

ПРИМЕНЕНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ДИСПЕРГИРОВАНИЯ В СИНТЕЗЕ ПОЛИУРЕТАНОВЫХ КОМПОЗИТОВ С УГЛЕРОДНЫМИ НАНОТРУБКАМИ

Кривошеев Р. М., Комаров Ф. Ф., Мильчанин О. В., Щегольков А. В.

НИИПФП им. А. Н. Севченко БГУ

г. Минск, Беларусь, E-mail: kryvasheyeu@gmail.com

ФГБОУ ВПО Тамбовский государственный технический университет
г. Тамбов, Россия

Введение

В настоящее время одной из актуальных задач современного материаловедения является синтез и изучение свойств новых композиционных материалов на основе полимеров с различными добавками и наполнителями. В первую очередь, это связано с широтой их применения в таких областях, как силовая электроника, опто- и акустоэлектроника, нелинейная оптика, радиопоглощающие материалы, защитные покрытия и электромагнитные экраны.

Как известно, полимерные материалы в своем большинстве являются диэлектриками с различной шириной запрещенной зоны. Однако, благодаря их способности устанавливать химические связи, взаимодействуя с различными материалами-добавками, возможно изменение механических, оптических и электрофизических свойств в широких пределах. Большую роль в этом играет концентрация модификаторов и качество их диспергирования.

В настоящей работе рассмотрена методика модифицирования полиуретановой матрицы углеродными нанотрубками (УНТ) марки «Таунит», так как исследования электрофизических, оптических и экранирующих свойств таких материалов показали перспективность подобного сочетания компонентов [1–3].

Если введение в полимерную матрицу высоких концентраций (от 10–15 вес.% и более) таких микродисперсных углеродных материалов, как графит или шунгит, не вызывает особых сложностей, то равномерное распределение углеродных нанотрубок в объеме полимера становится нетривиальной задачей, которая многократно усложняется с увеличением концентрации УНТ. Это происходит ввиду склонности нанотрубок к агрегации, что обусловлено их уникальными механическими свойствами, а также межмолекулярным взаимодействием Ван-дер-Ваальса, для преодоления которых требуются специальные приемы и способы диспергирования. Самыми распространенными являются использование в качестве диспергирующего агента специально подобранных поверхностно-активных веществ (ПАВ), таких как TRITONX-100, диметилформамид или этанол. Также, на определенных стадиях применяется ультразвуковое диспергирование, преимущественно с использованием ультразвуковых иммерсионных диспергаторов и ультразвуковых ванн разной мощности.

Методика

В качестве полимерной матрицы был выбран полиуретановый компаунд «АДВ-22», представляющий собой монолитный резиноподобный материал, получаемый путем смешивания компонентов в заданном соотношении ручным или механическим способом. Одним из преимуществ работы с полиуретанами – невысокая температура формования (порядка комнатной) и возможность ускорить процесс полимеризации простым увеличением температуры. Основные свойства данного полимера приведены в таблице 1:

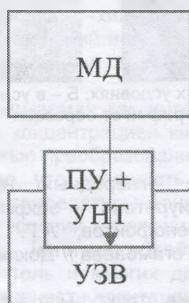
Таблица 1 – Физико-механические показатели полиуретана АДВ-22

	Марка 25	Марка 40	Марка 45	Марка 50	Марка 60
Соотношение компонентов А:Б	3:1	2,5:1	4:1	4:1	2:1
Плотность, г/см ³	1,2	1,2	1,3	1,3	1,25
Твердость по Шору А, усл. ед.	25–30	38–42	45–48	48–52	58–62
Прочность при разрыве, МПа, не менее	2,3	3,0	2,3	3,5	3,5

Продолжение таблицы 1

Относительное удлинение при разрыве, %, не менее	500	500	180	400	200
Прочность при раздире, Н/мм	6–7	8–10	3–4	10–12	4,5–6,0
Водопоглощение при 100°С за 24 ч, %, не более	10	10	10	10	10

Одним из основных этапов методики является совмещенное ультразвуковое и механическое диспергирование, блок–схема которого приведена ниже.



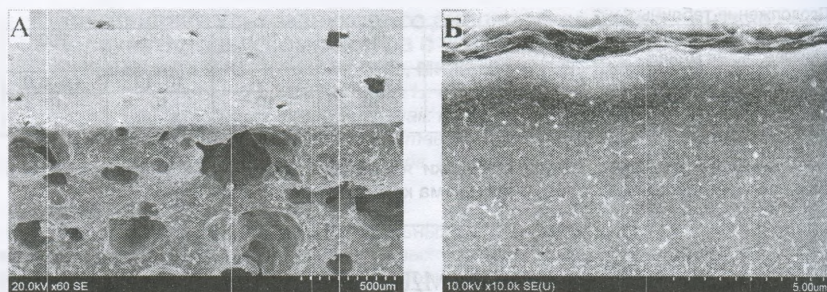
МД – механический диспергатор, УЗВ – ультразвуковая ванна, ПУ+УНТ – полиуретановый компонент с добавкой углеродных нанотрубок

Рисунок 1 – Блок–схема установки совмещенного механико–ультразвукового диспергирования

Такой способ диспергирования позволил достичь значительного увеличения концентрации, а также большей однородности распределения вводимых УНТ в матрице полимера, без использования каких–либо вспомогательных веществ – ПАВов, растворителей и других диспергирующих агентов. При соблюдении технологии не выявлено отклонений или аномального поведения композиции на следующих этапах методики: при заливке в форму и форвакуумной сушке изменение вязкости и полимеризация протекали в нормальных пределах.

Одной из проблем синтеза полиуретановых композитов является естественное выделение СО в процессе полимеризации. Самым эффективным решением этой проблемы, на данный момент, является выполнение этапов диспергирования и полимеризации при давлении на несколько порядков ниже атмосферного.

Таким образом, в применяемой методике этап полимеризации проводился в форвакууме в течение всей длительности процесса. Благодаря этому было достигнуто снижение размеров и количества пор в итоговом композите практически на 99% в сравнении с образцами материала, синтезированными исключительно при атмосферных условиях (рис. 2).



А – при атмосферных условиях, Б – в условиях форвакуума
Рисунок 2 – РЭМ-микрофотографии от образцов полиуретановых композитов

Список литературы:

1. Комаров Ф.Ф. Влияние углеродных наноматериалов на структуру, электрофизические свойства полиуретана и эффективность экранировки от ЭМИ [Текст]/ Ф.Ф. Комаров, М.А. Ксенофонтов, А.Г. Ткачев, Р.М. Кривошеев, Л.Е. Островская, В.Н. Родионова, А.К. Тогамбаева // Доклады НАН Беларуси. – 2014. – №4. – С. 42–46.
2. Потекаев А.И. Исследование структуры толстоплёночных покрытий на основе полиуретана [Текст]/ А.И. Потекаев, Т.Д. Малиновская, С.В. Мелентьев // Письма о материалах. – 2013. – Т. 3. – С.206–208.
3. Daniel R. Bortz Mechanical characterization of hierarchical carbon fiber/nanofiber composite laminates [Текст] / Daniel R. Bortz, César Merino, Ignacio Martín-Gullón. // Composites: Part A. – 2011. – Т. 42. – P. 1584–1591.