

мощности, лишь бы их могли выдержать соединительные провода. Кроме того, ионистор можно зарядить за считанные секунды, а аккумулятору на это обычно нужны часы [5].

Суперконденсатор имеет ряд преимуществ. Рабочая температура СК имеет довольно большой диапазон. Также ионисторы хороши в том, что нет нужды в обслуживании в течение эксплуатации. СК не содержат в себе токсических веществ, конструкция его достаточно проста и материалы для реализации данного устройства не дорогие.

В настоящее время рассматриваются варианты применения СК в устройствах космической техники работающих в импульсном режиме.

Список литературы:

1. Пентегов Е.В. Основы теории зарядных цепей емкостных накопителей энергии. – Киев: Наукова Думка, 1982. – 406 с.
2. Фрюнгель Ф. Импульсная техника. Генерирование и применение разрядов конденсаторов. : перевод с немецкого ; под ред. К. К. Хренова. – М. ; Л. : Энергия, 1965. – 488 с.
3. Астахов Ю. Н. Накопители энергии в электрических системах: Учебное пособие для электроэнергетических специальностей вузов – Москва: Высшая школа, 1989. – 159 с.
4. Суперконденсаторы [Электронный ресурс]. -Режим доступа: <http://www.supercap.ru/superkondensatori.html>- Загл. с экрана.
5. Что такое ионистор? [Электронный ресурс]. - Режим доступа: https://vk.com/topic-22785698_27564360?offset= - Загл. с экрана.

Сравнительная характеристика армированных пластиков, применительно к космической отрасли

Жвырбля В.Ю.

Научный руководитель: Бориков В.Н., д.т.н., профессор
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: wadim00@sibmail.com

Высокие требования к характеристикам, применяемых в космосе приборов, постоянно сподвигают разработчиков искать новые решения задач, что, разумеется, не обходит стороной и выбор материалов. Одним из наиболее перспективных направлений, в этом вопросе, являются композиционные материалы (КМ).

По определению, композиционный материал – это материал, состоящий из двух или более компонентов, существенно отличающихся по свойствам, который обладает характеристиками, не свойственными для компонентов по отдельности.

Композиционные материалы состоят из наполнителя и матрицы. Наполнитель может быть представлен в виде волокна (волокнистый наполнитель) или отдельных частиц (дисперсный наполнитель), основное назначение которых – обеспечение прочностных свойств композита. Волокнистый наполнитель, в свою очередь, может состоять из коротких (рубленых) волокон или из непрерывного волокна (в дальнейшем речь будет идти в основном о КМ из непрерывного волокна). Матрица (связующее) заполняет пространство между волокнами и/или крупнодисперсными частицами и может быть металлической, керамической, углеродной, полимерной. Основное назначение матрицы – обеспечение упругих и вязких свойств композита. Общее название композитного материала складывается из названий материалов наполнителя и матрицы, например стеклопластик, металлокерамика.

Рассмотрим классификацию полимерных композиционных материалов (ПКМ), их основные свойства и специфику применения в космической отрасли.

Матрицей в полимерных композитных материалах выступает, естественно полимер. Их номенклатура очень широка, поэтому ограничимся описанием двух групп полимеров: терморезистивных и термопластичных.

Терморезистивные связующие – это низкомолекулярные олигомеры, переработка которых в изделие сопровождается необратимой химической реакцией, с образованием неплавкого материала. Преимущество таких матриц является низкая вязкость олигомеров, дешевизна, доступность, относительно низкая температура отвержения, хорошая пропитывающая способность. К недостаткам следует отнести относительно высокую пористость получаемых пластиков, ограниченное время хранения полуфабрикатов, токсичность применяемых растворителей и необходимость термообработки изделий, что приводит к длительности формования.

Термопластичные связующие – это высокомолекулярные полимеры, переработка которых в изделие является обратимой. Преимуществом такой матрицы является высокая производительность, низкая пористость, высокие механические свойства (в первую очередь ударные характеристики), возможность переработки (переформования) старых изделий в новые. Недостатком этого типа матрицы является его низкая технологичность из-за необходимости обеспечивать большое количество предварительных операций, а также более высокая стоимость.

