

**ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ
Л.Н. ГУМИЛЕВ АТЫНДАҒЫ ЕУАЗИЯ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ**

**Химиктер күніне орай және кафедра профессорлары Тәшенов Әуезхан
Кәріпханұлы мен Рахмадиева Слукен Бигалиқызын еске алуға арналған
«Химиялық білім мен химия ғылымының өзекті мәселелері» атты
халықаралық ғылыми-практикалық конференция
МАТЕРИАЛДАРЫ
27 мамыр 2022 ж.**

МАТЕРИАЛЫ

**Международной научно-практической конференции «Актуальные
проблемы химического образования и химической науки», приуроченной
ко Дню Химика и посвященной памяти профессоров Ташенова Ауэзхана
Карипхановича и Рахмадиевой Слукен Бигалиевны
27 мая 2022 г.**



**ТАШЕНОВ АУЭЗХАН
КАРИПХАНОВИЧ
(04.04.1950-11.07.2021)**



**РАХМАДИЕВА СЛУКЕН
БИГАЛИЕВНА
(21.01.1952-11.07.2021)**

**27 мамыр 2022
Нұр-Сұлтан**

УДК 54

ББК 24

G99 Химиктер күніне орай және кафедра профессорлары Тәшенов Әуезхан Кәріпханұлы мен Рахмадиева Слукен Бигалиқызын еске алуға арналған «Химиялық білім мен химия ғылымының өзекті мәселелері» атты халықаралық ғылыми-практикалық конференция=Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы химического образования и химической науки», приуроченной ко Дню Химика и посвященной памяти профессоров Ташенова Ауэзхана Карипхановича и Рахмадиевой Слукен Бигалиевны. – Нұр-Сұлтан: –б. - қазақша, орысша.

ISBN 978-601-337-690-5

Жинақта 2022 жылғы 27 мамырда Л.Н.Гумилев атындағы ЕҰУ-де (Нұр-Сұлтан қ.) өткен Химиктер күніне орай және кафедра профессорлары Тәшенов Әуезхан Кәріпханұлы мен Рахмадиева Слукен Бигалиқызын еске алуға арналған «Химиялық білім мен химия ғылымының өзекті мәселелері» атты халықаралық ғылыми-практикалық конференция материалдары жинақталған. Конференция материалдары химия ғылымы мен білім берудің әртүрлі мәселелеріне арналған және секцияларға бөлінген. Жинаққа ақымдағы мамандарға арналған.

Сборник содержит материалы Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы химического образования и химической науки», приуроченной ко Дню Химика и посвященной памяти профессоров Ташенова Ауэзхана Карипхановича и Рахмадиевой Слукен Бигалиевны, проходившей 27 мая 2022 г. в ЕНУ им. Л.Н.Гумилева (г.Нур-Султан). Материалы конференции посвящены различным проблемам химической науки и образования и распределены по секциям. Сборник предназначен для широкого круга специалистов.

РЕДКОЛЛЕГИЯ:

***Еркасов Р.Ш., д.х.н., профессор;
Амерханова Ш.К., д.х.н., профессор;
Султанова Н.А., д.х.н., профессор;
Машан Т.Т., к.х.н., и.о.профессора;
Суюндикова Ф.О., к.х.н., доцент;
Копишев Э.Е., к.х.н., и.о.доцента***

УДК 54

ББК 24

ISBN 978-601-337-690-5

Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, 2022

strategy during the COVID-19 pandemic // [Education for Chemical Engineers](#). - 2021. – Vol. 35. – P. 116-131. DOI: 10.1016/j.ece.2021.01.012 .

5. Е.И. Никитина, Е.В. Рогова. Использование современных информационных технологий для дистанционного обучения химии // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. - 2021. № 1-1 (52). - С. 148-151.

6. V. Nikoli’c, et al., Appraisal and review of e-learning and ICT systems in teaching process // *Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications*. – 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.physa.2018.09.003>.

7. Коляда И.С., Родионова О.В., Бойкова О.И. Преимущества использования современных средств ИКТ при изучении химии // В сборнике: Развитие современной науки: теоретические и прикладные аспекты. – Пермь: ИП Сигитов Т.М., 2016. №3. - С. 184-186.

