

УДК 541.64.539.3

СПЕКТРЫ ПРОЧНОСТИ ПЛЕНОК И ВОЛОКОН ПОЛИЭТИЛЕНТЕРЕФТАЛАТА

© 1997 г. Д. Шерматов*, Г. М. Бартенев**

* Таджикский государственный медицинский университет
734003 Душанбе, ул. Рудаки, 139** Институт физической химии Российской академии наук
117915 Москва, Ленинский пр., 31Поступила в редакцию 06.03.96 г.
Принята в печать 17.05.96 г.

Функции распределения (спектры) прочности пленок и волокон ПЭТФ имеют полимодальный характер, что соответствует существованию дискретных уровней прочности. Анализ экспериментальных данных приводит к выводу, что причиной полимодальности спектров прочности является набор поверхностных дефектов различных размеров (микротрещин). Микротрещины в образцах ПЭТФ либо существуют до начала испытаний в результате механических повреждений краев образцов, либо возникают в слабых местах структуры в процессе нагружения и сохраняются вплоть до разрыва.

В работах [1–4] при испытании пленок ПЭТФ были обнаружены дискретные спектры уровней прочности. На полимодальной кривой распределения прочности различным уровням прочности соответствуют свои максимумы. По этому свойству пленки резко отличаются от массивных полимеров, для которых наблюдается мономодальная кривая распределения прочности с одним максимумом. Однако аналогичные исследования для волокон ПЭТФ не производили. В связи с этим одна из целей работы состояла в том, чтобы выяснить, наблюдаются ли аналогичные эффекты для волокон ПЭТФ, а если наблюдаются, то в чем состоят различия волокон и пленок ПЭТФ.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Прочность при растяжении измеряли на разрывной микромашине при скорости нагружения 2.9 МПа/с при 20°C. Серия состояла из 100 образцов для пленок и 300 – для волокон. Степень кристалличности пленок ПЭТФ равна 40–45%. Исследовали образцы толщиной 20 и 150 мкм. Образцы в виде двойной лопатки вырубали штампом шириной 2 мм и длиной рабочей части 22 мм. Степень кристалличности волокон ПЭТФ (лавсана) 60–65%. Диаметр образцов $d = 24$ мкм близок к толщине пленки, а длина образцов составляла 20 мм.

Каждую серию образцов характеризовали набором разрывных напряжений σ . Разрывную нагрузку относили к площади поперечного сечения в момент разрыва, а не к начальному поперечному сечению образца. Затем для каждой серии образцов рассчитывали функцию распределения прочности или плотность вероятности $\rho(\sigma)$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

На рис. 1 приведена кривая распределения прочности для серии образцов – пленок толщиной 150 мкм. Для таких образцов наблюдается мономодальная кривая с одним максимумом, которому соответствует один уровень прочности σ_1 , как и для массивных образцов полимера.

Картина резко меняется, если перейти к данным испытаний тонкой пленки (рис. 2). Вместо резко выраженного одного максимума, приведенного на рис. 1 (где масштаб по оси ординат сжат в 10 раз), наблюдается растянутая кривая с семью максимумами. Площади под кривыми, равные

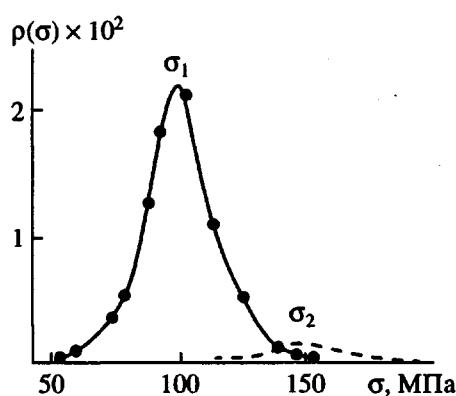


Рис. 1. Распределение прочности серии образцов пленки ПЭТФ толщиной 150 мкм. Мономодальная кривая соответствует самому низкому уровню прочности σ_1 . Для сравнения приведен максимум, характерный для следующего самого низкого уровня σ_2 пленки толщиной 20 мкм (см. рис. 2).

