

Снижение контактных напряжений возможно при увеличении основных размеров кулачкового механизма. Так для того, чтобы уменьшить максимальную величину контактных напряжений, например в 1.5 раза необходимо увеличить основные размеры кулачкового механизма до следующих значений $r_0 = 100 \text{ мм}$, $\ell_{AC} = 185 \text{ мм}$, $\ell_{BC} = 90 \text{ мм}$. Как показали расчёты существующие размеры кулачкового механизма привода батана не являются оптимальными. Размеры кулачка могут быть уменьшены без снижения долговечности его работы. При этом возможна значительная экономия материала кулачка.

ВЫВОДЫ

1. Разработана методика проектирования кулачкового механизма привода батана с использованием метода оптимизации. Критерием оптимизации является минимальная величина максимальных контактных напряжений на рабочих поверхностях профиля кулачка.

2. Определены размеры кулачкового механизма, которые позволяют значительно уменьшить количество материала необходимого для изготовления кулачков без снижения долговечности профиля кулачка.

Список литературы

1. Фролов К. В. Теория механизмов и механика машин [Текст]: учебник. – М.: «Высшая школа», 2005. – 493 с.
2. Дьяконов В. П. MATHCAD в математике [Текст]: справочник. – М.: Горячая линия -Телеком, 2007. – 958 с.

УДК 677.494

ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА ЭЛЕКТРОФОРМОВАНИЯ НА ДИАМЕТР НЕОДНОРОДНЫХ НАНОВОЛОКОН INFLUENCE OF ELECTROSPINNING MODE ON HETEROGENEOUS NANOFIBERS DIAMETER

Рыклин Дмитрий Борисович^{*}, Демидова Мария Александровна^{*},
Ясинская Наталья Николаевна^{*}, Азарченко Владислав Михайлович^{*},
Разумеев Константин Эдуардович^{**}
Ryklin Dzmitry Borisovich^{*}, Demidova Maria Alexandrovna^{*},
Yasinskaya Natallia Nikolaevna^{*}, Azarchenko Vladislav Mikhailovich^{*},
Razumeev Konstantin Eduardovich^{**}

^{*} Витебский государственный технологический университет», Беларусь, Витебск
Vitebsk State technological University, Belarus, Vitebsk
(e-mail: ryklin-db@mail.ru, yasinskayann@rambler.ru,
demidova.mariya00@gmail.com, azarchenko22@mail.ru)

^{**} Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии.
Дизайн. Искусство), Россия, Москва
The Kosygin State University of Russia, Moscow

Аннотация: В статье представлены результаты экспериментальных исследований процесса электроформования нановолокнистых материалов и покрытий из растворов поливинилового спирта с функциональной добавкой глицерина. Определено влия-

ние параметров процесса электроформования на диаметр неоднородных нановолокон с учетом количественного состава раствора.

Abstract: The paper presents the results of experimental research of the electrospinning process of nanofibrous webs of polyvinyl alcohol solutions with functional addition of glycerin. Influence of electrospinning mode on heterogeneous nanofibers diameter is determined taking into account the solution composition.

Ключевые слова: электроформование, диаметр нановолокна, поливиниловый спирт, глицерин.

Keywords: electrospinning, nanofiber diameter, polyvinyl alcohol, glycerin.

Известно, что электроформование является одним из наиболее перспективных способов получения инновационных материалов для медицины и косметологии. Анализ литературных источников показал, что в качестве волокнообразующего полимера при производстве изделий указанного назначения используются различные полимеры, например, хитозан, полилактид, поливиниловый спирт и т.д.

Широкое применение поливинилового спирта (ПВС) для получения материалов медицинского назначения методом электроформования обусловлено его относительно низкой стоимостью и уникальными свойствами. Создание концентрированных растворов полимеров с лекарственными веществами различной природы приводит к получению эффективных лечебных средств для внутреннего и наружного применения. При этом в ряде случаев физиологическая активность полимеров проявляется в активизации процессов всасывания и проникновения лекарственных средств через слизистые оболочки, кожу и др. [1]. Благодаря нетоксичности поливиниловый спирт может применяться в медицине в качестве клеев, пластырей, стерильных салфеток, хирургических нитей, фармацевтических препаратов, для изготовления плазмозаменяющих растворов [2]. Поэтому в данной работе в качестве волокнообразующего полимера при проведении исследований было принято решение использовать именно растворы поливинилового спирта.

