АВИАЦИОННАЯ И РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА
AVIATION, ROCKET AND SPACE TECHNOLOGY

Гусева Р. И., Феоктистов С. И.
R. I. Guseva, S. I. Feoktistov

**ОСОБЕННОСТИ ФОРМОВАНИЯ ТРЁХСЛОЙНЫХ ПАНЕЛЕЙ С ЗАПОЛНИТЕЛЕМ
ДЛЯ ХВОСТОВЫХ ОТСЕКОВ РУЛЕЙ НАПРАВЛЕНИЯ ПАССАЖИРСКИХ
САМОЛЁТОВ**

**FEATURES OF FORMING THREE-LAYERED PANELS WITH THE FILLER
FOR THE TAIL SECTIONS OF RUDDERS OF PASSENGER AIRCRAFT**

Гусева Роза Ивановна – кандидат технических наук, профессор кафедры технологии самолётостроения, заместитель декана самолётостроительного факультета Комсомольского-на-Амуре государственного университета (Россия, Комсомольск-на-Амуре); 681013, Хабаровский край, г. Комсомольск-на-Амуре, пр. Ленина, 27. E-mail: r_guseva@knastu.ru.

Ms. Roza I. Guseva – PhD in Engineering, professor, Department of airplane technology, deputy dean of aircraft building faculty, Komsomolsk-on-Amur State University (Russia, Komsomolsk-on-Amur); 681013, Khabarovsk territory, Komsomolsk-on-Amur, 27 Lenin str. E-mail: r_guseva@knastu.ru.

Феоктистов Сергей Иванович – доктор технических наук, профессор, декан самолётостроительного факультета Комсомольского-на-Амуре государственного университета (Россия, Комсомольск-на-Амуре); 681013, Хабаровский край, г. Комсомольск-на-Амуре, пр. Ленина, 27; тел.: + 7 (914) 175-43-42. E-mail: ssf@knastu.ru.

Mr. Sergey I. Feoktistov – Doctor of Engineering, Professor, Dean of the faculty of aircraft, Komsomolsk-on-Amur State University (Russia, Komsomolsk-on-Amur); 681013, Khabarovsk territory, Komsomolsk-on-Amur, 27 Lenin str. E-mail: ssf@knastu.ru.

Аннотация. В статье рассмотрены особенности формования элементов хвостовых отсеков рулей направления для пассажирских самолётов. Хвостовой отсек руля направления (ХОРН) современного пассажирского самолёта представляет собой интегральную композитную трёхслойную сотовую конструкцию, состоящую из двух композитных слоистых обшивок (верхней и нижней), композитных силовых двухстеночных и нормальных одностеночных нервюр. Рассмотрены технологии изготовления композитных обшивок и нервюр с вкладышами, представлена общая технология формования композитного изделия. Приведены блок-схемы технологического процесса изготовления каждого элемента и самого изделия. Приведены рисунки внешнего вида изделия, обшивок и нервюр. Уделено внимание тщательному контролю промежуточных процессов изготовления элементов изделия и окончательному контролю изделия. Рассмотрены особенности внешнего контроля препрегов, операций укладки слоёв препрега в формы и на болванки (встык, внахлест). Формование изделия идёт вакуумно-автоклавным методом, который обеспечивает изделию лучшее качество.

Summary. The features of forming the elements of the tail sections of the rudders for passenger aircraft are considered. The tail section of the rudder (HORN) of a modern passenger aircraft is an integral composite three-layer honeycomb structure consisting of two composite layered covers (upper and lower), composite power two-walled and normal single-walled ribs. The technologies of manufacturing composite plating and ribs with inlay-breaths are considered, the general technology of forming a composite product is presented. The block diagrams of the technological process of manufacturing each element and the product are given. The drawings of the appearance of the product, plating and ribs are given. Attention has been paid to careful monitoring of intermediate manufacturing processes for the elements of the product and final control of the product. The features of the external control of prepregs, the operations of laying the prepreg layers in molds and on the blanks (butt-end, v-bludge) are considered. Molding of the product is carried out by a vacuum-autoclave method, which gives the best quality to the product.

