

## ОДЕРЖАННЯ ВОГНЕЗАХИСНИХ ПОКРИТТІВ НА ОСНОВІ ЗОЛІВ РІДКОГО СКЛА

*Ольга СКОРОДУМОВА, д-р техн. наук, професор,  
Олена ЧЕБОТАРЬОВА, Олена ТАРАХНО, д-р техн. наук, професор,  
Національний університет цивільного захисту України*

Останнім часом збільшується кількість публікацій щодо висвітлення особливостей підвищення вогнезахисту текстильних матеріалів з використанням золь-гель процесу. Достатньо докладно охарактеризовані процеси, що відбуваються під час переходу золю в гель у разі використання кремнійорганічної сировини. Але в цих публікаціях зроблено акцент на процеси гелеутворення, які відбуваються безпосередньо на поверхні тканини у разі нанесення шар за шаром компонентів композицій. В такий спосіб можна одержати вкрай неоднорідне покриття як за складом, так і товщиною, що значно знижує вогнезахисні властивості покриттів. Тому в зарубіжній літературі часто пропонуються як вихідні матеріали складні фосфор-нітроген-вмісні кремнійорганічні речовини, здатні реагувати з целюлозою ниток тканини та неорганічними солями-антипіренами. Основними недоліками в такому випадку є висока вартість компонентів композицій, складна технологія їх одержання, а також негативний вплив на навколишнє середовище.

З цього погляду цікаві золі кремнекислоти, отримані при дії мінеральних кислот на силікат натрію (рідке скло). Однак у публікаціях, наведених у технічній літературі, розглядалися шляхи одержання гелевих порошків потрібної структури, заданої пористості чи морфології пор, але не стійкого золю. З огляду на вище сказане, в роботі була поставлена мета розробити стійкий концентрований золь  $\text{SiO}_2$  на основі рідкого скла в інтервалі рН 5-6 для вогнезахисту текстильних матеріалів від дії відкритого вогню.

Золі на основі рідкого скла готували змішуванням водних розчинів рідкого скла та оцтової кислоти. Експериментальні покриття по тканинах готували ванним методом. Після нанесення кожного шару покриття і видалення зайвого золю експериментальні зразки сушили при нагріванні в сушильній шафі при (60 – 80) °С .

Відомо, що підвищення концентрації золю призведе до зниження його стабільності в часі, тому на першому етапі досліджень визначали вплив концентрації  $\text{SiO}_2$  на текучість золів. Збільшення концентрації  $\text{SiO}_2$  у золі підвищує його густину, що ускладнює рівномірне просочення тканини. З попередніх досліджень було встановлено, що просочення зразків тканини золями  $\text{SiO}_2$  поліпшується у разі використання невеликих кількостей етанолу, тому визначали вплив вмісту спирту в золі  $\text{SiO}_2$  10%-ї концентрації на змінення текучості в часі.

Враховуючи, що після сушіння зразків деяка кількість спирту залишається адсорбованою на поверхні тканини, при вогневих випробуваннях може спостерігатися залишкове горіння або тління зразка. Тому необхідно було визначити мінімальну кількість спирту, якої було б достатньо для зниження поверхневого натягу і поліпшення просочення, але не вистачало б для залишкового тління.

Встановлено, що введення малих кількостей спирту знижує буферну ємність ацетатного буферного розчину, що утворився в момент приготування золь-гель композиції, за рахунок реакції оцтової кислоти зі спиртом з утворенням

складного ефіру - етилацетату. Наявність в золі іонів натрію також може призводити до утворення етоксиду натрію. Одночасно з перерахованими реакціями в золі відбуваються процеси поліконденсації кремнієвої кислоти з утворенням ді-, три- і тетраметрів - основних компонентів, необхідних для формування первинних частинок  $\text{SiO}_2$  на нанорівні. Конденсаційна вода може брати участь в процесі гідролізу складного ефіру та етоксиду натрію. При проходженні перерахованих реакцій можлива зміна значення рН в індукційному періоді дозрівання золю і, як наслідок, зміна терміну життя золю. Збільшення вмісту спирту забезпечувало підвищення живучості золю  $\text{SiO}_2$ .

Всі зразки, просочені золем  $\text{SiO}_2$ , з різним вмістом спирту, піддавали вогневим випробуванням та досліджували вплив вмісту спирту на час початку звуглення покриттів ( $\tau_{пз}$ ), час початку руйнування тканини ( $\tau_{пр}$ ), а також площу руйнування тканини при  $\tau_{пр}$  ( $S(\tau_{пр})$ ). Для запобігання тління на висушене кремнеземисте покриття наносили розчин діамоній гідрофосфату методом розпилення.

Не просочений зразок бавовняної тканини прогоряв за 1 хвилину. При видаленні джерела вогню тканина продовжувала активно горіти і тліти протягом 5 хв до повного руйнування, тому площа повного прогоряння склала 2340  $\text{мм}^2$ .

Нанесення силікатного покриття на тканину збільшувало її стійкість до прогоряння до 5 хвилин, проте не запобігала залишковому тлінню. При нанесенні 0,3% діамоній гідрофосфату у вигляді 20%-го розчину на поверхню тканини після вогневих випробувань просочених зразків залишкового горіння або тління не спостерігалось.

При збільшенні товщини покриття на основі золю 8%-ї концентрації час початку обвуглювання просочених зразків практично не змінювався, однак час початку руйнування тканини значно зростав (в 3-4 рази) не залежно від вмісту спирту. При цьому площа повного прогоряння була мінімальною за умови триразового нанесення покриття при вмісті спирту 5% .

Після вогневих випробувань тканини мали досить щільну структуру, проте всі нитки стали значно тонше. Зразок, який пробув у зоні дії вогню 6 хв 40 сек, характеризувався мінімальною площею руйнування (6  $\text{мм}^2$ ) і має щільну структуру. Всі зразки не втрачали своєї еластичності, покриття не обсіпалися.

При введенні 15% спирту зразки більшою мірою піддавалися дії вогню: волокна ниток більшою мірою стали тонші (вище усадка) тканина руйнується, утворюючи велику тріщину.

При просочуванні тканини золем  $\text{SiO}_2$  10%-ї концентрації картина дещо змінюється. Так як золь має більш високу в'язкість, частина спирту, ймовірно, залишається в тканині після сушки, що є причиною зниження часу початку руйнування просочених зразків. У разі використання дворазового просочування тканини підвищується не тільки час початку руйнування тканини, а й різко знижується площа руйнування.

Таким чином, встановлено вплив вмісту етанолу на вогнезахисні властивості покриттів на основі рідкого скла. Показано, що на вогнезахист текстильних матеріалів впливає не тільки концентрація золю  $\text{SiO}_2$  та вміст етанолу, але й товщина захисного шару покриття, тобто кількість просочень тканини.