

УДК 678.01:53:678.742

**ВЫСОКОЭЛАСТИЧЕСКИЕ ДЕФОРМАЦИИ,
РАЗВИВАЮЩИЕСЯ ПРИ ТЕЧЕНИИ БУТИЛКАУЧУКА**

*Г. В. Виноградов, А. Я. Малкин, М. П. Забугина,
В. Ф. Шумский*

Возможность развития больших упругих (высокоэластических) деформаций является неотъемлемой особенностью поведения полимерных систем в любом физическом состоянии. Закономерности проявления высокоэластических свойств чрезвычайно широко изучались в основном применительно к полимерам, находящимся в высокоэластическом состоянии. Однако способность к большим упругим деформациям может сохраняться как для полимеров в застеклованном или кристаллическом состояниях, так и для текучих полимерных систем. Хотя положение о том, что при течении растворов и расплавов полимеров высокоэластические деформации накладываются на пластические (необратимые) деформации является широко признанным и на него часто ссылаются для объяснения тех или иных явлений, наблюдаемых при течении полимеров, тем не менее конкретные данные, касающиеся закономерностей развития высокоэластических деформаций в таких полимерных системах, как расплавы и концентрированные растворы полимеров или неспитые каучуки, практически неизвестны. К числу немногочисленных исключений принадлежат ранние работы Лидермана с соавторами [1, 2], а также не очень серьезная (из-за неопределенности условий деформирования) работа [3].

Отсутствие прямых экспериментальных наблюдений породило множество теоретических, полутеоретических и просто эмпирических оценок высокоэластичности текучих полимерных систем, причем вопрос о справедливости, ценности и целесообразности таких оценок остается до настоящего времени открытым. Частично вопрос о применимости некоторых известных из литературы формул к расчету высокоэластических деформаций будет рассмотрен ниже в разделе, посвященном обсуждению экспериментальных результатов данной работы.

В настоящей работе была поставлена задача прямого измерения высокоэластических деформаций, развивающихся при течении неспитого «сырого» бутилкаучука (БК). В работе [4] приводятся результаты детального изучения касательных и нормальных напряжений, развивающихся при течении этого полимера. Сопоставление данных о напряжениях и высокоэластических деформациях позволяет составить полное представление о реологических свойствах БК, который во многих отношениях является типичным представителем эластомеров.

Экспериментальная часть

Объект, на котором проводили измерения, подробно описан в работе [4].

Измерения высокоэластических деформаций проводили при сдвиговых деформациях образца на приборе типа конус — плоскость, отличающемся от обычных вискозиметров такого типа: 1) возможностью отсоединения вращающейся детали рабочей

пары конус — плоскость от привода с ее быстрым и надежным торможением; 2) возможностью обеспечения либо свободного вращения, либо строго неподвижного положения второй детали пары конус — плоскость; 3) специальной схемой управления работой прибора.

Прибор, схема которого показана на рис. 1, состоит из следующих основных деталей и узлов: электродвигателя ДСД-2 со встроенным в него редуктором 1; электродвигателя СД-09 2; семиступенчатой коробки скоростей с кнопочным управлением 3; зубчатой муфты 4, электромагнитной стопорной муфты 5, вращающейся от привода

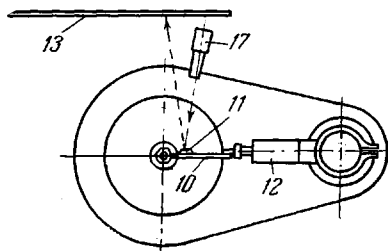
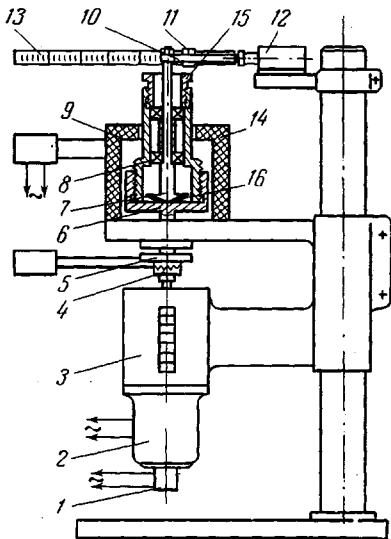


