УДК 543.456

doi:10.34987/vestnik.sibpsa.2021.22.69.009

# Влияния температуры на текстильные материалы и возможности идентификации ткани методом оптической микроскопии

### Долгушина Л.В. к.х.н, доцент

ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

Аннотация. В статье представлены данные морфологического исследования текстильных материалов на основе хлопка, льна и полиэстера, подвергнутых термической обработке. Проведен морфологический анализ образцов тканей из хлопка, льна и полиэстера, выявлена зависимость изменения структуры ткани от величины температурного воздействия. Показано, что ткани из натуральных материалов при нагревании теряют цвет, после чего с повышением температуры частично карбонизируются, а после достижения температуры 300°С и выше начинают сгорать. Установлено, что ткань из полиэстера при нагревании до 250 °С не изменяется, а затем начинает сплавляться, изменяя свою структуру.

Ключевые слова: ткани, метод, оптическая микроскопия, пожар, морфологический анализ.

## INFLUENCE OF TEMPERATURE ON TEXTILE MATERIALS AND POSSIBILITIES OF TISSUE IDENTIFICATION BY OPTICAL MICROSCOPY

#### Dolgushina L.V. Ph.D. of Chemical Sciences, Docent

FSBEE HE Siberian Fire and Rescue Academy of Firefighting Service of EMERCOM of Russia

**Abstract.** The article presents the data of the morphological study of textile materials based on cotton, flax and polyester, subjected to heat treatment. The morphological analysis of samples of fabrics made of cotton, flax and polyester was carried out, the dependence of the change in the structure of the fabric on the magnitude of the temperature effect was revealed. It has been shown that fabrics made of natural materials lose their color when heated, after which they partially carbonize with increasing temperature, and after reaching a temperature of 300 °C and above they begin to burn. It was found that a polyester fabric does not change when heated to 250 °C, and then begins to fusion, changing its structure.

**Key words:** tissue, method, optical microscopy, fire, morphological analysis.

Одной из основных причин возникновения пожаров является загорание текстильных материалов. Очень часто первоначальная стадия горения связана с воспламенением текстильных материалов и распространением пламени на вискозных, синтетических, хлопчатобумажных и других тканях, используемых в строительстве.

Легкость воспламенения и повышенная горючесть большинства тканей и, как правило, значительная площадь поверхности приводят к быстрому распространению огня по ним, воспламенению других изделий и предметов, находящихся поблизости. На начальном этапе развития пожара в 12 % случаев возгорались одежда, постельное белье, гардины, занавески, обивочные и драпировочные ткани [1].

Исследование текстильных материалов может быть источником информации не только о развитии пожара, но и его причине. Поэтому исследование остатков текстильных материалов при расследовании дела о пожарах является актуальной задачей.

В настоящее время ткани находят применение во всех сферах деятельности человека, их многообразие на столь велико, что поражает воображение. Любой даже самый изощренный потребитель может подобрать текстильный материал на свой вкус и цвет.

В основу классификации тканей могут быть положены различные принципы. Так по типу сырья выделяют натуральные и химические ткани. Среди натуральных тканей различают ткани животного, растительного и минерального происхождения. Химические ткани в зависимости от происхождения сырья бывают искусственные (для производства используется натуральное сырье, которое подвергается воздействию химическими реагентами) и синтетическими (все этапы производства включают в себя химический синтез).

Кроме того, в зависимости от структуры ткани и способа переплетения нитей различают 6 типов тканей. Ткани могут быть с простым, специальным, комбинированным, ворсовым, крупноузорчатым и двухслойным переплетением. От типа переплетения зависит на сколько плотной и объемной будет ткань, а, следовательно, и пожароопасные свойства ткани так же будут различными.

Вопросам оценки пожарной опасности текстильных материалов уделяется достаточно много внимания как у нас в стране, так и за рубежом. При этом во всех технически развитых странах, в том числе и в России, имеющиеся нормативные документы указывают на необходимость оценки тех или иных показателей пожарной опасности в зависимости от функционального назначения изделий.

Основополагающим нормативным документом по вопросам возможного применения материалов, в том числе и текстильных, на различных строительных объектах на территории Российской Федерации является СНиП 21-07-97\* «Пожарная безопасность зданий и сооружений». В соответствии с этим документом отделочные и облицовочные комбинированные материалы, в состав которых входит текстиль, должны быть охарактеризованы следующими показателями пожарной опасности: группа горючести, группа воспламеняемости, группа дымообразования и токсичности продуктов горения.

Учитывая все имеющееся разнообразие текстильных материалов, необходимо понимать, как тот или иной вид ткани будет вести себя в условиях близких к условиям пожара. Это необходимо как для установления очага пожара, так и для определения его причины [2-3].

