

Комитет по образованию Санкт - Петербурга
Санкт – Петербургское государственное бюджетное профессиональное
образовательное учреждение «Техникум «Приморский»

Методическая разработка урока

Дисциплина:

МДК 03.01 «Технология сборки самолетов»

тема урока:

«Конструкция лопаток и технические условия»

Подготовил:

Преподаватель 1 категории

Оханов И.В.

Содержание

1. Конструкция лопаток и технические условия _____ 3 стр.
2. Особенности производства лопаток ГТД _____ 7 стр.
3. Список литературы _____ 10 стр.

1. Конструкция лопаток и технические условия

Конструкции лопаток компрессора и турбины ГТД, изготавливаемых серийно на предприятиях отрасли, представлены на рис. 1. Как видно из рисунка, лопатки значительно отличаются по габаритным размерам, конструктивным элементам пера и хвостовика.

Основными конструктивными элементами лопаток являются перо, хвостовик, полки пера и хвостовика, антивибрационные и бандажные полки.

По конструкции хвостовики лопаток ротора компрессора могут быть типа "ласточкин хвост" с плоскими и кольцевыми рабочими поверхностями или типа "шарнир" - в виде одного или нескольких ушков с отверстиями под штифт.

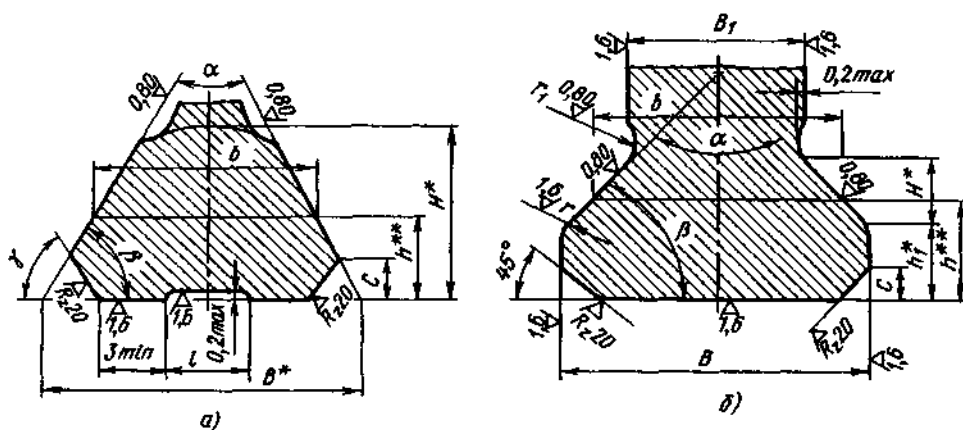


Рис. 1. Хвостовик лопатки схемы "ласточкин хвост"

Наибольшее распространение при изготовлении лопаток компрессора получили хвостовики типа "ласточкин хвост" с плоскими рабочими поверхностями, конструкция которых регламентируется ОСТ 1.11031-81 "Соединения лопаток с дисками типа "ласточкин хвост" газотурбинных двигателей. Конструкция и размеры". Стандарт устанавливает два типа хвостовиков схемы "ласточкин хвост":

тип 1 - с углом клина, равным 40 и 60° (рис. 1, а);

тип 2-е углом клина, равным 40 и 90° (рис. 1, б).

Хвостовики лопаток статора компрессора и турбины имеют разнообразную конструкцию.

Лопатки статора компрессора выполняются с хвостовиками типа "призма", "ласточкин хвост", "цапфа". В основном эти лопатки имеют два хвостовика. В конструкциях некоторых ГТД применяются консольные статорные лопатки с одним верхним хвостовиком указанных типов, а также беззамковые лопатки, которые устанавливаются

в верхние и нижние опоры по торцевым сечениям пера в профильные окна. Лопатки статора турбины выполняются в основном с двумя хвостовиками типа "призма" и "проушина". Заготовки лопаток статора турбины - литые без припуска по перу, поэтому их механическая обработка заключается в обработке торцевых и боковых поверхностей хвостовиков. Перо лопаток имеет сложную пространственную форму с переменными профилями поперечных сечений. Сечения пера лопатки повернуты относительно друг друга, образуя закрутку пера, достигающую до 60° .

Перо лопаток компрессора относительно тонкое и имеет значительный перепад по толщине от периферийного к комлевому сечению, а также малую кривизну (большой радиус окружности, вписанной в профиль поперечного сечения). Перо лопаток турбины значительно толще пера лопаток компрессора и имеет толщину, изменяемую по его высоте, а также большую кривизну (малый радиус окружности, вписанной в профиль поперечного сечения). Лопатки статора турбины, охлаждаемые лопатки ротора - пустотелые; их внутренняя полость формируется в литой заготовке.