«В качестве наполнителя в ПКМ в основном применяются углеродные, стеклянные и органические волокна. Значительно реже применяются борные, базальтовые и керамические. В таблице 1 приведены механические характеристики разных типов волокон.

Таблица 1 - Сравнительные характеристики волокон

Волокно	Плотность, кг/м ³	Диаметр, мкм	Разрушающее напряжение при растяжении, ГПа	Модуль упругости при растяжении, ГПа	Относительное удлинение при разрыве, %	Температура плавления (размягчения), °С
Металлическое	7800	50-100	2-3	200	5-10	1200
Стеклянное (марки Е)	2540	10-15	3,5	785	4,8	840
Углеродное	1750	-	3-4,5	100-450	4-7	-
Синтетическое (арамидное)	1400	-	3,5-5,5	100-170	3	-
Кварцевое	2200	5-80	2,1	100-110	0,2	1650-1700
Асбестовое	2400	-	2,5-3,0	50-170	2-3	1500-1550
Базальтовое	2800	9-13	2,0-2,25	75-90	4-5	1250-1300

Стеклянное волокно получают вытяжкой из однородной стекловидной массы, представляющей собой сплав диоксида кремния SiO₂ с оксидами различных металлов, что обеспечивает широкий диапазон свойств получаемых стекол. Получаемые на их основе пластики уступают стали по абсолютным значениям предела прочности, но в 3,5 раза легче. Таким образом, при равной прочности, конструкция из стеклопластиков в несколько раз легче стальной. С точки зрения применения стеклопластиков в ракетно-космической области, они представляют интерес из-за хороших диэлектрических характеристик,

химической, тепловой и ударной стойкости, высокой удельной прочности при сжатии, изгибе и растяжении, а также, что не мало важно, низкой себестоимости их производства (0,5-1,5 долларов за килограмм). Однако низкий удельный модуль упругости, не редко ограничивает применение стеклопластиков в конструкциях и приборах ракетно-космического и авиационного назначения» [2].

«Углеродные волокна получают на основе акрилонитрильных и вискозных волокон, а также на основе пеков. Технология их получения подразумевает термическую обработку изначальных волокон в несколько шагов: окисление, карбонизация, графитизация. В зависимости от исходного сырья и режимов получения выпускаются несколько классов углеродных волокон, отличающихся значениями прочности (от 3 до 4,5 ГПа) и модуля упругости (от 100 до 450 ГПа). Характеристики отечественных углеродных волокон приведены в таблице 2.

ПКМ на основе углеволокна обладают максимальными показателями удельной жесткости, превышая эти же показатели у металлов в 5-10 раз. Применительно к космической отрасли следует отметить такие важные свойства ПКМ как очень низкий коэффициент теплового линейного расширения (сопоставимый с КТЛР кварца), тепло- и электропроводность. Отдельно стоит отметить, что из-за малого диаметра углеродных волокон и определенной анизотропии свойств препреги легко формуются в изделия. К недостаткам можно отнести высокую, относительно стекловолокна, стоимость (50-1500 долларов за килограмм)» [1].

Таблица 2 - Характеристики отечественных углеродных волокон

Марка волокна	Исходное сырье	Плотность, кг/м ³	Прочность, ГПа	Модуль, ГПа	Пределное удлинение, %
Урал-24	ГТЦ	1750	1-9	175	1
ВММ-5	ПАН	1750	2-9	450	0-7
ЛУ-4		1700	2-3	250	1-3
УКН-П		1750	4-5	240	-
Кулон		1900	3	600	0-4

