

розробці удосконаленого макета та його використанні для дослідження теплового впливу пожежі на будівельні конструкції.

Для

• Математичне моделювання теплових процесів в будівельних конструкціях підвпливом.

Очікується, що в результаті дослідження будуть отримані наступні результати:

- Удосконалений макет, який дозволить більш точно дослідити тепловий вплив на будівельні конструкції;
- Експериментальні дані про тепловий вплив на будівельні конструкції;
- Математична модель теплових процесів вбудівельних конструкціях підвпливом пожежі.

Наукова новизна дослідження полягає в розробці удосконаленого макета та його використанні для дослідження теплового впливу пожежі на будівельні конструкції.

Результати дослідження можуть бути використані для розробки більш ефективних методів та засобів пожежогасіння з використанням удосконаленого макета малогабаритної вогневої установки.

Дослідження теплового впливу пожежі на будівельні конструкції за допомогою удосконаленого макета є актуальним завданням, яке має важливе наукове та практичне значення. Розробка і використання малогабаритної вогневої установки є значним кроком у підвищенні точності оцінок вогнестійкості будівельних конструкцій і може сприяти в розробці більше ефективних методів захисту будівель від пожеж.

ЛІТЕРАТУРА

1. Лабай В.Й., Гудим В. І., Гаврилюк А. Ф. Дослідження та шляхи зменшення теплового випромінювання під час пожеж. Вісник Національного університету "Львівська політехніка". Теорія і практика.

2. ДСТУ-Н Б В.2.6-211:2016 Проектування сталевих конструкцій. Розрахунок конструкцій на вогнестійкість. Київ :МінрегіонУкраїни, 2016. 111 с.

3. EN 13381-8:2013. Test methods for determining the contribution to the fire resistance of structural members . Part 8 :Applied reactive protection to steel members. European Committee For Standardization. Management Centre :Avenue Marnix 17, B-1000 Brussels. 2013 CEN. 80 p.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ФЕНОЛУ НА ВЛАСТИВОСТІ СИЛІКОФОСФАТНОЇ ВОГНЕЗАХИСНОЇ КОМПОЗИЦІЇ

Наталія ЛИСАК

Ольга СКОРОДУМОВА, д-р техн. наук, професор

Національний університет цивільного захисту України

Підвищення вогнестійкості дерев'яних будівельних конструкцій досить ефективно забезпечується завдяки розробці протипожежних композицій з ароматичними компонентами, що сприяють формуванню карбонізованого шару на поверхні матеріалу під час горіння. Стійкість до дії високих температур забезпечується завдяки циклічним бензеновим фрагментам, що утворюють жорстку тривимірну структуру та мало схильні до реакцій окиснення.

Одним із прикладів використання таких композицій є фенолформальдегідні смоли, які однак при значних термічних навантаженнях можуть вивільняти незв'язаний метаналь. Формальдегід, як відомо, може викликати подразнення дихальних шляхів, очей та шкіри, а вдихання його у великих кількостях спричиняє канцерогенну дію. У 2023 році Регламентом ЄС про хімічні речовини та їх безпечне використання (European REACh regulation) було введено обмеження на метаналь та сполуки, що його виділяють. Це спонукало до розробки нових методів зниження вмісту вільного формальдегіду в протипожежних речовинах. З огляду на те, що основну роль у вогнезахисних властивостях відіграють ароматичні фрагменти, логічно було б додавати фенол як окремий компонент до складу вогнезахисних композицій, беручи до уваги також той факт, що фенол вважається відносно безпечним і широко використовується в медичній індустрії.

Підвищення вогнестійкості фенольних смол можна досягти завдяки введенню фосфор- та нітрогеновмісних антипіренів. На увагу заслуговують також дослідження щодо покращення вогнезахисних властивостей таких композицій завдяки частинкам колоїдного кремнезему, отриманих на основі золь-гель процесу. Встановлено, що такі модифікації дозволяють отримати набагато вищі температури термічного розкладання композитів, а також покращити механічні властивості вогнезахисного покриття.

Враховуючи вищевикладене, можна прогнозувати позитивний синергічний ефект композиції на основі кремнезему, фенолу та фосфорвмісного антипірену у сфері вогнезахисту дерев'яних будівельних конструкцій.

В основу вибору фосфорвмісного компоненту вогнезахисного складу були покладені раніше проведені дослідження [1], що присвячені вивченню антипіренових властивостей покриттів на основі кремнезему з додаванням ортофосфатної кислоти для целюлозних матеріалів. Було відзначено позитивний вплив від введення добавки – значно підвищувалася вогнестійкість експериментальних зразків.

Метою роботи було дослідження сумісного впливу ортофосфатної кислоти та фенолу на реологічні властивості золів кремнієвої кислоти, а також тип поліконденсації в гібридних гелях SiO_2 , що є основою вогнезахисних покриттів для деревини.

