

Ширина паза задавалась относительно диаметра трубки в диапазоне 0,2...0,5. Пазы такой ширины характерны для конструкций аналогов.

Некоторые результаты моделирования показаны на рисунках 2 и 3.

Из результатов исследования зависимости напряжений и деформаций от угла наклона паза (рисунок 2) можно сделать вывод, что при увеличении угла напряжения и деформации растут, однако после примерно 30° рост замедляется. С другой стороны, увеличение угла увеличивает удобство для хирурга при зацепе фильтра. Вероятно, можно рекомендовать угол в 45° как одновременно обеспечивающий удобство работы, прочность и жесткость.

Из результатов исследования зависимости напряжений и деформаций от относительной ширины паза (рисунок 3) можно сделать вывод, что увеличение ширины паза приводит к ослаблению конструкции, причем после значения этого параметра примерно 0,4 дальнейшее увеличение приводит к резкому снижению прочности и жесткости.

Поэтому можно рекомендовать минимальную ширину паза, при которой хирургу будет все еще удобно выполнять захват фильтра специальным приспособлением. Это могут быть значения в диапазоне примерно от 0,25 до 0,35.

Полученные результаты могут быть использованы при проектировании фильтров-ловушек и других эндопротезов сосудов.

Литература

1. Однопросветная унилатеральная техника удаления кава-фильтра / А. Г. Виллер [и др.] // Вестник Национального медико-хирургического Центра им. Н. И. Пирогова. – 2018. – № 3. – С. 141–143.
2. Савченко, А. Л. К вопросу проектирования элементов фильтра-ловушки / А. Л. Савченко, А. П. Шумская // Приборостроение-2024: материалы 17-й Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 26–29 нояб. 2024 г. – Мн.: Интегралполиграф, 2024. – С. 255–256.
3. Hoppe, H. Optional Vena Cava Filters. Indications, Management, and Results / H. Hoppe // Deutsches Ärzteblatt International. – 2009. – № 24. – P. 395–491.

УДК 621.941.025.1:616-71

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ НИТИ ИЗ ПОЛИТЕТРАФТОРЭТИЛЕНА РЕЗАНИЕМ И ЕЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА МЕДИЦИНСКОГО ФЕТРА Сидоренко К. Р., Вершина Г. А.

ГП «Научно-технологический парк БНТУ «Политехник», Минск, Беларусь

Аннотация. В статье рассмотрены способы получения фторопластовой нити, такие как экструзия и точение лезвийным инструментом, произведен анализ технологии ее получения резанием и перспективы использования в медицине при производстве фетра. В процессе экструзии происходит изменение структуры самого материала по всему объему, что негативно сказывается на его свойствах. Резание позволяет сохранить исходную структуру материала, однако требует использования специального лезвийного режущего инструмента. Проанализирован процесс резания фторопластовой нити и предложена теоретическая конструкция режущего лезвия.

Ключевые слова: стент-графт, ePTFE, политетрафторэтилен, резание материалов, геометрические параметры инструмента, нить, фетр.

ANALYSIS OF THE POSSIBILITY OF MAKING POLYTETRAFLUOROETHYLENE THREAD BY CUTTING AND ITS USE FOR THE PRODUCTION OF MEDICAL FELT Sidorenko K. R., Vershina G. A.

State enterprise “Science and technology park of BNTU «Polytechnic””, Minsk, Belarus

Abstract. The article discusses the methods of obtaining fluoroplastic yarn, such as extrusion and turning with a blade tool, analyzes the technology of its production by cutting and the prospects for use in medicine in the production of felt. During the extrusion process, the structure of the material itself changes throughout the volume, which negatively affects its properties. Cutting allows you to preserve the original structure of the material, but requires the use of a special blade cutting tool. The process of cutting a fluoroplastic thread is analyzed and the theoretical design of the cutting blade is proposed.

Keywords: stent graft, ePTFE, polytetrafluoroethylene, cutting materials, geometric parameters of the tool, thread, felt.

Адрес для переписки: Сидоренко К. Р., Сурганова 47/1, г. Минск 220113, Республика Беларусь
e-mail: sidorikkirill@gmail.com

В современном мире для удовлетворения нужд человека в народном хозяйстве и промышленности используются различные типы материалов: чистые металлы, сплавы, неметаллы и т.д. Однако все большую популярность набирают полимерные материалы и композиции на их основе. Одним из таких материалов является

политетрафторэтилен (тефлон, ПТФЭ). Этот уникальный материал обладает широким спектром уникальных свойств: он химически инертен к любым средам, обладает диэлектрическими свойствами, гидрофобностью, а также эластичностью в сочетании с высокой механической прочностью [1].

