

PAPER

СТРУКТУРНЫЕ, МЕХАНИЧЕСКИЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ВЫБОРА АРМИРУЮЩИХ ВОЛОКОН ДЛЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Бозоров Носиржон Содикович^{1,*}, Умуркулов Каюмжон Парпиевич²,
Нурматова Гулнорахан Адхамжан Кизи³

¹канд. физ-мат. наук, Профессор кафедры физики и астрономии. Кокандский государственный университет

² Преподаватель кафедры физики и астрономии. Кокандский государственный университет

³Магистрант 1-го курса Кокандского государственного университета

* bozorov@gmail.uz

Abstract

В статье рассматриваются ключевые физико-механические, химические и технологические критерии, определяющие выбор армирующих волокон для конструкционных композиционных материалов. Особое внимание уделено структурным особенностям волокон, их взаимодействию с матрицей и влиянию анизотропии на эксплуатационные свойства композитов. Проведён обзор наиболее используемых типов армирующих волокон и их функциональных характеристик.

Key words: xulqida og‘ish, korreksion pedagogika, psixokorreksiya, ijtimoiy-emotsional ta’lim, deviantlik.

Введение

Быстрое развитие высокотехнологичных областей, таких как авиация, машиностроение, космическая техника, энергетика и микроэлектроника, требует применения материалов с уникальными эксплуатационными характери-

ками. Композиционные материалы (КМ) являются одним из наиболее перспективных классов материалов благодаря сочетанию высокой прочности, малой массы и стойкости к воздействиям внешней среды. Ведущая роль в формировании свойств композитов принадлежит армирующим волокнам, которые придают материалу

Compiled on: December 17, 2025.

Copyright: ©2025 by the authors. Submitted to *Advances in Science and Education* for possible open access publication under the terms and conditions of the [Creative Commons Attribution \(CC BY\) 4.0 license](#).

жесткость, прочность и устойчивость к деформированию. В связи с этим важно определить критерии выбора армирующих волокон, учитывающие их физико-механические, химические и технологические особенности.

Механические и физические требования

Эффективность армирующих волокон определяется их высокой прочностью, жёсткостью и температурной стабильностью. Теоретическая прочность материалов σ_m

возрастает с увеличением модуля упругости γ и поверхностной энергии вещества и падает с увеличением расстояния между соседними атомными плоскостями a_0 :

$$\sigma_m = (\gamma E / a_0)^{1/2}.$$

Следовательно, высокопрочные твердые тела должны иметь высокие модули упругости и поверхностную энергию, и возможно большее число атомов в единице объема. Наиболее перспективными элементами для формирования прочных волокон являются бор, углерод, бериллий, алюминий, азот, кислород и кремний.

К основным механическим требованиям относятся:

- высокая прочность на растяжение;
- большой модуль упругости;
- низкая плотность и высокий удельный модуль;
- устойчивость к ползучести;
- стабильность геометрических параметров.

Химическая стойкость и температурная стабильность

Армирующие волокна должны сохранять свои свойства при воздействии агрессивных сред, высоких температур и окислительных процессов. Химическая стойкость имеет ключевое зна-

чение для долговечности композита. Особую важность она приобретает при армировании металлических матриц, где возможно образование хрупких интерметаллидов.

Технологические требования

Технологичность волокон определяет возможность их использования в высокопроизводительных процессах: намотке, прессовании, инфузии, автоклавной обработке. Волокна должны иметь однородную структуру, хорошо пропитываться связующим и сохранять механические свойства при формировании изделия.

Совместимость с матричными материалами

Надёжная адгезионная связь между волокном и матрицей — важнейший критерий выбора армирующего материала. Поверхностная обработка волокон (sizing) позволяет улучшить взаимодействие с эпоксидными, полиэфирными, металлическими и другими матрицами. Недостаточная совместимость приводит к снижению прочности композита.

Типы армирующих волокон

В композиционных материалах применяются следующие типы армирующих волокон:

- углеродные (УВ),
- борные,
- стеклянные,
- оксидные (Al_2O_3 , SiO_2),
- карбидные (SiC , B_4C),
- нитридные (BN),
- металлическая проволока (сталь, титан, вольфрам, молибден).

