

И. А. Гришанова, О. С. Мигачева, И. Ш. Абдуллин

## МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА И МИКРОРЕЛЬЕФ ПОВЕРХНОСТИ ПОЛИПРОПИЛЕНОВЫХ МОНОНИТЕЙ

*Ключевые слова:* полипропилен, монопить, морфология, поверхность, анализ, микроскопия, шероховатость, структура, неоднородность.

*Методами сканирующей лазерной микроскопии и атомной силовой микроскопии исследована морфология поверхности полипропиленовых хирургических монопитей. Установлены различия в структуре поверхности исходных образцов полипропиленовых нитей двух марок PROLENE (производства США) и USP 1 (производства Германии). Определены микропрофили, значения максимального перепада высот, средней арифметической шероховатости поверхности и средней квадратичной шероховатости, на волокнах обоих типов.*

*Keywords:* polypropylene monofilament, morphology, surface analysis microscopy roughness structure inhomogeneity.

*Using scanning laser microscopy and atomic force microscope to study the surface morphology of polypropylene surgical monofilaments. The differences in the structure of the surface of the initial samples of polypropylene filaments of two brands PROLENE (made in USA) and USP 1 (made in Germany). Microprofiles defined, the values of the maximum difference in height, arithmetic average surface roughness and the root mean square roughness for both types of fibers.*

### Введение

На мировом рынке в современных условиях в качестве хирургического шовного материала широко используются синтетические моноволокна, в частности, на основе полиолефинов (например, марки «PROLENE», «USP 1», «Deklene», «Sirgilene»). Этот материал характеризуется высокой прочностью и достаточной эластичностью, что способствует большей надежности простого узла при наложении нерассасывающихся хирургических швов. При этом одной из важных проблем процессов получения синтетических хирургических нерассасывающихся шовных материалов является нахождение взаимосвязи между процессом формирования волокон, структурой, морфологией полимера и комплексом их свойств [1-3].

Физико-механические свойства хирургических шовных нитей, представляемые в сопроводительной документации, не всегда отражают их реальные характеристики. В связи с этим задачей многих исследований является изучение микрорельефа и морфологических свойств синтетических волокон, полученных экструзией из расплавов полимеров с последующим вытягиванием [4-6].

При вытягивании полипропиленовых (ПП) волокон наблюдается рекристаллизация первоначальной структуры, причем наиболее существенное изменение свойств полипропиленовых волокон наблюдается при двухстадийном вытягивании. Усилие вытягивания на второй стадии процесса оказывает решающее значение на конечные характеристики. Варьирование параметров этих процессов изменяет свойства волокон в достаточно широких пределах, так как прочность волокон зависит от степени ориентации макромолекул и надмолекулярных образований. Более того, присутствие даже в небольшом количестве атактической фракции в полипропиленовых волокнах при формировании нитей снижает их модуль эластичности, что негативно сказывается на качестве шовного соединения. В тоже время добавка полиэтилена улучшает эластические характеристики нити, но и вызывает фибрилляцию по всей длине мо-

нонити, способствующая снижению прочности и имеющую высокую остаточную деформацию [4].

В экспериментальной хирургии, как правило, предпочтение отдается полипропиленовым монопитям производства США. В связи с этим целью данного исследования является изучение состояния поверхности полипропиленовых хирургических нерассасывающихся монопитей, полученных по разной технологии: марки PROLENE (производства США) и марки USP 1 (производства Германии)

### Методы исследования

Универсальными методами визуального исследования состояния поверхности монопитей и их рельефа являются микроскопические методы [7-9].

В данной работе исследования монопитей проводили двумя методами:

- методом конфокальной лазерной сканирующей микроскопии (LCM) на микроскопе модели OLS 4000 LEXT фирмы Olympus (Япония);

- методом атомно-силовой микроскопии (АСМ) с помощью сканирующего зондового микроскопа корпорации NT-MDT марки NTEGRA (Россия, г. Зеленоград) в полуконтактном режиме.

Эксперименты проводили на воздухе при температуре 27°C.

Результаты исследований представляют собой геометрические образы в виде двухмерной и трехмерной поверхности. На LCM изображениях образцов проводили до десяти сечений, вдоль которых строились профиль поверхности. Обработка микропрофилей состояла в анализе стандартных среднестатистических параметров поверхности:

- $R_z$  - шероховатость поверхности по выбранным максимальным высотам и впадинам;
- $R_a$  - средняя арифметическая шероховатость;
- $R_q$  - средняя квадратичная шероховатость.

### Результаты и обсуждения

Микроскопические исследования представлены на рис. 1-3. Исходное состояние полипропиленовых

новых хирургических мононитей и их 3D изображения при различных увеличениях представлены на рис. 1, 2, выполненные на микроскопе марки OLS 4000 LEXT и микроскопе марки NTEGRA.

