

УДК 53531

МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТЕКСТОЛИТА И СТЕКЛОТЕКСТОЛИТА ПРИ ИСПЫТАНИИ НА ПЛОСКИЙ ПРЯМОЙ ИЗГИБ

^{1,2)} Купчишин А.И., ²⁾ Ниязов М.Н., ²⁾ Таипова Б.Г., ²⁾ Ходарина Н.Н., ²⁾ Шаханов К.Ш.

¹⁾ *Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан*

²⁾ *Казахский национальный педагогический университет им. Абая, Алматы, Казахстан*

Проведены исследования механических свойств текстолита и стеклотекстолита при испытании на плоский прямой изгиб. Для исследования зависимости деформации ϵ от напряжения σ была разработана и изготовлена соответствующая экспериментальная установка. Получено, что прочностные свойства стеклотекстолита при разрушении в 1,5 раза лучше, чем у текстолита, а деформационные характеристики почти одинаковы. Измеренные экспериментальные кривые удовлетворительно описываются предложенной авторами экспоненциальной моделью. Показано, что экспериментальные зависимости σ от lgt являются нелинейными, что говорит о зависимости механического напряжения текстолитового и стеклотекстолитового материала от скорости нагрузки.

ВВЕДЕНИЕ

Использование композитов, которые создаются искусственно, стало актуальным в последние десятилетия. Особое внимание уделяется соединениям из пластичной полимерной основы (матрицы) и армирующего наполнителя. Материалы композиционных материалов долговечны, а их использование позволяет уменьшить вес конструкции и сократить расходы на установку и монтаж [1–3]. Внесение армировки в композиционные материалы, как правило, используется для улучшения механических свойств с неразбавленной системой смолы. Одним из распространенных подкреплений являются волокна смолы у стекловолокна (стеклотекстолит). Существуют и другие типы волокон для армирования, такие как хлопковое волокно (текстолит), другие пластиковые волокна и в последнее время базальтовые волокна (базальт-текстолит). В зависимости от природы волокон также различают собственно органотекстолиты (синтетические и искусственные волокна), асботекстолиты (асбестовые волокна), углетекстолиты, или углеродо-текстолиты (углеродные волокна) и др. Ткани являются важным конструкционным армирующим материалом. Основными показателями ткани являются: структура пряжи или нитей, вид переплетения, плотность, прочность, растяжимость. Наиболее распространенными видами переплетения текстолита и стеклотекстолита являются: полотняное, саржевое и атласное. Свойства текстолитов зависят главным образом от природы волокон в тканях. Изделия из текстолита изготавливают путем послойной выкладки или намотки тканей с нанесенным связующим на оправку по форме изделия с последующим контактным или прессовым формованием, а также механической нагрузкой, обработкой текстолитовых листов, плит или пластин [4]. Поведение деформации твердых веществ сильно отличается от деформации пластичных материалов. Если испытанию на изгиб подвергается образец из пластичного материала (низкоуглеродистая сталь, медь, текстолит), то из-за больших пластических деформаций его не удастся разрушить и

определить предел прочности на изгиб. Другие механические характеристики, такие как, например, предел пропорциональности, предел текучести, легко определяются из опыта на изгиб. При максимальной нагрузке вычисляют предел прочности при изгибе. Испытание на изгиб можно проводить двумя способами: одной сосредоточенной силой, приложенной посередине образца между опорами и двумя силами, приложенными симметрично относительно опор [5, 6]. Результаты испытания на изгиб в значительной мере зависят от условий нагрузки, формы и размеров образцов. Данная работа посвящена исследованию зависимости деформации от напряжения текстолита при испытании на плоский прямой изгиб одной сосредоточенной силой.

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

Для исследования зависимости деформации ϵ от напряжения σ нами была разработана и изготовлена соответствующая экспериментальная установка. Она состоит из следующих частей: наконечник напряжения (датчик силы), индикатор часового типа (для измерения деформации), устройство для крепления образца (левая и правая опоры), соединительные провода и интерфейс, на который выводятся данные о силе. Все это устанавливается на нижней части разрывной машины РУ-50, которая служит источником напряжения образцов материала при проведении экспериментов.

В качестве исследуемого материала был взят текстолит коричневого и желтого цветов, толщина которого 2 и 2,5 мм соответственно, ширина 10 мм и с рабочей длиной $L = 220$ мм. Испытание проводилось при температуре 23°C и относительной влажности 50 %.

Эксперименты были осуществлены на испытательной машине, обеспечивающей равномерную скорость относительного движения нагружающего наконечника и опор и позволяющей производить измерение нагрузки с погрешностью $\pm 1\%$, а прогиба – с погрешностью $\pm 2\%$. На испытательной машине размещено устройство с нагружающим наконечником и

опорами. Сближение их проходило с постоянной скоростью. Образцы нагружались одной сосредоточенной силой, приложенной посередине образца между опорами.

