

УДК 669.018.296, 678.5

В.В. Королевич

Международный центр современного образования
Прага, Чехия

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ В МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ И АВИАКОСМИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЯХ

Аннотация. В работе даётся определение композиционных материалов, их классификация, краткие физико-механические характеристики и области применения. Указано на перспективность использования композитов в современных машиностроительных и авиакосмических конструкциях.

В.В. Karalevich

International Center of Modern Education
Prague, Czech

PROSPECTS FOR THE USE OF COMPOSITE MATERIALS IN MECHANICAL ENGINEERING AND AEROSPACE STRUCTURES

Abstract. The paper defines composite materials, their classification, brief physical and mechanical characteristics and applications. The prospects of using composites in modern machine-building and aerospace structures are indicated.

Современные отрасли машиностроения, авиации, ракетно-космической техники не могут обойтись без применения композиционных материалов.

Цель данной работы показать перспективность использования композиционных материалов в современных машиностроительных и авиакосмических конструкциях.

Композиционные материалы — это материалы, полученные из соединения двух или более компонентов в общей системе, в которой каждый компонент в отдельности сохраняет свои свойства [1]. Композиты можно рассматривать как соединение двух и более фаз: одна фаза непрерывна, является матрицей, другая прерывиста, является армирующей фазой [2]. Композиционные материалы принято классифицировать в зависимости от материала матрицы на следующие основные группы: полимерные композиционные материалы (с полимерной матрицей); металлические композиционные материалы (с металлической матрицей); керамические композиционные материалы (с керамической матрицей).

Свойства матрицы определяют эксплуатационные характеристики композита: плотность, удельную прочность, рабочую температуру, сопротивление усталостному разрушению и воздействию агрессивных сред. Наполнители или армирующие элементы часто имеют микроскопический размер, так как чем тоньше волокно или частица, тем выше их механические свойства. Они используются для упрочнения композита и могут быть сделаны из высокопрочной стали, молибдена, вольфрама и других металлов, и их сплавов, волокон из бора, углерода, стекла, монокристаллов из оксидов, нитридов алюминия и кремния и других соединений.

Помимо обеспечения прочности и монолитности конструкции матрица должна иметь необходимую пластичность и быть работоспособной в той температурной области, для которой предназначен композит.

Полимерные матрицы используются при изготовлении композитов, применяемых при температурах ниже 200°С.

В судостроении, авиации, в космической технике, автомобилестроении, центрифугостроении, аттракционной технике, строительстве, при изготовлении некоторых бытовых приборов широко применяются *стеклопластики*. Это композиционные материалы, армированные непрерывными стеклянными волокнами в виде нитей, жгутов или ткани. Стеклопластики обладают высокой прочностью, устойчивостью к тепловым ударам и знакопеременным нагрузкам, радиопрозрачностью, коррозионной стойкостью. *Стеклотекстолитами* называют слоистые стеклопластики на основе тканей. Наиболее высокие механические характеристики имеют стеклотекстолиты на основе однослойных тканей сатинового переплетения. Связующим материалом (матрицей) являются как термореактивные смолы (эпоксидные, полиэфирные, фенолформальдегидные и др.), так и термопластичные.

Органопластики – это композиционные материалы, армированные высокопрочными арамидными волокнами. Они обладают высокими прочностными и упругими характеристиками, ударной вязкостью, высокой химической стойкостью, высокими теплоизоляционными и диэлектрическими свойствами, плохо горят и выделяют мало дыма. Органопластики — самые легкие полимерные композиционные материалы, их плотность составляет 1250 – 1350 кг/м³. По удельной прочности при растяжении органопластики занимают ведущее место среди конструкционных материалов. Для органопластиков характерны высокие параметры вязкости разрушения, длительность ресурса и надежность эксплуатации изделий в условиях

воздействия механического или акустического удара, эродирующих потоков, вибрационных нагрузок.

Из-за низкой дымообразующей способности, высоким эстетическим качествам органоластики используют при обшивке салонов самолетов, вертолётов, судов, автомобилей, для внутренней отделки жилых и промышленных зданий. При изготовлении защитных экранов в корпусах вентиляторов турбореактивных двигателей также используется органопластик, поскольку он может выдерживать механический удар при столкновении самолета с птицей.

Металлоорганопластики - алоры являются композиционными материалами нового поколения. Они состоят из чередующихся слоев алюминиевого сплава и органоластика. Такие композиты обладают высокой трещиностойкостью, что позволяет изготавливать из них безопасно повреждаемые конструкции на воздушном и автомобильном транспорте. Замена традиционных алюминиевых сплавов алорам обеспечивает снижение массы конструкции на 10 – 20%. Обладая высокими демпфирующими характеристиками, алор используется в конструкциях, подверженных высокочастотным колебаниям (вагоны скоростных поездов, автомобили, самолеты и др.), что позволяет увеличить ресурс их работы в несколько раз. Он хорошо поддается всем видам механической обработки, пластическому деформированию.