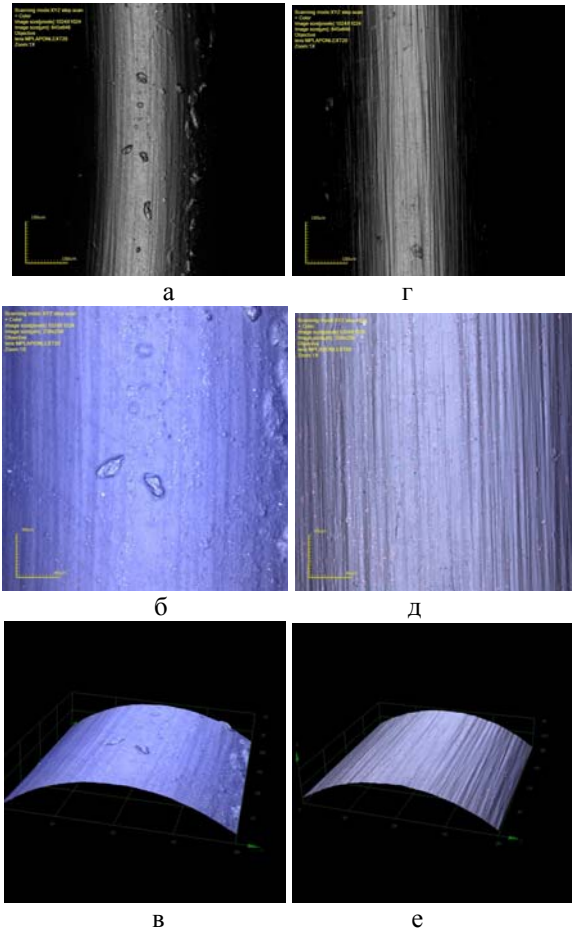


Рис. 1 – ЛСМ фотографии и 3D изображения исходных ПП мононитей марки PROLENE (США) (а, б, в) и ( г, д, е) марки USP 1 (Германия)

В отличие от поверхности ПП мононитей производства Германии, которые имеют явно выраженную ориентационную структуру в направлении оси волокна (рис. 1г,д), на поверхности мононити производства США обнаружено нанесенное покрытие (рис. 1а,б).

3D изображения (рис.1в,е) и микрофотографии нитей (рис. 1а,г) свидетельствуют о различном диаметре шовного хирургического материала: разница в диаметрах не превышает 3-5%, при этом нити относятся к условному номеру - 4 (по Европейской Фармокопее) или к условному номеру-1 (согласно Фармокопее США).

На АСМ фотографиях поверхности мононити США (рис. 2а,б) наблюдается некоторое количество перпендикулярно ориентированных кристаллов, которые сосуществуют с кристаллами, ориентированными вдоль оси, более того поверхность нити имеет дефекты микронных размеров (пустоты между фибриллами, утолщения по диаметру, инородные включения).

На АСМ микрофотографиях мононити Германии (рис. 2в,г) имеются те же микродефекты, но пустоты между фибриллами имеют значительно

больший размер по диаметру и длине, наблюдается большее количество инородных включений и, практически, все фибриллы ориентированы в одном направлении. Следует также отметить значительно больший перепад высот надмолекулярной структуры мононитей Германии по сравнению с мононитями производства США.

Фотографии микрорельефа поверхности мононитей, представленные на рис.3, получены методом конфокальной лазерной сканирующей микроскопии и данные таблицы свидетельствуют о значительно большей шероховатости нитей производства Германии. При выполнении хирургического шва, следовательно, может наблюдаться в значительно большей степени нежелательный «пилящий» эффект.

Таким образом, на основании выполненных исследований можно заключить, что состояние поверхности хирургического шовного материала производства США в большей степени удовлетворяет требованиям, предъявляемым к медицинским хирургическим материалам.