Напряжение (σ), при котором происходит изгиб, рассчитывалось по формуле [7]:

$$\sigma = \frac{3FL}{2bh^2}$$

где b – ширина, h – толщина образца, мм.

Изгибающее напряжение (σ_f) учетом горизонтальной составляющей изгибающего момента при изгибе z , вычислялось по формуле:

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

где z – прогиб образца в середине между опорами.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

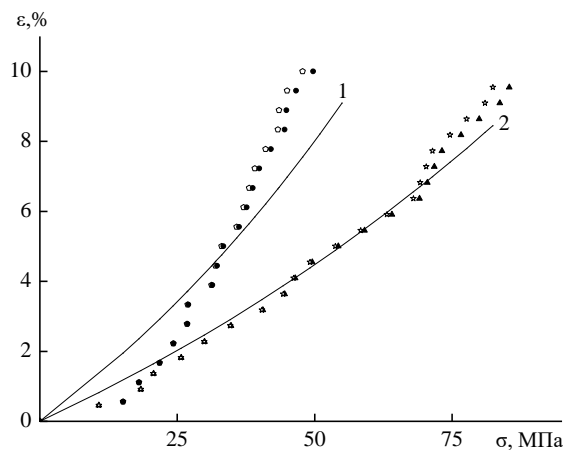
В результате проведенных исследований получены зависимости деформации от напряжения для текстолита, при котором происходит изгиб. Были вычислены максимальная нагрузка (предел прочности) и максимальная стрела прогиба, предшествующие моменту разрушения. Для образцов текстолита $\sigma_{max} = 67$ для коричневого и 102 МПа для желтого текстолита (стеклотекстолит), а $\varepsilon_{max} = 100$ и 95 % соответственно. Результаты зависимости деформации от напряжения, показаны на рисунке 1.

Из рисунка следует, что экспериментальные данные (фигуры) удовлетворительно описываются в рамках предложенной авторами экспоненциальной модели [6]:

$$\varepsilon = \varepsilon_0 [\sigma/\sigma_0 - 1],$$

где ε_0 – это предельное значение относительного прогиба, σ_0 – напряжение, при котором параметр $[\varepsilon/\varepsilon_0 - 1]$ уменьшается в e раз.

При сравнении зависимости относительного удлинения от времени текстолита и стеклотекстолита (рисунок 2) выявлено, что прочностные свойства стеклотекстолита при разрушении в 1,5 раза лучше, а деформации почти одинаковы. В первой половине участка деформации (от 4 до 5 %) механическое напряжение отличается в два раза. Стеклотекстолит славится тем, что его можно использовать в широком диапазоне температур (до 300 °С) и он менее подвержен старению и термостарению. На рисунке 3 показаны экспериментальные зависимости σ от lgt , которые оказались нелинейными, что говорит о зависимости прочности текстолита различного вида от скорости деформации. Причем, чем медленнее деформация, тем прочнее материал. Это объясняется наличием незначительной анизотропии свойств хаотически армированного материала, хотя образцы для исследований вырезались из средней части листа.



черные фигуры – эксперимент; светлые – эксперимент с учетом горизонтальной составляющей; 1 – расчет для текстолита; 2 – расчет для стеклотекстолита

Рисунок 1. Зависимость деформации от напряжения для образцов текстолита, при котором происходил изгиб (скорость нагрузки 0,05 мм/с)

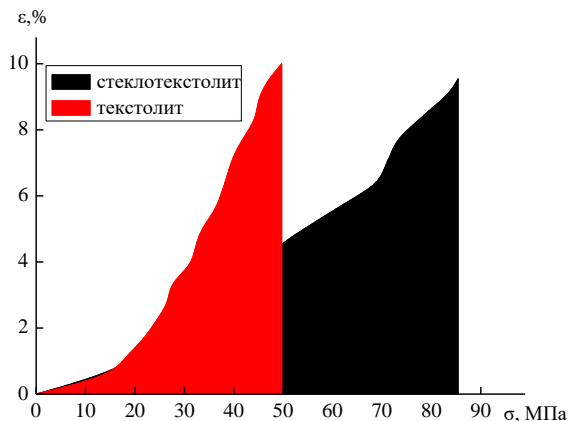


Рисунок 2. Сравнение зависимости деформации от напряжения для образцов текстолита и стеклотекстолита, при котором происходил изгиб (скорость нагрузки 0,05 мм/с)