ГРНТИ 47.09.48

Г.Е.Турлыбай, Р.Ш.Еркасов

*Евразийский национальный университет им Л.Н. Гумилева, ул.
Кажымукана 11, г Нур-Султан, 010000, Республика Казахстан
(E-mail: Gulkatur01@gmail.com)*

Получение пленок методом электроформования

Аннотация: Электрическое поле используется для создания заряженной струи раствора полимера. Когда эта струя движется в воздухе, растворитель испаряется, оставляя после себя заряженное волокно, которое может быть электрически отклонено или собрано на металлическом экране. Волокна с различными формами и размерами поперечного сечения были получены из различных полимеров. Диаметр этих волокон находился в диапазоне от 0,05 до 5 микрон. В этой статье описывается процесс электроспиннинга, условия его

обработки, морфология волокон и некоторые возможные варианты использования электроспиннированных волокон.

Ключевые слова: Электроспиннинг, электроформование.

В процессе электроформования раствор полимера, удерживаемый его поверхностным натяжением на конце капиллярной трубки, подвергается воздействию электрического поля. Заряд индуцируется на поверхности жидкости электрическим полем. Взаимное отталкивание зарядов вызывает силу, прямо противоположную поверхностному натяжению. По мере увеличения напряженности электрического поля полусферическая поверхность раствора на кончике капиллярной трубки удлиняется, образуя коническую форму, известную как конус Тейлора [4].

Когда электрическое поле достигает критического значения, при котором отталкивающая электрическая сила преодолевает силу поверхностного натяжения, из наконечника Тейлора выбрасывается заряженная струя раствора. Поскольку эта струя заряжена, ее траекторией можно управлять с помощью электрического поля. Когда струя движется в воздухе, растворитель испаряется, оставляя после себя заряженное полимерное волокно, которое случайным образом укладывается на собирающий металлический экран. Таким образом, непрерывные волокна повторно укладываются с образованием нетканого полотна [1].

Приведенное выше описание процесса предполагает, что на процесс влияют следующие параметры: свойства раствора, включая вязкость, проводимость и поверхностное натяжение; контролируемые переменные, включая гидростатическое давление в капилляре, электрический потенциал на наконечнике и расстояние между наконечником и фильтрующим экраном; и параметры окружающей среды, включая температуру, влажность и скорость воздуха в камере электроспиннинга [2].

Путем соответствующего изменения одного или нескольких из вышеуказанных параметров волокна были успешно подвергнуты электроформованию из водорастворимых полимеров, биополимеров и жидкокристаллических полимеров. Электроспущенные волокна могут иметь необычно малый диаметр, варьирующийся от 5 мкм до 0,05 мкм. Малый диаметр обеспечивает высокое отношение площади поверхности к объему и

высокое отношение длины к диаметру. Эти характеристики полезны в различных областях применения, таких как разделительные мембраны, материалы для перевязки ран, искусственные кровеносные сосуды, в нанокompозитах, в качестве нетканого материала и во многих других областях применения. В процессе электроспиннинга могут быть получены волокна с различными формами поперечного сечения и вариациями по их длине [3].

Устройство, используемое в процессе электроспиннинга, показано на рисунке 1. Он состоит из стеклянной капиллярной трубки с наконечником внутренним диаметром 1,5 мм, установленной на регулируемой электроизолирующей подставке. Капиллярную трубку заполняли раствором полимера, в который вставляли металлический электрод. Гидростатическое давление устанавливалось воздушным насосом, управляемым клапанами, и считывалось на нанометре. Давление было установлено таким образом, чтобы раствор оставался на кончике трубки, но недостаточно высоким, чтобы незаряженный раствор падал [5]. Раствор заряжали путем подключения металлического электрода к высоковольтному источнику питания. В качестве собирающих устройств для заряженных волокон использовались экраны различной геометрии. Экран был установлен на изолирующей подставке, чтобы можно было также контролировать потенциал t_s . Экран был заземлен через сопротивление, чтобы можно было наблюдать ток, протекающий по цепи.

