

Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение
средняя общеобразовательная школа № 2 г. Амурска
Амурского муниципального района Хабаровского края

**Тема: Как и где используются композиционные
материалы в самолётостроении**

Выполнил:
Зольников Александр Александрович,
ученик 9 А класса

Руководитель:
Понкратова Анна Сергеевна,
учитель химии

г. Амурск, 2014

Оглавление

Введение.....	3
Глава 1. Композиционные материалы	5
1.1. Определение композиционного материала.....	5
1.2. Типы композиционных материалов	7
1.3. Классификация композиционных материалов	8
1.3.1. Волокнистые композиционные материалы.....	8
1.3.2. Дисперсно-упрочненные композиционные материалы.....	10
1.3.3. Стекловолокниты.....	12
1.3.4. Карбоволокниты.....	13
1.3.5. Бороволокниты.....	15
1.3.6. Органоволокниты.....	16
2.1. Получение стеклопластика и углепластика опытным путём.....	18
Глава 2. Использование композиционных материалов в.....	21
самолётостроении.....	21
2.1. Свойства конструкций, изготовленных из композиционных материалов	21
2.2. Использование полимерных композиционных материалов для изготовления деталей турбореактивных двигателей	22
2.3. Использование композиционных материалов в фюзеляже.....	23
2.4. Использование композиционных материалов в крыле самолёта	24
2.5. Недостатки композиционных материалов	25
Заключение	28
Список литературы	30
Список интернет-ресурсов	30

Введение

При обучении в рамках весенней школы в Ресурсном центре Технопарка КНАГТУ по программе «Технологии будущего» по направлению «Самолётостроение» меня заинтересовал вопрос: как в самолётостроении могут применяться композиционные материалы, поэтому мною была выбрана тема «Применение композиционных материалов в самолётостроении».

Цель работы: выяснить, как и где в самолётостроении используются композиционные материалы.

Мы поставили перед собой следующие задачи:

1. Определить что такое композиционные материалы, каких видов и типов они бывают.
2. Выяснить какими физическими свойствами обладают композиционные материалы.
3. Узнать, как и где применяются композиционные материалы в самолётостроении.

Гипотеза: Благодаря композиционным материалам самолеты становятся легче и могут летать быстрее, выше и дальше с меньшими расходами.

Объект исследования: композиционные материалы

Предмет исследования: самолётостроение.

Оказывается, что малые добавки волокна значительно увеличивают прочность и вязкость хрупких материалов, было известно ещё с древнейших времен. Во времена египетского рабства евреи добавляли солому в кирпичи, чтобы они были прочнее и не растрескивались при сушке на жарком солнце. Оболочки для египетских мумий делали из кусков ткани или папируса, пропитанных смолой или клеем. Этот материал (папье-маше) был заново открыт только в 18 веке (вместо папируса использовались куски бумаги) и был популярен до середины 20 в. Из папье-маше делали игрушки, рекламные макеты, а иногда даже мебель.

Пожалуй, в каждом современном доме найдутся предметы мебели, сделанные из распространенного в наши дни композиционного материала – древесно-стружечных плит (ДСП), в которых матрица из синтетических смол наполнена древесными стружками и опилками. А наиболее известным на сегодняшний день композитом, вероятнее всего, является железобетон. Сочетание бетона и железных прутьев дает материал, из которого сооружают конструкции (пролеты мостов, балки и т.п.), которые выдерживают большие нагрузки, вызывающие растрескивание обычного бетона. Или, например, обычная клееная фанера является широко распространённым композиционным материалом.

Рис. 1 Фанера является широко распространённым композиционным материалом.



Итак, разберёмся, что же такое композиционные материалы, которые используются в самолётостроении.

Глава 1. Композиционные материалы

1.1. Определение композиционного материала

Обратимся к учебнику по материаловедению и разберёмся с основными понятиями:

Материал - это объект, обладающий определенным составом, структурой и свойствами, предназначенный для выполнения определенных функций. Все материалы по химическому составу делятся на две основные группы — металлические и неметаллические. К металлическим относятся металлы и их сплавы. Кроме металлических, в промышленности значительное место занимают различные неметаллические материалы — это, например, пластмассы, керамика, резина и другие.

Композитный материал, также называемый композиционный материал или композит - это искусственно созданный неоднородный сплошной материал, состоящий из двух или более компонентов, различных по физическим и химическим свойствам, которые остаются отдельными на макроскопическом уровне в финишной структуре.

Механическое поведение композита определяется соотношением свойств армирующих элементов и матрицы, а также прочностью связи между ними. Эффективность и работоспособность материала зависят от правильного выбора исходных компонентов и технологии их совмещения, призванной обеспечить прочную связь между компонентами при сохранении их первоначальных характеристик.

Таким образом, мы выяснили, что в состав композитного материала входит две категории элементов: матрица и армирующее вещество. Здесь надо отметить, что слово «матрица» приобрело несколько искаженное значение. Им часто называют оснастку или форму, по которой создается изделие. Далее слово «матрица» употребляется только в значении связующего вещества в композитном материале. Материал матрицы окружает и фиксирует армирующий материал, придает изделию форму. Армирующее вещество пе-

редает изделию свои механические и физические свойства, и, таким образом, усиливает свойства матрицы. Такая взаимосвязь позволяет создать более совершенный материал с набором свойств, недоступным каждому из входящих в его состав материалов в отдельности. Широкая гамма армирующих и матричных материалов дает возможность создавать материал с теми свойствами, которые соответствуют назначению изделия.

1.2. Типы композиционных материалов

Как мы уже выяснили, все композиционные материалы по химическому составу делятся на металлические и неметаллические.

1. Композиционные материалы с металлической матрицей.

Композитные материалы или композиционные материалы состоят из металлической матрицы (чаще Al, Mg, Ni и их сплавы), упрочненной высокопрочными волокнами (волокнистые материалы) или тонкодисперсными тугоплавкими частицами, не растворяющимися в основном металле (дисперсно-упрочненные материалы). Металлическая матрица связывает волокна (дисперсные частицы) в единое целое. Волокно (дисперсные частицы) плюс связка (матрица), составляющие ту или иную композицию, получили название композиционные материалы.

