

Исследование влияния режимов процесса электроформования на морфологию получаемых материалов

М.С. КАРНИЛОВ, Д.Б. РЫКЛИН

(Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь)

В настоящее время электроформование является эффективным и гибким методом получения микро- и нановолокон для разнообразных областей применения, включая биотехнологию, доставку лекарств, заживление ран, тканевую инженерию, микроэлектронику, защиту окружающей среды, сбор и хранение энергии [1, 2, 3]. Интерес к производству электроформованных нетканых нановолокнистых материалов, покрытий и структур повышается, что связано с их уникальными свойствами.

Среди факторов процесса электроформования, оказывающих влияние на структуру и морфологию получаемых нановолокон выделяют разность потенциалов в межэлектродном пространстве, расход прядильного раствора или скорость волокнообразования, расстояние от эмиттера до коллектора и вид коллектора, а также состав прядильного раствора [4]. От структуры и морфологии нановолокна напрямую зависят его свойства, такие как плотность, паропроницаемость, растворимость.

Также немаловажным фактором, оказывающим влияние на структуру получаемых материалов, является стабильность процесса электроформования.

В ряде публикаций в качестве признака стабильности процесса электроформования выделяется стабильность конуса Тейлора, то есть приблизительное постоянство его размеров, а также непрерывность формирования струи из прядильного раствора [5]. Однако экспериментально установлено, что даже при соблюдении указанных условий процесс электроформования может происходить по-разному. Например, расщепление струи на множество более тонких струек может начинаться на расстоянии 2 – 3 см от конца иглы, через которую прядильный раствор подается в зону электроформования, при этом направление нерасщепленной струи не изменяется в течение времени, а ширина зоны распределения волокнистого материала на подложке или коллекторе составляет от 1 до 3 см.

В другом случае расщепление струи начинается на минимальном расстоянии от конца конуса Тейлора, заметны существенные колебания полимерных струй, в результате чего волокнистый материал распределяется на значительной ширине – от 5 до 10 см. В этом случае расход прядильного раствора существенно выше. Несмотря на то, что конус Тейлора в этом случае также изменяется незначительно, возникает вопрос о том, приводит ли описанный эффект к изменению структуры электроформованного материала.

В связи с этим целью данного исследования было установление влияния режима нанесения, в частности, колебания струи, на морфологию нановолокнистых материалов. Получение нановолокнистых материалов происходило на установке для электроформования Fluidnatek LE-50, в качестве волокнообразующего полимера был использован поливиниловый спирт (ПВС) марки Arkofil компании Archroma (Швейцария). ПВС широко используется в медицине, поскольку нетоксичен, активизирует процессы проникновения и всасывания лекарственных средств через слизистые оболочки и кожу, а также имеет низкую стоимость. Функциональным-компонентом лекарственного назначения, добавленным в прядильный раствор, стал глицерин, поскольку он выступает в роли антисептика при комплексном лечении многих заболеваний, способствует заживлению ран, препятствует заражению и гноению. В рамках

исследования были наработаны образцы нановолокнистых материалов из 14 %-ного раствора ПВС с добавлением 8 % глицерина (Таблица 1).

Таблица 1

Режимы наработки материалов			
	Образец 1	Образец 2	Образец 3
Расход	1.9 мл/ч	3.5 мл/ч	3.5 мл/ч
Расстояние между эмиттером и коллектором	10 см	10 см	10 см
Потенциал эмиттера	21 кВ	24 кВ	25 кВ
Потенциал коллектора	-8 кВ	-7 кВ	-5 кВ
Ширина зоны распределения прядильного раствора	0.5-1 см	5-6 см	4-5 см

Для анализа структуры полученных образцов использован метод сканирующей Электронной микроскопии с помощью микроскопа LEO 1420 (Carl Zeiss, Германия). Изображения поверхности полученных нановолокнистых материалов приведены на рис. 1 – 3.

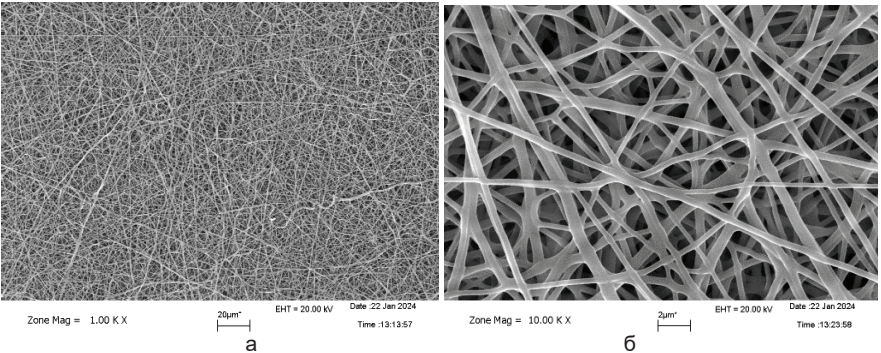


Рис. 1. СЭМ-изображение образца №1 (а – ×1000, б – ×10000)

