

электропроводностью в сравнении с образцами, изготовленными из нелегированной суспензии: для n-типа она выше в 4 раза, для p-типа – в 2,5 раза, что положительно скажется на термоэлектрической добротности материала.

Разработка, синтез и исследование термоэлектрических материалов на основе твердых растворов $Bi_2Te_3-Sb_2Te_3$ (p-типа) и $Bi_2Te_3-Bi_2Se_3$ (n-типа), используемых для разработки и изготовления суспензий, выполнены при поддержке Российского научного фонда (проект № 21-19-00312). Разработка технологии изготовления, изготовление и исследование гибких ТЭГ из суспензий выполнены при поддержке Российского научного фонда (проект № 18-79-10231).

Список литературы

1. Voloshchuk I.A., Terekhov D.Yu. Investigation of the Electrical Contact to the Thermoelectric Legs Fabricated by Screen-printing Method// 2021 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering (EIConRus). - 2021.

ВЛИЯНИЕ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ НА СТРУКТУРУ И ФОРМУ ПЕРСОНАЛИЗИРОВАННЫХ ИМПЛАНТАТОВ С РАЗНЫМ РИСУНКОМ ЗАПОЛНЕНИЯ ИЗГОТОВЛЕННЫХ ИЗ СОПОЛИМЕРА ВИНИЛИДЕНФТОРИДА С ТЕТРАФТОРЭТИЛЕНОМ МЕТОДОМ FDM 3D ПЕЧАТИ

А.О.ВОРОБЬЕВ¹, А.С.ГОГОЛЕВ¹, В.М.БУЗНИК², Е.Н.БОЛЬБАСОВ^{1,3}

¹Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

²Томский государственный университет,

³Институт оптики атмосферы им. академика В.Е. Зуева СО РАН

E-mail: aov4@tpu.ru

Современная стратегия хирургического вмешательства для лечения онкологических патологий предполагает удаление опухоли и окружающих тканей с их последующим замещением персонифицированными имплантатом, обеспечивающим не только полноценный функциональный, но и высокий эстетический результат хирургического вмешательства [1].

Сегодня 3D печать становится важным инструментом создания эффективных имплантатов, благодаря доступности технологического оборудования, высокой производительности, низкой стоимости печати и высокому пространственному разрешению. Трехмерные структуры, изготовленные методом 3D печати, активно используются в качестве имплантатов способных полностью повторять размеры и форму области дефекта, соответствуя индивидуальным особенностям пациента.

Согласно исследованиям отечественных и зарубежных авторов [2], [3] было установлено, что в условиях повышенных температур и давления при кристаллизации сополимеров винилиденфторида увеличивается содержание электрически активной полярной β -фазой. Поскольку технология FDM 3D печати позволяет сразу получать трехмерные структуры с полярной β -фазой [4], кристаллизация имплантата при высоких температурах и давлении потенциально должна способствовать увеличению β -фазы. Дизайн микроархитектуры рисунка заполнения имплантата, является важным параметром для достижения желаемого набора физических, механических и биологических свойств [5]. Однако, дополнительная кристаллизация под давлением, вероятно, может привести к изменению кристаллической

структуры имплантата изготовленного из сополимера ВДФ-ТеФЭ, изменению формы и формированию токсичных соединений.

В работе представлены результаты исследований, полимерного материала - сополимера винилиденфторида с тетрафторэтиленом (ВДФ-ТеФЭ), для изготовления индивидуальных имплантатов методом 3D печати по технологии послойного наплавления (FDM). Исследовано влияние процесса кристаллизации под давлением на кристаллическую структуру, геометрические размеры и цитотоксичность имплантата. Рентгенограммы и термограммы дифференциальной сканирующей имплантатов индивидуальных имплантатов до и после кристаллизации, представлены на рисунке 1. Установлено, что кристаллизация приводит к увеличению размеров кристаллитов электрически активной (сегнетоэлектрической) кристаллической фазы в сополимере ВДФ-ТеФЭ, из которого изготовлен имплантат, но не вызывает значительных изменений формы имплантата, сохраняя его высокую функциональность рисунок 2.

