

**ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКОГО МОДУЛЯ СДВИГА
ПОЛИМЕРНЫХ ПЛЕНОК**

В. М. АНИКЕЕНКО, Г. М. КРИВОРУЧКО

(Представлена научным семинаром кафедры электроизоляционной
и кабельной техники)

Модули упругости полимеров используются для характеристики эксплуатационных свойств изделий. Поскольку условия эксплуатации изделий отличаются наличием механических воздействий в виде стационарных и динамических нагрузок, действием повышенных температур и влаги, а также продолжительностью их действия, то степень их проявления в виде деформаций, внутренних напряжений будет различной. Часто эти воздействия можно оценить, используя действительные значения модуля упругости [1, 2], которые мы должны иметь для всего температурного интервала.

В случае полимерных пленок, особенно используемых в обмоточных проводах, знание модуля упругости позволит определить внутренние напряжения в изоляции при повышенных температурах.

Для исследования модуля упругости в полимерных материалах могут быть использованы различные методы, позволяющие непосредственно по величине деформации оценить значение модуля или найти через модуль сдвига [3, 4, 5, 6].

Для исследования полимерных пленок был выбран метод свободно-затухающих колебаний [6]. Данный метод позволяет измерить динамические характеристики пленок во всех физических состояниях, т. е. в широком температурном интервале. Для исследования был воспроизведен прибор и выбран торсион диаметром 0,1 мм из стальной проволоки, причем с таким расчетом, чтобы жесткость образцов пленок была выше жесткости торсиона.

Эксперимент проводился при непрерывном нагреве пленок со скоростью 0,5—1 град/мин.

Для исследования использованы полиимидная пленка и пленки полиэфирного (Ф-35), полиуретанового (УЛ-1), полиэфиримидного (ПЭ-955), полиэфирциануретного (ПЭ-958) и поливинилформальэтилового (ВЛ-931) лаков толщиной 30—50 мк. Образцы пленок представляли собой двусторонние лопаточки с длиной используемой части 30 мм и шириной 4 мм.

Эксперимент показал, что для расчета динамического модуля сдвига (G) [6] формула

$$G = \frac{If \omega_k^2}{\omega_2^2} \left[\omega_k^2 \left(1 + \frac{\lambda_k^2}{4\pi^2} \right) - \omega_2^2 \right]$$

может быть упрощена, так как λ_k изменяется в пределах 0,1—0,4,

а значит, величиной $\lambda_k^2/4\pi^2$ можно пренебречь. Для расчета использовали выражение

$$G = \frac{I}{\kappa} (\omega_k^2 - \omega_2^2),$$

где I — момент инерции системы;

κ — коэффициент формы образца [4];

ω_k — частота колебания системы «образец—торсион»;

ω_2 — собственная частота колебания торсиона.

На рис. 1 и 2 представлены результаты изучения пленок в зависимости от температуры в интервале 20—200° С.

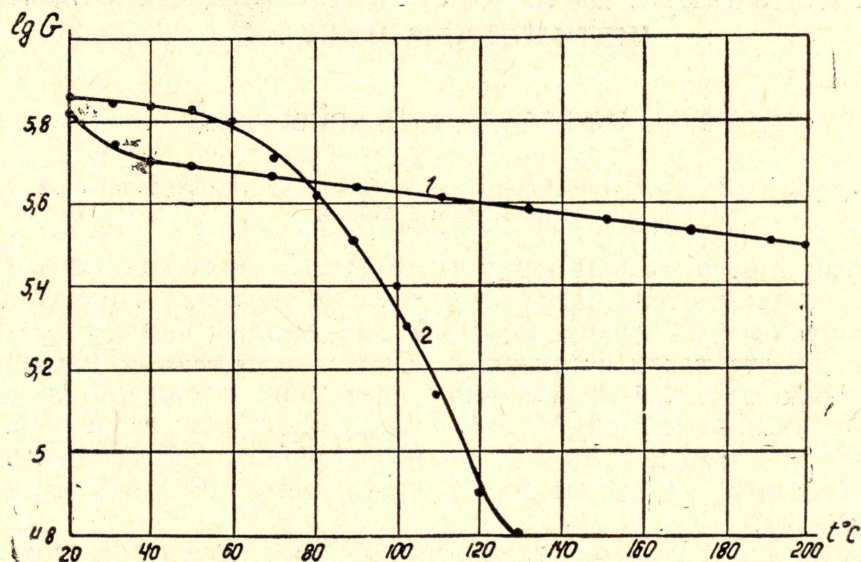


Рис. 1. Зависимость $\lg G$ от температуры для пленок: 1 — полиимидная, 2 — полиэфирная ($F = 35$)

