

Список литературы:

1. Девисилов В.А. Охрана труда: учебник. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2007. – 448 с.
2. Сильченко Е.В. Разработка тканей для специальной профессиональной одежды с защитой от электромагнитного излучения. Дисс. ... канд. техн.наук. – М., 2018. – 147 с.

УДК 677.076.49 : 620.3

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ЭЛЕКТРОФОРМОВАНИЯ НАНОВОЛОКНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ С СОДЕРЖАНИЕМ ФИБРОИНА ШЕЛКА

Черников И.И., Рыклин Д.Б.

Витебский Государственный Технологический Университет

Тел.: +375(29)848-58-53; факс 375-212496347;

E-mail: chernikov.st@mail.ru

Тел.: +375(33)615-59-21; факс 375-212496347;

E-mail: ryklin-db@mail.ru

На данный момент метод электроформования хорошо зарекомендовал себя, как один из самых перспективных методов получения нановолокон. Гибкость процесса электроформования позволяет получать функциональные нановолокнистые материалы и конструкции, которые, в свою очередь, применяются в биомедицине и косметологии [1].

Для проведения экспериментальных исследований процесса электроформования в Витебском государственном технологическом университете используется установка Fluidnatek LE-50. Электроформование на данной установке осуществляется с использованием прядильной головки, на которую подается по капилляру прядильный раствор. Разность потенциалов индуцирует в растворе полимера одноименные электрические заряды, которые, в результате кулоновского электростатического взаимодействия, приводят к вытягиванию раствора полимера в тонкую струю, которая впоследствии расщепляется на более тонкие струи при определенном соотношении значений вязкости, поверхностного натяжения и плотности электрических зарядов (или напряженности электростатического поля) в волокне. Полученные струи отверждаются за

счет испарения растворителя, превращаются в волокна, и под действием электростатических сил дрейфуют к подложке, закрепленной на осадительном электроде.

Исходя из проведенного анализа источников, было принято решение в качестве волокнообразующего полимера использовать фиброин шелка. Благодаря своим уникальным свойствам, таким как биоразлагаемость, проницаемость для воды и кислорода представляет интерес в области биомедицины. Так же, стоит отметить, что важной составляющей при создании медицинских конструкций является биodeградируемость полимера. Изделия из фиброина при определенном воздействии могут изменять скорость биodeградации. Продуктами биodeградации являются аминокислоты, которые в полной мере метаболизируются клетками организма [2-3].

Для получения нановолокон из фиброина шелка необходимо получить прядильный раствор. В качестве компонентов растворителя фиброина были выбраны хлорид кальция, этиловый спирт и дистиллированная вода в соотношении 40:30:30 соответственно[4]. Затем проводится процесс диализа раствора для удаления хлорида кальция, так как наличие данной соли выступает нежелательным фактором и ограничивает область применения наноматериала. Раствор диализировался в течении 3-х суток со сменой воды каждые 3-4 часа. Из полученного порошка фиброина были получены водные растворы с содержанием 3,8% фиброина. Предполагается, что дистиллированная вода и остатки этилового спирта при электроформовании испаряются, способствуя образованию нановолокон.

На лабораторной установке Fluidnatek LE-50 была осуществлена попытка получения нановолокнистого материала из полученного водного раствора фиброина шелка, процесса электроформования протекал нестабильно при всех возможных сочетаниях параметров работы оборудования. В значительной степени это было связано с недостаточной вязкостью раствора фиброина. Таким образом, было принято решение о добавлении в раствор 8% поливинилового спирта марки Arkofil. Поливиниловый спирт является одним из наиболее распространенных полимеров, используемых для получения материалов медицинского и косметологического назначения методом электроформования, что обусловлено его относительно низкой стоимостью и биосовместимостью с организмом человека [5].

Нанесение нановолокнистого покрытия из раствора фиброина

шелка и поливинилового спирта осуществлялось на подложку из полиэфирной ткани при следующих параметрах:

- расстояние от эмиттера до коллектора – 10 см;
- напряжение на эмиттере – 29 кВ;
- напряжение на коллекторе – -10 кВ;
- расход прядильного раствора – 0,9 мл/ч;
- частота вращения коллектора – 200 мин⁻¹.