Ключевые слова: автоклавное формование, композиционные материалы, панели, нервюры, обшивка, укладка, технологический процесс.

Key words: autoclave molding, composite materials, panels, ribs, skinning, laying, technological process.

УДК 629.735

Самолётостроение – специальная область промышленности, в которой одним из главных условий является получение конструкции минимальной массы при высокой прочности. Добиться облегчения изделия возможно лишь путём применения полимерных композиционных материалов (ПКМ): стеклопластиков, углепластиков и органопластиков.

Использование вышеперечисленных материалов позволяет увеличить ресурс конструкции за счёт особых свойств ПКМ (повышенная жёсткость, стойкость к вибронагрузкам, устойчивость к разного рода химическим воздействиям, влагостойкость, теплостойкость и огнеупорность, возможность сокращения числа конструктивных элементов).

Хвостовой отсек руля направления – изделие, работающее в зоне высоких и низких температур и не подвергающееся значительной деформации. Представляет собой интегральную композитную конструкцию, состоящую из двух трёхслойных панелей с сотовым наполнителем, силовых и нормальных нервюр. Расположение элементов показано на рис. 1.

Рис. 1. Интегральная конструкция хвостового отсека руля направления (верхняя панель и законцовка не показаны)

Конструкция состоит из следующих материалов:

- при изготовлении верхней и нижней обшивок панели с сотовым наполнителем использованы клеевые угольные препреги КМКУ-2м.120.Э01.45, КМКУ-2м.120.Э01.65; стеклопрепреги КМКС-2м.120.Т10.37, КМКС-2м.120.Т10.55; сотовый наполнитель ПСП-1-2,5-64 и молниезащитное полотно марки ПМ-0,08;

- при изготовлении одностенных и двустенных нервюр использованы стеклопрепреги КМКС-2м.120.Т10.37, КМКС-2м.120.Т10.55 и полимерсотопласт ПСП-1-2,5-64 (для сотовых вкладышей по стенкам нервюр).

Одностенные нормальные рядовые нервюры состоят из стенок (слои препрега) и вкладыша (см. рис. 2).

Рис. 2. Внешний вид отформованной одностенной нервюры

Изготовление верхней и нижней обшивок трёхслойных панелей с сотовым заполнителем ведётся с учётом расчётной схемы укладки слоёв препрега, что и показано на рис. 3.

Рис. 3. Схема укладки слоёв препрега для панели

Каждый из перечисленных элементов конструкции ХОРН изготавливается самостоятельно с применением режима предварительного формования (подформовка), затем собирается в единое целое и формируется по режиму окончательного отверждения вакуум-автоклавным формованием. Вакуум-автоклавный метод формования применяется в серийном производстве для качественного изготовления силовых конструкций.

1. Процесс изготовления трёхслойных панелей, состоящих из верхней и нижней обшивок с сотовым заполнителем, включает в себя выполнение следующих операций:

- подготовить оснастку к выкладке слоёв препрегов (обработать поверхности оснастки антиадгезионным составом по спецтехнологии);
- раскроить стекло- и углепрепреги КМКС и КМКУ на заготовки (раскрой препрега производится без снятия разделительной полиэтиленовой плёнки), причём слои верхней обшивки, контактирующие с молниезащитным полотном и сотовым заполнителем, выполнять из углепрепрега КМКУ с учётом технологического припуска 20...30 мм;
- провести укладку на оснастку молниезащитного полотна согласно чертежу;
- выложить согласно чертежу слои верхней обшивки;
- снять разделительную плёнку с раскроенного слоя препрега и выложить на подготовленную оснастку, соблюдая параллельность направления основы наполнителя углу выкладки в соответствии с линиями разметки, нанесёнными на оснастку. Схему выкладки производить согласно конструкторской документации (КД);
- заготовки из препрегов на основе однонаправленных углеродистых лент вдоль основы выкладывать встык: допускаются местные зазоры шириной не более 1мм. Появление поперечных стыков углеродистых лент не допускается. Разровнять заготовку, исключая образование складок и воздушных пузырей; прикатать выложенный слой через полиэтиленовую или фторопластовую плёнку прикаточным роликом (при необходимости нагретым до температуры не более 60 °С);
- каждый выложенный слой препрега предъявить контролёру ОТК для проверки на соответствие чертежу схемы укладки слоёв, отсутствие складок, воздушных пузырей, инородных включений, разделительной плёнки; контроля ориентации угла укладки.
- уложить в соответствии с чертежом подготовленный сотовый наполнитель из полимеросотопласта ПСП-1-2,5-64. Склеивку сотового наполнителя производить вспенивающимся плёночным клеем ВКВ-3 в соответствии с инструкцией. Допускается склеивку сотового наполнителя производить одновременно с формованием панели;
- раскроить углепрепреги на заготовки и выложить согласно чертежу слои усиления обшивок;

