

УДК 620.22

DOI: 10.47813/10.47813/ MIP:
Engineering-IV-2022.4. 41-47

EDN: [LZLPXL](#)



Уникальное применение композитных материалов в современной науке и технике

В.В. Вавилова^{*}, С.А. Арефьева

Кубанский государственный технологический университет, ул. Московская 2,
Краснодар, 350072, Россия

*E-mail: vlada.vavilova@inbox.ru

Аннотация. В данной статье рассматриваются композитные материалы, их строение, достоинства и недостатки, в каких отраслях они применяются и почему их использование так актуально и востребовано в современном мире. Отмечается, что композитные детали гораздо более устойчивы к разрушению под напряжением, чем металлические детали, так как композиты из-за своей сложной структуры перераспределяют внутренние напряжения и блокируют распространение мелких трещин. Сделан вывод о том, что композитные материалы станут наиболее используемыми и удобными материалами при правильном их использовании.

Ключевые слова: композитные материалы, космические композиты, космический корабль «Шаттл», нанотехнологии, нанотрубки

Unique application of composite materials in modern science and technology

V.V. Vavilova^{*}, S.A. Arefieva

Kuban State Technological University, Moskovskaya str. 2, Krasnodar, 350072,
Russia

*E-mail: vlada.vavilova@inbox.ru

Annotation. This article discusses composite materials, their structure, advantages and disadvantages, in which industries they are used and why their use is so relevant and in demand in the modern world. It is noted that composite parts are much more resistant to stress fracture than metal parts, since composites, due to their complex structure, redistribute internal stresses and block the propagation of small cracks. It is concluded that composite materials will become the most used and convenient materials if used correctly.

Keywords: composite materials, space composites, space shuttle "Shuttle", nanotechnology, nanotubes

1. Введение: основные понятия

Интенсивное становление науки, техники, космоса, освоение новейшими источниками энергии, в разработке модернизированных обликов автотранспорта и связи, в освоении практически не изученных глубин Мирового океана является отличительными чертами XXI века. Улучшение науки и техники во многом находится в зависимости от фуроров в области сотворения новых материалов. Первостепенно это относится к областям, где сочетание между прочностью (жесткостью) и массой строения обуславливает ее высокоэффективность. Данным критериям, несомненно, отвечают композитные материалы.

Композитные материалы – это такие «супервещества», которые получают соединением двух и более компонентов. Сочетание свойств образывает новые материалы с уникальными свойствами, отличными от исходного сырья. То есть это суперновые материалы, вобравшие в себе, все лучшее от родителей [1].

2. Постановка задачи

Цель данной работы состоит в подробном изучении композитных материалов, областей их использования во всевозможных областях науки и техники. В данной работе будут рассмотрены их аспекты, достоинства и недостатки, применение в различных отраслях, а также актуальность. Композиты состоят из 2 основных частей: первая часть — матрица, а вторая часть — наполнитель. Каждая из частей, входящих в структуру композиционных материалов, выполняет определенную функцию. Таким образом, матрица передает нагрузки между армирующими элементами, защищает их от вредных наружных воздействий, гарантирует целостность, фиксирует форму и размеры изделий из композиционных материалов. При этом наполнитель отвечает за обеспечение прочностных и жесткостных характеристик композиционных материалов, устраняет возникшие трещины и т.д. [2].

Выбирая состав и свойства наполнителя матрицы, их пропорции, направление наполнителя, можно получить материалы с сочетанием необходимых эксплуатационных и технологических свойств. Сейчас композиты подходят для изготовления всех изделий, которые должны быть одновременно крепкими и легкими. Сейчас композиты актуальны для производства всех изделий, которые должны быть надежными. Они применяются в

автомобилестроении, авиационной промышленности, космической технике и т.д. Композитные материалы действительно можно отнести к материалам будущего, так как сочетают в себе несколько свойств: легкость, прочность, достаточно высокую жесткость, немагнитность, радиопрозрачность и др.

3. Разработка космических машин с помощью композитов

Композитные материалы в текущее время незаменимы в космической технике. Современные композиты, предназначенные для рассматриваемой отрасли, выдерживают относительно значительные нагрузки от космического полета и владеют достаточно малой массой. Углеродные композиты намного легче и более износостойкие, чем многие из наиболее подходящих металлических сплавов с точки зрения их физических свойств. Использование композитных материалов позволяет снизить массу изделия на 15-60% в зависимости от типа самой конструкции, и, конечно же, это снижает расход топлива и повышает надежность.

