оксида алюминия на горючесть и кратность вспучивания эпоксиполимеров**

На основе литературных источников и проведенного эксперимента исследовано влияние аммофоса и тригидрата оксида алюминия на горючесть и кратность вспучивания наполненных эпоксиполимеров.

**Ключевые слова:** эпоксиполимер, кислородный индекс, кратность вспучивания, аммофос, тригидрат оксида алюминия.

O.M. Hryhorenko, V.O. Lypovyi, A.M. Pyshniak

**Studies of influence of flammability and multiplicity swelling epoxy-polymer of contents MAP and alumina trihydrate**

Based on the literature and research the impact of the experiment MAP and alumina trihydrate for flammability and the multiplicity of swelling filled with epoxy-polymer.

**Keywords:** epoxy-polymer, oxygen index, the multiplicity of swelling, ammophos, alumina trihydrate.