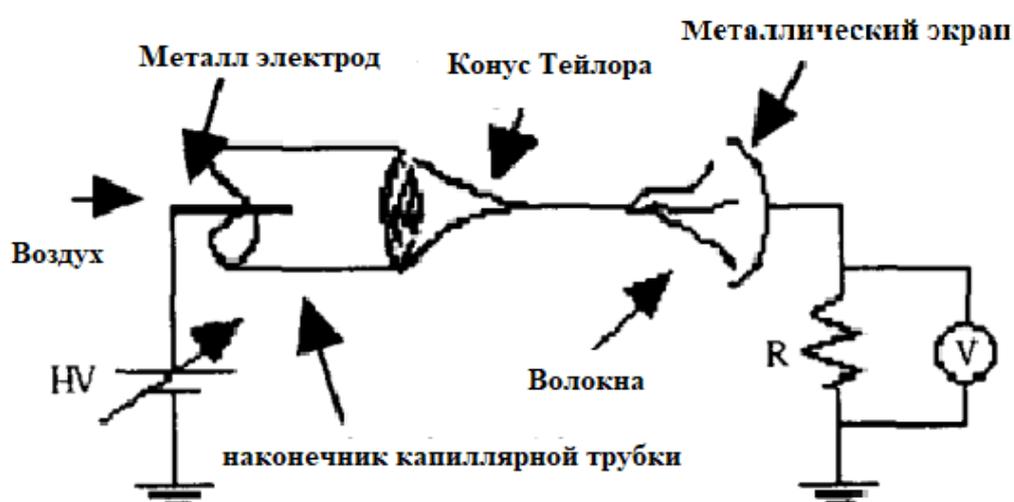


Рис.1 Экспериментальная установка процесса электроформования

Волокна были получены, как объяснено выше, с использованием устройства, изображенного на рисунке 1, из растворов ПАН. Электрический потенциал, гидростатическое давление и расстояние между наконечником капилляра и фильтрующим экраном были отрегулированы таким образом, чтобы была получена стабильная струя. Изменяя расстояние между верхушечным наконечником и фильтром для сбора, на сите собирали либо сухие, либо влажные волокна.

Поскольку эти волокна заряжены, они могут отклоняться поперечным электрическим полем, созданным между двумя металлическими пластинами. После того, как струя выходит из области поперечного поля, она движется в отклоненном направлении к экрану для сбора металла. Размеры отклоняющих пластин составляли 7,5 см x 7,5 см, разделенных 12 см. Типичное значение поперечного электрического поля между пластинами находилось в диапазоне от 200 В/м до 500 В/м. Были получены отклонения до 15°С.

Электрический потенциал, необходимый для запуска процесса прядения, т.е. для образования струи, был определен для всех концентраций выбранного раствора с молекулярной массой. Этот эксперимент проводился путем медленной загрузки раствора в капиллярную трубку. Электрический потенциал увеличивали до тех пор, пока не образовался конус, и струя не начиналась с вершины конуса. Аналогично, значение $V(\text{stop})$, т.е. потенциал, при котором происходит струя, было отмечено путем формирования струи, а затем медленного уменьшения потенциала до тех пор, пока струя не прекратится. Следовательно, были измерены экстремальные значения $V(\text{start})$ и $V(\text{stop})$. Этот эксперимент был повторен пять раз, и были получены средние значения. В приведенных выше исследованиях раствор в капилляре находился при положительном потенциале и варьировался от 0 В до 12 кВ, в то время как экран находился при потенциале земли.

Когда заряженная струя движется в воздухе, ее диаметр уменьшается из-за одновременного эффекта растяжения струи и испарения растворителя. Диаметр струи определяли методом дифракции лазерного излучения ($\lambda=632,8\text{нм}$) [5]. По мере уменьшения диаметра струи плотность поверхностного заряда увеличивается. Высокие силы отталкивания от увеличенной плотности заряда расщепляют струю, и играют меньшие струи.

Затем меньшие струи разделяются и расходятся по мере дальнейшего уменьшения их диаметра. Этот процесс может повторяться несколько раз для создания множества небольших струй, которые быстро высыхают с образованием волокон очень малого диаметра.

Результаты для системы ПАН в диметилформате рассматриваются в качестве иллюстрации. Измеренные свойства раствора были следующими: поверхностное натяжение 61 дин/см, вязкость от 30 до 6500 сантипуаз и проводимость около 400 тС/см. Волокна были сформированы из растворов, имеющих вязкость от 800 до 4000 сантипуаз. При вязкости ниже 800 сантипуаз раствор был слишком разбавлен, чтобы образовать стабильную струю, и струя лопнула. При вязкости выше 4000 сантипуаз было трудно формировать волокна из-за высыхания раствора на кончике.

