



<https://doi.org/10.21122/1683-6065-2022-1-91-95>  
УДК 539.2

Поступила 03.12.2021  
Received 03.12.2021

## ВЛИЯНИЕ ЛАЗЕРНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПОВЕРХНОСТЬ ТКАНИ 07С11–КВ И ЕЕ ПОКРЫТИЕ ЦИРКОНИЕМ

*А. Г. АНИСОВИЧ, И. П. АКУЛА, А. П. ЛАСКОВНЕВ, Физико-технический институт НАН Беларуси, г. Минск, Беларусь, ул. Купревича, 10. E-mail: anna-anisovich@yandex.ru*  
*В. И. ЖУРАВЛЕВА, Военная академия Республики Беларусь, г. Минск, Беларусь, пр. Независимости, 220*  
*М. И. МАРКЕВИЧ, Н. М. ЧЕКАН, Физико-технический институт НАН Беларуси, г. Минск, Беларусь, ул. Купревича, 10*

*Результаты взаимодействия лазерного излучения с тканями материалами и покрытиями на них могут быть положены в основу новых технологических процессов. В работе исследована морфология поверхности чистой смесовой ткани 07С11–КВ (Моготекс) и данной ткани с покрытием циркония после лазерного воздействия в режиме сдвоенных импульсов. Установлены режимы, при которых происходит разрушение ткани в результате расплавления материала под действием концентрированного потока лазерного излучения. Показано, что лазерное воздействие в двухимпульсном режиме в интервале энергий от 10 до 20 Дж приводит к полному разрушению материала с оплавлением краев ткани.*

**Ключевые слова.** Покрытие циркония, морфология, смесовая ткань, лазерное воздействие, наносекундная длительность импульса, двухимпульсный режим.

**Для цитирования.** Анисович, А. Г. Влияние лазерного воздействия на поверхность ткани 07С11–КВ и ее покрытие цирконием / А. Г. Анисович, И. П. Акула, А. П. Ласковнев, В. И. Журавлева, М. И. Маркевич, Н. М. Чекан // Литье и металлургия. 2022. № 1. С. 91–95. <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2022-1-91-95>.

## LASER TREATMENT IMPACT ON THE FABRIC 07C11–KV SURFACE AND ITS COATING WITH ZIRCONIUM

*A. G. ANISOVICH, I. P. AKULA, A. P. LASKOVNEV, Physical-Technical Institute of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus, 10, Kuprevich str. E-mail: anna-anisovich@yandex.ru*  
*V.I. ZHURAVLEVA, Military Academy of the Republic of Belarus, Minsk, Belarus, 220, Nezavisimosti ave.*  
*M. I. MARKEVICH, N. M. CHEKAN, Physical-Technical Institute of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus, 10, Kuprevich str.*

*The results of laser radiation interaction with woven fabrics and coatings on them can be used as a basis for new technological processes. The morphology of the surface of a pure mixed fabric 07C11–KV (Mogotex) is studied and this fabric with a zirconium coating after laser exposure in the dual pulse mode. The modes under which tissue destruction occurs as a result of melting of the material under the action of a concentrated stream of laser radiation are established. It is shown that laser exposure in the two-pulse mode in the energy range from 10 to 20J leads to complete material destruction with fabric edges melting.*

**Keywords.** Zirconium coating, morphology, mixed fabric, laser treatment, nanosecond pulse duration, two-pulse mode.

**For citation.** Anisovich A. G., Akula I. P., Laskovnev A. P., Zhuravleva V. I., Markevich M. I., Chekan N. M. Laser treatment impact on the fabric 07C11–KV surface and its coating with zirconium. Foundry production and metallurgy, 2022, no. 1, pp. 91–95. <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2022-1-91-95>.

