

НАНОПОКРЫТЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ ПОЛИМЕРОВ

Хакимов Ф.Ю.

Хаққулов Ж. М.

Халилов Ш. Э.

Навоийское отделение академии наук Республики Узбекистан

e-mail: firuz.hakimov86@mail.ru

Введение

Развитие современной нанонауки и нанотехнологии тесно связано созданием новых наноматериалов, в частности, нановолокон полимеров с уникальными свойствами. Нановолокна получают методом электроформования (электроспиннинга) из растворов и смесей полимеров под действием высокого постоянного напряжения, осуществляющего превращения «струи-нановолокно» по аналогии «сухого» формования в интервале от анода (фильера) до катода (барабан или экран). Высокое напряжение, подаваемое на анод не только вытягивает молекул полимеров из струи в направлении катода, но и осуществляет ориентационно-скрученное структурообразование макромолекул в форме нановолокон. Технически принятие нановолокон на стационарный экран является простым, что позволяет непосредственной укладки формируемого нановолокна на поверхность экрана в виде нетканого материала. Причем, полученный нетканый материал характеризуется нанопористостью.

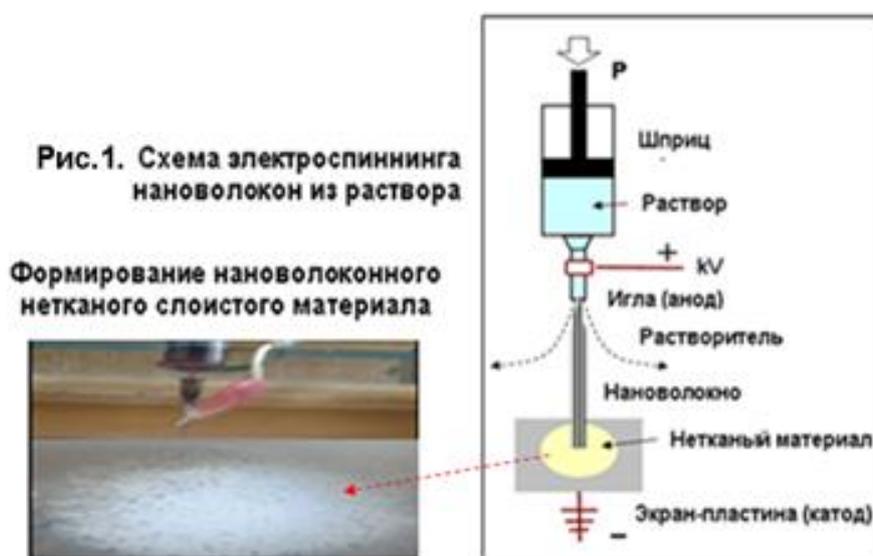
Характеристики нановолокон и нетканых материалов на их основе во многом зависит от выбора полимера и условий электроспиннинга. В этом аспекте большой интерес представляет получение нановолокон биосовместимых полимеров, например, хитозана, фиброина, сополимера акрилонитрила, целлюлозы и его производных и т.п. Нановолокна хитозана и фиброина характеризуются с выраженной биоактивностью, которой наиболее ярко проявляется на поверхности нетканого материала. Поэтому, целесообразно получение нетканых слоистых материалов, в которых поверхностный слой состоял из биоактивных биосовместимых нановолокон полимеров. Такие слоистые наноматериалы, безусловно, находят широкое практическое применение в области медицины, фармацевтики, косметологии, текстиля, экологии и т.п..

Ключевые слова: наноматериал акрилонитрил, нановолокон, хитозана, фиброина, сополимера акрилонитрила, целлюлозы.

Объекты и методы Данная работа выполнена в этом аспекте с использованием специально-собранный установки электроспиннинга, позволяющей формировать нановолокон полимеров и осуществлять их укладки в виде нетканых слоистых материалов на экране (рис.1). Растворы фиброина и хитозана приготовили в муравьиной

и уксусной кислотой, соответственно, а сополимера акрилонитрила в диметилформамиде (ДМФА). Оптимальные условия электроспиннинга подобраны путем варьирования расстояния между анодом и катодом (3 – 15 см), концентрации растворов полимеров (3 – 20 %) при постоянном напряжении $V = 15 \text{ kV}$.

Результаты и их обсуждение В опытах нановолоконный слой, послуживший основой нетканого материала, сформирован методом электроспиннинга из раствора биосовместимого сополимера акрилонитрила, а биоактивный поверхностный слой, следовательно, из растворов хитозана или фиброина.



Полученные слоистые материалы характеризуются с высокой механической прочностью и устойчивостью к деформационным растяжениям. Например, образцы со средней толщиной $\approx 50 \text{ мкм}$ разрушаются при относительном удлинении 15 - 20 % и имеет значение модуля Юнга 5 – 10 и сохраняют высокой механической гибкости при многократном изгибе и кручении материала.

