

ФЕДЕРАЛЬНАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ БЮДЖЕТНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

**Воронежский государственный технический университет
(ВГТУ)**

Конспект лекций

по дисциплине

«Основы производства самолетов»

Воронеж, 2021 г.

Оглавление

Раздел 1. Теоретические основы технологии производства летательных аппаратов.....	4
Тема 1. Особенности самолетостроения.	4
1.1. Особенности летательного аппарата как объекта производства.	4
1.2. Структура предприятия, его производственный процесс, объем и программа выпуска самолетов.	6
1.3. Понятие о технологии самолетостроения и технологическом процессе.	7
1.4. Типы производства.....	11
Тема 2. Технологические методы обеспечения качества самолета как объекта производства и эксплуатации.	14
2.1. Понятие и эволюция «качества продукции». Управление качеством.....	14
2.2. Показатели качества.....	16
2.3. Структура процесса формирования качества изделия.....	18
2.4. Источники получения корректирующей информации.	19
2.5. Технологические методы обеспечения заданного ресурса.	20
2.6. Технологические методы создания конструкций минимальной массы.....	21
2.7. Общие принципы обеспечения заданной точности изготовления и сборки изделий.....	22
2.8. Плазово-шаблонный метод увязки (ПШМ) заготовительной и сборочной оснастки.	31
2.9. Основные методы технического контроля качества.....	34
Тема 3. Экономическая эффективность технологических процессов.....	36
3.1. Технологические методы повышения производительности труда.	36
3.2. Технологические методы снижения себестоимости продукции.	40
Тема 4. Основные направления механизации и автоматизации технологических процессов.....	42
4.1. Системы организации производства.	43
4.2. Автоматизированное производство.....	44
4.3. Структура гибкого автоматизированного производства.	44
Раздел 2. Процессы изготовления деталей самолета.	45
Тема 5. Характеристика предметов обработки и классификация технологических процессов. ...	45
5.1. Конструктивно-технологические особенности деталей.	45
5.2. Используемые сплавы.....	46
5.3. Характерные полуфабрикаты и заготовки, используемые при изготовлении деталей ЛА.....	50
5.4. Классификация технологических процессов. Заготовительно-обработочные процессы. ...	51
Тема 6. Процессы формообразования разделением полуфабриката и удалением излишнего материала.	52
6.1. Классификация процессов и припуски на обработку.....	52
6.2. Механические процессы.....	54
6.3. Электрические процессы.	62
6.4. Электрохимические процессы.	63

6.5. Химические процессы.	64
6.6. Акустические процессы.....	64
Тема 7. Процессы формообразования холодным деформированием.....	65
7.1. Листовая штамповка.	66
Тема 8. Технологическая оснастка для изготовления деталей.	69
8.1. Методика проектирования технологических процессов.	70
8.2. Проектирование специальных станочных приспособлений.	70
8.3. Проектирование заготовительно-штамповочной оснастки.....	72
8.4. Проектирование технологических процессов.	73
8.5. Современные тенденции в области проектирования процессов изготовления деталей.	74
8.6. Комплексный метод проектирования технологических процессов.	76
Раздел 3. Сборочные процессы.....	85
Тема 9. Основные понятия технологии сборки летательных аппаратов.	85
9.1. Технологическая характеристика процессов сборки.....	85
9.2. Требования к точности обводов агрегатов и их взаимному положению.....	87
9.3. Схемы сборочных процессов.	87
9.4. Взаимосвязь конструкции и технологии.....	88
9.5. Пути повышения эффективности сборочных процессов.....	89
9.6. Методы сборки и сборочные базы.....	90
Тема 10. Конструктивно-технологическая характеристика соединений, применяемых в конструкциях самолетов.....	103
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	122

Раздел 1. Теоретические основы технологии производства летательных аппаратов.

Тема 1. Особенности самолетостроения.

1.1. Особенности летательного аппарата как объекта производства.

Особенности самолетостроительного производства в первую очередь зависят от габаритных размеров самолета, его назначения тактико-технических требований к нему. Обычно самолет представляет собой планер и размещенные в нем органы взлета и посадки (шасси), двигатель (двигатели), системы управления самолетом и другие, специальные механизмы и приборы.

Многие из механизмов и приборов самолета представляют сложные устройства, значительно отличающиеся друг от друга по конструкции, техническим требованиям к ним и процессам их изготовления, что требует известной специализации конструкторов, технологов и рабочих. Поэтому такие устройства самолета, как двигатели, специальные механизмы и приборы, проектируют и изготавливают на специализированных предприятиях авиационной промышленности, радиопромышленности и др.

Среди других изделий машиностроения самолет как объект производства" обладает рядом специфических особенностей.

Большая номенклатура и многодетальность планера. Современный самолет насыщен различным оборудованием, приборами и механизмами. Количество деталей в конструкции планера крупного самолета (не считая нормалей) достигает ста тысяч единиц и более. Специальные приборы и механизмы исчисляются сотнями. Эта особенность самолета влечет за собой необходимость применения многочисленных и разнообразных технологических процессов, специальной оснастки, усложняет планирование, контроль и учет незавершенного производства.