2. Композиционные материалы с неметаллической матрицей.

Композиционные материалы с неметаллической матрицей нашли широкое применение. В качестве неметаллических матриц используют полимерные, углеродные и керамические материалы. Из полимерных матриц наибольшее распространение получили эпоксидная, фенолоформальдегидная и полиамидная.

Угольные матрицы коксованные или пироуглеродные получают из синтетических полимеров, подвергнутых пиролизу. Матрица связывает композицию, придавая ей форму. Упрочнителями служат волокна: стеклянные, углеродные, борные, органические, на основе нитевидных кристаллов (оксидов, карбидов, боридов, нитридов и других), а также металлические (проволоки), обладающие высокой прочностью и жесткостью.

Свойства композиционных материалов зависят от состава компонентов, их сочетания, количественного соотношения и прочности связи между ними.

Армирующие материалы могут быть в виде волокон, жгутов, нитей, лент, многослойных тканей.

1.3. Классификация композиционных материалов

1.3.1. Волокнистые композиционные материалы

Часто композиционный материал представляет собой слоистую структуру, в которой каждый слой армирован большим числом параллельных непрерывных волокон. Каждый слой можно армировать также непрерывными волокнами, сотканными в ткань, которая представляет собой исходную форму, по ширине и длине соответствующую конечному материалу. Нередко волокна сплетают в трехмерные структуры.

Композитные материалы отличаются от обычных сплавов более высокими значениями временного сопротивления и предела выносливости (на 50 – 10 %), модуля упругости, коэффициента жесткости и пониженной склонностью к трещинообразованию. Применение композиционных материалов повышает жесткость конструкции при одновременном снижении ее металлоемкости.

Прочность композиционных (волоконных) материалов определяется свойствами волокон; матрица в основном должна перераспределять напряжения между армирующими элементами. Поэтому прочность и модуль упругости волокон должны быть значительно больше, чем прочность и модуль упругости матрицы.

Жесткие армирующие волокна воспринимают напряжения, возникающие в композиции при нагружении, придают ей прочность и жесткость в направлении ориентации волокон.

Для упрочнения алюминия, магния и их сплавов применяют борные, а также волокна из тугоплавких соединений (карбидов, нитридов, боридов и оксидов), имеющих высокие прочность и модуль упругости. Нередко используют в качестве волокон проволоку из высокопрочных сталей.

Для армирования титана и его сплавов применяют молибденовую проволоку, волокна сапфира, карбида кремния и бориды титана.

Повышение жаропрочности никелевых сплавов достигается армированием их вольфрамовой или молибденовой проволокой. Металлические волокна используют и в тех случаях, когда требуются высокие теплопроводность и электропроводимость. Перспективными упрочнителями для высокопрочных и высокомодульных волокнистых композиционных материалов являются нитевидные кристаллы из оксида и нитрида алюминия, карбида и нитрида кремния, карбида бора и др.

Композиционные материалы на металлической основе обладают высокой прочностью и жаропрочностью, в то же время они малопластичны. Однако волокна в композиционных материалах уменьшают скорость распространения трещин, зарождающихся в матрице, и практически полностью исчезает внезапное хрупкое разрушение. Отличительной особенностью волокнистых одноосных композиционных материалов являются анизотропия механических свойств вдоль и поперек волокон и малая чувствительность к концентраторам напряжения.

Анизотропия свойств волокнистых композиционных материалов учитывается при конструировании деталей для оптимизации свойств путем согласования поля сопротивления с полями напряжения.

Армирование алюминиевых, магниевых и титановых сплавов непрерывными тугоплавкими волокнами бора, карбида кремния, доборида титана и оксида алюминия значительно повышает жаропрочность. Особенностью композиционных материалов является малая скорость разупрочнения во времени с повышением температуры.

Основным недостатком композиционных материалов с одно и двумерным армированием является низкое сопротивление межслойному сдвигу и поперечному обрыву. Этому лишены материалы с объемным армированием.

Таким образом, волокнистые композиты армированы волокнами или нитевидными кристаллами – кирпичи с соломой и папье-маше можно отнести как раз к этому классу композитов. Уже небольшое содержание наполнителя в композитах такого типа приводит к появлению качественно новых ме-

ханических свойств материала. Широко варьировать свойства материала позволяет также изменение ориентации размера и концентрации волокон. Кроме того, армирование волокнами придает материалу анизотропию свойств (различие свойств в разных направлениях), а за счет добавки волокон проводников можно придать материалу электропроводность вдоль заданной оси.

1.3.2. Дисперсно-упрочненные композиционные материалы

В отличие от волокнистых композиционных материалов в дисперсно-упрочненных композиционных материалах матрица является основным элементом, несущим нагрузку, а дисперсные частицы тормозят движение в ней дислокаций.

Высокая прочность достигается при размере частиц 10-500 нм при среднем расстоянии между ними 100-500 нм и равномерном распределении их в матрице.

Использование в качестве упрочняющих фаз стабильных тугоплавких соединений (оксиды тория, гафния, иттрия, сложные соединения оксидов и редкоземельных металлов), не растворяющихся в матричном металле, позволяет сохранить высокую прочность материала. В связи с этим такие материалы чаще применяют как жаропрочные. Дисперсно-упрочненные композиционные материалы могут быть получены на основе большинства применяемых в технике металлов и сплавов.

Наиболее широко используют сплавы на основе алюминия – САП (спеченный алюминиевый порошок).

Плотность этих материалов равна плотности алюминия, они не уступают ему по коррозионной стойкости и даже могут заменять титан и коррозионно-стойкие стали при работе в интервале температур 250-500 °С. По длительной прочности они превосходят деформируемые алюминиевые сплавы. Длительная прочность для сплавов САП-1 и САП-2 при 500 °С составляет 45-55 МПа.