Одним из веществ, которые могут быть добавлены в формовочный раствор для получения материалов медицинского или косметологического применения, является глицерин. Глицерин является увлажняющим средством, который входит в состав многих кремов, мазей, мыла и т.д. Он также выполняет защитную функцию кожи, так как сохраняет влагу в клетках кожи. В медицине его используют в качестве антисептика при комплексном лечении многих заболеваний, особенно кожных (способствует заживлению ран, препятствует заражению и гноению) [3]. Водопоглощающий эффект провоцирует дегидратацию и гибель болезнетворных бактерий. Глицерин в медицине является эффективным растворителем таких химических веществ, как йод, фенол, тимол, бром, танин [4].

Целью данной работы являлось определение влияния параметров процесса электроформования на диаметр волокон нановолокнистого материала, сформированного из поливинилового спирта и глицерина при различном процентном содержании последнего в формовочном растворе.

При проведении исследований использовался ПВС марки Arkofil PPL gr компании Archroma (Швейцария). Исследования осуществлялись в лаборатории кафедры «Технология текстильных материалов» на установке Fluidnatek LE-50, электроформование на которой происходит с использованием капилляров, электрическое напряжение прикладывается к раствору полимера, который при помощи дозатора подается на прядильную головку. Основными технологическими параметрами процесса электроформования являются расход формовочного раствора и напряжение, подаваемое на эмиттер и коллектор. Также на установке регулируется частота вращения барабана (коллек-

тора) и скорость возвратно-поступательного движения прядильной головки. Однако скоростные режимы оказывают влияние не на геометрические характеристики волокон, а на их ориентацию и ширину электроформованного материала. В связи с этим в данной работе влияние скоростных режимов не рассматривалось.

Ранее в процессе экспериментальных исследований было установлено, что для минимизации количества дефектов электроформование из растворов поливинилового спирта с добавлением глицерина целесообразно осуществлять с использованием стандартной прядильной головки, а содержание глицерина не должно превышать 8% [5]. Кроме того, выявлено, что наиболее стабильный процесс электроформования с получением равномерного бездефектного нановолокнистого материала достигается при содержании в растворе 14% поливинилового спирта указанной марки. На основании полученных ранее результатов было принято решение о проведении сравнительных исследований процесса электроформования с использованием трех растворов, свойства которых приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Свойства исследуемых прядильных растворов

Состав прядильного раствора	Динамическая вязкость, Па·с	Поверхностное натяжение, Н/м	Удельная объемная электропроводность, мСм/м
14% раствор ПВС	2,603	0,0626	0,497
96 мас.ч. 14% раствора ПВС+4 мас.ч. 85% раствора глицерина	2,639	0,0618	0,483
93 мас.ч 14% раствора ПВС + 7 мас.ч. 85% раствора глицерина	3,002	0,0621	0,475

Из полученных растворов осуществлена наработка девяти вариантов образцов покрытий при различных режимах работы установке Fluidnatek LE-50 (таблица 2). Предварительные исследования показали, что расход раствора, напряжения, подаваемые на эмиттер и коллектор, не являются взаимосвязанными факторами, то есть не могут варьироваться независимо друг от друга. Так, увеличение расхода раствора определенного состава может быть достигнуто только при одновременном увеличении абсолютного значения напряжения, подаваемого на оба электрода установки.

Для изучения структуры полученных материалов и влияния на неё состава и расхода формовочного раствора были получены их изображения при различном увеличении с использованием электронного сканирующего микроскопа LEO 1420 (CarlZeiss, Германия). Пример изображения структуры нановолокнистого покрытия, полученного для опыта 8 при увеличении в 15000 раз, представлен на рисунке 1.