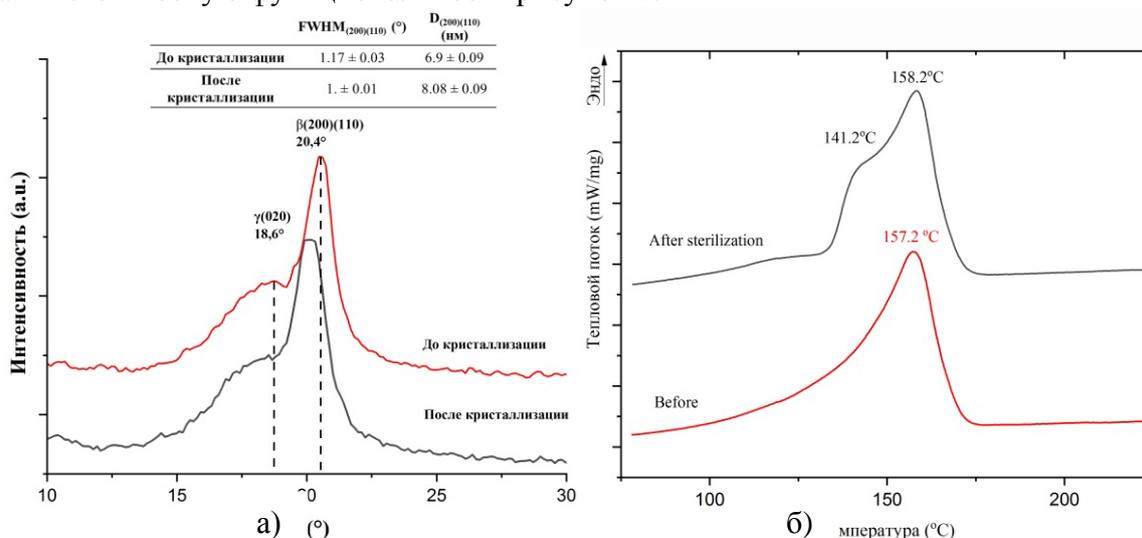


Рисунок 1 – а) Рентгенограммы имплантатов, изготовленных из сополимера ВДФ-ТеФЭ методом 3D печати до и после кристаллизации; б) термограммы ДСК имплантатов до и после кристаллизации

На рисунке 2 представлены изображения индивидуального имплантата глазницы в зависимости от рисунка заполнения (рисунок 2 а) и профили соответствующих сечений на плоскости XYZ (рисунок 2 б,в,г) полученные методом КТ до и после кристаллизации имплантата. Серая масса в белом контуре – профили сечений имплантата до кристаллизации. Красный контур – профили сечений имплантата после кристаллизации.

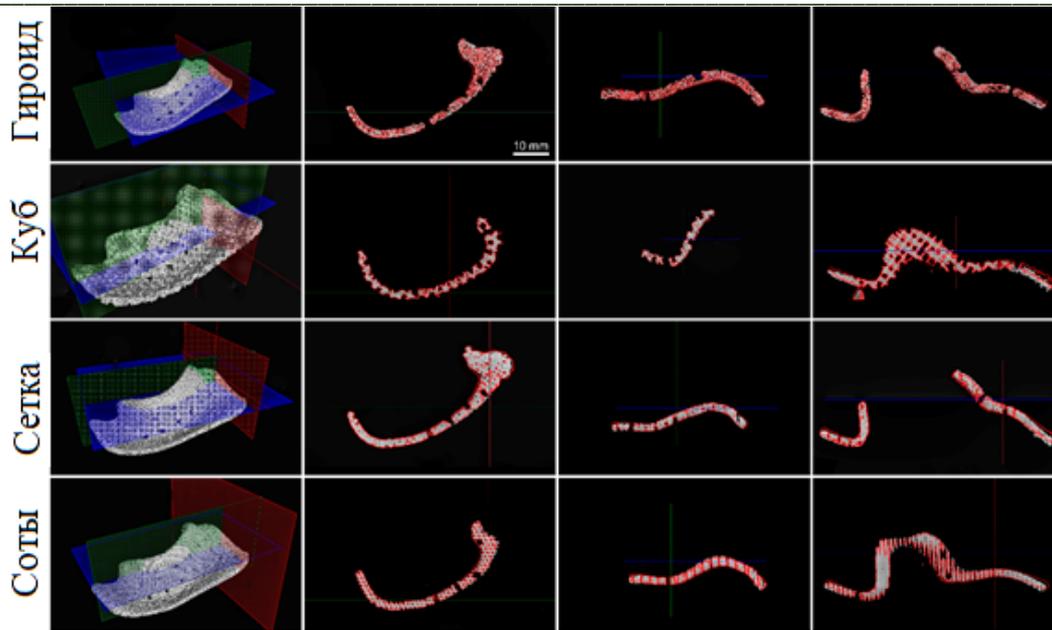


Рисунок 2 – Изображения индивидуального имплантата глазницы полученное методом КТ:
 а) –КТ изображение индивидуального имплантата глазницы, полученного методом 3D печати; Сечения имплантата для оценки изменения формы после кристаллизации в плоскостях: б) – XOY, в) – YOX, г) –XOZ