Как правило, любое экспертное исследование в независимости от его целей начинается с морфологического анализа, то есть первоначально изучают внешнее и внутреннее строение конкретных тел. Морфологический анализ может быть качественным (морфоскопические методы) и количественным (морфометрические методы). Наибольшее распространение среди методов морфологического анализа в криминалистическом исследовании веществ, материалов и изделий получили микроскопические методы.

Оптическая микроскопия дает понимание о морфологическом строении и позволяет предположить первоначальную структуру без разрушения образца.

На первом этапе нами были изучены нити различного состава: льняная, хлопковая, шерстяная и вискозная при увеличении в 10 раз. Данные образцы представлены на рис. 1.

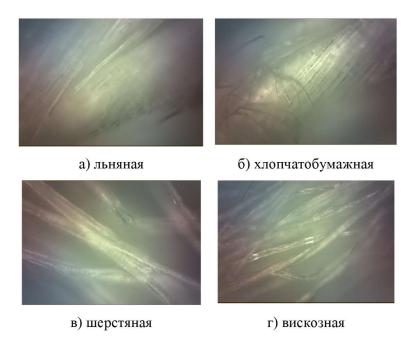


Рис. 1. Образцы нитей при увеличении в 10 раз.

Анализируя полученные данные в качестве объектов для испытаний нами были выбраны образцы тканей, в дальнейшем подвергшиеся температурному воздействию. Такими материалами явились сатин, брезент и полиэстер. По своему составу сатин и брезент относятся к натуральным тканям и в своем составе содержат 100 % хлопок и лен. Полиэстер относится к синтетическим материалам. Нами были отобраны образцы размером 10×10 сантиметров, масса каждого объекта составила примерно 1 г. На рисунке 2 представлены образцы тканей при увеличении в 2 раза.

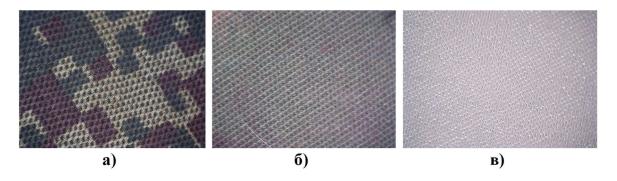


Рис. 2. Образцы тканей из сатина (а), брезента (б) и полиэстера (в) при увеличении 2х.

На следующем этапе все образцы были подвергнуты температурному воздействию в зависимости от типа ткани и его состава. Структура образцов была изучена методом оптической спектроскопии. Первоначально образцы изучались при двухкратном увеличении, а затем выборочно при увеличении в 10 раз.

Натуральные ткани из хлопка и льна (сатин и брезент соответственно) были подвергнуты температурным воздействиям в муфельной печи, предварительно разогретой до температур 250, 300, 350 и 400 °C в течение 10 минут. На рисунках 3 и 4 представлены данные морфологического анализа при двухкратном увеличении с помощью оптического микроскопа МИКМЕД 5.0 цифровой USB.



Рис. 3. Образцы тканей из хлопка после температурного воздействия при увеличении 2х.

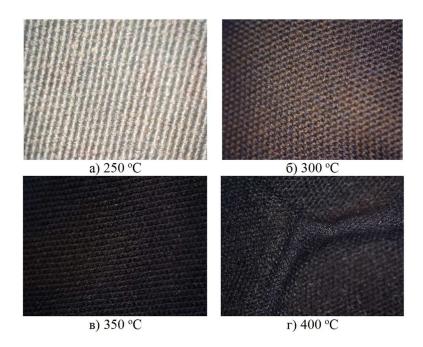


Рис. 4. Образцы тканей из брезента после температурного воздействия при увеличении 2х.

Учитывая, что полиэстер имеет температуру плавления 250-265 °C, синтетическая ткань была подвергнута нами более низким температурным воздействиям, а именно 175, 200, 250 и 300 °C. На рис. 5 представлены данные морфологического анализа при двухкратном увеличении с помощью оптического микроскопа МИКМЕД 5.0 цифровой USB.



Рис. 5. Образцы тканей из полиэстера после температурного воздействия при увеличении 2х.

Как видно из представленных данных на рисунках 3-5 температурное воздействие оказало влияние на структуру ткани, произошло изменение цвета, а затем и его потеря. Так как произошло выгорание красителя, как правило состоящего из органических материалов. Исключение составила ткань из полиэстера так как она была не окрашена. Кроме того, натуральные материалы при высоком температурном воздействии начинают карбонизироваться и изменять свою структуру.

С целью более глубокого изучения происходящих изменений в структуре материала нами был использован микроскоп металлографический инвертированный Метам ЛВ-41, который предназначен для исследования микроструктуры металлов, сплавов и других непрозрачных объектов в отраженном свете в светлом поле при прямом и косом освящении, в темном поле, а также по методу дифференциально-интерференционного контраста. Данный микроскоп легко подключается к компьютеру и позволяет более глубоко изучать структуру непрозрачных объектов.

