

PAPER

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ И ТКАННЫХ АРМИРУЮЩИХ ВОЛОКОН ДЛЯ ВЫСОКОПРОЧНЫХ 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 рассмотрены металлические волокна и тканые армирующие материалы, применяемые в композиционных конструкциях. Приведены физико-механические свойства стальных, бериллиевых, вольфрамовых и молибденовых волокон, их термостойкость и методы поверхностного упрочнения. Рассмотрены классификация тканых армирующих материалов, виды переплетений и особенности волокон различной природы. Отдельное внимание уделено применению арамидных и углеродных тканей для создания слоистых композитов с высокой прочностью и жесткостью.

Key words: металлические волокна, проволоочные волокна, тканые армирующие материалы, композиты, термостойкость, прочность, модуль упругости.

Введение

Армирующие материалы являются ключевым компонентом современных композиционных конструкций, обеспечивая высокую прочность и жесткость при минимальной массе. Метал-

лические волокна и проволоки, благодаря экономичности и универсальности, широко применяются для армирования конструкций при различных температурных режимах. Тканые армирующие материалы позволяют создавать слоистые композиты с заданной анизотропией

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](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

механических характеристик и высокой межслойной прочностью. В данной статье рассмотрены свойства металлических волокон, методы их получения и упрочнения, а также особенности тканых армирующих материалов, включая переплетения и физико-механические характеристики. Металлические волокна

Свойства и классификация

Металлические волокна или проволоки являются экономичным и эффективным средством армирования композитов. Для конструкционных материалов, эксплуатируемых при низких и умеренных температурах, применяются стальные и бериллиевые волокна; при высоких температурах – вольфрамовые и молибденовые. (таб.1)

Таблица 1.
Механические свойства некоторых металлических волокон

Марка волокна	Плотность, * 10 ⁻³ , кг/м ³	Модуль упругости, ГПа	Прочность, ГПа
Алюминий	2,7	70	0,29
Бериллий	1,85	310	1,1
Титан	4,5	120	0,55
Кремний	2,5	72	1,0
Сталь ВНС-9	7,8	200	3,5÷3,8
Вольфрам	19,3	410	3,3
Молибден + 5%V	---	330	1,8÷2,0

Проволочные волокна из сталей

Наиболее доступными являются стальные проволочные волокна. Для изготовления тонкой высокопрочной проволоки используют коррозионно-стойкие стали с аустенитом, который при оптимальных режимах превращается в мартенсит, обеспечивая упрочнение. Дополнительное упрочнение достигается отпуском. Исключением является сталь ВНС-9, сохраняющая прочность до 750–780 К.

Вольфрамовые волокна

Вольфрамовые волокна применяются для композитов при высоких температурах. Введение тугоплавких дисперсных частиц и нанесение барьерных покрытий (карбиды титана и гафния, окислы алюминия и гафния, HfC) повышает жаропрочность и сопротивление ползучести. Покрытие HfC предотвращает рекристаллизацию

при 1400 К до 1000 ч.

Молибденовые проволочные волокна

Молибденовые волокна уступают вольфрамовым по прочности, модулю упругости и жаропрочности, но остаются эффективными для высокотемпературных конструкций. Тканые армирующие материалы

Классификация и переплетение

Для слоистых композитов используют ткани на основе высокопрочных волокон. Классификация может быть выполнена по материалу и конструкции (таб. 2):

Таблица 2.
Классификация тканых армирующих материалов

Тканые армирующие материалы	
• Классификация по материалу волокон:	• Классификация по типу переплетения:
Стеклоткани	Полотняное
Органоткани	Ситцевое
Углеткани	Сатиновое
Органостеклоткани	Саржевое
Борорганистеклоткани	Трикотажное

Полотняное переплетение: нити основы и утка проходят поочередно сверху и снизу пересекающихся нитей.

Сатиновое переплетение: нить проходит сверху и снизу пересекающей ее нити, образуя гладкую поверхность.

Саржевое переплетение: нити образуют диагональные линии, проходя поочередно сверху и снизу двух–четырёх нитей.

Трёхмерное переплетение: используется для сложных конструкций с высокой межслойной прочностью.

Особенности тканых волокон

Арамидные ткани: высокая термостойкость до 530 К, малая усадка. **Органотканые композиты:** обладают большей прочностью и жесткостью по сравнению со стеклопластиковыми. **Углеродные ткани:** средняя прочность, высокая термостойкость и жесткость; применяются в виде однонаправленных лент или полотняного переплетения.

Заклучение

Металлические волокна и тканые армирующие материалы являются эффективными средствами повышения прочности, жесткости и термостойкости композиционных конструкций. Правильный выбор типа волокон, переплетения ткани и технологии производства позволяет создавать композиты с заданными механическими и эксплуатационными свойствами.

Список литературы

1. Малкин Б.Н. Материаловедение композиционных материалов. – М.: Машиностроение, 2018.
2. Перхин В.В., Смирнов Л.К. Композиты на основе углеродных и борных волокон. – СПб.: Профессия, 2019.
3. Harris B. Carbon Fibers and Their Composites. CRC Press, 2010.
4. Hull D., Clyne T.W. An Introduction to Composite Materials. Cambridge University Press, 2019.
5. Sinha S.K., Gupta N. Boron and Boron-Based Composite Materials. Elsevier, 2015.
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 tehnicheckoj 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.