

Применение соединительных профилей из композитов в аэрокосмической технике

Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ»

Рассмотрен соединительный профиль, являющийся одним из перспективных способов соединения элементов конструкций из композиционных материалов. Представлены конструктивные виды соединительных профилей, составлена классификация. Рассмотрены классические варианты соединения пересекающихся конструктивных элементов. Показаны однолепестковые, двухлепестковые и смешанные виды соединительных профилей. Проанализированы основные способы и особенности изготовления соединительного профиля как на специальной установке, так и на станке с ЧПУ.

Ключевые слова: соединительный профиль, композиционный материал, аэрокосмическая техника, формообразование намоткой.

В последние годы использование полимерных композиционных материалов (КМ) на основе высокопрочных волокон стекла, углерода, бора и синтетических смол стало ведущей тенденцией повышения качества авиаконструкций. Применение КМ в силовых конструкциях летательного аппарата при их рациональном проектировании приводит к значительному снижению массы, что достигается высокими удельными характеристиками КМ, уменьшением количества деталей, использованием интегральных схем [1-4]. Так, например, в конструкции планера самолета Boeing 787 Dreamliner доля КМ составляет 50%, Airbus A380 – 30%, Airbus A350 – 50%. В то же время успех проектирования во многом предопределяется рациональным выбором способа соединения как отдельных частей, так и агрегата в целом.

Следовательно, даже поверхностный анализ мировых тенденций по внедрению КМ в авиации и космонавтике дает основания считать актуальной проблему соединения деталей из ПКМ с другими элементами конструкций.

Выбор рационального способа соединения деталей из КМ обеспечивает дополнительное снижение массы конструкции. Одним из альтернативных способов соединения в местах пересекающихся композитных деталей является соединительный профиль из КМ (рис.1) [5]. Конструктивно соединительный профиль представляет собой систему пересекающихся армирующих волокон, нитей, жгутов и т.д. В связи с этим применение соединительного профиля целесообразно для элементов конструкций, передающих пересекающиеся потоки усилий.

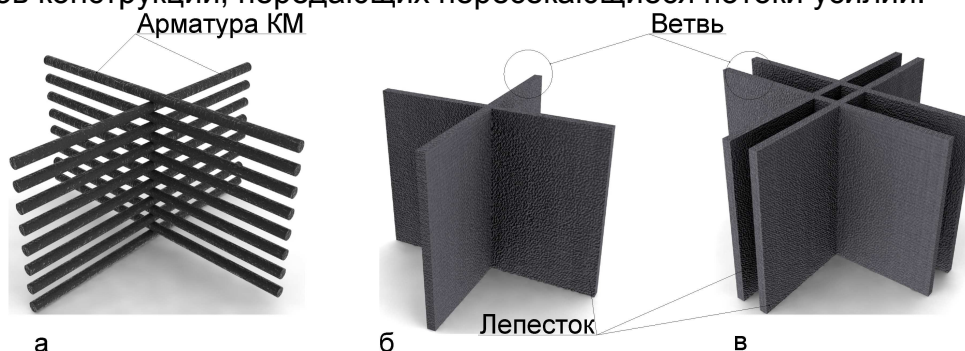


Рис. 1. Соединительный профиль

Соединительные профили бывают следующих видов:

- крестообразные (прямоугольные, косоугольные) (рис.2, а);
- таврообразные (прямоугольные, косоугольные) (рис.2, б);
- уголковые (прямоугольные, косоугольные) (рис.2, в);
- многолучевые (рис.2, г).