### Введение

Лазерная обработка используется в легкой промышленности при изготовлении одежды и обуви. Известны такие виды лазерной обработки тканых материалов, как гравировка, вакуумно-лазерное напыление, лазерное легирование, лазерная перфорация и резка. Для лазерной резки и перфорации подходят все виды тканых материалов. Часто лазерное напыление и легирование используются с целью повышения износостойкости. Важными направлениями в применении лазерных технологий являются лазерная маркировка и гравировка. В этом процессе испаряется верхний слой ткани или композиционного покрытия, за счет чего возникают углубления, объединение которых дает контрастность надписи. Она

определяется шириной и глубиной линии нанесения. Однако наносимые покрытия перед гравировкой должны обладать хорошим качеством поверхности, чтобы избежать различных дефектов в процессе гравировки. В качестве примера можно привести изменение цвета изделия или заготовки при лазерном воздействии, что связано с изменением химического состава красителей, применяемых при производстве тканых материалов. Поэтому изучение изменения свойств и внешнего вида покрытий перед процессами гравировки, перфорации, резки в зависимости от режимов лазерного воздействия имеет первостепенное значение.

Целью работы является исследование изменения морфологии поверхности чистой ткани 07С11-КВ и ткани с покрытием циркония при лазерном воздействии в режиме сдвоенных импульсов.

### Материалы и методики эксперимента

В данной работе пленки циркония осаждали в вакууме с использованием источника стационарной металлической плазмы, работающего в режиме сепарации. Покрытие наносили на смесовую ткань 07С11-КВ. Процесс проводили путем чередования периодов работы источника плазмы (1 мин) и паузы для охлаждения ткани (1 мин).

Предварительно перед формированием покрытий поверхность тканей обрабатывали высокоэнергетическими ионами аргона для удаления органических загрязнений в течение 15 мин при следующих параметрах: давление аргона в вакуумной камере – порядка  $3,7 \cdot 10^{-2}$  Па, ускоряющее напряжение – 2000 В, ионный ток – 20 мА.

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

Исследование морфологии поверхности проводили на металлографическом комплексе на основе инвертированного оптического микроскопа МИ-1 с освещением по методам светлого и темного поля.

### Основная часть

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 [1–4]. Эффективность лазерного разрушения материалов зависит от количества поглощенной энергии при определенной плотности мощности, длительности воздействия.

Пороги плазмообразования тканых материалов существенно зависят от коэффициента поглощения лазерного излучения материала, качества поверхности, неоднородности материала, структуры, дефектов, состава вещества [2–5]. Механизмы лазерного разрушения волокон зависят от их строения и наносимых покрытий и значительно различаются друг от друга. Данный класс материалов не является достаточно изученным, поэтому накопленные экспериментальные результаты позволяют определять параметры порога разрушения материала.

Образцы ткани 07С11-КВ облучали лазерным излучением в интервале энергий 5–20 Дж при временах экспозиции от 5 до 20 с. Размеры образца: толщина – 0,2 мм, длина – 15 мм, ширина – 20 мм. Данная ткань применяется в широком диапазоне положительных и отрицательных температур, она формоустойчива, мягкая и пластичная, хорошо драпируется. Состав сырья ткани: полиэфир – 67%, вискоза – 33%.

На рис. 1 представлена морфология чистой ткани 07С11-КВ и ткани с нанесенным покрытием циркония. На рис. 1, а, б показано плотняное переплетение ткани, которое придает ей прочность и повышенную жесткость. При увеличении 100 крат как при светлопольном, так и при темнопольном освещении поверхность отдельных филаментов ткани различается плохо (рис. 1, б). Поверхность ткани с покрытием представлена на рис. 1, в, г. Изображение в темном поле демонстрирует хорошее качество покрытия. Светлые точки представляют собой пыль. При использовании увеличения 500 крат можно выделить отдельную плоскость нити (рис. 1, г), поверхность которой лежит в плоскости изображения. Диаметр филамента составляет до 20 мкм.

На рис. 2 показана морфология ткани без покрытия после лазерного воздействия. При вложенной энергии 5 Дж наблюдается местное оплавление отдельных нитей материала. В целом структура ткани не нарушается (рис. 2, а).

