

Применение композитных материалов в авиационной промышленности

Студенты группы 10401121 Жолнерович А.А., Гриб Ф.Д.

Научный руководитель – Корнеева Е.К.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

На сегодняшний день композиты являются востребованными в разных сферах: строительство, автопром, транспортная инфраструктура, жилищная инфраструктура, медицина и особенно стоматология. Применение полимерного композиционного материала в производстве авиационных и космических аппаратов позволяет уменьшить вес летательной техники до 50 кг. Композитный материал отлично подходит для применения в промышленности, строительстве и при сложных климатических условиях.

Композитный материал представляет собой материал, который состоит из двух или нескольких компонентов, объединяющих друг друга, создающих новый материал или улучшающих характеристики одного из них. Таким образом, в составе всех композиционных материалов имеется матрица и жесткий армирующий наполнитель. Роль наполнителя играют углеродные или стеклянные волокна, матрица же является полимерным материалом. Такая конструкция позволяет создавать легкие, но весьма прочные элементы.

В базовом композите один материал действует как поддерживающая матрица, в то время как другой материал создает на этой основе строительные леса и усиливает весь материал. Формирование материала может быть дорогостоящим и сложным процессом. По сути, матрица основного материала укладывается в форму при высокой температуре и давлении. Затем поверх основного материала заливается эпоксидная смола, создавая прочный материал при охлаждении композитного материала. Композит также может быть получен путем встраивания волокон вторичного материала в основную матрицу.

Композитные материалы могут быть сформованы в различные формы, и, при желании, их волокна могут быть плотно намотаны для повышения прочности. Полезной особенностью композитов является то, что они могут быть многослойными, причем волокна в каждом слое идут в другом направлении, что позволяет инженеру проектировать конструкции с уникальными свойствами. Например, конструкция может быть спроектирована так, что она будет изгибаться в одном направлении, но не в другом.

Композиты обладают хорошей прочностью на растяжение и устойчивостью к сжатию, что делает их пригодными для использования в производстве деталей самолетов. Прочность материала на растяжение обусловлена его волокнистой природой. При приложении растягивающего усилия волокна внутри композита выстраиваются в соответствии с направлением приложенного усилия, придавая ему прочность на растяжение. Хорошую устойчивость к сжатию можно объяснить адгезионными свойствами и жесткостью системы. Роль смолы заключается в том, чтобы поддерживать волокна в виде прямых столбиков и предотвращать их изгиб.

В авиастроительной промышленности композиты были особенно популярными, поскольку они обеспечивают прочность конструкции, сравнимую с металлическими сплавами, но при меньшем весе, антикоррозионную стойкость. Это приводит к повышению топливной экономичности и эксплуатационных характеристик самолета [1].

В конструкции самолёта из композиционного материала можно выполнить фюзеляж, крылья, хвостовое оперение, мотогондолу, детали декора. В самолетах чаще применяются более легкие материалы из углепластика, а для нелегких деталей и носового обтекателя – стеклопластик [2].

Разработка легких, термостойких композитных материалов позволит создать следующее поколение высокоэффективных и экономичных конструкций самолетов. Использование таких материалов позволит снизить расход топлива, повысить эффективность и снизить прямые эксплуатационные расходы воздушных судов.

Стекловолокно является наиболее распространенным композитным материалом и состоит из стеклянных волокон, встроенных в полимерную матрицу. Стекловолокно впервые стало широко использоваться в 1950-х годах для изготовления лодок и автомобилей. Впервые его использовали в пассажирском самолете Boeing 707 в 1950-х годах, что составляло около двух процентов всей конструкции. В каждом поколении новых самолетов, построенных Boeing, процент использования композитных материалов увеличивался: самый высокий показатель – 50% использования композитных материалов в 787 Dreamliner. Ровно половину веса самолета Boeing 787 Dreamliner составляют композиционные материалы, 20% – алюминий, около 15% – титан, 10% – сталь и 5% – другие материалы (рисунок 1) [1].