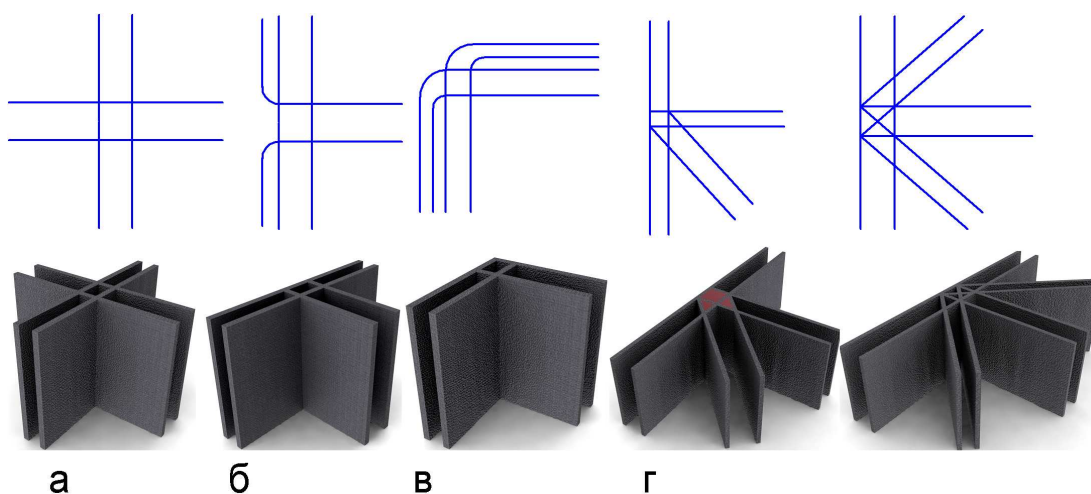


Рис. 2. Конструктивные виды соединительных профилей

Лепесток ветви соединительного профиля представляет собой пропитанный однонаправленный армирующий материал (см. рис. 1, б, в), а ветвь – один или более параллельно расположенных лепестков (см. рис. 1, б, в).

Ветви соединительного профиля можно реализовать с одним лепестком, с двумя лепестками и в виде комбинации (рис. 3).

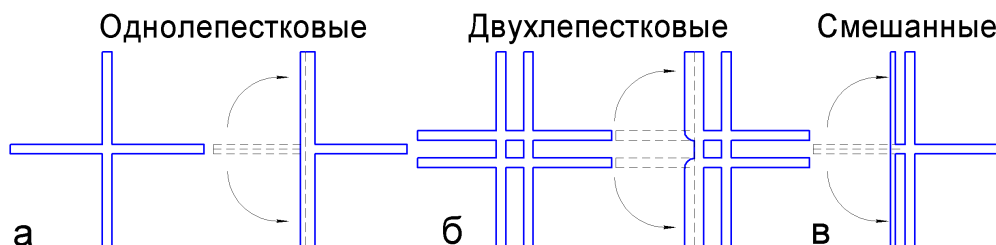


Рис. 3. Конструктивно-технологические виды профилей

Так как соединительный профиль выполняет функцию передачи (распределения) пересекающихся потоков усилий, то для применения его в конструкции летательного аппарата необходимо определить области, где используются системы силовых пересекающихся элементов.

Согласно описанию конструкции самолетов [6-9], пересекающиеся элементы наблюдаются в силовом наборе фюзеляжа, пола, крыла, горизонтального и вертикального оперений, а также в конструкции входной двери, створки грузолюка и т.д. Наиболее часто применяемые способы соединения металлических деталей показаны на рис. 4.

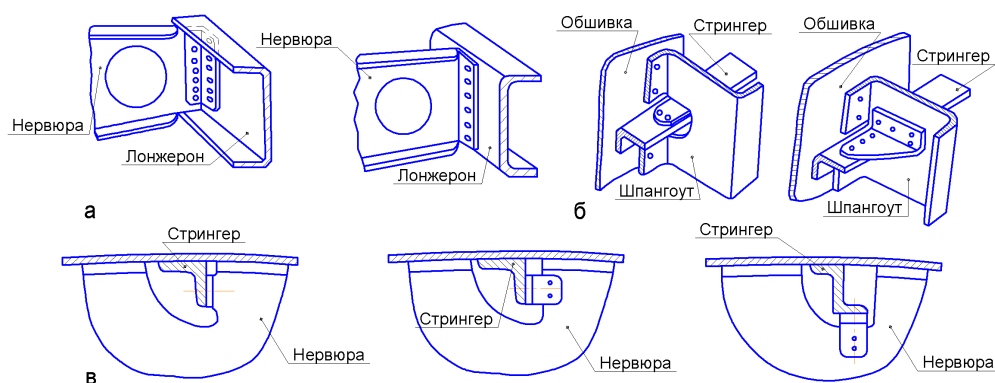


Рис. 4. Соединение деталей металлических конструкций

Исходя из сказанного выше соединения на основе соединительного профиля можно классифицировать следующим образом:

