

## МОДИФИЦИРОВАНИЕ СВЕРХВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНОГО ПОЛИЭТИЛЕНА УГЛЕРОДНЫМИ НАНОТРУБКАМИ

Маркевич И. А.<sup>1</sup>,

научный руководитель канд. физ.-мат. наук Селютин Г. Е.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Сибирский Федеральный Университет*

<sup>2</sup>*Институт химии и химической технологии СО РАН*

Одним из наиболее перспективных полимерных конструкционных материалов является сверхвысокомолекулярный полиэтилен (СВМПЭ), который относится к новому поколению полимеров. Такой материал обладает рядом замечательных физико-механических и химических свойств, дающих возможность широкого его применения в различных технологических сферах деятельности. Основными его достоинствами являются низкий коэффициент трения, рекордно высокая ударная прочность, высокая стойкость к абразивному истиранию, стойкость в большинстве агрессивных сред, а также рекордно низкая температурная хрупкость. К тому же этот материал является экологически чистым, переработка его и утилизация не несут угрозы окружающей среде.

За счет применения нанотехнологических подходов возможно создание принципиально новых композиционных материалов на основе СВМПЭ. Так, модифицирование СВМПЭ углеродными нанотрубками (УНТ), в зависимости от характера распределения по полимерной матрице, может позволить получить как проводящий композиционный материал, обладающий механическими свойствами исходного полимера, так и непроводящий материал с высокой диэлектрической проницаемостью.

Благодаря низкому коэффициенту трения, высокой стойкости к истиранию, способности поглощать вибрации СВМПЭ применяют в качестве подшипников скольжения во многих механизмах. В частности, при использовании СВМПЭ в угольной промышленности, железнодорожном транспорте недопустимо появление статического заряда на поверхности, который неизбежно накапливается в случае трения диэлектрика. По этой причине все элементы скольжения должны обладать электронной проводимостью.

Перспективно применение композиционного материала СВМПЭ+УНТ в авиации. Использование материала в конструкции самолета позволит снизить вес судна, повысить вибрационную устойчивость, так как СВМПЭ является прекрасным демпфирующим материалом (коэффициент поглощения (0.75) на порядок превышает высокодемпфирующие алюминиевые сплавы (0.1)), а также предотвратить накопление статического заряда.

Возможно применение композиции СВМПЭ+УНТ в качестве материала экранирующего электромагнитное излучение. В [1] показано, что композиционный материал на основе полиметилметакрилата с использованием многостенных УНТ, показывает высокую эффективность экранирования в диапазоне частот 26-37 ГГц.

Целью настоящей работы является разработка и исследование проводимости композитных материалов на основе СВМПЭ и УНТ.

В настоящей работе использовались СВМПЭ компании Braskem (молекулярная масса  $6,4 \cdot 10^6$  г/моль), многостенные углеродные нанотрубки со средним диаметром от 6 до 22 нм синтезированные в ИК СО РАН с чистотой 99% [2].

*Получение образцов*

Содержание УНТ в композите составляло – 0.5, 1, 5, и 10 масс %.

Композиционные материалы на основе СВМПЭ и углеродных нанотрубок были получены двумя способами:

- 1- пропиткой порошка СВМПЭ суспензией УНТ (среда толуол) с последующей сушкой и горячим прессованием;
- 2- механоактивацией сухой смеси СВМПЭ и УНТ в аппарате АГО-2 – и дальнейшим изготовлением образцов методом горячего прессования. Механоактивация порошков осуществлялась при скорости вращения барабанов 1290 об/мин (образцы Р-1) и 2220 об/мин (образцы Р-3).

*Исследование проводимости полученных образцов*

Испытывались образцы со следующими размерами: диаметр 45 мм, толщина 0,7 мм. Определение омического сопротивления проводилось двумя методами. В первом методе образцы зажимались между латунными обкладками конденсатора. Снимались показания омического сопротивления  $R$  с обкладок конденсатора. Значения удельного сопротивления  $\rho$  рассчитывались по формуле

$$\rho = \frac{Rs}{l}, \quad (1)$$

где  $R$  – сопротивление;  $s$  – площадь обкладок конденсатора;  $l$  – толщина образца.

Во втором случае использовался четырехзондовый метод измерения удельного сопротивления полупроводников, заключающийся в снятии разности потенциалов между двумя зондами. Ток пропускать через образец между двумя другими зондами. В качестве зондов выступали четыре металлических иглы, касающиеся поверхности исследуемого полупроводника.

Регистрировалась разность потенциалов между внутренними зондами и также рассчитывалось удельное сопротивление  $\rho_4$  для всех образцов

$$\rho_4 = \frac{2\pi SU}{I}, \quad (2)$$

где  $S$  – расстояние между зондами;  $U$  – показания вольтметра;  $I$  – ток цепи.

