Федеральное агентство по образованию РФ

ГОУ СПО Красносулинский металлургический колледж

## РЕФЕРАТ

## ПЕРСПЕКТИВНЫЕ КОСМИЧЕСКИЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

## г. Красный Сулин 2006 г.

## СОДЕРЖАНИЕ

1. МНОГООБРАЗИЕ КОСМИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

2. КОСМОС И НАНОТЕХНОЛОГИИ

3. САМОИЗЛЕЧИВАЮЩИЕСЯ КОСМИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

4. «ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ» КОСМИЧЕСКИЕ КОМПОЗИТЫ

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. МНОГООБРАЗИЕ КОСМИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

При разработке космических средств исследования космического пространства требуются новые материалы, которые должны выдерживать нагрузки космических полетов (высокие температура и давление, вибрационные нагрузки на этапе выведения, низкие температуры космического пространства, глубокий вакуум, радиационное воздействие, микрочастицы и т.д.) и иметь достаточно низкую удельную массу.

Металлы – основные конструкционные материалы для изделий ракетно-космической техники, их масса в массе сухих изделий составляет более 90 %. Поэтому совершенствование тактико-технических характеристик изделий во многом определяется свойствами применяемых сплавов. За последние годы разработано и в дальнейшем получит новое развитие поколение алюминиевых сплавов, легированных литием и скандием. Замена традиционных сплавов новыми позволит снизить массу узлов изделий космических аппаратов на 10...30 % в зависимости от типа конструкции. Технология получения деталей из новых гранулированных сплавов наряду с возможностью повышения рабочих температур до 850 °С обеспечит снижение массы узлов на 10...30 %.

Революционные решения в создании перспективных изделий космической техники XXI в. может обеспечить новый класс конструкционных материалов – интерметаллиды (химические соединения титан-алюминий, никель-алюминий и др.). Эти материалы имеют низкую плотность (3,7...6,0 г/см3) и обладают высокой жаропрочностью (до 1200 °С), высокими характеристиками коррозионной стойкости, жаростойкости и износостойкости.

Интерметаллидные сплавы на основе титана могут работать до температуры +850 °С без защитных покрытий, сплавы на основе никеля - до температуры +1500 °С.

Использование интерметаллидов в двигательных установках (ротор, статор, крыльчатки, клапанная группа, неохлаждаемые сопла и т.п.) позволит повысить удельную тягу двигателей на 25...30 %, обеспечит снижение массы конструкций до 40 %.

Снижение веса является первоочередной задачей проектирования космического летательного аппарата. Многие достижения в области создания тонкостенных оболочек обязаны своим происхождением этому требованию.

Типичными примерами такой конструкции являются жидкостная ракета-носитель «Атлас» и конструкция твердотопливной ракеты. Для «Атласа» была создана специальная монококовая оболочка с наддувом. Ракета с двигателем на твердом топливе получается посредством наматывания на оправку, имеющую форму твердотопливного заряда, стеклянной нити и пропитки намотанного слоя специальной смолой, которая отверждается после вулканизации. При такой технологии получается сразу и несущая оболочка летательного аппарата, и ракетный двигатель с соплом.

Были спроектированы возвращаемые космические аппараты с оболочкой конической формы, которая покрывалась слоем теплозащитного материала, который испаряясь при высоких температурах охлаждает конструкцию.

Орбитальный космический корабль «Шаттл» способен летать в атмосфере Земли с гиперзвуковыми скоростями. Крылья аппарата имеют многолонжеронный каркас; усиленный монокок кабины экипажа, как и крылья, изготовлен из алюминиевого сплава. Двери грузового отсека выполнены из графито-эпоксидного композиционного материала. Теплозащиту аппарата обеспечивают несколько тысяч легких керамических плиток, которыми покрывают части поверхности, подверженные воздействию больших тепловых потоков

Современная авиация и ракетно-космическая техника, немыслимы без полимерных композитов. Чем больше развиваются эти отрасли техники, тем больше в них используют композиты, тем выше становится качество этих материалов. Многие из них легче и прочнее лучших металлических (алюминиевых и титановых) сплавов, и их применение позволяет снизить вес изделия (ракеты, космического корабля) и, соответственно, сократить расход топлива. В качестве рекламы этих материалов в США был изготовлен самолет «Вояджер», практически полностью изготовленный из армированных пластиков. Этот самолет облетел вокруг Земли без посадки.

