

УДК 677.027

**ОГНЕСТОЙКИЕ ЦЕЛЛЮЛОЗНЫЕ ТЕКСТИЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ
НА ОСНОВЕ СИЛИКАТА НАТРИЯ
И АЗОТ- И ФОСФОРСОДЕРЖАЩИХ СОЕДИНЕНИЙ**

**FIRE-RESISTANT CELLULOSIC TEXTILE MATERIALS
BASED ON SODIUM SILICATE
AND NITROGEN- AND PHOSPHORUS-CONTAINING COMPOUNDS**

E. TAKEY, A.T. ALTYNBAYEVA, B.P. TAUSSAROVA
YE. TAKEY, A.T. ALTYNBAYEVA, B.R. TAUSSAROVA

(Алматинский технологический университет, Республика Казахстан)
(Almaty Technological University, Republic of Kazakhstan)
E-mail: ergengul@listl.ru

В статье изложены исследования по применению силиката натрия, фосфорсодержащих антипиренов для придания огнезащитных свойств целлюлозным текстильным материалам. Исследовано влияние концентрации исходных компонентов, температуры и времени термообработки на огнезащитные свойства.

The article considers the use of sodium silicate and phosphorus-containing flame retardants to impart flame retardant properties to cellulose textile materials. The effect of the concentration of the initial components, the temperature and the time of heat treatment on the flame retardant properties was studied.

Ключевые слова: целлюлозные текстильные материалы, силикат натрия, золь-гель, огнестойкость.

Keywords: cellulose textile materials, sodium silicate, sol-gel, flame-retardant.

В настоящее время в жилых помещениях используется большое количество легкосгораемых тканевых материалов, представляющих значительную пожарную опасность. Исследования причин возникновения пожаров показывают, что элементы интерьера из текстиля (шторы, обивочные ткани, ковровые покрытия) не только способствуют быстрому распространению огня, но и являются при пожаре источником

ряда удушающих газов. Уменьшение пожарной опасности возможно при помощи мероприятий, осуществляемых химическими способами огнезащиты мягких и жестких тканевых материалов. Препятствуя развитию огня, химические средства огнезащиты облегчают пожаротушение, а в ряде случаев исключают возможность возникновения пожара. Актуальной проблемой современной химии полимеров явля-

ется создание материалов пониженной горючести, а также разработка специфических замедлителей горения, антипиренов, которые помимо высокой эффективности должны проявлять хорошую совместимость с используемыми полимерами и отвечать требованиям экологической безопасности [1...3].

Разработка материалов, обладающих качественно новыми свойствами, позволяющими реализовывать новые, труднодоступные с позиций традиционной технологии показатели, является актуальной задачей. Среди многообразия материаловедческих направлений создание новых функциональных и "умных" материалов является наиболее перспективным для развития нанотехнологий. Качественный прорыв в данной области связан с развитием методов массового синтеза наноматериалов, обладающих необходимыми для практического применения свойствами. Наиболее интересным и перспективным подходом к созданию функциональных и "умных" наноматериалов является золь-гель технология. Данная технология базируется на реакциях гидролиза, гомо- и гетерополиядерного комплексообразования, полимеризации и поликонденсации в растворах с формированием системы золя и последующим ее переходом в гель [4...6].

Золь-гель метод – это метод получения материалов, в том числе наноматериалов, включающий получение золя с последующим переводом его в гель, то есть в коллоидную систему, состоящую из жидкой дисперсионной среды, заключенной в пространственную сетку, образованную соединившимися частицами дисперсной фазы [5].

Золь-гель технология активно развивается и внедряется в производство получения огнестойких покрытий, волокон и других неорганических материалов [6]. Название "золь-гель технология" объединяет группу методов синтеза материалов из растворов, главным результатом которого является получение геля на одной из стадий процесса. Чаще всего в основе данного процесса лежит реакция контролируемого гидролиза соединений, обычно алкооксидов [7].