Одним из мероприятий, которое позволяет значительно сократить количество деталей, является применение в конструкции планера монолитных (литых, штампованных и пресованных) узлов и панелей взамен сборных.

Большая номенклатура используемых материалов. В настоящее время примерно 70% общего количества деталей пассажирского самолета изготавливается из легких сплавов различных марок, 25% - из легированных сталей и остальная часть – из пластмасс, резины, тканей, керамических и металлокерамических материалов.

Переход к сверхзвуковым скоростям и большим высотам полета самолета, повышение требований к его надежности с учетом условий его работы при низких и высоких температурах вызывает необходимость применения новых материалов, например, жаропрочных сталей и титановых сплавов, что приводит к дальнейшему расширению номенклатуры используемых в самолетостроении материалов. Многие из этих материалов трудно поддаются обработке обычными методами, поэтому для изготовления деталей из таких материалов разрабатывают новые технологические процессы.

Сложность пространственных форм. Значительные габаритные размеры и малая из-за ограничения массы жесткость большинства элементов конструкции планера (зализы, капоты, законцовки крыльев и др.) обусловили необходимость разработки специальных процессов их изготовления, характерных только для самолетостроения (обработка на специальных и специализированных копировально-фрезерных и гибочных станках, на

обтяжных прессах и т. д.). Производство самолетов усложняется также и тем, что размеры деталей планера изменяются от нескольких миллиметров (крепежные детали) до десятков метров (стрингеры, полки лонжеронов, листы обшивки, монолитные панели, монолитные шпангоуты, рамы и т. д.). При этом большинство деталей значительных габаритных размеров обладает малой жесткостью, что создает трудности получения точных размеров в процессе сборки из них узлов и агрегатов. Именно этими особенностями обусловлено применение в самолетостроении многочисленных сборочных, монтажных и других приспособлений и специальных технологических методов обеспечения взаимозаменяемости узлов, панелей и агрегатов.

Большая трудоемкость монтажно-сборочных, регулировочных и испытательных работ. Она составляет до 50 % общей трудоемкости при изготовлении современного самолета.

К особенностям сборочных процессов следует отнести также применение в планере большого числа разнообразных по конструкции неразъемных соединений с помощью клепки, сварки, пайки, склейки, запрессовки, развальцовки и т. п. Для выполнения таких соединений используют специализированное оборудование: скобы, прессы и автоматы для групповой клепки машины электроконтактной сварки, автоматы для дуговой электросварки в среде защитных газов и в вакууме, специальные станки и приспособления для изготовления сотовых конструкций, отсеков и панелей из пластмасс, керамики, металлокерамики, волокнистых композиционных материалов и т. д. Для герметизации отсеков в агрегатах самолета применяют специальные герметики и специальное оборудование.

Особенности монтажно-регулирующих и контрольно-испытательных процессов в самолетостроении обусловлены наличием на самолете разнообразных систем и жесткими требованиями в их надежности – безотказному функционированию. Многие из этих систем подвергаются многократным испытаниям и регулированию, как автономной, так и комплексной обработке, для чего необходимы специальные стенды и установки.

Высокие требования к качеству самолета в целом и его отдельным элементам. Качество самолета как объекта производства представляет собой комплекс его тактико-технических характеристик и показателей, характеризующих надежность его в эксплуатации. Чтобы удовлетворить требованиям, предъявляемым к самолету, необходимы не только рациональная его конструкция в проекте, но и возможность осуществления этой конструкции в производстве с заданной степенью точности. Например, к поверхностям самолета, обтекаемым воздушным потоком, предъявляются высокие требования не только чистоты (гладкости), но и точности. Допуски на внешние обводы в ряде случаев составляют десятые доли миллиметра, а на стыковые поверхности соответствуют 3-му, а в отдельных случаях 2-му классу точности.

Повышение требований к эксплуатационной надежности самолета привело к разработке высокоресурсных соединений, процессов, инструмента и оборудования для их выполнения.

Приведенные особенности самолета как объекта производства объясняют следующие характерные особенности самолетостроительного производства.

Широкое кооперирование производства. В самолетостроении применяется большое количество специальных материалов, полуфабрикатов, заготовок, а также приборов и агрегатов для электрических, гидравлических, пневматических и других систем самолета, изготавливаемых на специализированных предприятиях. Кроме того, используется большое количество стандартных крепежных деталей и универсального

инструмента, которые изготавливают также специализированные предприятия. Все это обусловило необходимость кооперирования предприятий, производящих самолеты, с предприятиями-смежниками. Развитие отечественного самолетостроения сопровождается непрерывным расширением кооперирования производства с тенденцией изготовления частей планера на специальных заводах.

Частая смена объектов производства. Непрерывное повышение тактико-технических требований к самолетам вызывает необходимость их совершенствования на базе новейших достижений науки и техники. В силу этого запущенные в производство самолеты быстро морально стареют и заменяются образцами более совершенной конструкции. В связи с этим непрерывно модернизируется – совершенствуется материально-техническая база – специфическое оснащение самолетостроительного производства.

