

УДК 541.64: 539.2

DOI: 10.17223/00213411/62/10/46

*Л.Б. АТЛУХАНОВА¹, Г.В. КОЗЛОВ², И.В. ДОЛБИН²***МЕХАНИЗМ УСИЛЕНИЯ ИСТИННЫХ НАНОКОМПОЗИТОВ
ПОЛИДИМЕТИЛСИЛОКСАН/УГЛЕРОДНЫЕ НАНОТРУБКИ**

Показано, что модуль упругости углеродных нанотрубок в полимерной матрице нанокompозита ниже не только своего номинального значения, но и модуля упругости межфазных областей. Поэтому для нанокompозитов полидиметилсилоксан/углеродные нанотрубки степень усиления практически полностью контролируется содержанием межфазных областей, а эффективность нанонаполнителя определяется его способностью генерировать такие области.

Ключевые слова: нанокompозит, углеродные нанотрубки, агрегация, межфазные области, правило смесей.

Введение

Степень усиления (повышения модуля упругости полимерного композита относительно аналогичного параметра для матричного полимера) является одной из наиболее важных характеристик этих материалов, теоретическому описанию которой всегда уделялось много внимания. Первым из использованных теоретических подходов были микромеханические модели, которые оперировали исходными характеристиками компонент композита – их содержанием и модулем упругости, а затем и степенью анизотропии наполнителя [1]. Однако позже выяснилось, что микромеханические модели имеют ряд принципиальных недостатков. Так, при их использовании было обнаружено, что они дают заниженные значения модуля упругости композитов, что привело к появлению в них эмпирических поправочных коэффициентов, учитывающих «эффективную» объемную долю наполнителя [1]. Далее было выяснено, что по своему физическому смыслу эта «эффективная» объемная доля представляет собой совокупность долей межфазных областей и собственно наполнителя (нанонаполнителя) [2]. Указанный постулат подкрепляется результатами работы [3], где была предложена методика расчета реальных значений модуля упругости нанонаполнителя и межфазных областей, которая продемонстрировала большое различие указанных значений и номинальных (исходных) величин этих параметров. Так, для нанокompозитов поливиниловый спирт/углеродные нанотрубки оценки показали, что реальный модуль упругости углеродных нанотрубок (или их агрегатов) в полимерной матрице нанокompозита составляет (71 ± 5.5) ГПа, а межфазных областей – (46 ± 5.5) ГПа при номинальных (исходных) значениях этих параметров 1000 и 2 ГПа соответственно. Эти результаты приводят к двум важным и очевидным выводам. Во-первых, композиты вообще и нанокompозиты в особенности усиливаются не отдельными частицами наполнителя (нанонаполнителя), а их агрегатами [4] и, во-вторых, межфазные области являются таким же армирующим (усиливающим) элементом структуры, как и собственно наполнитель (нанонаполнитель) [2]. Все сказанное выше означает, что микромеханические модели неприменимы для описания степени усиления нанокompозитов, во всяком случае, без их существенной модификации [5].

Авторы [6] предложили деление полимерных композитов на три класса: истинные нанокompозиты, которые усиливаются преимущественно межфазными областями, промежуточные нанокompозиты, в которых усиливающим (армирующим) элементом служит совокупность межфазных областей и нанонаполнителя, и микрокомпозиты, которые усиливаются преимущественно наполнителем. С практической точки зрения важно, что при одном и том же содержании наполнителя степень усиления резко снижается в рамках описанной выше классификации от истинных нанокompозитов к микрокомпозитам. Исходя из сказанного выше, целью настоящей работы является описание в рамках модели [6] степени усиления нанокompозитов полидиметилсилоксан/углеродные нанотрубки (ПДМС/УНТ), в которых введение всего 4–5 мас. % однослойных углеродных нанотрубок приводит к повышению модуля упругости матричного полимера практически на порядок [7].

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала
«Известия высших учебных заведений. Физика»
осуществляется на платформе
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU
на платной основе:

<https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>