



«МАТИ»-Российский Государственный технологический университет
им. К.Э. Циолковского



Кафедра: Технология производства двигателей летательных аппаратов

Изготовление корпусных деталей



Особенности конструкции и назначение корпусных деталей

Корпусные детали определяют взаимное расположение деталей и узлов изделий, отсюда высокие требования по точности. Конструкции корпусных деталей двигателя и его агрегатов столь же разнообразны, как выполняемые ими функции. Их поверхности могут формировать проточную часть для воздуха, газа, содержат различные разделительные полости и соединительные каналы для топлива, масла, воздуха, они удерживают подшипники вращающихся деталей, воспринимают усилия от этих деталей, от давления газа и жидкости, передают их на корпус двигателя.

Корпусные детали авиационных двигателей и их агрегатов обычно имеют сложную конфигурацию, отверстия расположенные с разных сторон и в разных плоскостях, фасонные внутренние полости, каналы, ребра и перегородки.



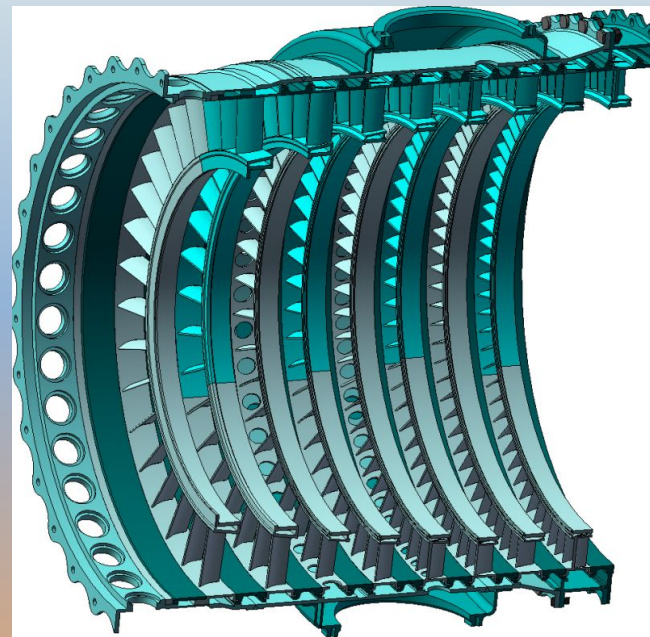
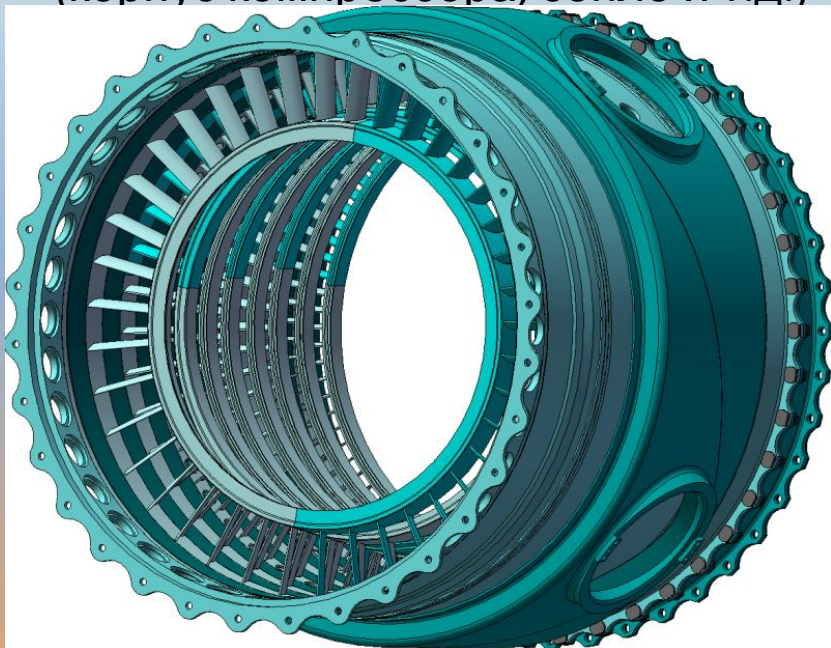
При всём разнообразии форм корпусов, их размеров и материалов они имеют общие технологические особенности конструкции:

- наличие функционально объединенных групп поверхностей с весьма жёсткими допусками на их расположение внутри группы, несколько менее жёсткими допусками на параметры взаимного расположения этих групп;
- большое количество конструктивных элементов с необработанными поверхностями, точность которых обеспечивается на заготовительных операциях;
- особые требования предъявляются к герметичности отдельных корпусных деталей и собираемых из них узлов.

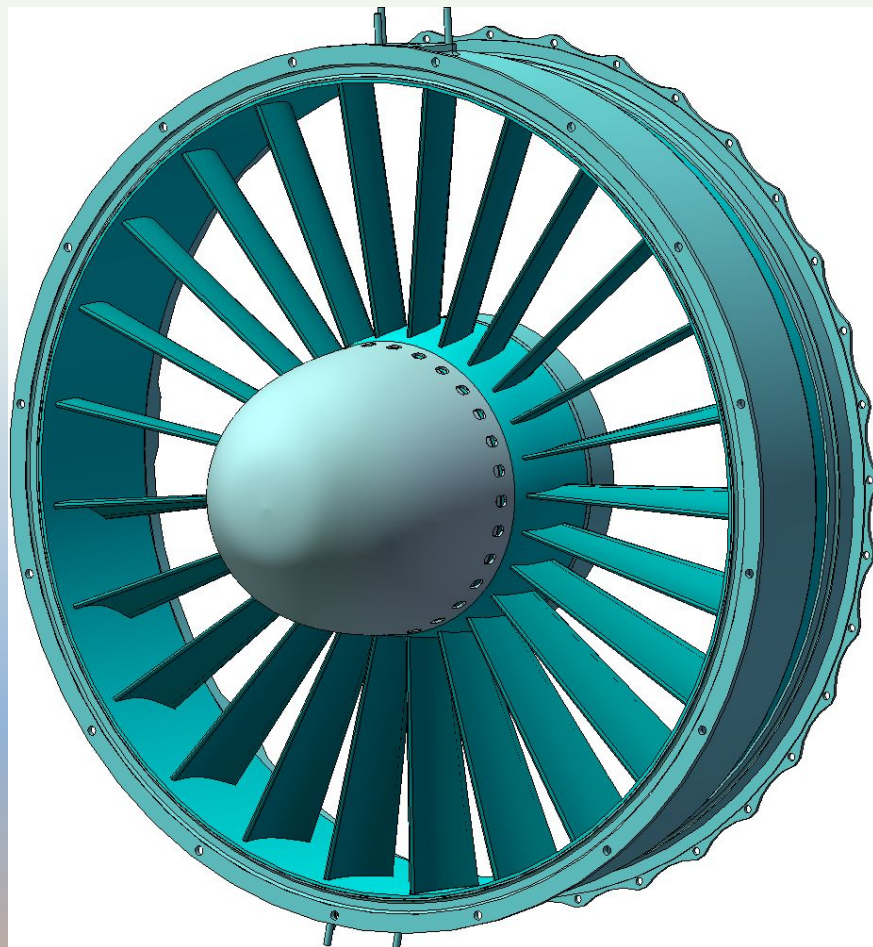
Построение технологического процесса, выбор технологического оборудования, оснастки определяются конструктивно-технологическими особенностями корпусов. По этим признакам корпуса делятся на крупногабаритные сварные корпуса, среднегабаритные корпуса коробчатого типа, небольшие корпусные детали разнообразных форм, которые могут входить в состав предыдущих групп.

Крупногабаритные корпуса

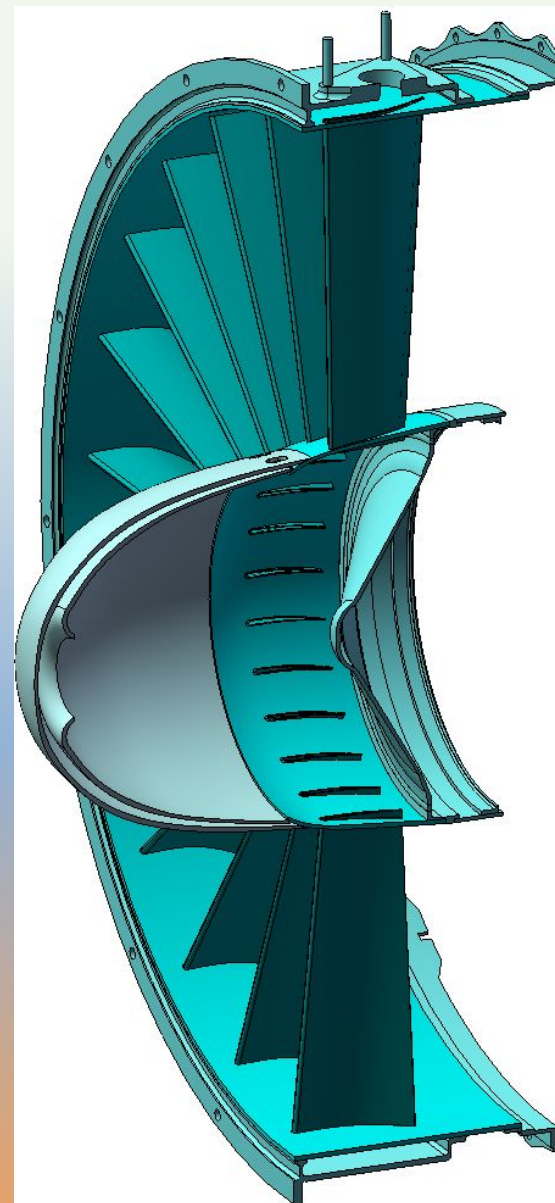
Крупногабаритные корпуса типа подкрепленных оболочек тел вращения, получают сваркой из листов и точеных или фрезерованных фланцев. Заготовки изготавливают с помощью методов прессования фасонных профилей, их гибки и сварки, раскатки. К корпусам привариваются подкрепляющие рёбра, перемычки, небольшие изготовленные из литья или штамповок фланцы, кронштейны, бобышки (корпус компрессора, сопло и т.д.)