- выложить сверху на панель жертвенный слой (ткань фильтровальная). Применение жертвенного слоя обязательно на поверхностях, по которым в дальнейшем производится склеивание;
- одновременно с панелью изготовить образцы-свидетели для определения прочности при отрыве клеевого соединения сотового заполнителя с обшивкой по стандарту. Габариты панели, высота сотового заполнителя, схема выкладки и количество слоёв в обшивках панели для вырезки образцов-свидетелей должны быть указаны в КД. Панель для вырезки образцов-свидетелей формировать в одном вакуумном мешке с панелью или на отдельной оснастке в отдельном вакуумном мешке, последовательно соединённом с вакуумным мешком формуемой трёхслойной панели;
- собрать *технологический пакет*;
- накрыть заготовку антиадгезионной (разделительной) плёнкой фторопластовой;
- установить цулагу (материал цулаги – стеклотекстолит КАСТ-В или стальные и алюминиевые контуры);
- на полученный слоёный пакет выложить два-три дренажных слоя из стеклоткани, прикатать так, чтобы устранить складки. На острые кромки пакета выложить дополнительные дренажные слои. Вместо стеклоткани разрешается применять нетканый материал Ultraweave 1032 фирмы AIRTECH (использование до значения температуры, равного 232 °С; поверхностная плотность 340 г/м²) либо ткань Т-10-80 или Т-10-14;
- вырезать плёнку для вакуумного мешка. Для обеспечения свободного облегания вакуумным мешком формуемого изделия плёнку кроить большего размера, величина припуска от 150 мм до 300 мм на 1 м длины и ширины полотна. Для изделий сложной конфигурации при большой высоте изделия припуск на складки может составлять более 300 мм. Используется плёнка полиамидная неориентированная марки ТС и плёнка полиамидная Iprlon KM 1300 (фирма-изготовитель AIRTECH);
- накрыть собранный пакет вырезанной плёнкой;
- для контроля за температурным режимом формования установить не менее двух термодатчиков (диапазон измерения 0...300 °С) при площади детали менее 10 м². Установить термодатчики под вакуумным мешком на панель в области технологического припуска и на оснастке. Термодатчики, установленные на оснастке, накрыть имитатором технологического пакета размером не менее 80х80 мм. Точкой начала режима на диаграмме процесса формования будет точка начала нагрева;
- установить на вакуумный мешок штуцеры из расчёта один штуцер на 1,5 м...2,0 м длины детали. Установить штуцер для подсоединения контрольного вакуумметра (вакуумметр самопишущий ВТС-712М1, предел измерения -1...0 кг/см², класс точности 1) на расстоянии не менее 300 мм от вакуумных трубок или штуцеров (внутренний диаметр 8...12 мм), подключённых к вакуумной системе. Положить под отверстия штуцеров латунную сетку размером 50х50 мм, закрепить её при помощи ленты полиэтиленовой с липким слоем;
- обезжирить оснастку в зоне установки уплотнительного жгута-герметика (АТ 200У AIRTECH или уплотнительный жгут 51-Г-27) бензином-растворителем с антистатической присадкой «Сигбол» или ацетоном техническим;
- положить по периметру оснастки уплотнительный жгут на расстоянии 20...30 мм от края технологического пакета;
- снять с уплотнительного жгута ламинированную бумагу и прикатать прикаточным роликом плёнку к жгуту. Для предотвращения натяжения или зависания вакуумного мешка в местах большой кривизны детали и разрыва плёнки при вакуумировании пакета при установке вакуумного мешка необходимо закладывать складки высотой до 100 мм;
- произвести контроль герметичности вакуумного мешка: подключить форму к вакуумной системе; создать разрежение под мешком не менее 0,08 МПа (0,8 кг/см²); выдержать 10 мин, затем перекрыть вентиль, соединяющий вакуумный мешок с вакуумным насосом (ВН-12М); проконтролировать изменение давления в вакуумном мешке. Вакуумный мешок считается герметичным, если изменение давления под мешком на 0,01 МПа (0,1 кг/см²) происходит более, чем за 1 мин;
- транспортировать оснастку с собранным пакетом в автоклав (автоклав электрический типа «Шольц», давление формования не менее 0,7 МПа с допускаемой погрешностью измерения