Большие перспективы у никелевых дисперсно-упрочненных материалов. Матрица этих сплавов обычно твердый раствор Ni + 20 % Cr, Ni + 15 % Mo, Ni + 20 % Cr и Mo. Широкое применение получили сплавы ВДУ-1 (никель, упрочненный двуокисью тория), ВДУ-2 (никель, упрочненный двуокисью гафния) и ВД-3 (матрица Ni +20 % Cr, упрочненная окисью тория). Эти сплавы обладают высокой жаропрочностью. Дисперсно-упрочненные композиционные материалы, так же как волокнистые, стойки к разупрочнению с повышением температуры и длительности выдержки при данной температуре.

Дисперсно-упрочненные полимерные композиты состоят из полимерной матрицы, в которой распределены частицы наполнителя размером от 0,01 до 0,1 мкм. В качестве полимерной матрицы в них используют эпоксидные смолы, полиметилметакрилат, полиэтиленгликоль, поливинилиденфторид, полиуретан, полистирол, поликарбонат, поликапролактон, полиакрилонитрил, полибутadiен, сополимеры и другие жидкокристаллические полимеры.

В качестве нанонаполнителей для дисперсно-упрочненных полимерных композитов применяют:

- нанотрубки;
- фибриллы (многостенные нанотрубки с закрытыми концами);
- фуллерены;
- нанопластины (хлопья толщиной менее 5 нм). К нанопластинам, в частности, относятся наноглины - алюмосиликатные материалы с пластинчатой структурой толщиной менее 1 нм и относительной длиной от 300 до 1500 нм;
- наночастицы и нанопорошки металлов и оксидов металлов.

Таким образом, дисперсионно-упрочненные полимерные композиты имеют значительно более высокие модуль упругости и прочность, по сравнению с исходными полимерными материалами, при одновременном сохранении пластичности и отсутствии охрупчивания.

1.3.3. Стекловолокниты

Стекловолокниты – это композиция, состоящая из синтетической смолы, являющейся связующим, и стекловолокнистого наполнителя. В качестве наполнителя применяют непрерывное или короткое стекловолокно. Прочность стекловолокна резко возрастает с уменьшением его диаметра (вследствие влияния неоднородностей и трещин, возникающих в толстых сечениях). Свойства стекловолокна зависят также от содержания в его составе щелочи; лучшие показатели у бесщелочных стекол алюмоборосиликатного состава.

Неориентированные стекловолокниты содержат в качестве наполнителя короткое волокно. Это позволяет прессовать детали сложной формы, с металлической арматурой. Материал получается с изотопными прочностными характеристиками, намного более высокими, чем у пресс-порошков и даже волокнитов. Представителями такого материала являются стекловолокниты АГ-4В, а также ДСВ (дозированные стекловолокниты), которые применяют для изготовления силовых электротехнических деталей, деталей машиностроения (золотники, уплотнения насосов и т. д.). При использовании в качестве связующего непредельных полиэфиров получают премиксы ПСК (пастообразные) и препреги АП и ППМ (на основе стеклянного мата). Препреги можно применять для крупногабаритных изделий простых форм (кузова автомашин, лодки, корпуса приборов и т. п.).

Ориентированные стекловолокниты имеют наполнитель в виде длинных волокон, располагающихся ориентированно отдельными прядями и тщательно склеивающихся связующим. Это обеспечивает более высокую прочность стеклопластика.

Стекловолокниты могут работать при температурах от -60 до 200 °С, а также в тропических условиях, выдерживать большие инерционные перегрузки.

При старении в течение двух лет коэффициент старения $K = 0,5-0,7$.

Ионизирующие излучения мало влияют на их механические и электрические свойства. Из них изготавливают детали высокой прочности, с арматурой и резьбой.

1.3.4. Карбоволокниты

Карбоволокниты (углепласты) представляют собой композиции, состоящие из полимерного связующего (матрицы) и упрочнителей в виде углеродных волокон (карбоволокон).

Высокая энергия связи углеродных волокон позволяет им сохранить прочность при очень высоких температурах (в нейтральной и восстановительной средах до 2200 °С), а также при низких температурах. От окисления поверхности волокна предохраняют защитными покрытиями (пиролитическими). В отличие от стеклянных волокон карбоволокна плохо смачиваются связующим (низкая поверхностная энергия), поэтому их подвергают травлению. При этом увеличивается степень активирования углеродных волокон по содержанию карбоксильной группы на их поверхности. Межслойная прочность при сдвиге углепластиков увеличивается в 1,6-2,5 раза. Применяется вискеризация нитевидных кристаллов TiO_2 , AlN и Si_3N_4 , что дает увеличение межслойной жесткости в 2 раза и прочности в 2,8 раза. Применяются пространственно армированные структуры.

Связующими служат синтетические полимеры (полимерные карбоволокниты); синтетические полимеры, подвергнутые пиролизу (коксованные карбоволокниты); пиролитический углерод (пироуглеродные карбоволокниты).

Эпоксифенольные карбоволокниты КМУ-1л, упрочненные углеродной лентой, и КМУ-1у на жгуте, вискеризованном нитевидными кристаллами, могут длительно работать при температуре до 200 °С.

Карбоволокниты КМУ-3 и КМУ-2л получают на эпоксианилиноформальдегидном связующем, их можно эксплуатировать при температуре до

100 °С, они наиболее технологичны. Карбоволокниты КМУ-2 и КМУ-2л на основе полиимидного связующего можно применять при температуре до 300°С.

Карбоволокниты отличаются высоким статистическим и динамическим сопротивлением усталости, сохраняют это свойство при нормальной и очень низкой температуре (высокая теплопроводность волокна предотвращает саморазогрев материала за счет внутреннего трения). Они водо- и химически стойкие. После воздействия на воздухе рентгеновского излучения [pic] и E почти не изменяются.

Теплопроводность углепластиков в 1,5-2 раза выше, чем теплопроводность стеклопластиков. Они имеют следующие электрические свойства: [pic] = 0,0024-0,0034 Ом·см (вдоль волокон).

Карбостекловолокониты содержат наряду с угольными стеклянными волокнами, что удешевляет материал.

Карбоволокниты с углеродной матрицей.