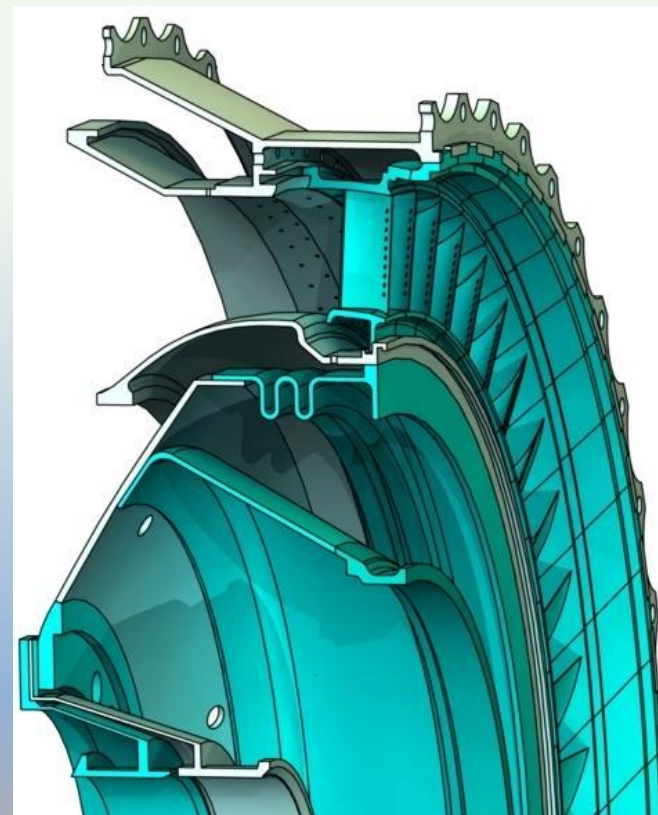
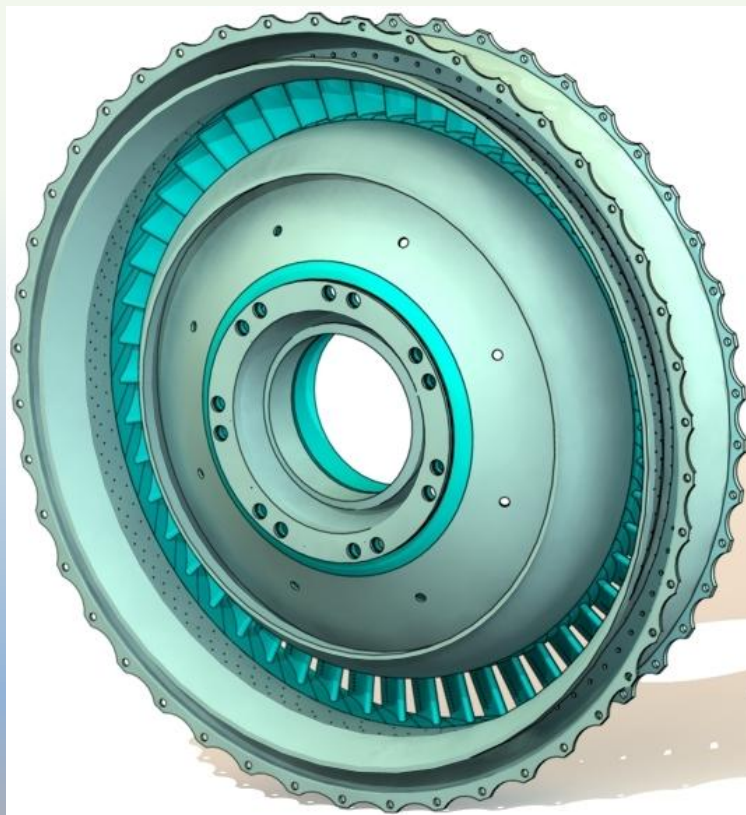


