

DOI: 10.32864/polymmattech-2022-8-1-69-79

УДК 678.067.5:[539.3 + 539.4]

ОСОБЕННОСТИ ДЕФОРМИРОВАНИЯ И РАЗРУШЕНИЯ ПРИ СЖАТИИ ЛИСТОВЫХ СТЕКЛОПЛАСТИКОВ, АРМИРОВАННЫХ ТКАНЬЮ САТИНОВОГО ПЛЕТЕНИЯ

С. В. ШИЛЬКО⁺, Т. В. ДРОБЫШ, А. П. САЗАНКОВ

Институт механики металлополимерных систем имени В. А. Белого НАН Беларуси, ул. Кирова, 32а, 246050, г. Гомель, Беларусь

В статье исследованы упругопрочностные свойства при сжатии армированных стеклотканью сатинового плетения слоистых пластиков, матричные материалы которых существенно отличаются по физико-механическим характеристикам. В то время, как один из них (полиэфирная смола) обладает линейностью деформирования, относительно высоким модулем упругости и высокой адгезией к стеклоткани, второй матричный материал (политетрафторэтилен) является упругопластичным и характеризуется низкой адгезией к указанному наполнителю. Для определения механических характеристик стеклопластиков использован метод испытания при комбинированной сжимающей нагрузке с применением электротензометрии для уточненного измерения модуля упругости и коэффициента Пуассона. Установлено, что стеклопластик на полиэфирном связующем характеризуется линейностью деформирования вплоть до разрушения и следующими средними значениями упругопрочностных параметров при сжатии: модуль упругости $E^c = 17,5$ ГПа, коэффициент Пуассона $\nu^c = 0,20$, предел прочности $\sigma_c^c = 113,6$ МПа. Аналогичные характеристики стеклопластика на основе политетрафторэтилена существенно отличаются: модуль упругости $E^c = 3,0$ ГПа, коэффициент Пуассона $\nu^c = 0,79$, предел прочности $\sigma_c^c = 22,3$ МПа.

Установлено, что потеря несущей способности испытанных образцов обусловлена их расслаиванием. Значительные резервы прочности изучаемых композитов могут быть реализованы посредством пространственного армирования для увеличения межслоевой прочности. Дана интерпретация аномально высоких значений коэффициента Пуассона стеклопластика на матрице из политетрафторэтилена.

Ключевые слова: направленно-армированные композиты, стеклопластики, тканевый наполнитель, анизотропия, комбинированная сжимающая нагрузка, модуль упругости, коэффициент Пуассона, прочность, механические испытания, электротензометрия.

PECULIARITIES OF DEFORMATION AND FAILURE UNDER COMPRESSION OF LAMINATED PLASTICS REINFORCED BY GLASS FABRIC

S. V. SHIL'KO⁺, T. V. DROBYSH, A. P. SAZANKOV

V. A. Belyi Metal-Polymer Research Institute of National Academy of Sciences of Belarus, Kirov St., 32a, 246050, Gomel, Belarus

The elastic-strength properties under compression of laminated plastics reinforced by glass sateen fabric and the matrix materials of which differ significantly in physical and mechanical properties are investigated in the paper. While one of them (polyester resin) has linearity of deformation, relatively high modulus of elasticity and high adhesion to the filler (glass fabric), the second matrix material (polytetrafluoroethylene) is elastoplastic and is characterized by low adhesion to the specified filler.

⁺Автор, с которым следует вести переписку. E-mail: Shilko_mpri@mail.ru

To determine the mechanical characteristics of fiberglass plastics a testing method under a combined compressive load was used with electrotenometry provided more precise evaluation of elastic modulus and Poisson's ratio. It was established that fiberglass plastic based on polyester resin is characterized by linearity of deformation until failure and next average values of elastic-strength parameters under compression: modulus of elasticity $E^c = 17,5$ GPa, Poisson's ratio $\nu^c = 0,20$, ultimate strength $\sigma_6^c = 113,6$ MPa. Analogical characteristics of fiberglass plastic based on polytetrafluorethylene are essentially differ: modulus of elasticity $E^c = 3,0$ GPa, Poisson's ratio $\nu^c = 0,79$, ultimate strength $\sigma_6^c = 22,3$ MPa.