Коксованные материалы получают из обычных полимерных карбоволокнитов, подвергнутых пиролизу в инертной или восстановительной атмосфере. При температуре 800-1500 °С образуются карбонизированные, при 2500-3000 °С графитированные карбоволокниты. Для получения пироуглеродных материалов упрочнитель выкладывается по форме изделия и помещается в печь, в которую пропускается газообразный углеводород (метан). При определенном режиме (температуре 1100 °С и остаточном давлении 2660 Па) метан разлагается и образующийся пиролитический углерод осаждается на волокнах упрочнителя, связывая их.

Образующийся при пиролизе связующего кокс имеет высокую прочность сцепления с углеродным волокном. В связи с этим композиционный материал обладает высокими механическими свойствами, стойкостью к термическому удару.

Карбоволокнит с углеродной матрицей типа КУП-ВМ по значениям прочности и ударной вязкости в 5-10 раз превосходит специальные графиты;

при нагреве в инертной атмосфере и вакууме он сохраняет прочность до 2200 °С, на воздухе окисляется при 450 °С и требует защитного покрытия.

Коэффициент трения одного карбоволокнита с углеродной матрицей по другому высок (0,35-0,45), а износ мал (0,7-1 мкм на торможение).

Углепластики – наполнителем в этих полимерных композитах служат углеродные волокна. Углеродные волокна получают из синтетических и природных волокон на основе целлюлозы, сополимеров акрилонитрила, нефтяных и каменноугольных пеков и т.д. Термическая обработка волокна проводится, как правило, в три этапа (окисление – 220° С, карбонизация – 1000–1500° С и графитизация – 1800–3000° С) и приводит к образованию волокон, характеризующихся высоким содержанием (до 99,5% по массе) углерода. В зависимости от режима обработки и исходного сырья полученное углеволокно имеет различную структуру. Для изготовления углепластиков используются те же матрицы, что и для стеклопластиков – чаще всего – терморезистивные и термопластичные полимеры. Основными преимуществами углепластиков по сравнению со стеклопластиковыми является их низкая плотность и более высокий модуль упругости, углепластики – очень легкие и, в то же время, прочные материалы. Углеродные волокна и углепластики имеют практически нулевой коэффициент линейного расширения. Все углепластики хорошо проводят электричество, черного цвета, что несколько ограничивает области их применения. Углепластики используются в авиации, ракетостроении, машиностроении, производстве космической техники, медтехники, протезов, при изготовлении легких велосипедов и другого спортивного инвентаря.

1.3.5. Бороволокниты

Бороволокниты представляют собой композиции из полимерного связующего и упрочнителя – борных волокон.

Бороволокниты отличаются высокой прочностью при сжатии, сдвиге и срезе, низкой ползучестью, высокими твердостью и модулем упругости, теплопроводностью и электропроводимостью. Ячеистая микроструктура борных волокон обеспечивает высокую прочность при сдвиге на границе раздела с матрицей.

Помимо непрерывного борного волокна применяют комплексные боростеклониты, в которых несколько параллельных борных волокон оплетаются стеклонитью, придающей формоустойчивость. Применение боростеклонитей облегчает технологический процесс изготовления материала.

В качестве матриц для получения бороволокнитов используют модифицированные эпоксидные и полиимидные связующие. Бороволокниты КМБ-1 и КМБ-1к предназначены для длительной работы при температуре 200 °С; КМБ-3 и КМБ-3к не требуют высокого давления при переработке и могут работать при температуре не выше 100 °С; КМБ-2к работоспособен при 300 °С.

Бороволокниты обладают высокими сопротивлениями усталости, они стойки к воздействию радиации, воды, органических растворителей и горючесмазочных материалов.

1.3.6. Органоволокниты

Органоволокниты представляют собой композиционные материалы, состоящие из полимерного связующего и упрочнителей (наполнителей) в виде синтетических волокон. Такие материалы обладают малой массой, сравнительно высокими удельной прочностью и жесткостью, стабильны при действии знакопеременных нагрузок и резкой смене температуры. Для синтетических волокон потери прочности при текстильной переработке небольшие; они малочувствительны к повреждениям.

В органоволокнитах значения модуля упругости и температурных коэффициентов линейного расширения упрочнителя и связующего близки.

Происходит диффузия компонентов связующего в волокно и химическое взаимодействие между ними. Структура материала бездефектна. Пористость не превышает 1-3 % (в других материалах 10-20 %). Отсюда стабильность механических свойств органоволокнитов при резком перепаде температур, действии ударных и циклических нагрузок. Ударная вязкость высокая (400-700кДж/м). Недостатком этих материалов является сравнительно низкая прочность при сжатии и высокая ползучесть (особенно для эластичных волокон).

Органоволокниты устойчивы в агрессивных средах и во влажном тропическом климате; диэлектрические свойства высокие, а теплопроводность низкая. Большинство органоволокнитов может длительно работать при температуре 100-150 °С, а на основе полиимидного связующего и полиоксидазольных волокон – при температуре 200-300 °С.

Органопластики – композиты, в которых наполнителями служат органические синтетические, реже – природные и искусственные волокна в виде жгутов, нитей, тканей, бумаги и т.д. В терморезистивных органопластиках матрицей служат, как правило, эпоксидные, полиэфирные и фенольные смолы, а также полиимиды. Материал содержит 40–70% наполнителя. Содержание наполнителя в органопластиках на основе термопластичных полимеров – полиэтилена, ПВХ, полиуретана и т.п. – варьируется в значительно больших пределах – от 2 до 70%. Органопластики обладают низкой плотностью, они легче стекло- и углепластиков, относительно высокой прочностью при растяжении; высоким сопротивлением удару и динамическим нагрузкам, но, в то же время, низкой прочностью при сжатии и изгибе.

Важную роль в улучшении механических характеристик органопластика играет степень ориентация макромолекул наполнителя. Макромолекулы жесткоцепных полимеров, таких, как полипарафенилтерефталамид (кевлар) в основном ориентированы в направлении оси полотна и поэтому обладают высокой прочностью при растяжении вдоль волокон. Из материалов, армированных кевларом, изготавливают пулестойкие бронезилеты.

