

Теоретическое описание упругости композитов на основе полиамида-6 в рамках модели «термита»

Дж.С. Точиев¹, И.В. Долбин², Х.Х. Сапаев³

¹ Ингушский государственный университет, Республика Ингушетия, г. Магас, Россия

² Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова, КБР, г. Нальчик, Россия

³ Чеченский государственный университет им. А.А. Кадырова, Чеченская Республика, г. Грозный, Россия

Для описания модуля упругости композитов на основе полиамида-6 в рамках теории перколяции использована модель случайной сверхпроводящей сетки или предел «термита». Выполненные оценки показали, что модуль упругости этих материалов определяется содержанием жесткой фазы (наполнителя) и структурой агрегатов наполнителя, характеризуемой их фрактальной размерностью. Обнаружено сильное влияние величины порога перколяции наполнителя на упругие свойства полимерных композитов.

Ключевые слова: композит, полиамид-6, наполнитель, теория перколяции, модуль упругости, случайная смесь, модель «термита».

Введение

Стенли [1] рассмотрел функциональные законы диффузии и переноса для сред, которые представляют собой случайные смеси компонентов А и В, имеющих хорошо и плохо проводящие участки. В свою очередь, полимерные композиты следует рассматривать как такую же смесь полимера и наполнителя, для которых существуют низкомолекулярная (полимерная матрица) и высокомолекулярная (наполнитель) компоненты [2, 3]. Существуют два предельных случая для описания таких систем [1, 2]:

- 1) случайная сетка резисторов (ССР) или предел «муравья», который предполагает, что большая проводимость (модуль упругости) равна единице, а меньшая – нулю;
- 2) случайная сверхпроводящая сетка (ССС) или предел «термита», который предполагает, что большая проводимость (модуль упругости) бесконечна, а меньшая – также равна нулю.

В реальном случае для рассматриваемых композитов на основе полиамида-6 предполагается модель «термита» (предел СССР) из-за большого различия модулей упругости их компонент. Так, для используемых наполнителей модуль упругости E_n составляет ~ 200 ГПа [4], а для матричного полиамида-6 модуль упругости $E_m = 1.77$ ГПа, т.е. наблюдается различие на два порядка. Поэтому целью настоящей работы является описание зависимости модуля упругости композитов на основе полиамида-6 от концентрации наполнителя (твердотельной или жесткой компоненты) в рамках теории перколяции с применением рассмотренного выше предела «термита» (ССС) [1].

Эксперимент

В качестве матричного полимера использован полиамид-6 (ПА-6) со среднечисловой молекулярной массой 3.2 кмоль/кг, полидисперсностью ~ 4.2 и степенью кристалличности 0.67 промышленного производства. Наполнителями служили минеральные вещества диатомид и перлит. Эти мелко измельченные наполнители насыпали в фарфоровую чашку, помещали в муфельную печь и нагревали при температуре 1173 К в течение 3 ч. Затем после охлаждения до комнатной температуры наполнители измельчали в планетарной шаровой мельнице Retsch PM 100 при скорости 400 об/мин в течение 5 мин. ПА-6 предварительно сушили в вакуумном шкафу при температуре 373 К в течение суток.

Композиты ПА-6/перлит (ПА-6/П) и ПА-6/диатомид (ПА-6/Д) получены смешиванием компонент в расплаве на двухшнековом микроэкструдере SYZS-10P (производство КНР) с четырьмя ступенями нагрева (температура нагрева 488, 498, 508 и 518 К соответственно) при скорости вращения шнеков 35 об/мин. После гранулирования полученного экструдата из него получали образцы для испытаний на инъекционной литьевой машине фирмы «Ray-Ran Test Equipment LTD» (Великобритания) при температуре рабочего цилиндра 543 К и пресс-формы 373 К.

Механические испытания на одноосное растяжение выполнены на образцах в форме двухсторонней лопатки (ГОСТ 14236-81). Для этой цели использована испытательная машина А1-7000М