It has been established that the loss of the bearing capacity of investigated composites is due to their delamination. Significant reserves of strength of the studied glass-reinforced plastics material can be realized through spatial reinforcement to increase the interlaminar strength. The interpretation of anomalously high values of the Poisson's ratio of glass-reinforced plastic on a polytetrafluoroethylene matrix is given.

Keywords: directionally reinforced composites, fiberglass plastics, textile filler, anisotropy, combined compressive load, modulus of elasticity, Poisson's ratio, strength, mechanical tests, electrotenometry.

Поступила в редакцию 02.03.2022

© С. В. Шилько, Т. В. Дробыш, А. П. Сазанков, 2022

Для приобретения полного текста статьи, обращайтесь в [редакцию журнала](#)
Full text of articles can be purchased from the editorial office

Адрес редакции: ул. Кирова, 32а, 246050, г. Гомель, Беларусь
Телефон/факс: +375 (232) 34 06 36 / 34 17 11

Address: Kirov St., 32a, 246050, Gomel, Belarus
Phone: +375 (232) 34 06 36. Fax: +375 (232) 34 17 11

E-mail: polmattex@gmail.com
Web: <http://mpri.org.by/izdaniya/pmt/>

Образец цитирования:

Шилько С. В., Дробыш Т. В., Сазанков А. П. Особенности деформирования и разрушения при сжатии листовых стеклопластиков, армированных тканью сатинового плетения // Полимерные материалы и технологии. 2022. Т. 8, № 1. С. 69–79. <http://doi.org/10.32864/polymmattech-2022-8-1-69-79>

Citation sample:

Shil'ko S. V., Drobysh T. V., Sazankov A. P. Osobennosti deformirovaniya i razrusheniya pri szhatii listovykh stekloplastikov, armirovannykh tkan'yu satinovogo pleteniya [Peculiarities of deformation and failure under compression of laminated plastics reinforced by glass fabric]. *Polimernye materialy i tekhnologii* [Polymer Materials and Technologies], 2022, vol. 8, no. 1, pp. 69–79. <http://doi.org/10.32864/polymmattech-2022-8-1-69-79>

Литература

- Афанасьев Б. А., Даштиев И. З. Проектирование элементов подсистем автомобиля из композиционных материалов: учеб. пособие / под ред. Б. А. Афанасьева. М. : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2007. 136 с.
- Ishikawa T., Amaoka K., Masubuchi Y., Yamamoto T., Yamanaka A., Arai M., Takahashi J. Overview of Automotive Structural Composites Technology Developments in Japan // *Composites Science and Technology*, 2018, vol. 155, pp. 221–246. doi: 10.1016/j.compscitech.2017.09.015
- Ашкенази Е. К. Анизотропия машиностроительных материалов. Ленинград : Машиностроение, 1969. 112 с.
- Tang Y., Sun Z., Wu G. Compressive Behavior of Sustainable Steel-FRP Composite Bars with Different Slenderness Ratios // *Sustainability*, 2019, vol. 11, is. 4. doi: 10.3390/su11041118
- Цыплаков О. Г. Основы формования стеклопластиковых оболочек. Ленинград : Машиностроение, 1968. 176 с.
- ГОСТ Р 56812-2015. Композиты полимерные. Метод определения механических характеристик при комбинированной сжимающей нагрузке. Введен 2017-01-01. М. : Стандартинформ, 2016. 19 с.
- Тарнопольский Ю. М., Киндис Т. Я. Методы статических испытаний армированных пластиков. М. : Химия, 1975. 264 с.
- Дайчик М. Л., Пригоровский Н. И., Хуршудов Г. Х. Методы и средства натурной тензометрии. М. : Машиностроение, 1989. 240 с.
- Физические и механические свойства стеклопластиков: справочное пособие / под ред. Ю.М. Молчанова. Рига : Зинатне, 1969.