Большой объем работ по подготовке производства. Современный скоростной самолет представляет собой исключительно сложный объект производства. Трудоемкость его изготовления измеряется сотнями тысяч человеко-часов. Подготовка к запуску такого самолета в серийное производство является весьма сложной и трудоемкой задачей.

Технологическую и организационную подготовку серийного производства в целях сокращения сроков ведут последовательно-параллельным методом. По этому методу в соответствии с принятыми организационными формами производства и структурой самолета, параллельно и с некоторым сдвигом во времени ведется техническая отработка чертежей, проектирование технологических процессов, конструирование, изготовление и освоение оснастки. В результате значительно сокращаются сроки подготовки серийного производства самолетов.

1.2. Структура предприятия, его производственный процесс, объем и программа выпуска самолетов.

Любое самолетостроительное предприятие независимо от объема производства включает три группы подразделений:

- а) подразделения, перерабатывающие исходные материалы в продукцию предприятия. Эту группу называют – основным производством предприятия;
- б) подразделения, изготавливающие изделия, необходимые для производства продукции предприятия. Эту группу называют вспомогательным производством предприятия;
- в) подразделения, обеспечивающие функционирование подразделений основного и вспомогательного производства. Эту группу называют *обслуживающим производством* предприятия.

На рис. 1.1 показана принципиальная схема производственной структуры самолетостроительного предприятия. В зависимости от структуры предприятия образуется и структура производственного процесса предприятия.

Производственный процесс предприятия – сложный комплекс первичных процессов основных, вспомогательных и обслуживающих подразделений предприятия, обеспечивающих своевременный выпуск заданной продукции.

Производственный процесс предприятия подчинен одной цели – выпуску самолета (самолетов) определенного типа требуемого качества и в заданном количестве. Конкретный состав подразделений предприятий, а, следовательно, и структура производственного процесса данного предприятия образуются в первую очередь в зависимости от технологического процесса изготовления запущенного в производство самолета.

Структура технологического процесса и особенно его технико-экономические показатели в большой степени зависят от объема производства и программы выпуска изделий.

Объем выпуска изделий количество изделий определенных наименований, типоразмера и исполнения, изготавливаемых или ремонтируемых объединением, предприятием или его подразделением в течение планируемого времени (ГОСТ 14.004—74).

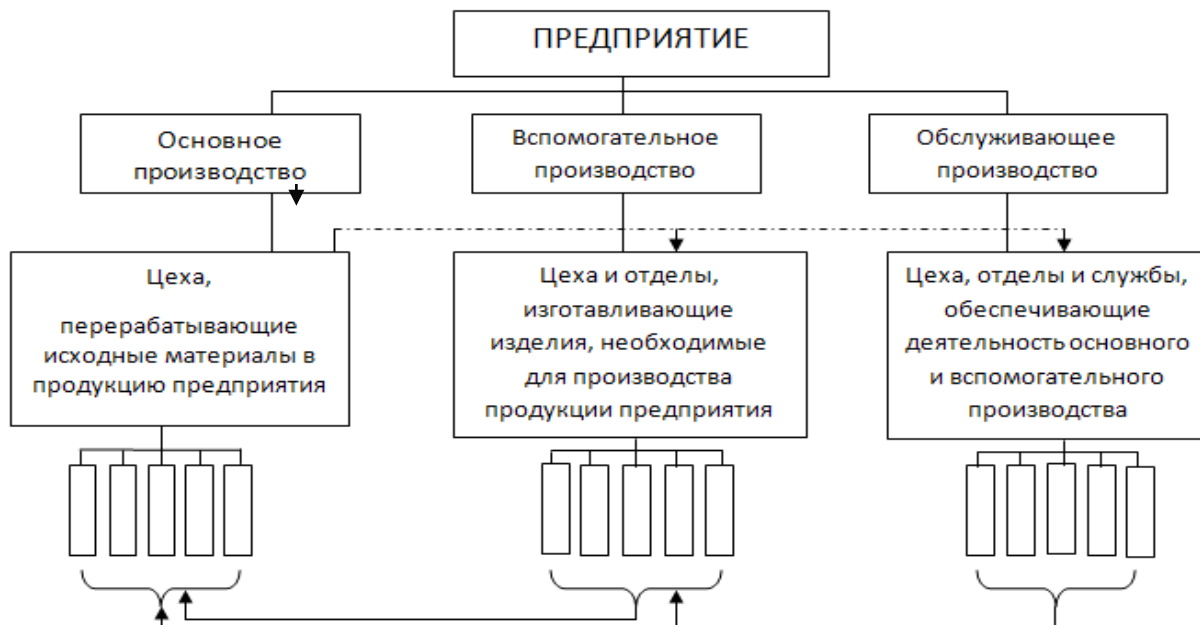


Рис. 1.1. Производственная структура самолетостроительного предприятия.

