

УДК 677.4

Оценка адгезии нановолокнистых материалов к различным видам подложек

М.А. ДЕМИДОВА, В.М. АЗАРЧЕНКО, Д.Б. РЫКЛИН

(Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь)

Одним из наиболее перспективных направлений разработки инновационных материалов для медицины является применение метода электроформования, позволяющего получать нановолокнистые материалы и покрытия разной структуры с заданным комплексом свойств. В настоящее время благодаря разнообразию свойств нановолокнистых материалов, покрытий и конструкций, они стали альтернативными терапевтическими средствами для многих сфер биомедицины [1, 2, 3].

Абсолютное большинство публикаций, касающихся исследований в области электроформования, посвящено созданию и изучению структуры и свойств однокомпонентных или многокомпонентных однослойных материалов. Такие материалы могут быть получены на установках самых разных конструкций, что в значительной степени определяет интерес исследователей к работам в данном направлении. Однако создание многослойных нановолокнистых материалов открывает ряд возможностей, существенно расширяя ассортимент продукции.

В данной работе в качестве волокнообразующего полимера использовался поливиниловый спирт марки Arkofil PPL gr компании Archroma (Швейцария). При проведении исследований на предварительных этапах работы в качестве критерия эффективности процесса принимался расход волокнообразующего полимера. Однако анализ процесса показал, что использование данного показателя недостаточно, так как его повышение приводит к существенным изменениям структуры формируемого материала. Кроме того, расход раствора оказывает существенное влияние на адгезию нановолокнистого материала к подложке, что является важным фактором в том случае, если последующее применение предполагает снятие материала с подложки.

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 [4].

Ранее было проведено исследование влияния расхода формовочного раствора поливинилового спирта марки Arkofil PPL gr на распределение покрытия по поверхности подложки. Для проведения исследований использовался 15%-ный раствор полимера, характеризующийся динамической вязкостью 84,7 мН/м и поверхностным натяжением 337,4 мПа/с [5].

Были изучены литературные источники посвященные методам определения адгезионной прочности различных соединений. В медицине широко применяются пластыри или перевязочные средства пластырного типа, представляющие собой

основу из полимерных или текстильных материалов, покрытых с одной стороны тонким липким слоем (адгезивом) пластырной массы натурального или синтетического происхождения, которая может включать в себя лекарственные вещества [6]. Важным эксплуатационным показателем данных изделий является их адгезионная прочность, которая оценивается величиной приложенного внешнего усилия, приводящего к разрушению адгезионного соединения. Для определения этого параметра используются различные методы, среди которых наибольшее распространение получили методы неравномерного отрыва (отслаивания, расслаивания). Общим признаком для них является то, что нарушение связи между материалом и подложкой происходит за счет внешнего усилия, прикладываемого не к центру соединения, а к одному его краю, в результате чего связь нарушается постепенно.

Для нановолокнистых материалов нет установленных критериев оценки адгезии их к подложке, поэтому в рамках данного исследования на основе проанализированной литературы смежных областей знания нами были предложены следующие критерии:

- сила снятия нановолокнистого материала с подложки;
- равномерность усилия по снятию нановолокнистого материала с подложки без растяжения и повреждения материала;
- отсутствие значительной доли мигрирующих на подложку нановолокон.

На базе разрывной машины серии Time WDW предназначенной для статических испытаний на растяжение, сжатие и изгиб, а также испытаний материалов в пределах конструктивных и технических особенностей машин, осуществлена разработка метода определения адгезии нановолокнистого покрытия к подложке.

В нижнем зажиме размещается горизонтальная пластина, на которой закрепляется испытуемый образец (а именно его подложка), один из концов нановолокнистого материала фиксируется в верхнем зажиме. Зажим связан с датчиком усилия, колебание величины которого отображается в виде осциллограммы. Разрывная машина позволяет регулировать скорость отслаивания материала, а так же зажимную длину.

В качестве объектов исследования было выбрано два образца материалов с нановолокнистыми покрытиями. Для получения первого образца в качестве подложки использовалась бумага с нанесенным на принтере слоем черной краски. В качестве подложки второго образца использовалась черная полиэфирная ткань. Выбор данных материалов подложки связан с тем, что они оба имеют относительно слабую адгезию к нановолокнистым материалам из поливинилового спирта, на черном фоне хорошо видны дефекты покрытия и его фрагменты, оставшиеся после снятия покрытия. Зажимная длина на начало процесса испытания составляла 5 см, ширина испытуемых образцов – 10 см. Фото образца, в котором подложкой выступала бумага и полученная при его снятии осциллограмма представлена на рис. 1. Аналогичная осциллограмма была получена и для образца с подложкой в виде полиэфирной ткани.

Анализ полученных результатов показал, что оба образца хорошо отслаиваются от подложки. Сила снятия нановолокнистого материала с бумаги составила 0,22 Н, в то время как для образца, в котором подложкой выступала полиэфирная ткань, она составила 0,13 Н. Равномерность усилия по снятию нановолокнистого материала с подложки без растяжения и повреждения материала была оценена с помощью коэффициента вариации силы отслаивания. Для образца, наработанного на бумаге, он составил 0,71%, а для образца, наработанного на ткани – 1,80%.

Одним из выявленных недостатков образца, наработанного на бумаге, является частичная миграция нановолокон на подложку и частиц подложки на нановолокнистый материал во время его снятия.

