

# Высокомолекулярные соединения

## Серия Б

ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ, Серия Б, 1998, том 40, № 6, с. 1029–1030

УДК 541.64:539.3

### ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ АМОРФНЫХ ТЕРМОПЛАСТОВ ПРИ МАЛЫХ НАПРЯЖЕНИЯХ<sup>1</sup>

© 1998 г. Г. М. Луковкин

Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова. Химический факультет  
119899 Москва, Воробьевы горы

Поступила в редакцию 23.10.96 г.

Принята в печать 17.12.97 г.

Получена эмпирическая зависимость времени задержки начала пластического течения в режиме заданных постоянных напряжений при растяжении образцов типичных аморфных термопластов – ПММА, ПК и смеси ПВХ с метилбутадиен-стирольным каучуком при объемном содержании последней 15%. Эта зависимость относится к области малых напряжений, когда перестает соблюдатьсь полулогарифмическая зависимость времени задержки начала пластического течения от приложенного напряжения.

Неориентированные аморфные термопласти имеют широкое распространение как конструкционные материалы. Естественно, что при использовании их в этом качестве возникает необходимость оценки срока их службы при заданных условиях эксплуатации. В отличие от других конструкционных материалов для неориентированных полимеров потеря эксплуатационных свойств связана не с их разрушением, а с развитием необратимых пластических деформаций. Поэтому для них аналогом долговечности является характерное время задержки пластической деформации  $t_d$ .

Величина  $t_d$  определяется уровнем действующего механического напряжения  $\sigma$ , и эта зависимость вполне аналогична долговечности при разрушении. В области сравнительно больших напряжений функция  $\lg t_d(\sigma)$  линейна. По мере уменьшения  $\sigma$  наблюдается резкое отклонение в сторону больших значений  $t_d$  по сравнению с предсказываемыми логарифмической зависимостью [1]. Анализ известных экспериментальных данных для пленочных образцов показывает, что значения  $t_d$ , соответствующие началу отклонения от линейной зависимости, составляют не менее 1 с. Безусловно, для конструкционных материалов

практический интерес представляют значительно большие  $t_d$ . Из сказанного выше следует, что область нелинейности зависимости  $\lg t_d(\sigma)$  удобно определить как область малых напряжений.

#### РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В предыдущих работах [2, 3] отмечалось, что зависимость  $\lg t_d$  от  $\sigma$  в области малых напряжений не слабее, чем  $\sigma^{-3}$ . Представляет интерес провести анализ имеющихся экспериментальных данных [1] для оптимизации показателя степени при  $\sigma$ .

Для этого функцию  $\lg t_d(\sigma)$  задавали в форме

$$\lg t_d = A + B\sigma^{-k} - C\sigma, \quad (1)$$

где  $A$ ,  $B$  и  $C$  – эмпирические константы. Оптимизацию по  $k$  производили по всему массиву экспериментальных данных в предположении, что зависимость (1) имеет универсальный характер и  $k$  не зависит от природы материала. При этом параметры  $A$  и  $C$  определяли независимо из линейных участков экспериментальных кривых в полулогарифмических координатах. Затем из условия наилучшего совпадения расчетной и экспериментальных кривых для каждого случая находили  $B$  и предварительное значение  $k$ . И, наконец, при

<sup>1</sup> Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (код проекта 96-03-33816а).

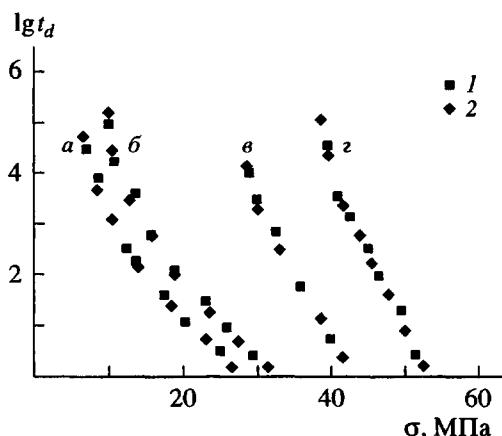


Рис. 1. Сопоставление экспериментальных данных (1) с результатами расчета (2) для ПММА (*a*, *b*) и ПК (*c*, *z*).  $T = 140$  (*a*),  $100$  (*b*),  $120$  (*c*) и  $80^\circ\text{C}$  (*z*).

