

Определение и зависимость модуля упругости и тангенса потерь от амплитуды циклической деформации в рамках нелинейной модели тиксотропных вязкоупругопластичных сред

Научный руководитель – Хохлов Андрей Владимирович

Гулин Вячеслав Владимирович

Аспирант

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова,
Механико-математический факультет, Кафедра механики композитов, Москва, Россия
E-mail: kornet104@gmail.com

В настоящей работе продолжено исследование нелинейной модели тиксотропных вязкоупругопластичных сред, предложенной ранее для описания сдвигового течения с учётом эволюции структуры:

$$\dot{\gamma} = \frac{\dot{\tau}}{G(w)} + \frac{\tau}{\eta(w)}, \quad \dot{w} = k_1(1 - w) - k_2g(\tau)w, \quad (1)$$

где γ – сдвиговая деформация, τ – напряжение сдвига, $G(w)$ и $\eta(w)$ – модуль сдвига и вязкость, зависящие от параметра структурированности w , а $g(\tau)$ – неубывающая функция, описывающая разрушение структуры при увеличении напряжения.

Если ранее исследовались режимы постоянной скорости деформации [1] и кривые релаксации [2], то в данном докладе рассматриваются циклические (гармонические) нагружения, широко применяемые в динамическом механическом анализе (ДМА).

Цель работы – показать, что модель способна генерировать зависимости модуля упругости G' и модуля потерь G'' , характерные для тиксотропных материалов. Рассматривается влияние амплитуды и частоты гармонического воздействия в установившемся режиме деформации. Показано, что даже при нелинейном отклике возможно выделить эффективные значения G' и G'' , согласующиеся с экспериментальными результатами ДМА.

Анализируется выраженность нелинейных эффектов, возникающих при увеличении амплитуды деформации, и влияние циклического нагружения на эволюцию структуры. Несмотря на возможные различия в алгоритмах определения G' и G'' , сравнение модельных зависимостей с экспериментальными данными по растворам ксантановой камеди и полимерным расплавам [3] показывает качественное соответствие.

Таким образом, проведённый анализ расширяет область применимости модели за счёт динамических свойств. Результаты могут быть полезны для идентификации параметров материалов и прогнозирования их механического поведения.

Источники и литература

- 1) Khokhlov A. V., Gulin V. V. Families of stress-strain, relaxation, and creep curves generated by a nonlinear model for thixotropic viscoelastic-plastic media accounting for structure evolution. part 2. relaxation and stress-strain curves // Mechanics of Composite Materials. — 2024. — Vol. 60, no. 2. — pp. 259–278
- 2) Khokhlov A. V., Gulin V. V. Families of stress-strain, relaxation, and creep curves generated by a nonlinear model for thixotropic viscoelastic-plastic media accounting for structure evolution. part 3. creep curves // Mechanics of Composite Materials. — 2024. — Vol. 60, no. 3. — pp. 473–486
- 3) Hyun K., et al. A review of nonlinear oscillatory shear tests: Analysis and application of large amplitude oscillatory shear (LAOS) // Progress in polymer science. — 2011. — Vol. 36, no. 12. — pp. 1697–1753.