

*В.В. Шамшин, Д.Г. Веселов, Т.В. Пасько*

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК  
НА ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ ПЛЕНОК  
ИЗ ПОЛИСУЛЬФОНА**

Требования, предъявляемые к изделию его конструкцией и потребителем, растут непрерывно. Важным индикатором роста качества служит появление новых и улучшенных материалов. Материалы будущего, в частности полимеры с высокими эксплуатационными характеристиками, открывают новые технические возможности для инновационной продукции.

Основные направления использования полисульфонов: электроника, электротехника, автомобильная и авиакосмическая промышлен-

ность, изделия полимерной оптики. Полые волокна из полисульфонов и пленки из сульфированных полисульфонов используют в качестве мембран для обратного осмоса. Пористые полупроницаемые анизотропные пленки из полисульфонов на подложке используют в качестве мембран для микро- и ультрафильтрации.

Полисульфоны устойчивы к термической и термоокислительной деструкции, к радиационным воздействиям. Высока устойчивость полисульфонов к образованию трещин при высоких напряжениях вплоть до 150 °С. Предел текучести у них на 20...30% больше, чем у поликарбонатов и полиамидов.

Для полисульфонов характерно постоянство диэлектрических свойств в широком диапазоне температур и частот. Уникальна электрическая прочность полисульфонов.

С целью создания материалов с заданными свойствами базовые полимеры смешивают с другими веществами. Как правило, современные полимерные материалы являются многокомпонентными системами, в которых наряду с полимерной основой присутствуют различные добавки. Содержание добавок в полимерной композиции может изменяться в очень широких пределах. В зависимости от поставленной задачи, вида добавки и природы полимера оно может составлять от долей процента до 95%.

Введением добавок можно изменять физико-механические, теплофизические, оптические, электрические, фрикционные и другие эксплуатационные характеристики исходного (базового) полимера.

Направленное изменение свойств базового полимера достигается путем введения следующих добавок:

- наполнителей для упрочнения и(или) удешевления материала;
- пластификаторов для улучшения технологических и эксплуатационных свойств;
- стабилизаторов для повышения технологической и эксплуатационной стабильности;
- фрикционных и антифрикционных добавок;
- добавок, регулирующих теплопроводность и электропроводность;
- антипиренов, снижающих горючесть;
- фунгицидов, повышающих устойчивость к воздействию микроорганизмов;
- добавок, регулирующих оптические свойства;
- антистатиков;
- добавок, создающих ячеистую структуру, и др.

Выбор тех или иных добавок для создания композиции, отвечающей требованиям, связан с их влиянием на ее свойства.

Твердые наполнители могут быть минеральными, органическими, керамическими и металлическими. По форме это могут быть мелкодисперсные порошки и волокнистые материалы.

Наибольшее распространение получили мелкодисперсные наполнители минерального происхождения, широко используется для создания композитов, особенно эластомерных, технический углерод (сажа). В ряде случаев для наполнения полимеров применяют органические наполнители. Для получения материалов со специальными свойствами, в частности, с повышенными тепло- и электропроводностью, полимеры наполняют металлическими порошками.

Полимеры широко используются в электротехнике, электронных приборах, в различном оборудовании, где очень важно иметь материалы с определенными электрическими характеристиками.

К таким характеристикам, значение которых бывает необходимо регулировать, относятся электропроводность, электрическая прочность, диэлектрическая проницаемость и др.

Широко используют для получения электропроводных полимерных материалов технический углерод и графит, как в виде порошков, так и в виде волокон и тканей. В последнем случае получают электропроводные материалы с высокой прочностью, обладающие анизотропными свойствами.

Электропроводные полимерные материалы широко используются в производстве радиоэкранирующих изделий и оболочек. Радиоэкранирующие свойства таких изделий увеличиваются с ростом электропроводности полимерного материала.

Для исследования влияния добавок углеродных нанотрубок серии «Таунит» (УНТ) на электропроводность полисульфона была проведена серия экспериментальных исследований, заключающаяся во внесении добавок различных концентраций с последующим измерением сопротивления полимерных пленок.