Наибольшее распространение получили углеродные и стеклянные волокна благодаря их высокому соотношению прочности к плотности и доступности технологий. Перспективным направлением исследований остаются полиэтиленовые сверхвысокомодульные волокна.

Анизотропия свойств волокон

Многие типы армирующих волокон обладают выраженной анизотропией механических характеристик. К ним относятся углеродные, борные и арамидные волокна. Их структура обеспечивает высокую прочность вдоль оси воло-

на, что требует учёта ориентации волокон при проектировании композиционных материалов. Изотропными считаются стеклянные и металлические волокна, обладающие равномерным распределением свойств по объёму.

Заключение

Выбор армирующих волокон является ключевым этапом разработки конструкционных композиционных материалов. От соответствия волокон механическим, химическим и технологическим требованиям зависит прочность, долговечность и эксплуатационная надёжность композита. Современные тенденции развития усиливающих материалов связаны с улучшением структуры волокон, повышением их анизотропии и созданием новых высокомодульных полимерных волокон. Комплексный подход к анализу критериев выбора армирующих волокон позволяет проектировать материалы нового поколения.

Список литературы

1. Малкин А.Я., Шахов Ф.М. Композиционные материалы. — М.: Наука, 2018.
2. Пахомов В.В. Армирующие волокна и их свойства. — СПб.: Профессия, 2020.
3. Jones R. Mechanics of Composite Materials. — CRC Press, 2014.
4. Kaw A.K. Mechanics of Composite Structures. — CRC Press, 2019.
5. Chung D. Carbon Fiber Composites. — Elsevier, 2012.
6. The zone of damage for high-modulus materials in explosion-loaded granite AM Leksowski, VA Borovikov, NS Bozorov, AA Abdumanonov, AB Sinani, ... Technical Physics Letters 28 (8), 705-706
7. Зона поврежденности высокомодульных материалов при взрывном нагружении гранита AM Лексовский, ВА Боровиков, НС Бозоров, АА Абдуманонов, ... Письма в ЖТФ 28 (16)
8. Obnaruzhenie mikrotreshhin v obrazcah gornyh porod s pomoshh'ju ljuminescentnoj mikroskopii AM Leksovskij, VA Borovikov, NS Bozorov, AA Abdumanov Pis' ma v Zhurnal tehnichekoj fiziki—JETP Letters 22 (3), 6-10
9. Обнаружение микротрещин в образцах горных пород с помощью люминесцентной микроскопии AM Лексовский, ВА Боровиков, НС Бозоров, АА Абдуманонов Письма в ЖТФ 22 (3), 6-9
10. Observation of microcracks in rocks by means of luminescence microscopy AM Leksovskij, VA Borovikov, NS Bozorov, A Abdumanonov Technical Physics Letters 22 (2), 93-94
11. The influence of external factors on the mechanical Properties of the material Bozorov N. S, Umurkulov K. P. Central asian journal of mathematical theory and computer sciences <https://Cajmtcs.Centralasianstudies.Org>, 123-127
12. Boundary separation and binding energy of atoms in the real surface of a solid Bozorov N.S. Umurkulov K.P. Alisherov O. A. Galaxy international interdisciplinary research journal (giirj) issn (e): 2347-6915 vol. 10, issue 12, dec. (2022) 65-67
13. Formation of ideas about micromechanics destruction in the process of teaching a physics course Bozorov N.S. Umurkulov K.P. Alisherov O. A. Galaxy international interdisciplinary research journal (giirj) issn (e): 2347-6915 vol. 10, issue 12, dec. (2022) 60-64
14. Some aspects of surface processes on a solid body Bozorov N.S. Umurkulov K.P. Alisherov O. A. Galaxy international interdisciplinary research journal (giirj) issn (e): 2347-6915 vol. 10, issue 12, dec. (2022) 78-80
15. Кинетика поверхностных процессов на твердом теле Bozorov N.S. Umurkulov K.P. Alisherov O. A Ta'lim jarayoniga raqamli texnologiyalar va zamonaviy usullarni joriy etishda ta'lim sifatini boshqarish muammolari.