Особое внимание фторопласт обрел в конце 50-х годов, когда его предложили использовать в производстве медицинских изделий, в частности лент, нитей и тканей, которые в дальнейшем используются для производства стент-графтов. По мнению J. H. Harrison наиболее пригодным для медицинских целей, в частности для протезов кровеносных сосудов, является тефлон, относящийся к группе политетрафторэтиленов. Тефлон обладает очень высокой прочностью, почти абсолютной инертностью, ткани живого организма мало реагируют на присутствие этого синтетического материала. Было установлено, что фиброзная выстилка, образующаяся на внутренней поверхности тефлонового протеза, оказывается более тонкой, чем в дакроновом протезе. Это снижает частоту тромбозов, особенно в протезах небольшого калибра. Тефлон является несмачиваемым волокном, что оказалось выгодным, так как уменьшало опасность тромбозов и способствовало быстрому прорастанию окружающих тканей через поры протеза [2]. Современные компании, такие как Jostent, Graftmaster, Abbott Vascular; Symbiot, Boston Scientific и другие, занимаются производством аортальных стент-графтов с использованием биосовместимого расширенного политетрафторэтилена (ePTFE). Наиболее близкими по своим параметрам являются ткани из фторопласта, которые изготавливаются из нитей. На сегодняшний день существует несколько способов получения нитей из фторопласта: экструзия и резание. В процессе экструзии фторопласт подвергается термическому и силовому воздействию: происходит нагрев фторопластовых заготовок и проталкивание их через матрицу. Такое воздействие приводит к изменению структуры самого материала по всему объему, что негативно сказывается на его свойствах, которые критически важны при использовании его в качестве покрытия, особенно медицинских изделий. Резание фторопласта позволяет сохранить исходную структуру материала, однако требует использования специального лезвийного режущего инструмента.

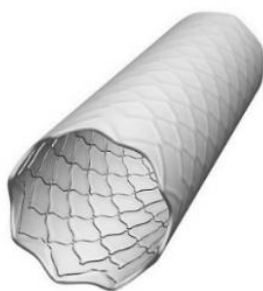


Рисунок 1 – Стент-графт BeGraft компании Bentley InnoMed GmbH (Германия)

Анализ литературных источников на тему лезвийной обработки материалов показал актуальность данного типа обработки. Необходимым условием данного процесса является оптимальная форма режущего лезвия. Для благоприятного

и беспрепятственного схода нити по лезвию оно должно обладать большим передним углом, а также минимальным задним углом для уменьшения трения по обработанной поверхности фторопластовой заготовки. Также критически важен радиус закругления при вершине резца, поскольку он напрямую влияет на шероховатость обработанной поверхности. Большая шероховатость поверхности будет сильнее влиять на размеры получаемых мелкогабаритных деталей. В соответствии с работой [3] параметры режущего инструмента имеют широкие пределы. В частности, передний угол равен $\gamma = 60\text{--}70^\circ$, задний угол $\alpha = 4^\circ$, угол заострения $\beta = 15\text{--}25^\circ$. Однако физические характеристики фторопластовых композиционных материалов и обстоятельства выбора параметров режущего инструмента является актуальной задачей. Например, углы резца, представленные выше, требуют теоретического обоснования.

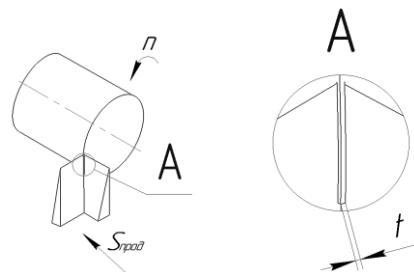
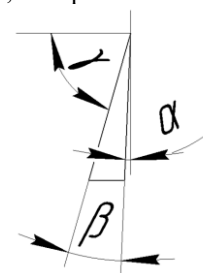


Рисунок 2 – Схема резания фторопластовой нити

Данный резец в ходе исследования нами был адаптирован для получения нити, а также составлены схема резания фторопласта для получения нитей лезвийным инструментом, представленная на рисунке 2, и геометрическая схема расположения углов лезвия, изображенная на рисунке 3.