$\int \rho(\sigma) d\sigma$, как на рис. 1, так и на рис. 2 равны единице по условиям нормировки. Значения различных уровней прочности σ_i приведены в таблице.

Прочность каждого образца из серии зависит от длины l самой опасной микротрешины из всех присутствующих в образце. На рис. 1 кривая распределения прочности адекватна распределению в серии образцов самых опасных микротрешин, ответственных за разрушение при испытании образцов толстой пленки. Наиболее вероятное значение $\sigma = \sigma_1$, соответствующее максимальному значению вероятности ρ_{\max} , называется уровнем прочности $\sigma_1 = 97$ МПа, характерном для образцов толщиной 150 мкм. Ему соответствует наиболее вероятная длина опасной микротрешины l_1 .

Более высокие уровни прочности (рис. 2), характерные для пленки толщиной 20 мкм, для толстой пленки не наблюдаются, так как микротрешины с меньшей длиной, соответствующие высоким уровням прочности $\sigma_2 \dots \sigma_8$, не являются опасными.

Для тонких пленок (рис. 2) уровень прочности σ_1 и самые опасные микротрешины l_1 , ответственные за наименьшую прочность (рис. 1), отсутствуют.

В пленочном образце-полоске (рис. 3) имеются микротрешины двух типов: поверхностные с $l = 2a$ и краевые с $l = a$, где a – параметр профиля микротрешины. Самыми опасными микротрешинами считаются краевые, поскольку они возникают при механической обработке образцов, и на края полоски наносятся механические повреждения. В результате возникают микроразрывы.

Чтобы выяснить, какие уровни прочности для серии образцов пленки толщиной 20 мкм относятся к краевым, а какие к внутренним микротрешинам, мы провели испытания серии образцов шириной 8 мм вместо 2 мм. При испытании таких образцов края не нагружены и краевые микротрешины не участвуют в разрыве образцов. Результаты представлены на рис. 4, из которого видно, что уровень прочности σ_2 отсутствует. Это означает,

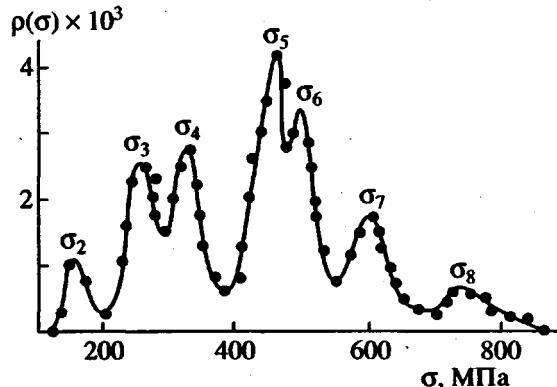


Рис. 2. Полимодальная кривая распределения прочности серии образцов пленки ПЭТФ толщиной 20 мкм, длиной 22 мм и шириной 2 мм.

что дефекты, относящиеся к l_2 = микротрешинам, являются краевыми.

Для толстых образцов-пленок уровень прочности σ_1 несомненно объясняется присутствием краевых дефектов, но он отличается от уровня σ_2 для тонких пленок. Это связано, по-видимому, с тем, что механической обработке штампом на края толстой пленки наносятся более сильные повреждения, чем в случае тонкой пленки.

Аналогичный характер имеет кривая распределения прочности для образцов-пленок с ненагруженными краями толщиной 20 мкм, но с длиной 60 мм (рис. 5). Средняя прочность серии образцов в этом случае (таблица) равна $\langle \sigma \rangle = 400$ МПа, а для образцов длиной 22 мм также с ненагруженными краями $\langle \sigma \rangle = 510$ МПа. Различие связано с влиянием статистического масштабного фактора прочности.

