Степанова В.С., Комова Н.Н.

Деструкция полихлоропрена под действием электрического поля

Московский технологический университет
(Россия, Москва)

doi:10.18411/spc-12-04-2018-04

idsp: 000001:spc-12-04-2018-04

Для решения проблем нанoeлектроники и техники используются в больших масштабах полимерные диэлектрики. В связи с этим возникает необходимость исследовать диапазон безопасного функционирования таких материалов и процессы, протекающие при воздействии физических факторов.

В работе исследовали деструкцию наиболее распространённого в промышленности полярного эластомера – полихлоропрена – под действием электрического поля.

Образец плёнки для исследования готовили методом полива раствора полихлоропрена в четырёххлористом углероде на подложку из полиамидной плёнки. Процесс образования плёнки при испарении растворителя контролировали взвешиванием и проводили до постоянного веса. Толщины плёнок измеряли микрометром с точностью до 1 мкм и составляли $250 \div 150$ мкм. Полученную плёнку размещали на медном катоде и подвергали воздействию электрического поля. В качестве электрода для воздействия был выбран катод, поскольку по данным работы [1], наибольшее воздействие плёнка полихлоропрена испытывает именно на катоде. Напряжение, подаваемое к электроду составляло от 5 до 25 В. Деструкцию макромолекул полихлоропрена определяли при измерении средневязкостной молекулярной массы в бензоле (используемые коэффициенты при расчёте средневязкостной массы составляли $K = 0,000146$, $\alpha = 0,73$). Степень деструкции определяли по формуле $\alpha = \Delta M_{\eta} / M_0$.

На рис.1 представлена зависимость средневязкостной молекулярной массы от времени выдержки на катоде при напряжении 25 В и температуре 30оС.

Рис.1. Зависимость средневязкостной молекулярной массы от времени выдержки на катоде при напряжении 25 В и температуре 30оС.

На рис. 2 показана зависимость степени деструкции полихлорена в процессе выдержки на катоде при тех же условиях.

Рис.2. Зависимость степени деструкции полихлорена от времени выдержки на катоде при напряжении 25 В и температуре 30оС.

Анализируя рисунки 1 и 2, можно заключить, что наиболее активная фаза деструкции на катоде при 25 В и 30оС реализуется в течение первых 20 минут, переходя затем в вяло текущий процесс. Такое поведение очевидно связано с тем, что за это время произошло разрушение наиболее слабых связей в макромолекулах полихлоропрена.

Исследование влияния величины напряжения на катоде на молекулярную массу и степень деструкции представлены соответственно на рис. 3 и 4.

Рис.3. Зависимость средневязкостной массы полихлоропрена от напряжения на катоде при выдержке в течение 60 мин и 30оС.

С увеличением напряжения (U) на катоде средневязкостная молекулярная масса полимера уменьшается по логарифмической зависимости $M\eta = -23500 \ln U + 192000$ (величина достоверности аппроксимации 0,99). Однако до напряжения 5,5 В деструкции практически не происходит, что можно связать с недостаточной энергией

электрического поля при малых значениях напряжения для активации процесса деструкции полимерной цепи.

Степень деструкции полихлоропрена увеличивается с увеличением напряжения на катоде выше 5,5 В. Зависимость степени деструкции от напряжения также аппроксимируется логарифмической зависимостью (степень аппроксимации 0,99): $\alpha = 0,1545 \ln U - 0,2678$.

Согласно полученному соотношению, с увеличением подаваемого напряжения степень деструкции полимерной плёнки увеличивается. Такое изменение величины макромолекул должно приводить к изменению надмолекулярной структуры.

Рис.4. Зависимость степени деструкции полихлоропрена от напряжения на катоде при выдержке в течение 60 мин и 300С.

Рис.5. Зависимость степени деструкции полихлоропрена от напряжения полулогарифмических координатах.

В полулогарифмических координатах получена линейная зависимость степени деструкции полихлоропрена от энергетической характеристики поля (U) со степенью достоверности 0,97. Эта зависимость выражается соотношением $\alpha = 0,7 \exp\left(-\frac{23.175}{U}\right)$, что имеет форму Аррениусовской зависимости ($t = A \exp(-E/kT)$) [2], но роль температурного (энергетического) фактора выполняет энергетическая характеристика поля на катоде. Деструкция определяется энергетическим воздействием не температурного фактора, а величиной электрического поля за счёт снижения

энергетического барьера при переходе из состояния частей макромолекул в общей цепи в свободное состояние после разрушения в процессе деструкции [3].

Таким образом, в работе показано, что при воздействии постоянного электрического поля происходит деструкция в тонких плёнках полихлоропрена, которая имеет существенное значение при величине поля более 5,5 В и значительно проявляется в начальный период действия поля.

1. Комова Н.Н. Проводимость на переменном токе тонких плёнок полихлоропрена, сформированных в электрическом поле.// Тонкие химические технологии. Т.13. №1.2018 г.С.75-91
2. Бартенев Г.М., Бартенева А.Г. Релаксационные свойства полимеров. М.: Химия, 1992. 384 с.
3. Волькенштейн М. В.. Строение и физические свойства молекул. М.–Л.:Академия наук. 1955. 638 с.