

Использование АСМ позволяет визуализировать процессы разложения пленок в реальном времени.

Таким образом, в ходе выполнения работы с помощью сканирующего зондового микроскопа Nanoscope IIIA изучена морфология поверхности пленок полиоксидбутирата и измерена их толщина.

Литература

1. Boskhomdzhiev A.P. Biodegradation kinetics of poly(3-hydroxybutyrate)-based biopolymer systems / A.P. Boskhomdzhiev, A.P. Bonartsev, T.K. Makhina [et al.] // Biochem. Suppl. Ser. B Biomed. Chem. – 2010. – Vol. 4, no. 2 – Pp. 177–183.

2. Langer R. Tissue Engineering / R. Langer, J.P. Vacanti // Science, New Series. – 1993. – Vol. 260(5110). – P. 920–926.

3. Hutmacher D.W. Scaffold design and fabrication technologies for engineering tissues – state of the art and future perspectives // J. Biomater. Sci. Polym. Ed. – 2001. – Vol. 12(1). – P. 107–124.

4. Williams J.M. Bone tissue engineering using polycaprolactone scaffolds fabricated via selective laser sintering / J.M. Williams, A. Adewunmi, R.M. Schek // Biomaterials. – 2005. – Vol. 26(23). – P. 4817–4827.

5. Efremov Y.M. Atomic force microscopy of living and fixed *Xenopus laevis* embryos // Micron. – 2011. – No. 8 (42). – Pp. 840–852.

УДК 621.3

ИССЛЕДОВАНИЯ МОРФОЛОГИИ ПОВЕРХНОСТИ НАТУРАЛЬНОЙ КОЖИ ПОСЛЕ ЛАЗЕРНОЙ ОБРАБОТКИ

Анисович А.Г.¹, Маркевич М.И.¹, Журавлева В.И.², Щербакова Е.Н.³, Шаповалов С.В.⁴

¹ГНУ «Физико-технический институт НАН Беларуси»

Минск, Республика Беларусь

²Военная академия Республики Беларусь

Минск, Республика Беларусь

³Белорусский национальный технический университет

Минск, Республика Беларусь

⁴СООО «Белвест»

Витебск, Республика Беларусь

Для производства обуви используются как натуральная кожа, так и различные синтетические материалы. Многие производители качественной обуви по-прежнему выбирают натуральную кожу. Это обусловлено, прежде всего, ее высокой прочностью, износостойкостью, безопасностью. Благодаря наличию микропор в натуральной коже она обладает хорошей воздухопроницаемостью, что, в том числе, ценится потребителями. В искусственной коже могут присутствовать химические пропитки и красители, которые могут выступать сильными аллергенами. Поэтому спрос на изделия из натуральной кожи остается высоким.

Применение лазерной технологии для раскроя натуральной кожи создает возможности повышения рентабельности предприятия по изготовлению обуви за счет повышения скорости резки, вырезки деталей сложной формы, высокой точности выполнения операций. Кроме того, лазерная резка позволяет выполнение на поверхности кожи мелких декоративных деталей и гравировки. Однако ввиду пористости натуральной кожи существуют и проблемные вопросы, в частности процесс горения при воздействии лазерного луча, а также остатки материала внутри отверстия из-за нечеткой проработки отверстия при данных режимах. Поэтому необходимо оптимизировать режимы лазерной обработки натуральной кожи [1–4].

Цель работы – исследование морфологии поверхности натуральной кожи в процессе лазерно-

го воздействия с целью оптимизации режимов. Процесс вырезания необходимых отверстий производился на промышленном лазерном комплексе Flexi 600. Данный комплекс создан на базе CO₂ лазерного источника Rofin Sygar (Германия) и предназначен для высокоскоростной резки, маркировки и гравировки различных материалов.

Исследование морфологии поверхности производилось с использованием оптического микроскопа Микро-200. При светлопольном освещении не удастся получить изображение требуемой контрастности и цветности, поскольку поверхность натуральной кожи не является полностью плоской. Поэтому для исследования поверхности применялся режим освещения по методу темного поля [5].

Данный способ освещения позволяет получить изображение от неплоскостных участков объекта при сохранении натурального цвета фрагментов изображения.

На рисунке 1 представлена морфология поверхности натуральной кожи при режимах: мощность P = 135 Вт, скорость сканирования составляла V = 600 мм/с, частота ν = 5,0 кГц. Обработка лазером производилась со стороны лицевой поверхности обувной заготовки.

Принцип формирования изображения при использовании темного поля предполагает освещение объекта полым конусом света; при этом только наклонные участки объекта являются освещенными. Темнопольная микроскопия основана на рассеивании света микроскопическими

объектами, в том числе теми, размеры которых меньше предела разрешения светового микроскопа. Свет проходит через темнопольный конденсор, который формирует световой пучок в виде полого конуса и направляет его на объект наблюдения. Изображение формируется при помощи небольшой части лучей, рассеянных микрочастицами объекта наблюдения внутрь конуса и прошедшими через объектив.