Рис. 1. Блок-схема экспериментальной установки для измерения высокоэластических деформаций при течении. (Обозначения позиций см. в тексте)

да детали — плоскости 6, второй детали рабочей пары — сменного конуса, жестко сидящего на валу 7, регулируемого в осевом направлении подшипникового узла 8; корпуса 9; флажка-стопора 10, на котором устанавливается зеркальце 11; электромагнита 12; шкалы 13, по которой отмечается поворот зеркальца, термостатирующей рубашки-нагревателя 14 и электрического блока управления работой прибора (на рис. 1 не показан). Опыт начинается с того, что корпус 9 поворачивается до упора (образец в прибор не вложен) и с помощью нарезки на гайке 15, поджигающей подшипниковый узел, устанавливается положение, соответствующее касанию конуса и плоскости, но с выбранными осевыми люфтами. Затем рабочий узел разбирается, и между конусом и плоскостью помещается образец материала, предназначенного для исследований. После этого корпус поворачивается до упора и тем самым вновь восстанавливается положение касания вершины конуса и плоскости. С помощью термостатирующей рубашки-нагревателя (возможна замена жидкостной рубашки, сообщающейся с термостатом, электрической печью) устанавливается заданная температура и эта температура выдерживается для достижения термического равновесия (обычно до 1—1,5 часа).

Запуск прибора осуществляется включением электродвигателя и редуктора, так как рабочим положением зубчатой муфты является включенное положение. Электродвигатели установлены на одном валу, поэтому перед включением двигателя СД-09 во избежание поломки необходимо снять двигатель ДСД-2. Одновременное включение обоих двигателей исключено блокировкой в электрической схеме. После того как началось вращение плоскости, крутящий момент через испытываемый образец передается на конус, который также начинает вращаться, поскольку до начала опыта положение конуса не было фиксировано. При этом никаких деформаций в исследуемом материале не возникает. Это положение продолжается до тех пор, пока флажок 10 не упрется в выступающий из электромагнита 12 сердечник. Момент касания флажка и сердечника

означает непосредственное начало деформирования; так как конус при этом останавливается, а плоскость продолжает вращаться, то в исследуемом образце начинают развиваться сдвиговые деформации. Кроме того, в момент касания включается реле времени, которое до опыта должно устанавливаться на заданную длительность деформирования. Через заданное время реле включает ток в катушку электромагнита и в катушку электромагнитной муфты. Вследствие этого сердечник втягивается внутрь катушки магнита, и флажку вместе с жестко связанным с ним конусом предоставляется возможность свободно вращаться. А так как одновременно с этим включается стопорная электромагнитная муфта 5, то плоскость отсоединяется от привода (зубцы муфты выходят из зацепления) и за время, меньшее 0,1 сек., останавливается. Таким образом, движение флажка с укрепленным на нем зеркальцем происходит только под действием сил упругости, развиваемых в образце, а поворот флажка отвечает упругой деформации, запасенной в образце. Угол поворота флажка измеряется с помощью оптической системы (осветитель — зеркальце — шкала). Величина этого угла поворота является мерой высокоэластических деформаций.

Изменением передаточного отношения коробки скоростей (каждая ступень которой соответствует уменьшению скорости в отношении 5 : 1), сменой электродвигателя (скорость вращения выходного вала электродвигателя ДСД-2 2 об/мин, а электродвигателя СД-09 3000 об/мин) и заменой конуса (в комплекте имеются конуса с

углом при вершине от 168 до 177°) можно устанавливать скорость сдвига в исследуемом образце от 10^{-4} до $\sim 10^2 \text{ сек}^{-1}$. Регулировка реле времени допускает установку длительности деформирования от 1 сек. до 1 мин. При необходимости более длительного деформирования реле времени отключается, и схема переводится на ручное управление.