- крестообразный соединительный профиль применяют для минимизации искажения регулярного силового потока в соединениях продольных и поперечных элементов панелей обшивки, пола и др.;

- для реализации стыка отсеков фюзеляжа на силовом шпангоуте, частей крыла на силовой нервюре, соединения цельного лонжерона с нервюрой целесообразно использовать таврообразный соединительный профиль;

- применение уголкового соединительного профиля возможно в концевых соединениях, таких, как стыки днищ фюзеляжа, соединение стрингера с бортовой нервюрой или стыковым шпангоутом, а также соединение цельного стрингера с промежуточной нервюрой (силовой, типовой). В конструктивно-силовой схеме стреловидного крыла или у фюзеляжа сложной формы стрингеры не всегда подходят к нервюрам (шпангоутам) под прямым углом, однако применение соединительного профиля возможно и в этом случае благодаря реализации ориентации ветвей профиля в широком диапазоне углов.

Применение соединительного профиля возможно и для изготовления каркасированной оснастки из ПКМ, состоящей из формообразующей поверхности и системы пересекающихся ребер.

Технологически соединительный профиль изготавливается намоткой. Намотка соединительных профилей осуществляется как на специальной установке, смонтированной на токарном станке, так и обходным способом на станке с ЧПУ. Намотка на токарном станке соединительного профиля реализуется укладкой арматуры КМ (сухой или заранее пропитанной) на металлические направляющие стержни, зафиксированные на вращающемся основании (рис. 6, а).

После намотки и полимеризации профиля обрезают технологический припуск. Для получения Т-образных и уголкового соединительных профилей перед полимеризацией соответствующие лепестки ветвей разрезают и укладывают на основные (см. рис. 2, б, в). Обходная намотка на станке с ЧПУ представляет собой укладку арматуры (пропитанной или сухой) на металлические стержни, ввинченные во вспомогательную оснастку, которая зафиксирована неподвижно на рабочем столе станка (см. рис. 6, б). Полая направляющая головка, через которую пропущена арматура, перемещается по программе, обходя направляющие стержни и приподнимаясь при подходе к перекрестно расположенной арматуре, для того, чтобы не повредить уже уложенные волокна. Т-образные и уголкового соединительные профили не требуют дополнительных операций разреза лепестков и их укладки, а получают за одну операцию намотки.

