

УДК 53531

ИЗУЧЕНИЕ ДЕФОРМАЦИИ ОРГСТЕКЛА ПРИ ИЗГИБЕ, ОБЛУЧЕННОГО ЭЛЕКТРОНАМИ

^{1,2)} Купчишин А.И., ¹⁾ Ниязов М.Н., ¹⁾ Танпова Б.Г., ¹⁾ Абдуханрова А.Т., ²⁾ Яр-Мухамедова Г.Ш.¹⁾ Казахский национальный педагогический университет им. Абая, Алматы, Казахстан²⁾ Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан

Проведены эксперименты по зависимости деформации от напряжения при испытании на плоский прямой изгиб образцов необлученного и облученного рифленого оргстекла. Установлено, что при увеличении напряжения относительное удлинение рифленых образцов оргстекла (как необлученного, так и облученного) растет по линейному закону. Выявлено, что облучение приводит к заметному изменению деформационно-прочностных характеристик материала, проявляющихся в уменьшении пластичности. Относительное удлинение полосатого оргстекла после облучения изменяется на 20 %, а пирамидного – на 40 %. При этом изменение прочности не происходит. Полученные кривые зависимости ε от σ удовлетворительно описываются в рамках линейной модели.

ВВЕДЕНИЕ

Испытание на изгиб проводят, в частности, для проверки стыковых соединений [1–3]. Оно может быть статическим и ударным (динамическим) [4]. На изгиб испытываются и пластичные, и хрупкие материалы. Характер деформации хрупких образцов резко отличается от пластичных [5]. Если испытанию на изгиб подвергается пластичный материал, то из-за больших деформаций его не удастся разрушить и определить предел прочности на изгиб. Другие механические характеристики, как, например, предел пропорциональности, предел текучести, легко определяются из опыта [6–9].

Испытание при проверке прочности и жесткости хрупких материалов приобретает важное значение, так как разрушение их при работе чаще всего происходит от остаточных деформаций [10, 11]. При этом находят максимальную нагрузку и максимальную стрелу прогиба, предшествующие моменту разрушения. При максимальной нагрузке вычисляют предел прочности. Испытание на изгиб осуществляется следующим образом: одной сосредоточенной силой, приложенной посередине образца между опорами и двумя силами, приложенными симметрично относительно опор [12, 13]. Результаты испытания в значительной мере зависят от типа материала, условий нагрузки, формы и размеров образцов. Особый интерес при модификации свойств и структуры полимерных и композитных материалов представляет их облучение разными частицами, в том числе электронами [14].

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

Данная работа посвящена исследованию влияния напряжения и электронного облучения на деформацию рифленого оргстекла при плоском прямом изгибе с одной сосредоточенной силой. Исследуемый материал – рифленое оргстекло двух видов (пирамиды и полосы). Толщина (h) образцов оргстекла была равна 3 мм в выпуклой части рифления, ширина (b) – 5 мм и длина L – 40 мм. Наименьшая толщина в вогнутой части рифления для пирамидного материала составляла 1, а для полосатого – 2 мм. Испытание

проводилось при температуре 23 °С и относительной влажности 50 %

Для исследования зависимости деформации ε от напряжения σ нами была разработана и изготовлена соответствующая экспериментальная установка, схема которой показана на рисунке 1. Она состоит из следующих частей: датчик силы, индикатор часового типа, устройство для крепления образца, соединительные провода и интерфейс, на который выводятся данные о силе.