2.1. Получение стеклопластика и углепластика опытным путём

Как мы уже выяснили, по виду упрочнителя композитные материалы классифицируют на стекловолокниты, карбоволокниты с углеродными волокнами, бороваолокниты и органоваолокниты.

1. Получение стеклопластика:

Из стеклоткани с помощью эпоксидной смолы мы получили стеклопластик: на стеклоткань нанесли слой эпоксидной смолы и сверху положили ещё слой стеклоткани. Всё плотно прижали и оставили просыхать на сутки. На следующий день наш стеклопластик был готов.

Рис. 2. Стеклоткань

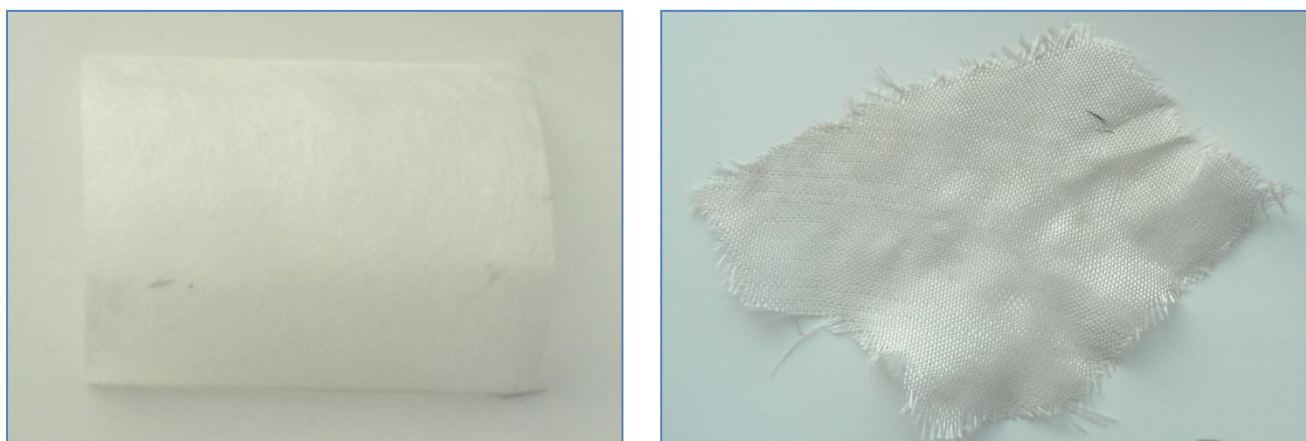
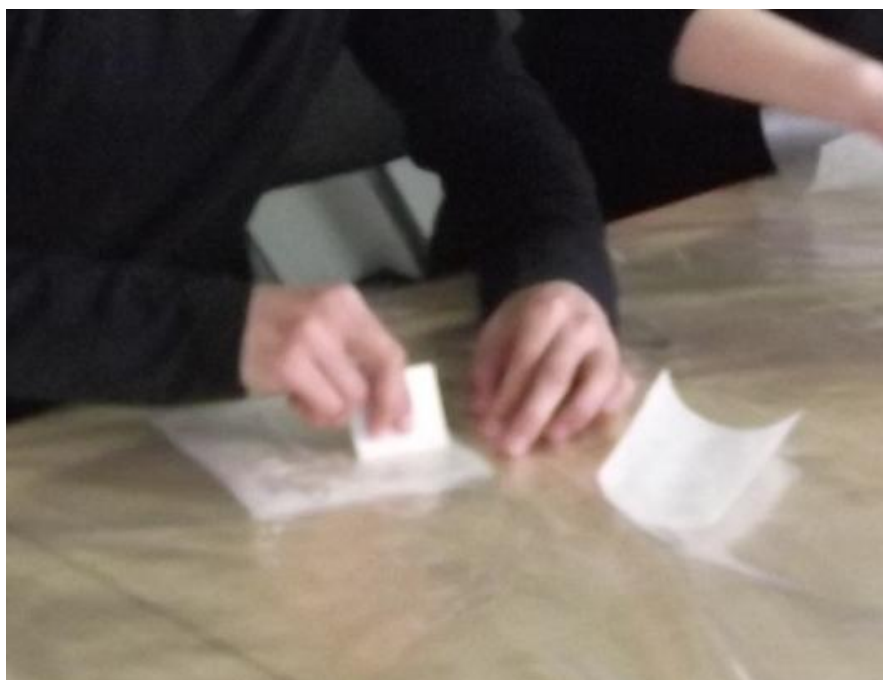
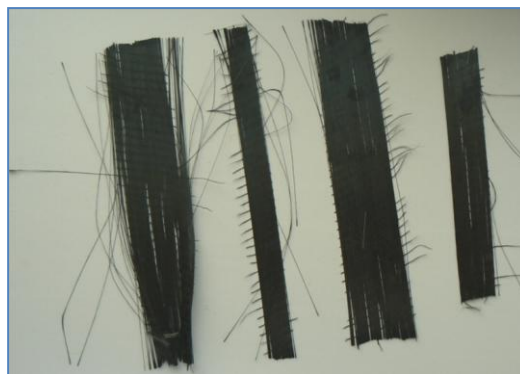


Рис. 3. Опыты по изготовлению стеклопластика



2. Получение стеклопластика с углеродным волокном

Рис. 4 Углеродную ткань делим на полосы



На стеклоткань нанесли слой эпоксидной смолы, на смолу выложили полосы углеткани параллельно одну к одной через небольшое расстояние, сверху снова смазали эпоксидной смолой и приложили слой стеклоткани. На следующий день мы получили новый образец пластика. Причём мы попробовали выкладывать полосы углеткани в два слоя – вдоль и поперёк:

Рис. 5 Опыты по изготовлению углепластика

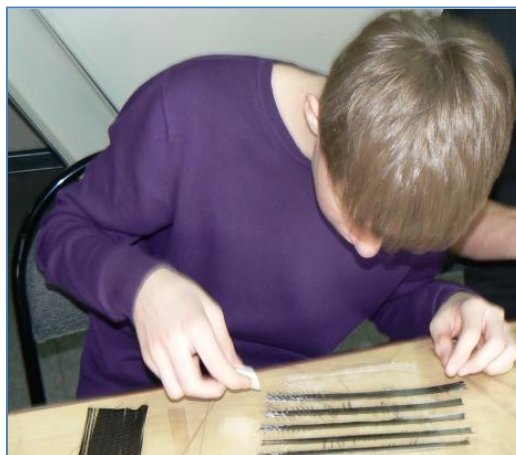
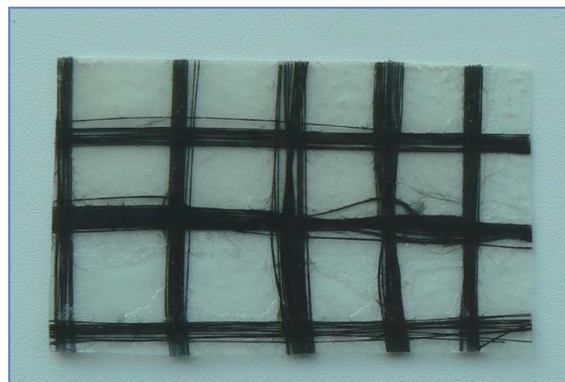


Рис. 6 Образцы углепластика, который мы получили



Таким образом, в слоистых материалах волокна, нити, ленты, пропитанные связующим, укладываются параллельно друг другу в плоскости укладки. Плоские слои собираются в пластины. Свойства получаются анизотропными. Для работы материала в изделии важно учитывать направление действующих нагрузок. Можно создать материалы как с изотропными, так и с анизотропными свойствами. (*Изотропные материалы* имеют одинаковые свойства во всех направлениях, анизотропные - разные.) К числу изотропных композитов относятся псевдосплавы и хаотично армированные материалы. Упрочнение хаотично армированных композитов осуществляется короткими (дискретными) частицами игольчатой формы, ориентированными в пространстве случайным образом. В качестве таких частиц используют отрезки волокон или нитевидные кристаллы (усы), при этом композиты получаются квазиизотропными, т.е. анизотропными в микрообъемах, но изотропными в макрообъеме всего изделия. Большая Энциклопедия Нефти и Газа <http://www.ngpedia.ru/id137660p1.html>)

Можно укладывать волокна под разными углами, варьируя свойства композиционных материалов. От порядка укладки слоев по толщине пакета зависят изгибные и крутильные жесткости материала.

Применяется укладка упрочнителей из трех, четырех и более нитей. Наибольшее применение имеет структура из трех взаимно перпендикулярных нитей. Упрочнители могут располагаться в осевом, радиальном и окружном направлениях.

Глава 2. Использование композиционных материалов в самолётостроении

2.1. Свойства конструкций, изготовленных из композиционных материалов

Главное преимущество композиционного материала в том, что материал и конструкция создается одновременно. Исключения - препреги, которые являются полуфабрикатом для изготовления конструкций.

Стоит сразу оговорить, что композиционные материалы создаются под выполнение данных задач, соответственно не могут вмещать в себя все возможные преимущества, но, проектируя новый композит, инженер волен задать ему характеристики, значительно превосходящие характеристики традиционных материалов при выполнении данной цели в данном механизме, но уступающие им в каких-либо других аспектах. Это значит, что композиционный материал не может быть лучше традиционного материала во всём, то есть для каждого изделия инженер проводит все необходимые расчёты и только потом выбирает оптимум между материалами для производства.

Конструкция, выполненная из композиционного материала, обладает свойствами:

- высокая удельная прочность (прочность 3500 МПа)
- высокая жёсткость (модуль упругости 130...140 — 240 ГПа)
- низкая износостойкость
- высокая усталостная прочность
- из композиционных материалов возможно изготовить размеростабильные конструкции
- лёгкость

Причём, разные классы композитов могут обладать одним или несколькими преимуществами. Некоторых преимуществ невозможно добиться одновременно.

Мы выяснили, что стеклопластики – полимерные композиционные материалы, обладают достаточно высокой прочностью, низкой теплопроводно-

стью, высокими электроизоляционными свойствами, кроме того, они прозрачны для радиоволн. Использование стеклопластиков началось в конце Второй мировой войны для изготовления антенных обтекателей – куполообразных конструкций, в которых размещается антенна локатора.

2.2. Использование полимерных композиционных материалов для изготовления деталей турбореактивных двигателей

Известно, что природа матрицы определяет параметры технологического процесса изготовления композита, при котором образуется и сам материал. Детали турбореактивных двигателей работают в условиях одновременного воздействия динамических и статических нагрузок. Кроме того, они подвергаются нагреву. Температура вентилятора и передних ступеней компрессора изменяется в пределах от температуры окружающей среды до 423К, достигая в задней зоне компрессора 973К. В этом случае наиболее эффективно применение композитов на основе термостойких полимерных (полиамидных) матриц, упрочненных борными или углеродными волокнами. По результатам комплексной оценки эффективности применения полимерных композиционных материалов в конструкции газотурбинного двигателя ПС-90А признано наиболее целесообразным. Применение композиционных материалов в конструкции следующих узлов двигателя: наружный корпус, кок и спрямляющая лопатка вентилятора, силовые корпуса, решетки, внешние обтекатели сопла, звукопоглощающие панели, силовые тяги. При изготовлении этих узлов масса двигателя снижается на 164 кг, что позволяет увеличить коммерческую нагрузку самолета Ту-204 на 328 кг, а самолета Ил-96-300 на 656 кг без изменений их взлетной массы.