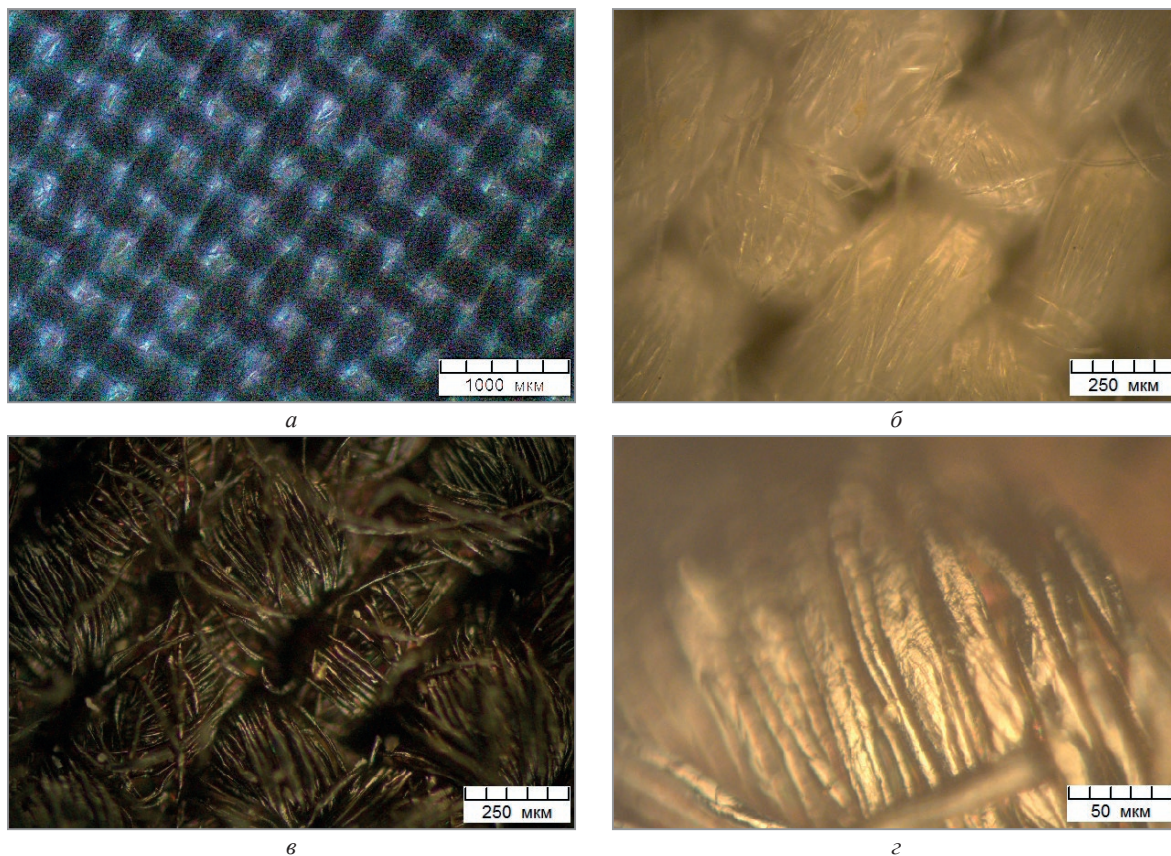


Рис. 1. Структура ткани: *а, б* – в исходном состоянии; *в, г* – после нанесения покрытия; *а* – съемка «на просвет»; *б, г* – светпольное освещение; *в* – темнопольное освещение