Легкие сосуды и емкости, изготовленные из полимерных композиционных материалов и работающие под давлением, успешно применяются в ракетно-космической технике. Созданы и эксплуатируются топливные баки, шары-баллоны, корпусы ракетных двигателей, аккумуляторы давления, дыхательные баллоны для летчиков и космонавтов. Применение органо- и стекловолокон позволит создавать долговечные баллоны давления с высоким коэффициентом весового совершенства.

В настоящее время широко применяются в авиации и ракетостроении, углепластики, т.е. полимеры армированные углеродными волокнами.

Углеродные волокна и композиты из них имеют глубокий черный цвет и хорошо проводят электричество, что обеспечивает специальные электрофизические свойства (например, для антенн радиолокаторов), а также требования по теплостойкости и теплопроводности.

Из углепластика делают носовые обтекатели ракет, детали скоростных самолетов, подвергающиеся максимальным аэродинамическим нагрузкам, сопла ракетных двигателей и прочее. Кроме того, так как графит – это твердая смазка, из углепластика делают тормозные колодки и диски для скоростных самолетов, космических кораблей многоразового действия «Шаттл» и гоночных автомобилей. Зеркала антенных конструкций из углепластика найдут широкое применение для решения задач связи через спутники. Их применение при массе до 15 кг обеспечит разрушающую нагрузку 900 кгс при сроке службы не менее 20 лет. Сотовые материалы (трехслойные) из углепластика в несущих элементах конструкций в сравнении с однослойными (монолитными) при заданных условиях эксплуатации и увеличении нагрузок при заданной массе элемента обеспечат: снижение массы элемента конструкции на 40...50 % и повышение его жесткости на 60...80 %; повышение надежности на 20...25 % и увеличение гарантийного срока на 60...70 % .

2. КОСМОС И НАНОТЕХНОЛОГИИ

NASA и космический центр Джонсона составили договор о совместном развитии и применении высоких технологий и, в частности, нанотехнологий для исследования космического пространства. В планах NASA – упростить вывод космических аппаратов на орбиту с помощью космического лифта на основе нано-трубок.

Нанотрубки характеризуются высокой жесткостью, и поэтому материалы на их основе могут вытеснить большинство современных аэроконструкционных материалов. Композиты на основе нано-трубок позволят уменьшить вес современных космических аппаратов почти вдвое.

Исследователи из NASA и компания LiftPort Inc. предлагают упростить вывод крупных объектов на орбиту, используя систему, названную ими «космическим лифтом». Космический лифт – это лента, один конец которой присоединен к поверхности Земли, а другой находится на орбите Земли в космосе (на высоте 100000 км). Гравитационное притяжение нижнего конца ленты компенсируется силой, вызванной центростремительным ускорением верхнего конца и лента постоянно находится в натянутом состоянии.

Изменяя длину ленты, можно достигать разных орбит. Космическая капсула, содержащая полезный груз, будет передвигаться вдоль ленты. На конечной станции, если это необходимо, капсула отсоединяется от лифта и выходит в открытый космос.

Скорость капсулы при этом будет составлять 11 км/с. Этой скорости будет достаточно для того, чтобы начать путешествие к Марсу и другим планетам. Таким образом, затраты на пуск капсулы будут только в начале ее пути на орбиту. Спуск будет производиться в обратном порядке - в конце спуска капсулу будет ускорять гравитационное поле Земли.

Однослойные углеродные нанотрубки, изобретенные в 1991 году, достаточно прочны для того, чтобы служить основой ленты лифта. Они прочнее стали в 100 раз и, теоретически, в 3-5 раз прочнее, чем необходимо для постройки лифта.

Лента, состоящая из нано-трубок длиной 1 м и шириной 5 см.обладает высокой прочностью. Соотношение прочность/вес материала ленты выше, чем у стали высокой закалки.

Наноткань – это композит, состоящий из переплетенного «леса» многослойных нано-трубок длиной 245 мкм и диаметром 10 нм. Образец таких спутанных нано-трубок длиной всего 1 см может развернуться в трехметровую ленту 18-микронной толщины. Если же использовать пластиковый цилиндр в качестве валка, по которому протягивается лента, то исходный материал можно раскатать до длины 10 м.

Нанотрубки также будут весьма полезны при разработке нано-электронных устройств, сверхмощных компьютеров и устройств памяти.