Модель статора компрессора
высокого давления

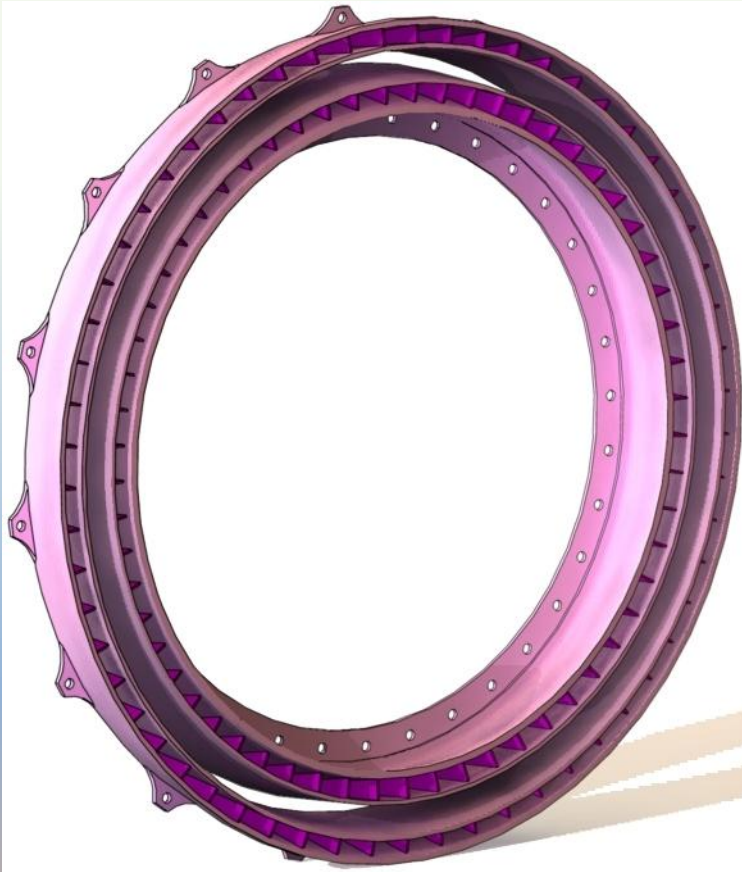


Входной направляющий
аппарат

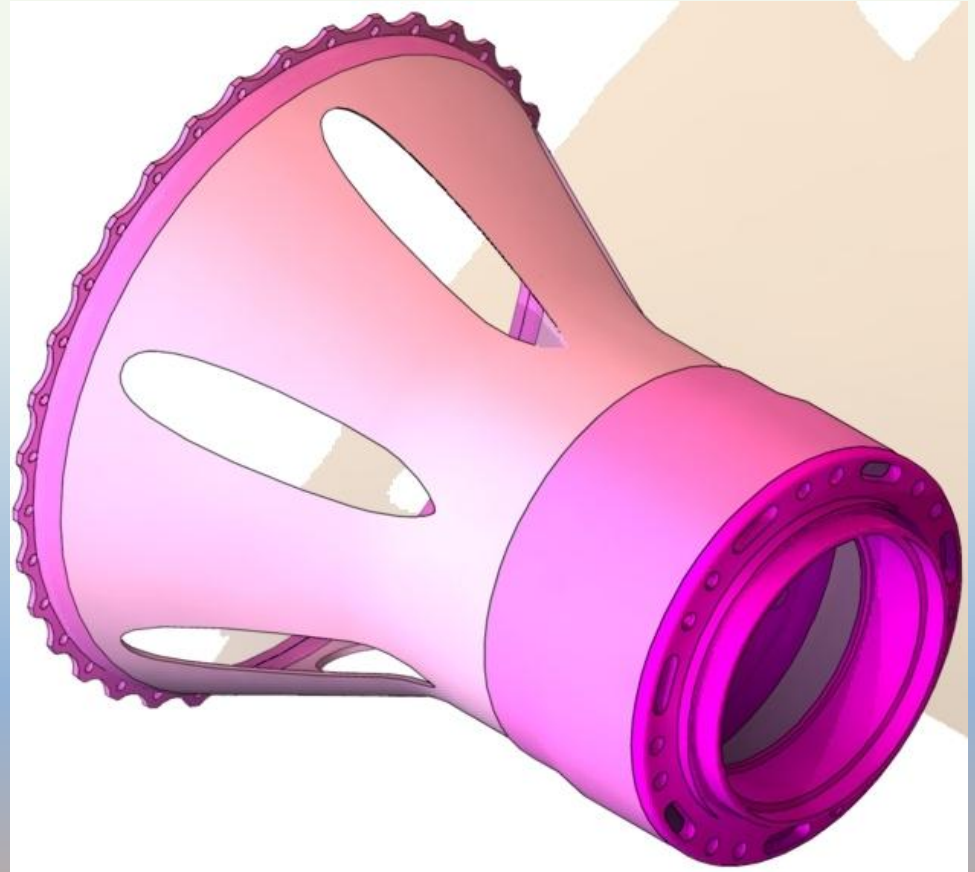




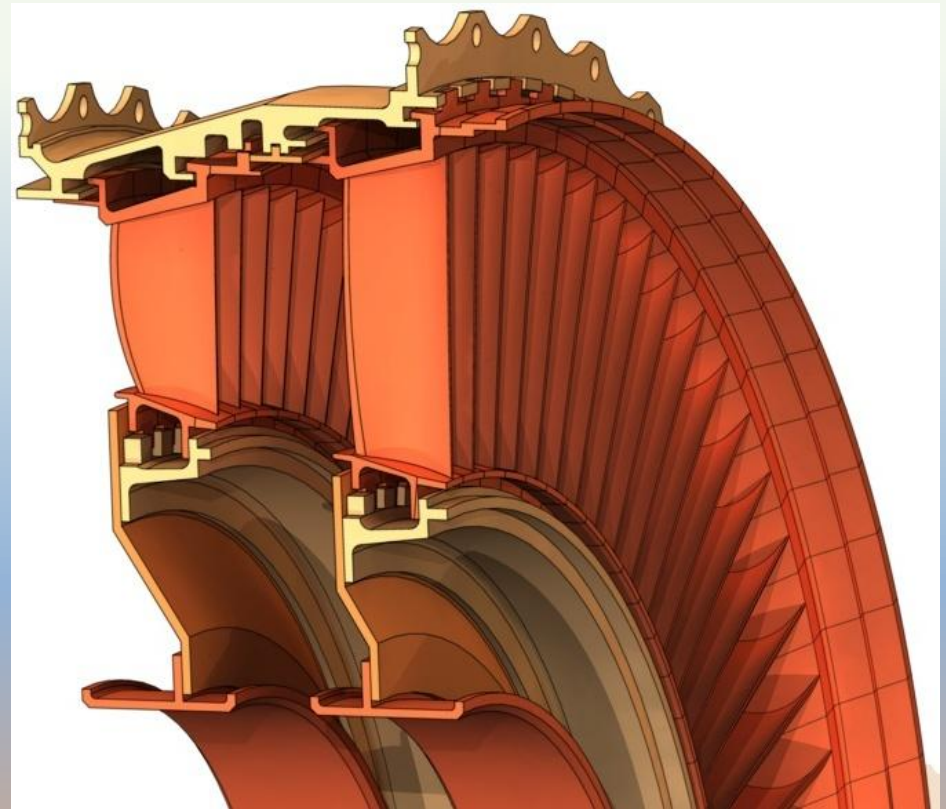
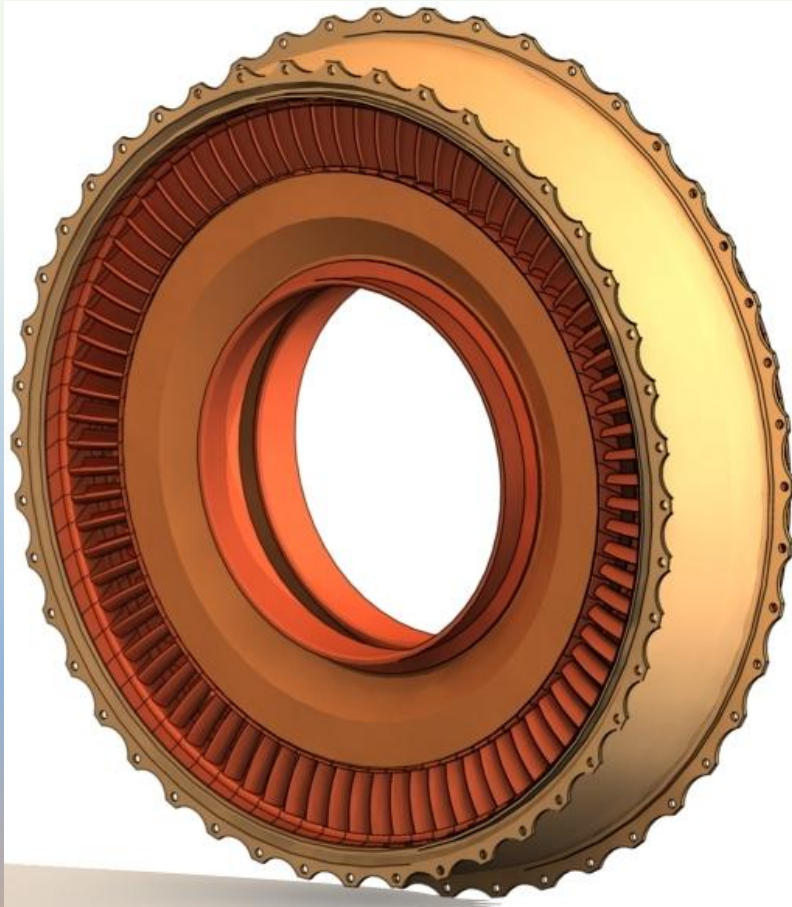
Модель статора турбины высокого давления



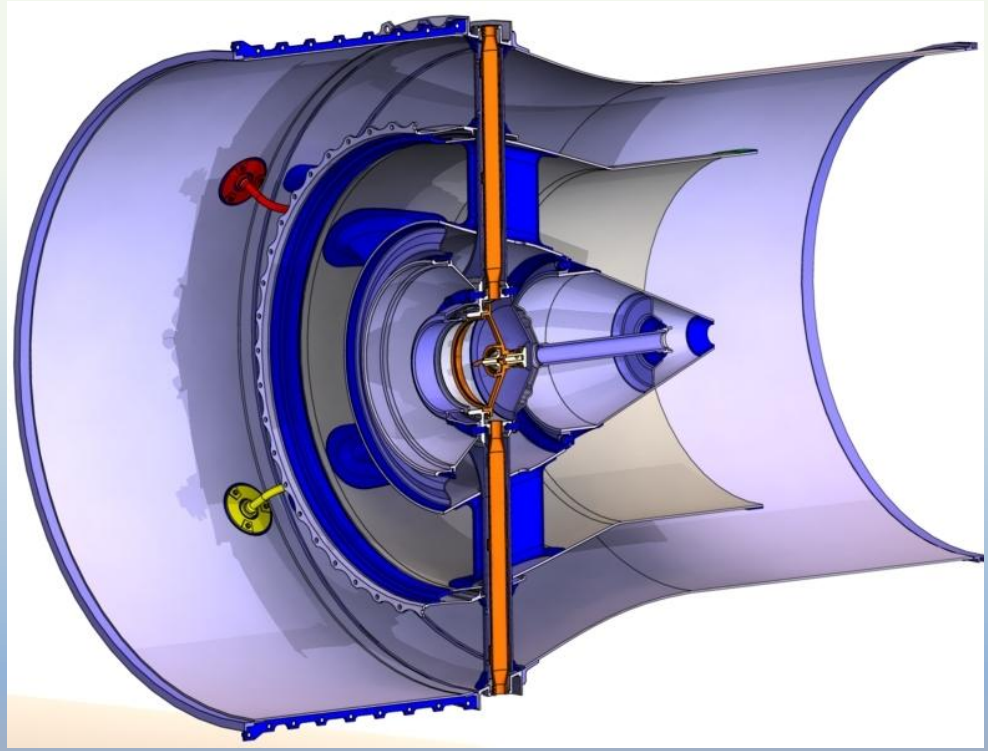
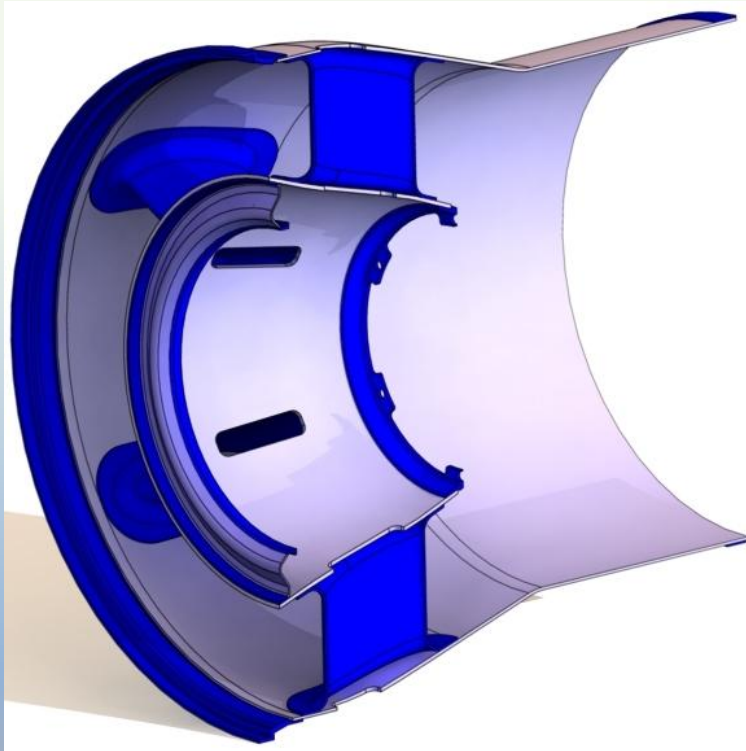
Диффузо
р



