

СИНТЕЗ НИТИ С БАКТЕРИЦИДНЫМИ СВОЙСТВАМИ ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ НАНОРАЗМЕРНЫХ ВОЛОКОН

И.С. Алексеев, С.Г. Степин, И.А. Дорошенко

УДК 677.494.7

РЕФЕРАТ

Целью работы является получение полимерных наноразмерных волокон и нити из них. Для достижения поставленной цели исследовались зависимости свойств получаемого продукта от концентрации полимера в растворе и применяемых бактерицидных веществ. В ходе работы определены наиболее предпочтительные составы формирующих растворов с бактерицидными добавками путем изменения концентрации полимера в растворе и использования различных добавок. По результатам исследования получен наиболее предпочтительный состав образцов полимерных наноразмерных волокон и нити с антисептиками, которые являются экологически чистым продуктом, способным растворяться в ране по мере заживления, не требующим перевязок и удаления остатков материала.

ABSTRACT

In this paper we define the most preferred compounds forming solutions with antibacterial additives, by changing the concentration of the polymer solution and the use of various additives. The most preferable composition of the samples of polymer nanofibers and yarns with antiseptics, which are environmentally friendly product that can dissolve in the wound as it heals, not requiring dressings and remove excess material is obtained.

На сегодня полимеры с особыми свойствами используются во всех сферах деятельности человека. И в данной работе рассматривается получение полимерных нетканых материалов и нитей из наноразмерных волокон одним из современных методов переработки полимеров – электроспиннингом, то есть электроформова-

нием волокон (рис. 1).

Электроформование волокон – сухой бесфильтрный метод, в котором деформация исходного полимерного раствора, последующий транспорт отверждаемых при испарении растворителя волокон и формирование волокнистого слоя осуществляются исключительно электрическими силами в едином рабочем пространстве.

Принцип электроспиннинга заключается в следующем: при наложении электрического поля на металлический капилляр с жидкостью (расплавом или раствором полимера) она заряжается, и плоский мениск становится выпуклым. При определенных условиях, в частности, напряженность поля, вязкость, скорость подачи жидкости, поле начинает вытягивать ее струйку, сечение которой оказывается меньше диаметра капилляра.

Если к тому же это был раствор полимера, то из-за испарения растворителя волокно становится еще тоньше. Можно добиться того, что его диаметр составит всего несколько нанометров.

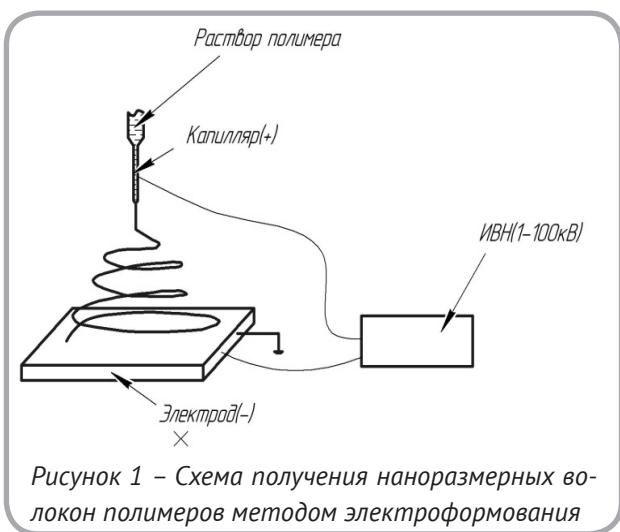




Рисунок 2 – Экспериментальная установка для формирования наноразмерных волокон

Интерес к нановолокнам вызван тем, что механические свойства материалов, такие как предел прочности, прочность на разрыв, на изгиб и на сжатие, модули упругости возрастают при уменьшении диаметра волокон и достигают теоретического предела при достижении наноуровня [1]. В случае полимерных нановолокон размерный эффект может проявляться в объемных свойствах в результате дополнительного взаимодействия между молекулами полимера, вызванного их ориентацией, когда диаметр волокна становится сопоставим с длиной молекулы [2].

Целью работы является получение полимерных наноразмерных волокон и нити из них.

Для достижения поставленной цели исследовались зависимости свойств получаемого продукта от концентрации полимера в растворе и применяемых бактерицидных веществ.

Нами использовался стандартный процесс получения волокон, включающий три стадии – перевод формуемого материала в вязко-текучее состояние, формование волокон и их отверждение [3]. Вязкотекучее состояние определяет способность материала к волокнообразованию и характеризуется определенными значениями вязкости и поверхностного натяжения, согласованными между собой. В данной работе использовался раствор полимера, так как он проявляет

лучшую способность к волокнообразованию, в сравнении с расплавами, также более прост при реализации в лабораторных условиях [3].

Для получения необходимых данных о вязкости раствора полимера (применен водный раствор поливинилового спирта – ПВС), напряженности электрического поля и прочих параметров процесса получения нановолокон и нити собрана экспериментальная установка (рисунок 2).