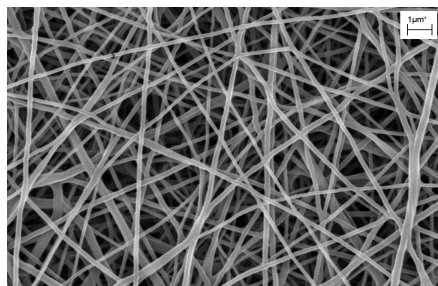


Рис. 1. Изображения нановолокнистого покрытия

В таблице 2 представлены средние значения диаметров нановолокон и соответствующие им коэффициенты вариации, полученные по результатам 100 измерений для всех опытов.

Таблица 2. Параметры проведения эксперимента и его результаты

№	Содержание раствора глицерина, %	Расход формовочного раствора, мл/ч	Напряжение на эмиттере, кВ	Напряжение на коллекторе, кВ	Среднее значение диаметра волокна, нм	Коэффициент вариации по диаметру волокна, %
1	0	1	25	-7	157,45	29,92
2	0	1,3	27	-8	171,77	21,65
3	0	1,6	29	-9	175,60	23,54
4	4	1	25	-7	212,44	16,10
5	4	1,3	27	-8	185,73	24,21
6	4	1,6	29	-9	186,39	28,29
7	7	1	25	-7	198,36	24,46
8	7	1,3	27	-8	197,76	21,61
9	7	1,6	29	-9	182,19	24,28

По данным, представленным в таблице 2, видно, что влияние режимов электроформования на диаметр нановолокон различно в зависимости от наличия или отсутствия в растворах глицерина. Сложность анализа данного процесса связана с одновременным изменением основных режимов электроформования в проведенных опытах, то есть с невозможностью выявления отдельного влияния расхода раствора и напряжений, подаваемых на электроды.

Влияние подаваемого напряжения на протекание процесса электроформования широко изучено, в том числе имеются исследования его влияния на процесс электроформования волокон из поливинилового спирта. Одно из самых значимых исследований было проведено группой китайских ученых Чжаном, Яном и Ву и посвящалось оценке влияния напряжения на морфологию и распределение диаметра волокон, получаемых из водного раствора поливинилового спирта путем электроформования. Было установлено, что при более высоких значениях напряжения увеличивается объемный расход полимера, что способствует образованию большего диаметра волокна [6]. Такая же закономерность выявлена и в ходе проведения исследований, изложенных в данной статье.

Однако добавка глицерина приводит к тому, что с увеличением расхода раствора толщина волокон снижается. Этот факт может быть объяснен следующей гипотезой. Так как увеличение расхода сопровождается повышением напряжения, подаваемого на коллектор и эмиттер, одновременно повышаются электростатические силы, воздействующие на формируемую струю. В результате этого составляющая струи, состоящая из глицерина, в пространстве между электродами утоняется в большей степени, чем при минимальном расходе раствора.

Предыдущие исследования показали, что при исследуемых концентрациях ПВС и глицерина в формовочном растворе получаемый материал состоит в значительной степени из волокон со структурой «ядро-оболочка». Таким образом, справедливо выражение для расчета диаметра нановолокна d_B :

$$d_B = d_{ПВС} + \Delta d_G, \quad (2)$$

где $d_{ПВС}$ – диаметра стержневой части нановолокна, состоящей из ПВС, нм; Δd_G – изменение диаметра нановолокна, обусловленное влиянием глицерина, нм.

На основании статистической обработки экспериментальных данных получена следующая модель, описывающая изменение диаметра стержневой части нановолокна в зависимости от расхода раствора Q , мл/ч:

$$d_{ПВС} = 181,4 - \frac{24,5}{Q^3}. \quad (3)$$

Обработка результатов 4 – 9 опытов позволила получить зависимость величины Δd_{Γ} от расхода формовочного раствора:

$$\Delta d_{\Gamma} = 110,6 - 65,4 \cdot Q. \quad (4)$$

Коэффициент детерминации модели составил $R = 0,935$, при этом все ее коэффициенты являются статистически значимыми. Установлено, что изменение процентного содержания глицерина в растворе в исследованном диапазоне не оказывает существенного влияния на диаметр формируемых волокон.