γ – передний угол, α – задний угол, β – угол заострения

Рисунок 3 – Расположение углов лезвия

В рамках исследования были проведены ряд экспериментов по точению фторопласта стандартным и лезвийным инструментом с разными геометрическими параметрами и режимами резания, в ходе которых измерялись усилия резания. Так, при использовании обычного проходного резца со стандартными геометрическими параметрами, силы резания составляли от 500 до 2000 Н. В то же время при использовании лезвийного резца силы резания имели значения от 5 до 15 Н. Для получения фторопластовых изделий в виде

тонких нитей следует провести теоретические исследования, обосновать и оптимизировать геометрические параметры режущего инструмента.

Производимая непрерывная нить в дальнейшем будет использоваться для создания медицинского фетра. Дополнительно для повышения качества как нити, так и готового фетра, мы предлагаем вариант финишной обработки фторопластовой нити методом ультразвукового упрочнения.

Таким образом анализ технологий получения фторопластовых нитей и экспериментальные данные позволили нам установить параметры и их диапазоны для режущего инструмента, которые оказывают решающую роль в получении тонкой

нити, и перспективы ее использования при производстве медицинского фетра.

Литература

1. Вершина, Г. А. Особенности изгиба фторопластовой ленты с учетом разномодульности материала / Г. А. Вершина, Л. Е. Реут // Наука и техника. – 2019. – Т. 18, № 3. – С. 185–194.
2. Протезы кровеносных сосудов. История вопроса // Hospsurg.online: [сайт]. – URL: <https://hospsurg.online/content/view/630/> (дата обращения: 15.09.2025).
3. Способ изготовления длинномерных изделий: пат. SU 1337273 A1, МПК B29C 37/00 / В. М. Жарнов; опубл. 15.09.1987.

УДК 615.8:621.3

ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ АППАРАТА ТЕРМОМАГНИТОТЕРАПИИ ДЛЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ СПОРТСМЕНОВ В БИОМЕДИЦИНСКОЙ ИНЖЕНЕРИИ

Степаненко А. И.^{1,2}, Савченко А. Л.²

¹ООО «Технология и Медицина 2030»

²Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Аннотация. В данной научной работе разбираются технические условия аппарата термомангнитотерапии «ТМТ-ТМ» с магнитной индукцией 0,1 Тл и частотой 5–15 Гц с рабочей температурой 35–38 °С в соответствии с медицинскими стандартами. Используется устройство для восстановления функций спортсменов после травм. Изучено влияние параметров на заживление тканей. Предложены варианты дальнейшей доработки технических условий для будущих редакций.

Ключевые слова: термомангнитотерапия, реабилитация, технические условия, спортивная медицина.

PAPER VALIDATION OF TECHNICAL SPECIFICATIONS FOR THERMOMAGNETIC THERAPY DEVICES FOR FUNCTIONAL REHABILITATION OF ATHLETES IN BIOMEDICAL ENGINEERING

Stepanenko A.I.^{1,2}, Savchenko A. L.²

¹LLC “Technology and Medicine 2030”

²Belarussian National Technical University

Minsk, Belarus

Abstract. This scientific paper examines the technical specifications of the TMT-TM thermomagnetic therapy device with a magnetic induction of 0.1 T and a frequency of 5–15 Hz, operating at a temperature of 35–38 °C in accordance with medical standards. The device is used to restore the functions of athletes after injuries. The influence of parameters on tissue healing has been studied. Options for further refinement of the technical specifications for future editions have been proposed.

Keywords: thermomagnetic therapy, rehabilitation, technical specification, sports medicine.

Адрес для переписки: Степаненко А. И., пр. Победителей, 135, г. Минск 220060, Республика Беларусь
e-mail: stepanenko.al3x@mail.ru

Травмы опорно-двигательного аппарата являются распространенной проблемой в профессиональном спорте, требуя эффективных методов реабилитации для быстрого восстановления атлетов неинвазивного применения [1]. Термомангнитотерапия сочетает импульсное магнитное поле треугольной или синусоидальной формы и тепловое воздействие. Такая комбинация стимулирует регенерацию тканей и улучшает микроциркуляцию [2]. Аппарат «ТМТ-ТМ», разработанный ООО «Технология и Медицина 2030», предназначен для функциональной реабилитации спортсменов в

условиях здравоохранения и образования [3]. Цель статьи – анализ технических условий (ТУ) аппарата, их соответствия медицинским стандартам и предложение идей для дополнения для будущих редакций рассматриваемых технических условий.

Аппарат «ТМТ-ТМ» разработан для применения комбинированного воздействия с учетом стандартов безопасности во время проведения процедур [1]. Ключевые параметры ТУ для устройства представлены в таблице 1.

После проведения производственно-технических испытаний доказано, что аппарат соответ-