

**О НЕКОТОРЫХ ОСОБЕННОСТЯХ РАЗРУШЕНИЯ ЗАКАЛЕННОГО
ПОЛИСТИРОЛА**

М. И. Бессонов, Е. В. Кувшинский

Закаливались образцы полистирола в виде двойных лопаток с рабочей частью длиной 15 мм и сечением $2 \times 2 \text{ мм}^2$. Закалка заключалась в прогреве образцов до 110° , выдержке их при этой температуре в течение получаса и быстрым охлаждении жидким азотом. На поверхности закаленных образцов образуется слой сжатого материала [1] толщиной $\sim 0,1 \text{ мм}$, который легко обнаружить в поляризованном свете. Исходные и закаленные образцы испытывались при разных температурах на растяжение (скорость деформирования = $0,04 \text{ мм/сек} \approx 0,3\%/\text{сек}$). Результаты испытаний (средние из трех измерений) приведены в таблице.

Характеристика свойств образцов полистирола

Темпера- тура, $^\circ\text{C}$	Исходные образцы			Закаленные образцы		
	прочность на разрыв, $\text{кг}/\text{см}^2$	удлинение при разрыве, %	модуль упру- гости, $\text{кг}/\text{см}^2$	прочность на разрыв, $\text{кг}/\text{см}^2$	удлинение при разрыве, %	модуль упру- гости, $\text{кг}/\text{см}^2$
20	370	2,4	20 000	437	2,45	20 000
40	322	2,0	19 000	385	2,30	20 000
60	270	2,4	19 000	335	2,50	18 000

Из таблицы видно, что закалка увеличивает прочность полистирола на $\sim 20\%$. Модуль нормальной упругости и удлинение при разрыве меняются мало.

На закаленных образцах непосредственно перед разрывом появляются крупные одиночные трещины. Разрыв проходит по одной из этих трещин. Трещины, оставшиеся в частях разорванного образца, — внутренние. Они не выходят на поверхность образца (рис. 1). Сломать растрескавшуюся часть образца, изгиная ее, нелегко, даже если сошлифовать предварительно наружный слой. Излом, как правило, проходит не по ранее образовавшимся трещинам, а между ними. Створки трещины, по которой шел разрыв, образуют на поверхностях разрушения большую зеркальную зону *A*, окаймленную зоной грубого рельефа *B*. В проходящем свете обе поверхности разрушения кажутся точными отпечатками друг друга. В отраженном свете видно больше деталей. Зеркальная зона на одной из поверхностей разрушения оказывается гладкой, на другой — шероховатой с небольшими гладкими участками (рис. 2, *a* и *b*). Шероховатые участки менее тверды, чем гладкие. Поглаживание кисточкой из мягкого волоса оставляет на них заметные царапины (прямые штрихи в правой нижней части рис. 2, *b*); гладкие участки остаются неповрежденными (рис. 2, *a*, *b* и рис. 4, *a*). На гладкой зеркальной зоне проступают интерференционные полосы (цветные в белом свете), расположенные концентрически краям зеркальной зоны (рис. 2, *a*). Фокусирование микроскопа до четкого воспроизведения этих полос показывает, что они возникают из-за интерференции света на