Штриховая линия со стрелками – функциональная зависимость структуры вспомогательного и обслуживающего производств от структуры основного производства;

Сплошные линии со стрелками – зависимость производственной деятельности подразделений вспомогательного производства от потребностей основного производства и деятельности обслуживающего производства, от потребностей основного и вспомогательного производства.

1.3. Понятие о технологии самолетостроения и технологическом процессе.

Технология самолетостроения – область технологии машиностроения как науки о сущности процессов производства самолетов, о взаимной связи этих процессов и закономерностях их развития.

Создание такого сложного изделия, как самолет, представляло бы чрезвычайно трудную задачу, если бы в процессе эскизного и технического проектирования его не делили на законченные в конструктивном и технологическом смысле части.

В самолетостроении принято делить изделие на агрегаты, отсеки, узлы и детали, часто называемые сборными единицами.

На рис. 1.2 показана принципиальная схема деления в определенной последовательности планера самолета на части. В процессе разработки конструкции сначала производят деление планера на агрегаты, узлы и соединительные детали, входящие в планер, затем агрегаты делят на отсеки, узлы и соединительные детали, входящие в агрегаты. После этого отсеки делят на узлы и соединительные детали, входящие в отсеки, и наконец, узлы отсеков, агрегатов и планера – на составляющие их детали.

Очевидно, метод деления самолета на части будет определять и деление общего технологического процесса изготовления самолета на соответствующие составляющие.

Так, например, технологический процесс изготовления узла, входящего в планер, можно представить, как самостоятельный, включающий процессы изготовления необходимых деталей, его сборки-монтажа и испытания-регулирования. Технологический

процесс изготовления агрегата также можно рассматривать как самостоятельный, включающий процессы изготовления составляющих его частей и деталей и процессы сборки, монтажа, регулирования и испытания агрегата.

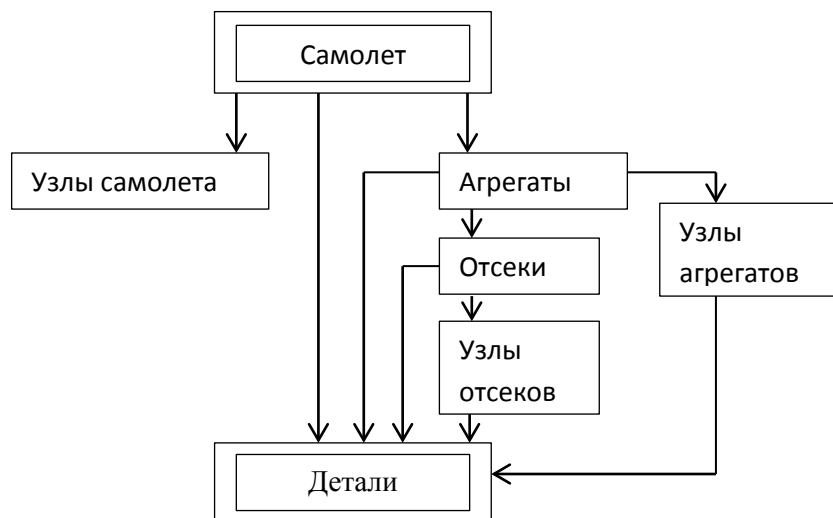


Рис 1.2. Принципиальная схема деления самолета на составляющие части

Деталь – элемент летательного аппарата, изготовленный из монолитного куска материала. К нему ничего не припаивается, не привинчивается, не прикручивается и т.д. *Узел* – две и более детали, соединенные между собой. *Панель* – это узел, в состав которого входит элемент обшивки. *Агрегат* – это часть летательного аппарата, законченная в конструктивном и технологическом отношениях.

Все эти относительно самостоятельные технологические процессы изготовления частей планера и будут составлять общий технологический процесс изготовления планера с дополнена его процессами изготовления деталей, входящих непосредственно в планер, и процессами сборки-монтажа, регулирования и испытания самолета в целом.

В целях увязки технологических процессов изготовления частей самолета проектирование общего технологического процесса его изготовления производится в два этапа. На первом этапе проектирования разрабатывают директивные технологические материалы, включающие основные требования к изготавливаемым частям. На втором этапе разрабатывают подробные технологические процессы изготовления частей самолета в целом.

На рис. 1.3 представлена принципиальная схема преобразования исходных материалов в разнообразные по свойствам и назначению детали. При этом очередность изготовления деталей определяется последовательностью изготовления частей самолета.

Как видно на рисунке, в первую очередь необходимо изготовить детали для узлов, входящих в отсеки, во вторую очередь – для узлов, входящих в агрегаты, и для отсеков, в третью очередь – для узлов, входящих непосредственно в планер самолета, и для агрегата, и в последнюю очередь – детали, входящие непосредственно в планер самолета.

Во вторую очередь выполняются технологические процессы сборки, монтажа, испытания и регулирования частей самолета в определенной последовательности. Сначала собирают, монтируют, испытывают и регулируют узлы, входящие в отсеки, затем отсеки и узлы, входящие в агрегаты, и только после этого собирают, монтируют и регулируют агрегаты и узлы, входящие непосредственно в планер самолета.

