

Ю. С. ЗУЕВ

К ВОПРОСУ О ВЫСОКОЭЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ

(Представлено академиком П. А. Ребиндером 27 V 1950)

Работами П. А. Ребиндера и его школы (1-2) показано, что структурно-механические свойства большого числа систем (смазки, суспензии бентонитовых глин, растворы каучуков и др.) можно полуколичественно, а в некоторых случаях — количественно, описать с помощью простой механической модели (рис. 1), характеризуемой четырьмя или пятью константами (E_1 — условно-мгновенный модуль, E_2 — модуль эластичности, η_2 — вязкость упругого последдействия, η_1 — вязкость течения, σ_k — предел текучести). Такую же модель можно применить (при $\sigma < \sigma_k$) для количественной характеристики высокоэластических деформаций полимеров. Это подтверждается проверкой на резинах формулы П. А. Ребиндера (1) для равновесного напряжения при высокоэластической релаксации в модели

$$\sigma_{\infty} = \sigma_0 \frac{E_1}{E_1 + \eta_2 E_2} \quad (1)$$

Как показал Г. М. Бартенев (3), практически равновесные значения напряжения при постоянной деформации мягкой резины (в области, где отсутствует кристаллизация) достигаются через 2 часа. Нами были сняты кривые релаксации напряжения (на приборе Поляни) для стандартных резин на основе натурального каучука, натрийбутадиенового каучука и полихлоропрена (табл. 1). После растяжения образцам давался отдых на 2—3 суток при обычной температуре. За это время восстанавливалась первоначальная длина образцов и они использовались для очередного растяжения.

Из формулы (1) следует, что в случае высокоэластической релаксации равновесное напряжение всегда составляет определенную часть первоначального, т. е. $\sigma_0/\sigma_{\infty} = \text{const}$ (σ_0 — начальное, σ_{∞} — равновесное напряжение, рассчитанное на истинное сечение). Как видно из табл. 1, указанная зависимость подтверждается для исследованных резин. Отклонения отдельных значений при разных растяжениях ($\Delta l/l_0$) лежат в пределах ошибок опыта.

При рассмотрении кинетики упругого последдействия высокополимеров ($\sigma_0 = \text{const}$) следует учесть, что молекулярные цепи при этом вытягиваются, уменьшается их конфигурационный набор; η_2 , а следовательно, и $\theta = \eta_2/E_2$ должны увеличиваться (например, увеличение η_1 при течении полиизобутилена наблюдал В. А. Каргин (6,7)).

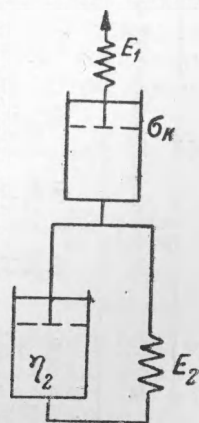


Рис. 1. Модель упруго-вязкого тела

или

$$\lg \theta = b + (1 - m) \lg t + m \lg t_0, \quad (8)$$

где $b = \lg (E_0/E_\infty)$ и $E_0 = \sigma_0/\epsilon_0$.

Из анализа формулы (6а) видно, что θ проходит через минимум при значениях t , t_0 и m , удовлетворяющих условию

$$\left(\frac{t}{t_0}\right)^m (1 - m) = 1. \quad (6б)$$

При дальнейшем увеличении t , θ растет. Первоначальное уменьшение θ , вероятно, кажущееся и объясняется несовершенством эмпирической формулы (2), что подтверждается зависимостью точки минимума от выбора t_0 .

Это видно, если прологарифмировать соотношение (6б):

$$\lg \frac{t}{t_0} = -\frac{\lg(1 - m)}{m} \cong \lg e, \quad t = et_0.$$

Для релаксации напряжения в высокоэластической области ($\epsilon = \text{const}$) Б. А. Догадкин, Г. М. Бартенев и М. М. Резниковский⁽³⁾, используя аналогичную модель, показали, что период релаксации τ увеличивается в процессе релаксации напряжения. Авторы считают, что увеличение τ является следствием выравнивания напряжения в результате механического взаимодействия структурных элементов; процесс этот замедляет собственно релаксацию, заключающуюся в перегруппировке отдельных участков цепей. Следовательно, возможно, что механизм увеличения τ и θ в процессе деформации различен.

Автор выражает благодарность акад. П. А. Ребиндеру и А. С. Кузминскому за внимание к данной работе.

Научно-исследовательский институт
резиновой промышленности

Поступило
24 III 1950

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Е. Е. Сегалова и П. А. Ребиндер, Коллоидн. журн., **10**, 3 (1948); П. А. Ребиндер и Е. Е. Сегалова, ДАН, **71**, № 1 (1950). ² А. С. Колбановская и П. А. Ребиндер, Коллоидн. журн., **12**, 3 (1950). ³ Б. А. Догадкин, Г. М. Бартенев и М. М. Резниковский, там же, **11**, 5 (1949). ⁴ С. И. Соколов (ред.), Строение и физико-механические свойства каучука и др., Сборн. работ физ.-хим. отдела ЦНИКП, 1937. ⁵ Б. В. Дерягин и Н. А. Кротова, Адгезия, Изд. АН СССР, 1949. ⁶ В. А. Каргин и Т. Соголова, ЖФХ, **23**, 551 (1949). ⁷ В. А. Каргин, Н. В. Михайлов и В. И. Елинек, Исследования в области высокомолекулярных соединений, Изд. АН СССР, 1949. ⁸ Г. М. Бартенев, Коллоидн. журн., **11**, № 2, 57 (1949).