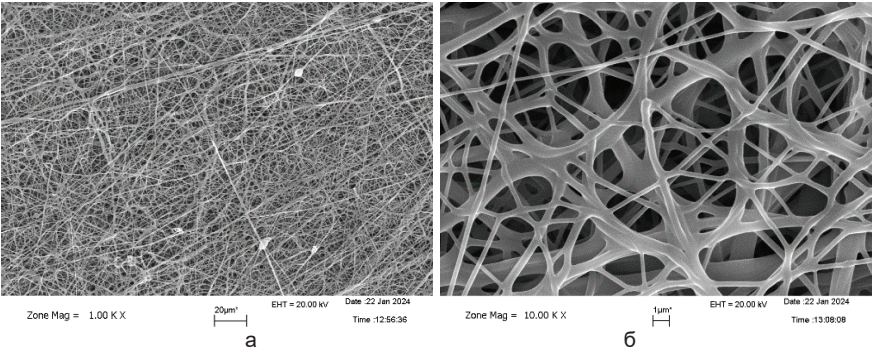


Рис. 2. СЭМ-изображение образца №2 (а – ×1000, б – ×10000)

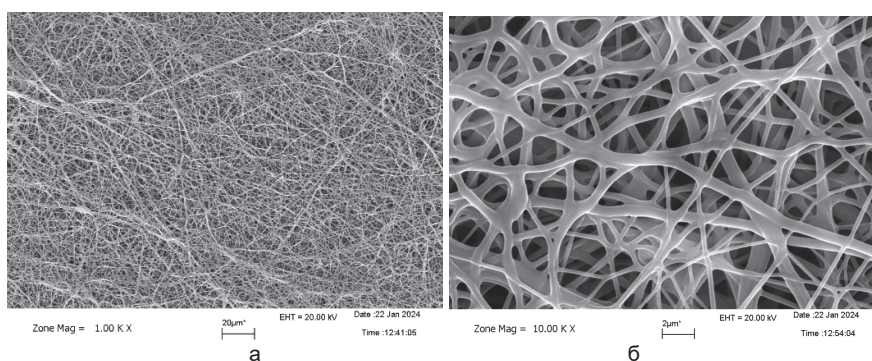


Рис. 3. СЭМ-изображение образца №3 (а – $\times 1000$, б – $\times 10000$)

Установлено, что внешний вид образцов полученных при разных режимах отличался. Однородность волокна в образце 1, полученном при меньшем расходе раствора и ширине зоны его распределения 0.5-1 см, более высокая, чем в образцах 2 и 3. При этом в образцах 2 и 3 присутствует более волокна большей толщины. Можно отметить, что количество дефектов материала (сгустков раствора) повышается с увеличением ширины зоны распределения волокон.

Таким образом, проведенные исследования позволяют заключить, что структура нановолокнистых материалов, получаемых методом электроформования из водорастворимых полимеров, напрямую зависят от колебаний волокнообразующей струи. В связи с этим, режим нанесения должен выбираться с учетом требований, предъявляемых к нановолокнистому материалу.

ЛИТЕРАТУРА

1. Li, Z., Wang, C. One-dimensional Nanostructures, Electrospinning technique and Unique Nanofibers / Z. Li, C. Wang. – New York: Springer, 2013. – 150 p.
2. Wang, H.S. Functional polymeric nanofibers from electrospinning / H.S. Wang, G.D. Fu, X.S. Li // Recent Patents on Nanotechnology. – 2009. – Vol. 3. – P. 21–31.
3. A review on polymer nanofibers by electrospinning and their applications in nanocomposites / Z.M. Huang [et al.] // Composites Science and Technology. – 2003. – Vol. 63. – P. 2223–2253.
4. Рыклин, Д.Б. Влияние межэлектродного расстояния на морфологию электроформованных нановолокнистых материалов / Д.Б. Рыклин, М.А. Демидова, М.С. Карнилов // IV Международный Косыгинский Форум. Сборник научных трудов. Часть 1 – 2024 – Москва: С. 283-287.
5. Филатов, Ю. Н. Электроформование волокнистых материалов (Эфв-Процесс) // Москва, 2001. – 297 с.