

УДК 678:661.66:620.1

ГРАФЕНОВЫЕ МОДИФИКАТОРЫ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ,
ПОЛУЧАЕМЫЕ МЕТОДОМ СВСЕ. В. ОВЧИННИКОВ¹, А. А. ВОЗНЯКОВСКИЙ², Е. И. ЭЙСЫМОНТ¹,
А. П. ВОЗНЯКОВСКИЙ², Е. В. КУЗНЕЦОВА¹¹Гродненский государственный университет имени Янки Купалы
Гродно, Беларусь²Физико-технический институт им. А. Ф. Иоффе РАН
Санкт-Петербург, Россия

Первый способ, которым был получен графен, стало микромеханическое расслоение графита. Данный способ прост и достаточно эффективен, однако не позволяет получать однородные слои графена одинаковых размеров. Впоследствии были разработаны также химические методы получения графена. В группу химических методов входит большое количество способов получения графена, которые, тем не менее, характеризуются сложностью и достаточно высокой трудоемкостью процесса.

Эпитаксиальный метод получения графена подразумевает химическое осаждение однослойных пленок графена из паровой фазы из углеводородов – (метан, ацетилен) с использованием различных подложек. Существует также метод термического разложения углеродосодержащей подложки, при котором в качестве подложки используют карбид кремния, в результате процесса термического разложения поверхности которой образуется пленка графена.

Графен получают также методом расслоения с помощью интеркаляции графита или воздействия ультразвука. К преимуществам можно отнести то, что это относительно простые и дешевые способы получения графена, при этом отсутствует потребность в специальном и дорогостоящем оборудовании, в высоких температурах синтеза, а также в специальной подложке. Тем не менее, получаемый данным методом графен характеризуется большим количеством дефектов решетки и примесей.

При производстве графеновых НС методом механохимической эксфолиации графита с использованием стадий вакуумирования и кристаллизации осуществляются следующие стадии:

- 1) обработка кристаллического графита раствором персульфата аммония в серной кислоте, не содержащей свободной воды;
- 2) выдержка полученного интеркалированного соединения графита и его расширение;
- 3) гидролиз и промывка водой;
- 4) ультразвуковое диспергирование в водном растворе.

Большинство рассмотренных технологических приемов получения графена обладают малым выходом синтезируемого вещества, что обуславливает его

высокую стоимость. Применение метода самораспространяющегося высокотемпературного синтеза позволяет существенно увеличить выход графена, что существенно снижает его себестоимость. СВС-метод получения графеновых наночастиц позволяет использовать различное органическое вещество, в том числе трудно перерабатываемые отходы технологических производств, в частности гидролизный лигнин.

В ходе проведенных исследований структурных особенностей нанодисперсных графеновых частиц, получаемых по различным технологиям синтеза, показано, что морфология графеноподобных кластерных структур, получаемых методом СВС, зависит от используемого исходного сырья.

Оценка поверхностных физико-химических свойств графеноподобных частиц, а также углеродных частиц, полученных методом СВС-синтеза показала, что при введении нанодисперсных графеноподобных структур в жидкие среды, применяемые для определения значений удельной поверхностной энергии, происходит существенное изменение как значений самой поверхностной энергии, так и параметров ее определяющих. В области концентрации частиц ГПС 0,5 масс. % в жидких средах наблюдается максимум значений удельной поверхностной энергии, определяемой для стального субстрата. Дальнейшее увеличение концентрации частиц ГПС в жидких средах приводит к снижению значений удельной поверхностной энергии стального субстрата. Аналогичные результаты получены также при использовании в качестве субстрата ПЭВД.

Проведены исследования морфологии и топографии поверхности композиционных материалов на базе фотополимеров, модифицированных графеновыми наночастицами, получаемыми СВС-синтезом. Установлено, что введение графеноподобных структур в фотополимер Nova3D приводит к увеличению шероховатости поверхности исследуемых образцов. При введении графеноподобных структур в фотополимер Nova3D формируется развитый рельеф, наиболее характерный для композиций, содержащих более 0,6 масс. % углеродных наномодификаторов. При концентрации модификатора более 0,6 масс. % наблюдается формирование агломератов наночастиц. Существенное изменение морфологии поверхностных слоев с большим содержанием дефектов должно оказать влияние на физико-механические характеристики разрабатываемых композиционных материалов.

Согласно полученных методом оптической и атомно-силовой микроскопии данных существуют области концентраций графенового модификатора, когда обеспечивается достаточно хорошая гомогенизация углеродного наполнителя в полимерной матрице. Для графенового модификатора, изготовленного из шихты «70 масс. % глюкоза – 30 масс. % нитрат аммония» и введенного в фотополимерную смолу Anusubis 450 nm, данная концентрация составляет 2 масс. %. Для графенового модификатора, изготовленного из шихты «70 масс. % целлюлозы – 30 масс. % нитрат аммония», данная концентрация составляет 0,2 масс. %.

Исследования проведены в рамках проекта БРФФИ T21PM-169.