

## ОРИЕНТАЦИОННОЕ УПРОЧНЕНИЕ ВОЛОКНА ИЗ ПОЛИТЕТРАФТОРЭТИЛЕНА

*З. Н. Мотельс, М. П. Носов, М. Б. Сигал*

Для волокон, полученных формированием из растворов и расплавов полимеров, показана принципиальная возможность реализации высоких прочностей, сравнимых с теоретическими [1]. Вместе с тем известно, что для волокон из политетрафторэтилена (ПТФЭ) — полифен, тefлон, — получаемых по коллоидному способу формования, характерна относительно низкая прочность [2, 3]. Особенности процесса получения этих волокон (формование волокна из гетерогенной системы и последующая термическая обработка, в результате которой образуются прочные связи между дисперсными частицами полимера) определяют их специфическую макроструктуру, обуславливающую их низкую прочность.

Цель работы — выяснение возможности упрочнения волокна полифен методом ориентационной вытяжки.

Известно, что прочность ряда волокон определяется главным образом степенью ориентационной вытяжки [4—6]. Ранее было показано [7], что прочность волокна полифен, получаемого по коллоидному способу формования, также определяется степенью ориентационной вытяжки. Причем высокая степень вытяжки может быть реализована при температурах выше температуры плавления кристаллитов ПТФЭ [7, 8].

Однако повышение температуры вытяжки, наряду с увеличением подвижности сегментов макромолекул, увеличивает количество тепловых флуктуаций [9], что приводит к понижению прочности волокна. При определенных температурах показатель долговечности полимера становится соизмеримым с временем опыта (временем ориентации), и волокно разрушается в процессе вытяжки.

Таким образом, правильный выбор температурно-временных условий процесса вытяжки является определяющим условием повышения молекулярной ориентации и, следовательно, прочности волокна.

Объектом исследований служила неориентированная нить полифен. Вытяжку нити проводили на вытяжном стенде с использованием в качестве нагревателей металлической пластины (утюжок) и трубчатой многосекционной печи. Время и температуру вытяжки изменяли в широком интервале. Степень вытяжки определяли как отношение весов одинаковых по длине отрезков нити до и после вытяжки. Прочность волокна измеряли при комнатной температуре.

Данные о влиянии условий вытягивания волокна полифен на величину максимальной степени вытяжки приведены ниже.

Тип нагревателя	Металлическая пластина			Трубчатая печь		
Время пребывания при высокой температуре, сек.	4	1,5	0,3	0,1	6	0,6
Температура нагревателя, соответствующая $\lambda_{\max}$ , °С	370	370	375	380	370	385
Максимальная степень вытяжки $\lambda_{\max}$	7,3	9,5	16,3	21,7	7,1	12,3

Как видно,  $\lambda_{\max}$  возрастает по мере увеличения температуры вытяжки и сокращения времени пребывания волокна при высокой температуре.

Интересно отметить, что при уменьшении времени нагревания нити от 4 до 1,5 сек. несколько увеличивается  $\lambda_{\max}$  при одной и той же температуре. Это можно объяснить тем, что времени, равного 1,5 сек., достаточно [7] для достижения нитью температуры нагревателя, и дальнейшее пребывание нити в силовом поле при указанной температуре способствует термическому разрушению полимера и понижает, таким образом, его способность к вытяжке.

Уменьшение времени нагревания волокна до 0,3 сек. позволяет при небольшом увеличении температуры резко повысить  $\lambda_{\max}$ .

Применение нагревателя малых размеров по аналогии с локальным нагревом [1] дало возможность сократить время нагревания волокна до

0,1 сек., что позволило в свою очередь использовать более высокие температуры вытяжки (до 380°). В этих условиях значение  $\lambda_{\max}$  составило 21,7.

Разница в температурах, соответствующих  $\lambda_{\max}$ , при контактном и бесконтактном способах нагрева связана с разными условиями теплопередачи к волокну.

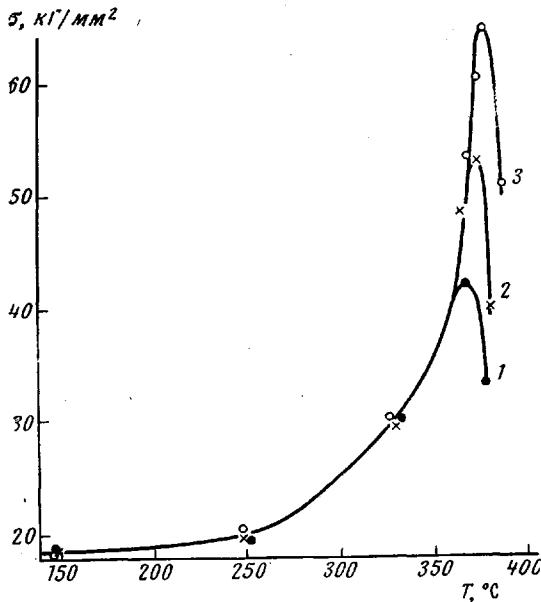


Рис. 1. Зависимость  $\sigma$  полифена от температуры вытяжки. Время пребывания волокна при высокой температуре 1,5 (1); 0,3 (2) и 0,1 сек. (3)

зависимости прочности максимально вытянутого волокна от температуры  $\sigma(T)$  (кривые 1—3). Уменьшение времени позволяет несколько повысить температуру вытяжки (максимум кривой смещается в область более высоких температур); при этом резко возрастает прочность волокна.

