

ОЦЕНКА СВОЙСТВ ПРЯДИЛЬНОГО РАСТВОРА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ НАНОВОЛОКНИСТЫХ ПОКРЫТИЙ НА УСТАНОВКЕ FLUIDNATEK LE-50

Евтушенко А.В., Рыклин Д.Б., Азарченко В.М.

Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь

Перспективным направлением создания новых видов текстильных материалов специального назначения нанотехнологий является применение метода электроформования нановолокон из растворов полимеров, который заключается в получении нановолокнистых покрытий и материалов с помощью воздействия электрических сил на заряженную струю прядильного раствора.

Целью проведения исследований в данной работе являлось определение характеристик волокнообразующих растворов полиамида-6 (ПА-6) и поливинилового спирта (ПВС) и их влияния на эффективность процесса электроформования с использованием установки Fluidnatek LE-50 (Испания).

На рис. 1 представлен внешний вид установки (а) и ее рабочая камера (б). Принцип работы установки Fluidnatek LE-50 заключается в следующем. Волокнообразующий раствор подается из одного или двух шприцев с помощью насоса к прядильной (электроформовочной) головке, на которую подается положительное напряжение. На барабан (коллектор) подается отрицательное напряжение. Раствор подается через капиллярную трубку в зону электроформования, где под действием сил электрического поля из него формируются отдельные струйки, которые, перемещаясь в направлении коллектора, вытягиваются и затвердевают на его поверхности или на подложке, функцию которой при проведении исследований выполнял полипропиленовый нетканый материал.

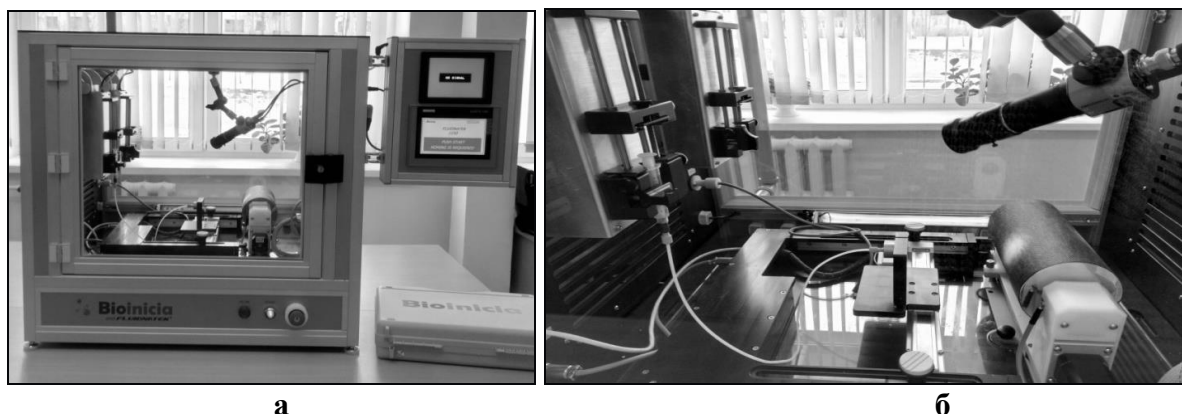


Рис. 1. Установка Fluidnatek LE-50

При проведении исследований использовался раствор полиамида-6 (ПА-6) в 85%-ной муравьиной кислоте и водный раствор поливинилового

спирта (ПВС). Концентрация ПА-6 изменялась от 6 до 10%, а концентрация ПВС составляла 20%.

Важную роль в процессе электроформования играют свойства волокнообразующего раствора. Для получения качественного нановолокнистого покрытия к используемым растворам полимеров, а также непосредственно к растворителям предъявляется ряд специфических требований. К основным параметрам формовочных растворов, обеспечивающими стабильность процесса и образование бездефектных волокон, можно отнести вязкость и поверхностное натяжение, значения которых, должны находиться в определенных интервалах значений [1-4].

Поверхностное натяжение раствора, обеспечивающее стабильность процесса и образование бездефектных волокон, не должно превышать $50 \cdot 10^{-3}$ Н/м. В данном исследовании применялся сталагмометрический метод, который основан на определении веса капли, отрывающейся под действием силы тяжести от плоской поверхности торцевого среза капилляра. В момент отрыва капли от конца вертикальной трубки вес капли равен силе поверхностного натяжения, которая действует вдоль окружности шейки капли. Полученные результаты приведены в табл. 1.

Таблица 1. Результаты измерений поверхностного натяжения растворов

| Вид полимера | | Полиамид-6 | | | Поливиниловый спирт |
|---|------------------|------------|-------|-------|---------------------|
| | | 6% | 8% | 10% | 20 % |
| Количество капель | Проба 1 | 88 | 97 | 76 | 63 |
| | Проба 2 | 86 | 96 | 75 | 65 |
| | Проба 3 | 88 | 94 | 76 | 62 |
| Поверхностное натяжение, Н/м·10 ⁻³ | Проба 1 | 46,5 | 42,1 | 53,8 | 64,9 |
| | Проба 2 | 47,5 | 42,6 | 54,5 | 62,9 |
| | Проба 3 | 46,5 | 43,5 | 53,8 | 65,9 |
| | Среднее значение | 46,83 | 42,73 | 54,03 | 64,6 |

Анализируя полученные результаты, можно отметить, что с увеличением концентрации волокнообразующего полимера, поверхностное натяжение раствора возрастает. При этом значения 10% раствора полиамида-6 и поливинилового спирта несколько превышают предельно рекомендуемое значение, составляющее $50 \cdot 10^{-3}$ Н/м [1].

