

Средняя прочность волокон наиболее жесткого компонента в зависимости от длины волокна:

$$\bar{p}_e(l) = p_w \left(\frac{l_0}{l}\right)^{\frac{1}{\alpha}} \Gamma\left(1 + \frac{1}{\alpha}\right) = 20,1 \left(\frac{10}{60,17}\right)^{\frac{1}{4,569}} \Gamma\left(1 + \frac{1}{4,569}\right) = 13,93 \text{ сН}$$

Прочность одиночной пряжи:

$$P_* = \bar{p}_e(l) * m_i * \sum e_i * k * k_c * \langle \cos \vartheta \rangle = 13,93 * 72 * 1 * 0,61 * 0,99 * 0,92 = 557,23 \text{ сН}$$

Выводы:

1. Разработана технология регенерации отходов с вложением ангорской шерсти, определены оптимальные параметры регенерации на машине ЩМШЛ-1.
2. С использованием аналитического метода проектирования прочности пряжи, разработанного проф. В.П. Щербаковым, проведены расчеты и аналитическое проектирование прочностных характеристик чистошерстяной аппаратной пряжи линейной плотностью 140 текс и с круткой 350 кр/м, из регенерированных волокон ангорской шерсти.

ЛИТЕРАТУРА

1. Скуланова Н.С., Попова Е.Р. и др. «Аналитическое проектирование прочности камвольной пряжи линейной плотностью 19-42 текс.» // Хим. Волокна. 2015. №6 – С. 83-86.
2. Щербаков В.П., Скуланова Н.С. Аналитические методы проектирования нити и пряжи. – М.: МГТУ им. А.Н. Косыгина, 2007. – 73с.
3. Скуланова Н.С., Попова Е.Р. и др. «Аналитический расчет прочности скрученной камвольной пряжи.» // Хим. Волокна. 2016. №1 – С. 55-57.
4. Скуланова Н.С., Попова Е.Р., Ю.П. Колесников «Теоретический расчет прочности аппаратной пряжи с оптимальным вложением в смеси полиамидных волокон» // Хим. Волокна 2011. №2 – С 23-25
5. Скуланова Н.С., Ю.П. Колесников, Е.Р. Попова «Проектирование прочностных свойств пряжи с использованием полиакрилонитрильных волокон» // Хим. Волокна 2011. №2 – С 26-28

УДК 677.494.675.4+616-74

ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕФОРМАЦИОННО-ПРОЧНОСТНЫХ СВОЙСТВ АНТИМИКРОБНЫХ ХИРУРГИЧЕСКИХ ПОЛИКАПРОАМИДНЫХ НИТЕЙ

INVESTIGATION OF THE MECHANICAL PROPERTIES OF ANTIMICROBIAL SURGICAL POLYCAPROAMAMIDE THREADS

О.А. Москалюк, Т.Ю. Анущенко, В.А. Жуковский, Е.С. Цобкалло
O.A. Moskalyuk, T.Yu. Anuschenko, V.A. Zhukovsky, E.S. Tsobkallo

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий
и дизайна

St. Petersburg State University of Industrial Technologies and Design
E-mail: olga-moskalyuk@mail.ru, atu0106@ya.ru, rdd.lintex@gmail.com,
tsobkallo@mail.ru

Изучены деформационно-прочностные свойства антимикробных хирургических поликапроамидных нитей. Показано, что выбранный метод модификации и радиационной стерилизации поликапроамидных нитей приводит к определенным изменениям их деформационно-прочностных свойств. При этом происходит снижение прочности и жесткости в среднем на 25% и повышению эластичности на 18%, что не препятствует использованию данных нитей в качестве шовного материала.

Ключевые слова: хирургические нити; поликапроамид; полифиламент; антимикробные свойства; мирамистин; деформационно-прочностные свойства.

