

8. Бови Ф. А. ЯМР высокого разрешения макромолекул. М.: Химия, 1977, с. 83.
9. Swith W., Ewart R. J. Chem. Phys., 1948, v. 16, № 3, p. 592.
10. Арутюнян Р. С., Бейлерян Н. М. Арм. хим. журн., 1979, т. 32, № 5, с. 408.
11. Шапиро Ю. Е., Швецов О. К., Дозорова Н. П., Ершов А. А. Высокомолек. соед. Б., 1978, т. 20, № 5, с. 328.

Ереванский государственный  
университет

Поступила в редакцию  
10.VI.1984

УДК 541.64:537.2

## СТОЙКОСТЬ К ОБРАЗОВАНИЮ КАНАЛОВ НЕПОЛНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПРОБОЯ ГИДРОЭКСТРУДИРОВАННОГО ПОЛИЭТИЛЕНА ВЫСОКОЙ ПЛОТНОСТИ

*Лобанов А. М., Романовская О. С., Мартынов М. А.,  
Корчагин А. Г., Цыганков С. А., Мяеников Г. Д.*

Полиэтилен, получаемый гидростатической экструзией в твердом состоянии, обладает высокими значениями модуля упругости, предела текучести и предела прочности при растяжении благодаря ряду специфических характеристик своей структуры. Возможность использования ПЭ как электроизоляционного материала определяет необходимость изучения электроизоляционных свойств гидроэкструдированного ПЭ, в частности стойкости к образованию каналов неполного электрического пробоя при воздействии переменного электрического поля частотой 50 Гц, так называемой дендритостойкости. Целью настоящей работы явилось установление взаимосвязи дендритостойкости с особенностями структуры ПЭ высокой плотности (ПЭВП), подвергнутого гидроэкструзии.

Дендритостойкость характеризовалась напряжением  $U_d$ , при котором в течение часа выдержки возникают каналы неполного пробоя — «дендриты» — в 50% исследуемых образцов [1]. Изучали образцы ПЭВП марки 20306-005, полученные методом гидроэкструзии по технологии, описанной в работе [2]. Дендритостойкость определяли на образцах размерами  $5 \times 5 \times 3$  мм<sup>3</sup>, внутрь которых вводили иглу, служившую высоковольтным электродом и имевшую радиус закругления острия 4–6 мкм [1]. В качестве заземленного электрода использовали металлическую пластину, к которой образец плотно прижимался стороной, противоположной высоковольтному игольчатому электроду. Расстояние между острием иглы и заземленной пластиной —  $3 \pm 0.2$  мм. Относительная погрешность определения  $U_d$  составляла 5%.

Структуру образцов исследовали методом рентгеноструктурного анализа: определяли степень ориентации кристаллов  $f_a$  и массовую степень кристалличности  $K$  [3]; рассчитывали массовую степень кристалличности микрофибрилл  $K_\phi$ , массовые доли внутрифибрillлярных  $A_\phi$  и межфибрillлярных  $A_m$  аморфных прослоек [4].

Внешний вид дендритов, образовавшихся под воздействием электрического поля вблизи игольчатого электрода, изучали на срезах образцов с помощью микротонна садки МФН-12 и микроскопа МБИ-3.

Данные о структуре и дендритостойкости ПЭВП в направлении поперек оси экструзии в зависимости от экструзионного отношения (степени вытяжки)  $R$  при 393 К приведены в таблице.

С увеличением степени вытяжки дендритостойкость ПЭВП увеличивается. Ранее было установлено [6], что для неориентированных образцов ПЭВП со степенью кристалличности  $0.50 \pm 0.05$   $U_d = 9.5 \pm 0.5$  кВ. Таким образом, гидроэкструдированные образцы ПЭВП имеют повышенную ден-

диритостойкость, достигающую максимальных значений  $U_d=14$  кВ при  $R=16$ , что на 45 % превышает дендритостойкость прессованных образцов.

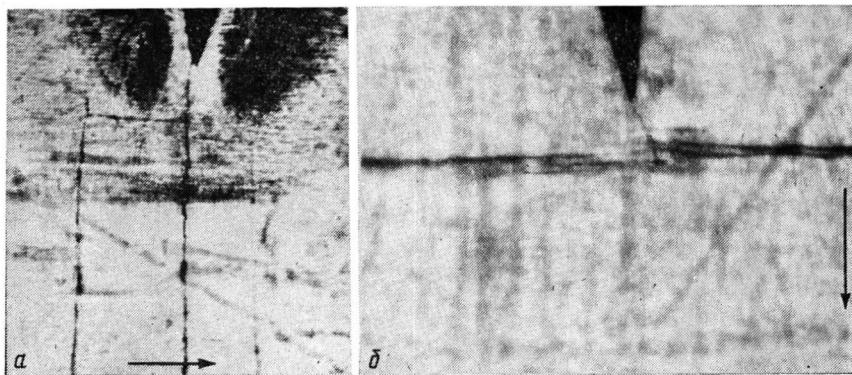
На рисунке приведены микрофотографии внешнего вида дендритов, из которых видно, что в гидроэкструдированных образцах ПЭВП существует два преимущественных направления дендритов: вдоль и поперек оси гидроэкструзии. В том случае, когда электрическое поле направлено перпендикулярно оси гидроэкструзии, дендриты развиваются как поперек, так

