

ПОЛУЧЕНИЕ ДИСПЕРСИЙ УГЛЕРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ В РАСТВОРАХ ПОЛИДИМЕТИЛСИЛОКСАНОВОГО КАУЧУКА

А. С. Лузгарев, Т. Б. Ткаченко, А. А. Мороз, С. В. Лузгарев

PRODUCTION OF CARBON MATERIALS DISPERSIONS IN POLYDIMETHYLSILOXANE RUBBER SOLUTIONS

A. S. Luzgarev, T. B. Tkachenko, A. A. Moroz, S. V. Luzgarev

Исследование выполнено на кафедре органической химии ФГБОУ ВПО Кемеровского государственного университета в Лаборатории синтеза углеродных наноматериалов из углехимического сырья ИУХМ СО РАН.

Изучена возможность получения устойчивых дисперсий углеродных материалов в органических растворителях (бензол, толуол) и растворах полидиметилсилоксанового каучука СКТ с помощью методов механической и ультразвуковой диспергации. Наиболее стабильные однородные дисперсии получены в растворе подиметилсилоксанового каучука с использованием погружного ультразвукового диспергатора. Полученные дисперсии в растворителях используются для химической функционализации, а дисперсии в растворе СКТ – для получения модифицированных полидиметилсилоксановых плёнок.

The possibility of obtaining stable dispersions of carbon materials in organic solvents (benzene, toluene) and solutions of HRSR polydimethylsiloxane rubber with methods of mechanical and ultrasonic dispersion was studied. Stable uniform dispersion was received in solution of polydimethylsiloxane rubber using submersible ultrasonic disperser. The resulting dispersions in solvents are used for chemical functionalization, while dispersion in the HRS solution is used in production of modified polydimethylsiloxane films.

Ключевые слова: полидиметилсилоксановый каучук, КЕМ-3, ПУМ, дисперсия, ультразвук.

Keywords: polydimethylsiloxane rubber, КЕМ-3, РСМ, dispersion, ultrasound.

Одним из перспективных направлений в науке в настоящее время является получение композитов на основе полимеров наполненных углеродными наноматериалами (УНМ), такими как нанотрубки, фибриллы, нанопластины, нановолокна и др. (рис. 1). При введении даже небольших количеств таких наполнителей меняются свойства полимеров: улучшаются механические свойства, химическая стойкость, увеличиваются электропроводность и теплопроводность и др.

Необходимыми условиями для создания полимерных нанокомпозитов (ПН) является малый размер и максимально однородное распределение частиц УНМ в полимерной матрице.

в органических средах, включая полимеры. Поэтому ведется интенсивный поиск эффективных методов, приводящих к облегчению дезагрегации. К этим методам относятся химическое модифицирование УНМ низкомолекулярными соединениями и полимерами с образованием ковалентных связей между молекулами модификатора и нанотрубкой, а также нековалентное модифицирование поверхностно-активными веществами (ПАВ) как низкомолекулярной, так и полимерной природы. Независимо от метода модифицирования УНМ и природы модификатора эксперименты с углеродными материалами проводят по большей части с использованием ультразвуковой обработки реакционной смеси, вследствие которой интенсифицируются процессы дезагрегации углеродных материалов и формируются дефекты на их поверхности. Это, в свою очередь, способствует повышению их химической активности [1].

Для проведения ультразвуковой обработки используют ультразвуковые ванны, погружные и проточные ультразвуковые (УЗ) диспергаторы, а также одновременно с ультразвуком используют высокооборотистые механические диспергаторы.

В настоящее время созданы нанокомпозиты на основе различных полимеров (полистирол, полиэтилен, полиметилметакрилат и т. д.), разработано много способов их получения. Интересным, но малоизученным направлением в этой области является создание полимерных нанокомпозитных материалов на основе кремнийорганических полимеров, которые отличаются высокой радиационной, химической, термической стойкостью, электрической прочностью, биологической инертностью и совместимостью, вы-



Рис. 1. Виды углеродных наноматериалов

Однако, склонность УНМ к агрегации препятствует получению устойчивых дисперсий в воде и орга-

сокой газопроницаемостью, благодаря которым они применяются в аэрокосмической промышленности, электроэнергетике, микроэлектронике, машиностроении, медицине и др. Однако невысокие механические характеристики ограничивают их применение [2]. Используя УНМ в качестве наполнителей таких полимеров, можно создать новые ПН с улучшенными характеристиками.