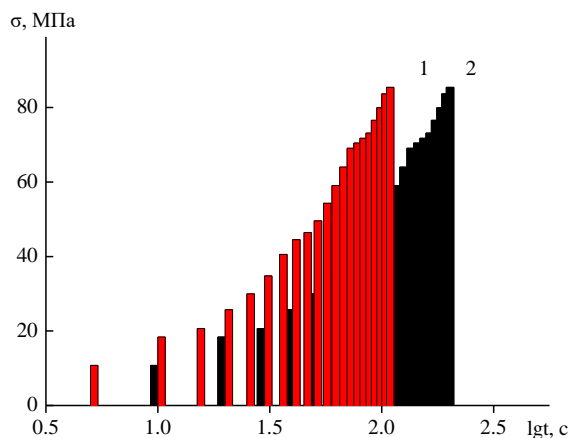


Рисунок 3. Экспериментальные зависимости механического напряжения от логарифма времени при скорости нагрузки 0,1 мм/с (1) и 0,05 мм/с (2)

ВЫВОДЫ

1. Проведены эксперименты по зависимости деформации от напряжения при испытании на плоский прямой изгиб образцов текстолита. Получено, что прочностные свойства стеклотекстолита при разрушении в 1,5 раза лучше, а деформации почти одинаковы.

2. Измеренные экспериментальные кривые удовлетворительно описываются предложенной авторами экспоненциальной моделью.

3. Показано, что экспериментальные зависимости от lgt являются нелинейными. Это связано с зависимостью прочности текстолита различного вида от скорости деформации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Беляев Н.М. Сопротивление материалов. – М.: Наука, 1976. – 608 с.
2. Афанасьев А.М., Марьин В.А. Лабораторный практикум по сопротивлению материалов. – М.: Наука, 1975. – 288 с.
3. Lappan U., Fuchs B., Geißler U., Scheler U., Lunkwitz K. //Polymer. – 2002 – v. 43. – No 13. – p. 4325 – 4330.
4. 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. – pp. 455 – 458.
5. Surzhikov A.P., Galtseva O.V., Vasendina E.A., Vlasov V.A., Nikolaev E.V. IOP Conf. Series: Material Science and Engineering 110012002.
6. Kupchishin A.I., Niyazov M.N., Voronova N.A., Kirdiashkin 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 – P. 1 – 4.
7. Афанасьев А.М., Марьин В.А. Лабораторный практикум по сопротивлению материалов. – М.: Наука, 1975. – 288 с.

ЖАЛПАҚ ТІКЕЛЕЙ ҚАЙЫРЛУ ТЕСТЛЕУ БАРЫСЫНДАҒЫ ТЕКСТОЛИТ ПЕН ШЫНЫТЕКСТОЛИТТІҢ МЕХАНИКАЛЫҚ ҚАСИЕТІ

^{1,2)} А.И. Купчишин, ²⁾ М.Н. Ниязов, ²⁾ Б.Г. Таипова, ²⁾ Н.Н. Ходарина, ²⁾ К.Ш. Шаханов

¹⁾ *Әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық Университеті, Алматы, Қазақстан*

²⁾ *Абай атындағы Қазақ Ұлттық Педагогикалық Университеті, Алматы, Қазақстан*

Жазық тікелей иілу сынау барысындағы текстолит пен шынытекстолиттің механикалық қасиетін зерттеу жүргізілді. σ кернеуінен ε деформациялық тәуелділіктерін зерттеу үшін тиісті тәжірибелік қондырғы әзірленіп жасалды. Шынытекстолиттің беріктілік қасиеті текстолиттен қарағанда 1,5 есе жақсы, ал деформациялық сипаттамалары бірдей шамада екендігі анықталды. Өлшенген тәжірибелік қисықтар авторлар ұсынған экспоненталық модельмен қанағаттанарлық сипатталады. lgt -ден σ -нің тәжірибелік тәуелділігі сызықты емес, ол текстолит пен шынытекстолит материалының механикалық кернеуінің жүктеме жылдамдығына тәуелділігін көрсетеді.

THE MECHANICAL PROPERTIES OF THE PCB AND GLASS FIBER UNDER TEST ON A FLAT, STRAIGHT BEND

^{1,2)} A.I. Kupchishin, ²⁾ M.N. Niyazov, ²⁾ B.G. Taipova, ²⁾ N.N. Khodarina, ²⁾ K.Sh. Shahanov

¹⁾ *Kazakh National University by al-Farabi, Almaty, Kazakhstan*

²⁾ *Kazakh National Pedagogical University by Abay, Almaty, Kazakhstan*

Investigations of mechanical properties of textolite and glass fiber in the test for flat straight bending were carried out. To study the deformation dependence ε voltage σ was designed and manufactured corresponding to the experimental setup. It was found that the strength properties of glass better in 1,5 at destruction than the PCB, and the deformation characteristics are almost the same. The measured experimental curves are satisfactorily described by the exponential model proposed by the authors. It is shown that the experimental dependences of σ on lgt are nonlinear, which indicates the dependence of the mechanical stress of the textolite and glass-textolite material on the load speed.