

объединенный  
институт  
ядерных  
исследований  
дубна

1255/  
2-81

9/III-81

8-80-772

Л.Б.Голованов, С.М.Стефанов, В.Д.Чолаков

ПРОНИЦАЕМОСТЬ ГАЗОВ  
ЧЕРЕЗ ПОЛИЭТИЛЕНТЕРЕФТАЛАТНУЮ ПЛЕНКУ  
ПРИ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ

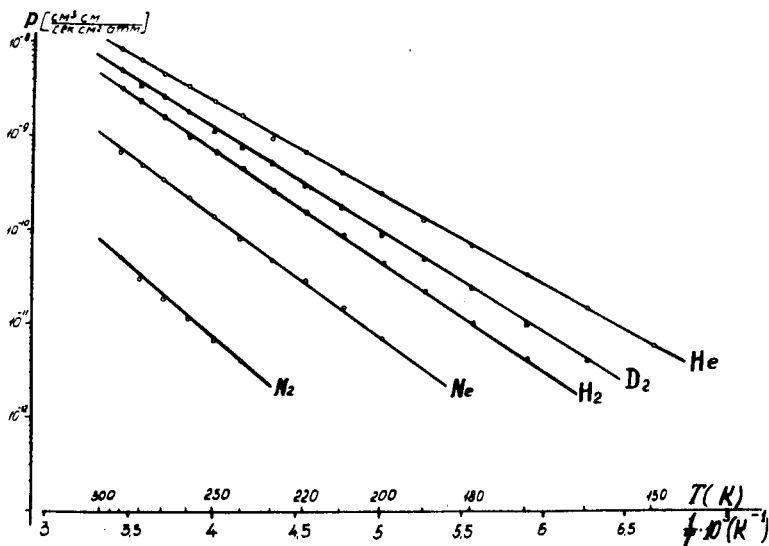
Направлено в журнал "Пластические массы"

1980

Пленки из полимерных материалов, первоначально использовавшиеся только при комнатной температуре, в настоящее время начинают применять в криогенной технике. В частности, пленки из полиэтилентерефталата /ПЭТФ/ успешно используются при изготовлении сосудов криогенных мишеней для ядерных исследований. В связи с этим возникла необходимость исследовать газопроницаемость ПЭТФ при отрицательных температурах.

Измерения проводились на приборе и по методике, которые описаны в работе<sup>1/</sup>. В качестве образцов использовались пленки толщиной 120 мкм. Газопроницаемость исследовалась при перепаде давления 1 атм. Диаметр исследуемого образца был выбран равным 80 мм.

Были определены коэффициенты газопроницаемости через полиэтилентерефталатную пленку водорода, дейтерия, гелия, неона и азота при различных температурах: от 300°K и ниже. Из рисунка,



Зависимость коэффициента газопроницаемости  $P$  от температуры  $T$  для полиэтилентерефталатной пленки по отношению к He,  $H_2$ ,  $D_2$ , Ne и  $N_2$ .

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ  
БИБЛИОТЕКА

в частности, видно, что проницаемость при 300 К гелия в 100 раз, а водорода в 50 раз больше, чем азота, а при охлаждении пленки с 0°С до -50°С проницаемость падает в 10, а при охлаждении до -90°С в 100 раз.

Минимальный поток газа, который может быть измерен на данном приборе и по данной методике, составляет  $6,7 \cdot 10^{-9} \frac{\text{см}^3}{\text{с}}$ .

Это значит, что минимальная величина коэффициента газопроницаемости, которая может быть определена при выбранных геометрии образцов и перепаде давления, составляет  $1,8 \cdot 10^{-12} \frac{\text{см}^3 \text{см}}{\text{с} \cdot \text{см}^2 \cdot \text{атм}}$ .

При обработке экспериментальных данных в координатах  $\lg P$  от  $1/T$  получена линейная зависимость /см. рисунок/. Это говорит о том, что процесс изменения газопроницаемости в зависимости от температуры подчиняется уравнению Аррениуса /2/.

$$P = P_0 \exp(-E_p/RT), \quad /1/$$

Здесь  $P$  - коэффициент газопроницаемости,  $P_0$  - предэкспоненциальный множитель,  $R$  - универсальная газовая постоянная,  $E_p$  - энергия активации проницаемости,  $T$  - температура пленки.

Таким образом, измерив коэффициент проницаемости при двух различных температурах, можно получить постоянные  $P_0$  и  $E_p$ , а затем по уравнению Аррениуса - зависимость  $P$  от  $T$ .

В табл. 1 приведены результаты, полученные прямыми измерениями и путем экстраполяции, а также для сравнения - литературные данные /3/ для  $P_0, E_p$  и  $P$  при различных температурах.