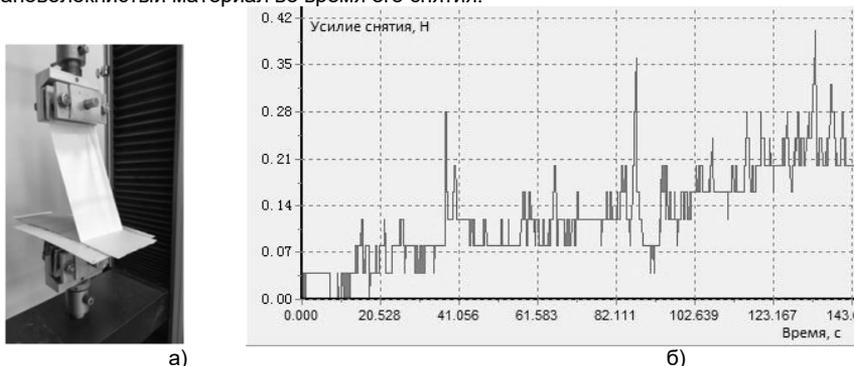


Рис. 1. Процесс испытания образца на бумаге (а) и фрагмент осциллограммы усилия снятия с него нановолокнистого материала (б)

При этом для образца, в качестве подложки у которого выступает полиэфирная ткань, подобный дефект отсутствует. Однако образец на ткани отличается меньшей равномерностью нановолокнистого материала, что в дальнейшем может отрицательно сказаться на его эксплуатационных свойствах.

Таким образом, если для дальнейшего использования нановолокнистого материала важна его равномерность, целесообразно использовать при их производстве в качестве подложки бумагу, так как она не только позволяет получить более равномерное покрытие, но и снимается с равномерным усилием. Однако если материал предполагается использовать в биомедицине и косметологии, где важно отсутствие миграции нановолокон на подложку и частиц подложки на полученный материал, целесообразно использование материалов, наработанных на ткани, так как там подобная миграция стремится к нулю.

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. P. 424-441
3. Rahmati M., Mills D.K., Urbanska A.M., Saeb M.R., Venugopal J.R., Ramakrishna S., Mozafari M. Electrospinning for tissue engineering applications // *Progress in Materials Science*. August 2020. 100721
4. 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.
5. Рыклин, Д.Б. Исследование влияния свойств растворов поливинилового спирта на структуру электроформованных материалов / Д.Б. Рыклин, Н.Н. Ясинская, М.А. Демидова, В.М. Азарченко, Н.В. Скобова // *Вестник Витебского государственного технологического университета*. – 2020. – №2(39). – С.130-139.

6. Киселев, М.Г. Устройство определения усилия неравномерного отслаивания клевого слоя гибких материалов от жесткой пластины / М.Г. Киселев, П.С. Богдан, С.Г. Мониц, Я.В. Янкина // Вестник Витебского государственного технологического университета. – 2020. – №1(38). – С.40 - 51.

УДК 577.057.615

Влияние технологических параметров на электромагнитный момент двигателя

С.А. ДМИТРИЕВ, Т.П. ТУЦКАЯ, Ю.Г. ФОМИН
(Ивановский государственный политехнический университет)

Электромагнитный момент двигателя валковой машины [1]:

$$M_{эм} = M_c + M_{тр}, \quad (1)$$

где M_c – момент сил сопротивления трения;
 $M_{тр}$ – момент на преодоление сил трения в подшипниках и вентиляторе двигателя (составляет 1...2% от $M_{эм}$).

Номинальная мощность электродвигателя рассчитывается по формуле [2]:

$$N_n = \sqrt[3]{U_n I_n \cos Y_n \eta_n}, \quad (2)$$

где U_n и I_n – номинальные напряжение и ток в цепи электродвигателя;
 $\cos Y_n$ и η_n – номинальные косинус Y и КПД двигателя.

Момент сил сопротивления, приведенный к валу электродвигателя:

$$M_c \cong M_{эм} = \frac{N_n}{\omega_n}, \quad (3)$$

где ω_n – номинальная угловая скорость вала электродвигателя.

Для определения зависимости электромагнитного момента от интенсивности нагрузки в жале валов q и скорости V замеры параметров U_n I_n проводились у двигателя плюсовки ПД – 140 – 21 в режиме холостого хода (без ткани) при условии равенства: $M_{эм} = M_c$. В цепь электродвигателя приводов подключались измерительные приборы (амперметр и вольтметр).

Графики указанных зависимостей $M_{эм} = f(q, V)$ представлены на рис1. Таким образом, с ростом параметра q возрастает момент $M_{эм}$ за счет увеличения площадок контакта валов при деформации эластичных покрытий и коэффициента трения качения. Повышение параметра V сопровождается ростом $M_{эм}$, что объясняется увеличением механических потерь в передачах и подшипниках.

В результате проведенных замеров установлено также, что часть $M_{эм} = M_c$, приходящаяся на жало валов, составляет для плюсовки ПД-140 - 21 – 90,4% Часть момента сопротивления, приходящаяся на ременную передачу и редуктор, составляет 3...4%. По данным экспериментов получены значения $M_{эм}$ при холостых ходах валковых модулей с непржатыми и нагруженными валами.