Из сравнения рис. 4 и 5 видно, что в последнем случае (образцы длиной $L = 60$ мм) максимум σ_3 стал значительно выше, чем для образцов с $L = 22$ мм. Это значит, что число образцов низкой прочности возросло с увеличением масштаба образцов.

Для образцов (толщиной 20 мкм) с нагруженными краями средняя прочность $\langle \sigma \rangle = 427$ МПа ниже, чем с ненагруженными из-за влияния краевых

Уровни прочности пленок и волокон ПЭТФ при 20°C и скорости нагружения при растяжении 2.9 МПа/с

Материал	Уровень прочности, МПа								
	σ_1	σ_2	σ_3	σ_4	σ_5	σ_6	σ_7	σ_8	$\langle \sigma \rangle$
Пленки с нагруженными краями, $L = 22$ мм									
$d = 20$ мкм	–	155	255	330	455	500	600	740	427
$d = 150$ мкм	97	–	–	–	–	–	–	–	100
Пленки с ненагруженными краями, $d = 20$ мкм									
$L = 22$ мм	–	–	240	350	410	500	620	750	510
$L = 60$ мм	–	–	250	350	390	470	570	715	400
Волокна, $d = 24$ мкм									
$L = 20$ мм	–	–	260	360	435	530	740	860	500

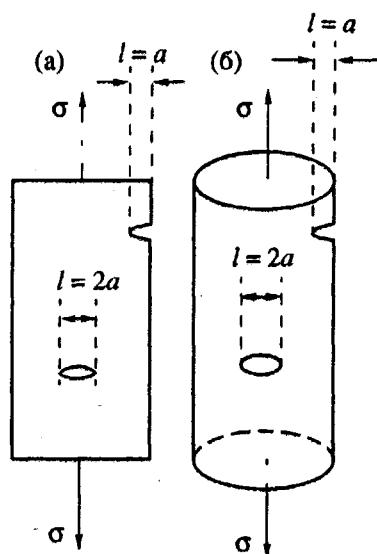


Рис. 3. Две возможности расположения микротрещин в пленочных образцах (а) и в волокнах (б). В пленках имеются краевые ($l = a$) и поверхностные ($l = 2a$) микротрещины, в волокнах – поверхностные ($l = a$) и внутренние ($l = 2a$) микротрещины.

дефектов и появления низкого уровня прочности σ_2 . Что касается образцов-пленок толщиной 150 мкм, то средняя прочность $\langle \sigma \rangle = 100$ МПа. Такая низкая прочность объясняется сильной дефектностью краев образцов, а близость $\langle \sigma \rangle$ к самому уровню прочности $\sigma_1 = 97$ МПа связана с тем, что кривая распределения имеет форму, близкую к симметричной.

Данные, полученные для волокон ($d = 24$ мкм, $L = 20$ мм), приведены на рис. 6. Видно, что кривая распределения прочности аналогична кривой распределения прочности для пленок с ненагруженными краями. В том и другом случае отсутствуют низкие уровни прочности σ_1 и σ_2 , а количество высших уровней прочности одинаково. Из табли-

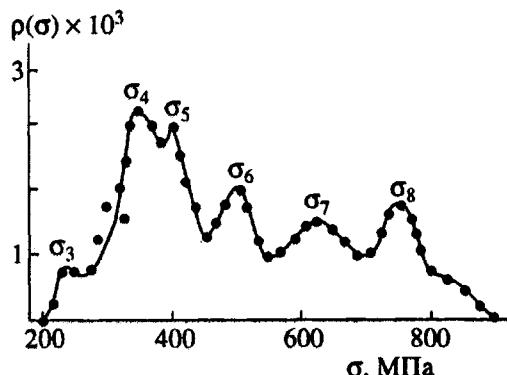


Рис. 4. Полимодальная кривая распределения прочности серии образцов пленки ПЭТФ толщиной 20 мкм, длиной 22 мм и шириной 8 мм. Края не нагружены.

