

Структурирование Полимеров Фуллеренами

Э. М. Шпилевский^{1*}, С. А. Филатов¹, Г. Шилагарди², П. Тувшинтур², Ц. Хандмаа², А. Т. Богорош³

¹Институт тепло- и массообмена НАН Беларуси, Минск, ул. Бровки, 15

²Национальный университет Монголии, Улан-Батор, Монголия

³Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт»

Фуллерены являются уникальными углеродными наночастицами, открытие которых дало материаловедам принципиально новые инструменты для конструирования материалов с управляемыми свойствами. За короткое время появились тысячи публикаций как по методам синтеза фуллеренов, так и их использованию в разработке новых материалов [1,2]. Фуллерены, обладающие большей энергией сродства к электрону, чем акцепторные фрагменты многих полимерных молекул, могут образовывать комплексы с переносом заряда [3].

В качестве полимерных матриц служили полистирол (ПС) и полиэтилен высокого давления (ПЭВД). Молекулы фуллерена C_{60} вводились в полимерную матрицу двумя способами: а) смешиванием растворов полиэтилена и фуллеренов в толуоле, б) пропиткой пленок ПЭВД в растворе C_{60} в толуоле (1,4 мг/мл). В последнем случае долевое содержание фуллерена в пленке варьировалось путем изменения времени пропитки (0,5 и 3 ч).

Исследовались механические (разрывная машина) и трибологические свойства (трибометр ТЭУ-1), структура (РЭМ). Оптическая диагностика исследуемых образцов проводилась с помощью Фурье-спектрометра IFS66 Bruker в диапазоне $500-1500\text{ см}^{-1}$, соответствующем активным колебаниям ПС, ПЭВД и C_{60} .

Допирование полимерного материала фуллеренами приводит к значительному повышению прочности материала, снижению коэффициента трения, изменению упругих характеристик и других свойств материала. Свойства полимеров в большой степени зависят от долевого содержания фуллеренов. Показано, что наибольший эффект применения фуллеренов обнаруживается при их концентрации 0,1...0,2 масс.%. В этом случае обеспечивается наибольшее снижение коэффициента трения (в 3,2 раза), однако добавление фуллеренов в полимерную матрицу

приводит к охрупчиванию материала, предел растяжения снижается на 10-30 %, модуль Юнга при этом возрастает.

В области невысоких концентраций взаимодействие поверхности углеродных наночастиц с полимерными молекулами происходит повышение эффективной плотности сетки полимера. Связи макромолекул с поверхностью частиц можно рассматривать как дополнительные узлы пространственной структуры сетки. Это дополнительное структурирование определяет механические свойства наполненной системы. Наполнитель влияет на условия надмолекулярного структурообразования матрицы, изменяя состояние полимера на поверхности наполнителя. Кроме того, фуллереновые кластеры проявляют способность сами структурироваться в полимерной матрице.

Полимеры, содержащие фуллерены, по структурной организации можно разделить условно на четыре типа: *звёздообразные* – в них молекула фуллерена выполняет роль ядра для присоединенных линейных цепочек матрицы; *«жемчужное ожерелье»* — содержат молекулы фуллерена в основной цепи; *«браслет с подвесками»* — содержащие молекулы фуллерена в боковых заместителях и являются, разновидностью гребнеобразной структуры; *«нерегулярная сетка»* — молекулы фуллерена включены в замкнутые цепочки.

Изменением состава композиционного материала на основе полимера и фуллеренов можно управлять его свойствами. При этом все получаемые материалы имеют низкую плотность и повышенную температурную устойчивость.

Работа выполнена в рамках международного сотрудничества между Институтом тепло- и массообмена имени А.В.Лыкова НАН Беларуси и Национальным университетом Монголии при финансовой поддержке Белорусского и Монгольского фондов фундаментальных исследований (код проекта T15MH-001).

*Electronic address: eshpilevsky@rambler.ru

- [1] М. Э.Шпилевский, В. Ф. Стельмах
Фуллерены и фуллерено-подобные
структуры—основа перспективных
материалов // ИФЖ. 106 (2001).
- [2] Л. Н. Сидоров, М. А. Юровская
Фуллерены. М.: МГУ, 688 (2004).
- [3] Э. М. Шпилевский, Г. Шилагарди, Г. С.
Ахремкова Механические и
трибологические свойства полиэтилена
высокого давления, модифицированного
фуллеренами // Фуллерены и
фуллереноподобные структуры. Минск:
Институт тепло- и массообмена им. А. В.
Лыкова НАН Беларуси, 218 (2005).
- [4] П. А. Витязь, Э. М. Шпилевский
Углеродные наночастицы как активные
модификаторы материалов // Материалы,
технологии и оборудование в
производстве, эксплуатации, ремонте и
модернизации машин. В 3-хт. Т.1.—
Новополоцк: УО «ПГУ», 54 (2007).