Типичная концентрация для электроспиннинга составляет 4%. При увеличении электрического поля раствор на кончике капилляра удлиняется от приблизительно полусферической формы до сфероидальной формы, а затем до формы конуса. Дальнейшее увеличение электрического поля примерно до 10^7 В/м инициирует выброс струи из вершины конуса.

Стабильная струя может быть получена путем точной настройки контролируемых переменных. Явления электроспиннинга усложняются при дальнейшем увеличении электрического поля. Струя становится нестабильной, и из наконечника выбрасывается несколько струй. Иногда струи выбрасывались из полимера, переносимого капиллярным притяжением к краю капиллярной трубки. Это показывает, что процесс формирования волокна не зависит от формы поверхности жидкости.

Давление, вызванное электрическим полем, может вызвать нестабильность, приводящую к образованию конусов Тейлора на поверхностях жидкости, которые номинально являются плоскими, сильно изогнутыми или с мениском, и струй с них.

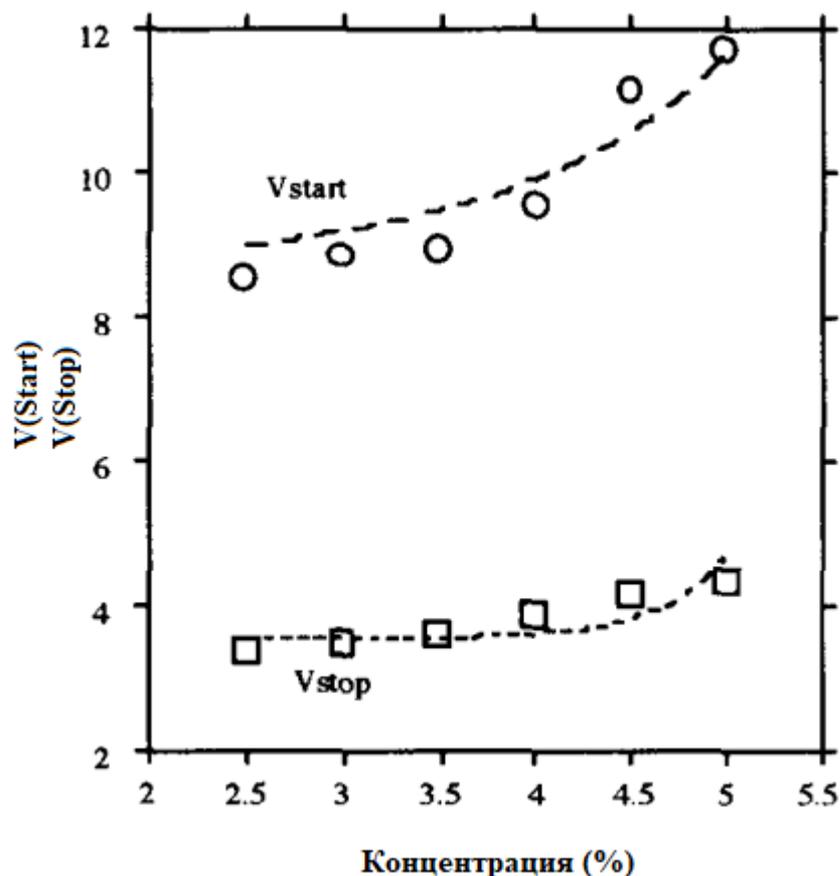


Рис. 2 График электрического потенциала для запуска и остановки электроспиннинга для различных концентраций дмф раствора ПАН

В процессе электроспиннинга полярность электрического потенциала не оказывала никакого влияния на процесс прядения. Волокна могут быть скручены как от положительных, так и от отрицательных потенциалов. Ток, протекающий через сопротивление, изменялся по мере изменения напряженности электрического поля. Типичный ток, измеренный для вышеуказанной ситуации, составлял около 100 нА.