Другим важнейшим свойством прядильного раствора является его динамическая вязкость. Повышенной вязкости соответствует более высокая концентрация полимера и, следовательно, большая производительность процесса. Также вязкость гасит капиллярные волны, разрушающие жидкую струю, и повышает ее устойчивость. И, наконец, через молекулярную массу и структуру полимера вязкость прядильного раствора связана с его реологическими и прочностными свойствами и способностью противостоять деформационным нагрузкам и кавитации. Динамическая вязкость раствора при нормальных условиях должна находиться в диапазоне от 100 до 3000 мПа с [1].

Для определения вязкости растворов при проведении исследований использовался капиллярный вискозиметр Оствальда [5]. Данный метод определения вязкости основан на измерении времени вытекания определенного объема жидкости через капилляр, радиус и длина которого известны. В табл. 2 приведены результаты экспериментальных исследований растворов.

Таблица 2. Результаты измерений динамической вязкости растворов

| Вид полимера | | Полиамид-6 | | | Поливиниловый спирт |
|------------------------------|------------------|------------|-------|-------|---------------------|
| | | 6 % | 8 % | 10 % | 20 % |
| Время истечения, с | Проба 1 | 328 | 636 | 1258 | 1496 |
| | Проба 2 | 326 | 650 | 1278 | 1508 |
| | Проба 3 | 327 | 664 | 1297 | 1520 |
| Динамическая вязкость, мПа·с | Проба 1 | 39,3 | 76,2 | 150,7 | 179,2 |
| | Проба 2 | 39 | 77,8 | 153 | 180,6 |
| | Проба 3 | 39,2 | 79,5 | 155,3 | 182 |
| | Среднее значение | 39,17 | 77,83 | 153 | 180,6 |

С увеличением концентрации волокнообразующего полимера динамическая вязкость возрастает. Причем только значения динамической вязкости растворов с содержанием 6 % и 8 % ПА-6 не входят в рекомендуемый диапазон от 100 до 3000 мПа·с.

Наработка образцов осуществлялась на установке Fluidnatek LE-50. В качестве критерия для оценки эффективности процесса электроформования был принят расход волокнообразующего раствора, который при оптимальной реализации процесса должен принимать максимальное значение. С увеличением концентрации полиамида-6 до 10 % повышается максимальный расход раствора. Так, для растворов с содержанием 6 и 8 % полиамида-6 максимальный расход раствора, обеспечивающий стабильное протекание процесса находился в диапазоне от 150 до 350 мкл/час, в то время как при использовании раствора с 10 % полиамида-6 максимальный расход составляет более 1000 мкл/ч, а для 20% раствора ПВС – 700 мкл/ч.

Анализируя полученные результаты, можно отметить, что такие характеристики прядильного раствора, как поверхностное натяжение и динамическая вязкость, возрастают с увеличением концентрации волокнообразующего полимера. При этом значения поверхностного натяжения растворов с концентрацией полиамида-6 до 8% меньше предельно рекомендуемого значения $50 \cdot 10^{-3}$ Н/м, а 10% раствора ПА-6 и 20% ПВС несколько превышают. В то же время значение динамической вязкости растворов ПВС и ПА-6 с концентрацией 10% входит в рекомендуемый диапазон.

Можно сделать вывод о том, что наиболее значимым критерием для оценки технологичности волокнообразующего раствора является его вяз-

кость, а рекомендуемое предельное значение поверхностного натяжения можно увеличить до $70 \cdot 10^{-3}$ Н/м.

ЛИТЕРАТУРА

1. Матвеев А.Т. Получение нановолокон методом электроформования / А.Т. Матвеев, И.М. Афанасов. – Москва: Московский гос. ун-т им. М.В.Ломоносова, 2010. – 83 с.
2. Филатов Ю.Н. Электроформование волокнистых материалов (ЭФВ-процесс) / Ю.Н. Филатов. – Москва: ГНЦ РФ НИФХИ им. Л.Я. Карпова, 2001. – 231 с.
3. Прокопчук Н.Р. Электроформование нановолокон из раствора хитозана (обзор) / Н. Р. Прокопчук, Ж. С. Шашок, Д. В. Прищепенко, В. Д. Меламед // Полимерные материалы и технологии. – 2015. – № 2. – С. 36–56.
4. Мулярчик В.В. Получение нановолокон из хитозана методом электроформования / В. В. Мулярчик, В. Н. Данишевский, Е. С. Мазовка, Н. Р. Прокопчук, П.Г. Никитенко. // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. физ.-техн. навук. – 2014. – № 4. – С. 5–8.
5. Рыклин Д.Б. Исследование раствора полиамида-6 для получения нановолокнистых покрытий методом электроформования / Д.Б. Рыклин, Н.Н. Ясинская А.В. Евтушенко, Д.Д. Джумагулыев // Вестник Витебского государственного технологического университета. – 2016. – № 1. – С. 90–98.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОЧИСТИТЕЛЯ ХЛОПКА-СЫРЦА ОТ МЕЛКОГО СОРА

Керимов У.Г.

Азербайджанский технологический университет, г. Гянджа

В настоящее время в хлопко-очистительной промышленности для очистки хлопка-сырца от мелких сорных примесей широко используются колково-барабанные очистители СЧ-02 и 1ХК [1], имеющие по восемь колковых барабанов и просеивающие сетки. Барабаны обычно устанавливаются в горизонтальной плоскости с зазором порядка 10-15 мм между собой, а огибающие их снизу сетки охватывают $100-120^{\circ}$ нижней поверхности барабанов [2].

К недостаткам этого очистителя относится малое время пребывания хлопка-сырца в очистителе, из-за чего очистительный эффект находится на уровне 50-60%.

Очиститель имеет большой запас по производительности, он может работать при производительности до 12 т/ч, но обычно эксплуатируется при $6 \div 8$ т/ч по хлопку-сырцу [3].