The mechanical properties of antimicrobial surgical polycaproamide threads were studied. It is shown, that the chosen method of modification and radiation sterilization of polycaproamide threads leads to certain changes in their deformation-strength properties. At the same time, the strength and stiffness are reduced by an average of 25% and an increase in elasticity by 18%, which does not prevent the use of these threads as a suture.

Key words: surgical threads; polycaproamide; polyfilament; antimicrobial properties; miramistin; mechanical properties.

Введение

При создании современных хирургических шовных материалов одной из важнейших задач является разработка нитей, обладающих той или иной биологической активностью. В зависимости от метода введения биологически активные препараты могут быть либо зафиксированы на нити химическими связями, либо закреплены на нем в виде труднорастворимых индивидуальных веществ, наносимых с помощью полимерных покрытий или низкомолекулярных посредников. При этом способ присоединения, предопределяющий прочность связи нити с активным веществом, выбирается с учетом особенностей проявления их биологического действия. Поверхностная активация полимеров биоактивными соединениями открывает широкие возможности для создания принципиально новых материалов медицинского назначения. На данный момент рынок биологически активных шовных материалов представлен в основном антимикробными нитями [1-7].

Материалы и методы исследования

Одним из наиболее привлекательных полимеров для создания хирургических шовных материалов является поликапроамид (ПКА), основные преимущества которого заключаются в низкой стоимости и легкой стерилизации. К сожалению, его реакционноспособность недостаточна для его модификации биологически активными соединениями [8]. Поэтому в данной работе для придания ПКА антимикробных свойств была проведена предварительная модификация полимера. Для получения ПКА нитей с катионообменными свойствами использовали метод привитой полимеризации метакриловой кислоты (МАК) к ПКА нити, инициированной окислительно-восстановительной системой (ОВС): персульфат калия – тиосульфат натрия ($K_2S_2O_8 - Na_2S_2O_3$). Прививка МАК в количестве 10% проводилась в течение 40 мин при температуре 40 °С. Затем осуществляли присоединение антисептика (мирамистина) путем хемосорбции из водного раствора ионообменными ПКА нитями, карбоксильные группы которых находились в солевой (Na^+) форме. Перевод нитей в солевую форму осуществлялся обработкой их 0,05N раствором гидроксида натрия в течение 40 минут при комнатной температуре и тщательной отмывкой водой до нейтральной реакции. По выбранному режиму из 0,2% водного раствора мирамистина за 4 часа на нить сорбируется порядка 9-10% препарата от ее массы.

Все изделия, соприкасающиеся с раневой поверхностью, контактирующие с кровью согласно ГОСТ Р ИСО 17665-1-2016 должны подвергаться стерилизации. Одним из наиболее перспективных методов стерилизации медицинской продукции является радиационный способ - облучение пучком ускоренных электронов. Бактерицидное действие ионизирующего излучения заключается в процессах радиолиза и деструкции, протекающих в микроорганизмах, которое усиливается окислительным воздействием озона, образующегося при облучении из кислорода воздуха [5, 9].

Проведение всех вышеуказанных операций (модификация биологически активными соединениями, стерилизация хирургических нитей) может оказывать влияние на физико-механические свойства шовного материала. Поэтому целью данной работы было исследование деформационно-прочностных свойств модифицированных ПКА нитей подвергнутых стерилизации ускоренными электронами.

Характеристика объектов исследования представлена в табл. 1.

Характеристика объектов исследования

№ п/п	Нить	Линейная плотность, Текс
1	Нить поликапроамидная плетеная USP 3/0 – исходная, нестерильная	56
2	Нить поликапроамидная плетеная USP 3/0 –стерильная (стерилизация ускоренными электронами)	53
3	Нить поликапроамидная плетеная USP 3/0 с привитой метакриловой кислотой (СОЕ=0,9 ммоль/г), нестерильная	68
4	Нить поликапроамидная плетеная USP 3/0 с привитой метакриловой кислотой (СОЕ=0,9 ммоль/г) и мирамистином, нестерильная	72
5	Нить поликапроамидная плетеная USP 3/0 с привитой метакриловой кислотой (СОЕ=0,9 ммоль/г) и мирамистином, стерильная (стерилизация ускоренными электронами)	73

Исследования механических свойств ПКА нитей проводились с помощью универсальной установки Instron-1122, производства Instron (Великобритания). Скорость растяжения образцов составляла 50 мм/мин, а базовая длина образцов – $l_0=200$ мм. На основе полученных диаграмм растяжения определялись следующие механические характеристики: прочность (σ_p , МПа), удлинение при разрыве (ϵ_p , %), начальный модуль жесткости (E_0 , ГПа).

