

Features of the structure and properties of structural composite materials
Gubsky D. (Russian Federation)
Особенности структуры и свойств конструкционных композиционных материалов
Губский Д. В. (Российская Федерация)

*Губский Дмитрий Витальевич / Gubsky Dmitry – магистр,
кафедра измерительно-вычислительной техники,
Пермский национальный исследовательский политехнический университет, г. Пермь*

Аннотация: в статье рассматриваются особенности структуры композитов, механические свойства конструкционных композиционных материалов.

Abstract: the article considers the peculiarities of the structure of composites, mechanical properties of structural composite materials.

Ключевые слова: полимерные композиционные материалы (ПКМ), композиционные материалы, однонаправленные волокнистые композиты, слоистые композиционные материалы, пространственно армированные каркасы, углеродные нанотрубки.

Keywords: polymer composite materials (PCM), composite materials, unidirectional fiber composites, laminated composites, reinforced spatial frameworks, and carbon nanotubes.

В современном мире авиационной, космической техники рост требований к материалам неустанно возрастает и дальнейшее развитие данного направления невозможно без совершенствования и внедрения новых материалов и технологий их производства.

Конструкционные материалы, это те материалы, из которых изготавливают детали конструкций машин или сооружений, воспринимающие силовую нагрузку. Механические свойства являются основными определяющими параметрами конструкционных материалов, это отличает их от других технических материалов. Параметры сопротивления внешним нагрузкам: прочность, вязкость, надежность, ресурс и др. относятся к основным критериям качества конструкционных материалов.

Полимерные волокнистые композиционные материалы, которые сочетают в себе легкость с прочностью и жесткостью в заданных направлениях, получили наибольшее распространение в ответственных конструкциях машиностроения, авиационной и космической технике. Создание композиционных материалов функционального назначения с повышенными эксплуатационными характеристиками может быть достигнуто направленным регулированием структуры и свойств полимерной матрицы, а также использованием эффективных армирующих волокнистых систем. В соответствии с укладкой волокон в каркасе волокнистые композиционные материалы могут быть однонаправленными [1], слоистыми [2] и пространственно армированными [3].

Однонаправленные волокнистые композиты состоят из прочных жестких волокон, погруженных в относительно непрочную матрицу. Волокна связаны с матрицей по поверхности раздела. Таким образом, физическое строение композита характеризуется компонентами (волокнами и матрицей) и поверхностью раздела.

Слоистые композиционные материалы состоят из однонаправленных слоев. Слоистые композиционные материалы обладают уникальными свойствами и высокой технологичностью изготовления, но несмотря на это они имеют существенный недостаток – слабую межслоевую прочность, что существенно сокращает их область применения. Существует несколько способов увеличения межслоевой прочности слоистых композиционных материалов, например прошивкой слоев нитями, направлением части волокон из одного слоя в другой и т.д. Применение этих способов позволяет несколько увеличить межслоевую прочность.

Существуют композиционные материалы на основе пространственно армированных каркасов [4], в которых межслоевые связи выполнены на уровне ячеек, например в цельнотканых многослойных каркасах. Понятие многослойности в таких каркасах характеризует толщину ткани, слои же, как таковые, могут отсутствовать вовсе. Пространственно армированный каркас не несет опасности расслоений и позволяет локализовать распространение возникающих по какой-либо причине трещин в пределах нескольких ячеек. Особое место среди композиционных материалов занимают пространственно армированные композиционные материалы на основе тканых [5] каркасов, изготовленных в виде оболочек. Изготовление круглотканых многослойных каркасов (пространственно армированных оболочек), в том числе сложного профиля, с использованием круглоткацких станков (машин) начато с недавнего времени.

Особое место занимают материалы, имеющие наномасштабную структуру. Преимущество таких материалов заключается в их высоких удельных характеристиках и функциональных свойствах.

Перспективы широкого применения нанокompозитов в различных областях промышленности связаны с достижением высоких значений механических (деформационных и прочностных) характеристик. Для обеспечения интенсивного развития nanoиндустрии, в частности технологий производства материалов и используемых для модификации наполнителей, создания основ для применения нанокompозитов в ответственных конструкциях, необходимо проведение комплексных исследований по определению их механических характеристик и эффектов механического поведения. Особенность данного рода материалов заключается в том, что введение малых добавок нанонаполнителей приводит в отдельных случаях к существенному изменению эффективных характеристик материала. Исследованию свойств современных наноматериалов и нанокompозитов посвящены работы [6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 и др.]. Анализ литературных данных свидетельствует о перспективности применения углеродных нанотрубок в качестве модификаторов при создании композиционных материалов конструкционного назначения. Внедрение углеродных нанотрубок в производство композиционных материалов открывает возможность создания современных легких и прочных материалов [13].

Современное состояние и направления развития в области производства и применения армированных пластиков на основе угле-, стекло-, органоволокон приведены в обзорных работах [14, 15, 16]. Широкий спектр волокнистых армирующих материалов (стекло-, угле-, органо-, базальтоволокна и др.) позволяет создавать конструкции с уникальным сочетанием свойств и удовлетворять ряд противоречивых требований, предъявляемых к ним, что не может быть реализовано в изделиях из традиционных материалов.