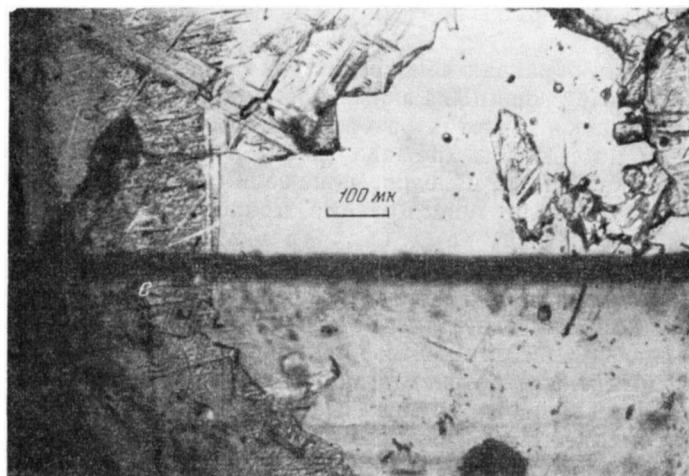
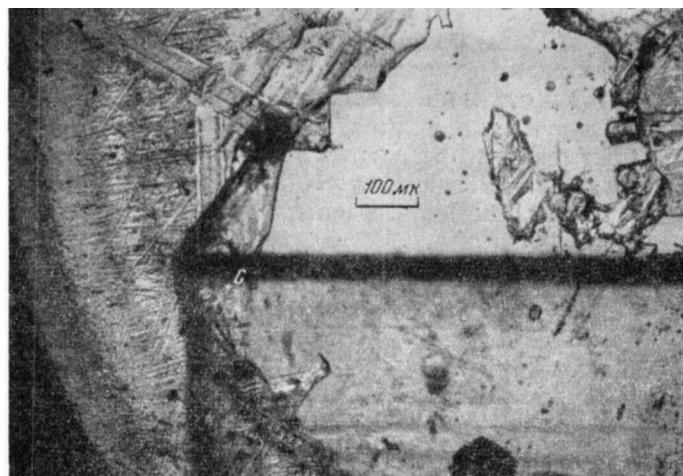
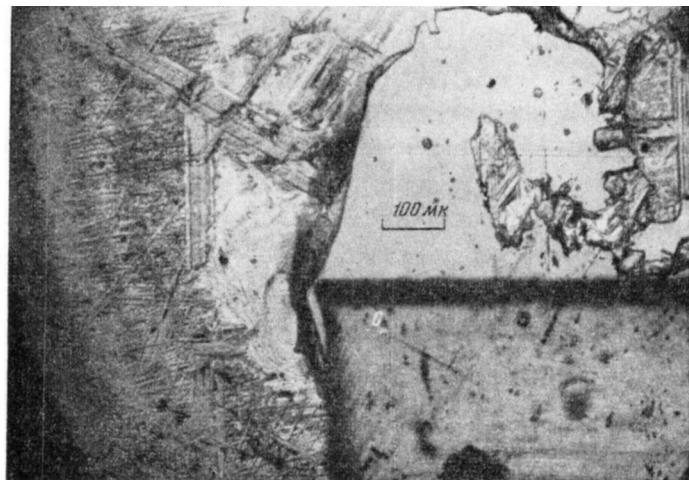


Рис. 3. Последовательные стадии отделения покровного шероховатого слоя скребком из кинопленки. Фотографии в отраженном свете:
a — острый угол скребка — С приблизился к смятому краю слоя; *б и в* — скребок — С зацепил покровный слой и отдирает его от поверхности образца; *г* — скребок — С отведен в начальное положение; часть отделенного слоя — Д опустилась на гладкую поверхность; часть Е отодралась и прилипла к скребку

Figure 3. Sequential stages of removing the top rough layer of the film with a scraper. Photos in reflected light:
a — sharp corner of the scraper — С approached the compressed edge of the layer;
b and c — the scraper — С caught the protective layer and tore it off the sample surface;
d — the scraper — С was moved to its initial position; part of the detached layer — D fell onto the smooth surface;
e — part E was torn off and stuck to the scraper

