

# Морфология поверхности ткани 07С11-КВ после лазерного воздействия

А. Г. Анисович<sup>1</sup>, И. П. Акула<sup>1</sup>, В. И. Журавлева<sup>2</sup>, М. И. Маркевич<sup>1</sup>, Н. М. Чекан<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Физико-технический институт НАН Беларуси, Минск;*

*e-mail: a.chaplanov@gmail.com*

<sup>2</sup> *Военная академия Республики Беларусь, Минск*

Взаимодействие лазерного излучения с тканями материалами – важное научное направление, которое обеспечивает физические основы ряда прикладных направлений. Перспективным направлением при изготовлении одежды является лазерная технология резки и перфорации синтетических и смесовых тканей. Смешивание разных видов сырья синтетического и натурального состава позволяет получать ткани с высокими эксплуатационными свойствами. В работе исследована морфология поверхности смесовой ткани 07С11-КВ (Моготекс) после лазерного воздействия сдвоенными лазерными импульсами.

**Ключевые слова:** морфология, смесовая ткань, лазерное воздействие, наносекундная длительность импульса, двухимпульсный режим

## Введение

Бурное развитие швейной технологии связано с проникновением в отрасль новых научно-технических достижений лазерной физики. Применение лазерных технологий в данной отрасли обусловлено рядом преимуществ:

- оплавление края ткани исключает обработку края оверлоком;
- резка нескольких слоев материала позволяет создавать аппликации;
- высокая скорость выполнения операций позволяет использовать эти технологии в серийном производстве;
- нет деформации материала вне зоны обработки, что позволяет обрабатывать труднодоступные участки материала;
- воздействие оказывается на минимальную площадь поверхности;
- отсутствие искажений ткани из-за бесконтактной обработки;
- точная резка тонких контуров;
- отсутствие пыли;
- отсутствие износа инструмента, что обеспечивает высокое качество резки.

Для лазерной перфорации и лазерной резки подходят как синтетические, так и натуральные ткани. Для синтетических тканей цвет среза не отличается от цвета самого материала.

Изменения в тканых материалах напрямую зависят от режимов облучения [1]. Одной из вариаций лазерного метода воздействия является двухимпульсная абляция [2, 3]. При этом воздействие на ткань осуществляется не одиночными, а сдвоенными лазерными импульсами с временным сдвигом.

Цель работы – установить влияние импульсного лазерного воздействия в режиме сдвоенных импульсов на морфологию ткани 07С11-КВ.

## Основная часть

Ткань 07С11-КВ применяется в широком диапазоне положительных и отрицательных температур, она формоустойчива, мягкая и пластичная, хорошо драпируется. Состав сырья ткани: полиэфир – 67 %, вискоза – 33 %. Ткань имеет полотняное переплетение. На рис. 1 *а, б* представлена морфология ткани до лазерного воздействия.

Использование темнопольного освещения (рис. 1, *а, б*) позволяет визуализировать как общую морфологию поверхности, так и отдельное волокно. Принцип формирования

изображения при использовании темного поля предполагает освещение объекта полым конусом света; при этом только наклонные участки объекта являются освещенными.

Поверхность объекта в данном случае практически не имеет горизонтальных участков, поэтому в темном поле «светится» каждое волокно (рис. 1, *а*). Рисунок 1, *а* демонстрирует полотняное переплетение ткани, которое придает ей прочность и повышенную жесткость. При использовании увеличения  $1000\times$  можно выделить отдельную плоскость нити (рис. 1, *б*), поверхность которой лежит в плоскости изображения и является неосвещенной. Диаметр филамента составляет примерно 13 мкм.