В аэрокосмической промышленности важное значение имеют такие свойства композиционных материалов, как чрезвычайно высокая удельная прочность, стойкость к высоким температурам, магнитным волнам, радиации, устойчивость к вибрационным нагрузкам и малый удельный вес. Углеродные композиты являются основным материалом, используемым в производстве современных ракет-носителей и теплозащитных экранов космических аппаратов. Они нашли свое применение в производстве рефлекторов антенн, траверсов для космических кораблей, переходных модулей и соединителей.

Композитные детали гораздо более устойчивы к разрушению под напряжением, чем металлические детали. Таким образом, очень маленькая трещина в металлической детали может за очень короткое время превратиться в большую дыру. В то время как композиты из-за своей сложной структуры перераспределяют внутренние напряжения и блокируют распространение мелких трещин. Композитные материалы для космической отрасли можно считать идеальным материалом [4].

Например, рассмотрим орбитальный космический корабль «Шаттл», многие детали которого изготовлены из композитных материалов. Он способен летать в атмосфере Земли с гиперзвуковой скоростью. Из рассматриваемых материалов выполнены следующие детали: двери грузового отсека - из графито-эпоксидного

композиционного материала; теплозащита обеспечивается примерно 310 легкими панелями, выполненными из композитного материала, армированного дисперсией ТД-нихром. Они покрывают те участки поверхности, которые уязвимы для значительных тепловых потоков. Кроме того, было изготовлено около 250 бороалюминиевых трубчатых опор и стабилизаторов, предназначенных для использования в центральной части конструкции фюзеляжа. Таким образом, замена этих элементов соответствующей алюминиевой конструкцией приводит к снижению веса примерно на 48%.

4. Нанокompозиты и инновационные конструкции будущего

В наше время, безусловно, наблюдается активное использование нанотехнологий при разработке композиционных материалов. Использование передовых технологий, в частности нанотехнологий, упрощает постижение космоса. Вот почему такая компания, как NASA, планирует снизить сложность вывода космического корабля на орбиту с помощью космического лифта на основе нанотрубок. Нанотрубки представляют собой полую цилиндрическую структуру диаметром от десяти до нескольких десятков нанометров и длиной от одного микрометра до нескольких сантиметров, благодаря плоскостности трубок в них могут быть внедрены атомы различных веществ, что делает этот материал удивительным. Нанотрубки характеризуются такими качествами, как высокая жесткость, в связи с чем их применение будет расширяться в различных областях. Композиты на основе нанотрубок понизят вес современных космических аппаратов в несколько раз. Таким образом, была разработана технология создания макроскопических объемных структур из углеродных нанотрубок. Первоначально формируется высокопористая структура оксида цинка, являющаяся основой композита. Далее создается раствор многослойных углеродных нанотрубок в воде, который добавляется к пористой матрице, после чего нанотрубки прикрепляются к оксидному каркасу. [3]

При испытании выяснилось, что прочность композита на растяжение увеличилась примерно в 50 раз по сравнению с исходной матрицей, а прочность на сжатие почти в 160 раз. Композит может выдержать в 130 000 раз больше собственного веса. Кроме того, в исследуемом композите возможно растворение керамической матрицы, что значительно увеличит площадь поверхности. Теперь вернемся к разработке космического лифта. Он представляет собой ленту такого типа, один конец которой

прикреплен к поверхности Земли, а другой вращается вокруг нее. Изменяя длину ленты, можно получить разные орбиты. Космическая капсула, в которой будет находиться полезная нагрузка, будет двигаться по ленте. А на конечной станции капсула может отсоединиться от лифта и уйти в космос.

Планировалось, что вся эта конструкция будет держаться на нанотрубках. Сейчас прочности нанотрубок недостаточно, так, при необходимых 120 ГПа самый лучший результат испытаний — пока что 54 ГПа. Поэтому создание космического лифта остается только в теории. Но идею космического лифта можно приблизить к реальности, используя композитные материалы, наполненные нанотрубками. Данный синтез материалов будет обладать намного большей прочностью, износостойкостью, растяжением, а также хорошим сопротивлением химическим воздействиям. В целом, характеристики такого нанокompозита будут на очень высоком уровне, что позволит его использовать в конструкции космического лифта.

Немалым интересом пользуются самовосстанавливающиеся композиты, которые стали большим прорывом в науке. Такой конструкционный материал утроит срок службы космического корабля. Трещины и мелкие дефекты будут сразу же затянуты специальным быстротвердеющим составом, не вызывающим снижения прочности конструкции. Новый материал отличается повышенной устойчивостью к космической эрозии благодаря способности восстанавливаться в случае любого повреждения.

При разработке этого материала разработчики, несомненно, вдохновлялись способностью живых тканей нашего организма самостоятельно заживлять раны за счет свертывания крови. В свою очередь, свертывание крови происходит под воздействием воздуха, поэтому для космических конструкций пришлось использовать совершенно иной подход. Поэтому в композиционный материал введено множество тончайших стеклянных сосудов с внешним диаметром 60 мкм и внутренним диаметром 30 мкм.