Технология проведения эксперимента состояла из четырех основных стадий:

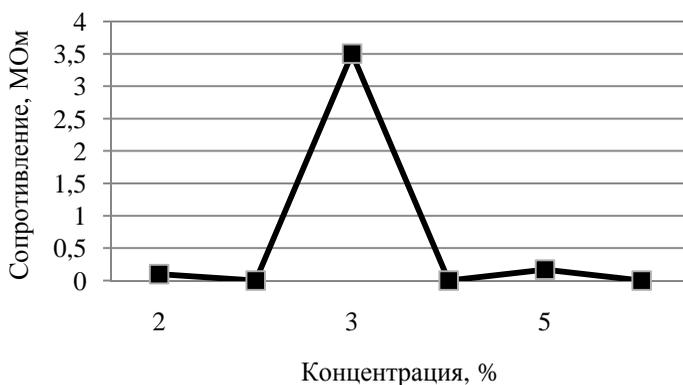
1. Приготовление суспензии УНТ в растворе полисульфона в диметилацетамиде в магнитной мешалке в течение 4 ч.
2. Ультразвуковая обработка полученной суспензии в течение 10 мин.
3. Формирование пленки полимера заданной толщины.
4. Измерение электрического сопротивления полученных пленок.

Остановимся на результатах наших исследований по модификации полисульфонных пленок УНТ серии «Таунит» и рассмотрим электропроводящую модификацию полимерных пленок.

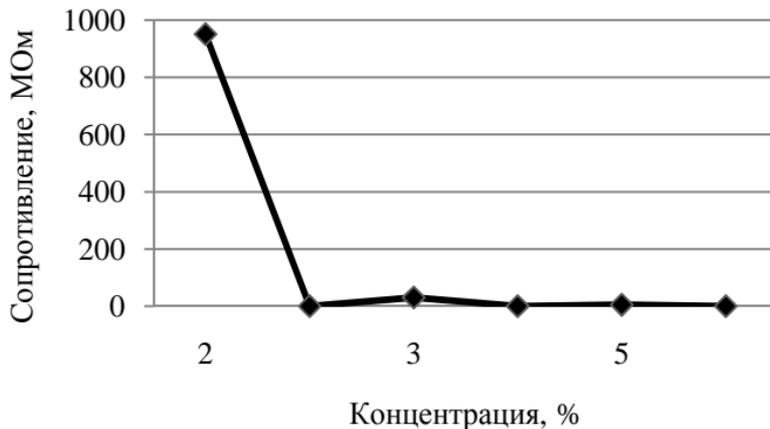
Таблица

Марка УНТ	Концентрация, %	Сопротивление, Ом
Таунит	0,5	$>10^{13}$
	2,5	$>10^{13}$
	5	$>10^{13}$
	7	$>10^{13}$
Таунит-МД	0,5	$>10^{13}$
	1	$>10^{13}$
	2	$>9,5 \cdot 10^8$
	3	$>3 \cdot 10^7$
	5	$>4,7 \cdot 10^6$
Таунит-М	0,5	$>10^{13}$
	1	$>10^{13}$
	2	$>1 \cdot 10^5$
	3	$>3,5 \cdot 10^6$
	5	$>1,68 \cdot 10^5$

При оценке электропроводящих показателей при внесении в пленки углеродных нанотрубок наблюдается резкое уменьшение сопротивления полимеров при концентрациях добавок более 2% (рис. 1, 2).



**Рис. 1. Зависимость сопротивления полисульфонной пленки от концентрации УНТ «Таунит-М»**



**Рис. 2. Зависимость сопротивления полисульфонной пленки от концентрации УНТ «Таунит-МД»**

Наименьшее значение сопротивления образца достигается при внесении добавок в пределах 5% мас. Однако снижение сопротивления пленки начинает проявляться при существенно меньших концентрациях, что видно из рис. 1. Как видим, уменьшение сопротивления начинает проявляться при концентрациях УНТ порядка 2% мас.