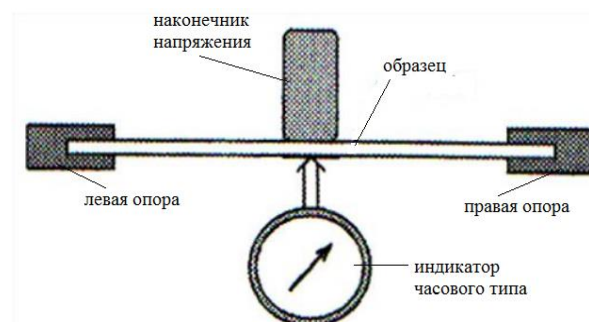


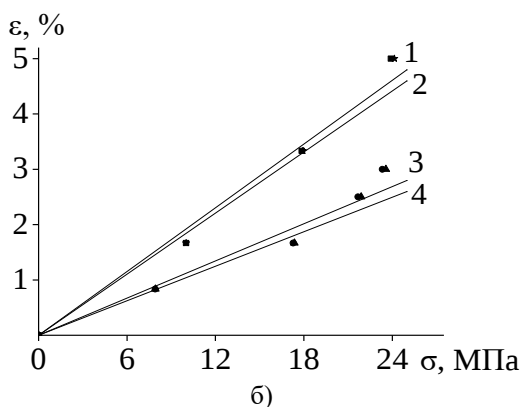
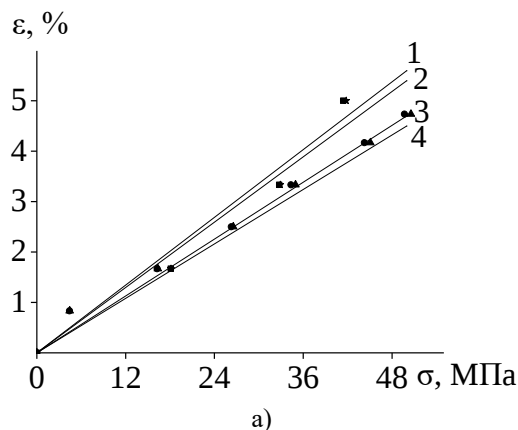
Рисунок 1. Схема установки для испытания материалов на плоский прямой изгиб

Все это устанавливается на нижней части разрывной машины РУ-50, обеспечивающей равномерную скорость передвижения – 10 мм/мин и относительное перемещение нагружающего наконечника и опор, и позволяющей производить измерение нагрузки с погрешностью ± 1 %, а прогиба – ± 2 %. Облучение образцов электронами проводилось на линейном ускорителе ЭЛУ-6 с энергией 2 МэВ в воздушной среде. Вакуум в системе ускорителя поддерживался равным 10^{-6} мм ртутного столба. Образцы для облучения помещались на расстоянии 40 см от выходного окна ускорителя. Величина тока пучка составляла 0,3 мкА/см², доза облучения – 100 кГр.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В результате проведенных экспериментальных исследований получены зависимости деформации от напряжения для необлученных и облученных образцов рифленых оргстеклов, при котором происходит

плоский изгиб с учетом и без учета горизонтальной составляющей (рисунок 2). Фигурами показаны результаты эксперимента, а линиями – данные расчетов. Рассмотрение физико-механических свойств проводилось в координатах ε , σ . Зависимость σ от ε не имеет физического смысла, поскольку σ является аргументом, а ε – функцией, что показано в [15].



фигуры – эксперимент; линии – расчет

Рисунок 2. Зависимость деформации от напряжения для необлученных (1, 2) и облученных электронами (3, 4) образцов полосато-рифленого (а) и пирамидно-рифленого (б) оргстекла, при плоском изгибе с учетом (квадраты и звездочки) и без учета горизонтальной составляющей соответственно (точки и треугольники)

Расчет зависимости ε от σ по экспериментальным данным производился следующим образом. Напряжение, при котором происходит изгиб, вычислялось по формуле [16]:

$$\sigma = \frac{M}{W}, \quad (1)$$

где M – изгибающий момент; W – момент сопротивления образца. Изгибающий момент (M) находился из выражения:

$$M = \frac{FL}{4}, \quad (2)$$

где F – нагрузка; L – расстояние между опорами. Момент сопротивления образца (W) определяется из соотношения:

$$W = \frac{bh^2}{6}. \quad (3)$$

Из (1) – (3) следует, что [14]:

$$\sigma = \frac{3FL}{2bh^2}. \quad (4)$$

Изгибающее напряжение (σ_i) с учетом горизонтальной составляющей изгибающего момента при изгибе z , может быть вычислено по формуле:

$$\sigma_i = \frac{3FL}{2bh^2} \left(1 + \frac{4z^2}{L^2} \right), \quad (5)$$

где z – прогиб образца в середине между опорами.

