

УДК 678.01 : 53+678.743

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ВЯЗКОСТЬ ФТОРСОДЕРЖАЩЕГО  
КАУЧУКА*Г. М. Бартенев, Л. А. Вишницкая*

В данной работе проведены реологические исследования фторсодержащего каучука — сополимера хлортрифторэтилена и винилиденфторида в широкой области температур, охватывающей температуры, применяемые в настоящее время для переработки этого полимера.

Исследования проводили методом сдвига при режиме постоянного градиента скорости сдвига в зазоре между коаксиальными цилиндрами на приборе ПК-1 в интервале температур 20—200°.

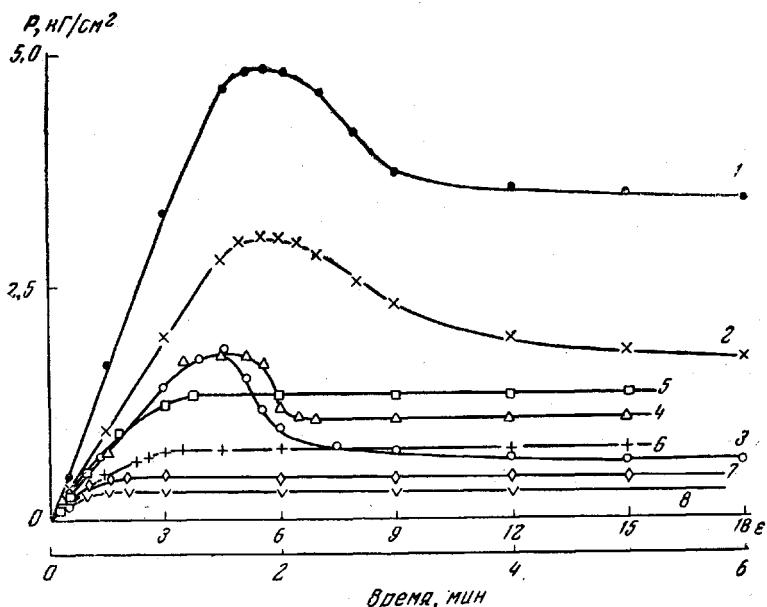


Рис. 1. Изменение напряжения сдвига с течением времени деформации для фторсодержащего полимера при разных температурах:

1 — 30, 2 — 50, 3 — 90, 4 — 110, 5 — 130, 6 — 170, 7 — 210, 8 — 270°;  
 $\dot{\gamma} = 6,67 \cdot 10^{-2}$  сек<sup>-1</sup>

Характер изменения напряжения во времени в процессе деформации при разных температурах представлен на рис. 1.

Видно, что напряжение сдвига ( $P$ ) при деформации фторсодержащего полимера меняется по кривым двух типов: с максимумом и без максимума. Кривые с максимумом наблюдаются при низких температурах. С повышением температуры максимум становится менее выраженным, а

при  $130^\circ$  исчезает. При повышении температуры уменьшается время выхода кривых на стационарный участок течения, где напряжение перестает зависеть от деформации сдвига.

Аналогичная картина наблюдается и для смеси изучаемого полимера с наполнителем — термической сажей.

Полученные зависимости можно объяснить тем, что фторсодержащий каучук обладает довольно прочными межмолекулярными связями, разрушение которых требует значительных усилий — до  $5 \text{ кГ/см}^2$ . Повыше-

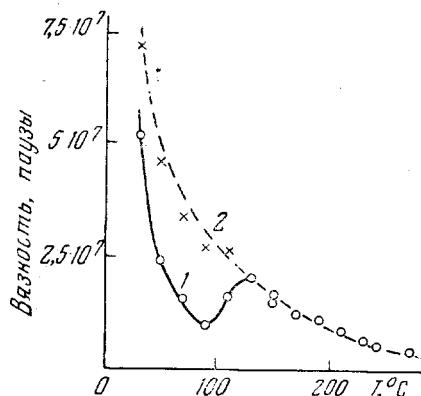


Рис. 2

Рис. 2. Зависимость вязкости от температуры:

1 — вязкости, соответствующие установившемуся процессу течения, 2 — максимальные вязкости (см. рис. 1);  $\dot{\gamma} = 6,67 \cdot 10^{-2} \text{ сек}^{-1}$

Рис. 3. Температурная зависимость вязкости:

1 — вязкость полимера, 2 — вязкость смеси полимера с термической сажей, 3 — максимальные вязкости для смеси полимера с термической сажей;  $\dot{\gamma} = 2,54 \cdot 10^{-2} \text{ сек}^{-1}$

ние температуры ослабляет эти связи и, таким образом, снижает усилие, необходимое для их разрушения, что приводит к снижению величины максимума (предела текучести) и, наконец, к исчезновению его.

Температурная зависимость вязкости \* фторсодержащего полимера, рассчитанной по формуле:  $\eta = P / F\dot{\gamma}$ , где  $\eta$  — вязкость, соответствующая стационарному процессу течения,  $P$  — напряжение сдвига при стационарном течении,  $\dot{\gamma}$  — градиент скорости сдвига при течении, представлена на рис. 2.

Штриховой линией на рис. 2 изображена зависимость максимальной вязкости  $\eta_m$ , рассчитанной по той же формуле, но для напряжения, взятого в максимуме кривых. Эта величина является лишь условной вязкостью, характеризующей до некоторой степени структуру полимера до разрушения.

Зависимость  $\eta - T$  обнаруживает температурную аномалию вязкости — рост вязкости при повышении температуры в области температур  $90-130^\circ$ . Максимальная вязкость подобной аномалии не проявляет.