В таблице 1 представлены результаты измерений и расчетов удельного сопротивления для обоих способов измерения, из которых видно, что  $\rho$  в среднем на порядок больше, чем  $\rho_4$ .

Таблица 1 – результаты расчетов удельного сопротивления

УНТ% масс.	$\rho, \Omega \cdot \text{см}$	$\rho_4, \Omega \cdot \text{см}$
0.5 (Р-1)	41514	1755
1 (Р-1)	5005	433
5 (Р-1)	193	43
10 (Р-1)	136	11
0.5 (Р-3)	19736	1920
1 (Р-3)	6872	311
5 (Р-3)	218	11
10 (Р-3)	98	7
5 (суспенз)	481	223
10 (суспенз)	188	309

Такие различия в расчетах, вероятно, связаны существованием контактной разницы между металлом конденсатора и композитным образцом.

Для образцов композита, приготовленных пропиткой СВМПЭ суспензией УНТ, с содержанием УНТ 0.5 и 1% масс. приборы не выявили проводимости, в отличие от таких же образцов, изготовленных механоактивацией.

На рисунке 1 представлена диаграмма зависимости  $\lg \rho_4$  от содержания углеродных нанотрубок в полимерной матрице и от способа приготовления композита.

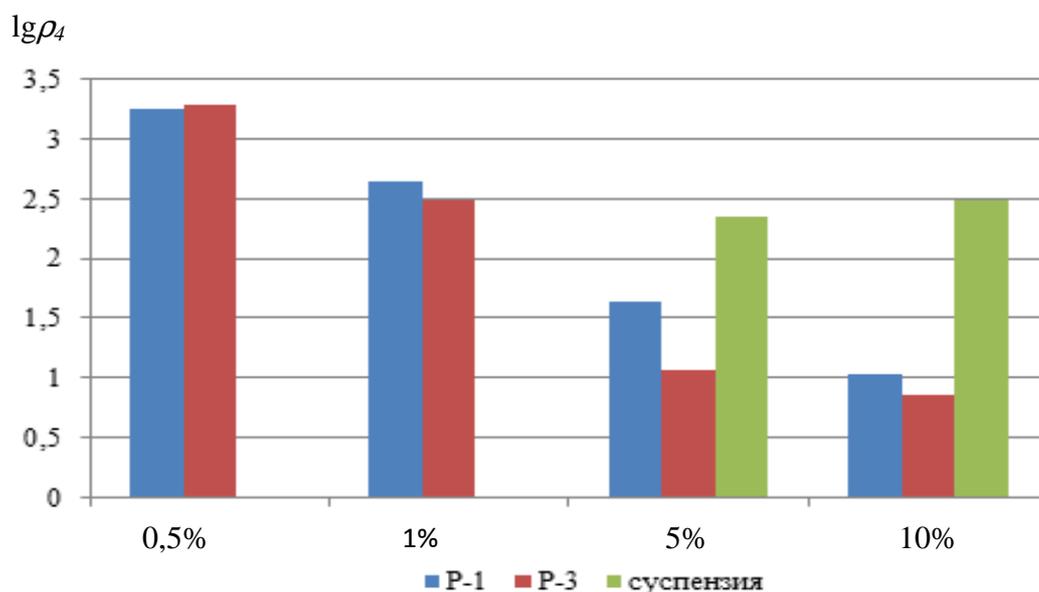


Рисунок 1 – диаграмма  $\lg \rho_4$  – содержание УНТ% масс.

С увеличением содержания нанотрубок проводимость материала увеличивается.

Для композитов, приготовленных пропиткой суспензией УНТ, проводимость оказалась в сотни раз меньше, чем для аналогичных образцов P-1 и P-3, а для образцов с содержанием УНТ 0.5 и 1% масс. и вовсе не обнаружено проводимости. Меньшие значения проводимости для образцов, приготовленных из суспензии УНТ, объясняются более однородным распределением углеродных наночастиц в матрице полимера и отсутствием сквозных мостиков проводимости в композите, за счет использования ультразвукового диспергирования при приготовлении суспензии УНТ, которой в дальнейшем пропитывался порошок СВМПЭ.

Значительный вклад в полученные значения проводимости может вносить контактная разность между металлом обкладок и исследуемым материалом. Для получения более точных результатов необходимо совершенствовать контактную группу.

Также следует совершенствовать методику введения УНТ в полимерную матрицу.

#### Литература

1. Илья Mazov, Vladimir Kuznetsov, Sergey Moseenkov, etc. Electromagnetic shielding properties of MWCNT/PMMA composites in Ka-band // *physica status solidi (b)*. 2009. Volume 246. Issue 11-12. pages 2662–2666.
2. Илья Mazova, Vladimir L. Kuznetsov, Irina A. Simonovaa, etc. Oxidation behavior of multiwall carbon nanotubes with different diameters and morphology // *Applied Surface Science*. 2012. №17. Pages 6272–6280.