Целью настоящего исследования является получение текстильных материалов с

огнезащитными свойствами с применением золь-гель технологии.

Объектом исследования в работе служила хлопчатобумажная ткань артикула 1030. В опытах использовали силикат натрия, уксусную кислоту, полифосфат аммония и тиомочевину.

Образцы хлопчатобумажной ткани плотняного переплетения обрабатывали водным раствором силиката натрия, катализатором гидролиза служил 70%-ный CH_3COOH , пропитку осуществляли при 25...30°C в течение 1 мин, далее ткань отжимали на двухвальной плюсовке со степенью отжима 90%. Затем образцы подвергали сушке при температуре 75°C в течение 8...10 мин. После этого обработанную ткань подвергали термообработке при 110, 130, 150°C в течение 1 мин, на второй стадии образцы пропитывали водным раствором полифосфата аммония и тиомочевины, после – отжим 90%, высушивание при 75°C в течение 3 мин в термошкафу с последующей промывкой в дистиллированной воде и сушка при комнатной температуре [8], [9].

Испытания с целью определения эффективности огнезащиты разработанных составов проводили в соответствии с ГОСТом Р 50810–95, который устанавливает метод определения способности текстильных материалов (тканей, нетканых полотен) сопротивляться воспламенению, устойчивому горению. Стандарт применяется для всех горючих декоративных текстильных материалов, поставляемых потребителю. Результаты исследования огнезащитной отделки с применением предлагаемых композиций приведены в табл. 1. Они показывают, что с повышением концентрации составов длина обугленного участка меняется в зависимости от температуры термообработки.

Электронно-микроскопические снимки, которые представлены на рис. 1 (электронно-микроскопические снимки обработанных целлюлозных волокон: а) – контрольный образец; б) – при Na_2SiO_3 – 50 мл; в) – при Na_2SiO_3 – 100 мл; д) – при Na_2SiO_3 – 150 мл), подтверждают образование тонкой полимерной пленки на поверхности волокна.

Т а б л и ц а 1

| № | Концентрация веществ, г/л | | | Длина обугленного участка, мм | | | Разрывная нагрузка, Н | | | Воздухопроницаемость, дм ³ /м ² с | | |
|---|----------------------------------|------------------------------------|-----------|--------------------------------|-----|-----|-----------------------|-----|-----|---|-------|-------|
| | Na ₂ SiO ₃ | CS (NH ₂) ₂ | антипирен | температура термообработки, °С | | | | | | | | |
| | | | | 110 | 130 | 150 | 110 | 130 | 150 | 110 | 130 | 150 |
| 1 | Исходный образец | | | 220 | 220 | 220 | 202 | 202 | 202 | 170 | 170 | 170 |
| 2 | 50 | 60 | 200 | 116 | 111 | 107 | 198 | 201 | 197 | 168,9 | 167,4 | 168,5 |
| 3 | 100 | 60 | 200 | 123 | 138 | 137 | 199 | 199 | 196 | 167,8 | 168,6 | 166,2 |
| 4 | 150 | 60 | 200 | 115 | 108 | 124 | 201 | 200 | 196 | 169,5 | 168,1 | 166,9 |

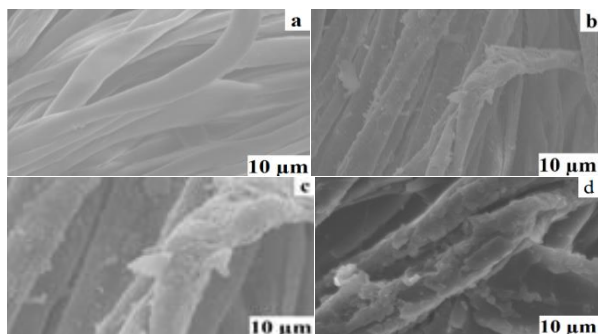


Рис. 1

Результаты электронно-сканирующей микроскопии показывают изменение морфологической поверхности обработанных образцов по сравнению с необработанными.

