

**РАЗРАБОТКА ПОЛИФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МОДИФИКАТОРОВ
НА ОСНОВЕ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК**

Благодаря выдающимся механическим и электрофизическим свойствам углеродные нанотрубки (УНТ) входят в число самых перспективных и востребованных в технике материалов. Однако ожидаемый эффект от их применения зачастую оказывается на порядки ниже реально наблюдаемого. Основной причиной является их склонность агломерации в полимерных матрицах из-за высокой поверхностной энергии и малого взаимодействия с модифицируемыми материалами.

Самым распространенным подходом к решению данной проблемы является химическое модифицирование поверхности УНТ путем формирования различных функциональных групп, обеспечивающих взаимодействие с различными типами полимерных матриц и придающих те или иные необходимые свойства композитам. Именно на основе функционализированных форм УНТ возможно создание целого ассортимента модификаторов полимерных материалов полифункционального назначения.

В настоящем проекте разрабатываются подходы к функционализации УНТ, которые должны обеспечить упрочняющее действие на полимеры, увеличение проводящих свойств, а также увеличение активной поверхности. В каждом случае применения необходим выбор своих условий функционализации. Помимо этого, существует большое многообразие морфологических форм УНТ, также обладающих различными свойствами. Учет качественных показателей УНТ также является важным фактором при разработке модификаторов на их основе.

Многослойные УНТ реализуются в качестве товарных продуктов, однако даже небольшие изменения условий их CVD-синтеза могут вызвать значительные изменения таких параметров, как диаметр, длина нанотрубок, форма графеновых слоев (или угол хиральности), степень дефектности.

В настоящей работе исследовалась возможность разработки полифункциональных модификаторов полимерных материалов на основе многослойных УНТ «Таунит-М» (ООО «Нанотехцентр», Тамбов) различных производственных партий.

* Работа представлена в отборочном туре программы У.М.Н.И.К. 2015 г. в рамках Десятой межвузовской научной студенческой конференции ассоциации «Объединенный университет им. В. И. Вернадского» «Проблемы техногенной безопасности и устойчивого развития» и выполнена под руководством канд. хим. наук, доцента Т. П. Дьячковой.

Все проанализированные партии УНТ «Таунит-М», согласно данным сканирующей электронной микроскопии, соответствуют заявляемым параметрам: диаметр – 8...15 нм, длина – около 2 мкм. Однако существуют отличия по степени дефектности, которая оценивалась на основании анализа спектров комбинационного (КР) рассеяния этих материалов, снятых на КР-спектрометре Thermo Scientific DXR Raman Microscope с длиной волны лазера 532 нм [1].

В качестве простейшего способа функционализации выбрано жидкофазное окисление УНТ концентрированной азотной кислотой [2]. После данного вида обработки на поверхности УНТ формируются главным образом СООН-группы, поэтому часто функционализированные таким методом УНТ называют карбоксилированными.

Спектры КР исходных УНТ «Таунит-М» двух производственных партий представлены на рис. 1. Различия в высоте линий могут быть обусловлены разной интенсивностью сигнала. Однако различия в величинах соотношений пиков D/G и D'/G не столь значительны (табл. 1).

После обработки концентрированной азотной кислотой увеличивается выраженность пиков D и D' (рис. 2), характеризующих наличие атомов углерода в состоянии sp^3 -гибридизации, т.е. дефектных участков графеновых слоев.

