

ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ЗАКРІПЛЕННЯ ЗАХИСНОГО КРЕМНЕЗЕМИСТОГО ПОКРИТТЯ НА ВОЛОКНАХ БАВОВНЯНОЇ ТКАНИНИ

Скородумова О.Б.¹, д.т.н., с.н.с.,

Тарахно О.В.¹, к.т.н., доц.,

Чеботарьова О.М.¹, ад'юнкт,

Безуглов О.Є.¹, к.т.н., доц.

¹Національний університет цивільного захисту України

Емен Фат іх Мехмет², д.н., проф.

²Университет Мехмет а Акифа Эрсоя Іст ікол, м. Бурдур, Туреччина

Кремнеземисті покриття одержані шляхом просочення текстильних матеріалів золями етилсилікату надійно захищають волокно від дії вогню. Додаткове використання антипіренів дозволяє отримати бінарне покриття, яке запобігає загорянню тканини. Тому навіть довготривале випробування вогнем приведе тільки до повільного обуглення тканини. У разі видалення джерела вогню остаточного горіння або тління не спостерігається. Тканини зберігають свою еластичність й мають остаточну міцність. Мікроскопічний аналіз показує, що покриття під час дії вогню не руйнується, утворення уламків від руйнування покриття не знайдено. Попередні дослідження показали, що навіть у разі механічного навантаження просочених тканин не спостерігається втрата маси, тобто покриття не обсыпається. Проте золь етилсилікату, нанесений на скло, утворює тонку м'яку суцільну однорідну прозору плівку, яка легко руйнується, не має зовсім міцності.

Для того, щоб пояснити, чому просочені тканини не руйнуються під дією вогню й не загоряються, необхідно узагальнення основних результатів експериментальних досліджень: 1) гелеве кремнеземисте покриття не руйнується і міцно тримається на нитках тканини; 2) покриття стійке до дії води і агресивних середовищ; 3) еластичність захисних покриттів залежить від однорідності структури гелю (співвідношення швидкостей гідролізу і полімеризації золю), а також від їх товщини, і є тим вищою, чим тонше покриття; 4) шар гелевого покриття підвищує вогнестійкість (час початку звуглювання і час повного прогорання) і знижує площу термічного пошкодження текстильних матеріалів; 5) нанесення антипіренів підсилює вогнезахисний ефект кремнеземистих покриттів; 6) шари бінарного комплексного покриття (гель SiO₂ – антипірен), не залежно від черговості, потрібно наносити на попередньо висушену поверхню; 7) застосування комплексного покриття дозволяє знизити кількість токсичних продуктів піролізу, що утворюються внаслідок термічного розкладання оброблених зразків текстильного матеріалу.

Пояснення причини отримання кожного експериментального результату дає можливість зробити узагальнюючі висновки, які є теоретичною основою отримання еластичних комплексних кремнеземистих вогнезахисних покриттів.

Елементарна ланка макромолекули целюлози знаходиться в конформації крісла з екваторіально розташованими групами OH і -CH₂OH. Целюлоза – достатня інертна речовина, проте її гідроксильні групи здатні утворювати водневі зв'язки з воднем, який ковалентно пов'язаний з іншим гетероатомом, наприклад, з киснем силанольних груп, які у великій кількості є на поверхні глобул полікремніевої кислоти, що підтверджено інфрачервоною спектроскопією.

Полікремнієва кислота – полімер з силоксановою структурою, яка залежить від умов отримання і кінетичних параметрів проведення реакцій гідролізу і поліконденсації, не розчиняється у воді і кислотах. При просочуванні тканини золем SiO₂ (золем полікремніевої кислоти) відбувається асоціація груп ≡SiOH гелю і -CH₂OH целюлози з утво-

рення водневого зв'язку. При нагріванні відбувається конденсація цих компонентів з утворенням ковалентного зв'язку і виділенням молекули води.

Таким чином, утворення ковалентних зв'язків між силанольними групами гелевого покриття і гідроксильними групами целюлози забезпечує міцне зшивання покриття з волокнами і нитками тканини. Утворення ковалентного зв'язку пояснює також і стійкість покриття до дії водних нейтральних і агресивних розчинів.

На різних складах кремнійорганічних золів було показано, що чим тонше покриття, тим воно є більш еластичним. При просоченні тканини золом покривається кожне волокно ниток тканини, що підтверджується мікроскопічним методом аналізу. Це можливе за умови, що шари золу на волокнах не злипаються між собою, тобто, необхідна наявність гідрофобних груп на поверхні, наприклад, етоксильних груп, та мінімальна кількість активних центрів, а це зумовлено кінетичними параметрами проведення гідролізу кремнійорганічного компонента, що також впливає на ступінь однорідності гелевого покриття.

Ефективність вогнезахисту текстильних матеріалів визначається рівнем вогнезахисної здатності комплексного покриття і обумовлюється декількома факторами, а саме: фізико-хімічними перетвореннями компонентів покриття під впливом температури з поглинанням тепла і утворенням негорючих газів (випаровування води, розчинника, розкладанням гелевої складової, антипірену), зміною характеру процесів термічного розкладання матеріалу волокна у напрямку утворення вуглецевого залишку, уповільненням процесів окиснювання в газовій і конденсованій фазах. Так, при підвищенні температури до 150-170 °С, крім випаровування етанолу, вільної і зв'язаної води із шару гелевого покриття, за наявності молекул діамоній гідрофосфату відбувається ендотермічна реакція розкладання. Ортофосфорна кислота і продукти її перетворення, що утворюються в результаті розкладання, чинять каталітичний вплив на процеси термодеструкції целюлозовмісних матеріалів, полегшують піролітичні реакції дегідрування й дегідратації, які можуть привести до вторинних реакцій структурування. До таких процесів структурування можна віднести реакції дегідроконденсації, циклізації, рекомбінації і структурування продуктів розкладання в конденсованій фазі волокна. Ці реакції звичайно сприяють процесам карбонізації.

Молекули аміаку, потрапляючи в середовище, що містить газоподібні продукти піролізу волокна, взаємодіють з активними центрами, які у свою чергу, виступають каталізаторами газофазних реакцій окиснення. При цьому відбувається активне гальмування ланцюгових реакцій за рахунок обриву ланцюгів, що унеможливорює виникнення стадії полуменевого горіння.

Такий висновок підтверджується результатами вогневих випробувань зразків бавовни, оброблених комплексним покриттям, які показали, що займання або тління зразків при дії відкритого полум'я не відбувалося. Спостерігалось лише зуглювання матеріалу без втрати еластичності зразка.

Таким чином, підвищення пожежної безпеки текстильних матеріалів досягається створенням на поверхні волокон теплоізоляційних перешкод, які дозволяють сповільнити процес прогрівання волокна, запобігають його термічному розкладанню, займанню, горінню і поширенню полум'я. Це досягається шляхом розробки і створення нових високоєфективних, економічних бінарних покриттів на основі кремнеземистих гелів і антипіренів. Встановлено, що причиною закріплення гелевого покриття на целюлозному волокні є утворення ковалентних зв'язків між функціональними групами целюлози та антипірену.