$\pm 0,025$ МПа, значение температуры нагрева составляет не менее $220\text{ }^{\circ}\text{C}$ с допускаемой погрешностью измерения $\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$);

- произвести контроль герметичности автоклава: соединить с помощью переходников шланги вакуумной линии и контрольной линии; включить вакуумный насос (ВН-12М), создать разрежение не менее $0,08$ МПа ($0,8\text{ кг/см}^2$); перекрыть поочередно вентили, соединяющие вакуумную систему с вакуумным насосом; проконтролировать снижение вакуума. Допускается изменение давления на любой линии не более, чем на $0,01$ МПа ($0,1\text{ кг/см}^2$) за промежуток времени, равный не менее 10 мин;

- произвести контроль герметичности вакуумного мешка: установить форму с панелью в автоклавную тележку; подключить форму к вакуумной системе автоклава; создать разрежение под мешком не менее $0,08$ МПа ($0,8\text{ кг/см}^2$); выдержать 10 мин, затем перекрыть вентиль, соединяющий вакуумный мешок с вакуумным насосом; проконтролировать изменение давления в вакуумном мешке. Допускается снижение давления в мешке не более, чем на $0,01$ МПа ($0,1\text{ кг/см}^2$) за промежуток времени, равный не менее 1 мин. Вакуумный мешок считается герметичным, если изменение давления под мешком на $0,01$ МПа ($0,1\text{ кг/см}^2$) происходит более чем за 1 мин. В случае негерметичности вакуумного мешка следует проверить укладку уплотнительного жгута и прилегание к нему плёнки;

- произвести автоклавное формование по режиму: создать разрежение под вакуумным мешком не менее $0,08$ МПа ($0,8\text{ кг/см}^2$); повысить температуру до $(125\pm 5)\text{ }^{\circ}\text{C}$ со скоростью не более $2\text{ }^{\circ}\text{C/мин}$; выдержать при температуре $(125\pm 5)\text{ }^{\circ}\text{C}$ в течение (60 ± 5) мин; повысить давление до $0,20\pm 0,025$ МПа ($2,0\pm 0,25\text{ кг/см}^2$); при достижении давления $0,1$ МПа (1 кг/см^2) отключить вакуумный насос, соединить вакуумный мешок с атмосферой; повысить температуру до $175\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ со скоростью не более $2\text{ }^{\circ}\text{C/мин}$; выдержать при температуре $175\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ и давлении $0,20\pm 0,025$ МПа ($2,0\pm 0,25\text{ кг/см}^2$) в течение 180 ± 5 мин; охладить под давлением $0,20\pm 0,025$ МПа ($2,0\pm 0,25\text{ кг/см}^2$) до температуры не более $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ со скоростью не более $1\text{ }^{\circ}\text{C/мин}$; сбросить давление; вынуть оснастку с готовым изделием из автоклава; провести выемку изделия из оснастки осторожно, не повреждая поверхностных слоёв; провести контроль качества изготовленной панели импедансным акустическим методом. Если в препрегах используется эпоксифенольное связующее, то для качественного отверждения связующего в препрегах давление необходимо поднять до $0,6$ МПа.