«Особенное место среди армирующих волокон ПКМ занимают арамидные волокна, к числу которых относятся армос, терлон, СВМ и не безызвестный кевлар. Этот тип волокон обладает очень высокими прочностными характеристиками, низкой горючестью, большой термо- и теплостойкостью. Хорошая адгезия к большому количеству связующих обеспечивает получаемым материалам высокие прочностные и деформационные характеристики, низкую пористость. Ракетно-космическая отрасль ценит этот тип волокон за низкую плотность и высокий модуль упругости, почти в два раза превышающий этот же показатель у стекловолокна. В последние годы были получены арамидные волокна с прочностью 5-6 ГПа, что сопоставимо с прочностью углеродных волокон. Таким образом органопластики имеют рекордные показатели удельной прочности. По мимо этого эти материалы имеют низкий КЛТР, хорошие диэлектрические и релаксационные свойства. К недостаткам этого материала стоит отнести низкую прочность в поперечном направлении, что обуславливает низкую прочность на изгиб и сжатие, а также чувствительность к воздействию влаги» [1].

Каждый из видов армированных пластиков обладает своим набором свойств и как следствие своими преимуществами и недостатками, и найти среди них материал хорошо подходящий для решения сразу всех задач не возможно. Однако ПКМ обладают внушительными характеристиками, зачастую превышающими характеристики «классических» материалов, что обеспечивает их широкое применение в авиационной и ракетно-космической промышленности.

Список литературы:

1. Полимерные композиционные материалы: структура, свойства, технология. М.Л. Кербер, В.М. Виноградов, Г.С. Головкин и др.; под ред. А.А. Берлина. – СПб.: Профессия, 2008. – 560 с.
2. Справочник по композитным материалам: В 2-х кн. Кн. 1. Под ред. Дж. Любина. М., Машиностроение, 1988. – 448 с.

Использование двигателя-маховика для создания управляющих моментов космического аппарата

Затонов И.А.

Научный руководитель: Мартемьянов В.М. к.т.н., доцент кафедры ТПС
Томский Политехнический Университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина,30
E-mail: ivan.zatonov@yandex.ru

Создание ракетно-космических систем в прошлом веке привело к необходимости решения ряда задач как научных, так и технических. Важным аспектом в изучении полета КЛА является постановка задачи управления космического аппарата. Прикладная небесная механика есть основа для общей теории космического полета. Задача формируется на базе прикладной небесной механики, цель которой описать движение тел в пространстве на основе закона всемирного тяготения. Важность управления угловым положением КЛА в пространстве определяется целевыми задачами различных типов искусственных спутников Земли (ИСЗ).

Большинство современных КЛА предполагает определенную ориентацию последнего в пространстве. В общем случае, угловое положение КЛА задается взаимным расположением двух систем координат: базовой и связанной.

Направление осей первой из них устанавливает требуемую, а другой - связанную с аппаратом, действительную ориентацию.

Базовая система отсчета может быть как подвижной, т.е. вращающейся известным образом в инерциальном пространстве, так и неподвижной. Направление осей данной системы отсчета производится с учетом функционального назначения и траекторией полета КЛА.

Как правило, направление осей связанной системы отсчета совмещается с осями главных моментов инерции аппарата. Это позволяет существенно упростить аналитическое описание динамики полета.

В случае, когда оси базовой системы совпадают с осями связанной, проявляется идеальная ориентация. Как правило, на практике данные оси не совпадают, отсюда следует вывод, что задачей ориентации КЛА следует считать совмещение осей базовой и связанной системы. Следовательно, решение данной задачи движения КЛА вокруг собственного центра масс является важным элементом управления [1-2].

Выделяют два основных вида управления [3]:

- Процесс приведения осей связанной системы координат к осям базовой системы отсчета.

Данный вид управление включает в себя:

1. Гашение начальной угловой скорости;
2. Поиск физических ориентиров, которые будут использованы для технического воспроизведения базовой системы отсчета;
3. Осуществление поворотного маневра для совмещения осей базовой и связанной координатных систем.

- Второй вид управления принято называть стабилизацией, он предназначен для поддержания требуемой ориентации КЛА с определенной точностью.