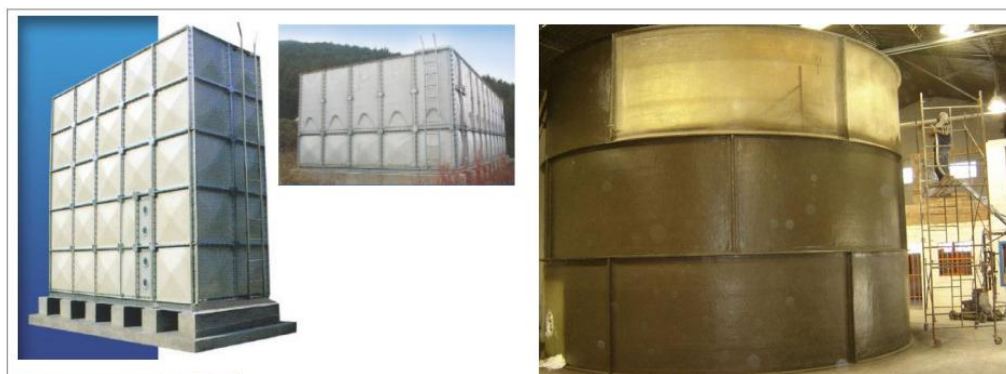
2.3. Использование композиционных материалов в фюзеляже

Фирма Веесн (США) в конструкции самолета Старшип широко применяет композиционные материалы, в основном на основе углеродных волокон с эпоксидной матрицей (углепластики). Она оценивает два варианта конструкции углепластикового фюзеляжа в соответствии с методами изготовления: традиционной выкладкой и намоткой. Метод выкладки является менее производительным и более трудоемким, но хорошо освоенным. Машинная намотка, применяемая для изготовления корпусов ракет, более производительная и дешевая, но фирма Веесн несколько разочаровалась в эффективности этого процесса. Для изготовления фюзеляжа методом намотки требуется около 24 ч и 1670 км углеродного жгута. Время изготовления фюзеляжа ручной выкладкой занимает приблизительно неделю.

Рис. 7 Изготовление стеклопластиковых ёмкостей способом намотки



Рис. 8 Стеклопластиковые ёмкости собранные из готовых панелей



Изготовление фюзеляжа начинается с ручной выкладки половинных панелей оболочки на пресс-форму с формованием по внешним обводам. После полимеризации панелей оболочки в автоклаве прорезаются вырезы под

окна и двери, а затем производится неразрушающий контроль для выявления дефектов. Далее устанавливаются и приклеиваются различные мелкие детали (в автоклаве или печи). Сборка фюзеляжа из двух половин осуществляется склейкой в автоклаве. Остальные детали внутреннего интерьера приклеиваются клеем холодного отверждения. После стыковки носового отсека, пассажирского салона и хвостового отсека на фюзеляж устанавливается крыло.

Изготовление фюзеляжа методом намотки осуществляется на намоточной машине с использованием специальной оправки. Укладка углеродного жгута ведется под углами 90 и $\pm 45^\circ$ к строительной горизонтали фюзеляжа. Первоначально наматывается на оправку внутренняя обшивка оболочки, затем вручную укладывается сотовый наполнитель Nomex и наматывается наружная обшивка. Далее оболочка разрезается по поперечному сечению за кабиной пилота, снимается с оправки, устанавливается в пресс-форму с формированием по внешним обводам и полимеризуется в автоклаве в течение 4 ч. Согласно заявлению специалистов фирмы Fibertek, метод намотки обеспечивает высокое качество наружной поверхности и малую пористость. Снижение стоимости изготовления при использовании намотки оценивается в 10000 долл. на фюзеляж, что достигается за счет меньшей суммарной стоимости волокна и связующего (по сравнению с готовыми препрегами), а также за счет исключения специальных помещений с низкой температурой для хранения препрегов.

Использование композитных материалов в фюзеляже дает заметный выигрыш в массе, однако, только для широкофюзеляжных самолетов. Исследования, проведенные в ОАК, показали, что выигрыш в массе становится ощутим только для фюзеляжей шире 6 м.

2.4. Использование композиционных материалов в крыле самолёта

Использование композитных материалов дает выгоду и в крыле: помимо снижения веса их улучшенные прочностные характеристики позволяют

добиться большего удлинения крыла, а это заметно улучшает аэродинамические характеристики планера и напрямую влияет на расход топлива. По разным оценкам, лишь этот фактор экономит 6–7% топлива.

Сегодня крыло, полностью состоящее из композитных материалов, имеет только американский Boeing 787 Dreamliner.

2.5. Недостатки композиционных материалов

Композиционные материалы имеют достаточно большое количество недостатков, которые сдерживают их распространение.

Высокая стоимость:

Высокая стоимость КМ обусловлена высокой наукоёмкостью производства, необходимостью применения специального дорогостоящего оборудования и сырья, а следовательно развитого промышленного производства и научной базы страны.

Анизотропия свойств:

Анизотропия — зависимость свойств КМ от выбора направления измерения. Например, модуль упругости однонаправленного углепластика вдоль волокон в 10-15 раз выше, чем в поперечном.

Для компенсации анизотропии увеличивают коэффициент запаса прочности, что может нивелировать преимущество КМ в удельной прочности. Таким примером может служить опыт применения КМ при изготовлении вертикального оперения истребителя МиГ-29. Из-за анизотропии применявшегося КМ вертикальное оперение было спроектировано с коэффициентом запаса прочности кратно превосходящим стандартный в авиации коэффициент 1,5, что в итоге привело к тому, что композитное вертикальное оперение МиГ-29 оказалось равным по весу конструкции классического вертикального оперения, сделанного из дюралюминия.

Низкая ударная вязкость:

Низкая ударная вязкость также является причиной необходимости повышения запаса прочности. Кроме этого, низкая ударная вязкость обуславливает высокую повреждаемость изделий из КМ, высокую вероятность возникновения скрытых дефектов, которые могут быть выявлены только инструментальными методами контроля.

Высокий удельный объём:

Высокий удельный объём является существенным недостатком при применении КМ в областях с жесткими ограничениями по занимаемому объёму. Это относится, например, к области сверхзвуковой авиации, где даже незначительное увеличение объёма самолёта приводит к существенному росту волнового аэродинамического сопротивления.