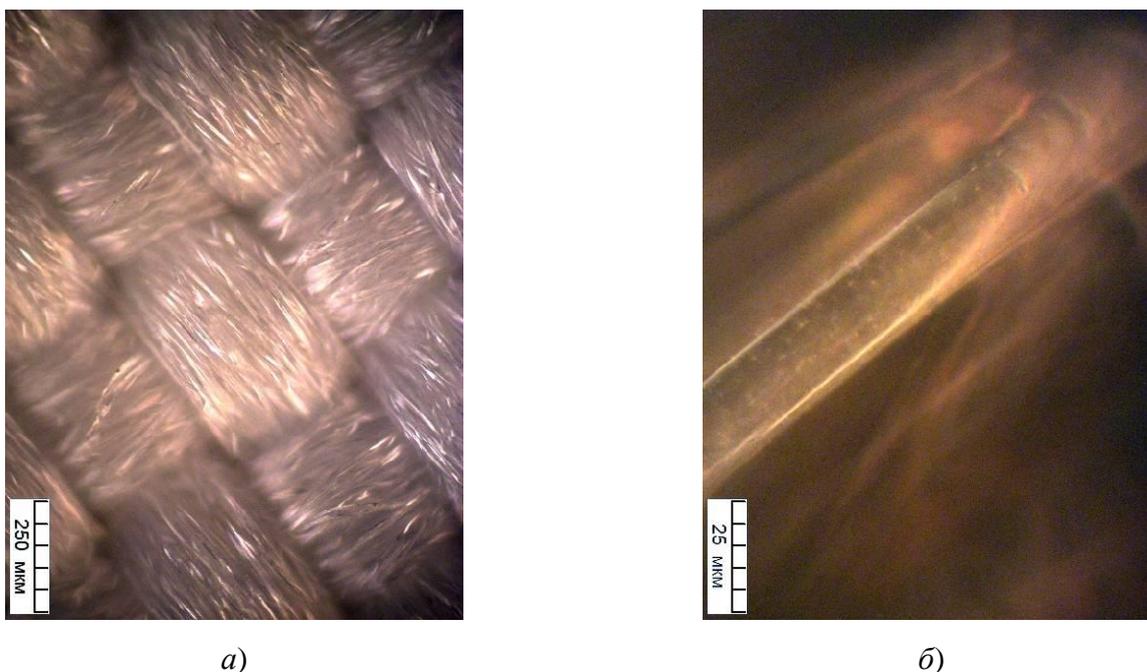


Рис. 1. – Структура тканого материала в исходном состоянии:  
*а, б* – темнопольное освещение.

Для обработки материала использован лазер на алюмоиттриевом гранате (LS-2134D) с длиной волны 1064 нм, генерирующий в двухимпульсном режиме (импульсы разделены временным интервалом 3 мкс, длительность импульсов 10 нс, частота следования импульсов 10 Гц, энергия одиночного импульса 0,05 Дж).

Образованная в результате испарения вещества под действием первого импульса абляционная плазма создает в приповерхностном слое область с повышенной температурой и пониженной плотностью частиц воздуха, что приводит к более полному использованию энергии второго импульса для лазерной абляции [2–4]. Образец облучали лазерным излучением в интервале энергий 5–20 Дж при временах экспозиции от 5 до 20 секунд. Размеры образца: толщина 0,2 мм, длина – 15 мм, ширина – 20 мм). Эффективность лазерного разрушения материалов зависит от количества поглощенной энергии при определенной плотности мощности, длительности воздействия.

Пороги плазмообразования существенно зависят от процесса поглощения лазерного излучения материала: от качества поверхности, неоднородности материала, структуры, дефектов, микронеоднородностей, состава вещества [1–4].

Характер световой эрозии материала определяется в значительной мере структурой и особенностями самого материала: его оптическими свойствами (соотношением коэффициентов пропускания, поглощения и отражения света), теплофизическими и другими характеристиками.

При действии ИК лазерного излучения происходит поверхностное поглощение энергии, глубина слоя может составлять от долей до десятков микрометров. Механизмы лазерного разрушения волокон зависят от их строения и сильно различаются друг от друга.