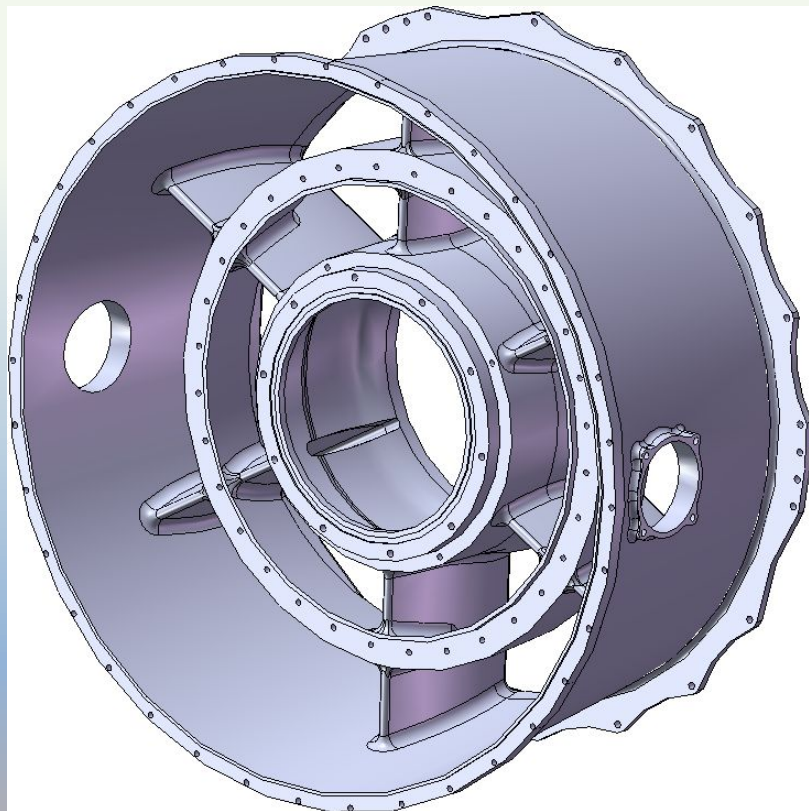
Промежуточный
корпус



Модель статора турбины низкого давления



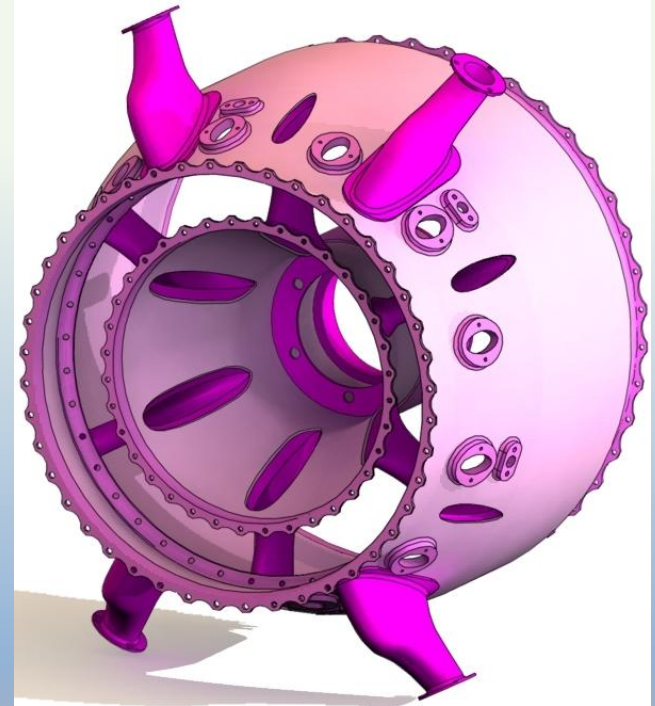
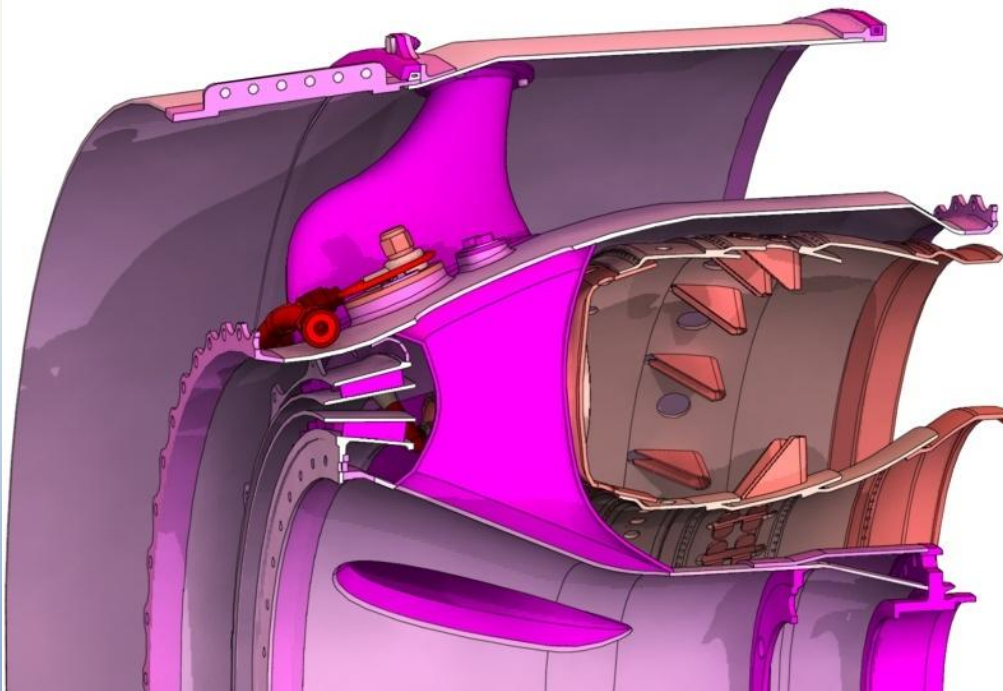
Корпус задней опоры



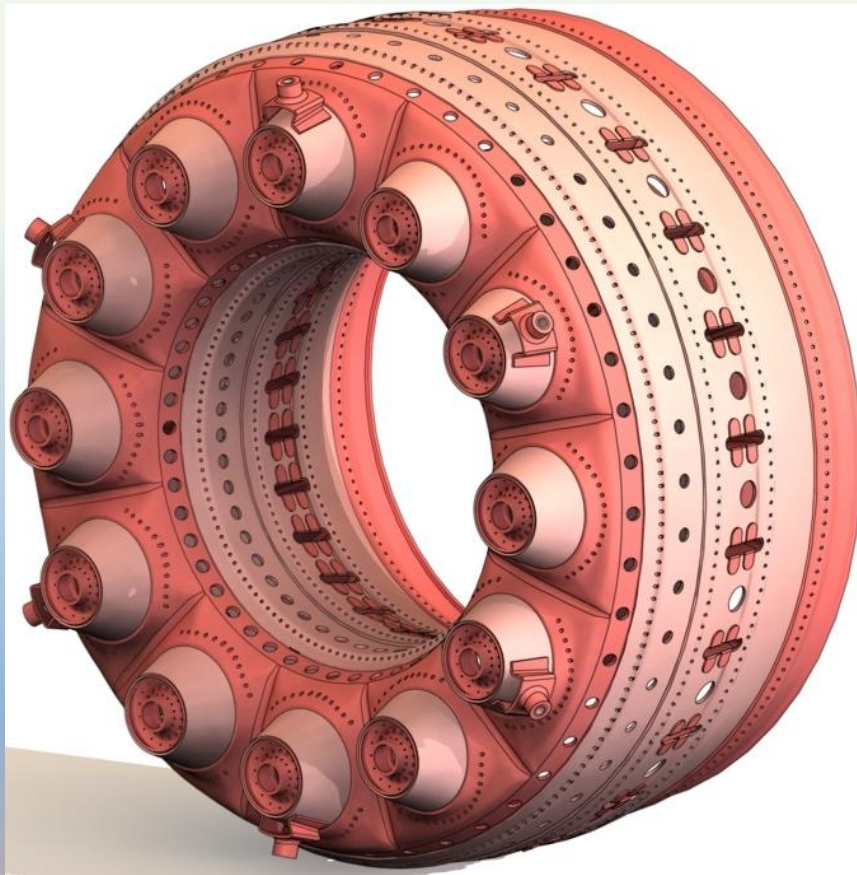
Разделительный корпус (снятие
движения с компрессора на
коробку агрегатов)



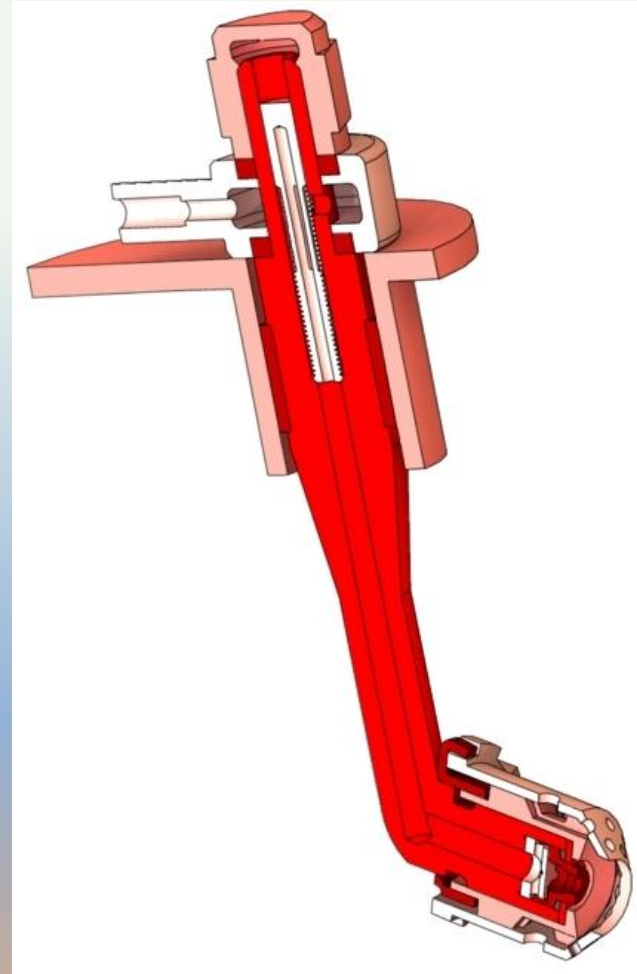
Корпус задней опоры



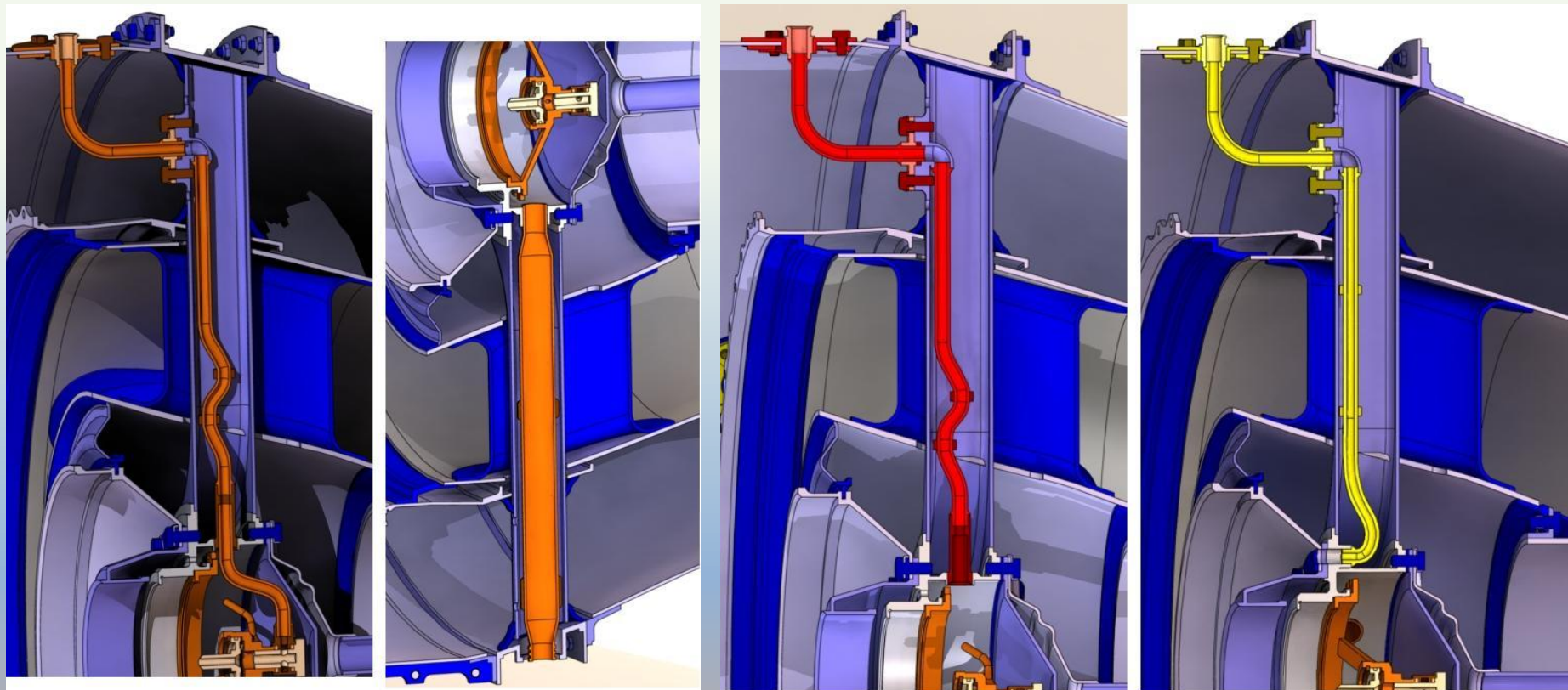
Корпус камеры
сгорания



Жаровая
труба



Узел
форсунки



Системы подачи смазки и воздуха для
охлаждения



Крупногабаритные сварные корпуса имеют сложный технологический процесс, включающий этапы: получение заготовок отдельных деталей, их механическая обработка перед сваркой, сварка и другие сварочные операции, механическая обработка корпусов в собранном виде.