В отличие от волокна из поликарбоната [1] для полифена характерен очень узкий температурный диапазон резкого возрастания прочности. Для ряда синтетических волокон [1, 10, 11] максимальная прочность достигается при вытяжке вблизи или выше температуры плавления неориентированного полимера. Возможность вытяжки этих волокон выше температуры плавления связана [12—14] с повышением температуры плавления ориентированного полимера в силовом поле. Температура вытяжки волокна полифен также превышает температуру плавления ПТФЭ, равную 327° [15]. По-видимому, возможность значительного (более чем на 50°) превышения температуры плавления ПТФЭ связана наряду с влиянием силового поля с отсутствием текучести этого полимера выше температуры плавления кристаллитов [15, 16].

В данном исследовании  $\lambda_{\max}$  достигалась при 380°, что близко к температуре начала эффективной термической деструкции ПТФЭ [17, 19].

Следовательно, сокращение времени воздействия высокой температуры и силового поля на нить создает благоприятные условия для увеличения степени ориентационного вытягивания волокна полифен.

Как видно из рис. 1, по мере увеличения температуры вытяжки прочность волокна полифен возрастает и при определенной температуре достигает максимума. Уменьшение прочности при дальнейшем увеличении температуры связано с тем, что разупрочнение волокна, вызванное термической деструкцией полимера, начинает превалировать над эффектом структурного упрочнения. Время действия высокой температуры на волокно не оказывает влияния на характер

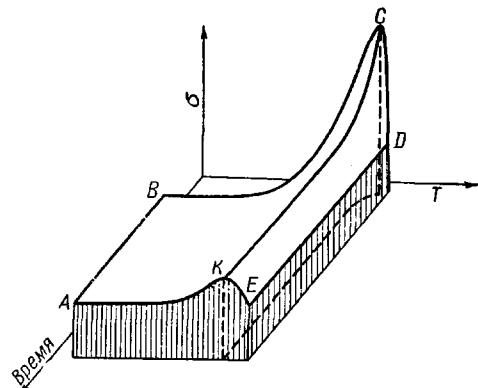


Рис. 2. Зависимость  $\sigma$  полифена от температуры и времени вытяжки

Дальнейшее повышение прочности волокна полифен за счет ориентационной вытяжки лежит, по-видимому, в еще большем приближении температуры вытягивания волокна к температуре начала эффективного термического распада макромолекул. При этом за время действия температуры и напряжения не должно происходить заметной деструкции полимера.

На рис. 2 приведена пространственная графическая зависимость прочности максимально вытянутого волокна полифен от температуры и времени вытяжки при изменении последних соответственно от 20 до 400° и от 0,1 до 4 сек. В указанном температурно-временном интервале эта зависимость описывается поверхностью ABCDEK, возвышающейся до определенного предела (линия КС) по мере увеличения температуры. Максимальное возвышение поверхности наблюдается в области высоких температур и малых времен вытяжки (точка С).

### Выводы

Изучение ориентационного упрочнения волокна полифен, получаемого формованием из дисперсии полимера, показало, что этот процесс подчиняется основным закономерностям, характерным для процесса ориентационного упрочнения волокна, сформованных из растворов и расплавов полимеров. Достигнутые при этом прочности волокна сопоставимы с прочностями промышленных волокон, получаемых классическими способами формования. С этой точки зрения специфика коллоидного способа формования волокна полифен не накладывает ограничений в отношении возможности упрочнения этого волокна методом ориентационной вытяжки.

Всесоюзный научно-исследовательский институт искусственного волокна

Поступила в редакцию  
11 VI 1970

### ЛИТЕРАТУРА

1. С. Н. Журков, Б. Я. Левин, А. В. Савицкий, Докл. АН СССР, 186, 132, 1969.
2. Комэтаи Юдзуру, Мицунама, Тосиро, Japan Chem. Fibres Monthly, 18, 26, 1965.
3. М. Б. Сигал, Т. Н. Козиорова, Химич. волокна, 1966, № 6, 1.
4. М. П. Носов, Химич. волокна, 1965, № 1, 45.
5. С. Н. Журков, И. И. Новак, Б. Я. Левин, А. В. Савицкий, И. В. Веттегрень, Высокомолек. соед., 7, 1203, 1965.
6. Б. Я. Левин, А. В. Савицкий, В. П. Демичева, Химич. волокна, 1966, № 1, 29.
7. З. Н. Мотельс, М. Б. Сигал, В. Я. Варшавский, М. П. Носов, Химич. волокна, 1971, № 1, 53.
8. Пат. СССР 2776465.
9. С. Н. Журков, Вестник АН СССР, 1957, № 11, 78.
10. М. П. Зверев, Л. А. Половихина, Химич. волокна, 1969, № 3, 43.
11. Л. А. Половихина, М. П. Зверев, Химич. волокна, 1969, № 5, 12.
12. А. Peterlin, G. Meinel, J. Polymer Sci., B3, 783, 1965.
13. И. И. Новак, А. В. Савицкий, У. Г. Гафуров, Высокомолек. соед., Б10, 306, 1968.
14. М. П. Зверев, Л. А. Половихина, Высокомолек. соед., Б10, 266, 1968.
15. C. A. Sperati, H. W. Starkweather, Fortschr. Hochpol. Forsch., 2., 465, 1961.
16. Д. Д. Чегодаев, З. К. Наумова, Ц. С. Дунаевская, Фторопласти, Госхимиздат, 1960.
17. L. C. Case, J. Appl. Polymer Sci., 3, 254, 1960.
18. J. H. Cox, B. A. Wright, W. W. Wright, J. Appl. Polymer Sci., 8, 2951, 1964.
19. A. V. Tobolsky, D. Katz, M. Takahashi, J. Polymer Sci., A1, 483, 1963.