

II-ШЎБА. ПАХТАНИ ДАСТЛАБКИ ИШЛАШ ВА ТЎҚИМАЧИЛИК СОҲАЛАРИНИ ИНТЕГРАЦИЯЛАШ ҲАМДА УЛАРДАГИ ТЕХНОЛОГИК ЖАРАЁНЛАРГА ИННОВАЦИОН ТЕХНОЛОГИЯЛАРНИ ТАДБИҚ ЭТИШ

ВЫБОР МАРКИ ПОЛИВИНИЛОВОГО СПИРТА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ НАНОВОЛОКНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОФОРМОВАНИЯ

аспирант Демидова Мария Александровна, аспирант Азарченко Владислав Михайлович,
д.т.н., проф. Рыклин Дмитрий Борисович

Витебский государственный технологический университет, Беларусь, Витебск

***Аннотация:** Метод электроформования является инновационным способом производства полимерных волокон диаметром от нескольких десятков до нескольких сотен нанометров для применения в биомедицине и косметологии. Проведенные исследования были посвящены выбору марки поливинилового спирта для получения нановолокнистых материалов биомедицинского назначения. Определены основные требования, предъявляемые к нановолокнистому материалу, с учетом них дана оценка испытываемых образцов материалов.*

***Ключевые слова:** электроформование, биомедицина, полимерные волокна, нановолокнистый материал.*

Электроформование — это способ получения полимерных волокон в результате действия электростатических сил на электрически заряженную струю полимерного раствора или расплава. Полученные данным методом нановолокна успешно применяются для решения широкого спектра задач биомедицины и тканевой инженерии, для создания систем контролируемой доставки лекарственных препаратов, при регенерации хрящевой, костной, нервной тканей, кожи, стенок кровеносных сосудов. По сравнению с другими методами получения нетканых волокнистых материалов из раствора метод электроформования отличается сочетанием высокой эффективности, аппаратурной простоты, высокой гибкости, позволяющей получать волокнистые материалы с широким диапазоном свойств и размеров единичного волокна – от микро- до нановолокон [2].

Исследование процесса получения нановолокнистых материалов в Витебском государственном технологическом университете осуществляется на установке Fluidnatek LE-50 компании Bionicia (Испания). На ней прядильный раствор подается дозатором через капилляры в зону, где происходит процесс электроформования. Создание многослойных материалов на установках Fluidnatek может осуществляться за счет последовательного использования

нескольких прядильных головок или за счет применения коаксиальной прядильной головки, включающей внутреннюю и внешнюю иглы, через которые формовочный раствор может подаваться последовательно или одновременно [3].

В качестве волокнообразующего полимера для проведения процесса электроформования с учетом биомедицинской направленности исследований был выбран поливиниловый спирт (ПВС). Широкое применение ПВС для получения материалов медицинского назначения методом электроформования обусловлено его относительно низкой стоимостью и уникальными свойствами. Создание концентрированных растворов полимеров с лекарственными веществами различной природы приводит к получению эффективных лечебных средств для внутреннего и наружного применения. При этом в ряде случаев физиологическая активность полимеров проявляется в активизации процессов всасывания и проникновения лекарственных средств через слизистые оболочки, кожу и др. Благодаря нетоксичности поливиниловый спирт может применяться в медицине в качестве клеев, пластырей, стерильных салфеток, хирургических нитей, фармацевтических препаратов, для изготовления плазмозаменяющих растворов [4].

Однако поливиниловый спирт различных марок и производителей существенно различается по своим характеристикам, таким образом, свойства получаемого из него покрытия будут различными.

Целью данной работы являлся выбор марки ПВС, при использовании которой процесс электроформования нановолокнистого материала будет наиболее эффективным, а получаемый материал будет отвечать заданным эксплуатационным требованиям.

Было изучено две марки ПВС: Sevol 205 компании Sekisui Specialty Chemicals Europe S.L. (США) и Arkofil PPL gr компании Archroma (Швейцария). Из них были приготовлены водные растворы, содержащие 14% ПВС. В качестве подложки при проведении электроформования использовалась бумага с нанесенным на принтере слоем черной краски. Выбор данного материала подложки связан с тем, что он имеет относительно слабую адгезию к нановолокнистым материалам из поливинилового спирта, на черном фоне хорошо видны дефекты покрытия и его фрагменты, оставшиеся после снятия покрытия.

Основными требованиями, предъявляемыми к нановолокнистому материалу являются следующие:

- стабильность протекания процесса электроформования при наработке материала;
- эффективность процесса электроформования;
- уровень адгезии материала к подложке;

- равномерность усилия по снятию нановолокнистого материала с подложки без растяжения и повреждения материала;
- поверхность нановолокна бездефектная или имеет контролируемый дефект;
- распределение нановолокон по диаметру равномерное.

Из ПВС вышеуказанных марок было наработано два образца. При этом в обоих случаях была достигнута стабильность протекания процесса электроформования при наработке материала.