Результаты эксперимента и их обсуждение

Диаграммы растяжения исследуемых ПКА нитей представлены на рис. 1. Они характеризуются наличием трех областей деформирования, присущим некоторым аморфно-кристаллическим полимерам. В первой области происходит распрямление проходных цепей в аморфных областях, что приводит к снижению текущего модуля жесткости. Вторая область характеризуется интенсивным ростом числа нагруженных проходных цепей и связана с возрастанием начального модуля жесткости нити. Показано [10], что в этих двух областях конформационные переходы в макромолекулах ПКА происходят по поворотнo-изомерному механизму. В третьей области, соответствующей заключительному падению текущего модуля жесткости, наблюдается начало деструкционных процессов в полимере за счет образования молекулярных разрывов [11].

Сравнение основных деформационно-прочностных характеристик исследуемых ПКА нитей представлены на рис. 1-4.

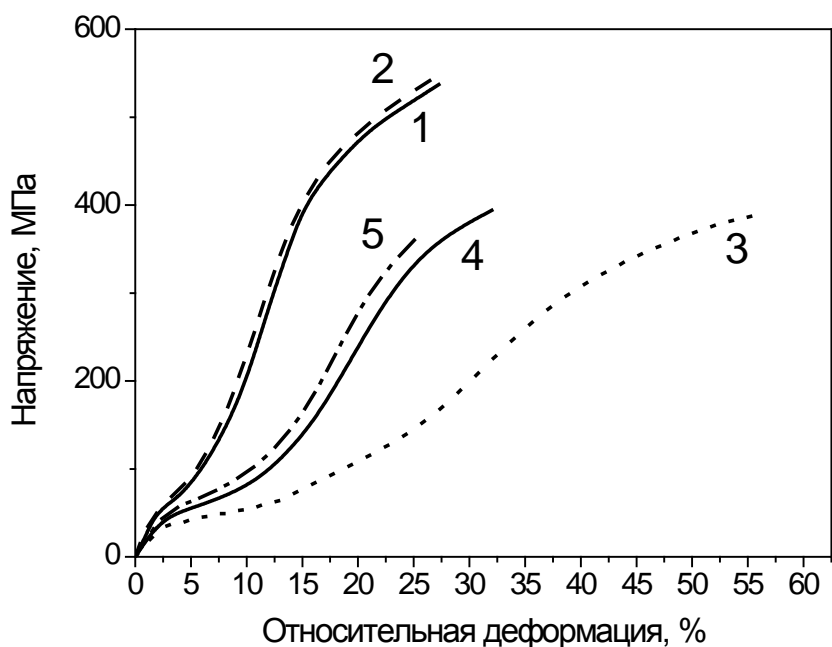


Рис.1. Диаграммы растяжения хирургических ПКА нитей (номера образцов соответствуют представленным в таблице 1)