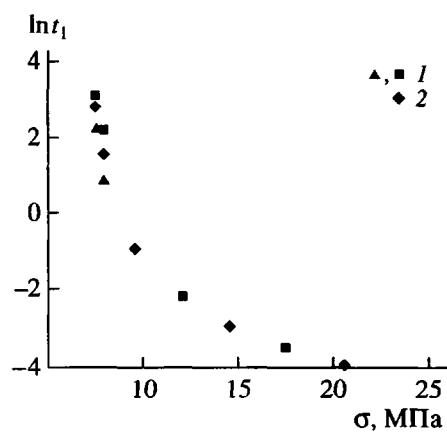


Рис. 2. Сопоставление экспериментальных данных (1) с результатами расчета (2) для смеси ПВХ–метилбутадиен–стирольный каучук (15 об. %).

закрепленных значениях  $A_i$ ,  $B_i$  и  $C_i$  проводили окончательную оптимизацию по  $k$ .

По результатам оптимизации оказывается, что  $k = 6.08 \pm 0.05$ , причем варьирование  $k$  по всему массиву данных не приводит к изменениям этих значений. На рис. 1 представлены экспериментальные данные работы [1] в сопоставлении с расчетными величинами для указанного выше значения  $k$ . Видно, что наблюдается хорошее соответствие эксперимента с расчетом.

В работе [4] изучали характерное время  $t_1$  до появления первых кривизн в образце при деформации пленочных образцов ПВХ–метилбутадиен–стирольный каучук (15 об. %) под постоянной нагрузкой в *n*-гексане в зависимости от  $\sigma$ . Не трудно видеть, что по своему смыслу  $t_1$  близко к  $t_d$ , поскольку соответствует наблюдаемому началу пластической деформации. На рис. 2 представлены результаты сопоставления эксперименталь-

ной зависимости  $\ln(t_1)$  от  $\sigma$  с расчетной с  $k = 6.08$ . Очевидно, что и в этом случае между результатами расчета и экспериментом наблюдается хорошее согласие.

Таким образом, соотношение (1) позволяет продвинуться в область малых напряжений для описания зависимостей  $\lg t_d$  или  $\lg t_1$  от  $\sigma$  на тричетыре десятичных порядка.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Matz D.J., Guldemond W.G., Cooper S.L. // J. Polym. Sci., Polym. Phys. Ed. 1974. V. 10. P. 1917.
2. Луковкин Г.М., Вольинский А.Л., Бакеев Н.Ф., Кабанов В.А. // Докл. АН СССР. 1985. Т. 280. № 1. С. 131.
3. Луковкин Г.М., Вольинский А.Л., Бакеев Н.Ф., Кабанов В.А. // Докл. АН СССР. 1986. Т. 290. № 1. С. 145.
4. Луковкин Г.М. Дис. ... д-ра хим. наук. М.: НИФХИ им. Л.Я. Карпова, 1986.

## Development of Plastic Deformation in Amorphous Thermoplastics at Low Stresses

G. M. Lukovkin

*Department of Chemistry, Moscow State University,  
Vorob'evy Gory, Moscow, 119899 Russia*

**Abstract**—An empirical relation is obtained for the delay time of the onset of plastic flow in the regime of preset constant stresses during the stretching of samples made of typical thermoplastics—PMMA, polycarbonate, and a blend of PVC with methylbutadiene–styrene rubber (15%). The relation refers to the region of low stresses, where the conventional semilogarithmic relation between the delay time of the onset of plastic flow and the applied stress fails to be valid.