С помощью примененной системы измерения можно фиксировать углы поворота оси конуса с чувствительностью порядка $0,1^\circ$, что для целей настоящей работы вполне достаточно, так как это соответствует (при конусе с углом $\sim 174^\circ$, который в

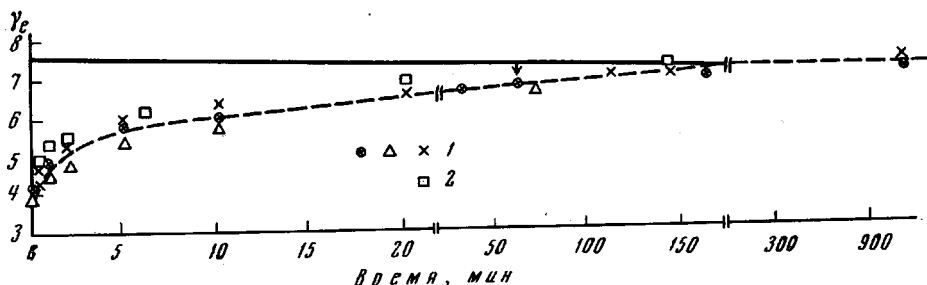


Рис. 2. Кинетика упругого восстановления после прекращения деформирования:

1 — повторные опыты при 22° ; 2 — опыт при 22° , упругое восстановление измеряли при нагреве до 80° (момент достижения равновесного значения γ_e при включении нагрева показан стрелкой). Сплошная линия — значение γ_e , принимаемое за равновесное

работе являлся основным) примерно 3% деформации материала. Оценка точности и воспроизводимости получаемых результатов показывает, что суммарная ошибка не превосходит 10% деформации. Для получения надежных значений упругой деформации очень важно длительное время следить за упругим восстановлением, иногда до суток. При этом существенную помощь может оказать подогрев образца, так как при подогреве образец существенно быстрее возвращается в ненапряженное состояние, а суммарное значение измеренной упругой деформации не зависит от режима подогрева (см. ниже). Вообще, как правило, длительность полного выбора высокоэластической деформации тем больше, чем выше вязкость материала.

Величину деформации в материале γ рассчитывали по формуле: $\gamma = \omega \varepsilon^{-1} t$, где ω — угловая скорость вращения плоскости, t — длительность деформирования и ε — угол между конусом и плоскостью. Отношение $\omega / \varepsilon = \dot{\gamma}$ представляет собой скорость деформации. Величину упругой деформации γ_e рассчитывали по аналогичной формуле $\gamma_e = \varphi / \varepsilon$, где φ — измеряемый в эксперименте угол поворота конуса после прекращения деформирования.

На рис. 2 показана типичная зависимость величины упругого восстановления от длительности выдержки образца после прекращения деформирования. На этом рисунке приведены данные, относящиеся к нескольким независимым измерениям, что позволяет судить о воспроизводимости получаемых результатов. Измерения упругой деформации, результаты которых представлены на рис. 2, относятся к прекращению деформирования на установившемся режиме течения при полной деформации от 250 до 800 единиц. Из приведенных данных также видно влияние подогрева при упругом восстановлении.

Таким образом, измерительная схема позволяет определять полные упругие деформации, накопленные в материалы при его деформировании с постоянной скоростью сдвига в течение различного заданного времени (что соответствует разной полной деформации) при разных температурах, а также исследовать кинетику упругого восстановления.

Результаты и их обсуждение

Накопление упругих деформаций в режиме постоянной скорости сдвига ($\dot{\gamma} = \text{const}$) во многом напоминает развитие касательных и нормальных напряжений у этого материала [4], что вообще достаточно типично для текучих полимерных систем. А именно, по мере увеличения общей деформации постепенно возрастает высокоэластическая составляющая. Затем, если скорость сдвига невелика, то монотонное возрастание γ_e завершается достижением некоторого установившегося значения. Если скорость сдвига достаточно велика, то наблюдается изменение характера зависимости $\gamma_e(\dot{\gamma})$, а именно, она приобретает экстремальный характер; γ_e проходит через максимум, после чего достигается установившееся значение

γ_e . Понижение температуры оказывает влияние, аналогичное повышению скорости сдвига. Типичные экспериментальные результаты, иллюстрирующие различные наблюдаемые случаи зависимостей $\gamma_e(\gamma)$, приведены на рис. 3.