Механизмы поглощения излучения в смесовых тканях достаточно сложны, это затрудняет определение параметров лазерного воздействия на эти материалы расчетным путем. Данный класс материалов не является изученным, поэтому накопленные экспериментальные результаты позволяют определять параметры порога разрушения материала. На рис. 2 представлена морфология данного материала после лазерного воздействия.

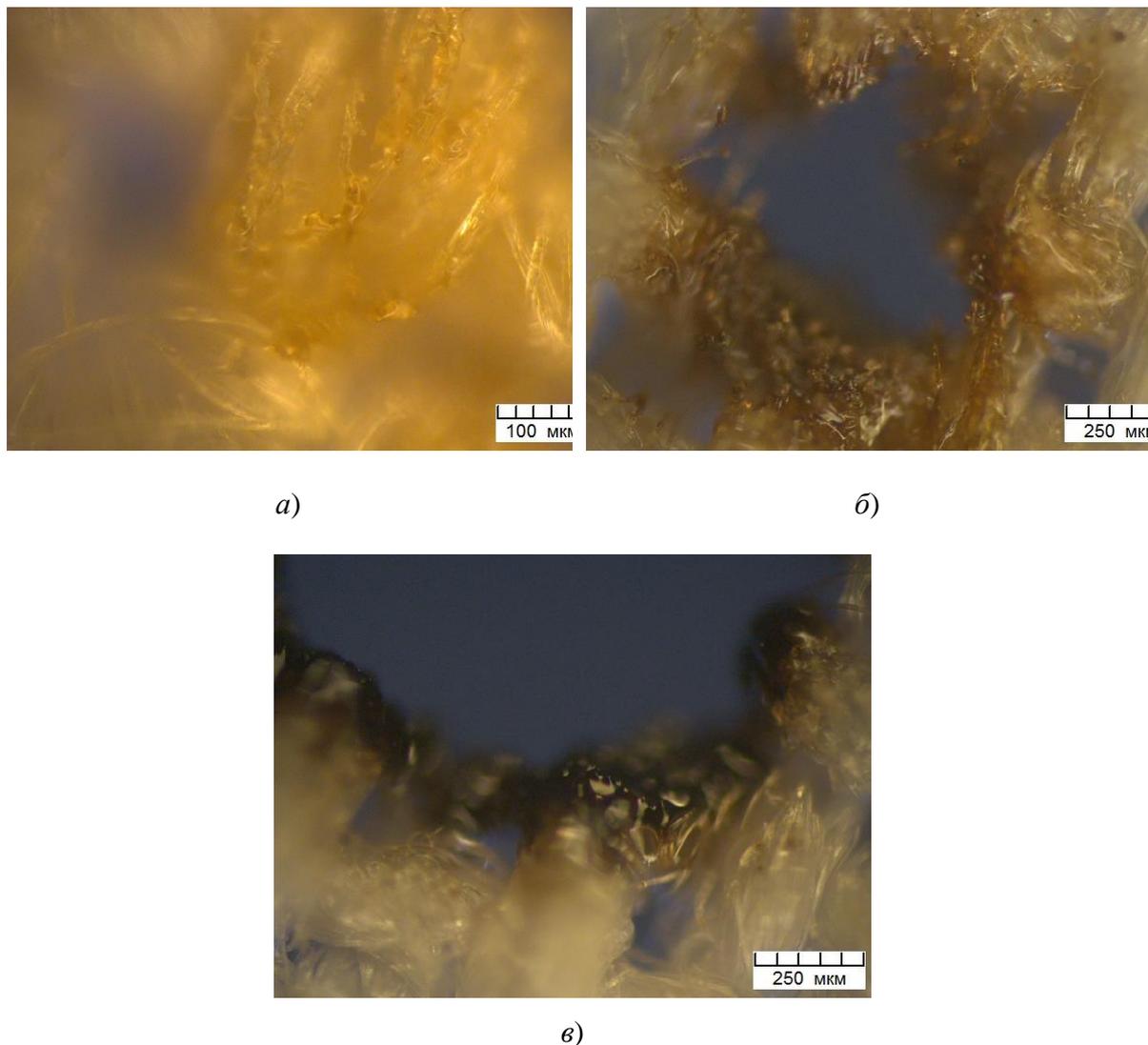


Рис. 2. – Структура ткани после лазерного воздействия:  
*a* – вложенная энергия 5 Дж, время воздействия 5 с., *б* – вложенная энергия 10 Дж, время воздействия 10 с., *в* – вложенная энергия 20 Дж, время воздействия 20 с.