Технологический процесс изготовления самолета завершается сборкой-монтажом его из агрегатов, узлов и соединительных деталей с последующим регулированием и испытанием.

Из этого следует, что изготовление деталей, сборка-монтаж и регулирование-испытание сборных единиц планера в целом диктуются структурой самолета, его рациональным членением – делением на составляющие его части.

Технологический процесс – часть производственного процесса, содержащая действия по изменению и последующему определению состояния предмета производства.

Иначе говоря, технологический процесс изготовления самолета представляет собой сложный комплекс взаимодействий оборудования и исполнителей по преобразованию исходных материалов в самолет.

При анализе технологический процесс необходимо рассматривать в двух аспектах: в физическом и функциональном.

В первом аспекте рассматривается физическая сущность процесса – преобразование исходных материалов в изделие по отдельным, частным технологическим процессам.

Частный технологический процесс – часть технологического процесса, представляющая комплекс однородных по физико-химической сущности взаимодействий оборудования и исполнителей. Примерами частных технологических процессов могут служить такие процессы, как обработка резанием, деформирование, травление, термообработка, сварка и т. д. Разработка и осуществление частных технологических процессов производится специалистами соответствующей квалификации, так как в основе каждого частного процесса лежит определенная физическая теория. Частный технологический процесс является необходимым элементом классификации технологических процессов.

Во втором аспекте рассматриваются функциональные связи и зависимости составляющих технологического процесса изготовления изделия. Наиболее крупной составляющей любого технологического процесса является технологическая операция.

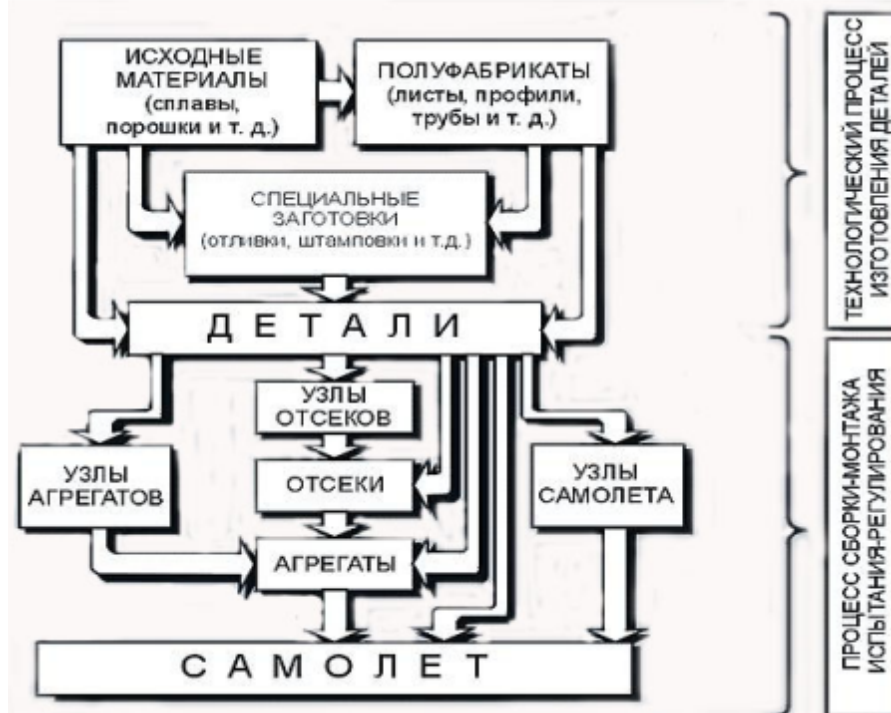


Рис. 1.3. Принципиальная схема преобразования исходных материалов в планер самолета.

Технологическая операция — законченная часть технологического процесса, выполняемая на одном рабочем месте.

Степень деления технологического процесса на операции диктуется техническим уровнем, принятыми организационными формами и объемом производства. В зависимости от этих условий технологическая операция может состоять из одного или нескольких частных процессов. Например, обточка заготовки и обкатка роликами поверхности на токарном станке – операция из частных процессов, основанных на теории резания и теории пластических деформаций; вытяжка полых деталей из листовой заготовки – операция из одного частного процесса, основанного на теории пластических деформаций, и т. д. При этом состав операции определяется технологом с учетом удобств и возможности непрерывного выполнения действий оборудованием и исполнителями соответствующей квалификации в определенный отрезок времени. Непрерывность чередования действий обуславливается взаимной связью и зависимостью их в пределах

данной операции. Следовательно, технологическая операция представляет собой комплекс непрерывно чередующихся действий оборудования и исполнителей (операторов), обеспечивающих заданное изменение свойств предмета производства при изготовлении деталей и сборочных единиц в конкретных производственных условиях. Следует заметить, что одна и та же технологическая операция, разработанная несколькими технологами, в большинстве случаев имеет различное содержание, определяемое исполнителем – его навыками, опытом и квалификацией. Это обстоятельство не позволяет положить технологическую операцию в основу классификации технологических процессов.