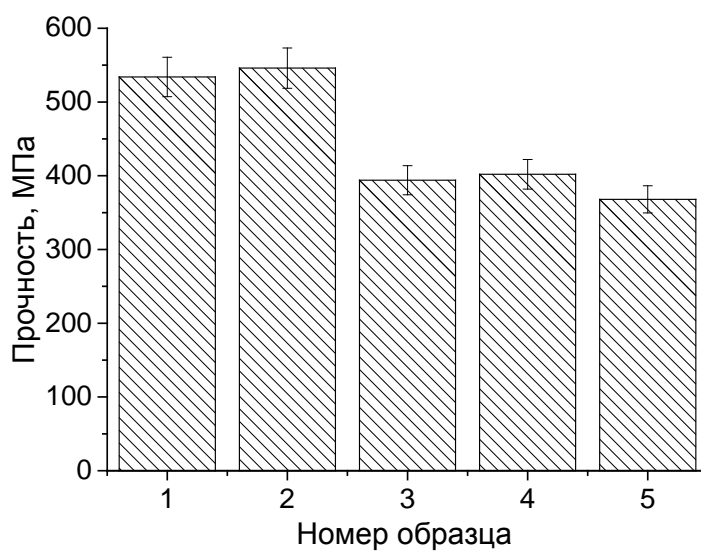


Рис. 2. Изменение прочности образцов ПКА нитей (номера образцов соответствуют представленным в таблице 1)

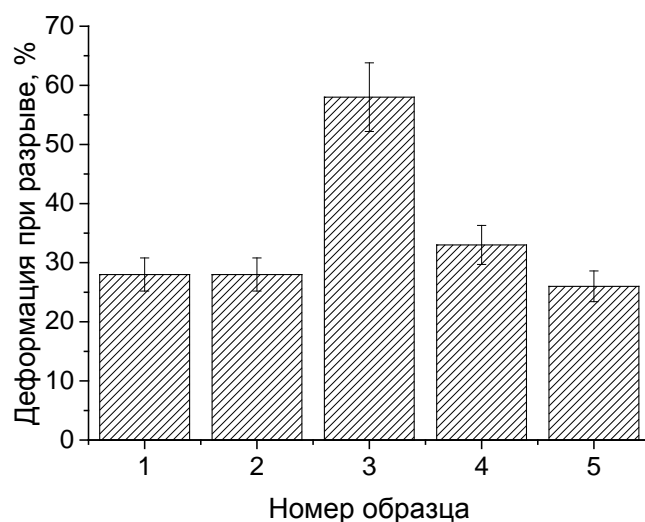


Рис.3. Изменение относительного удлинения образцов ПКА нитей при разрыве (номера образцов соответствуют представленным в таблице 1)

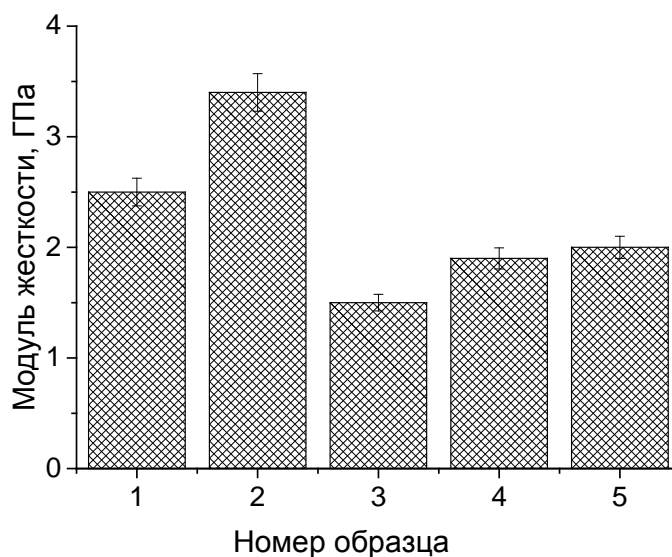


Рис.4 Изменение начального модуля жесткости образцов ПКА нитей (номера образцов соответствуют представленным в таблице 1)