цы видно, что уровни прочности σ_3 и σ_4 для пленок и волокон, совпадают, а другие, более высокие, близки по порядку величины. Наиболее заметное различие наблюдается лишь для самых высоких уровней σ_7 и σ_8 .

Таким образом, можно сделать вывод, что при росте толщины пленки высокие уровни прочности, характерные для тонких пленок, постепенно исчезают, а низкие уровни, свойственные массивным образцам, появляются, пока не останется один самый низкий уровень. Этот же эффект наблюдается при увеличении длины образца.

При испытании пленок с ненагруженными краями исчезают низшие уровни прочности, связанные с краевыми дефектами. Эти дефекты наблюдаются при механической обработке краев, а поверхностные и внутренние дефекты обусловлены структурой пленок и волокон. Вероятно, как в пленках, так и в волокнах имеются сходные дефекты структуры, приводящие к тем же значениям уровней прочности.

В волокнах и пленках (без учета краев) прочность определяет поверхностные и внутренние микротрещины (рис. 3). Расчеты показывают, что линейные размеры самых опасных микротрещин не превышают 0.3–0.4 мкм, что составляет малую долю от ширины пленочного образца (0.02%) и диаметра волокна (1%).

Для расчета линейных размеров микротрещин применяли формулы линейной механики разрушения [5, 6]. Для пленок ([6], с. 74) коэффициент концентрации напряжения β и параметр линейных размеров микротрещин a (рис. 3) для краевых и поверхностных микротрещин равны:

$$\beta = 1 + 0.79 \sqrt{a/\lambda_*}, \quad a = 1.60(\beta - 1)^2 \lambda_*, \quad (1)$$

$$\beta = 1 + 0.71 \sqrt{a/\lambda_*}, \quad a = 1.98(\beta - 1)^2 \lambda_*, \quad (2)$$

Для поверхностных микротрещин волокон также применима формула (2), в которой a – глубина

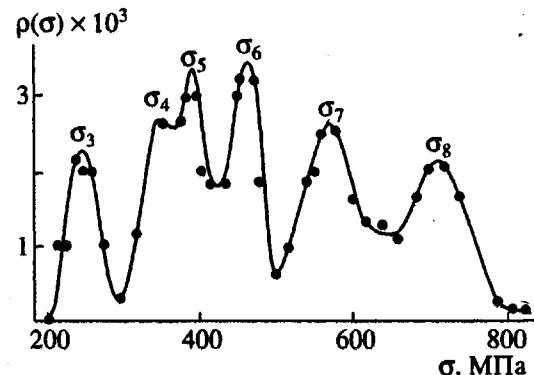


Рис. 5. Полимодальная кривая распределения прочности серии образцов пленки ПЭТФ толщиной 20 мкм, длиной 60 мм и шириной 8 мм. Края не нагружены.

(радиус) полукруглой формы микротрешины. Для внутренних микротрешин в форме дисков имеем

$$\beta \approx 1 + 0.45 \sqrt{a/\lambda_*}, \quad a = 4.86\lambda_*(\beta - 1)^2 \quad (3)$$

(a – полудиаметр микротрешины).

Чтобы рассчитать коэффициент β и размеры микротрешин a , необходимо знать предельную прочность σ_n ПЭТФ [6, с. 40]. Согласно работам [6, 7], $\sigma_n = U/v_A$, где U – энергия активации разрушения полимера, определяемая в опытах по долговечности полимеров или другими методами [6, 8]. Если не учитывать температурную зависимость энергии активации, то $U = U_0$ и σ_n относится к 0 К. Если учесть температурную зависимость U , то, согласно работе [6, с. 23],

$$\sigma_n = U_0/V_A - (2.3kT/v_A)\lg[\tau/\tau_0] \quad (4)$$

Здесь V_A – флуктуационный объем, отнесенный к одной связи С–С, а τ – долговечность полимера, соответствующая условиям опыта (в нашем случае при испытании на разрывной микромашине $\tau = 1$ с), τ_0 – константа, равная 3×10^{-14} с.