Технологическая операция и частный технологический процесс могут состоять из одного или нескольких переходов.

Технологический переход – законченная часть технологической операции, характеризующаяся постоянством применяемого инструмента и поверхностей, образуемых обработкой или соединяемых при сборке.

Для повышения производительности часто несколько переходов объединяют в один сложный (совмещение переходов). Для сложного перехода характерна одновременная обработка нескольких поверхностей заготовки. Переход, в свою очередь, может состоять из нескольких рабочих ходов.

Рабочий ход – законченная часть технологического перехода, состоящая из однократного перемещения инструмента относительно заготовки, сопровождаемого изменением форм, размеров, чистоты поверхностей или свойств заготовки. Переход делят на рабочие ходы только в тех случаях, когда, например, весь слой материала, подлежащий удалению в данном переходе, нельзя снять за один раз. Все действия, составляющие технологическую операцию (частный технологический процесс), делятся на основные, направленные непосредственно на обработку, и вспомогательные, направленные на создание условий, необходимых для выполнения основных действий.

Вспомогательные действия заключаются в установке и закреплении предмета обработки на станке или на сборочном приспособлении, в пуске и остановке механизмов, в подводе и отводе инструмента, в переключении механизмов, в раскреплении и снятии изделия по окончании обработки или сборки и т. п. Деление операции (частного технологического процесса) на основные и вспомогательные действия необходимо для нормирования времени, необходимого для выполнения данной операции.

Характерными для любой технологической операции (частного технологического процесса) являются вспомогательные действия, связанные с установкой и закреплении предмета обработки, в результате которых фиксируется определенное его положение на станке или на другом оборудовании.

Операция (частный процесс) может включать вспомогательные действия, связанные с одной установкой и закреплении предмета обработки на оборудовании. В этом случае принято говорить, что операция выполняется за один установ. Но в операцию могут входить и несколько установок и закреплений предмета обработки. Выполнение действий, связанных с каждым установом и закреплении предмета обработки, в этом случае делит операцию на соответствующие части. Каждую такую часть технологической операции принято называть установом.

Установ – это часть технологической операции, выполняемая при неизменном закреплении обрабатываемых заготовок или собираемой сборочной единицы.

Каждая новая установка предмета обработки требует дополнительного времени. Поэтому для заготовок, которые необходимо обрабатывать в разных положениях, применяют поворотные приспособления, позволяющие изменять положение заготовки относительно инструмента без ее открепления. Каждое новое положение заготовки на станке при одном ее закреплении называют позицией.

Позиция – фиксированное положение, занимаемое неизменно закрепленной обрабатываемой заготовкой или собираемой сборочной единицей совместно с приспособлением относительно инструмента или неподвижной части оборудования для выполнения определенной части операции.

Понятие о технологическом переходе, рабочем ходе и позиции характерны для заготовительно-обработочных процессов. В сборочных процессах некоторые из этих понятий (например, рабочий ход, позиция) не используются.

Программа выпуска изделий — перечень наименований, изготавливаемых или ремонтируемых изделий с указанием объема выпуска и срока выполнения по каждому наименованию.

От объема и программы выпуска изделий зависит целесообразная величина первоначальных затрат на подготовку и освоение производства данного изделия. Очевидно, чем больше объем и программа выпуска изделий, тем большие первоначальные затраты (на приобретение специального или специализированного оборудования и инструмента, на механизацию и автоматизацию процессов и т. д.) будут экономически оправданы. Увеличение первоначальных затрат обеспечивает более высокий технический уровень производства и способствует повышению технико-экономических показателей технологического процесса изготовления изделий.

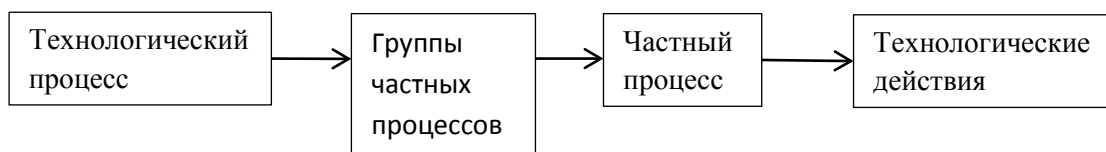


Рис. 1.4. Структура технологического процесса.

Группы частных процессов – это объединение частных процессов по аналогии их технологических функций, которых 12 штук: УД1,2,3; ДЕФ1,2,3; Т\о 1,2,3; О\п 1,2,3

Технологические действия – действия, реализуемые с использованием СПИ (станок-приспособление-инструмент).

Удаление 1 группы – **Уд1** – входят процессы, изменяющие форму, размеры, точность, шероховатость и определяющие положение получаемых поверхностей относительно конструктивной базы (точение, фрезерование, сверление и т.д.).

Удаление 2 группы – **Уд2** – входят процессы, изменяющие форму, размеры, точность, шероховатость, НО НЕ определяющие положение получаемых поверхностей относительно конструктивных баз (бесцентровое шлифование).