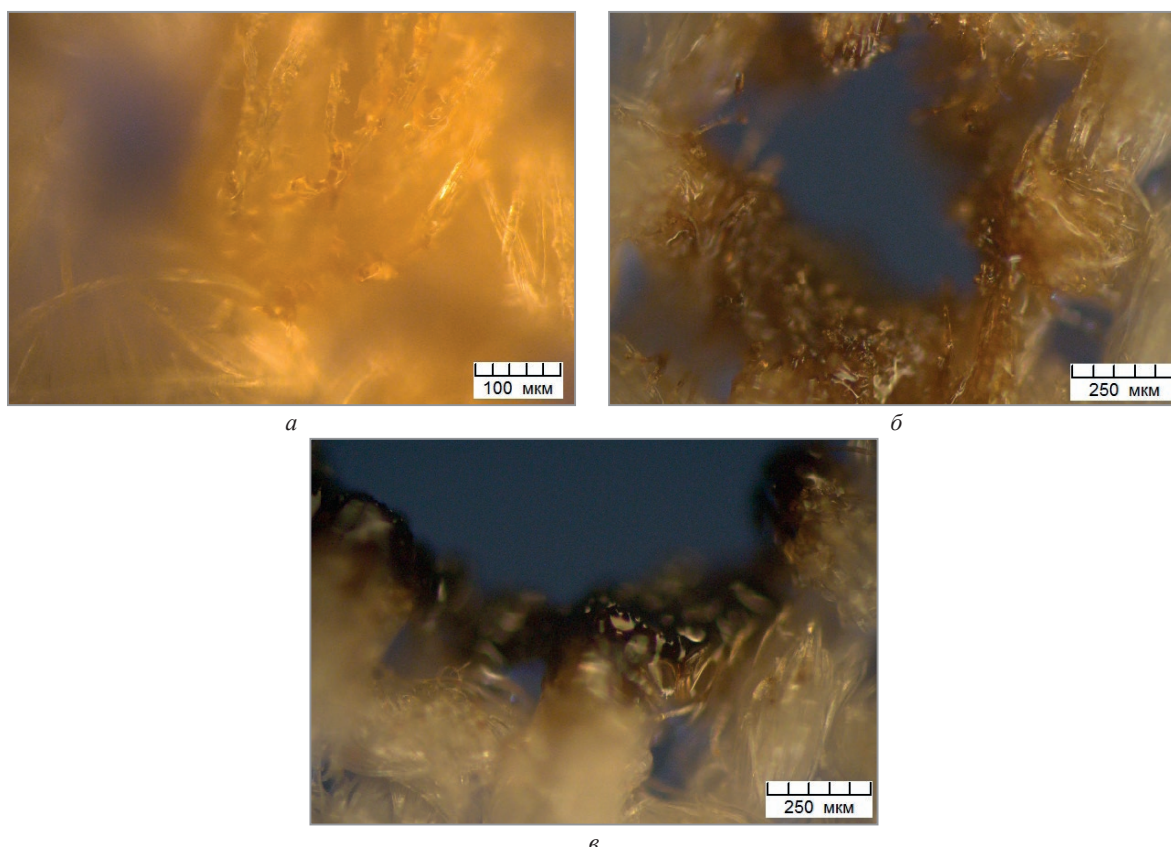


Рис. 2. Структура ткани после лазерного воздействия (темнопольное освещение):  
*а* – вложенная энергия – 5 Дж, время воздействия – 5 с; *б* – вложенная энергия – 10 Дж, время воздействия – 10 с;  
*в* – вложенная энергия – 20 Дж, время воздействия – 20 с

Из рис. 2, б, в следует, что при увеличении вложенной энергии от 10 до 20 Дж отверстие в ткани расширяется в интервале от 750 до 1250 мкм. При данных значениях вложенной энергии 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. 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).

На рис. 3 показана морфология поверхности смесовой ткани с нанесенным покрытием циркония после лазерного воздействия.



Рис. 3. Структура ткани с покрытием циркония после лазерного воздействия (темнопольное освещение):  
 а – вложенная энергия – 2 Дж, время воздействия – 2 с; б – вложенная энергия – 10 Дж, время воздействия – 10 с;  
 в – вложенная энергия – 15 Дж, время воздействия – 15 с

Из рис. 3, а и полученных результатов следует, что при вложенной энергии до 5 Дж и временах воздействия до 5 с структура ткани не нарушается, но вынос покрытия наблюдается. При дальнейшем увеличении вложенной энергии и времени воздействия (рис. 3, в) наблюдается перфорация композиционного материала (ткань-покрытие циркония).