Примерный план обработки крупногабаритных сварных корпусов компрессора, камеры сгорания и др. включает:

1. Предварительное и окончательное точение фланцев, промежуточных колец, подрезку торцов обечаек, отформованных из листа.
2. Комплектацию, обезжиривание, зачистку мест под сварку, сборку на стапеле, прихватку (сваркой в нескольких точках), сварку, приварку бобышек, зачистку сварных швов.
3. Термическую обработку.
4. Окончательную обточку посадочных поверхностей и торцов фланцев.
5. Сверление отверстий и нарезание резьбы в бобышках и фланцах.
6. Слесарную зачистку, постановку втулок, футорок и другой аппаратуры.
7. Контроль.
8. Нанесение покрытий (жаростойких, термобарьерных, уплотнительных).
9. Монтаж на корпус различных деталей и агрегатов.
10. Окончательный контроль.



Среднегабаритные корпуса коробчатого типа

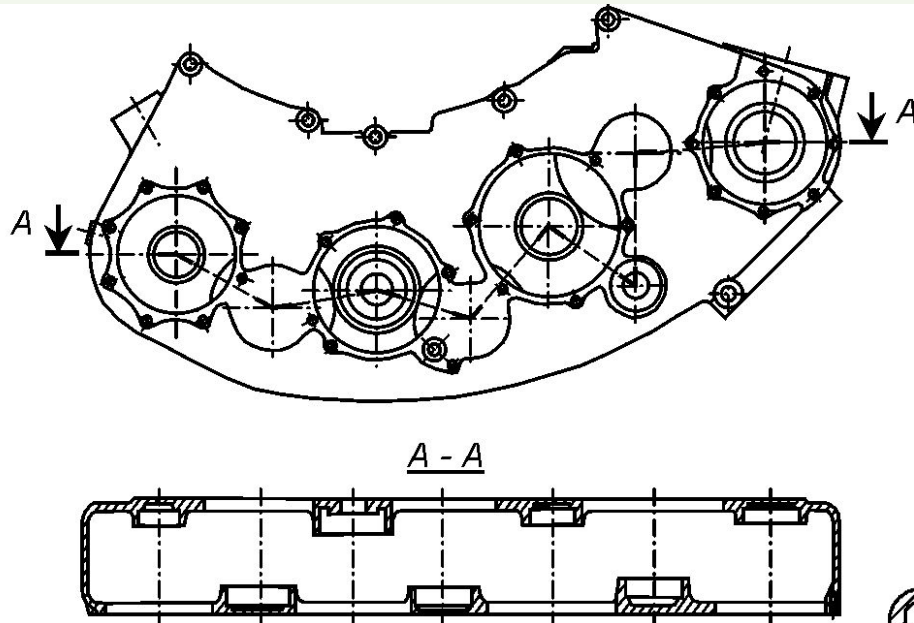
К корпусам данного типа в основном относятся коробки приводов. Главным назначением коробок приводов является передача и распределение крутящего момента от ротора двигателя для осуществления силового привода различных агрегатов и систем двигателя и летательного аппарата. Коробки приводов различаются по основным функциям:

- центральный привод (передача крутящего момента непосредственно от ротора на всю редукторную группу);
- привод агрегатов двигателя;
- привод агрегатов летательного аппарата;
- редукторы привода отдельных систем (редукторы привода датчиков, масляные насосы и пр.);
- редуктор привода винта или редуктор-переходник для стыковки двигателя с летательным аппаратом (например, для вертолета).



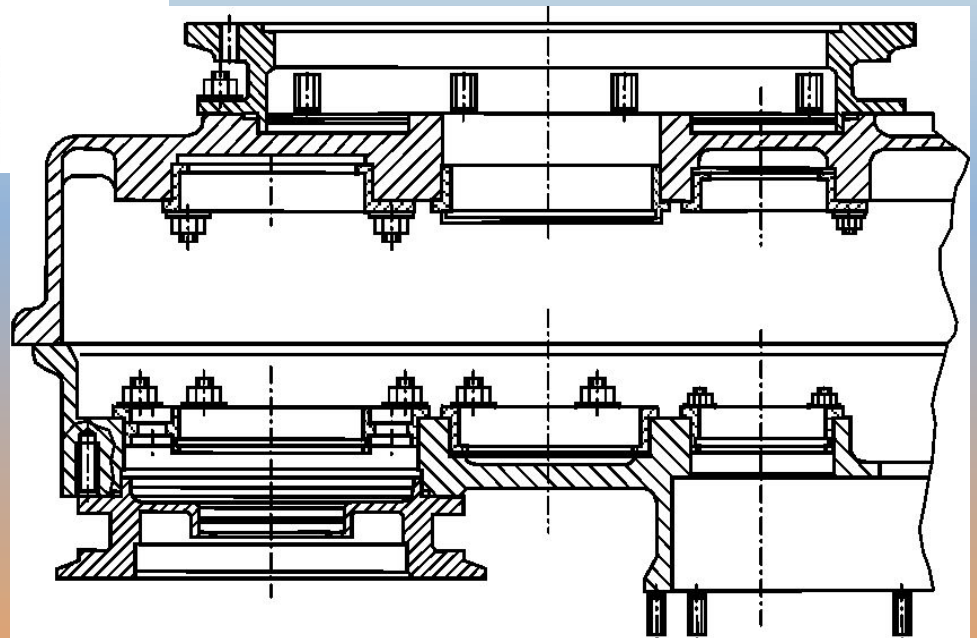
По типу передачи крутящего момента редукторы в двигателях летательных аппаратов бывают конические, коническо-цилиндрические, цилиндрические и планетарные. Как правило, наиболее сложную форму с технологической точки зрения имеют корпуса конических и коническо-цилиндрических редукторов. По своим конструктивным компоновкам корпуса редукторов бывают:

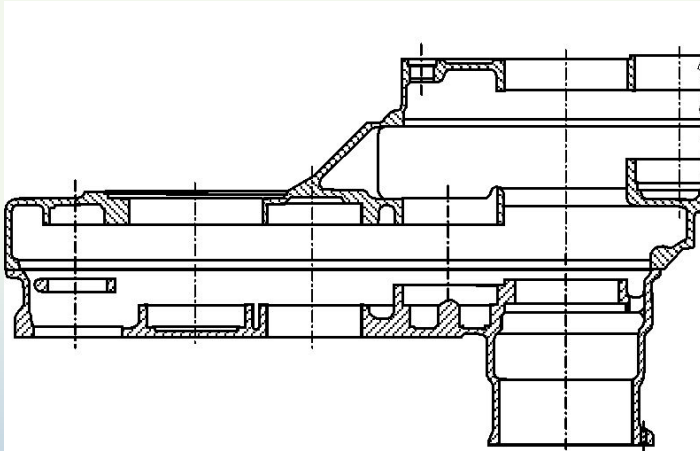
- Коробчатые неразъемные (коническо-цилиндрические и цилиндрические редукторы). Такую компоновку имеют редукторы приводов двигательных агрегатов и агрегатов летательных аппаратов.
- Коробчатые разъемные простые – корпус и крышка (коническо-цилиндрические и цилиндрические редукторы). Самая распространенная компоновка, которая встречается в редукторах приводов агрегатов двигателя и летательного аппарата, редукторах приводов датчиков, масляных насосов.
- Коробчатые разъемные сложные – корпус с несколькими крышками и другими корпусными деталями (коническо-цилиндрические и цилиндрические редукторы). Такая компоновка встречается в редукторах приводов агрегатов летательных аппаратов, масляных насосах.
- Тела вращения (планетарные редукторы). Такую компоновку имеют корпуса редукторов привода винта, редукторы-переходники для стыковки двигателей с летательным аппаратом.
- Сложной пространственной формы (конические редукторы). Чаще всего это редукторы центрального привода.



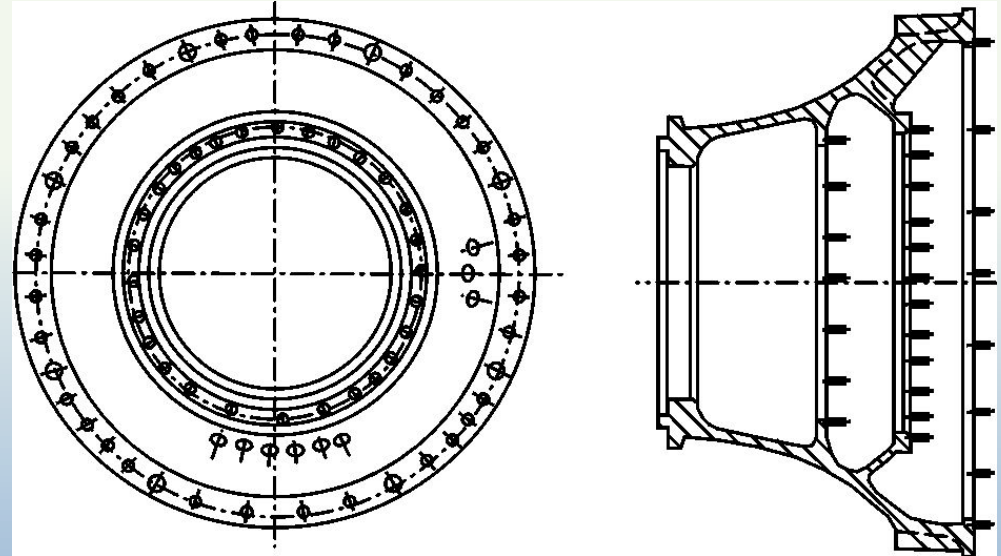
Коробчатый неразъемный корпус

Коробчатый простой
разъемный корпус редуктора

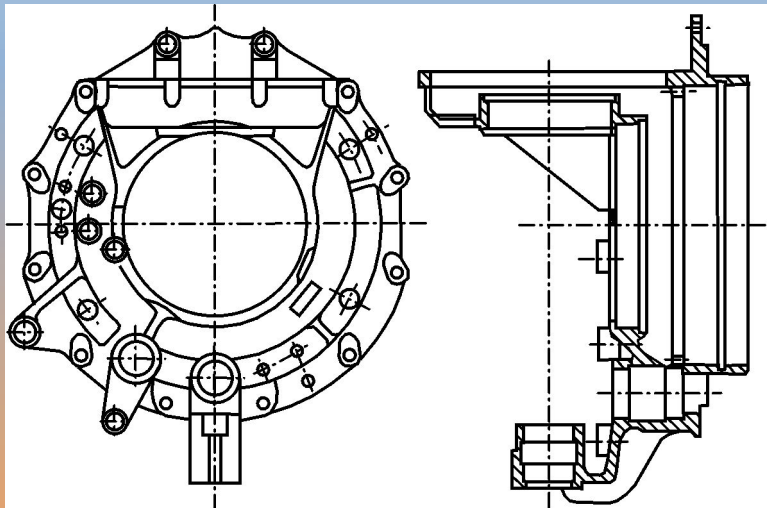




Коробчатый сложный
разъемный корпус редуктора



Планетарный корпус редуктора типа
тела вращения



Корпус конического
редуктора (центральной
конической пары)



В состав сборочных единиц корпусных деталей редукторов помимо непосредственно самих корпусов и крышек, как основных деталей корпусов редукторов, входят также всевозможные вторичные детали:

- обоймы и втулки, имеющие посадочные места для установки подшипников;
- переходники для стыковки редукторов с различными системами и агрегатами или другими редукторами;
- кронштейны для крепления редукторов на двигателе или летательном аппарате, для крепления элементов наружной обвязки и пр.;
- масляные коллектора и форсунки для внутренней смазки редуктора;
- штуцера для смазки;
- элементы для глушения каналов (пробки и заглушки);
- элементы крепежа (гайки, болты, штифты, шайбы и пр.);
- вспомогательные детали типа футорок под съёмники и шпильки, или рым-болты (для монтажа и демонтажа редуктора);
- уплотнения (резиновые и паронитовые).