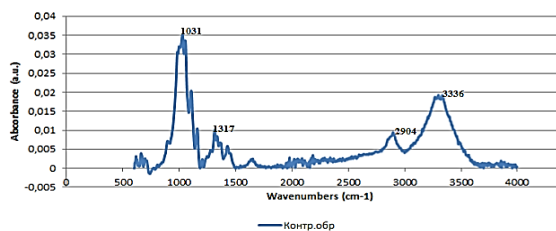


Рис. 2

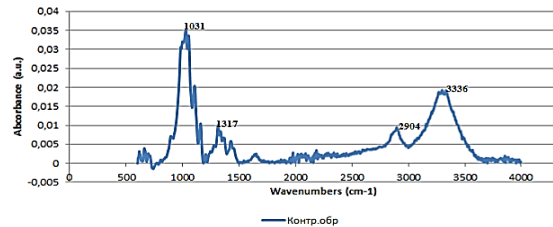


Рис. 3

Т а б л и ц а 2

| Контрольный образец | Частоты колебаний (см ⁻¹) | | | Колебательные режимы |
|---------------------|--|---|---|----------------------|
| | Na ₂ SiO ₃ 50 мл | Na ₂ SiO ₃ 100 мл | Na ₂ SiO ₃ 150 мл | |
| 3336 | 3342 | 3341 | 3343 | (NH ₂) |
| 2904 | 2912 | 2900 | 2908 | (C-H) |
| - | 2301 | 2355 | 2362 | (P-H) |
| - | 1689 | 1622 | 1620 | (N-H) |
| - | 1319 | 1458 | 1458...1317 | (C-N) |
| 1031 | 1033 | 1055 | 1055 | (Si-O-Si) |

При анализе спектров можно заметить, что спектры целлюлозы, обработанной данной композицией, по сравнению с исходной целлюлозой претерпели значительные изменения. В ИК-спектре обработанного образца

сохраняются все полосы поглощения, характерные для необработанного хлопкового волокна. Полосы поглощения обработанного образца свидетельствуют о наличии связей Si-O-Si-групп в областях 1029 и 1031 см⁻¹,

N-H-групп – в области 1624 см^{-1} , а также P-H-групп – в области 2360 см^{-1} , C-N-групп – в областях $1392...1456\text{ см}^{-1}$.

Также был исследован предельный кислородный индекс. Результаты исследования представлены в табл. 3, где показано, что необработанная ткань имеет низкий кислородный индекс по сравнению с обработанными образцами с золь-гель композицией.

Т а б л и ц а 3

| № | Образцы | КИ, % |
|---|---------------------------------|-------|
| 1 | Контрольный образец | 19 |
| 2 | Na_2SiO_3 50мл | 34 |
| 3 | Na_2SiO_3 100мл | 35 |
| 4 | Na_2SiO_3 150мл | 36 |

ВЫВОДЫ

1. Показано, что предложенный способ пропитки целлюлозных текстильных материалов в прекурсор с последующей сушкой и термообработкой в антипирене позволяет получить кремнеземное покрытие с зафиксированным антипирином высокой степени.

2. Методом электронно-сканирующей микроскопии установлено, что обработка тканей разработанными композициями приводит к изменению морфологии поверхности волокон.

По полученным результатам ИК-спектроскопии можно сделать вывод о том, что взаимодействие композиции с макромолекулами целлюлозы приводит к значительному изменению полос поглощения обработанных образцов. Показатели кислородного индекса также доказывают эффективность разработанной технологии. Таким образом, с учетом проведенных исследований можно сделать вывод, что при обработке целлюлозы данной композицией образуются химические связи между макромолекулами целлюлозы и аппретирующих веществ.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Visakh P.M., AraoYoshihiko.* Flame Retardants // *Polymer blends, composites and nanocomposites.* – 2015. P.247...249.
2. *Giuseppe Rosace, Claudio Colleoni, Emanuela Guido, Giulio Malucelli.* Phosphorus-silica sol-gel hybrid coatings for flame retardant cotton fabrics // *Textile.* – 2017. P. 29...35.