### Выводы

Проведена лазерная модификация смесовой ткани 07С11-КВ (Моготекс) и данной ткани с покрытием циркония в интервале вложенных энергий 5–20 Дж и времен воздействия 5–20 с. Исследована морфология поверхности данных материалов до и после лазерного воздействия. Установлены режимы, при которых 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 750 до 1250 мкм с оплавлением краев ткани. Полученные результаты могут быть использованы для создания технологии лазерной резки смесовых тканей и тканей с покрытиями.

## ЛИТЕРАТУРА

1. **Вейко В. П.** Лазерные технологии в микроэлектронике / В. П. Вейко, С. М. Метев. София: Болгарская Академия наук, 1991. 358 с.
2. **Хисамиева, Л. Г.** Декорирование поверхности полимерных материалов с помощью лазерной технологии / Л. Г. Хисамиева, А. А. Гилязова, А. А. Петрова, А. Н. Бадрутдинова // Вест. Казанского технолог. ун-та. 2012. № 11. С. 127–128.
3. **Маркевич, М. И.** Структурные превращения в тонких металлических пленках при импульсном лазерном воздействии / М. И. Маркевич, А. М. Чапланов // Весті НАН Беларусі. Сер. фіз.-тэхн. навук. 2016. № 1. С. 28–34.
4. **Анисович, А. Г.** Воздействие лазерного излучения на лавсановую ткань, покрытую углеродом / А. Г. Анисович, В. Г. Залесский, М. И. Маркевич и др. // Полимерные материалы и технологии. 2020. Т. 6. № 1. С. 72–77.
5. **Воробьев, В. С.** Плазма, возникающая при взаимодействии лазерного излучения с твердыми мишенями / В. С. Воробьев // УФН. 1993. Т. 163(12). С. 51–83.

## REFERENCES

1. **Vejko V.P., Metev S.M.** *Lazernye tehnologii v mikrojelektronike* [Laser technologies in microelectronics]. Sofija, Bolgarskaja Akademija Nauk Publ., 1991, 358 p.
2. **Hisamieva L.G., Giljazova A.A., Petrova A.A., Badrutdinova A.N.** Dekorirovanie poverhnosti polimernyh materialov s pomoshh'ju lazernoj tehnologii [Surface decoration of polymeric materials using laser technology]. *Vestnik Kazanskogo tehnologicheskogo universiteta = Bulletin of Kazan Technological University*, 2012, no. 11, pp. 127–128.
3. **Markevich M.I., Chaplanov A.M.** Strukturnye prevrashhenija v tonkih metallicheskih plenках pri impul'snom lazernom vozdejstvii [Structural transformations in thin metal films under pulsed laser action]. *Izvestija Nacional'noj akademii nauk Belarusi = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus, Physical-Technical series*. 2016, no. 1, pp. 28–34.
4. **Anisovich A.G., Zalesskij V.G., Markevich M.I., Malyshko A.N., Zhuravleva V.I., Chekan N.M., Chjen' Chao.** Vozdejstvie lazernogo izlucheniya na lavsanovuju tkan', pokrytiju uglerodom [Effect of laser radiation on lavsan fabric coated with carbon]. *Polimernye materialy i tehnologii = Polymeric materials and technologies*, 2020, vol. 6, no. 1, pp. 72–77.
5. **Vorob'ev V.S.** Plazma, vznikajushhaja pri vzaimodejstvii lazernogo izlucheniya s tverdymi mishenjami [Plasma arising from the interaction of laser radiation with solid targets]. *UFN = UFN*, 1993, vol. 163(12), pp. 51–83.

*Работа выполнена при финансовой поддержке ГПНИ «Конвергенция–2025».*