

*О.Б. Скородумова, д.т.н., профессор, НУГЗУ,
Е.В. Тарахно, к.т.н., доцент, НУГЗУ,
М.А. Чиркина, к.т.н., доцент, НУГЗУ,
В.А Крадожон, курсант, НУГЗУ,
Е.С. Потоцкий, студент, НУГЗУ*

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СПОСОБА НАНЕСЕНИЯ НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ОГНЕСТОЙКИХ ПОКРЫТИЙ

(представлено д.т.н. Киреевым А.А.)

Представлены результаты исследования влияния способа нанесения экспериментальных гибридных золь на микроструктуру и физико-механические свойства защитных покрытий на их основе. Показано, что двукратная пропитка ткани экспериментальным золь обеспечивает значительное повышение огнестойкости не только при различных видах тепловой нагрузки (постоянная или циклическая), но и после активной механической обработки (многократный изгиб, истирание, истирание + изгиб).

Ключевые слова: тетраэтоксисилан, метилтриэтоксисилан, гибридные гели, огнестойкость, эластичность, защитные огнестойкие покрытия.

Постановка проблемы. Нанесение покрытий по тканевой основе связано с определенными трудностями. Прежде всего, защитное действие покрытий проявляется только при условии сохранения его целостности, следовательно, состав покрытия должен быть таким, чтобы в службе в условиях действия высоких температур и агрессивных сред в его структуре не происходило объемных изменений, вызывающих развитие трещин.

В предыдущих исследованиях в качестве рабочего состава для создания защитных огнестойких покрытий был принят гибридный золь на основе смеси кремнийорганических компонентов (метилтриэтоксисилана МТЭОС и тетраэтоксисилана ТЭОС), совместный гидролиз которых в условиях переменного рН приводил к формированию тонкой эластичной пленки на волокнах защищаемой ткани. Ранее было установлено [1], что потери массы гибридного геля при нагреве до 500 °С не превышают 3 масс.%. При этом прирост потерь массы в интервале 200 – 500 °С практически не изменялся и составлял ~ 0,8масс.%. Это обстоятельство позволило сделать предположение о перспективности использования гибридного золь для нанесения защитного покрытия [2]. Однако известно, что чем эластичнее покрытие, тем оно мягче, тем меньше его абразивоустойчивость.

Поэтому важным является проверка физико-механических свойств покрытий, полученных на основе гибридных золь.

Анализ последних достижений и публикаций. В работе [3] была показана взаимосвязь степени однородности гибридного геля и способа его получения, раскрыт механизм гелеобразования в гибридных золь системы МТЭОС – ТЭОС, показано влияние степени однородности геля

на огнестойкость покрытий. Отличительной чертой такого покрытия по сравнению с уже известными является безвредность для человека, легкость нанесения и простота восстановления покрытия в случае необходимости [4, 5]. Однако остается невыясненным поведение покрытия в условиях механической нагрузки, а также при периодической тепловой нагрузке. Получение этих сведений позволит установить, насколько надежно выполняет свои функции защитное покрытие.

Постановка задачи и ее решение. Задача исследований – изучить изменение физико-механических свойств защитных покрытий в зависимости от способа их нанесения в условиях тепловой и механической нагрузки.

Покрытия наносили методом пропитки на хлопчатобумажную ткань – основу для верхнего слоя защитного костюма пожарных. Образец пропитанной ткани оставляли в вертикальном положении на 5 мин для удаления лишнего золь и инициализации поликонденсации, после чего проводили повторную пропитку. Таким же образом проводили трехкратную пропитку ткани.

Экспериментальные образцы покрытий сушили в течение 1 суток в закрытом объеме, а затем – в течение 1 суток на открытом воздухе. После сушки внешний вид ткани не изменялся, покрытие было видно только под микроскопом. Микроскопический анализ покрытий в отраженном свете показал, что, благодаря низкому поверхностному натяжению, золь легко пропитывает нити ткани, поэтому покрытие формируется не на поверхности ткани, а по каждому волокну нитей ткани. Так как на поверхности покрытия равномерно распределены гидрофобные участки в виде CN_3 – групп, покрытые волокна не слипались друг с другом, свободно проскальзывали друг относительно друга при изгибании ткани, поэтому целостность покрытия не нарушалась.

Испытания на огнестойкость проводили на лабораторной установке, выдерживая образцы в верхней части пламени газовой горелки в течение 5 с. Одну серию образцов подвергали действию огня в течение 5 с, вторую – циклической нагрузке с суммарным временем пребывания в огне 10 с.

В ходе испытаний ткань с изнаночной стороны изменяла свою окраску с зеленой на светло-желтую, а в местах глубокого повреждения на темно-коричневую. Общую площадь повреждения определяли как сумму площадей легкого и глубокого повреждения.

