

Б. И. БЕРЕСНЕВ, Ю. С. ГЕНШАФТ, Ю. Н. РЯБЕНИН, Е. Д. МАРТЫНОВ
МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЛИТЕТРАФТОРЭТИЛЕНА
И ПОЛИМЕТИЛМЕТАКРИЛАТА ПРИ ВЫСОКОМ ДАВЛЕНИИ

(Представлено академиком М. А. Садовским 10 VIII 1970)

Механические свойства твердых тел как с металлическим, так и ионным типом кристаллической связи под давлением к настоящему времени изучены достаточно хорошо. При этом установлено, что давление сильно повышает пластичность, а в некоторых случаях и прочность деформируемых веществ. Что касается некоторых других классов твердых тел, в частности высокомолекулярных соединений, то для них подобные исследования

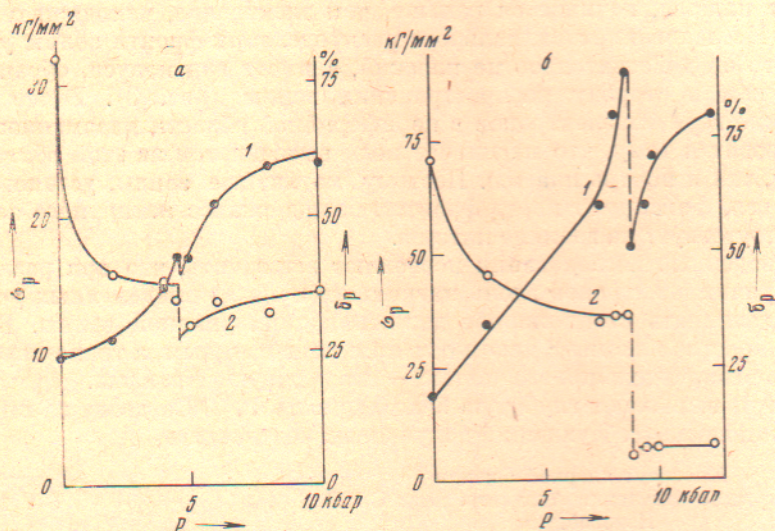


Рис. 1. Зависимость прочности (1) и пластичности (2) фторопласта IV (а) и плексигласа (б) от величины гидростатического давления при комнатной температуре. Образцы были защищены от проникновения жидкости резиновыми трубками

только начинаются. Поэтому мы считали интересным провести изучение влияния высокого гидростатического давления на механические свойства полиметилметакрилата (плексиглас) и политетрафторэтилена (фторопласт IV).

Образцы для испытаний изготавливались из промышленных марок указанных материалов и представляли собой цилиндры диаметром 8 мм и высотой 12 мм. Образцы помещались в специальные устройства, позволявшие получить характеристики прочности и пластичности при испытании на осевое сжатие под гидростатическим давлением до 12,5 кбар. Аппаратура высокого давления и подробности методики проведения такого рода испытаний опубликованы (1).

При проведении опыта образец помещался в камеру, в которой создавалось высокое гидростатическое давление и затем к образцу прикладывалась осевая нагрузка, повышающаяся до его разрушения. О наступлении

разрушения судили по щелчке, раздававшемуся при образовании трещин в образце. Прочность при разрушении $\sigma_p = F/S_0$ определялась по отношению осевой силы F при разрушении образца к его начальной площади S_0 , а пластичность при разрушении δ_p из отношения $\delta_p = (l_0 - l_p)/l_0$, где l_0 — начальная длина образца, l_p — длина образца в момент разрушения. Полученные результаты приведены на рис. 1, где отложены значения прочности и пластичности фторопласта IV и плексигласа при разрушении образцов под различными давлениями.

На рис. 2 приведены фотографии образцов плексигласа, разрушенных при различных давлениях. Приведенные на рис. 1 экспериментальные данные свидетельствуют о том, что для обоих веществ характер воздействия давления на механические характеристики одинаков: с увеличением давления при испытании их прочность возрастает, а пластичность уменьшается. Так, при давлении $P = 10$ кбар происходит повышение прочности фторопласта IV в 2,5 раза, а плексигласа в 2,2 раза. Столь большое влияние на прочность ранее нами уже наблюдалось, например, для горных пород и для твердых тел с ионным