Основной рост дефектности связан с разрушением поверхности УНТ и образованием разрывов. Изначально более дефектные трубки больше подвержены функционализации и меньше – разрушениям под воздействием кислоты, так как прививка функциональных групп идет по местам дефектов. Менее дефектные УНТ наоборот, из-за малого количества

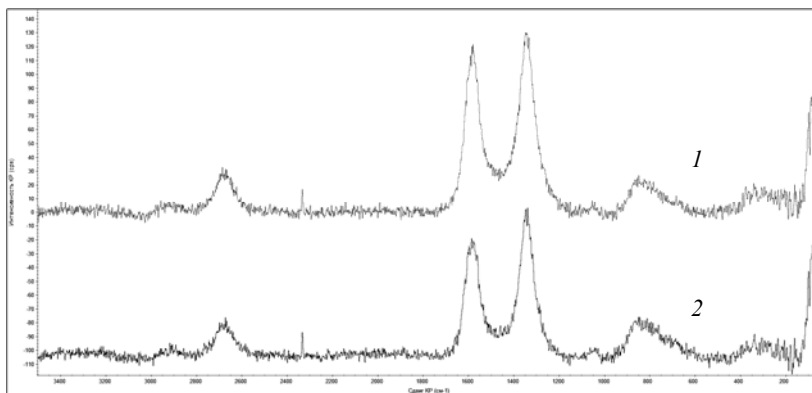


Рис. 1. Спектры КР исходных УНТ «Таунит-М» двух производственных партий

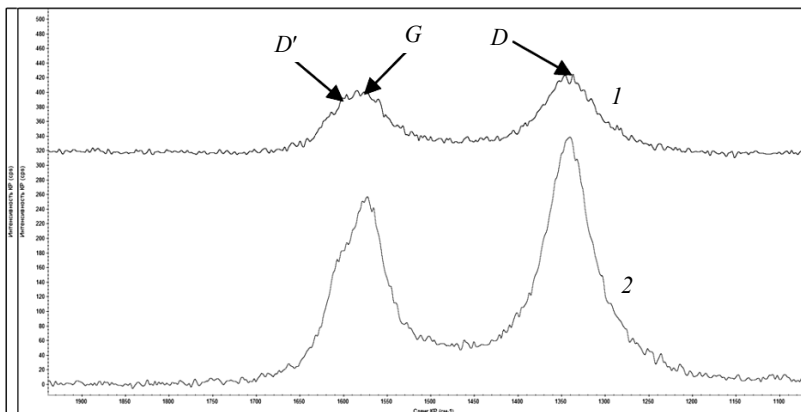


Рис. 2. Спектры КР первого порядка исходных (1) и карбоксилированных (2) УНТ «Таунит-М» (партия № 2)

дефектов больше разрушаются при функционализации. Это объясняет разницу в величине изменения показателя D/G и различное поведение показателя D'/G .

Однако для обеих партий карбоксилированных УНТ «Таунит-М» различия по степени дефектности незначительны (табл. 1).

Таким образом, при окислительной функционализации УНТ возможно получение материалов с воспроизводимыми свойствами. Следовательно, предлагаемый способ можно рекомендовать для масштабирования. В ходе дальнейших исследований планируется исследовать поведение при функционализации УНТ морфологических типов с более выраженными различиями по геометрическим параметрам и степени дефектности. Это позволит выбирать типы УНТ и способы их функционализации для каждого конкретного применения в составе полимерных композитов полифункционального назначения.

1. Анализ спектров КР первого порядка

Производственная партия УНТ	Вид УНТ	D/G	D'/G
№ 1	Исходные	1,1	0,83
	Карбоксилированные	1,32	0,95
№ 2	Исходные	1,19	0,84
	Карбоксилированные	1,33	0,82

Список литературы

1. *Characterisation of Carbon Nanotube Materials by Raman Spectroscopy and Microscopy – A Case Study of Multiwalled and Singlewalled Samples* / A. M. Keszler, L. Nemes, S. R. Ahmad, X. Fang // *Journal of Optoelectronics and Advanced Materials*. – 2004. – V. 6, N 4. – P. 1269 – 1274.
2. *Oxidation of Multiwalled Carbon Nanotubes by Nitric Acid* / I. D. Rosca, F. Watari, M. Uo, T. Akasaka // *Carbon*. – 2005. – V. 43. – P. 3124 – 3131.

*Кафедра «Техника и технологии производства нанопродуктов»
ФГБОУ ВПО «ТГТУ»*