Для определения эластичности экспериментальные образцы ткани с покрытиями сушили при 70 °С в течение 2 час., взвешивали на электронных весах марки «PS210/C/1» с точностью до 0,0001 г и подвергали изгибу, стиранию и комплексной нагрузке (изгиб и стирание). После испытаний образцы встряхивали для удаления отслоившихся частиц покрытия, снова взвешивали и определяли потери массы в процентах.

Результаты влияния вида механической нагрузки на целостность экспериментальных покрытий представлены на рис. 1. Как видно из рисунка, потери массы образцов снижаются при увеличении количества слоев покрытий, причем у двух – и трехслойного покрытия они различаются незначительно. В среднем, потери массы у двух – и трехслойных покрытий составляли приблизительно 0,2%.

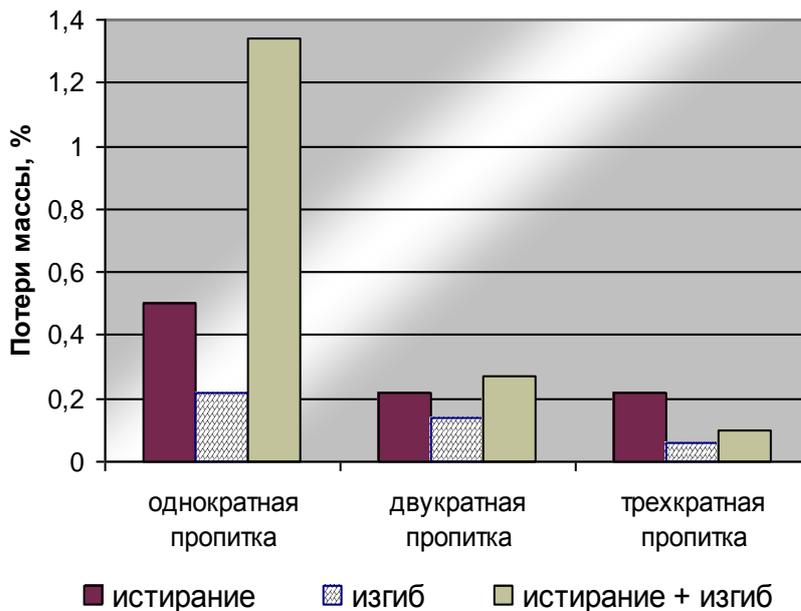


Рис. 1. Потери массы защитных покрытий при механической нагрузке

Такой низкий процент потерь массы объясняется наличием метильных групп на поверхности гибридного гелевого покрытия, придающим ему частичную гидрофобность. При истирающей нагрузке отслоившиеся частицы покрытия, по-видимому, остаются между нитями и могут адсорбироваться активированной поверхностью в порах покрытия, поэтому огнестойкость покрытий после механической нагрузки не снижается (рис. 2).

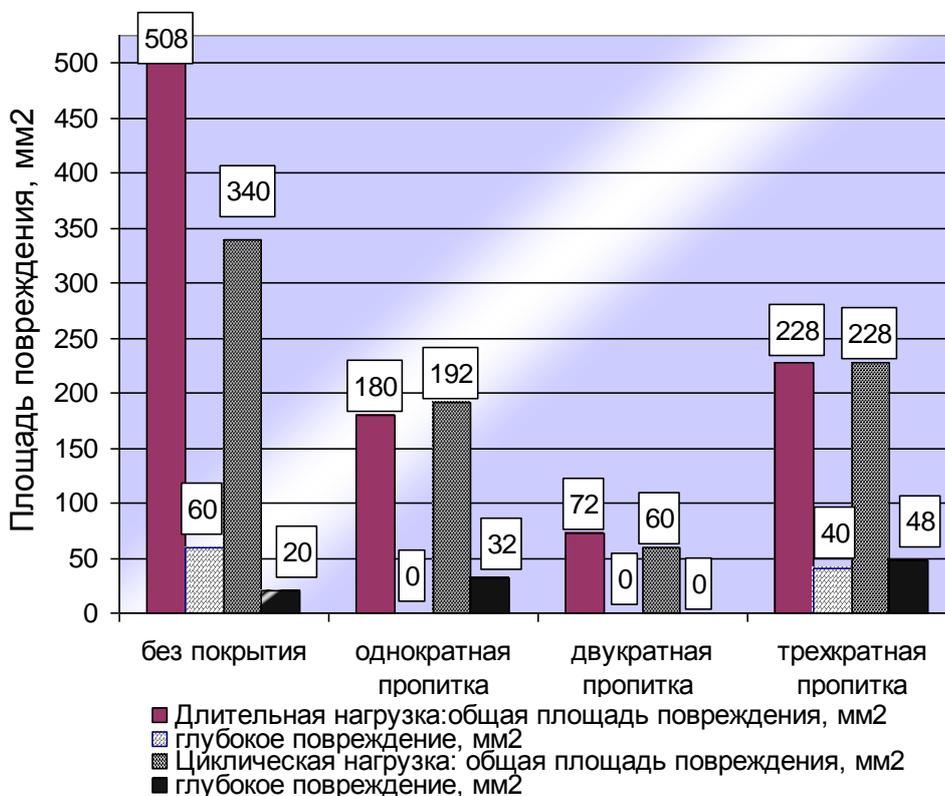


Рис. 2. Зависимость площади повреждения от количества нанесения слоев защитного покрытия