Как следует из результатов, при увеличении напряжения, относительное удлинение рифленых образцов оргстекла (как необлученного, так и облученного) растет по линейному закону. При этом, полосато-рифленый материал имеет большую прочность и относительное удлинение чем пирамидно-рифленый. После облучения дозой 100 кГр образцы оргстекла теряют пластичность на 20 и 40 % соответственно по сравнению с необлученными материалами. Изменение прочности материалов после облучения не происходит. Анализ показывает, что светопропускаемость (прозрачность) уменьшается, образцы окрашиваются в коричневый цвет. Учет горизонтальной составляющей несущественно влияет на величину относительного удлинения. С хорошей точностью экспериментальные данные описывается линейной моделью:

$$\varepsilon = \alpha \sigma, \quad (6)$$

где α – тангенс угла наклона. Для необлученного полосато-рифленого стекла $\alpha = 0,14$, а пирамидно-рифленого 0,2. Для облученных материалов $\alpha = 0,1$ и 0,13 соответственно.

Выводы

1. Проведены эксперименты по зависимости деформации от напряжения при испытании на плоский прямой изгиб образцов необлученного и облученного рифленого оргстекла. Установлено, что при увеличении напряжения относительное удлинение рифленых образцов оргстекла (как необлученного, так и облученного) растет по линейному закону. Выявлено, что облучение приводит к заметному изменению деформационно-прочностных характеристик материала, проявляющегося в уменьшении пластичности. Относительное удлинение полосатого оргстекла после облучения изменяется на 20 %, а пирамидного – на 40 %. При этом изменение прочности не происходит.

2. Полученные кривые зависимости ε от σ удовлетворительно описываются в рамках линейной модели.

ЛИТЕРАТУРА

1. Беляев Н.М. Соппротивление материалов. – М.: Наука, 1976. – 608 с.
2. Briskman B.A., Tlebaev K.B. Radiation Effects on Thermal Properties of Polymers. II. Polytetrafluoroethylene // High Performance Polymers. – 2008. – Vol. 20, No.1. – P. 86–114.
3. Рубашкин А.Г., Чернилевский Д.В. Лабораторно-практические работы по технической механике. – М.: Высшая школа, 1975. – 254 с.
4. Jiazhen Sun, Yuefang Zhang, Xiaoguang Zhong. Radiation cross linking of polytetrafluoroethylene // Polymer. – 1994. – Vol. 35, Iss. 13. – P. 2881–2883.
5. Tabata Y., Ikeda S., Tabata Y., Suzuki H., Miyoshi T., Katsumura Y. // Rad. Phys. Chem. – 2008. – Vol. 77, No 9. – P. 401–408.
6. Oshima A., Ikeda S., Katoh E., Tabata Y. // Rad. Phys. Chem. – 2001. – Vol. 62, No1. – P. 39–45.
7. Katoh E., Sugisawa H., Oshima A., Tabata Y., Seguchi T., Yamazaki T. // Rad. Phys. Chem. – 1999. – Vol. 54, No 2. – P. 165–171.
8. Lappan U., Geißler U., Lunkwitz K.I. // Rad. Phys. Chem. – 2000. – Vol. 59, No 3. – P. 317–322.
9. Lappan U., Fuchs B., Geißler U., Scheler U., Lunkwitz K. // Rad. Phys. Chem. – 2003. – Vol. 67, No 4. – P. 447–451.
10. Komarov F.F., Kupchishin A.I., Pivovarov S.P., Tlebaev K.B., Kusainov A.T., Rukhin A.B., Pozdeeva T.V. Influence of γ -irradiation on the conformation of free radicals in polytetrafluoroethylene // J. of engineering physics and Thermophysics. – 2012. – Vol. 85, No.2. – P. 455–458.
11. Ivchenko V.A. Atomic structure of cascades of atomic displacements in metals and alloys after different types of radiation // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 110012003. – 2016. – P. 1–5.
12. Surzhikov A.P., Galtseva O.V., Vasendina E.A., Vlasov V.A., Nikolaev E.V. Processing line for industrial radiation-thermal synthesis of doped lithium ferrite powders // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 110 012002. – 2016. – P. 1–4.
13. Kupchishin A.I., Niyazov M.N., Voronova N.A., Kirdyashkin V.I., Abdukhairova A.T. The effect of temperature, static load and electron beam irradiation on the deformation of linear polymers // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 168012017. – 2017. – P. 1–4.
14. Kupchishin A.I., Taipova B.G., Voronova N.A. Study of the influence of filler on the Structure Treatment systems biomaterials // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering: 168012015. – 2015. – P. 1–4.
15. Kupchishin A.I., Taipova B.G., Kupchishin A.A., Kozhamkulov B.A. Study on the physical and mechanical properties of composites based on polyimide and polycarbonate // Mechanics of composite materials. – 2015. – Vol. 51, № 1. – P. 115–118.
16. 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.

