

ВОЗДЕЙСТВИЕ ОДНООСНОГО НАПРЯЖЕНИЯ И ЭЛЕКТРОННОГО ОБЛУЧЕНИЯ НА РАСПРЯМЛЕНИЕ НАНОЦЕПЕЙ В ПЛЕНОЧНЫХ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛАХ

Н. А. Воронова¹, А. И. Купчишин^{1,2}, М. Н. Ниязов¹, А.Т. Тулегенова¹, В.М. Лисицын^{1,3}

¹Казахский национальный педагогический университет им. Абая, Достык, 13, Алматы, Казахстан

²Казахский национальный университет им. аль-Фараби, пр. аль-Фараби, 71, Алматы, Казахстан

³Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

E-mail: ankurchishin@mail.ru

Введение

Использование полимерных наноматериалов является важным в тех областях промышленности, где требуются высокие удельные значения механических и других характеристик материалов. Механические свойства материала определяются как структурой наночастиц, так и характером их взаимодействия [1].

Методика эксперимента

В качестве исследуемого материала были выбраны промышленные пленки полиэтилентерефталата толщиной 90 мкм и политетрафторэтилена толщиной 100 мкм. Длина испытываемого материала составляла 7 см, рабочая часть 5 см. Исследования зависимости деформации от одноосного напряжения проводились на модернизированной разрывной установке, на основе РУ-50 со скоростью движения траверсы 12 см/мин.

Облучение пленочных образцов велось на линейном ускорителе электронов ЭЛУ-6 с энергией 2 МэВ в воздушной среде. Доза облучения была равна 50 и 100 кГр для полиэтилентерефталата и 5, 10 кГр для фторопласта. Температура материала равнялась 23 °С, а относительная влажность – 55%. Температура материала при исследованиях составляла 23 °С.

Результаты и обсуждение

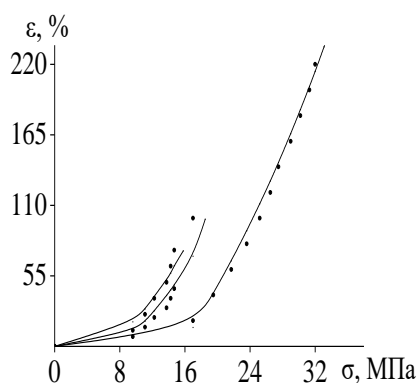
Были проведены экспериментальные исследования зависимости деформации от одноосного напряжения для полиэтилентерефталата и политетрафторэтилена. На рисунке 1 показана зависимость ε от σ как для необлученного (кривая 1), так и для облученного (кривая 2) дозой 5 кГр, 10 кГр (кривая 3) фторопласта. Из рисунка следует, что с ростом напряжения деформация сначала медленно увеличивается до $\sigma \sim 18$ МПа, а затем резко растет по экспоненциальному закону [2]. После облучения дозами 5 и 10 кГр, образцы материала теряют пластичность и начинают рваться при меньшей деформации, чем до облучения. При этом наблюдается существенное уменьшение относительного удлинения по сравнению с необлученным материалом при этом прочность не теряет значительных изменений.

Ранее в работе [2] нами было показано, что представление результатов по механическим свойствам в виде зависимости напряжения от деформации является некорректным и фактически не имеет физического смысла, поскольку σ является аргументом, а ε – функцией. Необходимо рассматривать зависимость ε от σ , которая для наших материалов при $\sigma > \sigma_1$ хорошо описывается экспоненциальной моделью.

На рисунке 2 показана зависимость деформации от одноосного напряжения для необлученного и облученного полиэтилентерефталата. После облучения дозами 50 и 100 кГр, пластичность материала практически не меняется, и образцы начинают рваться при большем напряжении, чем до облучения. При этом наблюдается увеличение предела прочности по сравнению с необлученным материалом. В интервале напряжений 13 – 16 МПа электронное облучение приводит к существенному уменьшению деформации (до 80 %). Как следует из рисунка 2, экспериментальные кривые удовлетворительно описываются в рамках линейной модели [2]. При этом, в интервале значений $\sigma = 0 - 13$ МПа экспериментальные данные для необлученного и облученных образцов (кривая 1) совпадают.