Как видно, на рис. 1-4 характер диаграмм растяжения не меняется. Стерилизация ускоренными электронами исходной ПКА нити (обр.1) не приводит к явным изменениям ее деформационно-прочностных свойств (обр. 2). Прочность исходной и стерилизованной плетеной ПКА нити составляет около 540 МПа, а деформация при разрыве – 28%. Разброс значений σ_p и ε_p для каждого образца укладывается в области погрешности измерений. Жесткость нити при этом увеличивается на 36% и составляет 3,4 ГПа. В процессе модификация ПКА нити путем прививки метакриловой кислоты происходит существенное изменение ее физико-механических свойств (рис. 1-4). Прочность и жесткость нити снижаются на 26 и 40% по сравнению с исходной нитью, а удлинение модифицированной МАК нити (обр. 3) возрастает практически в 2 раза и составляет 58%. Такой эффект вероятно объясняется двумя факторами. Во-первых, из-за присутствия на поверхности и в массе полимера полярных карбоксильных групп, количество водородных связей соответственно увеличивается, что приводит к изменению надмолекулярной структуры ПКА. Второе – молекулы сорбированной воды выступают в роли пластификатора («спейсера»), повышая подвижность макромолекул полимера [12-15].

мирамистином (обр. 4) остается на уровне ПКА с привитой МАК (обр. 3) и составляет 402 МПа, что на 25% ниже, чем для исходной ПКА нити. При модификации привитой ПКА нити мирамистином происходит повышение жесткости и снижение ее эластичности, но при этом их значения остаются ниже, чем для исходной ПКА нити и составляют 1,9 ГПа и 36% соответственно. Стерилизация антимикробной ПКА нити как и в случае с исходной нитью не вызывает существенных изменений ее механических свойств, за исключением прочности, которая снижается на 8% и составляет 368 МПа. При этом полученные деформационно-прочностные характеристики ПКА нитей с антимикробными свойствами остаются вполне достаточными для использования их в качестве шовного материала [2].

Выводы

-исследованы деформационно-прочностные свойства хирургических антимикробных поликапроамидных нитей в режиме одноосного растяжения;

-показано, что выбранный метод радиационной стерилизации (облучением ускоренными электронами) поликапроамидных нитей как исходных, так и модифицированных не приводит к явным изменениям их деформационно-прочностных свойств;

-модификация поликапроамидного плетеного шовного материала мирамистином путем сорбции на предварительно активированные нити методом привитой полимеризации МАК приводит к снижению ее прочности и жесткости в среднем на 25% и повышению эластичности на 18%. Однако их деформационно-прочностные свойства достаточны для использования полученных нитей в качестве шовного материала.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бонцевич, Д. Н. Хирургический шовный материал [Текст] /Д.Н. Бонцевич // Проблемы здоровья и экологии. 2005. №3 (5). С. 46-51.
2. Егиев, В.Н. Шовный материал (лекция) [Текст]/ В.Н. Егиев // Хирургия. 1998. - №3. – С. 33-38.
3. Мохов, Е.М. Биологически активные хирургические шовные материалы (обзор литературы) [Текст] / Е.М. Мохов, А.В. Жеребченко // Верхневолжский медицинский журнал. 2012. - №10 (4). С. 21-28.
4. Кильдеева, Н.Р. Новый подход к созданию материалов с контролируемым выделением лекарственного вещества [Текст] / Н.Р. Кильдеева, Г.А. Вихорева, Е.П. Агеев, М.А. Голуб, Л.С. Гальбрайт, Е.А. Меркович // Вестн. Моск. ун-та сер. 2, Химия. 2000. Т.41. №6. С. 423-425.
5. Жуковский, В.А. Проблемы и перспективы разработки и производства хирургических шовных материалов [Текст] / В.А. Жуковский // Химические волокна. 2008. №3. С. 31-38.
6. Жуковский, В.А. Биоактивный хирургический шов [Текст] // Журнал экспериментальных исследований. 2003. Т. 3. № 1. С. 42–45.
7. Жуковский, В.А. Новые направления и возможности совершенствования полимерных имплантатов для реконструктивно-восстановительной хирургии [Текст] / В.А. Жуковский // Сборник трудов II-ой международной конференции «Современные технологии и возможности реконструктивно-восстановительной и эстетической хирургии», Москва, 19–20 октября 2010. С. 90–93.
8. Тагер, А.А. Физико-химия полимеров [Текст] / А.А. Тагер. - Издание 4-е, переработанное и дополненное - М.: Научный мир, 2007. 547с.
9. Хасанова, З.З. Кулькова М. Актуальные проблемы нормативно-правового регулирования деятельности по обращению изделий медицинского назначения [Текст] / З.З. Хасанова, М. Кулькова // Вестник Росздравнадзора. 2008. №4. С. 61–64.
10. Пахомов, П.М. Интерпретация кривой растяжения ориентированных полимеров [Текст] / П.М. Пахомов, М.В. Шаблыгин, Е.С. Цобкалло, А.С. Чеголя // Высокомолекулярные соединения. 1986. Т.28А. №3. С. 558-563.