Золь кремнієвої кислоти одержували змішуванням розчинів рідкого скла та оцтової кислоти, додаючи як модифікувальні добавки ортофосфатну кислоту та фенол. Досліджували фазовий склад, оптичні властивості та живучість експериментальних золів з ортофосфатною кислотою (2 мас. %) та різним вмістом фенолу (0,1; 0,3 та 0,5 мас. %).

Реологічні властивості золів досліджували на основі зміни оптичної густини в часі за допомогою фотоколориметра КФК-2 при довжині хвилі 490 нм. Як розчин порівняння використовували дистильовану воду. Чистий золь кремнієвої кислоти залишався плинним в інтервалі 46 хвилин. При введенні ортофосфатної кислоти час живучості зростав до 72 хвилин, водночас спостерігалось зменшення показників оптичної густини. Дигідрофосфат-йони H_2PO_4^- , що утворюються при дисоціації модифікувальної добавки, можуть створювати просторові перешкоди в процесі поліконденсації, приєднуючись до силанольних груп, і при цьому сприятимуть формуванню вогнезахисних покриттів з однорідною структурою.

Криві змінення оптичної густини золів у часі з різними добавками фенолу були майже ідентичними, живучість композицій змінювалася в інтервалі 36-40 хвилин. Процес утворення колоїдних частинок та їх агрегації починався приблизно через 20 хвилин.

Для сирих та термооброблених при 800 °C гелів кремнезему проводили реєстрацію ІЧ-спектрів в діапазоні 400-4000 cm^{-1} на спектрофотометрі FTIR-8400S з

приставкою QATR 10 (Shimadzu). На спектрі сирого зразка з 0,5 % фенолу спостерігалось значне зменшення інтенсивності смуги поглинання при 1050 см^{-1} , характерної для валентних коливань Si-O-Si, і майже повне зникнення смуги при 970 см^{-1} , відповідної деформаційним коливанням $\equiv\text{Si-OH}$.

Це, ймовірно, можна пояснити тим, що фенол заважає утворенню нових зв'язків Si-O за рахунок стеричного ефекту. Гіпотетично, фенол може зв'язуватися із $\equiv\text{Si-OH}$ групами за донорно-акцепторним механізмом завдяки наявним неподіленим електронним парам Оксигену та вільним орбіталям Силіцію. Можна припустити, що гідроксильні групи целюлози та групи $\equiv\text{Si-OH}$ гелю ковалентно зв'язуються в процесі конденсації. Ортофосфат-іони можуть вбудовуватися в структуру силосанового каркасу або з'єднують OH-групи целюлози деревини та скелетні силанольні групи гелю SiO_2 . Орієнтовний механізм утворення кремнеземвмісного покриття на поверхні деревини наведений на рис. 1.

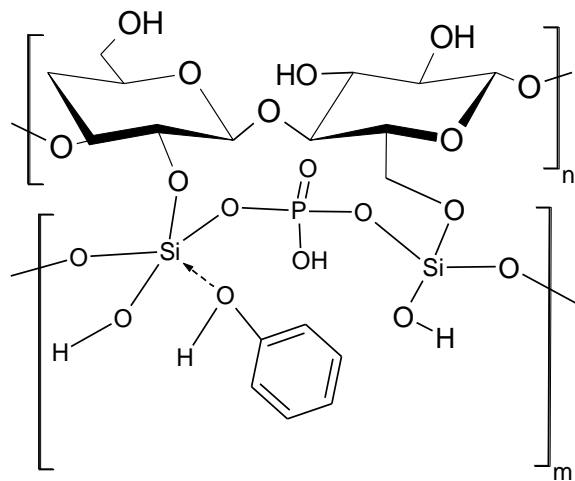


Рис. 1. Схема утворення кремнеземвмісного покриття, модифікованого добавками ортофосфатної кислоти та фенолу, на поверхні деревини

Після високотемпературної обробки в спектрах чистого гелю SiO_2 та гелів з фенолом зникла смуга поглинання в діапазоні $2800\text{-}3600\text{ см}^{-1}$, що відповідає O-H зв'язкам, тоді як для зразка з ортофосфатною кислотою ця смуга залишилася, але стала менш інтенсивною. Смуга при 790 см^{-1} , що характеризує валентні коливання силанольних груп, зросла на ІЧ спектрах гелів з фенолом. Дослідження підтвердили синергетичний вплив фенолу та ортофосфатної кислоти на властивості вогнезахисної композиції при концентрації нижче 0,5 %. Очікується, що фенол не лише забезпечить вогнезахист, але й захистить деревину від шкідників та мікроорганізмів завдяки своїм антисептичним властивостям. Модель такого вогнезахисного складу вимагає додаткових досліджень для забезпечення кращої стабільності та ефективності нанесення.

ЛІТЕРАТУРА

1. Skorodumova O., Tarakhno O., Babayev A. M., Chernukha A., Shvydka S. Study of Phosphorus-Containing silica coatings based on liquid glass for fire protection of textile materials. Key Engineering Materials. № 954. 2023. P. 167–175.