

УДК 615.46

**Статистическая обработка данных поверхностных свойств биосовместимых
материалов после обработки поверхности**

А.Д. Аргоева

Научный руководитель: профессор, д.т.н. Е.О. Филиппова
Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050
E-mail: ada21@tpu.ru

Statistical processing of surface properties of biocompatible materials after surface treatment

A.D. Argoeva

Scientific Supervisor: Prof., Dr. E.O. Filippova
Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050
E-mail: ada21@tpu.ru

Abstract. *In the study, we performed the surface roughness after exposure to low-temperature plasma.*

Key words: *Roughness, biocompatibility, statistical processing.*

Введение

Развитие медицины и технологий требует создания новых материалов с улучшенными свойствами. Биосовместимые материалы играют важную роль во многих отраслях науки [1–3]. Одним из ключевых параметров, влияющих на биосовместимость, является шероховатость поверхности материала – это характеристика микрорельефа поверхности, которая определяет её механические, оптические и химические свойства. Она оказывает значительное влияние на адгезию, смачиваемость, трение и другие характеристики взаимодействия материала с окружающей средой. Для модификации поверхностных свойств материалов часто используют плазменную обработку [4].

Цель работы – провести сравнительный анализ данных поверхностных свойств биосовместимых материалов после воздействия на поверхность плазмой.

Экспериментальная часть

В целях придания материалу разрабатываемых изделий гидрофильных свойств поверхность образцов обрабатывалась низкотемпературной плазмой с использованием экспериментальной установки низкотемпературной плазмы (ТПУ).

Диэлектриком служило стекло толщиной 1 мм. Напряжение – 25 кВ, частота – 5 кГц. Плотность мощности составляла 2 Вт/см². Температура поверхности при воздействии плазмы 35 °С–40 °С, величина потока воздуха – 1 л/мин, значения атмосферного давления при модификации составляло 743–758 мм.рт.ст. Расстояние между электродами было 0,5 мм. Для удаления загрязнений, образцы, предварительно, промывались в спирте. Время воздействия плазмой составляло 30 с.

Пленки из поликапролактона получали из 1 % раствора поликапролактона с молекулярным весом, $M_w = 80000$ г/моль (Sigma-Aldrich, Англия). 10 и 12 грам.

Топография поверхности материала исследовалась на комплексном корреляторе оптических, спектральных и топографических свойств поверхности объектов «Centaur HR» (ООО «Нано Скан Технологии», Россия) и на атомно-силовом микроскопе (АСМ) «Solver-HV» (NT-MDT, Россия) в полуконтактном режиме работы. Для измерения примени кантилевер марки NSG11 («NT-MDT») с радиусом закругления острия иглы 10 нм. Профиль шероховатости поверхности строился с точностью до 1 нм в программе Gwyddion и Origin 9.0. Расчет параметров шероховатости, описывающих топографию поверхности, проводился согласно ГОСТ 2789-73 и ISO 4287:1997. Для количественной оценки шероховатости

поверхности использовались параметры Среднее отклонения профиля R_a , Среднеквадратичное отклонения профиля R_q , Шаг неровностей профиля S_m , Максимальная шероховатость R_y , Среднеквадратичная длина волны профиля λ_q согласно ГОСТ 2789-73 и

На рис. 1 представлены АСМ изображения, полученные до и после обработки поверхности поликапролактона плазмой.