В работе [4] было показано, что достижение установившихся значений касательных τ и разности нормальных σ напряжений при заданной скорости сдвига продолжается существенно различное время. Сравнение зависимостей $\tau(\gamma)$, $\sigma(\gamma)$ и $\gamma_e(\gamma)$ (рис. 4) показывает, что в этом отношении зависимости $\gamma_e(\gamma)$ занимают промежуточное положение между $\tau(\gamma)$ и $\sigma(\gamma)$.

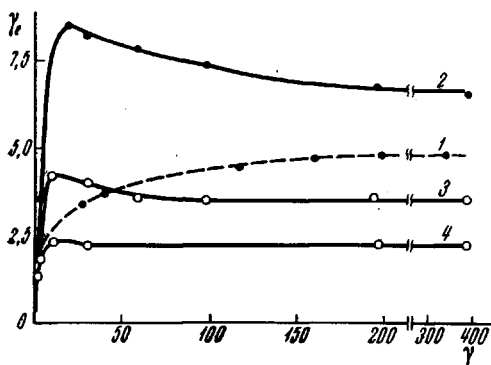


Рис. 3. Типичные зависимости γ_e от общей деформации γ при различных температурах: 1, 2 — 25; 3 — 60 и 4 — 100°. $\dot{\gamma} = 0,34$ (сплошные линии) и $0,0655 \text{ сек}^{-1}$ (пунктир)

Так, при скорости сдвига $0,34 \text{ сек}^{-1}$ и температуре 100° установившиеся значения τ достигаются при деформации $\gamma \approx 8$; установившиеся значения σ при $\gamma \approx 60$ и установившиеся значения γ_e при $\gamma \approx 28$. На том же рис. 4 показана зависимость отношения $\sigma/2\tau$ от γ . Величина $\gamma_e' = \sigma/2\tau$ согласно некоторым теориям [5] соответствует γ_e . В частности, такое

соответствие всегда существует для режимов установившихся течений в линейной области механического поведения [6]. Однако экспериментальные данные, представленные на рис. 4, показывают отсутствие в общем случае соответствия между γ_e и γ_e' . Особенно резко величины γ_e и γ_e' расходятся в переходных режимах деформации. На это уже обращалось вни-

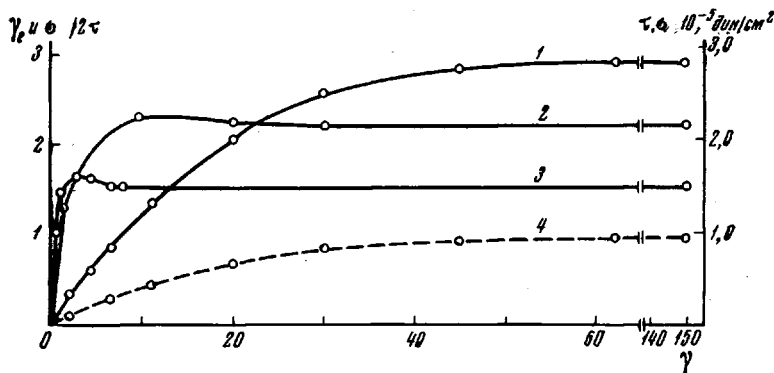


Рис. 4. Сопоставление зависимостей $\sigma(\gamma)$ (1), $\gamma_e(\gamma)$ (2), $\tau(\gamma)$ (3) и $\gamma_e'(\gamma)$ (4) при 100° и $\dot{\gamma} = 0,34 \text{ сек}^{-1}$

мание [7] при изучении разбавленных растворов полимеров. В приведенном на рис. 4 примере резкое расхождение между γ_e и γ_e' сохраняется и в режиме установившегося течения.

Следует признать, что связь между тремя характеристиками полимера — высокоэластическими деформациями, касательными и нормальными напряжениями — пока не может быть установлена. Этот вывод справедлив по отношению не только к переходным режимам деформирования, но, как будет показано ниже, и к режимам установившегося течения.