Использование однослойного покрытия значительно снижает общее повреждение от действия пламени горелки независимо от типа тепловой нагрузки (циклической или постоянной). Нанесение двух слоев защитного покрытия значительно снижает общую площадь повреждения ткани и предотвращает глубокое ее повреждение. При увеличении количества слоев до 3 площадь повреждения растет, по-видимому, вследствие неполного удаления растворителя при подсушивании промежуточных слоев.

Такая же зависимость наблюдается и при циклической тепловой нагрузке экспериментальных образцов. Полученные результаты позволяют сделать вывод о возможности многократного использования пропитанной ткани при непродолжительном контакте с огнем без видимых нарушений ее целостности.

Выводы. В результате проведенных исследований установлено влияние способа нанесения экспериментальных гибридных золь на микроструктуру защитных покрытий и их физико-механические свойства. Выявлена взаимосвязь технологических параметров нанесения покрытия и формирования микроструктуры защитного покрытия по костюмам пожарных. Показано, что разработанные покрытия характеризуются высокой эластичностью и не разрушаются при многократном изгибании пропитанных образцов тканей как до, так и после испытаний в пламени горелки. Использование двукратной пропитки позволяет значительно повысить огнестойкость ткани.

ЛИТЕРАТУРА

1. Скородумова О.Б. Исследование процессов термодеструкции органико-неорганических гелей SiO_2 / О.Б. Скородумова, Е.В. Тарахно, А.Ю. Лозовской // Проблемы пожарной безопасности. – 2015. – Вып. 36. – С. 231-234.

2. Скородумова О.Б. Исследование свойств огнезащитных кремнеземистых покрытий по костюмам пожарных / О.Б. Скородумова, Е.В. Тарахно, М.Л. Степанов, В.А. Крадожон // Проблемы пожарной безопасности. – 2015. – Вып. 38. – С. 231-236.

3. Скородумова О. Б. Исследование влияния механизма гелеобразования в гибридных золях тетраэтоксисилана на эластичность защитных покрытий / О.Б. Скородумова, А.Ю. Лозовской, Е.В. Тарахно, Я.Н. Гончаренко // Проблемы пожарной безопасности. – 2015. – Вып. 37. – С. 201-206.

4. Скородумова О.Б. Кремнеземистые порошки и защитные покрытия на основе гибридных гелей полифункционального назначения / О.Б. Скородумова, Е.В. Тарахно, Д.Ю. Олейник, Я.Н. Гончаренко // Вісник національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». Збірник наукових праць. Харків: НТУ «ХПІ». – 2015. – № 7(1050). – С. 162-166.

5. Скородумова О.Б. Исследование микроструктуры огнезащитных кремнеземистых покрытий по костюмам пожарных / О.Б. Скородумова, Е.В. Тарахно, Г.С. Попенко, В.А. Крадожон, Е.С. Потоцкий // Проблемы пожарной безопасности. – 2016. – Вып. 39. – С. 250–255.

Получено редколлегией 18.10.2016

О.Б. Скородумова, О.В. Тарахно, М.А. Чиркіна, В.А. Крадожон, Э.С. Потоцький
Дослідження впливу способу нанесення на фізико-механічні властивості вогнестійких покриттів

Представлені результати дослідження впливу способу нанесення експериментальних гібридних золів на микроструктуру і фізико-механічні властивості захисних покриттів на їх основі. Показано, що дворазова просочення тканини експериментальним золем забезпечує значне підвищення вогнестійкості не тільки при різних видах теплового навантаження (постійна або циклічна), але і після активної механічної обробки (багаторазовий вигин, стирання, стирання + вигин).

Ключові слова: тетраетоксисилан, метилтриетоксисилан, гібридні гелі, вогнестійкість, еластичність, захисні вогнестійкі покриття.

O.B. Skorodumova, E.V. Tarahno, M.A Chirkina, V.A. Kradozhon, T.S Pototskiy
Study of the method of application on physical and mechanical properties of fire-retardant coating

The effect of the method of application of the experimental hybrid sols on the microstructure and mechanical properties of protective coatings based on them has been studied. It is shown experimentally that the double impregnation sol fabric provides a significant increase in fire resistance not only in different types of thermal load (constant or cyclic), but also active after mechanical load (flexing, abrasion, abrasion + bend).

Keywords: tetraethoxysilane, methyltriethoxysilane, hybrid gels, fire resistance, elasticity, protective fire-resistant coating.