268 с.

10. Тарнопольский Ю. М., Жигун И. Г., Поляков В. А. Пространственно-армированные композиционные материалы: справочник. М. : Машиностроение, 1987. 224 с.
11. Agarwal B. D., Broutman L. J., Chandrashekhara K. *Analysis and Performance of Fiber Composites*. 4th Ed. UK : Wiley, 2017. 576 p.
12. Ashchepkau M. Yu., Shil'ko S. V., Drobysh T. V., Choe H. Tensile Fracture Specificity of Unidirectional Metal-Polymer Glass-Fiber Composites with Cord Wire // *Механика машин, механизмов и материалов*. 2020. № 3. С. 55–62. doi: 10.46864/1995-0470-2020-3-52-55-62

References

1. Afanas'ev B. A., Dashtiev I. Z. *Proektirovanie elementov podsystem avtomobilya iz kompozitsionnykh materialov* [Designing elements of car subsystems from composite materials: a tutorial]. Moscow : MGTU Publ., 2007. 136 p.
 2. Ishikawa T., Amaoka K., Masubuchi Y., Yamamoto T., Yamanaka A., Arai M., Takahashi J. Overview of Automotive Structural Composites Technology Developments in Japan/ *Composites Science and Technology*, 2018, vol. 155, pp. 221–246. doi: 10.1016/j.compscitech.2017.09.015
 3. Ashkenazi E. K. *Anizotropiya mashinostroitel'nykh materialov* [Anisotropy of engineering materials]. Leningrad: Mashinostroenie Publ., 1969. 112 p.
 4. Tang Y., Sun Z., Wu G. Compressive Behavior of Sustainable Steel-FRP Composite Bars with Different Slenderness Ratios. *Sustainability*, 2019, vol. 11, is. 4. doi: 10.3390/su11041118
 5. Tsyplakov O. G. *Osnovy formovaniya stekloplastikovykh obolochek* [Fundamentals of molding fiberglass shells]. Leningrad : Mashinostroenie Publ., 1968. 176 p.
 6. GOST R 56812-2015. *Kompozity polimernye. Metod opredeleniya mekhanicheskikh kharakteristik pri kombinirovannoy szhimayushchey nagruzke* [State standard R56812-2015. Polymer composites. Method for determination of mechanical characteristics in combined loading compression]. Moscow : Standartinform Publ., 2016. 19 p.
 7. Tarnopol'skiy Yu. M., Kintsis T. Ya. *Metody staticheskikh ispytaniy armirovannykh plastikov* [Static test methods for reinforced plastics]. Moscow: Khimiya Publ., 1975. 264 p.
 8. Daychik M. L., Prigorovskiy N. I., Khurshudov G. Kh. *Metody i sredstva naturnoy tenzometrii* [Methods and means of natural strain gauge]. Moscow: Mashinostroenie Publ., 1989. 240 p.
 9. *Fizicheskie i mekhanicheskie svoystva stekloplastikov: spravochnoe posobie* [Physical and mechanical properties of fiberglass: a reference guide]. Ed. Yu. M. Molchanov. Riga : Zinatne Publ., 1969. 268 p.
 10. Tarnopol'skiy Yu. M., Zhigun I. G., Polyakov V. A. *Prostranstvenno-armirovannye kompozitsionnye materialy* [Spatially reinforced composite materials: a handbook]. Moscow : Mashinostroenie Publ., 1987. 224 p.
 11. Agarwal B. D., Broutman L. J., Chandrashekhara K. *Analysis and Performance of Fiber Composites*. 4th Ed. UK : Wiley, 2017. 576 p.
 12. Ashchepkau M. Yu., Shil'ko S. V., Drobysh T. V., Choe H. Ten-sile Fracture Specificity of Unidirectional Metal-Polymer Glass-Fiber Composites with Cord Wire. *Mekhanika mashin, mekha-nizmov i materialov* [Mechanics of Machines, Mechanisms and Materials], 2020, no. 3, pp. 55–62. doi: 10.46864/1995-0470-2020-3-52-55-62
-