В установившемся течении пластическая (необратимая) компонента полной деформации существенно превосходит высокоэластическую составляющую, которая, согласно нашим измерениям, для БК никогда не превы-

пает нескольких единиц. Однако в переходных режимах соотношение между пластической и высокоэластической компонентами полной деформации может быть существенно иным. Чтобы ответить на вопрос о соотношении этих компонент полной деформации, на рис. 5 представлены экспериментальные данные о зависимости отношения $\gamma_e/\gamma = \gamma_e/\dot{\gamma}t$ от величины γ для одной скорости сдвига ($0,34 \text{ сек}^{-1}$) и трех температур и одной температуры (25°) и двух скоростей сдвига. Как видно из рис. 5, в

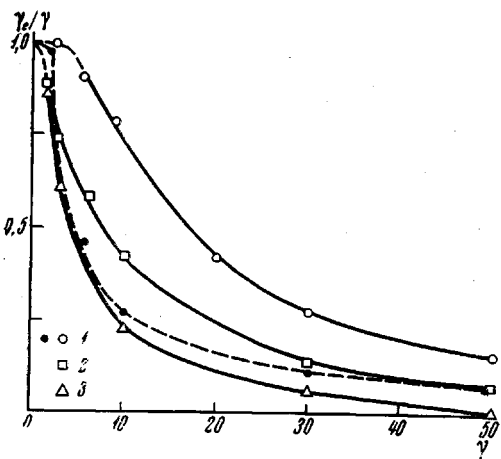


Рис. 5. Изменение соотношения между высокоэластическими и пластическими деформациями по мере развития течения при температурах: 1 — 25° ; 2 — 60° и 3 — 100° . $\dot{\gamma} = 0,34$ (сплошные линии) и $0,0655 \text{ сек}^{-1}$, 25° (пунктир)

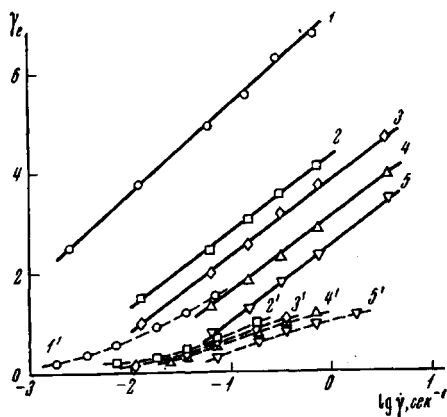


Рис. 6. Зависимости γ_e (сплошные линии) и $\gamma_e' = \sigma/2\tau$ (пунктир) от $\lg \dot{\gamma}$ в режимах установившегося течения при температурах: 1, 1' — 25° ; 2, 2' — 60° ; 3, 3' — 80° ; 4, 4' — 100° и 5, 5' — 120°

начальный период деформирования, продолжающийся достаточно долго (до $\sim 100\%$ деформации), течения практически не происходит, и вся накопленная деформация является обратимой. По мере повышения температуры и соответствующего понижения вязкости полимера развитие пластических деформаций начинается раньше и происходит быстрее, чем при низких температурах, однако в этих случаях сохраняется общая закономерность состояния в том, что до $\gamma \sim 100\%$ развиваются только высокоэластические деформации.

Из рис. 5 видно, что даже при 100° и скорости сдвига $0,34 \text{ сек}^{-1}$ при полной деформации в 400% половину ее составляет высокоэластическая компонента. Уменьшение скорости сдвига влияет на соотношение между обратимой и необратимой компонентами полной деформации аналогично повышению температуры.

Рассмотрим более детально характер изменения высокоэластических деформаций в установившихся режимах течения в зависимости от температуры и скорости сдвига. Далее мы будем рассматривать только установившиеся режимы течения в смысле достижения неизменяемых во времени при дальнейшем длительном деформировании значений как γ_e , так и τ и σ . Основные экспериментальные данные, полученные при скоростях сдвига от 10^{-2} до 10 сек^{-1} и температурах от 25 до 120° , представлены на рис. 6 сплошными линиями. Очевидно, что с повышением скорости сдвига при неизменной температуре или с понижением температуры при постоянной скорости сдвига высокоэластические деформации возрастают. На этом рисунке пунктиром проведены зависимости γ_e' от $\dot{\gamma}$, рассчитанные на основании данных работы [4] для изученной области скоростей сдвига и температур. Как уже указывалось выше, величина $\gamma_e' = \sigma/2\tau$, согласно