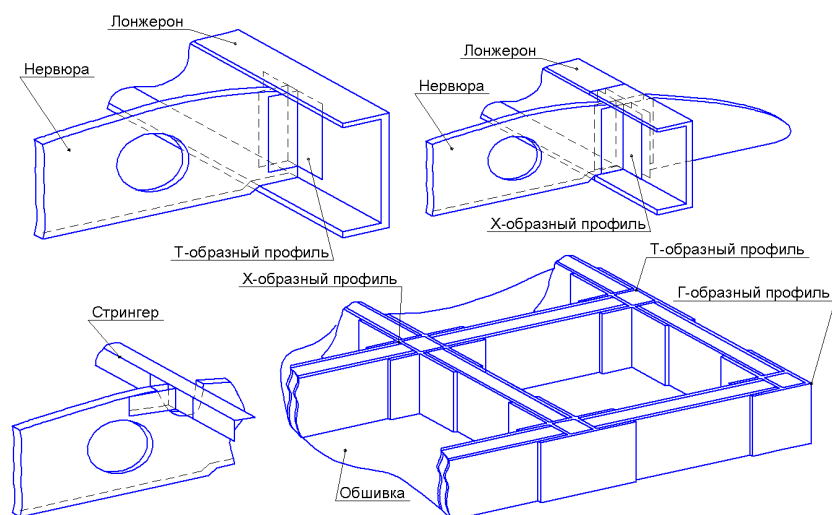


Рис. 5. Конструктивно-технологические решения соединений

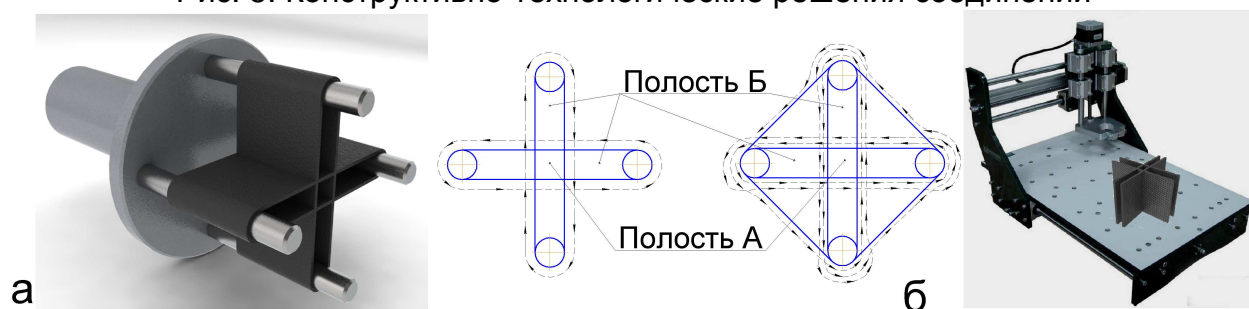


Рис. 6. Формообразование намоткой

Таким образом, разработана классификация соединений деталей и агрегатов самолета на основе соединительного профиля и предложен ряд типовых КТР. Проанализированы основные способы и особенности изготовления соединительного профиля.

Список литературы

1. Кондратенко, А.Н. Полимерные композиционные материалы в изделиях зарубежной ракетно-космической техники [Текст] / А.Н. Кондратенко, Т.А. Голубкова // Конструкции из композиционных материалов. – 2009. – Вып. 2. – С. 24 – 35.
2. Зорин, В.А. Опыт применения композиционных материалов в изделиях авиационной и ракетно-космической техники [Текст] / В.А. Зорин // Конструкции из композиционных материалов. – 2011. – Вып. 4. – С. 44 – 59.
3. Научно-популярный журнал «Композитный мир». – 2010. – Вып. 1. – С. 8 – 14.
4. Савин, С.П. Применение современных полимерных композиционных материалов в конструкции планера самолета семейства МС-21 [Текст] / С.П. Савин // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – Вып. 4, 2012. – С. 686 – 693.
5. Карпов, Я.С. Соединение деталей и агрегатов из композиционных материалов [Текст] / Я.С. Карпов. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2006. – 359 с.
6. Шульженко, М.Н. Курс конструкций самолетов [Текст] / М.Н. Шульженко, А.С. Мостовой. – М.: Машиностроение, 1965. – 563 с.

7. Гребеньков, О.А. Конструкция самолетов [Текст]: учеб. пособие для авиационных вузов / . О.А. Гребеньков. – М.: Машиностроение, 1984. – 240 с.
8. Конструкция и прочность самолетов и вертолетов [Текст]: учеб. пособие / М.С. Воскобойник, Г.С. Лагосюк, Ю.Д. Миленький, К.Д. Миртов. – М.: Транспорт, 1972. – 440 с.
9. Ковалев, А.И. Самолет Л-410 УВП: (Конструкция и летная эксплуатация) [Текст] / А.И. Ковалев. – М.: Транспорт, 1988. – 86 с.

Рецензент: д-р техн. наук, проф., зав. каф. Я.С. Карпов, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков.

Поступила в редакцию 11.02.13

Застосування з'єднувальних профілів із композитів в аерокосмічній техніці

Розглянуто з'єднувальний профіль, який є одним із перспективних способів з'єднання елементів конструкцій з композиційних матеріалів. Наведено конструктивні види з'єднувальних профілів, складено класифікацію. Розглянуто класичні варіанти з'єднання пересічних конструктивних елементів. Показано однопелюсткові, двохпелюсткові та змішані види з'єднувальних профілів. Проаналізовано основні способи і особливості виготовлення з'єднувального профілю як на спеціальній установці, так і на верстаті з ЧПУ.

Ключові слова: з'єднувальний профіль, композиційний матеріал, аерокосмічна техніка, формоутворення намотуванням.

The use of the connecting profile of composites in aerospace engineering

We consider the connection profile, which is one of the most promising ways to connect structural components made of composite materials. Presented constructive types of connecting profiles, classification is made. The classical connection options intersecting structural elements. Showing one petal, two petals and mixed types of connection profiles. Analyzes the main features of the methods and making the connection profile as a special setup, and the CNC machines.

Keywords: connection profile, composition material, aerospace engineering, forming wound.