Физико- математические науки

ПОЛИМЕРНЫЕ КОМПОЗИТЫ, ФОРМИРУЕМЫЕ ВО ВРАЩАЮЩЕМСЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОМ ПОЛЕ: ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ

Буря А.И., Алоев В.З., Козлов Г.В.
Государственный аграрный университет Украины, Днепропетровск
Кабардино-Балкарская государственная сельскохозяйственная академия. Российская Федерация, Нальчик

Исследуемые полимерные композиты были получены следующим способом. В качестве полимерного связующего использован ароматический полиамид –фенилон, а в качестве наполнителя- углеродное волокно(УВ) диаметром 30÷60мкм и длиной 3мм. Содержание УВ составляло 15мас.%. Композит готовили „сухим" способом, включающим смешение компонентов во вращающемся электромагнитном поле. Для этого в реактор загружали порошкообразный полимер, УВ и неравноосные ферромагнитные частицы. Далее реактор помещали в расточку генератора электромагнитного аппарата. Под воздействием вращающегося электромагнитного поля ферромагнитные частицы начинают вращаться, сталкиваясь между собой, в результате чего УВ равномерно (хаотически) распределяются в полимерной матрице. В результате соударений частиц они истираются и продукты износа попадают в композицию. Использовано два метода удаления ферромагнитных частиц после смешения: магнитной и механической сепарацией.

Особенностью структуры полученных таким способом композитов является её типично синергетическое поведение как функции продолжительности смешения во вращающемся электромагнитном поле t. Так, при малых t (<120с) зависимость фрактальной размерности структуры d_f от t носит периодический характер (d_f=2,29 при t=10с и d_f=2,57 при t=60с), а при t>120с достигается хаотическое поведение (d_f=2,42=const), которое соответствует хаотическому распределению волокон в полимерной матрице. Структура рассматриваемых композитов содержит два типа плотноупакованных компонент: области локального порядка (кластеры) объёмной полимерной матрицы и межфазные области, общая относительная доля которых велика и примерно равна предельно возможной (~0,74). Такое содержание плотноупакованных областей предполагает высокую устойчивость композитов к физическому старению.

Основной особенностью механических свойств при сжатии оказалась следующая: при относительно невысоких значениях модуля упругости E (E≈2,12÷3,34 ГПа) рассматриваемые композиты имеют высокий предел текучести σ_T (σ_T≈ 230МПа), который к тому же примерно постоянен. Отсутствие обычно постулируемой пропорциональности $\sigma_T(E)$ позволяет получать композиты с высоким σ_T и варьируемым E выбором требуемой величины t. Отметим, что с практической точки зрения величина σ_T для конструкционных материалов является верхней границей области работоспособности.

Для объяснения такого поведения σ_T были использованы две количественные модели: термодинамическая (концепция ангармонизма)[1] и структурная (кластерная модель структуры аморфного состояния полимеров)[2]. В рамках первой из них величину σ_T можно записать так:

$$\sigma_T=E/\sigma\,\gamma, \quad (1)$$

где γ-параметр Грюнайзена, определяемый по величине коэффициента Пуассона ν:

$$\gamma=0{,}74(1+\nu)/(1-2\nu). \quad (2)$$

Сравнение экспериментальных и рассчитанных указанным образом величин σ_T показало их хорошее соответствие (среднее расхождение для двух серий композитов, полученных с использованием магнитной и механической сепарации, равно~14%).

Структурная модель определяет σ_T так:

$$\sigma_T=Eb(\rho_\partial)^{1/2}/2\pi, \quad (3)$$

где *b*- вектор Бюргерса, ρ_∂- плотность линейных дефектов, которыми для аморфного состояния полимеров являются сегменты, входящие в плотноупакованные области.

Величина b *определена из уравнения:*

$$b=(60{,}7/C_\infty)^{1/2}, \text{Å}, \quad (4)$$

где C_∞- характеристическое отношение, которое является показателем статистической гибкости полимерной цепи.

Плотность дефектов ρ_d оценена из уравнения:

$$P_\partial=(\varphi_{кл}+\varphi_{мф})/S, \quad (5)$$

где $\varphi_{кл}$ и $\varphi_{мф}$ –относительные доли кластеров и межфазных областей, S-площадь поперечного сечения макромолекулы.

Сравнение экспериментальных и рассчитанных по уравнению(3) величин σ_T показало, что их среднее расхождение менее 5%.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1). Козлов Г.В., Сандитов Д.С. Ангармонические эффекты и физико-механические свойства полимеров. Новосибирск, Наука, 1994, 261с.

2). Kozlov G.V., Zaikov G.E. Strukture of the Polymer Amorphous State. Leiden, Brill Academic Publshers, 2004, 354p.

Работа представлена на заочную электронную научную конференцию «Приоритетные направления развития науки, технологии и техники», 15-20 марта 2004 г.