По данным работы [2], для ПЭТФ $U_0 = 200$ кДж/моль, а V_A рассчитывается по формуле $V_A = \lambda_m S$, где $\lambda_m = 0.9$ Å для связи С–С в полимерных цепях [6, с. 35], S – поперечное сечение цепи. В работе [9] приведена сводка значений поперечных сечений цепей для большого числа полимеров. В частности, для ПММА $S = 0.638$ нм². Для ПЭТФ данные отсутствуют, но S можно оценить из приведенных зависимостей между температурой стеклования и величиной S . В результате для ПЭТФ $S = 0.63$ нм².

Расчеты для $T = 0$ К и $T = 20^\circ\text{C}$ дают:

$$\sigma_n = U_0/V_A = 6.000 \text{ МПа} \quad \text{и} \quad \sigma_n(20^\circ\text{C}) = 3.750 \text{ МПа.}$$

Эти результаты хорошо согласуются с данными работы [7], где для 20°C $\sigma_n = 3500$ – 6000 МПа. Для дальнейших расчетов принято значение $\sigma_n = 3750$ МПа.

В формулах (1)–(3) в качестве λ_* принято межцепное расстояние в полимере, которое можно оценить как $\lambda_* \approx \sqrt{S}$. Для ПЭТФ получим, что $\lambda_* = 0.8$ нм.

Коэффициент концентрации напряжения β для каждого уровня σ_i может быть рассчитан, если известна σ_n , из условия $\beta\sigma_i = \sigma_n$. Для каждого уровня прочности разрушение при 20°C и режиме испытания ($\tau = 1$ с) происходит тогда, когда перенапряжение вблизи конца трещины $\sigma^* = \beta\sigma$ достигает σ_n , а напряжение σ в образцах i -й группы из всей серии образцов соответствует уровню прочности σ_i .

По данным, приведенным в таблице, для всех уровней прочности рассчитаны коэффициенты

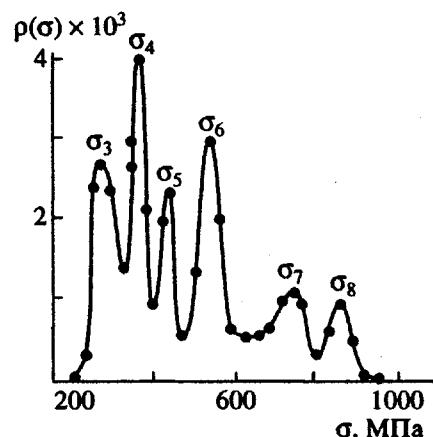


Рис. 6. Полимодальная кривая распределения прочности серии образцов волокна ПЭТФ диаметром 24 мкм и длиной 20 мм.

$\beta_i = \sigma_n/\sigma_i$, а затем найдены соответствующие линейные размеры a микротрешины.

Для пленок в случае краевых микротрешины, возникших при механической обработке (уровни σ_1 и σ_2), соответствующие коэффициенты равны $\beta_1 = 39$ и $\beta_2 = 24$. Отсюда для линейных размеров микротрешины получаем $a_1 = 1.8$ мкм и $a_2 = 0.68$ мкм. Эти уровни прочности со структурой полимера непосредственно не связаны, а определяются механическими воздействиями.

Последующие уровни прочности для пленок связаны с поверхностными микротрешинами (рис. 3). Независимо от условий испытаний с нагруженными или ненагруженными краями уровни прочности σ_3 ... σ_8 по величине близки (таблица). Это может свидетельствовать о том, что все высшие уровни прочности связаны со структурой полимера. Уровень σ_3 характеризуется наибольшей $a = 0.3$ мкм, а уровень σ_8 – наименьшей величиной $a = 260$ Å и коэффициентами $\beta_3 = 14.7$ и $\beta_8 = 5.0$.