Применение полимерных волокнистых композиционных материалов в конструкциях предъявляет высокие требования к прочностным свойствам и к живучести материала. Обширное замещение металлических конструкционных материалов композитами наблюдается в военной технике [17, 18, 19]. Обеспечение высокого уровня эксплуатационных характеристик образцов новой техники – одна из важнейших проблем современного производства. Особенно актуально это для военной промышленности, так как летательные аппараты – сложная и дорогостоящая техника [20].

Литература

1. *Вотинов А. М.* Технология композиционных материалов: Учеб. Пособие. Перм. гос. техн. ун-т. Пермь, 1998. 138 с.
2. *Тарнопольский Ю. М., Жигун И. Г., Поляков В. А.* Пространственно – армированные композиционные материалы: Справочник. М.: Машиностроение, 1987. 224 с.
3. *Микрюкова Н. С., Шагеев А. М., Латин Е. В.* Цельнотканые каркасы – оболочки – наполнители перспективных композиционных материалов // Вестник ПНИПУ. Аэрокосмическая техника, 2015. № 42. С. 132 – 149.
4. Пат. 2433982 Российская федерация, МПК C04 B 35 80, C 04 B 35 532. Способ изготовления изделий из композиционного материала [Текст] // Логинов А. И., Никитин В. В., Удинцев П. Г., Чунаев В. Ю., Новиков А. С., Воробьев А. С. заявитель и патентообладатель ОАО «УНИИКМ» (RU), № 2010114544/03; опубл. 20.11.2011.
5. *Aliabadi M. H.* Woven Composites. Imperial College Press, 2015. 250 p. ISBN 1783266171.
6. *Гольдштейн Р. В., Морозов Н. Ф.* Механика деформирования и разрушения наноматериалов и нанотехнологии. // Физическая мезомеханика, 2007. С. 17–30.
7. *Елецкий А. В.* Механические свойства углеродных наноструктур и материалов на их основе. // Успехи физических наук, 2007. Т. 177. № 3. С. 233–274.
8. *Кривцов А. М., Морозов Н. Ф.* Аномалии механических характеристик наноразмерных объектов // Докл. АН, 2001. Т. 381. № 3. С. 825– 827.
9. Нанокompозиты: исследования, производство и применение / Под ред. А. А. Берлина, И. Г. Ассовского. М.: Торус Пресс, 2004. 224 с.
10. *Чернозатонский Л. А., Михеева Е. Э.* Механические свойства углеродных нанотрубок и композитов. // Нанокompозиты: исследования, производство и применение / Под ред. А. А. Берлина, И. Г. Ассовского. М.: Торус Пресс, 2004. С. 167–168.
11. *Godara A., Mezzo L., Luizi F., Warriier A., Lomov S.V., Van Vuure A. W., Gorbatikh L., Moldenaers P., Verpoest I.* Influence of carbon nanotube reinforcement on the processing and the mechanical behavior of carbon fiber/epoxy composites // Carbon, 2009. Т. 47. P. 2914.
12. *Godara A., Rochez O., Mezzo L., Luizi F., Gorbatikh L., Warriier A., van Vuure A. W., Lomov S. V., Verpoest I., Kalinka G.* Interfacial shear strength of a glass fiber/epoxy bonding in composites modified with carbon nanotubes // Composites Science and Technology, 2010. Т. 70. № 9. P. 13461352.
13. *Раков Э. Г.* Нанотрубки и фуллерены. М.: Логос. С. 2006.
14. *Попов А. Ю., Госина К. К., Петров И. В., Макарова А. Е., Балова Д. Г., Пепеляев А. В.* Классификация, состав, достоинства и недостатки многокомпонентных композитных материалов // Омский научный вестник, 2015. № 3 (143). С. 42 – 45.

1. *Каблов Е. Н.* Стратегические направления развития материалов и технологий их переработки на период до 2030 года // *Авиационные материалы и технологии*, 2012. № 5. С. 7 – 17.
2. *Сапожников С. Б., Абдрахимов Р. Р., Шакиров А. А.* Конструкционная прочность полимерных композитов на основе коротких стеклянных волокон // *Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Математика. Механика. Физика*, 2014. Т. 6. № 1. С. 5054.
3. *Семрак А. В., Иванов Р. Д., Баранов В. Д., Сидельников А. В., Королев Е. М.* Использование новых конструктивных материалов в ракетно-космической технике // *Решетневские чтения*, 2012. № 7. С. 339 – 340.
4. *Белова Н. А.* Композитные материалы на основе углеродных волокон // *Молодой ученый*, 2015. № 24.1. С. 5-7.
5. *Субботин В. В., Гринев М. А.* Опыт применения материалов производства ФГУП «ВИАМ» и PORCHER в конструкциях узлов и деталей авиационных силовых установок из полимерных композиционных материалов // *Научный электронный журнал «Новости материаловедения. Наука и техника»*, -2013. № 5.
6. *Лавринов Г. А., Подольский А. Г., Баханович Д. Н.* Формирование цен на вооружение, военную технику: проблемы и пути их решения // *Вооружение и экономика*, 2010. № 4 (10). С. 12 – 17.