

## ПОДГОТОВКА ПАРААРАМИДНЫХ ВОЛОКОН ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРОВОДЯЩИХ МАТЕРИАЛОВ

**Сапожников С.В.<sup>1</sup>, асп., Сафонов В.В.<sup>1</sup>, д.т.н., проф., Губин С.П.<sup>2</sup>, д.х.н., проф.**

<sup>1</sup> *Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство), г. Москва, Российская Федерация*

<sup>2</sup> *Институт общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова, г. Москва, Российская Федерация*

Реферат. *Исследованы структурные особенности параарамидного волокна «Армос». Изучены его механические и термические характеристики. Использование параарамидного волокна «Армос» для получения электропроводящего материала наиболее целесообразно.*

Ключевые слова: электропроводность, электропроводящие текстильные материалы, Армос, волокно, оксид графена, параарамид, свойства.

Развитие ряда наукоемких технологий и областей в науке и технике: авиа- и ракетостроении, а также космической промышленности невозможно без использования огне- и термостойких волокон. В отличие от природных и химических волокон органического происхождения, выдерживающих температуры только до 150–170 °С, такие волокна способны сохранять необходимый комплекс свойств при температурах до 350 °С и выше [1].

Наиболее перспективными для применения в промышленности являются волокна и нити с высокими показателями механической прочности и модуля упругости, высокой степенью устойчивости к действию повышенных температур, агрессивных сред и открытого пламени [2].

Для успешного применения в ряде областей техники необходимы материалы, которые помимо прочности и термостойкости должны обладать высокой электропроводностью.

Электропроводящие текстильные материалы дают широкий простор для инноваций в производстве антистатической одежды и электромагнитного экранирования, для снятия заряда или подавления радиополей, а также для производства тканей с подогревом. Перспективным направлением использования электропроводящих полимеров является миниатюризация в микроэлектронике с использованием в электронных твердотельных схемах компонентов нужной конфигурации с размерами молекулярного уровня [3].

Наиболее важной физической характеристикой текстильного материала, обуславливающей возникновение и накопление зарядов на его поверхности, является его изолирующая способность, которая характеризуется величиной электрического сопротивления или электрической проводимостью.

По современным представлениям молекула полимера должна содержать сопряженные связи, кроме того, в ней должны присутствовать так называемые «потенциально заряженные группы» [4]. При внедрении в такую молекулу функциональных групп, легко «отдающих» электрон, в полимерном материале будут образовываться многочисленные свободные носители электрического заряда, полимер станет электропроводящим.

Электропроводность текстильных материалов зависит от многих факторов, прежде всего от гигроскопических свойств, структуры и химического строения, наличия каких-либо веществ на его поверхности.

Арамидные волокна (нити) среди всех органических волокон имеют наиболее высокие эксплуатационные характеристики. Они отличаются устойчивостью к воздействию пламени, высоких температур, органических растворителей. Арамидные волокна менее хрупки по сравнению с углеродными и стеклянными волокнами и пригодны для переработки на обычном оборудовании текстильных производств. Арамидные волокна отличаются наиболее высокими значениями прочности и модуля упругости среди органических волокон.

Среди всего ряда арамидных волокон параарамидное волокно российского производства «Армос» обладает более высокими механическими свойствами. Полученные значения показателя прочности на растяжение волокна составили 5,0 ГПа, а удлинение при разрыве 3,7 %. Высокие прочностные показатели при растяжении волокна можно объяснить высокой степенью ориентации макромолекул вдоль оси волокна, а также высокой энергией диссоциации химических связей в цепи полимера.

В работе рассматриваются вопросы создания материалов нового типа, сочетающих уникальные свойства параарамидных волокон «Армос» и оксида графена (ГО). Такая модификация поверхности «Армос» призвана придать волокнам новые свойства, в том числе электропроводность.

Одним из важнейших производных графена является его оксид. Оксид графена – доступный материал, который получается глубоким окислением природного графита по методу Хаммерса [5]. Чешуйки ГО, полученные данным способом, имеют в своей структуре функциональные группировки - карбоксильные, карбонильные, эпоксидные и фенольные, которые определяют его кислотно-основные свойства и гидрофильность. ГО может использоваться в качестве прекурсора как для получения графена путем реакции восстановления, так и для дальнейшей функционализации графенового листа с целью расширения возможностей его практического применения [6]. Электропроводность оксида графена можно повысить путем удаления кислородсодержащих групп с его поверхности (до  $10^3$  См/см), например, за счет восстановления гидразином (получение восстановленного оксида графена) [7].

Волокно «Армос» представляет собой гетероциклический парасополиамид, который содержит полярные группы  $-\text{CONH}-$ ;  $=\text{N}-$ .

Отличительной особенностью структуры волокна «Армос» является наличие на его поверхности продольных бороздок, пересекающихся под острыми углами. Исследуемое волокно имеет фибриллярную структуру с вытянутыми цепями, кристаллическая упорядоченность у него отсутствует.

Изучение термических характеристик «Армос» проводилось методом термогравиметрического анализа (ТГА) в среде воздуха. Анализируя кривую термогравиметрического анализа, можно видеть, что на первом этапе происходит удаление сорбционной влаги, при этом потеря массы волокном составляет 3,5 % при 140 °С. На втором этапе происходит удаление структурно-связанных примесей и замасливателя (от 140 °С до 425 °С). Третий этап связан с началом деструкции волокна, который сопровождается процессом термоокисления, происходящим при температурах выше 425 °С.

Важной особенностью волокна «Армос» является негорючесть на воздухе и устойчивость к действию открытого пламени. «Кислородный индекс» у «Армос» составляет 40–42 %. Следует отметить, что это на 10–15 единиц выше, чем у всех других видов арамидных волокон.

Использование параарамидного волокна «Армос» для получения электропроводящего материала наиболее целесообразно, так как оно полностью отвечает основным требованиям, предъявляемым к электропроводящим текстильным материалам. В частности, оно обладает высокими удельными физико-механическими характеристиками, высокой термостойкостью, малой плотностью, стойкостью к агрессивным средам, а также технологичностью переработки в изделия.

Введение такого наполнителя, как оксид графена (ГО), дает возможность получить из полимерных диэлектриков полупроводниковые материалы. Возрастание доли восстановленного ГО в волокне «Армос» способствует увеличению электропроводности.

#### Список использованных источников

1. Волохина, А. В. // Химические волокна. 2001. № 2. С. 14-21.
2. Перепелкин, К. Е. // Рос. хим.ж. (Ж. Рос. хим. об-ва им. Д.И. Менделеева). 2002. т.XLVI. № 1. С. 31-48.
3. Гатчин, Ю. А., Ткалич, В. Л., Виволанцев, А. С., Дудников, Е. А. «Введение в Микроэлектронику». Учебное пособие. СПб: СПбГУ ИТМО, 2010. – 114 с.
4. Сафонов, В. В. Защитные полимерные покрытия и материалы. Часть 3. Защита полимеров и красителей от фотоизлучения. – М.: МГУДТ, 2015. – 217 с.
5. Shahriary L., Athawale A.A. Graphene Oxide Synthesized by Using Modified Hummers Approach // Int. J. Renewable Energy Environmental Eng. 2014. V. 2. № 1. P. 58-63.
6. Reduced graphene oxide. / S.V. Tkachev [et al.]. // Inorganic Materials. 2012. T. 48. № 8. С. 796-802.
7. Reduction of graphene oxide to highly conductive graphene by Lawesson's reagent and its electrical applications / H. Liu [et al.]. // J. Mater. Chem. C. – 2013. – V. 1. – № 18. – P. 3104-3109.