Однако при одинаковой концентрации ПВС максимальный расход формовочных растворов существенно отличался. Так, для ПВС марки Selvol он составил 650 мкл/ч, а для Arkofil – 1600 мкл/ч. Это свидетельствует о том, что использование Arkofil для осуществления процесса электроформования позволяет достигнуть большей производительности установки, что для промышленного производства является критически важным.

Образец марки Selvol оказался слишком тонким для снятия, и полностью адгезия его к подложке препятствовала его снятию. Это является существенным дефектом, поскольку ограничивает сферу использования подобного материала лишь теми видами применения, где дальнейшее использование материала не подразумевает под собой снятие его с подложки. Образец Arkofil хорошо отслаиваются от подложки.

Для изучения структуры полученных материалов и влияния на неё состава и расхода формовочного раствора были получены их изображения при различном увеличении с использованием электронного сканирующего микроскопа LEO 1420 (CarlZeiss, Германия). На рисунке 1 представлены фотографии исследованных образцов при увеличении в 15000 раз.

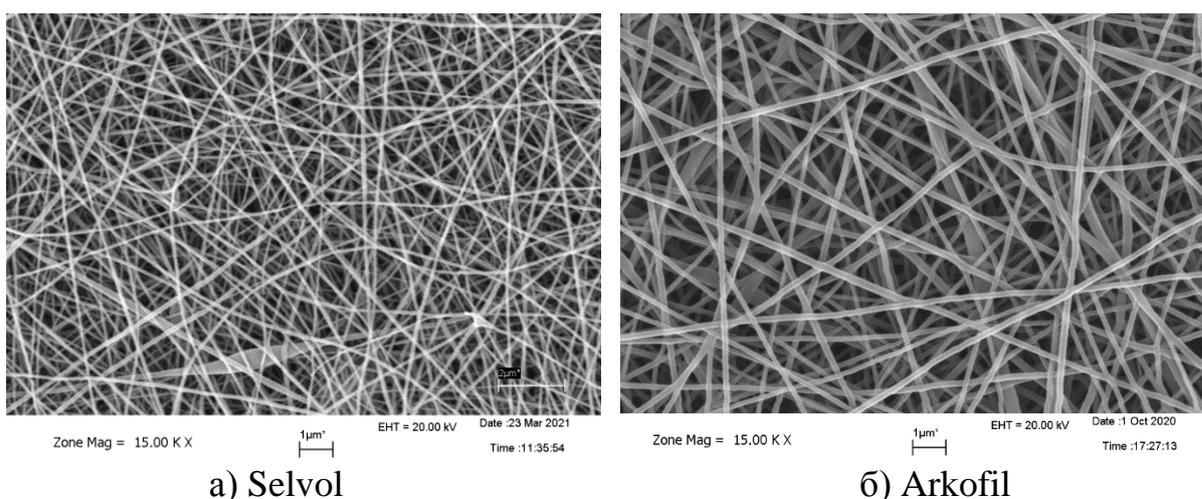


Рисунок 1 – Изображения электроформованных материалов, полученные при увеличении в 15000 раз

Анализ изображений волокнистых материалов (рис. 1), полученных при увеличении в 15000 раз позволяет подтвердить, что на наноуровне

вышеуказанные дефекты себя не проявляют. При этом среднее значение диаметров нановолокон образца марки Selvol составило 105,63 нм, марки Arkofil – 175,60 нм. Коэффициент вариации по диаметру волокна составил 26,14% и 23,54% соответственно. Таким образом, можно заключить, что равномерность по диаметру у образца марки Arkofil выше, хотя и диаметр нановолокон больше.

Таким образом, проведенные исследования позволяют рекомендовать использование поливинилового спирта Arkofil PPL gr компании Archroma для получения нановолокнистых материалов методом электроформования. Использование данной марки позволит достигнуть высокой производительности процесса, получить высококачественный наноматериал, отвечающий основным требованиям, предъявляемым к нему. Фокус дальнейших исследований будет направлен на разработку неоднородных материалов для медицины и косметологии. Планируется разработка материала, состоящего из нескольких слоев: внутренний слой будет выполнен из nano-, ультратонких функциональных волокон, а наружный слой будет играть роль подложки и осуществлять защитную функцию. Также возможна инкапсуляция функциональной добавки биомедицинского или косметологического назначения внутри двух слоев полимерных волокон для получения трехслойного нановолокнистого материала.

Литература:

1. Juncos Bombin A.D., Dunne N.J., McCarthy H.O. Electrospinning of natural polymers for the production of nanofibres for wound healing applications // *Materials Science and Engineering*: C. V. 114. September 2020. 110994.
2. Stace E.T., Mouthuy P.A., Carr A.J., Ye H.(C.) *Biomaterials: Electrospinning* // *Comprehensive Biotechnology (Third Edition)*. V. 5. 2019.
3. Рыклин, Д.Б. Определение рациональных режимов электроформования с использованием прядильных головок различной конструкции / Д.Б. Рыклин, В.М. Азарченко, М.А. Демидова // *Химические волокна*. – 2019. – № 4. – с. 13.
4. Попова И. Н., Файнберг И. Н., Лившиц Ю. Т. *Экономика производства и применения полимеризационных пластмасс*. Л. : Химия, 1977, 200 с.