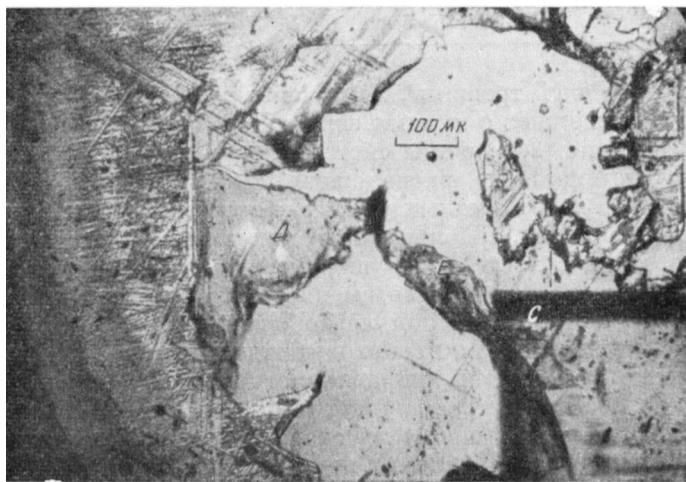


Рис. 3, г

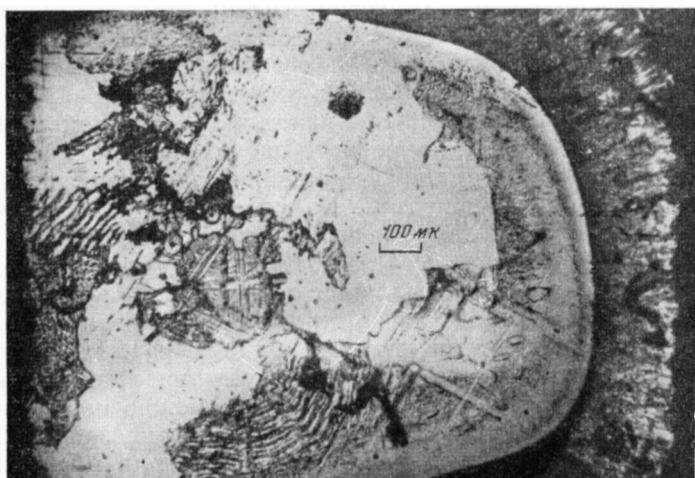


Рис. 4. а — поверхность разрушения на правой половине образца (рис. 2, б) после обработки скребком; фотография в отраженном свете; б — фотография в проходящем свете покровной пленки, снятой с шероховатой поверхности разрушения

створках внутренней трещины, лежащей в глубине материала. Края трещины почти совпадают с краями зеркальной зоны. На шероховатой зеркальной зоне (рис. 2,б) видны система широких интерференционных полос — B и система тесно расположенных узких полос — G . Последние существуют только на светлых участках поверхности разрушения. Узкие полосы перемещаются при прикосновении к этому участку поверхности. Видимо, в данном месте часть шероховатого материала отслоилась, и отскочивший слой, прогибаясь, меняет толщину воздушного интерференционного зазора. Этот слой легко снять.

На рис. 3 показано, как происходит отделение слоя при помощи скребка из кусочка кинопленки, управляемого микроманипулятором. Характерно, что скребок почти не царапает гладкие участки, обнажаемые из-под шероховатого покровного слоя. Фотография с шероховатой зеркальной зоной разрушения после удаления покровного слоя приведена на рис. 4,а. Видно, что слой легко снялся в виде пленки там, где наблюдались узкие интерференционные полосы G (рис. 2,б). Рядом приведена фотография в проходящем свете отодранной покровной пленки (рис. 4,б). В сходящихся лучах она кажется голубой. Это говорит о том, что в ней имеются дефекты с размерами, меньшими длины света.

В области широких полос скребок оставляет либо отдельные глубокие следы, либо соскабливает небольшие участки шероховатого материала. Широкие полосы не смещаются при нажатии. Они возникли в результате интерференции от границ покровного шероховатого слоя.

Перед нами еще один пример необычайной специфики того, что в пластмассах мы называем «трещинами». На специфику эту уже указывалось ранее [2, 3]. Связана она, по всей видимости, с «пачечным» строением линейных полимеров в блоке [3, 4]. Рост трещин, вероятно, заключается в постепенном локальном разрыхлении материала. Разрыхление связано с расслоением материала на пачки продеформировавших макромолекул, разделенных микрополостями (рис. 5). Толщина разрыхленного слоя возрастает от края трещины к ее началу. Поэтому при визировании нормально к плоскости трещины в отраженном свете можно наблюдать интерференционные полосы от границ трещин, так как они заполнены средой с меньшим показателем преломления, чем показатель преломления материала, окружающего трещину.