Исходя из условий работы редукторов, производимых на предприятии, и аппаратов следующие технические требования.

- Поля допусков на взаимное расположение осей – межосевые расстояния (для редукторов с несколькими осями, как правило, задаются в виде координатной сетки), параллельности осей, перпендикулярности и пересечения осей (для редукторов, имеющих конические зацепления), соосность двух и более диаметров, находящихся в одной оси от 0,01 до 0,06 мм.
- Поля допусков плоскостности, параллельности и перпендикулярности наружных и внутренних плоскостей (в стыковочных соединениях с другими деталями и узлами) как между собой, так и относительно осей редуктора от 0,01 мм до 0,10 мм.
- Поля допусков на посадочные диаметры втулок и обойм в корпусах редукторов, а также на их форму (круглость, цилиндричность) 0,003...0,030 мм.
- Для обеспечения герметичности по стыковочным поверхностям с сопрягаемыми деталями к корпусам предъявляются требования по плоскостности или прилеганию к эталонной поверхности, проверяемому по отпечатку слоя краски, оставшемуся на детали при соприкосновении с эталонной поверхностью, предварительно смазанной слоем краски заданной толщины. Прилегание оговаривается в процентном отношении к площади стыковочной поверхности, а также неразрывности по контуру поверхности стыка.



- В связи с тем, что во внутренней полости любого редуктора всегда находится смазка, причем, под определенным избыточным давлением относительно атмосферного, необходимо обеспечить герметичность его внутренней полости. Для этого в технические условия чертежей корпусной детали (корпуса, крышки или сборочной единицы корпуса редуктора со всеми входящими в него деталями) включают требование по проверке герметичности.
- При наличии в конструкции корпуса редуктора масляных коллекторов, форсунок, масляных каналов. в чертежах оговаривается контроль их функционирования - количественный (величина расхода масла через масляный канал) и качественный (правильность попадания струи масла из масляного канала или форсунки в отверстие определенного шаблона).
- При наличии в корпусе редуктора элементов, которые работают при повышенном давлении (масляные или топливные каналы, стыки трубопроводов с корпусом и т. п.), их тоже следует проверять на герметичность и, как правило, рабочими жидкостями или жидкостями, имеющими более сильную проникающую способность, при давлении, температуре и времени, имитирующим условия работы с определенным запасом прочности.
- Для повышения герметичности корпусов (в основном получаемых из



В зависимости от условий и режимов работы редуктора – температурных и силовых – при изготовлении их корпусных деталей применяются различные материалы. Для корпусов, устанавливаемых снаружи двигателя и работающих вследствие этого в зоне относительно невысоких температур, основными материалами являются алюминиевые и магниевые сплавы. Для редукторов, работающих в зоне повышенных температур и нагрузок (во внутренней части двигателя), а таковыми являются в основном корпуса центральных приводов, применяются титановые сплавы.

Для деталей, входящих в состав сборочных единиц корпусных деталей редукторов, применяется более широкий спектр материалов. Это обусловлено, например тем, что детали типа обойм и втулок под подшипники, переходников под различные агрегаты и пр. должны обладать повышенными по отношению к корпусу механическими свойствами, так как они воспринимают на себя большую долю нагрузки, распределяя ее корпусу. Одной из самых основных характеристик таких деталей должна являться высокая износостойкость посадочных мест под подшипники и прочность соединения с силовыми элементами .



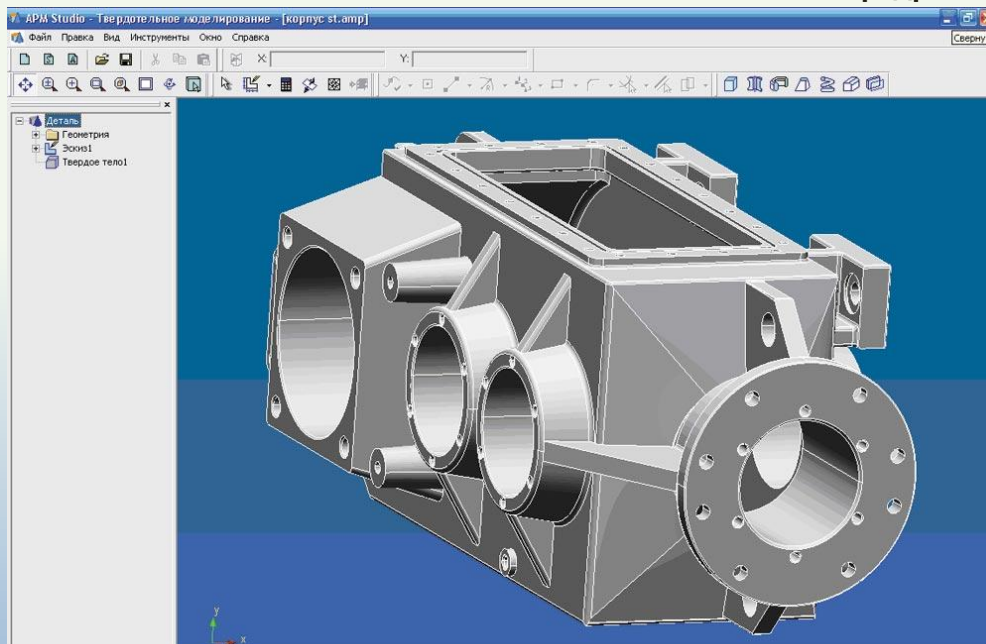
Для основных корпусных деталей редукторов самым распространенным методом получения заготовки является литье в песчаные формы. Корпуса повышенной точности, отливаются в кокиль или по выплавляемым моделям.

Для деталей типа переходников, втулок, обойм и т. д. широко применяется метод получения заготовки в виде штамповки.

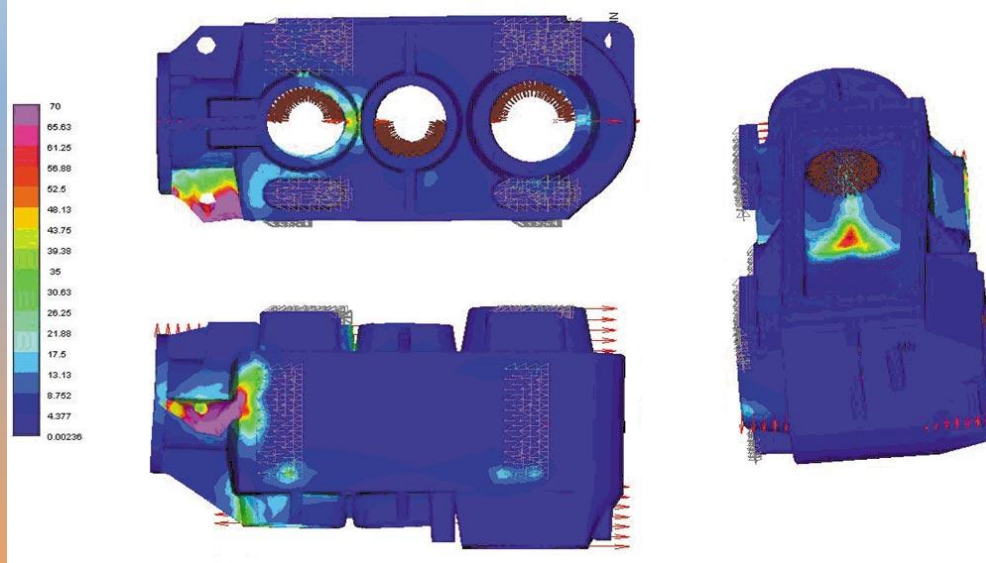
Технологический процесс изготовления сборочных единиц корпусов коробок приводов и редукторов, как разъёмных, так и неразъёмных по конструкции, условно можно разделить на два этапа.

- Изготовление входящих комплектующих деталей сборочной единицы (собственно корпусов, крышек, фланцев, переходников и т.п.);
- Изготовление сборочной единицы (сборка комплектующих, совместная обработка, испытания и т.п.).

Исходя из геометрической конфигурации детали, *технологическими базами заготовки* могут быть выбраны *различные поверхности* и элементы детали – бобышки, сквозные и глухие отверстия, литейные пяточки, цилиндрические и конические поверхности и т.д. Если в качестве технологических баз выбрать поверхности детали затруднительно, можно задать *дополнительные элементы* – литейные разметочные риски, фланцы, приливы и перемычки.



Разработка конструкции корпусов производится с моделированием геометрии учетом литейных уклонов и др. Дополнительно проводятся прочностные расчеты. Определяется распределение эквивалентных напряжений





Основные этапы технологического процесса обработки корпуса:

1. Заготовка –отливка.
2. Разметка корпуса
3. Выверка и установка заготовки для обработки подошвы (чистовой базы).
Фрезерование подошвы.
4. Зачистка острых кромок и заусенцев. . Притирка поверхности подошвы.
5. Фрезерование плоскостей фланцев, расточка отверстий, сверление отверстий в фланцах. ОЦ с системой ЧПУ.
6. Обработка торцевых поверхностей . Обрабатывающий центр с ЧПУ.
7. То же, что и в операции 6, с другой стороны.
8. То же, что и в операции 6, по боковым фланцам и бобышкам.
9. Зачистка острых кромок и заусенцев.
10. Промывка в содо- хромпиковом растворе.
11. Термическая обработка- термостабилизирующий отжиг.
12. Притирка с проверкой прилегания по краске.
13. Окончательная обработка фланцев и других поверхностей. ОЦ с системой ЧПУ.
14. Зачистка кромок
15. Испытание на герметичность.
16. Промывка.
17. Окончательный технический контроль.
18. Нанесение покрытия – химическое оксидирование.