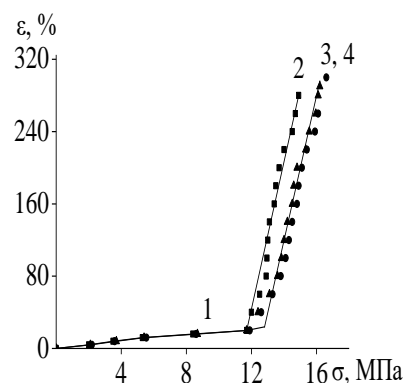
Уменьшение прочности вещества и увеличение относительного удлинения говорит о существенном влиянии радиационных дефектов на структуру и механические свойства лавсана и фторопласта. Относительное удлинение у обоих материалов падает после облучения в несколько раз.

У фторопласта прочность уменьшается значительней, в отличие от полиэтилентерефталата. Распрямление цепей ярко выражено у лавсанового полимера. Сравнивая свойства фторопласта с лавсаном, можно сказать, что фторопласт является значительно чувствительней к облучению, чем лавсан. Полученные кривые зависимости ε от σ как для необлученного, так и для облученного материала удовлетворительно описываются в рамках экспоненциальной и линейной моделей.



1 – необлученный образец, 2 – 5; 3 – 10 кГр (точки) сплошные линии – расчет по формуле (1)

Рис. 1. Зависимость деформации от напряжения для необлученного и облученного политетрафторэтилена



■ – необлученный образец; ● – 50; ▲ – 100 кГр, – эксперимент; сплошные линии – расчет

Рис. 2. Зависимость деформации от механического напряжения для необлученного и облученного полиэтилентерефталат

Уменьшение прочности вещества и увеличение относительного удлинения говорит о существенном влиянии радиационных дефектов на структуру и механические свойства лавсана и фторопласта. Относительное удлинение у обоих материалов падает после облучения в несколько раз. У фторопласта прочность уменьшается значительней, в отличие от полиэтилентерефталата. Распрямление цепей ярко выражено у лавсанового полимера. Сравнивая свойства фторопласта с лавсаном, можно сказать, что фторопласт является значительно чувствительней к облучению, чем лавсан. Полученные кривые зависимости ε от σ как для необлученного, так и для облученного материала удовлетворительно описываются в рамках экспоненциальной и линейной моделей.

Заключение

Проведены комплексные исследования по воздействию одноосного напряжения и электронного облучения на распрямление наночепей пленочных полимерных материалов (фторопласта и лавсана). На кривых зависимости деформации (ε) от одноосного напряжения (σ) обнаружены существенные изменения поведения материала после облучения, в том числе и распрямление цепей. Увеличение одноосного напряжения как для фторопласта, так и для лавсана ведет к возрастанию деформации. Причем в политетрафторэтилене во всем интервале напряжений (0 – 32 МПа) идет монотонный рост деформации. В полиэтилентерефталате в интервале 0 – 13 МПа происходит медленный рост деформации, что связано с распрямлением наночепей, а при $\sigma > 13$ МПа деформация резко возрастает.

Литература

1. Тютнев А. П., Саенко В. С., Пожидаев Е. Д., Костюков Н. С. Диэлектрики и радиация: Кн. 5: Диэлектрические свойства полимеров в полях ионизирующих излучений. – Наука, 2005. – 453с.
2. Kupchishin A. I., Taipova B. G., Kupchishin A. A., Voronova N. A., Kirdyashkin V. I., Fursa T.V. Catastrophic models of materials destruction// IOP Conf. Series: Material Science and Engineering. 110. 012037. – 2016. – P. 1 – 5.