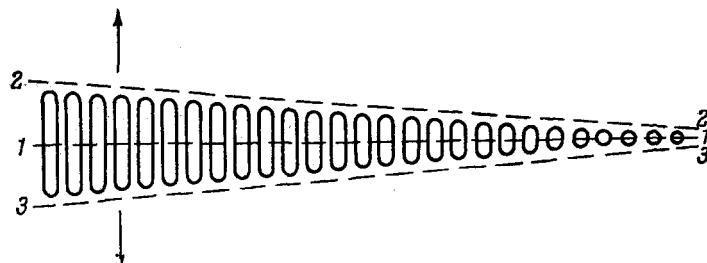


Рис. 5. Схема строения «трещины» в пластмассах.

Стрелкой указано направление растягивающих напряжений.
Штриховыми линиями — возможные случаи разрыва

Расстояние между границами разрыхленного материала (в пересчете на вакуум) порядка 0,5—3,0 мк. Вполне возможно, что микрополости в трещинах сходны с микрополостями, обуславливающими молочное помутнение образцов полимеров при их деформировании, наблюдавшееся рядом исследователей [1, 5]. Такое представление о строении трещин в пластмассах позволяет легко объяснить высокую прочность нацело растрескавшихся образцов, «мягкость» покровного шероховатого слоя и ряд других явлений [2].

Разрыв может произойти либо по середине трещины по разрыхленному материалу, либо вне его (1, 2, 3 на рис. 5). В первом случае на обеих поверхностях разрушения наблюдается тонкий шероховатый рельеф¹. В незакаленном полиметилметакрилате и полистироле разрыв проходит, как правило, по сплошному материалу, окружающему крупные одиночные трещины [2]. В закаленном полистироле, по неясным пока причинам, разрыв проходит по границе разрыхленного материала. Последний остается на одной из поверхностей разрушения в виде рыхлой пленки и во многих случаях может быть отделен для непосредственного исследования.

Выводы

1. Разрыв образцов закаленного полистирола происходит по большим внутренним трещинам. Материал, заполнявший трещину, остается на поверхности разрушения и может быть снят с нее в виде тонкой пленки.
2. Наблюдавшееся явление объясняется с точки зрения пачечного строения линейных блочных полимеров.

Институт высокомолекулярных
соединений АН СССР

Поступила в редакцию
28 VII 1959

ЛИТЕРАТУРА

1. Ю. С. Лазуркин, Докторская диссертация, ИФПр АН СССР, М., 1954.
2. М. И. Бессонов, Е. В. Кувшинский, ФТГ, 1, 1441, 1959.
3. С. С. Исио, Ё. А. Саег, J. Appl. Phys., 21, 1071, 1950.
4. В. А. Карагин, А. И. Китайгородский, Г. Л. Слонимский, Колloidн. ж., 19, 131, 1957.
5. R. N. Haward, Trans. Faraday Soc., 38, 394, 1942.
6. A. G. Smekal, Österr. Akad. Wiss. Math.-naturw. Kl. Anz., 94, 120, 1957.

CERTAIN FEATURES OF THE DESTRUCTION OF ANNEALED POLYSTYRENE

M. I. Bessonov, E. V. Kuvshinskii

Summary

Annealed specimens of polystyrene during stretching disrupt along large single cracks. The cracks are filled with loose material apparently consisting of preliminarily deformed «packets» of molecules separated into layers. The material filling in the cracks along which rupture took place may be isolated from the rupture surface and separately investigated.

¹ Глубину его Смекал пытается связать с размерами молекулярных «пачек» [6].