Удаление 3 группы – **Уд3** – входят процессы, изменяющие шероховатость поверхностей (полирование, хонингование).

Принципиальная схема производства не зависит от стоимости и объемов производства. Что одну штуку делать, что миллион, что миллиард.

Т\о2 -> Уд1 -> Уд2 -> О\п2

Т\о – термообработка

Только такой порядок: Уд1 -> Уд2 -> Уд3

1.4. Типы производства.

В зависимости от объема производства и программы выпуска продукции различают три основных типа производства: массовое, серийное и единичное.

Массовое производство – характеризуется узкой номенклатурой и большим объемом выпуска изделий, непрерывно изготавливаемых или ремонтируемых в течение продолжительного времени, и имеет следующие характерные признаки:

- а) детальная, тщательная разработка технологических процессов;
- б) на каждом рабочем месте выполняется только одна непрерывно повторяющаяся операция. Коэффициент закрепления операций – отношение числа всех технологических операций, выполненных или подлежащих выполнению в течение месяца, к числу рабочих мест – равен единице;
- в) оборудование на производственном участке располагается в соответствии с последовательностью выполнения операций технологического процесса.

Расположение оборудования на участке в соответствии с последовательностью выполнения операций обеспечивает кратчайший путь межоперационной транспортировки предметов производства и упорядочивает их движение.

В массовом производстве широко применяют специальные станки, приспособления и инструмент, а также транспортирующие устройства для механического перемещения

предметов обработки от одного рабочего места к другому. В поточную линию включают оборудование, выполняющее операции, различные по составляющим их частным процессам (обработка резанием, термическая обработка, контрольные испытания и т. п.).

Выполнение только одной операции на каждом рабочем месте поточной линии возможно при большой программе выпуска изделий, когда время на выполнение операции равно такту или больше его.

Такт выпуска – интервал времени, через который периодически производится выпуск изделий определенного наименования, типоразмера или исполнения. Иначе говоря, такт

размера производственной партии с точки зрения экономически рационального использования оборудования:

	оборудования			
Опытное	По видам оборудования	Высокое	Универсальное	много

Тема 2. Технологические методы обеспечения качества самолета как объекта производства и эксплуатации.

2.1. Понятие и эволюция «качества продукции». Управление качеством.

ГОСТ определяет понятие «качество продукции» как совокупность ее свойств, обуславливающих пригодность удовлетворять определенные потребности в соответствии с назначением данной продукции.

Качество зависит от назначения летательного аппарата, который должен обеспечивать тактико-технические требования (дальность, скорость и т.д.), и характеризуется степенью соответствия летательного аппарата этим заданным требованиям и параметрам. На любой параметр дается погрешность, интервал, в рамках которого изделие считается приемлемым.

Главное требование: до потребителя не должны доходить некачественные изделия.

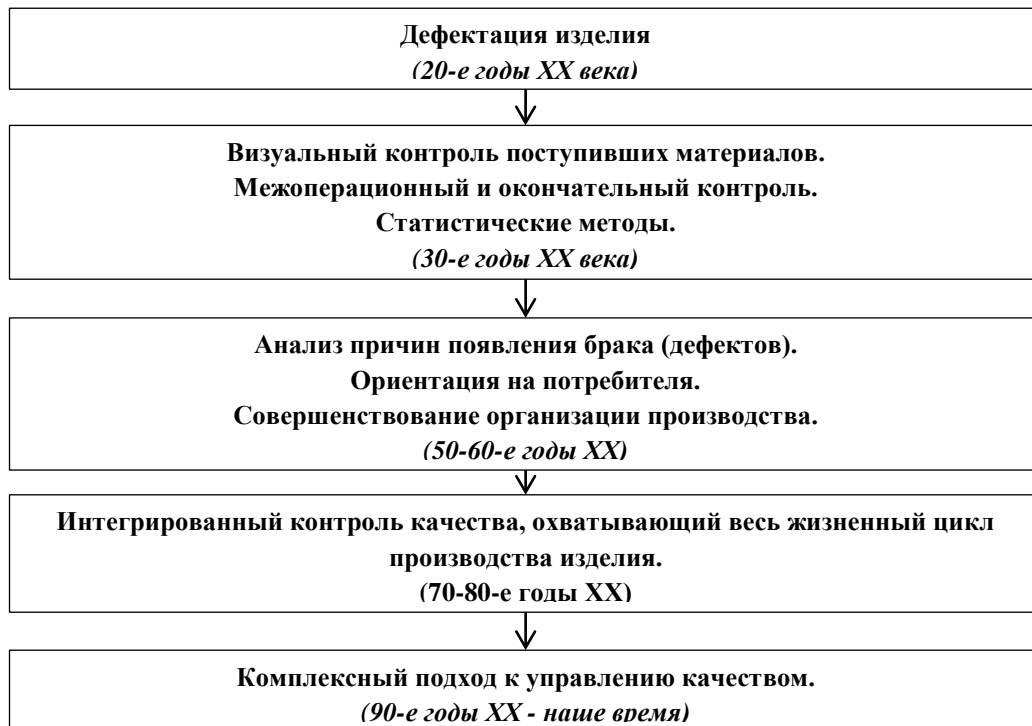


Рис. 2.1. Схема эволюции понятия «качество продукции».