Таблица 1 – Значения шероховатости поверхности мононитей

| Порядок     | Параметры шероховатости                   |         |         |                                          |         |         |
|-------------|-------------------------------------------|---------|---------|------------------------------------------|---------|---------|
|             | Волокно марки PROLENE фирмы ETHICON (США) |         |         | Волокно марки USP 1(4 Metric) (Германия) |         |         |
|             | Rz, мкм                                   | Ra, мкм | Rq, мкм | Rz, мкм                                  | Ra, мкм | Rq, мкм |
| 1           | 0,145                                     | 0,033   | 0,040   | 0,194                                    | 0,045   | 0,057   |
| 2           | 0,184                                     | 0,040   | 0,051   | 0,180                                    | 0,044   | 0,055   |
| 3           | 0,150                                     | 0,035   | 0,043   | 0,159                                    | 0,041   | 0,050   |
| 4           | 0,161                                     | 0,039   | 0,048   | 0,177                                    | 0,041   | 0,051   |
| 5           | 0,181                                     | 0,044   | 0,053   | 0,169                                    | 0,041   | 0,051   |
| 6           | 0,128                                     | 0,031   | 0,038   | 0,171                                    | 0,044   | 0,054   |
| 7           | 0,152                                     | 0,037   | 0,045   | 0,173                                    | 0,045   | 0,054   |
| 8           | 0,146                                     | 0,034   | 0,044   | 0,192                                    | 0,047   | 0,058   |
| 9           | 0,144                                     | 0,034   | 0,042   | 0,184                                    | 0,047   | 0,057   |
| 10          | 0,168                                     | 0,036   | 0,047   | 0,183                                    | 0,044   | 0,055   |
| Сред. знач. | 0,156                                     | 0,036   | 0,045   | 0,178                                    | 0,044   | 0,054   |

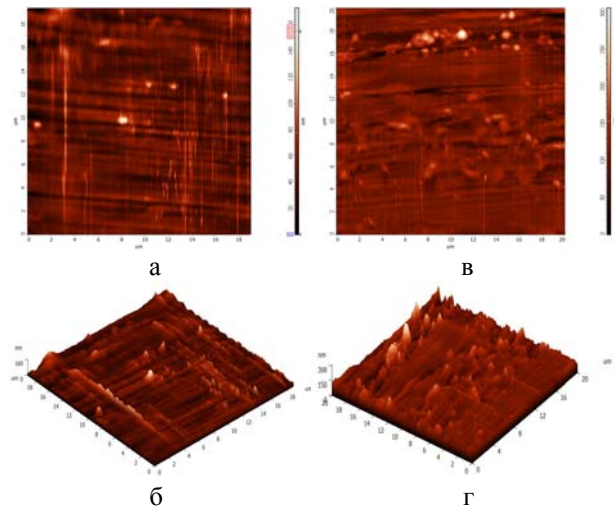
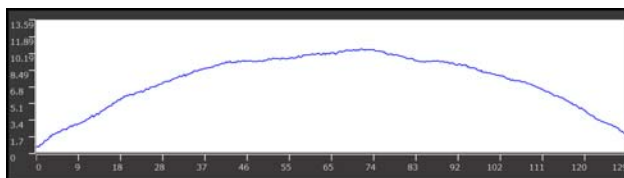
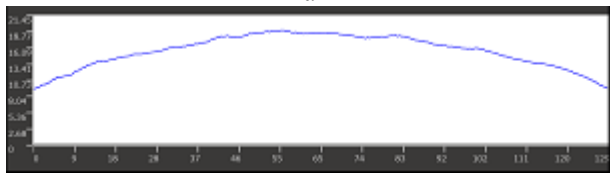


Рис. 2 – АСМ фотографии поверхности и 3D изображения исходных ПП мононитей марки PROLENE (США) (а, б) и марки USP 1 (Германия) (в, г)



а



б

**Рис. 3 – Рельеф поверхности ПП мононитри производства США (а), производства Германии (б)**

## Литература

1. И.В.Бычков, В.И. Бычков, *Вестник экспериментальной и клинической хирургии*, V, 1, 219-223 (2012).
2. А.В. Дрыга, В.А. Привалов, А.В. Понькин, Ж.А. Голощапова, А.С. Фефилова, *Вестник ЮУрГУ*, 4, 292-296 (2005).
3. Бонцевич Д.Н. *Хирургический шовный материал*. Интеграция, Москва, 2005; 118с.
4. Пат.,RUS. 2047673(2002).
5. Пат. США N 3630205, кл. А 61L 17/00, (1971).
6. Пат. США N 4557264, кл. А 61J 17/00, (1985).
7. А.А. Бухараев, Д.В. Овчинников, А.А. Бухараева, *Заводская лаборатория*, 5, 10-27, (1997).
8. Р.З. Бахтизин *Соровский образовательный журнал*. 6, 11, 1-7, (2000).
9. И.А. Гришанова, И.Ш. Абдуллин, Л.Н. Абуталипова, О.С. Мигачева, *Вестник Казанского технологического университета*, 3, 102-104, (2013).

© **И. А. Гришанова** – к.т.н., доцент каф. моды и технологий КНИТУ; **О. С. Мигачева** – аспирант каф. моды и технологий КНИТУ, olenka\_m88@mail.ru; **И. Ш. Абдуллин** – д.т.н., проф., проректор по НР КНИТУ.