Для визуализации структуры нановолокон электроформованного материала были получены изображения при различном увеличении с использованием электронного сканирующего микроскопа LEO 1420 (Carl Zeiss, Германия), которые представлены на рисунках 1 и 2 соответственно.

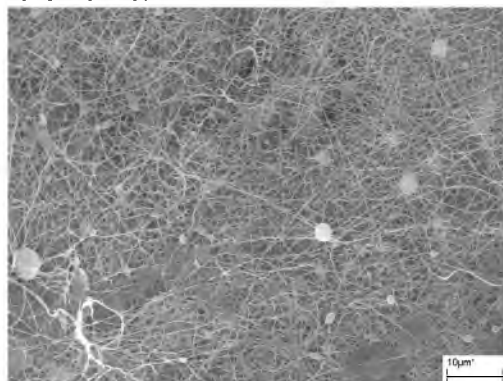


Рис. 1 – Изображение структуры полученного наноматериала при увеличении в 1000 раз

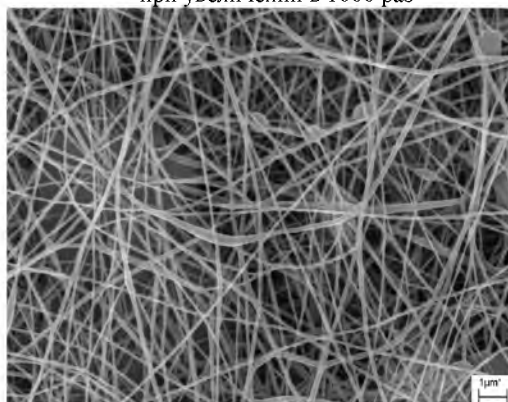


Рис. 2 – Изображение структуры полученного наноматериала при увеличении в 15000 раз

Проанализировав полученные изображения, стоит отметить, что наличие незначительного количества веретенообразных дефектов никак не влияет на эксплуатационные свойства данного нановолокнистого материала. Так же, был проведен анализ состава материала методом энергодисперсионной рентгеновской спектроскопии, который показал отсутствие в нем соли хлорида кальция. Таким образом, можно сделать вывод о том, что процесс диализа проведен успешно.

Расчетное содержание компонентов в готовом материале без учета остаточной влаги составляет 28% фиброина шелка и 72% поливинилового спирта.

Исходя из результатов проделанной работы и анализа литературных источников, можно сделать вывод о том, что благодаря свойствам компонентов, полученный материал может использоваться в областях медицины и косметологии.

Список литературы:

1. Schiffman, J.D., Schauer, C.L. A review: Electrospinning of biopolymer nanofibers and their applications // *Polym. Rev.* – 2008. – V. 48 (2). – P. 317-352.
2. Kundu, B. Silk fibroin biomaterials for tissue regenerations / B. Kundu, R. Rajkhowa, S.C. Kundu, X. Wang // *Adv. Drug Deliv. Rev.* – 2013. – Vol. 65. – P. 457-470.
3. Wen, D.L. Recent progress in silk fibroin-based flexible electronics / D.L. Wen, D.H. Sun, P. Huang, W. Huang, M. Su, Y. Wang, M.D. Han, B. Kim, J. Brugger, H.X. Zhang, X.S. Zhang // *Microsyst. Nanoeng.* – 2021. – Vol. 7. – P. 35-60.
4. Черников И.И. Исследование влияния состава раствора фиброина шелка на его вязкость / И.И. Черников, Д.Б. Рыклин // *Материалы докладов 55-й Международной научно-технической конференции преподавателей и студентов, Витебск, 2022.* – с. 303-305.
5. Попова, И. Н. Экономика производства и применения полимеризационных пластмасс / И. Н. Попова, Е. Д. Файнберг, Ю. Т. Лившиц. – Ленинград : Химия, 1977. – 200 с.