ЭЛЕКТРОНДЫҚ СӘУЛЕЛЕНУДІҢ ОРГАНИКАЛЫҚ ШЫНЫНЫҢ ДЕФОРМАЦИЯЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІНЕ ӘСЕР ЕТУІН ЗЕРТТЕУ

^{1,2)} А.И. Купчишин, ¹⁾ М.Н. Ниязов, ¹⁾ Б.Г. Таипова, ¹⁾ А.Т. Абдухайрова, ²⁾ Г.Ш. Яр-Мухамедова

¹⁾ Абай атындағы Қазақ Ұлттық Педагогикалық Университеті, Алматы, Қазақстан

²⁾ Әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық Университеті, Алматы, Қазақстан

Сәулеленген және сәулеленбеген органикалық шыны үлгілерінің тегіс тік бұрышында сыналған кезде кернеудің деформациядан тәуелділігі бойынша эксперименттер жүргізілді. Кернеудің жоғарылауымен, органикалық шыны үлгілерінің салыстырмалы ұзаруы (сәулеленген де, сәулеленбеген де) сызықты түрде артады. Сәулелендіру материалдың деформация-беріктігі сипаттамаларының елеулі өзгеруіне әкелетіні анықталды, бұл икемдіктің төмендеуімен көрінеді. Сәулеленген Плексигластың сәулеленуден кейінгі салыстырмалы ұзару 20 %-ға, ал пирамиданың мөлшері 40 %-ға өзгереді. Бұл жағдайда күштің өзгеруі орын алмайды. Алынған қисықтар ε -нің σ -ға тәуелділігі сызықтық модель шеңберінде қанағаттанарлық сипатталады.

THE STUDY OF THE DEFORMATION OF THE PLEXIGLAS BENDING IRRADIATED WITH ELECTRONS

^{1,2)} A.I. Kupchishin, ¹⁾ M.N. Niyazov, ¹⁾ B.G. Taipova, ¹⁾ A.T. Abdukhairova, ²⁾ G.Sh. Yar-Mukhamedova

¹⁾ Kazakh National Pedagogical University by Abay, Almaty, Kazakhstan

²⁾ Kazakh National University by al-Farabi, Almaty, Kazakhstan

Experiments were carried out on the dependence of strain on stress in the test for a flat straight bend of samples of non-irradiated and irradiated corrugated Plexiglas. It is found that with increasing voltage the relative elongation of corrugated samples of Plexiglas (both non-irradiated and irradiated) increases linearly. It is revealed that the irradiation leads to a noticeable change in the deformation-strength characteristics of the material, manifested in a decrease in plasticity. Elongation striped acrylic plastic after irradiation is changed to 20 %, and the pyramid – 40 %. In this case, the strength change does not occur. The obtained curves of $\lg t$ versus σ are satisfactorily described in the framework of the linear model.