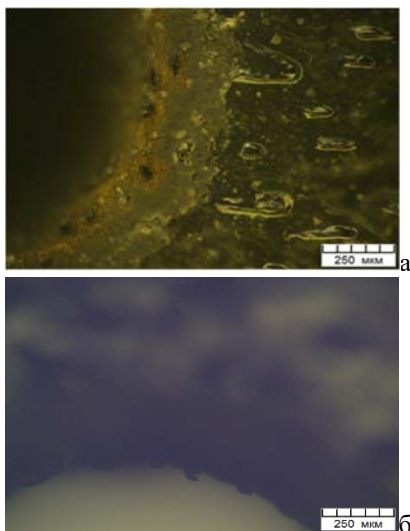


Рисунок 1 – Морфология поверхности фрагмента края отверстия натуральной кожи после лазерной перфорации при частоте 5 кГц:

а – лицевая сторона, *б* – обратная сторона

В поле зрения на тёмном фоне видны светлые изображения элементов структуры объекта, отличающиеся от окружающей среды показателем преломления.

Из анализа рисунка 1 следует, что поверхность образца существенно неоднородна, имеется значительная пористость, в порах содержится кислород, поддерживающий горение материала в процессе лазерной перфорации. После перфорации с частотой 5 кГц зона воздействия лазера составляет порядка 330 мкм (рисунок 1, *а*). Зона горения располагается в виде ободка шириной порядка 100 мкм по всему периметру отверстия. Применение частоты 5 кГц не создает ровного края у отверстия (рисунок 1, *б*); перфорированный край имеет значительные неровности от 25 до 50 мкм.

При уменьшении частоты лазерного воздействия сплошная зона горения не формируется. После осуществления перфорации с частотой 3,5 кГц наблюдаются отдельные фрагменты сгоревшего кожного материала; размер зоны влияния сужается (рисунок 2).

При снижении частоты лазерного воздействия до 2,5 кГц продукты горения распределены вокруг отверстия; размер зоны влияния составляет при данном режиме 250 мкм (рисунок 3).

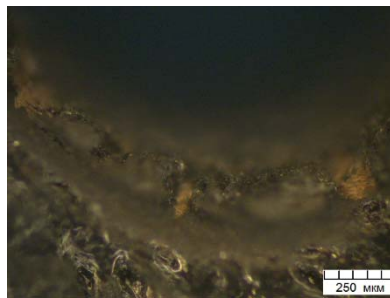


Рисунок 2 – Морфология поверхности фрагмента края отверстия натуральной кожи после лазерной перфорации при частоте 3,5 кГц

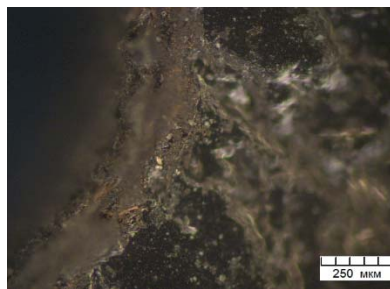


Рисунок 3 – Морфология поверхности фрагмента края отверстия натуральной кожи после лазерной перфорации при частоте 2,5 кГц

Таким образом, в ходе работы с помощью оптического микроскопа при темнопольном освещении изучены изменения морфологии поверхности натуральной кожи после лазерного облучения при мощности $P = 135$ Вт и скорости сканирования 600 мм/с при частотах $\nu = 5,0, 3,5$ и 2,5 кГц, в результате проведенных исследований установлены оптимальные режимы лазерной обработки натуральной кожи.

Литература

1. Kodirov T.J. Researches of Morphological Structure, Element Composition And Natural Leather Adsorption By Exposure to Laser Radiation / T.J. Kodirov, M.I. Markevich, A.N. Malyshko [et.al.] // International Journal of Resent Technology and Engineering. – 2020. – Vol.8, iss. 6. – P. 4880–4884.
2. Кодиров Т.Ж. Особенности лазерного воздействия в процессе антисептической обработки натуральной кожи / Т.Ж. Кодиров, Н.А. Содиков, А.П. Ласковнев [и др.] // Электроника плюс. – 2020. – № 2. – С. 47–50.
3. Кодиров Т.Ж. Морфология поверхности и экспресс-диагностика магниторезонансных свойств образца натуральной кожи после лазерного воздействия / Т.Ж. Кодиров, А.П. Ласковнев, М.И. Маркевич [и др.] // Электроника плюс. – 2020. – № 2. – С. 55–58.
4. Адашкевич С.В. Магниторезонансная диагностика радиопоглощающих композиционных материалов/ С.В. Адашкевич, В.Ф. Стельмах, А.Г. Бакаев [и др.] // Полимерные материалы и технологии. – 2015. – Т. 1, № 1. – С. 71–75.
5. Анисович А.Г. Искусство металлографии: использование методов оптического контрастирования А.Г. Анисович // Весці НАН Беларусі. Сер. фіз.-тэхн.наук. – 2016. – № 1. – С. 36–42.