Целью исследований являлось изучение возможности получения устойчивых дисперсий углеродных материалов в органических растворителях и растворе высокомолекулярного полидиметилсилоксанового каучука СКТ (ПДМС) производства Казанского завода синтетических каучуков.

Для получения дисперсий были использованы толуол и бензол, выбор которых обусловлен хорошей растворимостью ПДМС в данных растворителях, а также возможностью проведения в них химической модификации дисперсий углеродных материалов.

Образцы углеродных материалов под марками ПУМ и КЕМ-3 были предоставлены Лабораторией высокотемпературных процессов химии углеродных материалов и угля Института Углекими и Химического Материаловедения СО РАН.

Получение дисперсий в растворе ПДМС (концентрация 0,01 и 0,05 % углеродных материалов от веса ПДМС) проводилось в две стадии. На первой стадии углеродные материалы были диспергированы в органических растворителях с использованием ряда методов:

1) высокоскоростного электромеханического диспергатора MPW-309 при 14000 об/мин в 7 этапов по 5 минут каждый с перерывом между этапами 5 – 10 мин (для остывания дисперсии и дисперсионной камеры);

2) УЗ-ванны UM-4 (25 кГц) в мерной колбе в течение 1 часа;

3) погружного УЗ-диспергатора ИЛ100-6/1 (22 кГц) в стеклянном стаканчике поэтапно – по 5 – 10 мин, с перерывом для добавления толуола взамен испарившегося. Общее время диспергации – 1 час.

На второй стадии к получившимся дисперсиям добавляли ПДМС. Растворение проводили при перемешивании с использованием диспергатора MPW-309 на минимальных оборотах.

Для исследования равномерности распределения и размеров частиц углеродных материалов был использован метод оптической микроскопии. Тонкослойные образцы для исследования были получены путем нанесения капли дисперсии углеродных материалов в растворе ПДМС на предметное стекло с последующей сушкой на воздухе при комнатной температуре. Микрофотографии дисперсий были получены с использованием микроскопов МСП-2, поляризационно-интерференционного микроскопа «Biolar» и цифровой фотокамеры. Размеры частиц рассчитывались по шкале в поле зрения микроскопа МСП-2 и с использованием компьютерной обработки цифровых фотографий.

Исследованиями показано, что размеры частиц зависят от способа диспергации (рис. 2). Наименьшие максимальные размеры частиц (30 – 40 мкм) достигаются при использовании погружного УЗ-диспергатора. При проведении диспергирования в УЗ-ванне в случае КЕМ-3 получаются более крупные частицы – 80 – 100 мкм, а ПУМ диспергировать данным способом не удастся. Применение высокоскоростного электромеханического диспергатора не позволяет получить высокой степени диспергации – частицы углеродных материалов имеют размеры 300 – 400 мкм. Размеры частиц и их распределение в растворе не зависят от используемого растворителя (бензол, толуол).

