

Определение модуля Юнга литых композиционных материалов

Кривошеев Ю.К., Воронин Е.А.

Белорусский национальный технический университет

Физический смысл модуля упругости E определяется как напряжение, необходимое для увеличения длины образца в 2 раза. Однако такое толкование (во всяком случае для керамики, металлов и многих других материалов) довольно искусственно, поскольку величина упругого удлинения у большинства твердых тел редко достигает даже 1% и никогда не достигает 100%. Величину E можно рассматривать как характеристику упругого сопротивления или упругой упрочняемости металла, т.е. как характеристику интенсивности нарастания напряжения с увеличением удлинения.

Принято считать, что большинство свойств композитов формируется вследствие смещения компонентов и образующаяся система подчиняется правилу аддитивности. Процессы переноса тепла, фильтрации, электричества математически описываются уравнениями одного и того же типа. Это позволяет проводить расчет макроскопических коэффициентов теплопроводности диффузии и других по тождественным формулам. Для явлений переноса существенным является не только концентрация компонентов смеси, но и их пространственное расположение в объеме материала и в сечении, через которое этот перенос осуществляется.

В экспериментах по определению эффективного модуля E при одноосном нагружении установлено, что при величине параметра C , характеризующим объемную долю сферических включений, равном 0,7, аддитивная модель дает значение эффективного модуля в 3,5 раза больше, чем в эксперименте.

Этот факт говорит о том, что аддитивная модель нуждается в замене более совершенной моделью. Более точной является полидисперсная модель композиционного материала, где включения рассматриваются в виде сфер. Согласно этой модели, с каждой отдельной сферой радиуса a связана оболочка из материала матрицы радиуса b . Абсолютные значения радиусов a и b различны, но отношение радиусов должно оставаться постоянным. Тогда модуль упругости выражается следующим образом

$$E = CE_F + (1 - C)E_M + \frac{4C(1 - C)(\nu_F - \nu_M)^2 \mu_M}{(1 - C)\mu_M + \frac{C\mu_M}{k_M + \frac{\mu_M}{3}} + 1},$$

где ν – коэффициент Пуассона, μ – модуль сдвига, k – объемный модуль, C – объемная доля включений. Индексы F и M относятся к включениям и матрице соответственно.