При обработке корпусных деталей большое значение имеет правильный выбор и тщательная подготовка баз. Обычно, в качестве баз принимают плоскости максимальной протяженности и два отверстия, расположенные на возможно большем расстоянии.

Создание основных баз на начальном этапе механической обработки детали производится путем токарной, сверлильной, фрезерной или расточной обработки в зависимости от геометрической конфигурации детали относительно выбранных технологических баз заготовки. Для корпусных деталей типа тел вращения первыми операциями обработки резанием обычно являются токарная и сверлильная (или расточная) операции, для деталей сложной конфигурации – фрезерная и сверлильная (или расточная).

Для корпусных деталей на этапе создания основных баз характерно использование в качестве *опоры* торцовых поверхностей, плоских наружных необрабатываемых поверхностей, литейных пяточков (обычно 3-х). Конструктивными элементами приспособлений могут быть плоские опорные призмы, подводимые и регулируемые опоры с плоскими или сферическими головками



Центрирующие конструктивные элементы приспособлений представляют собой цилиндрические пальцы, кольца, цилиндрические поверхности кулачков самоцентрирующихся патронов, неподвижные V-образные призмы.

Из-за невысокой точности литых заготовок корпусных деталей одной из операций технологического процесса является операция *разметки* литья. Ее цель – проверить соответствие заготовок чертежу по расположению и размерам конструктивных элементов корпуса. Кроме того, разметку применяют для ориентирования деталей в приспособлении при создании основных баз. Однако, применение оборудования с ЧПУ, оснащенного встроенной активной измерительной системой (измерительный щуп), например «RENISHAW», позволяет избегать разметочных операций, значительно сокращая цикл обработки корпуса от заготовки до сборки. В процессе производства достаточно только установить произвольно и закрепить корпус на стол станка, задать управляющую программу и обработать деталь. При этом по программе станок самостоятельно определит координаты детали, автоматически введет соответствующую коррекцию в память и обработает деталь



Целью предварительной обработки корпусных деталей является снятие основного припуска по обрабатываемым поверхностям – фланцам, приливам, бобышкам, плоскостям, формообразование поверхностей, определяющих окончательную форму корпуса. При этом производится также окончательная обработка неответственных поверхностей, не влияющих на сборку и функционирование сборочной единицы на двигателе.

В процессе предварительной механической обработки корпусных деталей выполняется подготовка баз для дальнейшей полустроговой и окончательной обработки – фрезерование или точение базовых плоскостей с более высокими техническими требованиями по сравнению с остальными (шероховатость, допуски плоскостности, параллельности и т.п.), расточка отверстий.

Для устранения внутренних напряжений после предварительной механической обработки, в технологическом процессе предусматривают *термическую обработку* для снятия внутренних напряжений – так называемую термостабилизацию. Ее проводят на различных режимах в зависимости от свойств материала. Это могут быть нормализация, отжиг стабилизирующий, искусственное старение и т.п., характеризуются они, как правило, сравнительно невысокими температурными режимами и достаточно длительным временем выдержки в печи.



На этапе промежуточного контроля применяются методы неразрушающего контроля с целью выявления дефектов, появляющихся после предварительной обработки (внутренние и наружные микротрещины, пористость, раковины и др.)

Наиболее распространенные методы неразрушающего контроля при изготовлении корпусных деталей: контроль радиационный (рентген), цветная дефектоскопия (ЦМ, люминесцентный), акустический, травление.

Операциями этапа окончательной обработки и доводки входящих деталей корпусных сборочных единиц редукторов являются операции по восстановлению основных баз после термической обработки и окончательная обработка деталей.

Как правило, базовыми опорными поверхностями входящих корпусных деталей являются плоскости разъема – соединительные плоскости входящих. К ним на окончательном этапе обработки предъявляются высокие требования по шероховатости (не грубее 1,6 мкм) и допуску плоскостности. Первыми операциями окончательного этапа изготовления входящих деталей могут быть фрезерные или токарные (возможно, шлифовальные) операции по обработке плоскостей разъема, а также притирочные. Качество получаемых поверхностей контролируется проверкой прилегания к плоскости поверочной плиты по отпечатку краски. Обычно требуется не менее 80% прилегания с требованием неразрывности самого отпечатка по всему контуру контролируемой поверхности.



Завершающий этап механической обработки входящих корпусных деталей – окончательный (приемочный) контроль качества изготовленных деталей. На этом этапе проводятся операции проверки функциональных параметров детали (испытания на герметичность и контроль чистоты внутренних полостей, масляных каналов, проверка оговоренных рабочим чертежом количественных показателей расхода масла или топлива через каналы или жиклеры), а также контроль всех геометрических размеров и технических условий согласно чертежу.

При контроле геометрических параметров применяются контрольно-измерительные машины фирм «ТЕЗА», «КАРЛ ЦЕЙСС», «ЛК», «ОЛИВЕТТИ», работающие от персональных компьютеров, имеющих математическое обеспечение и гибкие программы измерений и контроля. Основными элементами, контролируемыми при помощи измерительных машин, являются отклонения от взаимного расположения поверхностей, биения, соосности, перпендикулярности, параллельности и размеры сложных объемных поверхностей, т.е. параметры, трудно поддающиеся контролю при помощи механических средств измерения.



Обработку корпусных деталей редукторов в сборочных единицах можно разделить на несколько основных этапов:

- Подготовка окончательно изготовленных плоскостей разъема для сборки узла под совместную обработку.
- Предварительная сборка под совместную обработку.
- Совместная (иногда раздельная) обработка отверстий под штифты.
- Разборка, установка штифтов и сборка под окончательную обработку узла.
- Совместная обработка сборочной единицы.
- Контроль после совместной обработки.
- Разборка.
- Окончательная обработка поверхностей во входящих в сборочную единицу деталях.
- Слесарные, доводочные, промывочные операции, нанесение защитных покрытий..
- Контроль окончательно обработанных (раздельно) поверхностей во входящих деталях.
- Окончательная сборка узла.
- Испытания сборочной единицы.
- Окончательная приемка.



На первичном этапе совместной обработки сборочной единицы производится подготовка окончательно изготовленных плоскостей разъема для сборки узла под совместную обработку. Требования по контролю прилегания плоскостей разъема к эталонной плоскости по краске характерны для всех разъемных конструкций корпусных деталей редукторов. Эта обработка является операцией доводочной и заключается либо в притирке плоскости на притирочной плите при помощи абразивной пасты, либо в шабрении.

Следующим этапом является *обработка отверстий под штифты* для обеспечения собираемости деталей после разборки в фиксированном положении. Чаще всего эта обработка выполняется совместно, на собранном узле. Однако, применение современных координатно-расточных станков (универсальных и с ЧПУ), обладающих высокой точностью позволяет получить практически одинаковые с совместной обработкой взаимные расположения отверстий.

Помимо координатно-расточного оборудования для обработки штифтовых отверстий в сопрягаемых деталях используются также сверлильные станки, обработка отверстий при помощи которых может быть выполнена по кондуктору. Смысл такого метода заключается в том, что обработка парных (стыкуемых) отверстий производится через одну и ту же кондукторную втулку со стороны поверхности стыка для каждой из сопрягаемых деталей.



После обработки штифтовых отверстий производится, при необходимости (если штифтовые отверстия обрабатывались в сборе), разборка узла на основные составные детали, установка в них штифтов и сборка корпуса с крышками (крышкой, переходниками, кронштейнами и пр.) под совместную обработку. Этот этап включает в полную установку по всем поверхностям разъема крепежных элементов (болтов, винтов, шпилек, гаек и пр.) для сборки деталей, подвергаемых совместной обработке в узле.

После проведения всех вышеуказанных подготовительных операций выполняется собственно основная совместная обработка сборочной единицы. В зависимости от ее конструкции сборочная единица подвергается разной степени обработки. Основным этапом этой обработки является окончательное формирование осей вращения редуктора по координатам их взаимного расположения и межосевым расстояниям.

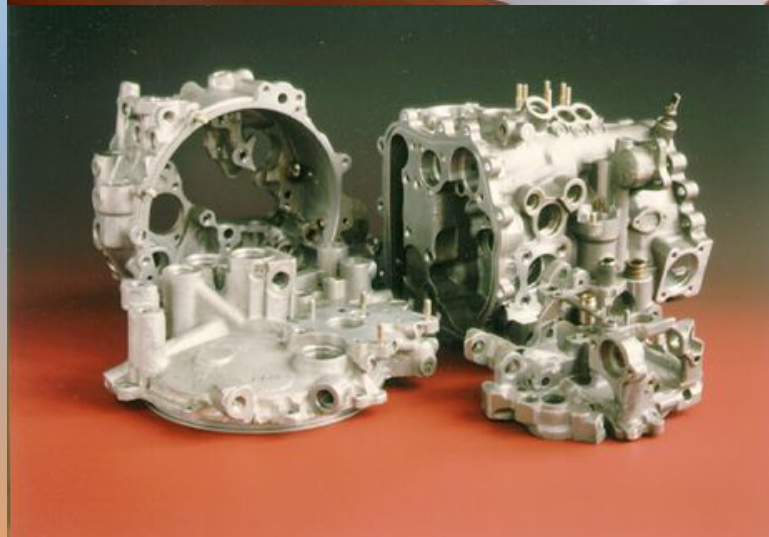
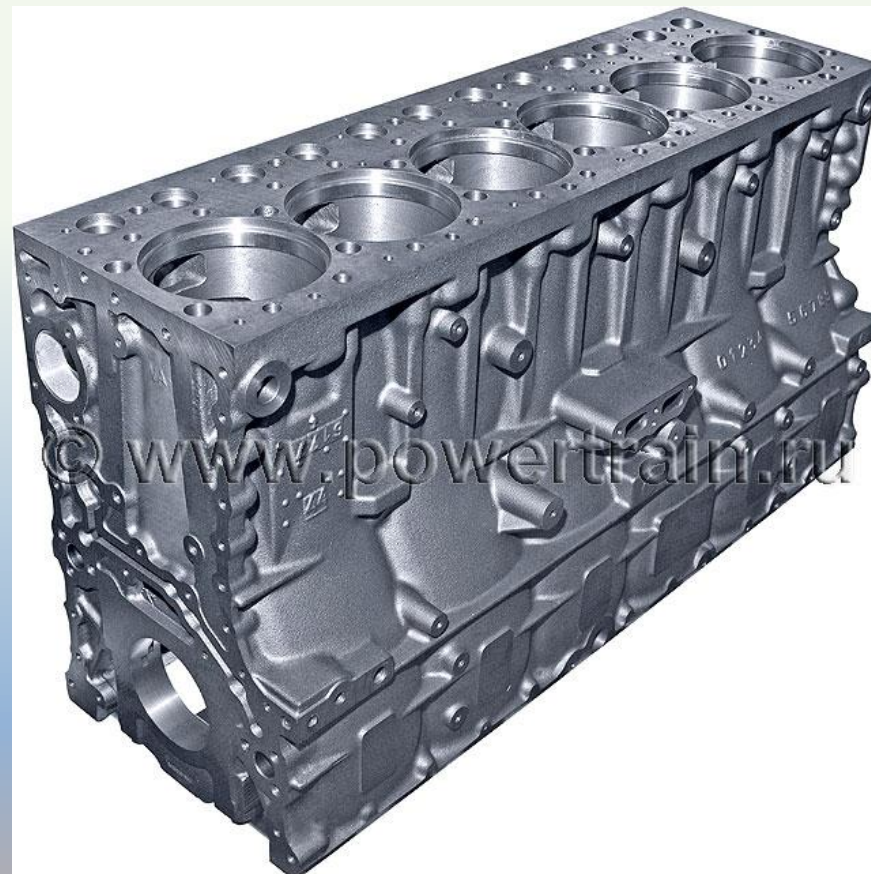
Следующим этапом совместной обработки сборочных узлов является их разборка на составляющие детали, которые требуется обрабатывать отдельно.