Точность изготовления пера лопаток регламентируется отраслевым стандартом ОСТ 1.02571-86 "Лопатки компрессора и турбин. Предельные отклонения, формы и расположения пера". Стандарт распространяется на лопатки ротора и статора компрессоров и турбин ГТД, выполняемые с отдельным хвостовиком, секциями, всецело с диском или ободом и изготавливаемые механической обработкой, вальцеванием, штамповкой, литьем, а также сочетанием этих методов.

Стандарт устанавливает также предельные отклонения размеров профиля пера, толщин стенок, ширины щели выходной кромки относительно теоретического профиля пера, а также предельные отклонения расположения фактического профиля относительно теоретического и конструкторских баз лопатки.

Предельные отклонения размеров профиля пера лопаток компрессора должны назначаться в зависимости от группы, к которой относится лопатка, в соответствии с параметрами и графиками, для дозвуковых и сверхзвуковых лопаток.

Согласно стандарту отклонения пера, в зоне выходных кромок должны составлять 0,25 б для дозвуковых лопаток и 0,125 б для сверхзвуковых лопаток в зонах выходных и входных кромок.

Минимальный и теоретический профили дозвуковой и сверхзвуковой ступеней лопаток компрессора. Допустимый разворот профилей сечений должен составлять $\pm 15' \dots \pm 30'$ в зависимости от размерной группы лопаток. Допустимое смещение профиля от номинального положения в корневом сечении в направлении оси u должно находиться в пределах $\pm 0,1 \pm 0,5$ в зависимости от размерной группы лопаток. Допускается также смещение профилей остальных сечений от корневого сечения. Предельные отклонения размеров и смещение профиля пера лопаток турбины, изготавливаемых литьем, должны соответствовать ГОСТ. Предельные отклонения размеров и смещение профилей пера лопаток турбины, изготавливаемых из деформируемых материалов механической обработкой или штамповкой, должны соответствовать эталону. Для изготовления лопаток компрессора используются легированные стали и титановые сплавы.

С учетом условий работы к материалам, из которых изготавливаются лопатки компрессора, предъявляются требования сохранения прочности при температурах до $600\text{ }^{\circ}\text{C}$ и высокой коррозионной стойкости. Характерное свойство теплостойких коррозионностойких сталей - сопротивление коррозии - обусловлено, главным образом, наличием в их составе хрома. Влияние хрома на повышение коррозионной стойкости стали связано с его способностью образовывать на поверхности металла защитный слой окиси, непроницаемый, нерастворимый в коррозионных средах. Для изготовления лопаток компрессора наиболее широко используются коррозионностойкие стали 1X17H2 (ЭИ268), 13X14HВФРЛ (ЭИ736) и 1X12H2ВМФ РИ961). Для изготовления лопаток компрессора применяются также титановые сплавы. Главное их преимущество перед другими конструкционными материалами состоит в том, что высокие механические свойства и коррозионная стойкость сочетаются с малым удельным весом. Титановые сплавы по удельной прочности при температурах до $500\text{ }^{\circ}\text{C}$ превосходят большинство жаропрочных сталей, что позволяет уменьшить массу двигателя, обладают термической стабильностью и не откручиваются при длительной работе в условиях нагрева до $400 \dots 500\text{ }^{\circ}\text{C}$. Кроме того, титановые сплавы могут обрабатываться резанием. Наибольшее распространение при изготовлении лопаток компрессора получили сплавы ВТЗ-1, ВТ5, ВТ8, ВТ9, ВТ18. Для изготовления лопаток турбин применяются жаропрочные сплавы на никелевой основе с содержанием хрома, вольфрама, молибдена, титана, алюминия, бора и др. С учетом условий работы лопаток

турбин к этим материалам предъявляются очень высокие требования. Они должны обладать требуемыми прочностью, пластичностью, сопротивлением ползучести, выносливостью, коррозионной стойкостью, сопротивлением эрозионному разрушению и возможно меньшей чувствительностью к концентраторам напряжений при температурах до 1200 °С. Кроме того, эти материалы должны по возможности хорошо обрабатываться давлением и резанием. Для изготовления лопаток турбин в зависимости от их рабочей температуры применяются различные марки жаропрочных сплавов.

В связи с высокотемпературным режимом работы (1000...1200 °С) для производства лопаток турбин ГТД нового поколения применяются в основном литейные жаропрочные сплавы типа ЖС6-К, ВЖЛ-12, при этом отливки изготавливаются методом точного литья по выплавляемым моделям.

Чертежи лопаток должны быть выполнены в соответствии с отраслевыми стандартами. Типовое построение чертежа лопатки ротора компрессора должно соответствовать ОСТ 1.02630-87 "Лопатки ротора компрессора. Содержание и оформление чертежей". Применяемые в науке и на производстве термины, обозначения и определения основных понятий лопаток ГТД установлены отраслевым стандартом ОСТ 1.03255-88 "Лопатки авиационных осевых компрессоров и турбин, профили, решетки профилей. Термины, обозначения, определения".