некоторым теоретическим соображениям, должна соответствовать γ_e . Согласно другим теориям (например, [8, 9]), соответствие между высокоэластическими деформациями и напряжениями существует, если сопоставлять γ_e и $\gamma_e'' = \sigma / \tau$ (очевидно, $\gamma_e'' = 2\gamma_e'$). Замена γ_e' на γ_e'' применительно к рис. 6 означает двукратный сдвиг пунктирных линий вверх. Сопоставление γ_e с γ_e' и γ_e'' показывает, что в исследованных диапазонах температур и скоростей сдвига экспериментальные и теоретические значения высокоэластической деформации расходятся, причем расхождение тем больше, чем выше скорость сдвига. В литературе отсутствует единая точка зрения по вопросу о корреляции γ_e с γ_e' или γ_e'' . Так, в работе [7], проводившейся на разбавленных растворах полиизобутилена, натурального каучука и нафтенатов алюминия, было найдено, что в установившихся режимах течения $\gamma_e = \gamma_e'$. Филиппов с соавторами

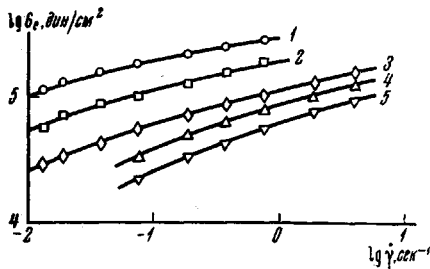


Рис. 7. Зависимости модуля высокоэластичности от скорости сдвига при температурах: 1—25; 2—60; 3—80; 4—100 и 5—120°

полагали [10, 11], что $\gamma_e = \gamma_e''$. Полученные в настоящей работе экспериментальные данные показывают, что на самом деле положение с корреляцией напряжений и высокоэластических деформаций более сложно. Как видно из рис. 6, в нелинейной области, достаточно далекой от режима ньютоновского течения, $\gamma_e > \gamma_e'' > \gamma_e'$. С другой стороны, теоретически было

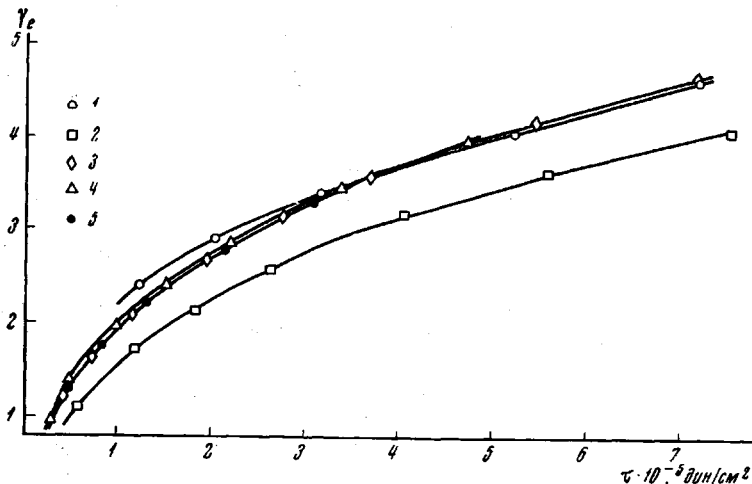


Рис. 8. Зависимости высокоэластических деформаций от напряжений сдвига при температурах: 1—25; 2—60; 3—80; 4—100 и 5—120°

показано [6], что в линейной области $\gamma_e = \gamma_e'$. Экстраполяция полученных здесь данных на случай $\tau \rightarrow 0$ подтверждает справедливость этого вывода. Тогда можно предполагать, что в общем случае при очень малых скоростях сдвига $\gamma_e = \sigma / 2\tau$, затем при возрастании скорости γ_e растет быстрее, чем $\sigma / 2\tau$, и в некоторой области скоростей сдвига выполняется соотношение $\gamma_e \approx \sigma / \tau$. И наконец, при еще больших скоростях сдвига достигается случай, когда $\gamma_e > \sigma / \tau$. Области значений γ , в которых реализуется тот или иной случай, зависят от исследуемого материала. Все эти вопросы требуют дальнейшего уточнения и экспериментального выяснения. Но можно с определенностью утверждать, что теоретические формулы в