Поляризационно-оптические исследования данных образцов показали, что толщина слоя – основы материалов около 30- 45 мкм, а толщина поверхностного слоя в интервале 5 – 20 мкм. Выявлено, что данные материалы являются нанопористными, причем, размеры пор меньше 1 мкм. В целом, нановолокон данных полимеров характеризуются с высокой оптической анизотропией, значение фактора ориентации цепей $\Delta n/\Delta n_0 \geq 0,7$ (где Δn – текущее и Δn_0 – максимальное значение двулучепреломления). Однако нетканые слоистые материалы не проявляют ярко выраженной оптической анизотропии из-за произвольного неупорядоченного расположения нановолокон в образцах. Значение фактора ориентации нетканых слоистых материалов не превышает $\Delta n/\Delta n_0 < 0,1$. Полученные результаты позволяют считать, что нетканые слоистые материалы, в целом, являются изотропными.

Поверхностная активность нетканых слоистых материалов, главным образом, обуславливается наличием функционально-активных элементов, а именно, аминных и карбоксильных групп, выбранных полимеров. Для данных групп характерно

специфические взаимодействия с противоположно заряженными элементами, ионами, группами и т.п. Такая особенность ярко проявляется при протекании газообразных и жидкофазных смесей через слой нетканого материала, т.е. при фильтрации. Такие опыты фильтрации проводили в целях очистки отходов машинного масла, пропуская её через нетканые слоистые материалы, характеризующиеся со средними размерами пор 10, 100 и 300 нм. Обнаружено, что отходы машинного масла (100 мл) протекает через слой нетканого материала в течение 80 мин и достигается на 95 % очистки масла. Данные результаты свидетельствует о высокой поверхностной активности нетканых слоистых материалов в качестве наночистот.

Взаимодействие поверхностно-активных элементов нетканых слоистых материалов с ионами металлов исследовали с помощью метода электроосмоса, используя в качестве нанопористой мембраны нетканого слоистого материала и подвижной дисперсной фазы водного раствора CuSO_4 (2%) [3]. Определяли значения ζ -потенциала, характеризующего устойчивости взаимодействия ионов с функциональными группами нановолокон при перемещении дисперсной среды через мембраны под действием постоянного тока (рис.2).

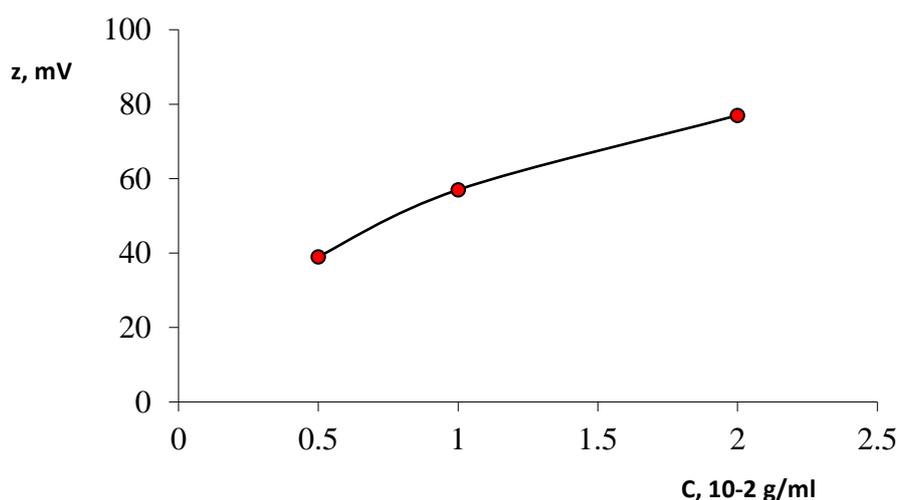


Рис.2. Зависимость значения ζ -потенциала от концентрации (С) раствора CuSO_4 для нетканого слоистого материала на основе сополимера акрилонитрила и фиброина.

Определено, что значение ζ -потенциала повышается от 40 до 80 mV при росте концентрации CuSO_4 от 0,5 до 2 %. Данные результаты свидетельствует об высокой устойчивости взаимодействий ионов с элементами нановолокон из-за поверхностной активности нетканого слоя материала.

Заключение Таким образом, результаты проведенных исследований показывают, что на основе фиброина, хитозана и сополимера акрилонитрила возможно получение нетканых слоистых материалов с поверхностно-активными свойствами, Показана широкая возможность регулирования структуры и свойств нетканых слоистых материалов путем

варьирования условий электроспиннинга, концентрации растворов полимеров, изменением последовательности формования нановолоконных слоистых материалов.

Литература

1. Vrieze S. D., Westbroek P. Electrospinning of chitosan nanofibrous structures: Feasibility study. *Journal of Materials Science*, 2007. 42, 8029–8034.
2. Jian Huang, Lin Liu. Electrospinning of Bombyx mori silk fibroin nanofiber mats reinforced by cellulose nanowhiskers // *Fibers and Polymers*, 2011. –V. 12, p. 1002-1006.