Углепластиками называют композиционные материалы, армированные высокопрочными углеродными волокнами в виде непрерывных нитей, жгутов, тканей или нетканых материалов. Матрицей углепластиков являются эпоксидные, полиамидные, полиэфирные и другие смолы. Углепластики считаются самыми перспективными композиционными материалами, обладающие высокими прочностными и жесткостными характеристиками, термостойкостью до 570°K, низким температурным коэффициентом линейного расширения, стойкостью к агрессивным средам.

Углепластики используются в конструкциях современных военных и гражданских самолетов, космических кораблей многоразового использования «Буран», что доказывает их высокую техническую эффективность и эксплуатационную надежность.

В автомобилестроении из углепластиков чаще всего делают бамперы, обтекатели, спойлеры; элементы внутренней отделки салона автомобиля, декоративные панели салона; элементы защиты корпуса автомобиля, днища автомобиля. Углекомпозиты используются как армирующие материалы для изготовления тормозных колодок и фрикционных дисков (дисков сцепления); как материалы для

изготовления уплотняющих прокладок двигателя и глушителя; как армирующий материал для покрышек (скатов) автомобильных колес.

В самолётостроении наиболее широко используют композиты с борными волокнами. Из *боропластика* и *бороалюминия* изготавливают горизонтальные и вертикальные стабилизаторы, рули, элементы хвостового оперения лонжероны, лопасти винтов, обшивку крыльев и др. Область применения металлических композитов непрерывно расширяется. Детали из бороалюминия по сравнению с титановыми сплавами дают снижение массы на 30 – 40%.

Автомобилестроительная корпорация Toyota (Япония) изготавливает детали автомобиля из металлических композитов. Так замена накладок поршней из никелевых сплавов на композит из алюминия, армированного смесью коротких волокон Al_2O_3 и SiO_2 (диаметр около 3 мкм и длина до 10 мкм) в различных соотношениях, позволило поднять температуру в камере сгорания двигателя и его мощность. За счет увеличения износостойкости поршней пробег автомобиля увеличился до 300 тыс. км. Производство таких металлических композитов, по мнению японских специалистов, открывает промышленную технологию следующего поколения.

Еще более эффективно применение бороалюминия в ракетно-космической технике. Его использование для изготовления крупных деталей для ракет «Атлас», космических кораблей «Аполлон», «Шаттл» позволило уменьшить их массу на 20 – 50%. Такая экономия массы позволила уменьшить затраты на вывод корабля на орбиту на несколько миллионов долларов, что заранее окупает затраты на стоимость элементов конструкции из этих материалов.

При создании авиационных двигателей нового поколения широко используются очень стойкие огнеупорные материалы – *керамические композиты*. Для этого сначала изготавливается ткань из волокон карбида кремния (торговая марка Sylramic), из неё формируется заготовка заданной формы и размеров, затем заготовка насыщается расплавом карбида кремния и обжигается. Для изготовления композита могут быть использованы волокна Sylramic или Sylramic с покрытием нитрида бора. Такие керамические композиты выдерживают температуру до 1200 °С.

При полёте на космических скоростях температура поверхностей передних кромок плоскостей может достигать 2700 °С, а температура в камере сгорания прямоточного воздушно-реактивного двигателя – 3000 °С.

Для обеспечения тепловой защиты и высоких прочностных характеристик конструкции при аэродинамическом нагреве

используются многослойные сэндвич-структуры Ceramic Matrix Composite/Foam Core (керамический матричный композит с внутренним слоем пористой керамики).

Основным преимуществом таких материалов по сравнению с теплозащитными плитками, используемыми в конструкции «Шаттла» или «Бурана», является высокая прочность, позволяющая встроить теплозащиту в несущую конструкцию. У «Шаттла» и «Бурана» тепловая защита устанавливалась поверх несущих конструкций и создавала «паразитный вес», т.к. не несла нагрузки.

В камере сгорания используются керамические композиты на основе высокотемпературной керамики. Такая керамика, состоящая из диборида циркония и карбида кремния, спекается с помощью электроискровых разрядов высокой частоты (так называемый метод Sparc Plasma Sintering). Для защиты композитной керамики на основе карбида кремния от реакций с продуктами горения топлива в камере сгорания и парами воды используются нанокompозитные коррозионностойкие покрытия.

Таким образом, композиционные материалы являются перспективными конструкционными материалами в современном машиностроении и авиакосмической технике.

Список использованных источников

1. Рогов, В.А. Классификация композиционных материалов и их роль в современном машиностроении /Рогов В.А., Шкарупа М.И., Велис А.К. Вестник РУДН. Серия *Инженерные исследования*. 2012. №2. С. 41 - 49.

2. Композиционные материалы: Справочник. Под общ. ред. В.В. Васильева, Ю.М. Тарнопольского. –1990. М.: Машиностроение. 512 с.