2. Одностенные нервюры состоят из монолитного вкладыша, на который укладываются слоистые стенки стеклопрега с обеих сторон. **Процесс изготовления одностенных нервюр** включает в себя несколько этапов:

2.1. Технология изготовления монолитного вкладыша отдельной деталью

Технологические операции:

- а) раскроить слои стеклопрепрега и подготовить оснастку;
- б) выложить на рабочую часть оснастки согласно чертежу общую заготовку (выкладку слоёв заготовок производить обязательно с применением жертвенного слоя (ткань фильтровальная);
- в) провести подготовку к автоклавному формованию, затем провести автоклавное формование по следующему режиму:

- создать разрежение под вакуумным мешком не менее $0,08$ МПа ($0,8\text{ кг/см}^2$);
- повысить температуру до $125\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ со скоростью не более $2\text{ }^{\circ}\text{C/мин}$;
- выдержать при температуре до $(125\pm 5)\text{ }^{\circ}\text{C}$ в течение (60 ± 5) мин;
- повысить давление до $0,5\pm 0,05$ МПа ($5\pm 0,5\text{ кг/см}^2$);
- отключить вакуумный насос, соединить вакуумный мешок с атмосферой;
- повысить температуру до $180\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ со скоростью не более $2\text{ }^{\circ}\text{C/мин}$;
- выдержать при температуре $180\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ и давлении $0,5\pm 0,05$ МПа ($5\pm 0,5\text{ кг/см}^2$) в течение (180 ± 5) мин;

- охладить под давлением $0,5\pm 0,05$ МПа ($5,0\pm 0,5\text{ кг/см}^2$) до температуры не более $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ со скоростью не более $1\text{ }^{\circ}\text{C/мин}$;

- сбросить давление; вынуть оснастку с общей заготовкой из автоклава; провести выемку заготовки из оснастки осторожно, не повреждая поверхностных слоёв;

г) разметить согласно чертежу на заготовке вкладыш для одностенной нервюры и вырезать согласно разметке вкладыш;

д) произвести визуальный контроль вкладыша, не снимая жертвенного слоя.

2.2. Выкладка и подформовка одностенных нервюр

Технологические операции:

- на подготовленную оправку (оснастку) уложить разделительную перфорированную плёнку (фторопластовая перфорированная);

- раскроить слои стеклопрепрега на заготовки стенок нервюр и выложить согласно чертежу стенки нервюр (слои, контактирующие с вкладышем по стенке нервюр, выкладывать из препрега КМКС-2м.120.Т10.55);

- установить изготовленный заранее вкладыш на слои препрега на первой оправке, выложить вкладыш, на вкладыш выложить вторую оправку с заранее выложенными слоями препрега согласно рис. 4;

- нарезать из препрега КМКС-2м.120.Т10.37 заготовки шириной 3...5 мм, выложить в радиусные зоны (места перехода стенка-полка);

- уложить разделительную плёнку; установить цулаги из стеклотекстолита КАСТ-В на всю ширину полок нервюры;

- уложить дренажные слои, установить вакуумный мешок. Произвести **вакуумную подформовку** при температуре +18...+25 °С и разрежении под мешком не менее 0,07 МПа (0,7 кг/см² в течение 1,0...1,5 ч);

- разобрать вакуумный мешок, снять цулаги, произвести визуальный контроль качества заполнения радиусов. При необходимости положить дополнительно стеклопрепрег в радиусных местах.

Рис. 4. Схема расположения элементов и оправок в одностенной нервюре

3. Технология изготовления двустенных нервюр

Двустенные нервюры (пять штук) состоят из пояса, трёхслойных сотовых вкладышей и стенок нервюр (см. рис. 5). Все детали изготавливаются самостоятельно, затем собираются в единую конструкцию.