Исследование индивидуальных имплантатов глазницы методом КТ продемонстрировали, что процесс стерилизации влияет на форму имплантата, однако наблюдаемые изменения формы не являются существенными. Отклонение формы имплантата после кристаллизации от исходных параметров, достигают максимальных значений по периферии имплантата, при этом в центральной части имплантата изменения минимальны. Наибольшей деформации подвержен имплантат с рисунком заполнения типа кубический, так регистрируемые отклонение формы имплантата после стерилизации от исходных параметров, достигают максимальных значений по периферии имплантата: слева – до 1 мм и справа до 1.7 мм соответственно. При этом в центральной части имплантата изменения минимальны. Максимальное значение отклонение формы имплантата от начальной составляет порядка 0,2 мм. Под воздействием пара под давлением в процессе кристаллизации меньше всего деформируется имплантат с рисунком заполнения типа гироид, так как регистрируемые отклонение формы имплантата после кристаллизации от исходных параметров, достигают максимальных значений по периферии имплантата: слева – до 0.8 мм и справа до 1.1 мм соответственно. При этом в центральной части имплантата изменения минимальны. Максимальное значение отклонение формы имплантата от начальной составляет порядка 1.1 мм.

Благодарности

Исследование выполнено при поддержке гранта Российского фонда фундаментальных исследований номер проекта 20-03-00171.

Список литературы

1. Кульбакин Д.Е. и др. Выбор реконструктивного материала для восстановления костных дефектов челюстно-лицевой области в онкологической практике // Голова и шея. 2018. № 6. С 64–69.

2. Li Y. et al. Polymorphic Extended-Chain and Folded-Chain Crystals in Poly(vinylidene fluoride) Achieved by Combination of High Pressure and Ion-Dipole Interaction // *Macromolecules*. 2015. Vol. 48. № 23. PP. 8565–8573.
3. Kochervinskii V.V. The structure and properties of block poly(vinylidene fluoride) and systems based on it // *Russian Chemical Reviews*. 1996. Vol. 65. № 10.
4. Akimchenko I. O. et al. One-step production of 3D printed ferroelectric polymer forms using fused deposition modeling // *Applied Physics Letters*. 2021. Vol. 119. № 20.
5. Zadpoor A.A., Malda J. Additive Manufacturing of Biomaterials, Tissues, and Organs // *Ann Biomed Eng*. 2017. № 45, C 1–11.

БИОРАЗЛАГАЕМЫЙ КОМПАУНД ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА МУЛЬЧИРУЮЩЕЙ ПЛЕНКИ ДЛЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

Н.В. ГАЛКИНА¹, В.Д. НАЗАРОВА¹, Е.В. ПЕРУШКИНА¹, Р.Р. СПИРИДОНОВА¹

¹ Казанский национальный исследовательский технологический университет

E-mail: galkinatasha@yandex.ru

Мульчирование почвы - специальный агротехнический прием, который активно используется на протяжении нескольких десятков лет для повышения урожайности. Он позволяет уменьшить фактические затраты труда на процесс прополки, сохранения влаги и поддержание необходимого теплового режима при росте растений [1].

Существуют различные технологии мульчирования, однако на сегодняшний день пластиковая мульча является одним из наиболее популярных материалов. Это укрывные материалы на основе крупнотоннажных пластиков, таких как полиэтилен, пропилен. Недостатком таких материалов является неспособность разлагаться в условиях окружающей среды, накопление в почве и токсичность продуктов их ассимиляции.

В конце вегетации такая пластиковая пленка требует удаления. Во время уборочных работ существуют трудности обеспечения ее полного сбора без остатков, в результате при ее ежегодном использовании при выполнении агротехнических работ поверхность поля постепенно превращается в смесь мульчи с почвой.

В качестве альтернативы традиционной пластиковой мульче были разработаны оксодеградируемые пластики для производства пленки. Композиции данного типа не являются полностью биodeградируемыми, так как биологическому разрушению подвергается только природная составляющая. В результате после уборки урожая данный тип мульчи также остается в почве, но уже в виде микропластика. Накопление пластика на территориях интенсивного сельского хозяйства – это экологическая проблема, которая вызывает беспокойство [2].

Указанных недостатков лишены биологически разрушаемые мульчирующие пленки, так как они не требуют утилизации и полностью разлагаются в почве в течение сельскохозяйственного сезона, превращаясь в удобрение.

На сегодняшний день многие потребители обеспокоены экологической ситуацией и делают осознанный выбор в пользу экологически безопасной продукции. Цель настоящей научной работы - получение полностью биоразлагаемой полимерной пленкообразующей композиции на основе крахмала и его производных и разработка импортозамещающего компаунда для производства мульчирующей пленки для сельского хозяйства, как достойной альтернативы импортным аналогам. Поэтому разрабатываемый продукт будет не только