общем случае не описывают правильно соотношения между высокоэластическими деформациями и напряжениями. Поэтому положение о том, что существует связь между напряжениями и высокоэластическими деформациями нуждается в дальнейших уточнениях и исследованиях.

Проведенное прямое экспериментальное измерение высокоэластических деформаций сделало возможным расчет модуля высокоэластичности текучего полимера G_e , который определяется соотношением $G_e = \tau / \gamma_e$. Значения модуля высокоэластичности G_e при различных скоростях деформации и температурах показаны на рис. 7. Общие тенденции хода зависимостей $G_e(\dot{\gamma}, T)$ достаточно отчетливо видны на рис. 7 и не требуют дальнейшего обсуждения.

Очень важным представляется рассмотрение высокоэластических свойств текучих полимерных систем в зависимости не от скорости сдвига, как это сделано выше для наглядности общей картины развития больших упругих деформаций, а от напряжений сдвига. Важность такого рассмотрения связана, в первую очередь, с тем, что именно напряжения являются фактором, определяющим как вязкостные свойства исследуемого полимера, так и закономерности развития нормальных напряжений [4]. Это положение следует из возможности построения температурно-инвариантных характеристик вязкости и нормальных напряжений при рассмотрении в качестве аргумента касательных напряжений. Экспериментальные данные о зависимости высокоэластических деформаций от напряжений сдвига для исследованных температур представлены на рис. 8. Очевидна общая тенденция возрастания высокоэластических деформаций при увеличении напряжений сдвига, хотя характер зависимостей $\gamma_e(\tau)$ довольно сложен. Согласно энтропийной теории высокоэластичности, равно как и согласно теории Муни — Ривлина [12], следовало ожидать линейности зависимостей γ_e от напряжений при простом сдвиге. Как видно из рис. 8, в действительности этого не наблюдается. Поэтому так называемый закон Гука при сдвиге, согласно которому $\gamma_e \sim \tau$, в общем случае, не выполняется, и вопрос о возможности его применения в отдельных частных случаях должен решаться конкретно, применительно к той или иной полимерной системе и определенным условиям деформирования.

Еще более резко расхождение между предсказаниями теории и экспериментальными данными о высокоэластических деформациях проявляется при рассмотрении температурных зависимостей $\tau(T)$, взятых при $\dot{\gamma}_e = \text{const}$ (рис. 9). Согласно энтропийной теории высокоэластичности, зависимости $\tau(T)$ должны быть слабо возрастающими. Сложный характер наблюдаемых в действительности зависимостей $\tau(T)$ обусловлен, в первую очередь, структурным переходом, происходящим вблизи 60° . На существование такого перехода впервые было обращено внимание в работе [13], в которой было найдено, что в области температур $60-70^\circ$ наблюдается максимум механических потерь. Позднее эти данные были подтверждены измерениями, выполненными в нашей лаборатории (Е. А. Дзюра, Л. И. Иванова) на исследовавшемся в настоящей работе образце БК. На существование перехода в БК при $60-70^\circ$ указывают также температурные зависимости напряжений [4]. Именно этот специфичный для БК переход, по всей вероятности, и приводит к резко выраженному максимуму

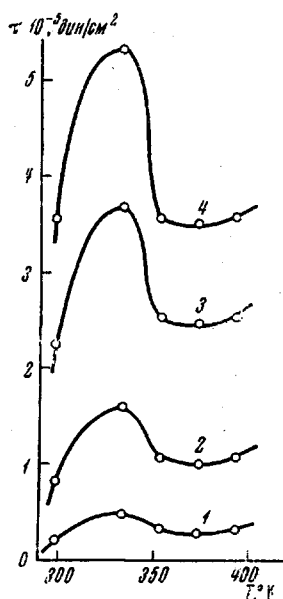


Рис. 9. Температурные зависимости напряжений сдвига при $\dot{\gamma}_e = \text{const}$, $\gamma_e = 1$ (1); 2 (2); 3 (3) и 3,5 (4) единиц