**Параметры структуры и стойкость к развитию каналов неполного электрического пробоя гидроэкструдированного ПЭВП**

$R$	$f_\alpha$	$K$	$K_\Phi$	$K/K_\Phi$	$A_\Phi$	$A_M$	$U_d$ , кВ
4,8	0,83	0,50	0,66	0,76	0,24	0,24	10
7,5	0,87	0,53	0,67	0,79	0,26	0,21	12
10,8	0,93	0,55	0,65	0,84	0,29	0,16	13
16,0	0,94	0,62	0,67	0,92	0,30	0,08	14
25,0	0,94	0,66	0,66	1,00	0,34	0,00	—

и вдоль оси ориентации образцов, причем длина дендритов поперек оси ориентации превышает их длину в направлении, параллельном ориентации (рисунок).

При введении игольчатых электродов параллельно оси гидроэкструзии вид дендритов преимущественно такой, как представлен на рисунке, б:



Микрофотографии каналов неполного электрического пробоя, образовавшихся в гидроэкструдированных образцах ПЭВП ( $R=7,85$ ) при частоте 50 Гц и напряжении 13,5 кВ, когда электрод введен перпендикулярно (а) или параллельно оси экструзии (б). Стрелками указано направление гидроэкструзии

ветви дендритов направлены перпендикулярно электрическому полю и перпендикулярно оси гидроэкструзии.

Рост каналов неполного электрического пробоя по определенным направлениям обусловлен особенностями структуры образцов материала.

С увеличением степени вытянутости гидроэкструдированных образцов ПЭВП происходят следующие основные изменения их структуры (таблица). Увеличиваются степень молекулярно-кристаллитной ориентации и общая кристалличность при неизменной внутрифибриллярной степени кристалличности, происходит перераспределение аморфной фазы таким образом, что в высокоориентированных образцах остаются только внутрифибриллярные аморфные прослойки. Моделью структуры высокоориенти-

рованных образцов ПЭВП могут быть чередующиеся вдоль оси экструзии извилистые кристаллические и аморфные слои (подобная структура описана в работе [4]).

Каналы неполного электрического пробоя развиваются в основном в менее плотных аморфных областях полимеров [5, 6]. Таким образом, преимущественный рост дендритов поперек оси экструзии в высокоориентированных гидроэкструдированных образцах полностью согласуется со слоевой аморфно-кристаллической моделью структуры ПЭВП.

Увеличение  $U_d$  более сложным образом связано с изменением структуры полимера. Поскольку дендриты развиваются преимущественно в аморфных прослойках полимера, увеличение степени ориентации молекул и общей кристалличности однозначно не объясняет рост дендритостойкости (тем более, что внутрифибриллярная степень кристалличности остается неизменной). По-видимому, происходят качественные изменения в самих внутрифибриллярных аморфных прослойках. Можно предположить, что увеличение степени ориентации молекул в аморфных областях приводит к такому изменению конформационного набора молекул, при котором увеличивается их распрямленность и возникает определенная доля плотных межкристаллитных тяжей, создающих реальные препятствия для развития дендритов, что приводит к росту  $U_d$ .

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Шпаковская Г. Б., Романовская О. С., Лобанов А. М. Пласт. массы, 1972, № 7, с. 41.
2. Цыганков С. А. В кн.: Докл. I Всесоюзн. конф. «Гидростатическая обработка материалов». Донецк: ФТИ, 1981, с. 114.
3. Мартынов М. А., Вылегжанова К. А. Рентгенография полимеров. Л.: Химия, 1972, с. 15.
4. Гинзбург Б. М., Мартынов М. А. Высокомолек. соед. Б, 1974, т. 16, № 1, с. 17.
5. Романовская О. С., Шпаковская Г. Б., Лобанов А. М., Мартынов М. А., Воробьев В. П. В кн.: Карбоновые соединения. М.: Наука, 1977, с. 163.
6. Шпаковская Г. Б., Мартынов М. А., Лобанов А. М., Леоско Е. А., Ильченко П. А., Романовская О. С. Высокомолек. соед. А, 1975, т. 17, № 9, с. 1899.

Охтинское научно-производственное  
объединение «Пластполимер»

Поступила в редакцию  
12.VI.1984

УДК 541.64:539.3

## ОСОБЕННОСТИ ДЕФОРМАЦИИ ОРИЕНТИРОВАННЫХ ПОЛИМЕРОВ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ВЫСОКИХ ДАВЛЕНИЙ

*Кечекъян А. С.*

Как сообщалось ранее [1], холодное продавливание полимеров через фильтеру под действием высоких давлений при определенных условиях происходит скачкообразно, сопровождаясь взрывообразными выбросами материала.

Установлено, что подобные условия и характер деформации достигаются при сжатии полимерного образца в виде пленки или пластиинки между двумя металлическими плоскостями.

В настоящей работе исследовали ПЭВП; ПЭНП; ПП; ПЭТФ; полиамиды 6; 6,6; 12; 6,10; ПВХ; ПОМ; ПС; ПТФЭ; эфиры целлюлозы. Образцы, вырезанные в форме