Как следует из таблицы, для волокна характерны примерно те же уровни прочности. Так как заранее не известно, какие микротрешины (поверхностные или внутренние) ответственны за уровни прочности волокна, β и a рассчитывали по формулам (2) и (3).

Оказалось, что для поверхностных микротрешины уровню σ_3 соответствует $\beta_3 = 14.4$ и $a_3 = 0.28$ мкм, а уровню σ_8 – $\beta_8 = 4.35$ и $a_8 = 176$ Å. Для внутренних микротрешины при тех же значениях линейные размеры микротрешины должны быть больше: $a_3 = 0.7$ мкм и $a_8 = 440$ Å.

Результаты расчетов представлены графически на рис. 7, из которого видно, что коэффициенты концентрации напряжения, а также линейные размеры микротрешины практически совпадают для поверхностных микротрешины как для пленок, так и для волокон (прямая 2). На прямой 1 в области

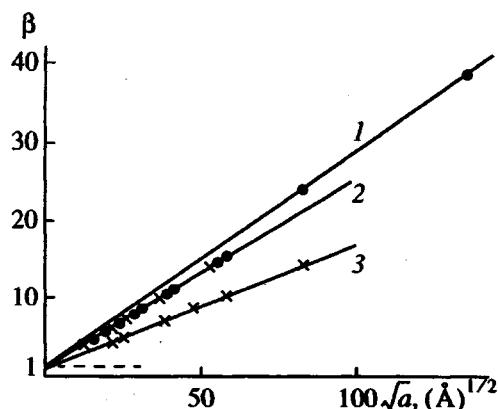


Рис. 7. Соотношения между коэффициентом концентрации напряжения β и характерным линейным размером микротрешины a : 1 – пленка с краевыми микротрешинаами разрушения ($l = a$) толщиной 20 мкм и длиной 22 мм; 2 – пленка (кружки) с поверхностными микротрешинаами разрушения ($l = 2a$) с нагруженными и ненагруженными краями толщиной 20 мкм и длиной 22 мм, а также волокно (крестики) с поверхностными микротрешинаами ($l = a$) диаметром 24 мкм и длиной 20 мм; 3 – то же волокно с внутренними микротрешинаами ($l = 2a$).

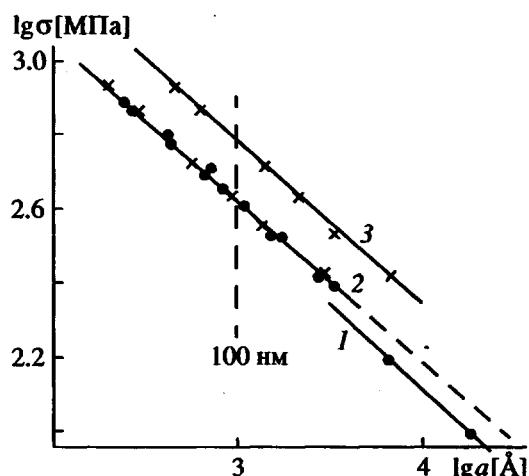


Рис. 8. Зависимости $\lg \sigma$ от $\lg a$: 1 – пленка с краевыми микротрешинаами, 2 – пленка и волокно с поверхностными трещинами, 3 – волокно с внутренними трещинами.

малых микротрешинах уровни прочности отсутствуют, поскольку поверхность пленок не подверглась механической обработке. Прямая 3, соответствующая внутренним микротрешинам в волокне, указывает на то, что внутренние микротрешины не ответственны за разрушение волокон.

Таким образом, в области низких напряжений и высоких значений β к разрушению приводят более опасные краевые микротрешины, а в области средних напряжений – поверхностные микротрешины. В области высоких напряжений и низких значений β лишь при отсутствии поверхностных

микротрешина, например удаленных травлением, к разрушению приводят внутренние дефекты.

