

СРАВНЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Жвырбля В.Ю.

Томский политехнический университет, г. Томск

*Научный руководитель: Бориков В.Н., д.т.н., профессор кафедры
точного приборостроения*

Развитие техники, вместе с улучшением качества производимой продукции, предъявляет все более жесткие требования к качеству используемых материалов. Некоторые ученые, по аналогии с каменным и бронзовым веками, уже сейчас называют наше столетие веком композитных материалов. Это материалы, обладающие высокими физико-механическими характеристиками и, в зависимости от состава, большим спектром специальных свойств. Большую группу этих материалов представляют армированные волокном полимерные композиционные материалы (ПКМ), свойства которых и будут рассматриваться в данной статье.

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.

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

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.

Матрицей в полимерных композитных материалах выступает, естественно полимер. Их номенклатура очень широка, поэтому

ограничимся описанием двух групп полимеров: терморезактивных и термопластичных.

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.

Терморезактивные 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.

«В качестве наполнителя в ПКМ в основном применяются углеродные, стеклянные и органические волокна. Значительно реже применяются борные, базальтовые и керамические.

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 1.

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 формуруются в изделия. К недостаткам можно

отнести высокому, относительно стекловолокна, стоимость (50-1500 долларов за килограмм).»[1]

Таблица 1. Характеристики отечественных углеродных волокон

Марка волокна	Исходное сырье	Плотность, кг/м ³	Прочность, ГПа	Модуль, ГПа	Предельное 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 органические пластики имеют рекордные показатели удельной прочности. Помимо 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].

Стекловолоконное 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 немаловажно, низкой себестоимости их производства (0,5-1,5 долларов за килограмм). Однако низкий удельный модуль упругости, нередко ограничивает применение стеклопластиков в конструкциях и приборах ракетно-космического и авиационного назначения» [2].

Подводя некоторый итог озвученным характеристикам и свойствам ПКМ можно рассмотреть усредненные характеристики разных типов волокон (таблица 2), поскольку именно их свойства оказывают решающий вклад в формирование свойств армированного пластика.

Таблица 2. 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 (сталь)	7800	50-100	2-3	200	5-10	1200
Стеклоанное (марки E)	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

Как видно из таблицы 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 практически во всех областях промышленности.

Список информационных источников

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.
3. Современные технологии получения и переработки полимерных композиционных материалов. В.Е. Галыгин, Г.С. Баронин, В.П. Таров, Д.О. Завражин. – Тамбов, 2012, 179

ДЕМОНСТРАЦИОННЫЙ СТЕНД

Затонов И.А.

Томский политехнический университет, г. Томск

*Научный руководитель: Мартемьянов В.М., к.т.н., доцент
кафедры точного приборостроения*

К одним из основных видов активных систем ориентации малых летательных аппаратов относится использование маховичных (гироскопических) систем ориентации. Поскольку в дальнейшем речь будет вестись о маховичных системах ориентации (МСО), отметим их достоинства и недостатки.

К достоинствам использования МСО следует отнести следующее:

- Возможность использования в отсутствие внешних силовых полей;
- МСО не расходуют рабочее тело.

Использование маховиков для ориентации и стабилизации имеет также ряд недостатков:

- Сложная динамика аппарата;
- Явление насыщения маховика.[1]

Как правило, в конструкции космических летательных аппаратах (КЛА) имеются механизмы разгрузки маховиков. На малогабаритных спутниках использование таких механизмов не представляется возможным из-за ограничений по массово-габаритным характеристикам. Поэтому вопрос о тщательной разработке конфигураций маховиков остается актуальным по сей день.

В Томском политехническом университете на кафедре «Точного приборостроения» разрабатывается демонстрационный стенд для пояснения принципа работы МСО.