Рис. 5. Структурная схема двустенной нервюры

Трёхслойный сотовый вкладыш изготавливается следующим образом:

- раскроить сотовый наполнитель из полимерсотопласта ПСП-1-2,5, обработать в окончательные размеры;
- заполнить сотовый наполнитель полимерным наполнителем ВПЗ-5 в зоне усиления;
- раскроить слои стеклопрепрега для стенок, произвести выкладку слоёв и сотового полимерсотопласта на оправки с применением жертвенного слоя и вспомогательных материалов;
- провести подготовку к автоклавному формованию согласно ранее изложенному; провести автоклавное формование по предварительному режиму, изложенному ранее (давление не более 0,20+0,025 МПа при температуре 125±5 °С в течение 60+5 мин);

Выкладку и подформовку пояса нервюры на оправку производить следующим образом:

- на подготовленную оправку по верхней и нижней полкам установить накладки из стеклотекстолита КАСТ-В толщиной 1 мм, зафиксировать липкой лентой, обернуть одним слоем разделительной плёнки. Раскроить слои препрега (слои, контактирующие с вкладышем по стенке нервюры, выкладывать из более силового стеклопрепрега) и выложить заготовки пояса нервюры (см. рис. 6), проложив по полкам между заготовками разделительную плёнку. На собранный пакет уложить разделительную плёнку;
- уложить дренажные слои, установить вакуумный мешок; произвести вакуумную подформовку при температуре +18...+25 °С и разрежении под мешком не менее 0,07 МПа (0,7 кг/см²) в течение 1,0...1,5 ч;
- разобрать вакуумный мешок, аккуратно снять с оправки подформованные заготовки пояса нервюры, снять накладки из стеклотекстолита.

Рис. 6. Схема выкладки заготовок пояса двустенных нервюр для подформовки

Выкладку стенок нервюры, сборку и подформовку производить по операциям:

- на оправки выложить согласно чертежу заготовки правой и левой стенок нервюр (см. рис. 7), установить заранее изготовленный трёхслойный сотовый вкладыш по стенкам нервюр, базируясь по отверстиям на припуске со стороны лонжерона;
- на внутреннюю оправку установить вакуумный мешок (для изготовления вакуумного мешка применять плёнку полиамидную неориентированную марки ТС), обернуть одним слоем дренажа (ткань Т-10-80, Т-10-14) и одним слоем разделительной плёнки (плёнка фторопластовая). Установить заранее изготовленные заготовки пояса нервюры;
- собрать три оправки с установленными заготовками из препрега, закрепить болтами;
- раскроить и выложить в соответствии с чертежом по полкам нервюр по два слоя препрега КМКС-2м.120.Т10.37 (см. рис. 8);
- в местах перехода стенок и полок проложить полосы препрега. Нарезать из препрега заготовки шириной 3...5 мм, выложить в радиусные зоны (места перехода стенка-полка);
- уложить разделительную плёнку. Установить цулаги из стеклотекстолита (стеклотекстолит КАСТ-В) на всю ширину полок нервюр сверху и снизу;
- уложить дренажные слои, установить вакуумный мешок. Произвести вакуумную подформовку при температуре +18...+25 °С и разрежении под мешком не менее 0,07 МПа (0,7 кг/см²) в течение 1,0...1,5 ч;

- разобрать вакуумный мешок, произвести визуальный контроль качества заполнения радиусов. При необходимости положить дополнительно препрег КМКС-2м.120.Т10.37 в радиусных местах.

Рис. 7. Схема выкладки стенок двустенных нервюр

Рис. 8. Схема выкладки элементов двустенных нервюр для подформовки

Общую сборку и окончательное формование интегральной конструкции хвостового отсека руля направления, состоящую из двух (верхней и нижней) панелей трёхслойных сотовых конструкций, десяти нервюр (одностенных и двустенных), производить следующим образом:

- установить на нижнюю полуформу и зафиксировать наружную (нижнюю) трёхслойную сотовую панель;
- снять с внутренней поверхности нижней панели жертвенный слой. После снятия жертвенного слоя запрещается прикасаться к поверхности панели руками без перчаток;
- провести визуальный контроль удаления жертвенного слоя;
- на нижней панели разметить согласно чертежу оси нервюр и границы полок нервюр и законцовки мягким карандашом. Проложить клеевую плёнку ВК-36 на всю ширину полок нервюр;
- раскроить и выложить в соответствии с чертежом по задней кромке нижней панели три слоя клеевой плёнки ВК-36А и два слоя препрега КМКУ, чередуя их между собой. Защитную плёнку с верхнего слоя клеевой плёнки ВК-36А снимать непосредственно перед закрытием формы;
- установить одностенные нервюры;
- установить оправки в сборе с подформованными нервюрами на нижнюю панель. При установке нервюр следить за отсутствием перекоса по нанесённой разметке;
- прижать каждую нервюру к нижней панели, фиксируя её на панели за счёт липкости препрега и клеевой пленки ВК-36;
- снять крепёж и удалить оправки, не отрывая стенки нервюр от вкладышей. Прикатать нижние полки нервюр к панели. Прикатать уголки перестыка нервюр и задней стенки;
- изготовить внутренние вакуумные мешки (плёнка полиамидная неориентированная марки ТС и плёнка полиамидная Ipplon KM1300 (фирма AIRTECH)), проложить разделительную плёнку

(плёнка фторопластовая), дренаж (2-3 слоя стеклоткани) (ткань Т-10-80, Т-10-14), установить внутренние вакуумные мешки;

- установить внутри вакуумного мешка технологическую планку по задней стенке, завернутую в один слой стеклоткани. Установить технологические вкладыши, завернутые в один слой стеклоткани, справа и слева от нервюр, зафиксировать их;

- установить оправки в сборе с подформованными двустенными нервюрами на нижнюю панель. При установке нервюр следить за отсутствием перекоса по нанесённой разметке;

- прижать каждую нервюру к нижней панели, фиксируя её на панели за счёт липкости препрега и клеевой плёнки ВК-36;

- снять правые и левые оправки. Прикатать нижние полки нервюр к панели. Прикатать уголки перестыка нервюр и задней стенки;

- изготовить внутренние вакуумные мешки, установить их между сформированными нервюрами;

- установить в вакуумные мешки технологические планки, завернутые в один слой стеклоткани. Установить технологические вкладыши, завернутые в один слой стеклоткани, зафиксировать их на нижней полуформе;

- склеить вакуумные мешки между собой уплотнительным жгутом в местах возможных отверстий в вакуумных мешках на технологических вкладышах; проложить дополнительный жгут вокруг отверстий и нижней плиты приспособления;

- уложить клеевую плёнку ВК-36 на полки нервюр и заднюю кромку на нижней панели;

- установить на верхнюю полуформу и зафиксировать наружную (верхнюю) трёхслойную сотовую панель. Снять с внутренней поверхности верхней панели жертвенный слой;

- собрать нижнюю полуформу с верхней, установить термопары согласно схеме, разработанной для используемой оснастки, положить дренажный слой, изготовить общий вакуумный мешок. Провести подготовительные операции к автоклавному формованию. При проверке герметичности вакуумного мешка для поиска утечек должен применяться течеискатель LEQ-70;

- провести автоклавное формование по режиму, ранее рассмотренному при формовании монолитного вкладыша для одностенной нервюры.

- после окончания процесса формования извлечь из автоклава форму, разобрать технологический пакет;

- произвести механическую обработку (обрезку технологического припуска) хвостового отсека, сотового заполнителя в соответствии с требуемыми рекомендациями. Кромки деталей, по которым проводилась механическая обработка, покрыть клеем ВК-27. Клей ВК-27 наносить в два слоя перекрытием 2...5 мм. Второй слой наносить после отверждения и зашкурирования первого слоя;

- предъявить готовое изделие ОТК.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гусева, Р. И. Особенности производства композиционных полимерных изделий в самолётостроении: учеб. пособие / Р. И. Гусева. – Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВО «КнАГТУ», 2017. – 152 с.
2. Иванов, Ю. Л. Современные технологии авиастроения / Ю. Л. Иванов, Б. Н. Марьин, А. Г. Братухин. – М.: Машиностроение, 1999. – 532 с.