Процесс формования организован следующим образом: электрическое напряжение 25 кВ прикладывается к раствору полимера, который при помощи дозатора подается через капилляр диаметром 0,8 мм. Высокое напряжение заряжает раствор полимера одноименным электрическим полем, которое в результате электростатического взаимодействия приводит к вытягиванию раствора полимера в тонкую струю. В процессе электростатического вытягивания полимерная струя претерпевает ряд последовательных расщеплений на более тонкие струи. Полученные струи отверждаются за счёт испарения растворителя, превращаясь в волокна, и под действием электростатических сил дрейфуют к заземленной подложке, находящейся на расстоянии 150 мм от капилляра и имеющей противоположное значение электрического потенциала. При этом поляриность может быть

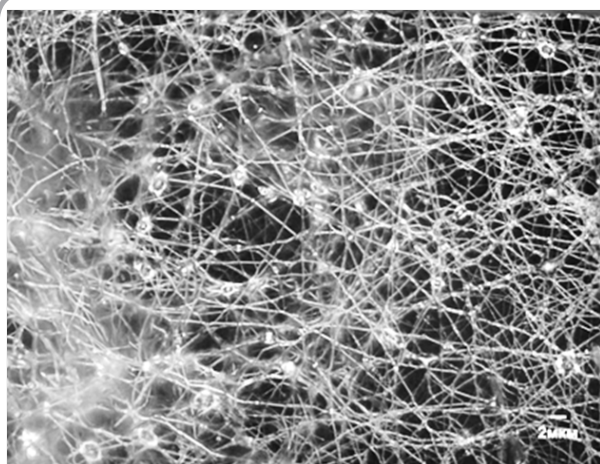


Рисунок 3 – Структура полученного нетканого образца

Таблица 1 – Вид получаемых наноразмерных волокон

Бактерицидные добавки	Концентрация полимера, %				
	6	8	9	10	12
Цефтриаксон					
Хлоргексидин					
Рифампицин					
Тилозин					
Без добавки					

Примечание:

- волокнообразование минимально или отсутствует, капельное течение;
- волокнообразование со значительными капельными включениями;
- волокнообразование с небольшими капельными включениями;
- стабильное волокнообразование

как прямой, так и обратной, когда капилляр заземлен, а на осадительный электрод подается высокое напряжение. Коллектор (осадительный электрод) должен иметь хорошую электропроводность, но может иметь различную форму: в виде стержня, плоскости или цилиндра, также он может быть сплошным или в виде сетки, твердым или жидким, стационарным или движущимся.

В ходе работы определены наиболее предпочтительные составы формирующих растворов с бактерицидными добавками путем изменения концентрации полимера в растворе и использовании различных добавок. Прочие параметры не изменялись. Исследования зависимости процесса волокнообразования от концентрации полимера и примененных бактерицидных добавок проводились с получением нетканых образцов (рисунок 3).

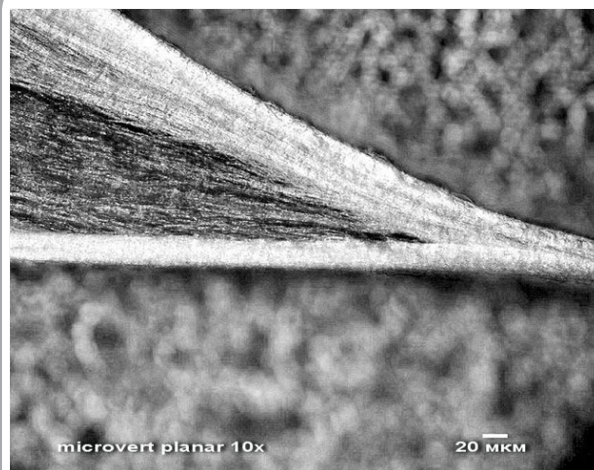


Рисунок 4 – Вид полученного образца нити в месте скрутки

Характер процесса получения наноразмерных волокон с бактерицидными добавками отражен в таблице 1.

Как видно из таблицы 1, стабильное волокнообразование происходит при 8 – 9 % содержания полимера с 15 % бактерицидных добавок в сухом веществе, в случае применения нерастворимых добавок (рифампицин) верхняя граница диапазона расширяется до 10 %. Из этого следует, что получение наноразмерных волокон с бактерицидными добавками электроспиннингом – простой и достаточно гибкий способ, позволяющий получать продукт с требуемыми свойствами даже при нестабильности парамет-

ров исходных материалов.

Для получения образца нити были применены составы, входящие в предпочтительный диапазон концентраций раствора, при этом диаметры отдельных волокон составили 300 – 380 нм, фото нити показано на рисунке 4.

В ходе исследований нами выявлены зависимости процесса волокнообразования от концентрации применяемого полимера и включаемых бактерицидных добавок.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам работы получен наиболее предпочтительный состав образцов полимерных

наноразмерных волокон и нити с антисептиками, которые являются экологически чистым продуктом, способным растворяться в ране по мере заживления, не требующим перевязок и удаления остатков материала. Данные нетканые материалы способствуют ускорению процесса заживления ран. Они позволят облегчить работу медиков и ветеринарных работников при оказании лечебной помощи, а также будут эффективны при лечении широкого спектра ранений – от мелких порезов и царапин до тяжелых, длительно незаживающих пролежней и язв.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Qi, H.J. Determination of mechanical properties of carbon nanotubes and vertically aligned carbon nanotube forests using nanoindentation. / H.J. Qi, K.B.K. Teo, K.K.S. Lau, M.C. Boyce, W.I. Milne, J. Robertson, K. Gleason // Journal of the Mechanics and Physics of Solids. – 2003. – Volume 51, №11–12. – P. 2213-2237
2. Burger, C. Nanofibrous materials and their applications / C. Burger, B.S. Hsiao, B. Chu // Annu. Rev. Mater. Res. – 2006. – 336.–P.368
3. Филатов, Ю. Н. Электроформование волокнистых материалов (ЭФВ - процесс) / Ю. Н. Филатов; под ред. В. Н. Кириченко. – Москва : ГНЦ РФ НИФХИ им. Л.Я. Карпова, 1997

Статья поступила в редакцию 27.02.2013 г.