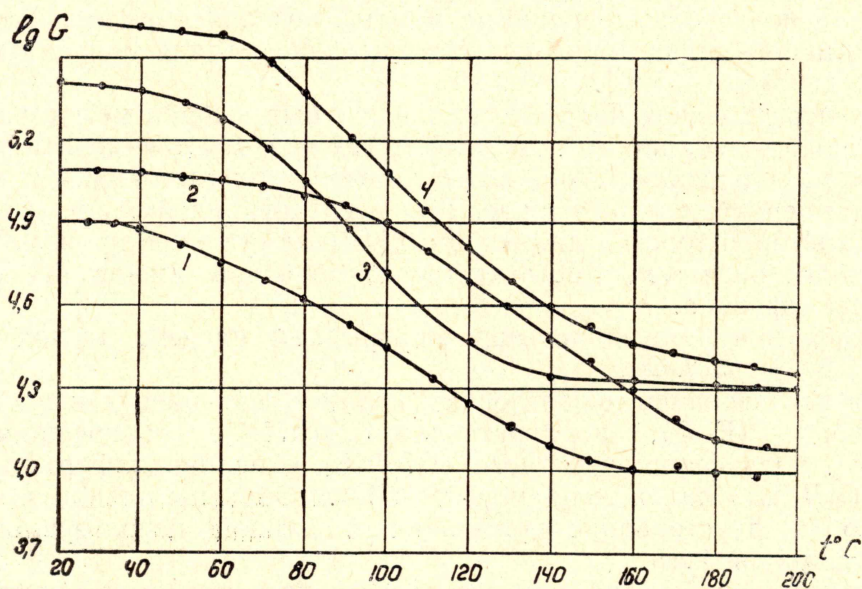


Рис. 2. Зависимость $\lg G$ от температуры для пленок эмальлаков: 1 — ВЛ-931; 2 — ПЭ-955; 3 — УЛ-1; 4 — ПЭ-958

Все пленки, за исключением полиимидной, являются термореактивными полимерами с различной степенью структурирования, величиной

участков — сегментов между узлами сшивки и, следовательно, обладают различной подвижностью звеньев. Полиимидная пленка содержит в составе молекулы большое количество циклов, поэтому обладает жесткой структурой. Подвижность сегментов молекулы полиимида невелика и мало изменяется с температурой. Это и определяет характер изменения G от температуры (рис. 1). В интервале температур 20—200°С величина G практически изменяется в 1,05 раза. У пленок лака ВЛ-931 это изменение составляет 1,2 раза, УЛ-1 — 1,23 раза, ПЭ-955 — 1,24 раза и т. д.

При старении эмалевых пленок в течение 240 часов при 180°С модуль сдвига увеличивается в пределах 1,05—1,2 раза, но характер зависимости $\lg G = f(t^\circ)$ в данном интервале времени старения практически не изменяется. Это указывает на дополнительное структурирование пленки при старении в указанных условиях.

Таким образом, у структурированных пленок модуль сдвига изменяется незначительно, и это можно объяснить тем, что в области температур 20—200°С не происходит существенной перестройки молекул и меньше всего это наблюдается в жесткоцепных многоцикловых полимерах.

ЛИТЕРАТУРА

1. И. П. Земляков. Прочность деталей из пластмасс. Машгиз, 1972.
 2. А. Н. Раевский. Полиамидные подшипники. Машгиз, 1967.
 3. Ю. Г. Яновский, Е. А. Дзюра. «Заводская лаборатория», 1969, № 1.
 4. Ю. Г. Яновский. «Заводская лаборатория», 1966, № 6.
 5. Ю. Г. Яновский, Е. А. Дзюра. «Механика полимеров», 1968, № 6.
 6. Ю. Г. Яновский. «Заводская лаборатория», 1969, № 12.
-