3. САМОИЗЛЕЧИВАЮЩИЕСЯ КОСМИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

Экспериментальный конструкционный материал для космических аппаратов позволит вдвое продлить срок службы из их корпусов. Трещины и небольшие выбоины будут немедленно затягиваться специальным быстро твердеющим составом, не вызывая снижения прочности конструкции.

Корпуса космических аппаратов постоянно подвергаются воздействию резких температурных контрастов. Солнечные лучи могут разогреть поверхность до 100°C и выше. Попав в земную тень, аппарат начинает стремительно остывать. Даже простое вращение приводит к постоянным колебаниям температуры на поверхности аппарата. Постоянные перепады температур порождают напряжения в материале корпуса и ведут к появлению микротрещин.

Другой механизм космической эрозии – удары микрометеоритов. Речь не идет об объектах, способных причинить серьезные разрушения, – такие встречаются крайне редко. Однако космические пылинки и частицы космического мусора размером меньше миллиметра достаточно многочисленны и при скоростях в десятки километров в секунду вызывают постепенную деградацию конструкций.

Новый материал, разработанный в Европейском космическом агентстве, обладает повышенной устойчивостью к факторам космической эрозии благодаря способности самовосстанавливаться при повреждениях. При его создании разработчики вдохновлялись способностью живых тканей самостоятельно залечивать небольшие раны за счет эффекта свертывания крови.

Правда, свертывание крови происходит под действием воздуха, так что для космической техники пришлось использовать несколько иной подход. В композитный материал внедрили множество тончайших стеклянных сосудов внешним диаметром 60 микрон, а внутренним – 30. Сосуды заполнили двумя жидкостями, которые, подобно компонентам эпоксидной смолы, быстро затвердевают при смешивании. При возникновении трещины стеклянные сосуды разрушаются, и содержащиеся в них жидкости заполняют трещину. Скорость процесса такова, что жидкости не успевают испариться в условиях космического вакуума. Тем самым сразу пресекается дальнейшее распространение трещины – процесс, наносящий гораздо больший ущерб, чем сама трещина.

Образцы нового материала успешно прошли первые испытания в вакуумной камере. Тем не менее, в пресс-релизе ESA отмечается, что работы находятся пока на самом начальном этапе. Предстоят еще многочисленные испытания, в первую очередь на прочность и температурную устойчивость. Так что практического применения самовосстанавливающихся материалов в космических аппаратах можно ждать не ранее, чем лет через десять. Тем не менее уже сейчас ESA считает, что новый материал позволит вдовое продлить время работы тех космических аппаратов, для которых эрозия является ограничивающим фактором.

Рис. 1. Полые стеклянные трубки, пронизывающие композитный материал (вверху слева). При повреждении трубки разрушаются, и жидкость растекается, заполняя трещину и затвердевая

4. «ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ» КОСМИЧЕСКИЕ КОМПОЗИТЫ

В последнее десятилетие наряду с постоянным совершенствованием существующих материалов, обусловливающих существенный технический и экономический эффект благодаря уникальному сочетанию свойств, наметились тенденции создания новых материалов, способных к активному взаимодействию с внешними факторами. Такие материалы получили названия «интеллектуальных». Они способны «ощущать» свое физическое состояние, внешние воздействия и особым образом реагировать на эти «ощущения», т.е. способны осуществлять самодиагностику по возникновению и развитию дефекта, его устранение и стабилизировать свое состояние в критических зонах.

Вследствие многообразия свойств «интеллектуальных» материалов они могут применяться в различных элементах конструкций ракетно-космической техники (корпусы, обтекатели, отсеки, узлы трения и др.). Применение таких материалов позволит контролировать и прогнозировать состояние различных конструкций космических аппаратов в требуемый момент времени и даже на труднодоступных участках, значительно повысить ресурс систем и их надежность. Из анализа экспертных оценок специалистов следует, что в ближайшие 20 лет 90 % современных материалов, применяемых в промышленности, будут заменены новыми, в частности «интеллектуальными», что позволит создать элементы конструкций, которые будут определять технический прогресс XXI в.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. www.issep.rssi.ru Композиционные материалы

# 2. www.elementy.ru/news/ Космические композитные материалы займутся самолечением

3. www.krugosvet.ru/ Сверхзвуковые самолеты, космические летательные аппараты, баллистические ракеты