Гигроскопичность (гигроскопичный - обладающий способностью поглощать из воздуха пары влаги):

Композиционные материалы гигроскопичны, то есть склонны впитывать влагу, что обусловлено несплошностью внутренней структуры КМ. При длительной эксплуатации и многократном переходе температуры через 0 по Цельсию вода, проникающая в структуру КМ, разрушает изделие из КМ изнутри (эффект по природе аналогичен разрушению автомобильных дорог в межсезонье). Так одной из возможных причин авиакатастрофы American Airlines Flight 587, в которой от фюзеляжа оторвался композитный киль, названо разрушение структуры композитного киля от периодически замерзавшей в ней воды. Аналогичные примеры отделения композитного киля от фюзеляжа происходили также в России.

КМ могут впитывать также другие жидкости, обладающие высокой проникающей способностью, например, авиационный керосин.

Токсичность:

При эксплуатации КМ могут выделять пары, которые часто являются токсичными. Если из КМ изготавливают изделия, которые будут располагаться в непосредственной близости от человека (таким примером может послужить композитный фюзеляж самолета Boeing 787 Dreamliner), то для

одобрения применяемых при изготовлении КМ материалов требуются дополнительные исследования воздействия компонентов КМ на человека.

Низкая эксплуатационная технологичность:

Композиционные материалы могут иметь низкую эксплуатационную технологичность, низкую ремонтпригодность и высокую стоимость эксплуатации. Это связано с необходимостью применения специальных трудоёмких методов (а подчас и ручного труда), специальных инструментов для доработки и ремонта объектов из КМ. Часто изделия из КМ вообще не подлежат какой-либо доработке и ремонту.

Заключение

Изучив разную литературу и интернет-ресурсы по заданной теме, мы пришли к выводу, что использование полимерных композиционных материалов в отечественном самолётостроении ещё не велико, по сравнению с американскими «боингами». Мы поняли, что по удельным, прочностным и жесткостным характеристикам композиционные материалы на основе полимеров, армированных высокопрочными углеродными, борными, органическими и стеклянными волокнами в 2 - 3 раза превосходят традиционные металлы и сплавы. Применение композиционных материалов в самолётостроении позволяет:

- снижение массы конструкции на 25-50%;
- резкое сокращение количества деталей и нормалей;
- снижение трудоемкости более чем на 30 %;
- повышение в 2 раза коэффициента использования материала;
- трехкратную экономию металлов энергоресурсов на каждый килограмм примененного КМ;
- повышение эксплуатационной надежности, коррозионной стойкости и аэродинамического качества;
- снижение себестоимости перевозок.

В России первым гражданским самолетом, в производстве которого доля композитных материалов превысила несколько процентов массы, стал самолет «Сухой Суперджет 100».

Открытием завода по выпуску деталей из композитных материалов в Казани Объединенная авиастроительная корпорация (ОАК) намерена не только обеспечить российское самолетостроение технологическим заделом и независимостью от зарубежных поставок, но и потеснить на рынке все тех же мировых игроков и делать российские элементы для «боингов» и «аэробусов».

Использование композитов дает возможность изготавливать довольно крупные элементы планера, сократить трудоемкость производства и за счет уменьшения клепок и соединений снизить его стоимость.

Сегодня полимерные композитные материалы начинают активно применяться в мировом авиастроении. Композиты используют в изготовлении ряда частей авиалайнера. В их числе воздушные тормоза; интерцепторы; элероны; закрылки; рули направления; элемент конструкции сложного закрылка; пилоны; панели коробки приводов; люки коробки приводов; лопасти винтов; панели крыльев вертикального и горизонтального оперения; элементы силового набора (центроплан, кессон, лонжероны, стрингеры, нервюры); элементы обшивки фюзеляжа; элементы внутреннего силового набора (балки и панели полов, перегородки); детали интерьеров и отделки.

Список литературы

1. Композиционные материалы: В 8-ми т. Пер. с англ. Под ред. Л. Браутмана, Р. Крока. – М.: Машиностроение, 1978 – Т. 3. Применение композиционных материалов в технике/ Под ред. Б. Нотона, 1978. 511с., ил.
2. Соколкин Ю.В., Ташкинов А.А., Вотинцов А.М., Постных А.М., Чекалкин А.А. Технология и проектирование углерод-углеродных композитов и конструкций. Издательство: Наука, Физматлит. Год: 1996. ISBN: 5-02-015201-3
3. Углеродные волокна и углекомполиты. Пер. с англ./Под Фитцера. —М.: Мир, 1988. — 336 с.
4. Шевченко В.Г. Основы физики современных композиционных материалов. Изд. Москва, МГУ им. М.В. Ломоносова, 2010

Список интернет-ресурсов

1. Авиапедия <http://aviapediya.ru/25/>
2. <http://www.rosatom.ru/aboutcorporation/activity/compozit/>
3. Журнал «Линия полета» № 82 (версия для портала)
<http://www.spblp.ru/ru/magazine/82/183>
4. infuture.ru статья Материалы будущего
5. Электронный журнал «Труды МАИ». Выпуск № 67.
www.mai.ru/science/trudy/
http://www.polymer.ru/letter.php?n_id=696&cat_id=3
6. <http://www.composite.ru/kompozity/>
7. http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D0%BC%D0%BF%D0%BE%D0%B7%D0%B8%D1%82%D1%8B_%D1%81_%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D0%B8%D0%BC%D0%B5%D1%80%D0%BD%D0%BE%D0%B9_%D0%BC%D0%B0%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%86%D0%B5%D0%B9

8. <http://www.carbon-info.ru/articles/art1.php>
9. <http://www.e-plastic.ru/specialistam/composite/kompozicionnye-materialy>
10. <http://files.school-collection.edu.ru/dlrstore/4ee22d2b-8dcc-9308-877a-53118dc6979e/1012459A.htm>
11. <http://www.b-composites.net/96.html>
12. <http://aviac.ru/engines/330-novejshie-kompozicionnye-texnologii-v.html>
13. <http://oborona.ru/includes/periodics/defense/2013/0820/131811436/detail.shtml>
14. <http://www.slideshare.net/HelenKazak/ss-25213680>
15. <http://www.hccomposite.com/sectors/131/>