На рис. 8 представлены зависимости между логарифмом разрывного напряжения $\lg \sigma$ и логарифмом параметра линейных размеров микротрешины $\lg a$ для краевых и поверхностных микротрешина для пленок и поверхностных и внутренних микротрешина для волокон. Чем ниже располагается кривая для микротрешины данного типа, тем ниже прочность материала, содержащего микротрешину этого типа. Рассмотрим для пленок область больших a . Экстраполируя прямую 2 в эту область и сравнивая ее с прямой 1, можно сделать вывод, что краевые микротрешины тех же размеров опаснее, чем поверхностные микротрешины, и разрушение пленок происходит раньше.

Видно, что в области малых a поверхностные микротрешины для волокон опаснее, чем внутренние. Поэтому разрушение волокон происходит в основном под влиянием поверхностных микротрешина.

Существование дискретных уровней прочности не может быть объяснено, исходя из механики сплошных сред. Но для пленок и волокон установлено, что они имеют микронеоднородную структуру. Так, результаты исследования структуры и микромеханики разрушения полимерных волокон и пленок [8, 10, 11] привели к выводам, что в этих материалах первичными надмолекулярными структурами являются микрофибриллы с поперечными размерами порядка 10–20 нм, а группы микрофибрил образуют фибриллы с поперечными размерами порядка 100 нм или больше. В работе [12] для пленок ПЭТФ дана такая же схема строения.

В слабых местах микрофибрилл (аморфные области) под нагрузкой возникают субмикротрешины с дискретными линейными размерами, начиная с минимальных размеров, равных поперечным размерам микрофибрилл, и далее увеличиваясь так, что последующие микротрешины имеют линейные размеры, кратные 10–20 нм.

В работе [13] исследованы прочность капрового волокна ($d = 24.6$ мкм). Было показано, что в этом материале наблюдается дискретный спектр уровней прочности, причем наивысший уровень прочности соответствует длине микротрешины $l = 2a = 20$ нм. Электронно-микроскопические снимки показали, что поперечный размер микрофибрилл соответствует $l_0 = 23.5$ нм.

Линейные размеры поверхностных микротрешина a в пленках ПЭТФ для уровней прочности σ_8 , σ_7 , σ_6 , σ_5 составляют $a_8 = 25–26$ нм, $a_7 = 41–43$ нм, $a_6 = 66–67$ нм и $a_5 = 83$ нм. Если принять, что поперечный размер микрофибрилл $l_0 = 20$ нм и $a_0 = l_0/2 = 10$ нм, то отношения a_8 , a_7 , a_6 и a_5 к $a_0 = 10$ нм составляет округленно ряд 2, 4, 6, 8. Для поверхностных микротрешина в волокнах ПЭТФ ($l = a$), если

принять $a_0 = 10$ нм, то учитывая, что $a_8 = 17.6$ нм, $a_7 = 26$ нм, $a_6 = 58$ нм и $a_5 = 92$ нм, получим окруженно ряд отношений 2, 3, 6, 9.

Как для пленок, так и для волокон уровням прочности σ_4 и σ_3 соответствуют $a_4 = 150\text{--}170$ нм и $a_3 = 300\text{--}320$ (пленки) и $a_4 = 140$ нм и $a_3 = 280$ нм (волокна). В этом случае размеры микротрещин сравнимы с поперечными размерами фибрилл (~ 100 нм). Отношение $a_3/a_4 \approx 2$.

Наблюдаемые закономерности объясняются тем, что микротрещины могут возникать и на стыке концов фибрилл, т.е. слабых местах структуры, но с размерами, на порядок большими, чем аморфные области микрофибрилл. Если принять для ПЭТФ поперечные размеры фибрилл ~ 150 нм, то в нашем случае уровни σ_4 и σ_3 соответствуют размерам трещин, равным одному и удвоенному поперечному размеру фибрилл.

