

ВПЛИВ ФОСФАТОВМІСНИХ АНТИПІРЕНІВ НА ВЛАСТИВОСТІ КРЕМНЕЗЕМВМІСНИХ ВОГНЕЗАХИСНИХ ПОКРИТТІВ ДЛЯ XPS

Лисак Н.М.¹,

Скородумова О.Б.¹, д.т.н., професор,

Чернуха А.А.¹, к.т.н., доцент,

Калашнікова В.С.²,

Кочубей В.В.³, к.хім.н., доцент

¹Національний університет цивільного захисту України,

²Національна академія Національної гвардії України,

³Львівський національний університет «Львівська політехніка»

Екструдований пінополістирол (XPS) – один з найбільш поширених та ефективних матеріалів, що використовується з метою теплоізоляції будівельних конструкцій. Незважаючи на відмінні енергозберігальні властивості, його суттєвим недоліком є висока горючість та легка займистість. При дії високих температур та при контакті з відкритим полум'ям XPS має здатність розкладатися з виділенням токсичних продуктів. Однією з особливостей горіння матеріалу є утворення палаючих крапель, що може спричинити розповсюдження вогню та підпалювання інших предметів [1]. Тому актуальною проблемою є пошук та вдосконалення антипіренових композицій для підвищення вогнестійкості екструдованого пінополістиролу.

Тривалий час для зменшення горючості полістиролу використовували гексабромциклододекан (HBCD), використання якого згодом було заборонено Стокгольмською конвенцією через високу токсичність. Як заміник останньому Агентством з охорони навколишнього середовища США було запропоновано бромований сополімер бутадієн-стиролу (B264YZ, GreenCrest), що має полімерну природу, завдяки чому зменшується ймовірність його вивільнення з полістирольних матеріалів. Проте є дослідження, результати яких описують негативний вплив на навколишнє середовище цього антипірену [2].

У контексті вогнезахисту полістиролу важливе місце займає використання штукатурних матеріалів. Але у випадку пошкодження такого захисного шару, процеси поширення вогню та горіння значно пришвидшуються. Крім того, непрозорість та шорстка текстура штукатурки не задовольняють естетичним вимогам внутрішнього оздоблення приміщень.

Відомо, що підвищенню термостабільності та вогнестійкості матеріалів може сприяти використання комбінованих систем. На особливу увагу заслуговують підходи, де розглядається синергізм фосфору та кремнію. У раніше проведених дослідженнях було відзначено позитивний вплив ортофосфатної кислоти та фосфатного буферного розчину [3, 4] на вогнезахисні властивості кремнеземвмісних покриттів для природного полімеру – деревини. Метою представленої роботи було дослідження впливу зазначених антипіренів на властивості гелів SiO₂ та покриттів на їх основі для полімеру синтетичного походження – екструдованого пінополістиролу.

Золі кремнієвої кислоти одержували змішуванням розчинів рідкого скла та оцтової кислоти. Як фосфоровмісні ддобавки використовували розчини ортофосфатної кислоти (1, 2, 4 та 8 мас. %) та фосфатні буферні розчини (рН 6–8; 15, 20 та 25 об'ємн. %).

Реологічні властивості композицій оцінювали методом спектрофотометрії (фотоколориметр КФК-2, довжина хвилі 490 нм).

Для гелів кремнезему з фосфоровмісними добавками здійснювали реєстрацію ІЧ-спектрів на інфрачервоному спектрофотометрі FTIR-8400S (Shimadzu), що споряджений приставкою QATR 10 (Shimadzu) в діапазоні $400\text{--}4000\text{ см}^{-1}$.

Процеси, що відбуваються в експериментальних гелях під час нагрівання, вивчали за допомогою диференційно-термічного аналізу з використанням дериватографа Q-1500D. Дослідження проводили в атмосфері повітря в інтервалі температур $20\text{--}600\text{ }^{\circ}\text{C}$ зі швидкістю підйому температури $10\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{хв}$.

Експериментальні покриття наносили на поверхню пінополістиролу ванним методом. Після нанесення кожного шару композиції зразки висувували в сушильній шафі при температурі $80\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Вогневі випробування проводили на лабораторній установці, яка складається з захисного екрана, пальника та газового балона з редуктором. Час дії вогню при тиску газу $0,2\text{ МПа}$ складав 10 с. Після випробувань визначали втрату маси зразків у відсотках.

Текучість золів з низьким вмістом H_3PO_4 (1–2 %) змінювалася в інтервалі 45–70 хв., поліконденсація відбувалася за лінійним механізмом, що підтверджено інфрачервоною спектроскопією. Зростання вмісту H_3PO_4 (4–8 %) сприяло зростанню живучості композицій до 24 год та спричиняло зміну механізму поліконденсації на сітчастий, що підтверджено термографічним методом. Золі, модифіковані фосфатними буферними розчинами, втрачали текучість через 2 год, що є задовільним для якісного нанесення композиції на поверхню матеріалу та утворення однорідного покриття.

Проведення вогневих випробувань дозволило встановити, що усі досліджувані композиції здатні усунути основний недолік горіння пінополістиролу – утворення палаючих крапель. Найвищу ефективність вогнезахисту забезпечували покриття на основі SiO_2 та фосфатних буферних розчинів (рН 6–7, 20 %-й вміст). Зразки XPS не горіли, втрати маси становили близько 1 %. Було порівняно вплив катіонів натрію, амонію та калію у складі компонентів буферних розчинів на протипожежні властивості покриттів. Використання калієвих солей забезпечувало найкращий вогнезахист для екструдованого пінополістиролу, що було підтверджено вогневими випробуваннями матеріалу різних виробників.

ЛІТЕРАТУРА

1. Ouyang, D., Yan, H., Song, J., Yang, C., Jiang, T., Liu, C. (2022). Combustion characteristics and fire hazard of polystyrene exterior wall thermal insulation materials. *Journal of Applied Polymer Science*. 140. 8. e53503.
2. Koch, C., Sures, B. (2019). Degradation of brominated polymeric flame retardants and effects of generated decomposition products. *Chemosphere*. 227. 329–333.
3. Lysak, N., Skorodumova, O., Chernukha, A., Kochubei, V. (2025). Study of gelation processes in flame retardant compositions of the SiO_2 sol system - a phosphate-containing additive. *Defect and Diffusion Forum*. 438. 101–110.
4. Lysak, N., Skorodumova, O., Chernukha, A., Sharshanov, A., Goncharenko, Y., Shcherbak, S. (2024). Silicophosphate fireproof composition for building finishing materials. *Problems of Emergency Situations*. 2(40). 72–85.