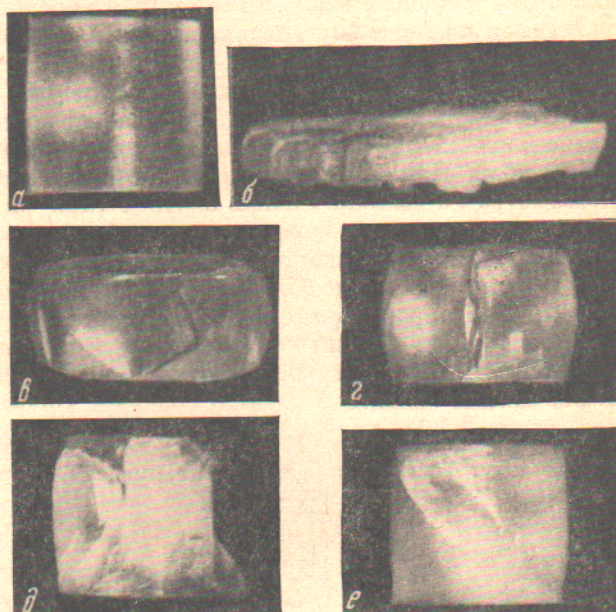


Рис. 2. Образцы плексигласа, разрушенные при осевом сжатии при различных давлениях: а — исходный образец; б — $P = 1$ атм., $\delta_p = 71\%$; в — $P = 2,5$ кбар, $\delta_p = 45\%$; г — $P = 7,5$ кбар, $\delta_p = 35\%$; д — $P = 9$ кбар, $\delta_p = 6\%$; е — $P = 12,5$ кбар, $\delta_p = 7,5\%$

типом кристаллической связи⁽¹⁾. Новым в этой работе оказалось обнаружение сильного уменьшения пластичности под давлением. При изменении давления от атмосферного до 10 кбар пластичность фторопласта падала с 80 до 14%, а плексигласа с 71 до 8%. В подавляющем числе опытов, проведенных с твердыми телами под давлением, обычно наблюдалось увеличение пластичности. Случаи, когда при повышении давления пластичность уменьшалась, исследователи относили к неудачам. Бриджмен⁽²⁾, проводя эксперимент с пластмассой мелмак и установив хрупкое разрушение при испытании под давлением на растяжение, считал этот результат случайным, связанным с несовершенством экспериментальной техники. В свете приведенных на рис. 1 данных для фторопласта IV и плексигласа этот результат, наоборот, кажется закономерным, характерным, быть может, также и для других высокомолекулярных соединений.

Данные, приведенные на рис. 1, характеризуют еще одну особенность поведения фторопласта IV и плексигласа под давлением. При давлении около 5 кбар для первого вещества и около 9 кбар для второго наблюдается резкое изменение хода кривых прочности и пластичности. Ранее скачкообразное изменение прочности мы наблюдали для некоторых ионных кристаллов⁽³⁾, у которых это явление было связано с полиморфными превращениями, происходившими под давлением. Естественным поэтому было попытаться связать причину резкого изменения механических характеристик у фторопласта IV и плексигласа с полиморфными превращения-

ми. И действительно, многие исследователи, в том числе авторы работы (4), наблюдали полиморфное превращение фторопласта IV при давлении около 6,5 кбар. В связи с тем, что мы не располагали сведениями, существуют ли у фторопласта полиморфные превращения под давлением, мы попытались установить их наличие, проведя опыты по изучению сжимаемости фторопласта под давлением. Однако измеренные нами кривые сжимаемости в диапазоне до 30 кбар не имели аномалий, и поэтому мы пришли к заключению, что резкое изменение механических характеристик фторопласта при давлении около 9 кбар с полиморфизмом не связано. Возможно, указанное явление обусловлено в нем какой-то перестройкой структуры, не связанной с изменением объема.

При проведении опытов по определению сжимаемости фторопласта было обнаружено еще одно интересное явление. При первом сжатии образца в пьезометре были слышны резкие щелчки, когда давление превышало 20 кбар. При этом происходило скачкообразное смещение плунжеров пьезометра на величину около 6—10 м (при длине образца 5 мм). Осмотр образца после опыта показывает, что щелчки обусловлены появлением в образце системы плоскостей и трещин разрушения, расположенных под углом около 45° к оси образца. Так как это связано со скоростью нагружения и размером образца, а также, поскольку при помещении испытуемого образца в пластическую среду, например свинцовую ампулу, разрушения не наблюдается, появление трещин при столь незначительных деформациях свидетельствует о большой хрупкости фторопласта при давлениях выше 20 кбар.

Институт физики Земли им. О. Ю. Шмидта
Академии наук СССР
Москва

Поступило
1 VI 1970

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ Б. И. Береснев, Е. Д. Мартынов и др., Прочность и пластичность твердых тел при высоких давлениях, «Наука», 1970. ² П. В. Бриджмен, Исследования больших пластических деформаций и разрушения, ИЛ, 1965. ³ Л. Д. Лившиц, Б. И. Береснев и др., ДАН, 164, № 3 (1965). ⁴ Л. Д. Лившиц, Ю. С. Генштафт и др., Высокомолек. соед., 3, в. 4 (1961).