Так на рис. 6 изображены объекты из сатина при увеличении в 10 раз. В исходном образце четко видны все переплетения нитей. В то время как в образцах подверженных температурному воздействию с увеличением температуры можно заметить образование мест обрыва волокон. С увеличением температуры изменяется цвет ткани, и если на начальных этапах ткань просто теряет свой цвет, то в дальнейшем она становится практически черной, что свидетельствует о сгорании органических составляющих.

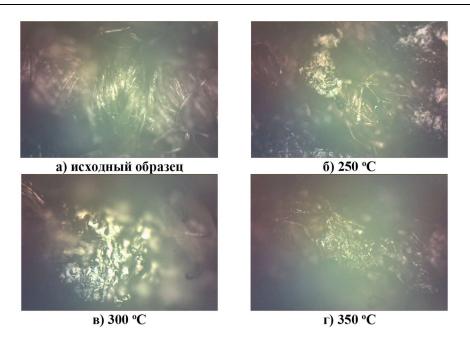


Рис. 6. Образцы ткани из сатина при увеличении в 10 раз.

Так на рис. 7 изображены объекты из брезента при увеличении в 10 раз. В исходном образце четко видны плотные переплетения нитей. В то время как в образцах подверженных температурному воздействию с увеличением температуры можно увидеть выделение нитей из волокон, но при этом сохраняется структура ткани. С увеличением температуры изменяется цвет ткани, и если на начальных этапах ткань просто теряет свой цвет, то в дальнейшем она становится хрупкой и черной, что свидетельствует о сгорании органических составляющих.

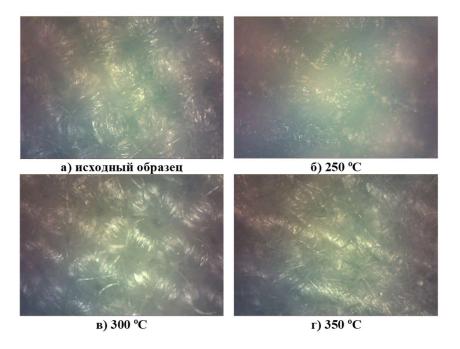


Рис. 7. Образцы ткани из брезента при увеличении в 10 раз.

Так на рис. 8 изображены объекты из полиэстера при увеличении в 10 раз. В исходном образце видны четкие переплетения нитей. В то время как в образцах подверженных температурному воздействию с увеличением температуры можно заметить сплавление волокон. С увеличением температуры цвет ткани не меняется, даже при выдерживании в течение 10 минут при температуре 250 °C. На начальных этапах нити начинают выделяться из ткани и в дальнейшем она начинает темнеть, после чего оплавляется и становится твердой. Учитывая, что температура плавления полиэстера находится в пределах 250-265 °C, то структура образцов, которые выдерживали при температурах 250 °C и 300 °C в течение 10 минут практически идентична, что подтверждается данными оптической микроскопии.

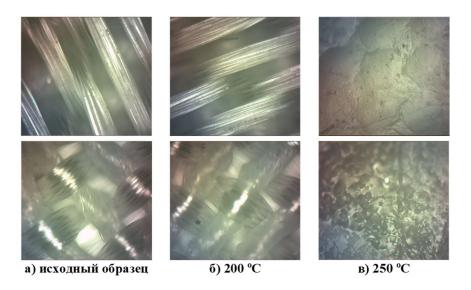


Рис.8. Образцы ткани из полиэстера с лицевой и изнаночной сторон при увеличении в 10 раз.

На основании анализа полученных данных, можно сказать, что ткани из натуральных растительных волокон при нагревании в одинаковых условиях ведут себя аналогично. Вначале происходит потеря окраски, затем частичная карбонизация материала, и в дальнейшем полная карбонизация материала. При этом материал не подвергается плавлению.

Синтетическая ткань полиэстер при нагревании в условиях температуры близкой к температуре плавления становится более пластичной, не становясь при этом жидкой. Материал в течении 10 минут полностью сжимается, становясь твердым образцом. При нагревании в условиях более низких температур (175-200 °C) структура материала практически не изменяется, судя по данным оптической микроскопии.

С помощью морфологического анализа методом оптической микроскопии можно выявить структуру и признаки обгоревших тканей и дифференцировать их.

### Литература

- 1. Михайлова Е.Д. Снижение пожарной опасности синтетических текстильных материалов: Дис. ... канд. техн. наук: 05.26.03: Москва, 2003 205 с. РГБ ОД, 61:04-5/1145
- 2. Чешко И.Д. Экспертиза пожаров (объекты, методы, методики исследования). под науч. ред. канд. юр. наук Н. А. Андреева. 2-е изд., стереотип. СПб.: СПбИПБ МВД России. 1997. 562 с.
- 3. Чешко И.Д., Яценко Л.А., Воронова В.Б. Мониторинг пожаров, связанных с поджогом. В сборнике: Расследование пожаров. сборник статей. Санкт-Петербург, 2016. С. 48–54.