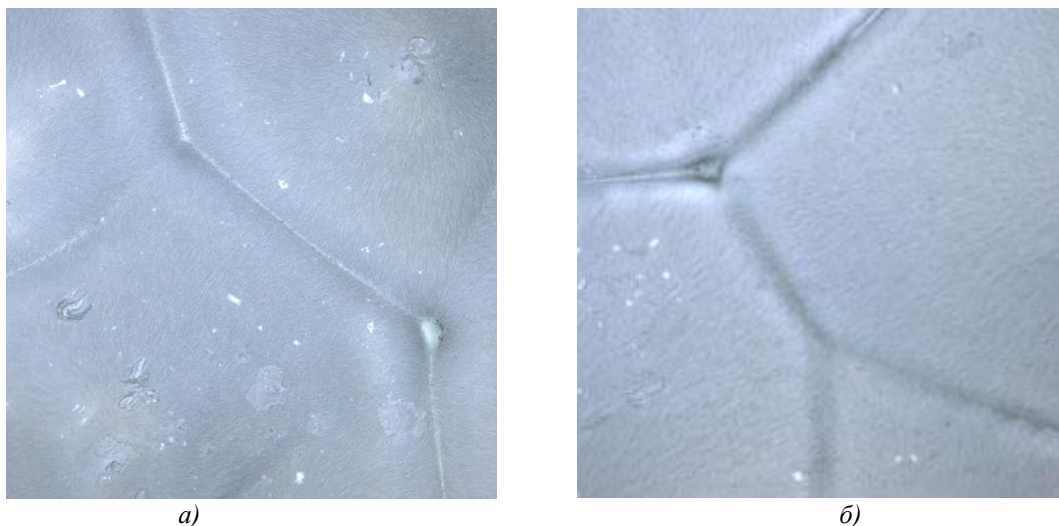


Рис. 1. АСМ изображения поверхности поликапролактона: а) до обработки плазмой; б) после обработки плазмой

Результаты

Для статистической обработки данных шероховатости поверхности проведено сравнение основных параметров (табл. 1), что показало увеличение шероховатости и неоднородности структуры поверхности.

Таблица 1

Сравнение параметров шероховатости

Параметр	Исходный	Опыт 1	Опыт 2
Среднее отклонения профиля R_a , нм	$28,8 \pm 8,1$	$55,5 \pm 22,6$	$35,8 \pm 2,8$
Среднеквадратичное отклонения профиля R_q , нм	$58,0 \pm 40,7$	$79,2 \pm 34,5$	$50,9 \pm 4,7$
Шаг неровностей профиля S_m , мкм	$2,7 \pm 0,1$	$2,7 \pm 0,2$	$2,2 \pm 0,1$
Максимальная шероховатость R_y , нм	$339,8 \pm 71,7$	$383,7 \pm 90,7$	$522,0 \pm 82,6$
Среднеквадратичная длина волны профиля λ_q , мкм	$2,5 \pm 0,2$	$2,5 \pm 0,2$	$2,1 \pm 0,1$

Примечание: Опыт 1–10 гр. поликапролактона после плазмы 30 сек; Опыт 2–12 грамм поликапролактона после плазмы 30 сек.

Для каждого критерия рассматриваемых поверхностей проводилась оценка нормальности распределения с помощью теста Колмогорова-Смирнова, а затем в зависимости от нормальности выборки находился коэффициент корреляции. В большинстве случаев, наблюдаемая корреляция между показателями шероховатости до и после обработки близка к нулю. Это означало, что изменения в шероховатости после обработки не связаны с исходными значениями, то есть, в данном случае, обработка плазмой имело значительное влияние на свойства поверхности, независимо от ее начального состояния.

Также проводился анализ с использованием методов статистического описания и проверки гипотез. При всех видах статистического анализа уровень значимости составлял двух выборок принималась намного меньше раз, чем H_1 гипотеза о различии между

выборками, что указывает на наличие статистически значимой разницы между образцами до и после обработки. Это подтверждало, что обработка плазмой приводит к значительным изменениям в шероховатости поверхности.

Заключение

Обработка материала низкотемпературной плазмой приводит к статистически значимому увеличению показателей шероховатости поверхности. Это может свидетельствовать об изменении микроструктуры поверхности материала после обработки поверхности плазмой.

Список литературы

1. Ulery B.D., Nair L.S. Biomedical applications of biodegradable polymers // Journal of Polymer Science Part B: Polymer Physics. – 2011. – Vol. 49, № 12. – P. 832–864.
2. Ikada Y., Tsuji H. Biodegradable polyesters for medical and ecological applications // Macromolecular Rapid Communications. – 2000. – Vol. 21, № 3. – P. 117–132.
3. Guarino V., Gennaro G. Polycaprolactone: synthesis, properties, and applications // Encyclopedia of Polymer Science and Technology. – 2017. – P. 1–36.
4. Chu P.K., Chen, J.Y., Wang, L.P., Huang, N. Plasma-surface modification of biomaterials // Materials Science and Engineering: R: Reports. – 2002. – Vol. 36, № 5. – P. 143–206.