Таблица 1

Г а з	$P / \frac{\text{см}^3 \text{см}}{\text{с} \cdot \text{см}^2 \cdot \text{атм}}$			$P_0 / \frac{\text{см}^3 \text{см}}{\text{с} \cdot \text{см}^2 \cdot \text{атм}}$		$E_p / \frac{\text{к кал}}{\text{г моль}}$	
	T=295K	T=250K	T=77K *	наши данные	/3/	наши данные	/3/
He	$1,0 \cdot 10^{-8}$	$2,5 \cdot 10^{-9}$	$5 \cdot 10^{-18}$	$2 \cdot 10^{-5}$	$2,4 \cdot 10^{-5}$	4,5	4,6
H <sub>2</sub>	$4,8 \cdot 10^{-9}$	$7,2 \cdot 10^{-10}$	$1,4 \cdot 10^{-20}$	$4,3 \cdot 10^{-5}$	$5,9 \cdot 10^{-5}$	5,3	5,5
D <sub>2</sub>	$5,1 \cdot 10^{-9}$	$1,3 \cdot 10^{-9}$	$2 \cdot 10^{-19}$	$2,8 \cdot 10^{-5}$	-	5	-
Ne	$9 \cdot 10^{-10}$	$1,5 \cdot 10^{-10}$	$3 \cdot 10^{-22}$	$2,4 \cdot 10^{-5}$	-	6	-
N <sub>2</sub>	$5,6 \cdot 10^{-11}$	$7 \cdot 10^{-12}$	$2 \cdot 10^{-25}$	$8,4 \cdot 10^{-6}$	$1,8 \cdot 10^{-5}$	7	7,5

\* Величина коэффициента газовой проницаемости при T=77 К получена экстраполяцией.

При изготовлении доньшек сосудов мишенной пленка подвергалась термообработке и формованию /4/. Измерение газопроницаемости через готовые доньшки показало, что указанные технологические процессы, в пределах ошибок измерений, не влияют на ее величину.

Высокая газопроницаемость сосудов мишенной значительно сокращает продолжительность непрерывной работы. Одним из способов уменьшения газопроницаемости пленок является их металлизация. Были проведены измерения газопроницаемости пленки ПЭТФ толщиной 120 мкм, металлизированной медью и алюминием различной толщины. Для определения влияния металлизации на газопроницаемость коэффициент газопроницаемости  $P_M^*$  вычислялся по следующей формуле /2/:

$$P_M^* = \frac{Q}{t} \frac{1}{S \Delta p}, \quad /2/$$

где  $\frac{Q}{t}$  - поток газа, прошедший через мембрану, при нормальных условиях,  $S$  - площадь мембраны,  $\Delta p$  - перепад давлений газа на мембране.

Измерения проводились при температуре 293 К. Коэффициенты газопроницаемости приведены в табл. 2.

Результаты измерений показали, что покрытие пленки металлом толщиной в несколько сотых микрона уменьшает проницаемость газа в несколько раз.

Таблица 2

Материал	Толщина ( мкм )	H <sub>2</sub>		He	
		$P^* / \frac{\text{см}^3}{\text{с} \cdot \text{см}^2 \cdot \text{атм}}$	$P^* / P_M^*$	$P^* / \frac{\text{см}^3}{\text{с} \cdot \text{см}^2 \cdot \text{атм}}$	$P^* / P_M^*$
ПЭТФ	120	$3,9 \cdot 10^{-7}$	1	$8,7 \cdot 10^{-7}$	1
ПЭТФ алюминий	120 0,03	$2,9 \cdot 10^{-7}$	1,35	$3,9 \cdot 10^{-7}$	3,6
ПЭТФ алюминий	120 0,07	$1,5 \cdot 10^{-7}$	2,6	$1,9 \cdot 10^{-7}$	4,58
ПЭТФ медь	120 0,03	$3 \cdot 10^{-7}$	1,3	$4,5 \cdot 10^{-7}$	1,93

Здесь  $P^*$  - газопроницаемость неметаллизированной пленки,  $P_M^*$  - газопроницаемость металлизированной пленки.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Голованов Л.Б., Стефанов С.М., Чолаков В.Д. ОИЯИ, Р13-12888, Дубна, 1979.
2. Рейтлинчер С.А. Проницаемость полимерных материалов. "Химия", М., 1974.
3. Бэр Э. Конструктивные свойства пластмасс. "Химия", М., 1967.
4. Борзунов Ю.Т. и др. ОИЯИ, Р8-8991, Дубна, 1975.

Рукопись поступила в издательский отдел  
5 декабря 1980 года.