После разборки обработке подвергаются детали, часть поверхностей которых не была обработана совместно. Обработка этих элементов проводится относительно базовых поверхностей, полученных в результате обработки сборочного узла. Чаще всего такими деталями являются всевозможные переходники, кронштейны, крышки и фланцы, которые обрабатываются в основном на токарно-винторезных станках. Иногда такими деталями являются непосредственно корпуса или крышки, в которых обрабатываются поверхности, закрытые другими деталями при обработке в сборе.



Одним из последних этапов обработки являются слесарные операции после обработки на станке. Это операции по шабровке или притирке каких-либо поверхностей, притупление острых кромок, полировка радиусов, нарезание резьбы, а также операции по промывке деталей и нанесению защитных и лакокрасочных покрытий.

После операции контроля параметров, полученных при отдельной обработке входящих в сборочную единицу деталей, производится окончательная сборка узла и его испытания. Пневмоиспытания герметичности крепежных отверстий производятся сжатым воздухом под давлением 0,1 МПа при погружении детали в антикоррозионный раствор. Продолжительность испытаний 3 мин. Пузырки воздуха не допускаются. Гидроиспытания проводят на специальной установке. Свободные выходы из внутренней полости закрываются технологическими заглушками, и в нее подается трансформаторное с избыточным давлением 0,4 МПа при температуре 60.....70 С. Течь не допускается. Совпадение масляных каналов проверяется проволокой и визуально с помощью подсветки и зеркала. Прилегание торцев проверяется по краске.

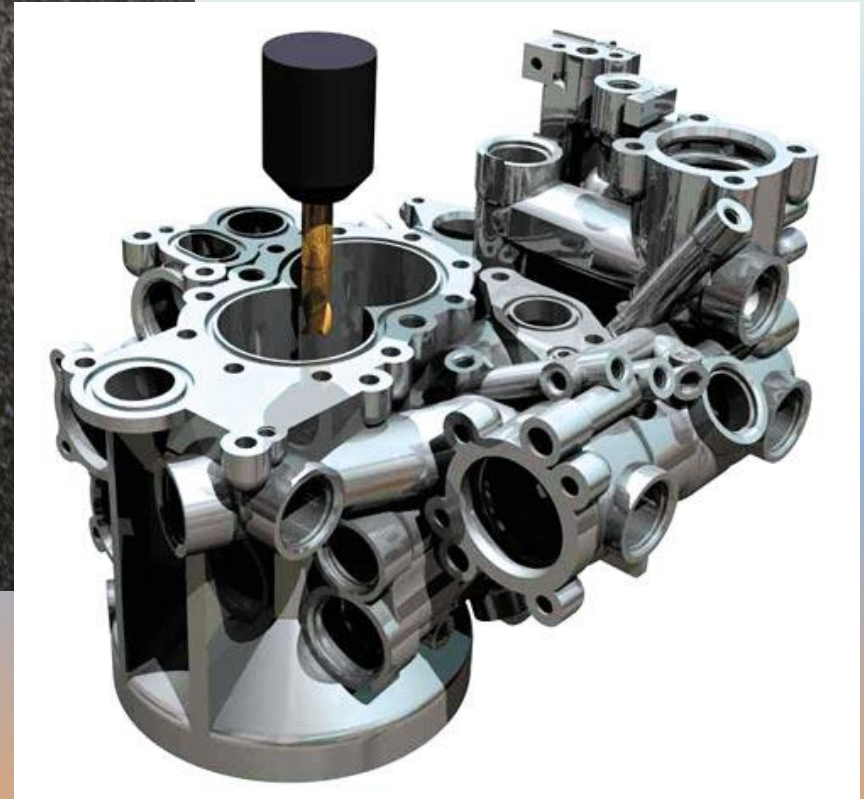




«МАТИ»-Российский Государственный технологический университет
им. К.Э. Циолковского



Кафедра: Технология производства двигателей летательных аппаратов



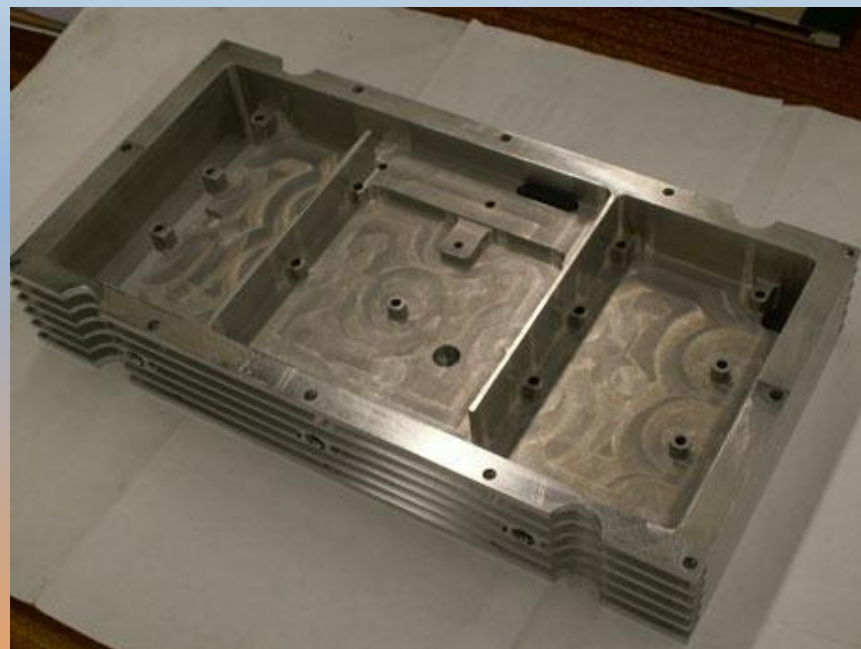
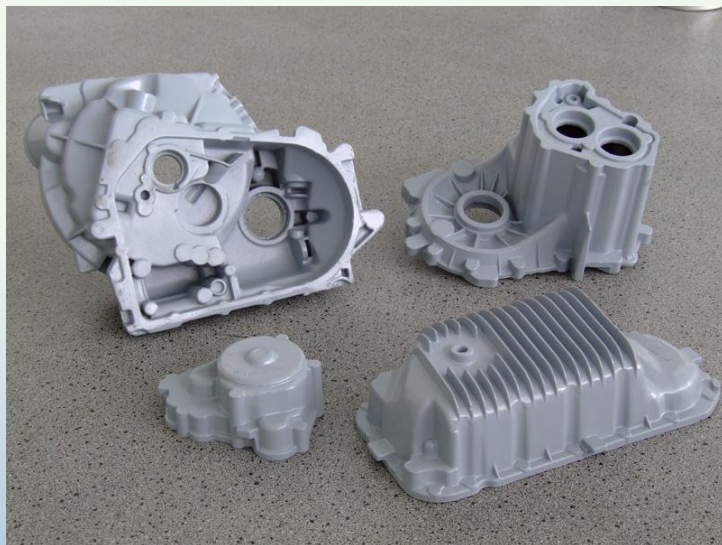


«МАТИ»-Российский Государственный технологический университет
им. К.Э. Циолковского

◆ ◆ ◆ ◆
Кафедра: Технология производства двигателей летательных аппаратов



ООО «СВ-СЕРВИС»
<http://tuningsvs.ru>



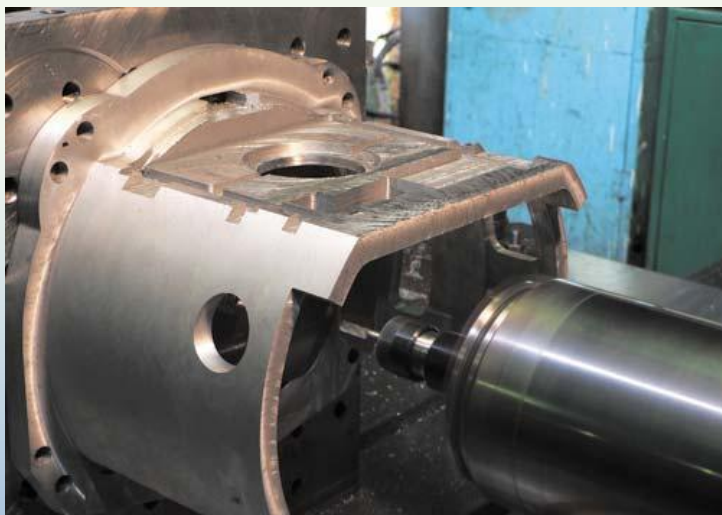


«МАТИ»-Российский Государственный технологический университет
им. К.Э. Циолковского

Кафедра: Технология производства двигателей летательных аппаратов









«МАТИ»-Российский Государственный технологический университет
им. К.Э. Циолковского



Кафедра: Технология производства двигателей летательных аппаратов

Спасибо за внимание