Конструкции лопаток, несмотря на их большое разнообразие, должны соответствовать требованиям действующих отраслевых стандартов, которые отражают многолетний опыт в области как проектирования, так и производства лопаток ГТД.

2. Особенности производства лопаток ГТД

Производство лопаток ГТД занимает особое место в авиадвигателе строения, что обуславливается рядом факторов, главными из которых являются:

сложная геометрическая форма пера и хвостовика лопаток;

высокая точность изготовления;

применение дорогостоящих и дефицитных материалов для изготовления лопаток;

массовость производства лопаток;

оснащенность технологического процесса производства лопаток дорогостоящим специализированным оборудованием; общая трудоемкость изготовления.

Лопатки компрессора и турбины являются самыми массовыми деталями газотурбинных двигателей. Их число в одном моторе комплекте доходит до 3000, а трудоемкость изготовления составляет 25...35 % от общей трудоемкости двигателя.

Перо лопатки имеет протяженную сложную пространственную форму

Длина рабочей части пера составляет от 30- 500мм с переменным профилем в поперечных сечениях вдоль оси. Эти сечения строго ориентированы относительно базовой расчетной плоскости и профиля замковой части. В поперечных сечениях заданы расчетные значения точек, определяющих профиль спинки и корыта лопатки в координатной системе. Значения этих координат задаются табличным способом. Поперечные сечения повернуты относительно друг друга и создают закрутку пера лопатки.

Точность профиля пера лопатки в координатной системе определяется допустимым отклонением от заданных номинальных значений каждой точки профиля пера. В примере это составляет 0,5 мм, угловая погрешность при этом по закрутке пера не должна превышать значения 20'.

Толщина пера имеет малые значения, на входе и выходе воздушного потока в компрессор она для различных сечений изменяется от 1,45мм до 2,5мм. При этом допуск на толщину колеблется от 0,2 до 0,1мм. Высокие требования предъявляются также для формирования радиуса перехода на входе и выходе пера лопатки. Радиус при этом изменяется от 0,5мм до 0,8мм.

Шероховатость профиля пера лопатки должна быть не ниже 0,32мкм.

В средней части пера лопатки расположены опорные бандажные полки сложной профильной конструкции. Эти полки играют роль вспомогательных конструкторских поверхностей лопаток, и на их опорные поверхности наносятся твердосплавные покрытия карбида вольфрама и карбида титана. Средние бандажные полки, соединяясь между собой, создают единое опорное кольцо в первом колесе ротора компрессора.

В нижней части лопатки расположена замковая полка, которая имеет сложную пространственную форму с изменяемыми параметрами сечений. Нижние полки лопаток создают замкнутый контур в колесе компрессора и обеспечивают плавность подачи воздуха в компрессор. Изменение зазора между этими полками выполняется в пределах 0,1...0,2мм. Верхняя часть пера лопатки имеет фасонную поверхность, образующая которой точно расположена относительно профиля замка и входной кромки пера лопатки. От точности выполнения этого профиля зависит зазор между вершинами лопаток и корпусом колеса статора компрессора.

Рабочий профиль пера лопатки бандажных полок, и замка подвергается упрочняющим методам обработки с целью создания на образующих поверхностях сжимающих напряжений. Высокие требования предъявляются также к состоянию поверхностей лопаток, на которых не допускаются трещины, прижоги и другие дефекты производства.

Материал лопатки относится ко второй группе контроля, которая предусматривает тщательную проверку качества каждой лопатки. Для партии лопаток готовится также специальный образец, который подвергается лабораторному анализу. Требования, предъявляемые к качеству лопаток компрессора, весьма высокие.

Способы получения исходных заготовок для таких деталей и использование традиционных и специальных методов при дальнейшей обработки определяют выходные качественные и экономические показатели производства. Исходные заготовки лопаток компрессора получают методом штамповки. При этом могут быть получены заготовки повышенной точности, с малыми припусками на механическую обработку. Ниже рассмотрен технологический процесс изготовления лопаток компрессора, исходная заготовка которая получена методом горячей штамповки обычной точности. При создании такой заготовки определены пути, уменьшающие

трудоемкость изготовления и выполнения перечисленных показателей качество лопаток компрессора.

3. Список литературы

1. <https://studentopedia.ru/tovarovedenie/vvedenie---uzel-kompressora-trdd-dlya-passazhirskogo-samoleta.html>
2. <https://studfile.net/preview/481311/>
3. [https://ru.wikipedia.org/wiki/Лопатка_\(лопасть\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/Лопатка_(лопасть))