С учетом зависимостей (3) и (4) формула (2) приобретает следующий вид:

$$d_B = 292 - 65,4 \cdot Q - \frac{24,5}{Q^3}. \quad (5)$$

Таким образом, для прогнозирования диаметра волокна в материале, получаемом из раствора поливинилового спирта, может использоваться формула (3), а в случае введения в состав раствора глицерина с концентрацией, не превышающей 8% – формула (5).

На рисунке 2 видно, что для большинства проведенных опытов расчетные и измеренные значения диаметра практически совпадают. Отклонение расчетных данных от результатов измерений не превышает 6%, а в восьми опытах из девяти – составляет менее 3%, что является приемлемым.



Рисунок 2 – Сопоставление результатов измерений и расчетов

Список литературы

1. Физиологически активные полимеры // <https://mplast.by/encyklopedia/fiziologicheski-aktivnyie-polimeryi>.
2. Попова И. Н., Файнберг И. Н., Лившиц Ю. Т. Экономика производства и применения полимеризационных пластмасс. Л. : Химия, 1977, 200 с.
3. Химия. Глицерин // <https://himya.ru/glicerin.html>.
4. Глицерин в медицине // <https://mplast.by/encyklopedia/fiziologicheski-aktivnyie-polimeryi>.

5. Рыклин Д.Б., Ясинская Н.Н., Демидова М.А., Азарченко В.М. Оценка влияния добавки глицерина в прядильный раствор на структуру электроформованных // Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы: сб. материалов XXIII Междунар. науч.-практ. форума «SMARTEX-2020». Иваново: ИВГПУ, 2020, С. 88–93.

6. Zhang C., Yuan X., Wu L., Han Y., Sheng J. Study on morphology of electrospunpoly (vinyl alcohol) mats // European Polymer Journal. 2005. 41 (3). Pp. 423–432.

УДК 677.026

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ НЕТКАНЫХ МАТЕРИАЛОВ СО СПЕЦИАЛЬНЫМИ СВОЙСТВАМИ THE DEVELOPMENT OF NON-WOVEN MATERIALS WITH SPECIAL PROPERTIES TECHNOLOGY

**Аниськова Виктория Александровна
Aniskova Victoriya Alexandrovna**

*Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина, Россия, Москва
The Kosygin Russian State University, Moscow
(aniskova-va@rguk.ru)*

Аннотация: Разработана технология нетканых материалов из модифицированных синтетических волокон. Установлено, что разработанные нетканые материалы имеют высокие деформационно-прочностные, бактерицидные, ароматные, репеллентные и другие свойства, которые сохраняются в материале после мокрых обработок, стирок, а также после замораживания и оттаивания.

Abstract: The modified synthetic fibers nonwovens technology has been developed. It is established that the developed non-woven materials have high deformation-strength, bactericidal, aromatic, repellent and other properties that are preserved in the material after wet treatments, washing, as well as after freezing and thawing.

Ключевые слова: нетканые полотна, модификация, оптимизация, технологические параметры.

Keywords: non-woven fabrics, modifying, optimization, technological parameters.

Из литературы известны различные способы подготовки субстратов к взаимодействию с адгезивами [1]. Особо можно выделить способ модификации поверхности химических волокон кремнийорганическими препаратами с прививкой на поверхность полимера волокон активных функциональных групп. При этом сохраняется масса волокна и структура его поверхностного слоя, появляется возможность регулировать химическую природу и степень заряженности поверхностного слоя полимера волокон [1].

В данной работе в качестве кремнийорганических модификаторов использовали олигоэтоксисилоксановые производные изобутилового спирта, феноксиэтанола, сложных эфиров п-оксибензойной кислоты, β-фенилэтилового спирта, эвгенола и др.

Для придания волокнам, полотнам и изделиям специальных свойств их пропитывают раствором или эмульсией модификатора заданного состава и строения с последующим высушиванием, термообработкой в сушильном шкафу при 140°C в течение 10 мин. Нетканые материалы получают термоскреплением волокнистых холстов.