Введение наполнителя (рис. 3) практически не меняет характера температурной зависимости вязкости в области температурной аномалии и при более низких температурах. Различие между ненаполненной и наполненной смесями наблюдается только в области выше  $130^\circ$ .

Анализ представленных выше данных приводит к выводу о том, что область аномального роста вязкости фторсодержащего полимера является характеристикой особенностей его структуры и не зависит от наличия наполнителя в смеси. Причина появления аномальной температурной за-

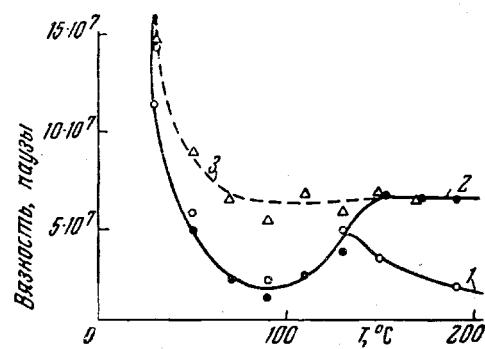


Рис. 3

Рис. 3. Температурная зависимость вязкости:

1 — вязкость полимера, 2 — вязкость смеси полимера с термической сажей, 3 — максимальные вязкости для смеси полимера с термической сажей;  $\dot{\gamma} = 2,54 \cdot 10^{-2} \text{ сек}^{-1}$

ние температуры ослабляет эти связи и, таким образом, снижает усилие, необходимое для их разрушения, что приводит к снижению величины максимума (предела текучести) и, наконец, к исчезновению его.

Температурная зависимость вязкости \* фторсодержащего полимера, рассчитанной по формуле:  $\eta = P / F\dot{\gamma}$ , где  $\eta$  — вязкость, соответствующая стационарному процессу течения,  $P$  — напряжение сдвига при стационарном течении,  $\dot{\gamma}$  — градиент скорости сдвига при течении, представлена на рис. 2.

Штриховой линией на рис. 2 изображена зависимость максимальной вязкости  $\eta_m$ , рассчитанной по той же формуле, но для напряжения, взятого в максимуме кривых. Эта величина является лишь условной вязкостью, характеризующей до некоторой степени структуру полимера до разрушения.

Зависимость  $\eta - T$  обнаруживает температурную аномалию вязкости — рост вязкости при повышении температуры в области температур  $90-130^\circ$ . Максимальная вязкость подобной аномалии не проявляет.

Введение наполнителя (рис. 3) практически не меняет характера температурной зависимости вязкости в области температурной аномалии и при более низких температурах. Различие между ненаполненной и наполненной смесями наблюдается только в области выше  $130^\circ$ .

Анализ представленных выше данных приводит к выводу о том, что область аномального роста вязкости фторсодержащего полимера является характеристикой особенностей его структуры и не зависит от наличия наполнителя в смеси. Причина появления аномальной температурной за-

\* Рассматриваемая в работе вязкость является эффективной вязкостью ввиду неприменимости к исследуемому материалу закона Ньютона.

вистимости вязкости может быть связана с образованием новой структуры в этих каучуках в области 70—100°\*. В области 130—150° эта структура начинает разрушаться в случае чистого полимера. В смеси с наполнителем при температурах выше 130° падения вязкости не наблюдается, об разованная структура практически устойчива до 200°.

Интерес представляет температурная зависимость максимальной вязкости  $\eta_m$  для наполненной смеси, которая изображена пунктирной линией на рис. 3. Эта вязкость остается практически постоянной при всех температурах выше температуры, соответствующей минимуму на кривых  $\eta - T$ . Следовательно, при этой температуре образующаяся структура полимер — наполнитель является устойчивой по отношению к нагреванию, но и устойчивой по отношению к механическому воздействию. При дальнейшем повышении температуры устойчивость этой структуры по отношению к механическому воздействию повышается, а при температурах выше 130—150° структура полимер — наполнитель становится устойчивой и по отношению к температуре, и по отношению к механическому воздействию.

Из проведенной работы следует, что переработка исследованного фторсодержащего полимера и его смеси с наполнителем при малых скоростях сдвига \*\* наиболее рациональна в области 80—100°, где затраты механической энергии в процессе течения материала минимальны.

Таким образом, изучение температурной зависимости вязкости фторсодержащего полимера позволяет рассмотреть изменение механических свойств этого полимера при нагревании, обнаружить особенности изменения этих свойств, оценить влияние на эти свойства состава смеси и определить оптимальную область температур для процессов переработки этого полимера.

### Выводы

1. Проведено исследование фторсодержащего полимера и его смеси с наполнителем при деформации сдвига при режиме постоянного градиента скорости в интервале температур 20—200°.

2. Показана температурная аномалия вязкости полимера и его смеси в области 90—130°.

3. Рекомендовано использовать особенность температурной зависимости вязкости фторсодержащего полимера при его обработке.

Научно-исследовательский институт  
резиновой промышленности

Поступила в редакцию  
8 XII 1964

### EFFECT OF TEMPERATURE ON THE VISCOSITY OF FLUORINE-CONTAINING RUBBER

G. M. Bartenev, L. A. Vishnitskaya

#### Summary

A fluorine-containing polymer alone and with filler has been investigated under shear at constant velocity gradient over the temperature range 20—200°. It has been shown that the polymer and the mixture possess anomalous viscosities at temperatures from 90 to 130°.

\* Колебания температур минимума на кривых  $\eta - T$  — для разных партий (по выпуску) исследуемого полимера.

\*\* При больших скоростях (на производственном оборудовании) смеси каучука СКФ-32 крошаются в этой области температур.