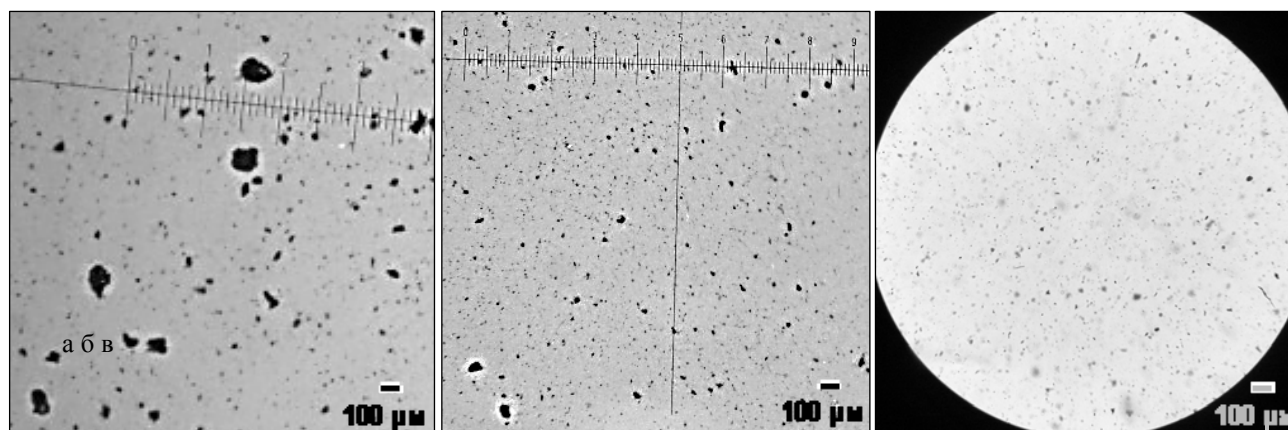


Рис. 2. Микрофотографии дисперсий КЕМ-3 в растворе ПДМС в толуоле, полученных диспергацией при помощи: а – скоростной мешалки, б – ультразвуковой ванны, в – погружного ультразвукового диспергатора

Обнаружено, что дисперсии, полученные с применением ультразвуковых методов, имеют тенденцию к быстрой (1,5 – 4 мин) агрегации с образованием хлопьев с последующим их оседанием независимо от концентрации углеродных материалов и природы используемого растворителя, однако, агрегировавшие дисперсии, полученные с помощью погружного УЗ-

диспергатора легко восстанавливаются при вторичной обработке их в УЗ-ванне. Введение в раствор ПДМС стабилизирует дисперсии углеродных материалов, что обусловлено, в частности, повышением вязкости раствора. При этом наиболее устойчивые и равномерные дисперсии образуются также при применении погружного УЗ-диспергатора.

В настоящее время полученные дисперсии углеродных материалов в органических растворителях используются для химической функционализации (введения в их состав модифицирующих групп), а диспер-

сии УНМ в растворе ПДМС – для получения модифицированных углеродными материалами полидиметилсилоксановых плёнок и покрытий.

Литература

1. Бадамшина, Э. Р. Модифицирование углеродных нанотрубок и синтез полимерных композитов с их участием / Э. Р. Бадамшина, М. П. Гафурова, Я. И. Эстрин // Успехи химии. – 2010. – Т. 79. – № 11. – С. 1027 – 1064.
2. Лузгарев, С. В. Эффективный подход к модификации структуры и свойств полисилоксанов / С. В. Лузгарев, В. Я. Денисов // Современные наукоемкие технологии. – 2005. – № 8. – С. 34 – 35.

Информация об авторах:

Лузгарев Артем Сергеевич – младший научный сотрудник кафедры органической химии КемГУ, 8-923-600-76-59, luz.artem@gmail.com.

Artem S. Luzgarev – Junior Researcher at the Department of Organic Chemistry of Kemerovo State University.

Ткаченко Татьяна Борисовна – кандидат химических наук, доцент кафедры органической химии, заведующая лабораторией синтеза наноматериалов из углехимического сырья Института углехимии и химического материаловедения СО РАН, dt_kem@mail.ru.

Tatiana B. Tkachenko – Candidate of Chemistry, Assistant Professor at the Department of Organics Chemistry, Kemerovo State University; Head of the Laboratory of Nanomaterials Synthesis from Coal-Chemical Raw Materials, Institute of Coal Chemistry and Material Science of the Siberian Branch of the RAS.

Мороз Александр Аникеевич – доктор химических наук, профессор, декан химического факультета КемГУ, старший научный сотрудник лаборатории синтеза наноматериалов из углехимического сырья Института углехимии и химического материаловедения СО РАН, polymer@kemsu.ru.

Alexander A. Moroz – Doctor of Chemistry, Professor, Dean of the Faculty of Chemistry, Kemerovo State University; Senior Researcher at the Laboratory of Nanomaterials Synthesis from Coal-chemical Raw Materials, Institute of Coal Chemistry and Material Science of the Siberian Branch of the RAS.

Лузгарев Сергей Валентинович – кандидат химических наук, доцент кафедры органической химии КемГУ, 8-903-946-70-13, polymer@kemsu.ru.

Sergey V. Luzgarev – Candidate of Chemistry, Assistant Professor at the Department of Organic Chemistry of Kemerovo State University.