зависимости $\tau(T)$ при $\gamma_e = \text{const}$ вблизи 60° . Однако наблюдаемая нелинейность зависимости $\gamma_e(\tau)$ указывает, что высокоэластические деформации в полимерных системах, находящихся в вязко-текучем состоянии, развиваются во многом по-иному, чем в сшитых эластомерах (резилах), безотносительно наличия описанного перехода.

Выводы

1. Непосредственно измерены высокоэластические деформации, развивающиеся при течении типичного высоковязкого полимера — пластифицированного бутилкаучука. Эти измерения проведены как на переходных режимах деформирования, так и в режиме установившегося течения при различных скоростях деформации и температурах.

2. Проведено сопоставление высокоэластических деформаций с напряжениями, развивающимися при течении с заданной скоростью сдвига. При этом обнаружено расхождение измеренных упругих деформаций с деформациями, рассчитанными по известным теориям, исходя из нормальных и касательных напряжений, причем это расхождение существует не только в переходных, но и в установившихся режимах течения.

3. При простом сдвиге наблюдается возрастание модуля высокоэластичности с повышением напряжений сдвига, т. е. «закон Гука при сдвиге» не выполняется.

4. Наблюдаемый характер зависимости высокоэластических деформаций от напряжений и от температуры (нелинейность зависимости высокоэластических деформаций от напряжений сдвига и экстремальный характер зависимости упругих деформаций от температуры) показывает, что эластичность несшитого бутилкаучука не описывается в рамках представлений обычной энтропийной теории высокоэластичности сшитых каучуков.

Институт нефтехимического синтеза
им. А. В. Топчиева
АН СССР

Поступила в редакцию
22 I 1968

ЛИТЕРАТУРА

1. H. Leaderman, R. G. Smith, R. W. Jones, J. Polymer Sci., **14**, 47, 1954.
2. H. Leaderman, R. G. Smith, L. C. Williams, J. Polymer Sci., **36**, 233, 1959.
3. R. McCord, B. Maxwell, Mod. Plast., **39**, 116, 1961.
4. Г. В. Виноградов, А. Я. Малкин, В. Ф. Шумский, Высокомолек. соед., **A10**, 2672, 1968; **A11**, 663, 1969.
5. A. S. Lodge, Elastic liquids, Acad. Press. London — New York, 1964.
6. А. Я. Малкин, Rheol. Acta, **7**, 335, 1968.
7. А. С. Морозов, Диссертация, 1967.
8. Н. И. Малинин, Коллоидн. ж., **22**, 201, 1960.
9. A. Jobling, J. E. Roberts, Rheology, ed. F. Eirich, N. Y., **2**, 503, 1958.
10. J. G. Brodnyan, F. H. Gaskins, W. Philippoff, E. G. Lendrat, Trans. Soc. Rheol., **2**, 285, 1958.
11. W. Philippoff, Trans. Soc. Rheol., **10**, p. 1, 1, 1966.
12. Л. Треллар, Физика упругости каучука, Изд-во иностр. лит., 1953.
13. S. Gehman, Rubber Chem. Technol., **30**, 1202, 1957.

HIGH ELASTIC DEFORMATION AT VISCOUS FLOW OF BUTYL-RUBBER

G. V. Vinogradov, A. Ya. Malkin, M. P. Zabugina, V. F. Shumskii

Summary

The paper is devoted to direct measurements of high elastic deformations, accompanying viscous flow of polymer systems. The experiments were conducted by means of rotational elastoviscometer which was modified for determining of elastic recoil. Butyl-rubber was chosen as an object of investigation, suitable in a broad range of temperatures. It was shown that so called «Hooke's law in shear» is not true, when discussing the whole range of shear stresses. The temperature dependence of elastic deformations does not correspond to predictions of the theory of rubber-like elasticity and allows to detect transition near 70°C .