На рисунке 2 показаны приложенные электрические потенциалы в зависимости от концентрации. Эти две кривые представляют возможные экстремальные значения для вращения. Старт показывает электрический потенциал, при котором была инициирована струя, и остановка, при которой струя прекратилась. Область между $V(\text{start})$ и $V(\text{stop})$ - это место, где получается стабильная струя. По мере увеличения концентрации раствора значение как $V(\text{start})$, так и $V(\text{stop})$ увеличивалось, указывая на то, что для формирования струи из высоковязкого полимерного раствора требуется

большее усилие. При концентрации ниже 2,5 % по массе вязкость раствора полимера падает ниже критического значения, и образование стабильной струи становится затруднительным, и струя разрушается. При концентрации выше 5 % вязкость раствора была слишком высокой, и было трудно сформировать стабильную струю.

Наконец, диаметр и морфология волокна были изучены с помощью оптического микроскопа и сканирующей электронной микроскопии. Некоторые из волокон на самом деле состоят из нескольких фибрилл, связанных вместе, образуя одно толстое волокно. Диаметр волокон можно изменять, изменяя параметры процесса (например, электрическое поле, расстояние между капилляром и фильтрующим экраном и вязкость раствора). Когда приложенный электрический потенциал увеличился с 8 кВ до 10 кВ, схема осаждения волокон изменилась со случайной ориентации на прямое расположение. Формы поперечного сечения этих волокон обычно были круглыми, но также наблюдались различные витки, петли, бусины и тому подобное.

Силы от зарядов на волокнах с помощью приложенных ускоряющих и отклоняющих электрических полей направляли волокна для формирования трехмерных объектов сложной формы. Кроме того, композитные нетканые материалы были получены путем последовательного изменения состава прядильных растворов таким образом, чтобы слои различных полимеров наносились друг на друга. Ниже перечислены некоторые из возможных коммерческих применений электроспиральных волокон:

1. В качестве армирующих волокон в композиционных материалах.
2. В качестве не смачивающего поверхностного слоя на обычных текстильных изделиях.
3. В качестве основы для очень тонких полимерных разделительных мембран.
4. Для нанесения инсектицида на растения.
5. Как путь к производству нетканых материалов.
6. В качестве перевязочного материала для ран.

Волокна из различных полимеров были успешно подвергнуты электроформованию. Волокна с очень малыми диаметрами могут быть скручены из синтетических или биополимеров под действием приложенных

электрических полей. Тот факт, что эти волокна заряжены, позволяет управлять их траекторией с помощью электрических полей. Были получены волокна с различными формами поперечного сечения и вариациями по их длине.

Литература

1. Alharbi, A.R.; Alarifi, I.M.; Khan, W.S.; Swindle, A.; Asmatulu, R. Synthesis and characterization of electrospun polyacrylonitrile/graphene nanofibers embedded with SrTiO₃ /NiO nanoparticles for water splitting. *J. Nanosci. Nanotechnol.* 2017, 17, 5294–5302.
2. Asmatulu, R.; Shinde, M.A.; Alharbi, A.R.; Alarifi, I.M. Integrating graphene and C60 into TiO₂ nanofibers via electrospinning process for enhanced conversion efficiencies of DSSCs. *Macromol. Symp.* 2016, 365, 128–139.
3. Sultanov, F.; Daulbayev, C.; Bakbolat, B.; Daulbayev, O.; Bigaj, M.; Mansurov, Z.; Kuterbekov, K.; Bekmyrza, K. Aligned composite SrTiO₃ /PAN fibers as 1D photocatalyst obtained by electrospinning method. *Chem. Phys. Lett.* 2019, 737, 136821.
4. Sultanov, F.R.; Daulbayev, C.; Bakbolat, B.; Mansurov, Z.A.; Urazgaliyeva, A.A.; Ebrahim, R.; Pei, S.S.; Huang, K.-P. Microwave-enhanced chemical vapor deposition graphene nanoplatelets-derived 3D porous materials for oil/water separation. *Carbon Lett.* 2020, 30, 81–92.
5. Phoon, B.L.; Lai, C.W.; Juan, J.C.; Show, P.-L.; Pan, G.-T. Recent developments of strontium titanate for photocatalytic water splitting application. *Int. J. Hydrogen Energy* 2019, 44, 14316–14340. [CrossRef] 6. Collignon, C.; Lin, X.; Rischau, C.W.; Fauqué, B.; Behnia, K. Metallicity and superconductivity in doped strontium titanate. *Annu. Rev. Condens. Matter Phys.* 2019, 10, 25–44.