Из представленных на рис. 2, б, в снимков следует, что при увеличении вложенной энергии от 10 до 20 Дж отверстие в ткани расширяется в интервале от 75 мкм до 1250 мкм. При данных вложенных энергиях происходит плавление ткани и образуются сквозные отверстия.

Форма нитей вблизи очага плавления вследствие высокой температуры

искажается, и они приобретают бугорчатый вид. На рис. 2, в видны отдельные нити, на концах которых имеются каплевидные утолщения. Размер каплевидных утолщений лежит в интервале 10–25 мкм. При таких режимах лазерного воздействия реализуются условия образования низкотемпературной плазмы, температура при этом значительно превышает температуру термической деструкции (пятно лазерного воздействия при энергии 5 Дж). Цветовой контраст на рисунках связан с тем, что волокно расположено наклонно относительно плоскости изображения.

### **Заключение**

Диагностирована морфология поверхности смесовой ткани 07С11-КВ (Моготекс) до и после лазерного воздействия при вложенной энергии 5–20 Дж и времени экспозиции 5–20 секунд. Показано, что при этом происходит разрушение ткани в результате расплавления материала под действием концентрированного потока лазерного излучения. Из сопоставления полученных результатов следует, что лазерное воздействие в двухимпульсном режиме при увеличении вложенной энергии от 10 до 20 Дж приводит к формированию отверстий в интервале от 75 до 1250 мкм с оплавлением краев ткани. Созданы физические основы для технологии лазерной резки смесовых тканей.

### **Литература**

1. Хисамиева Л. Г., Гилязова А. А., Петрова А. А., Бадрутдинова А. Н. Декорирование поверхности полимерных материалов с помощью лазерной технологии. Вестник Казанского технологического университета. 2012. № 11. С. 127–128.
2. Маркевич М. И., Чапланов А. М. Структурные превращения в тонких металлических пленках при импульсном лазерном воздействии. Известия Национальной академии наук Беларуси. 2016. № 1. С. 28–34.
3. Анисович А. Г., Залеский В. Г., Маркевич М. И., Малышко А. Н., Журавлева В. И., Чекан Н. М., Чэнь Чао. Воздействие лазерного излучения на лавсановую ткань, покрытую углеродом. Полимерные материалы и технологии. 2020. Т. 6. № 1. С. 72–77.
4. Воробьев В. С. Плазма, возникающая при взаимодействии лазерного излучения с твердыми мишенями. УФН. 1993. Т. 163(12). С. 51–83.

### **Surface morphology of fabric 07S11-KV after laser exposure**

A. G. Anisovich<sup>1</sup>, I. P. Akula<sup>1</sup>, V. I. Zhuravleva<sup>2</sup>, M. I. Markevich<sup>1</sup>, N. M. Checan<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Physico-Technical Institute of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk;  
e-mail: chaplanov@gmail.com*

<sup>2</sup>*Military Academy of the Republic of Belarus, Minsk*

The interaction of laser radiation with woven materials is an important scientific area that provides the physical foundations of a number of applied areas. A promising direction in the manufacture of clothing is laser technology for cutting and perforating synthetic and blended fabrics. Mixing different types of raw materials of synthetic and natural composition makes it possible to obtain fabrics with high performance properties. The paper investigates the surface morphology of mixed fabric 07S11-KV (Mogotex) after laser exposure with double laser pulses.

**Keywords:** morphology, mixed fabric, laser exposure, nanosecond pulse duration, two-pulse mode.