11. Сталевич, А.М. Спектральное моделирование вязкоупругих свойств синтетических нитей [Текст] / А.М. Сталевич // Известия ВУЗов. Технология легкой промышленности. 1988. Т.2. С. 43-47.
12. Киба, А.А. Изучение реакции привитой полимеризации поликапроамида и винилацетата [Текст] / А.А. Киба, О.В. Стеценко, Е.А. Перепалова, Г.М. Бутов // Сб. трудов конф. «Современные наукоемкие технологии». 2014. №7. С. 103.
13. Стеценко, О.В. Изучение сорбционной активности привитых сополимеров на основе поликапроамида [Текст] / О.В. Стеценко, Е.А. Перепалова, Г.М. Бутов // Сб. трудов конф. «Современные наукоемкие технологии». 2013. №9. С. 84.
14. Акентьева, Т.Н. Химическая модификация хирургического шовного материала с целью профилактики артериальных тромбозов [Текст] / Т.Н. Акентьева, С.В. Лузгарев, Т.В. Глушкова, Ю.А. Кудрявцева // Вестник Кемеровского государственного университета. 2014. № 4 (60) Т. 3. С. 228-232.
15. Князюк, А.С. Антибактериальные свойства нового шовного биологически активного хирургического шовного материала [Текст] / А.С. Князюк, Н.И. Шевченко, Д.Н. Бонцевич // Проблемы здоровья и экологии. 2014. С. 96-100.

УДК 66.0

ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПРИРОДНЫХ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ КАК КОМПОНЕНТОВ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ МЕДИЦИНСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

POSSIBILITY OF APPLICATION OF NATURAL BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES, AS COMPONENTS OF POLYMERIC MATERIALS FOR MEDICAL PURPOSES

М.А. Куринова
M.A. Kurinova

Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина
(Технологии. Дизайн. Искусство) (Россия, Москва)
A.N.Kosygin Russian state university (Technology. Design. Art) (Russia, Moscow)
E-mail: Kma240190@mail.ru

Одним из типов материалов, перспективных для применения в изделиях медицинского назначения, являются материалы, содержащие иммобилизованные биологически активные вещества. Иммобилизация БАВ в структуре полимерного материала повышает эффективность его применения благодаря расширению спектра действия. Наряду с синтетическими и полусинтетическими БАВ всё большее внимание привлекают БАВ природного происхождения. Выявление возможности применения новых БАВ этого типа позволит расширить ассортимент перевязочных материалов. В работе исследована возможность применения компонентов, экстрагируемых из бересты (бетулин) и коры одного из видов тропических деревьев *Croton lechleri* (Sangre de Drago).

Ключевые слова: иммобилизация; биологически активные вещества; реология; полимерные пленочные и волокнистые материалы.

One of the types of materials that are promising for use in medical devices are materials containing immobilized biologically active substances. Immobilization of BAS in the structure of the polymer material increases the efficiency of its use due to the expansion of the spectrum of action. Along with synthetic and semisynthetic BASs, more and more attention is attracted to BAS from a natural origin. The identification of the possibility of using new BASs of this type will expand the range of dressings. In work we investigated the possibility of using birch bark extract (betulin) and Sangre de Drago.

Key words: immobilization; biologically active substances; rheology, polymeric film and fibrous materials.