Сосуды были заполнены двумя жидкостями, которые быстро затвердевают при смешивании. А при возникновении трещины стеклянные сосуды разрушаются, и содержащаяся в них жидкость заполняет трещину. Скорость процесса такова, что жидкости не успевают испаряться в космическом вакууме. Это сразу останавливает дальнейшее распространение трещины. Таким образом, инновационный материал

продлит время эксплуатации таких космических аппаратов, для которых эрозия является лимитирующим фактором.

5. Применение композитных материалов в авиастроении

Появление композитных материалов из углеродного волокна в аэрокосмической промышленности произвело революцию в замене тяжелых металлов легкими и прочными композитами. Так как вес композитных деталей не превышает 25% аналогичных деталей из алюминия, они превосходят их по гибкости, прочности, стойкости к давлению и, конечно же, по коррозионной стойкости.

Применение композитов оказало большое влияние на увеличение мощности двигателей, энергетических и транспортных средств, на снижение массы машин и устройств. Высокомодульные углеродные волокна используются для изготовления деталей самолетов. Применяются для термозащиты, авиатормозных дисков, химстойкого оборудования. Изделия из борного волокна используются для изготовления панелей, роторов и лопаток компрессоров, лопастей винтов и трансмиссионных валов вертолетов и т.д.

В настоящее время нашей стране важен новый проект инновационного самолета Иркут MC-21 ("Главный самолет 21 века") - это проект ближне-среднемагистрального пассажирского самолета, который заменит Ту-154 и Ту-204 в будущем и даже выйдет на «закрытый» международный рынок, где доминируют Airbus и Boeing. Его главная отличительная особенность заключается в том, что самолет имеет составное крыло впервые в России и притом раньше, чем у многих ведущих авиастроителей. Обычно аэродинамики стараются увеличить удлинение крыла, т.е. отношение размаха крыла к средней хорде крыла, так как это способствует уменьшению лобового сопротивления.

Однако достижению этой цели мешает одна проблема – это увеличение веса конструкции, поэтому приходится искать компромисс. По этой причине необходимо увеличить долю композиционных материалов в конструкции самолета. Например, в конструкции самолетов Boeing 787 и Airbus A350 композиты составляют примерно 55 %, в самолете SSJ-110 примерно 16 %, а в MC-21 доля композиционных материалов приближается к 44 % [5].

Несомненно, использование композиционных материалов в конструкции самолета позволяет значительно увеличить удлинение крыла по сравнению с

металлическими конструкциями, что достигается на покрытии МС-21. Сравним, как изменится удлинение крыла при использовании в его конструкции композитов. Так, типичное удлинение крыла для самолетов предыдущего поколения составляет около 8-9, у современных самолетов - 9,5-10, а на МС-21 положено 11,5. В результате аэродинамические характеристики на высоких скоростях полета МС-21 до 5,5% выше, чем у лучших современных аналогов. По сегодняшним меркам это большое преимущество. Благодаря этому наблюдается незначительный расход топлива, увеличение высоты полета и крейсерской скорости. Отсюда следует, что главной особенностью МС-21 является так называемое «черное» (составное) крыло лайнера.

6. Выводы

Области применения композиционных материалов не ограничены. Их применяют в авиации для высоконагруженных деталей, в космической технике, в автомобилестроении для облегчения кузовов, рессор, рам, кузовных панелей, бамперов, в судостроении, в химической промышленности и во многих других отраслях промышленности. Несомненно, композитные материалы станут наиболее используемыми и удобными материалами при правильном использовании.

Список литературы

1. Горчаков, Г. И. Строительные материалы / Г. И. Горчаков, Ю. М. Баженов. – М.: Стройиздат, 1986.
2. Микульский, В. Г. Строительные материалы. [Текст]: учеб. для вузов по строит. спец. / В. Г. Микульский, В. Н. Куприянов, Г. П. Сахаров и др. Под ред. В. Г. Микульского. – 2-е изд., доп. и перераб. – М.: Изд-во АСВ, 2000. – 534 с.
3. Справочник по композиционным материалам: в 2-х книгах. Кн.2 Под ред. Дж. Любина. – М.:Машиностроение, 1988. – 448 с.
4. Гардымов, Г. П. Композиционные материалы в ракетно-космическом аппаратостроении. Г. П. Гардымов, Е. В. Мешков, А. В. Пчелинцев, Г. П. Лашманов, Ю. А. Афанасьев. Под ред. Г.П. Гардымова, Е. В. Мешкова. – СПб.: СпецЛит, 1999. – 271 с.
5. Журнал "Актуальные проблемы авиации и космонавтики". – 2010. – № 6(1).