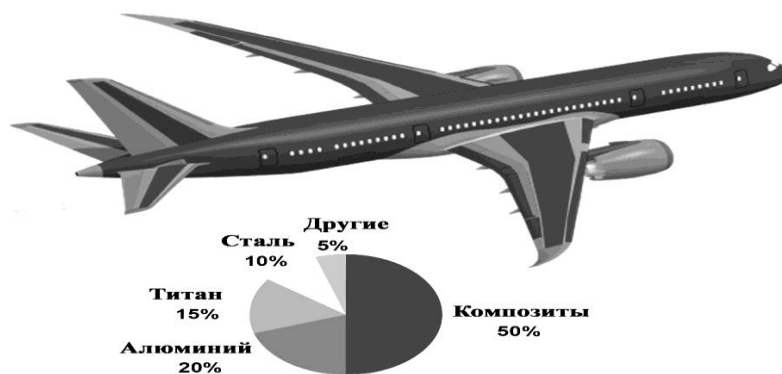


Рисунок 1 – Доля композитов в конструкции самолёта

Снижение веса является самым большим преимуществом использования композитного материала и является одним из ключевых факторов при принятии решений относительно его выбора. Другие преимущества включают его высокую коррозионную стойкость и устойчивость к повреждениям от усталости. Эти факторы играют определенную роль в снижении эксплуатационных расходов самолета в долгосрочной перспективе, еще больше повышая его эффективность.

Основным недостатком использования композитов является то, что они являются относительно новым материалом и, как таковые, имеют высокую стоимость. Высокая стоимость также объясняется трудоемким и часто сложным процессом изготовления. Композитные материалы трудно проверить на наличие дефектов, в то время как некоторые из них впитывают влагу.

Несмотря на то, что алюминий тяжелее, он, напротив, прост в изготовлении и ремонте. Он может быть помят или проколот и все еще держаться вместе. Композитные материалы имеют несколько иные характеристики: если они повреждены, они требуют немедленного ремонта, который является сложным и дорогостоящим.

Невозможно заменить детали мотора композиционным материалом, поскольку полимер не выдерживает температур. Стойки шасси не делают из композитов, потому что на них высокая ударная нагрузка, металлическими остаются подвижные части, например, некоторые элементы механизации крыла. Тормозные диски делают из композиционных материалов, но другого класса – углерод-углеродных композитов. Однако, в Национальном управлении по авионавигации и исследованию космического пространства (НАСА) предпринимаются серьезные усилия по разработке легких, высокотемпературных композитных материалов для использования в деталях самолетов. Согласно предварительным расчетам, на входе в турбину концептуального двигателя ожидается температура до 1650°C. Чтобы материалы выдерживали такие температуры, необходимо использовать композиты с керамической матрицей. Использование керамической матрицы в усовершенствованных двигателях также позволит увеличить температуру, при которой может работать двигатель, что приведет к увеличению выхода [2].

Шелк паука – еще один перспективный материал для использования в композитных материалах. Шелк паука обладает высокой пластичностью, что позволяет растянуть волокно

до 140% от его нормальной длины. Шелк паука также сохраняет свою прочность при температурах до -40°C . Благодаря этим свойствам шелк паука идеально подходит для использования в качестве волокнистого материала при производстве пластичных композитных материалов, сохраняющих свою прочность даже при аномальных температурах. Пластичные композитные материалы будут полезны для частей самолета, которые будут подвергаться переменным нагрузкам, например, соединение крыла с основным фюзеляжем. Повышенная прочность, ударная вязкость и пластичность такого композита позволяют прикладывать большие усилия к детали или соединению до того, как произойдет катастрофический отказ. Композиты на основе синтетического паучьего шелка также будут иметь и то преимущество, что их волокна будут биоразлагаемыми.

Было предпринято много безуспешных попыток воспроизвести шелк паука в лаборатории, но идеальный повторный синтез еще не достигнут.

Благодаря более высокому соотношению прочности к весу композитные материалы имеют преимущество перед обычными металлическими материалами, хотя в настоящее время изготовление композитов обходится дорого. До тех пор, пока не будут внедрены методы снижения первоначальных затрат на внедрение и решения проблемы небiorазлагаемости существующих композитов, этот относительно новый материал не сможет полностью заменить традиционные металлические сплавы.

Список использованных источников

1. Ростех [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rostec.ru>. – Дата доступа: 20.11.2022.

2. Портал «Энерговектор» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.energovector.com>. – Дата доступа: 20.11.2022.