3. *Khalifah A. Salmeia, Gaan S., Malucelli G.* Recent advances for flame retardancy of textiles based on phosphorus // *Polymers.* – Vol.8, 2016. P.319...322.

4. *Malucelli G., Carosio F., Alongi J., Fina A., FracheA., Camino G.* Materials engineering for surface-confined flame retardancy // *Materials Science and Engineering.* –2014. P. 1...20.

5. *Alongi J., Ciobanu M., Malucelli G.* Novel flame retardant finishing systems for cotton fabrics based on phosphorus-containing compounds and silica derived from sol-gel processes // *Carbohydrate Polymers.* – 2011. P. 599...608.

6. *Lucie Costes, Fouad Laoutid, Sylvain Brohez, Philippe Dubois.* Bio-based flame retardants: When nature meets fire protection // *Materials Science and Engineering R.* – Vol.117, 2017. P.1...25.

7. *Takeй E., Таусарова Б.Р.* Золь-гель технология получения текстильных материалов с огнезащитными свойствами // Тез. докл. XI Всероссийской школы-конференции молодых ученых: Теоретическая и экспериментальная химия жидкофазных систем (Крестовские чтения). – М., 2017. С.180...181.

8. *Takeй E., Таусарова Б.Р.* Применение тетраэтоксисилана и тиомочевины для придания огнезащитных свойств целлюлозным текстильным материалам // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2017, №5. С.75...78.

9. *Таусарова Б.Р., Takeй E.* Золь-гель технология в придании огнезащитных свойств целлюлозным текстильным материалам // *Наноиндустрия.* – 2018, №1(80). С.68...73.

REFERENCES

1. *Visakh P.M., AraoYoshihiko.* Flame Retardants // *Polymer blends, composites and nanocomposites.* – 2015. R.247...249.

2. *Giuseppe Rosace, Claudio Colleoni, Emanuela Guido, Giulio Malucelli.* Phosphorus-silica sol-gel hybrid coatings for flame retardant cotton fabrics // *Textile.* – 2017. P. 29...35.

3. *Khalifah A. Salmeia, Gaan S., Malucelli G.* Recent advances for flame retardancy of textiles based on phosphorus // *Polymers.* – Vol.8, 2016. P.319...322.

4. *Malucelli G., Carosio F., Alongi J., Fina A., FracheA., Camino G.* Materials engineering for surface-confined flame retardancy // *Materials Science and Engineering.* –2014. P. 1...20.

5. *Alongi J., Ciobanu M., Malucelli G.* Novel flame retardant finishing systems for cotton fabrics based on phosphorus-containing compounds and silica derived from sol-gel processes // *Carbohydrate Polymers.* – 2011. P. 599...608.

6. *Lucie Costes, Fouad Laoutid, Sylvain Brohez, Philippe Dubois.* Bio-based flame retardants: When nature meets fire protection // *Materials Science and Engineering R.* – Vol.117, 2017. P.1...25.

7. *Takeй E., Tausarova B.R.* Zol'-gel' tehnologija poluchenija tekstil'nyh materialov s ognезashhitnymi svojstvami // Тез.докл. XI Vserossijskoj shkoly-konferencii molodyh uchenyh: Teoreticheskaja i jekspe-

rimental'naja himija zhidkofaznyh sistem (Krestovskie chtenija). – M., 2017. C.180...181.

8. Takej E., Tausarova B.R. Primenenie tetro-jetoksisilana i tiomocheviny dlja pridaniya ognezashhitnyh svojstv celljulozным tekstil'ным materialam // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2017, №5. P.75...78.

9. Tausarova B.R., Takej E. Zol'-gel' tehnologija v pridanii ognezashhitnyh svojstv celljulozным tekstil'ным materialam // Nanoindustrija. – 2018, №1(80). P.68...73.

Рекомендована Ученым советом. Поступила 02.10.18.