Рассмотрим теперь, когда на слабых местах структуры возникают микротрещины в пленках и в волокнах. Для образцов-пленок красевые трещины возникают в результате механической обработки, т.е. до испытания. Что касается поверхностных и внутренних микротрещин, то, согласно данным [8, 10], они возникают в процессе нагружения образца на начальной стадии нагружения на слабых местах структуры. Эти микротрещины вплоть до разрывного напряжения остаются стабильными и не растут, так как упираются в прочные элементы полимерной матрицы, окружающие слабые места структуры. Только при достижении разрывного напряжения концентрация напряжений в вершинах микротрещин достигает предельной прочности σ_n полимерной матрицы.

В заключение отметим, что в работах [14, 15] наблюдали периодический скачкообразный характер ползучести твердых полимеров, что соответствует существованию дискретного спектра времен ползучести. Таким образом, имеется не

только дискретный спектр прочности, но и дискретный спектр скоростей деформации в полимере под постоянной нагрузкой.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Цой Б., Каримов С.Н., Лаврентьев В.В. // Высокомолек. соед. Б. 1983. Т. 25. № 9. С. 634.
- Bartenev G.M., Karimov S.N., Sermatov D. // Acta Polymerica. 1983. В. 34. № 1. С. 44.
- Бартенев Г.М., Каримов С.Н., Шерматов Д., Цой Б. // Физико-химическая механика материалов. 1985. № 2. С. 101.
- Бартенев Г.М., Цой Б. // Высокомолек. соед. А. 1986. Т. 28. № 8. С. 1787.
- Броек Д. Основы механики разрушения. М.: Высшая школа, 1980.
- Бартенев Г.М. Прочность и механизм разрушения полимеров. М.: Химия, 1984.
- Перепелкин К.Е. // Энциклопедия полимеров. М.: Советская энциклопедия, 1977. Т. 3. С. 237.
- Регель В.Р., Слуцкер А.И., Томашевский Э.Е. Кинетическая природа прочности твердых тел. М.: Наука, 1974.
- Tian-Bai He // J. Appl. Polym. Sci. 1985. V. 30. № 11. P. 4319.
- Тамуж В.П., Куксенко В.С. Микромеханика разрушения полимерных материалов. Рига: Зинатне, 1978.
- Марихин В.А., Мясникова Л.П. Надмолекулярная структура полимеров. Л.: Химия, 1977.
- Scherz D., Hinrichsen G. // Coll. Polym. Sci. 1985. Т. 263. № 12. Р. 973.
- Бартенев Г.М., Кобляков А.И., Бартенева А.Г., Чалых А.Е. // Физико-химическая механика материалов. 1985. № 6. С. 70.
- Песчанская Н.Н., Якушев П.Н. // Физика твердого тела. 1988. Т. 30. № 7. С. 2196.
- Песчанская Н.Н., Мясникова Л.П., Синани А.Б. // Физика твердого тела. 1991. Т. 33. № 10. С. 2948.

Strength Spectra of the Films and Fibers Based on Poly(ethylene terephthalate)

D. Shermatov* and G. M. Bartenev**

*Tadzhik Medical State University, ul. Rudaki 139, Dushanbe, 734003 Tadzhikistan

**Institute of Physical Chemistry, Russian Academy of Sciences, Leninskii pr. 31, Moscow, 117915 Russia

Abstract—For films and fibers based on PET, the corresponding strength distribution functions (spectra) are characterized by a polymodal character, which suggests the existence of discrete strength levels. Examination of experimental evidence allows one to conclude that the polymodal character of strength spectra is controlled by a set of surface defects (microcracks) of various dimensions. In PET samples, the microcracks resulting from the mechanical damage of the edges of the test samples either exist in the initial polymer before the tests or arise at weak structural sites during the loading and persist until fracture takes place.