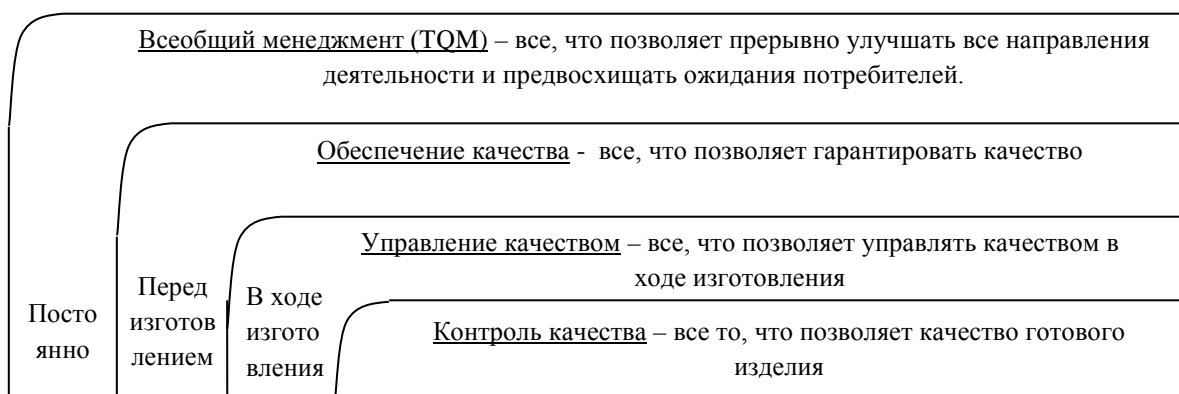


Рис. 2.2. Схема управления качеством.

Повышение качества технологического оборудования равноценно увеличению объема их выпуска.

Следует учитывать, что повышение качества почти всегда сопровождается дополнительными затратами труда, материалов и средств. Величина получаемого эффекта должна быть больше затрат, которые требуется осуществить для его получения

результатах оценки степени удовлетворенности заказчика (полученной в ходе обратной связи) и на показателях деятельности самой организации. Улучшение должно сопровождаться участием руководства в этом процессе, а также обеспечением всеми ресурсами, необходимыми для реализации поставленных целей.



Рис. 2.3. Модель системы TQM.

7. *Подход к принятию решений, основанный на фактах.* Эффективные решения основываются только на достоверных данных. Источниками таких данных могут быть результаты внутренних проверок системы качества, корректирующих и предупреждающих действий, жалоб и пожеланий заказчиков и т. д. Также основой может стать анализ идей и предложений, поступающих от сотрудников организации и направленных на повышение производительности, снижение расходов и т. д.
8. *Отношения с поставщиками.* Так как организация тесно связана со своими поставщиками, целесообразно налаживать с ними взаимовыгодные отношения с целью дальнейшего расширения возможностей деятельности. На данном этапе устанавливаются документированные процедуры, обязательные для соблюдения поставщиком на всех этапах сотрудничества.
9. *Минимизация потерь, связанных с некачественной работой.* Минимизация потерь, связанных с некачественной работой, обеспечивает возможность предлагать продукцию за меньшую цену при прочих равных условиях. Стандартом работы является отсутствие дефектов, или — "делай правильно с первого раза".

Эволюция требований заказчика:

1. Заказчик хочет сам проверить качество.
2. Заказчик удовлетворен утверждением о наличии отдела управления качеством.
3. Заказчик требует предоставить документ (сертификат), подтверждающий наличие системы управления качеством.
4. Заказчик требует сертификацию органами, которым он доверяет.

2.2. Показатели качества.

Предварительная оценка качества, проектируемого или уже эксплуатируемого изделия возможна по одному или нескольким главным для данного изделия свойствам:

1. **Показатели назначения** определяют способность изделия выполнить заданные функции, в соответствии с уровнем науки и техники (бомбардировщик, истребитель, штурмовик, грузовой, пассажирский – разные требования).
2. **Показатели надежности** определяют способность изделий выполнять поставленную задачу в течение заданного срока и при соблюдении заданных параметров (в условиях которых выполняются задачи: высота, скорость и так далее):
 - 2.1. Безотказность – оценивается следующими критериями:
 - Вероятность безотказной работы изделия в течение установленного времени при нормальных условиях эксплуатации.
 - Средняя интенсивность отказа за остановленный период времени при нормальных условиях эксплуатации.
 - Средняя наработка в часах на один отказ.
 - 2.2. Долговечность – характеризуется средним и гарантийным сроком службы изделия. Срок службы – это длительность эксплуатации изделия в нормальных условиях с сохранением установленной безотказности.
 - 2.3. Ремонтопригодность – свойство агрегата подвергаться ремонту. Характеризуется следующими показателями:
 - Среднее время для отыскания и устранения одной неисправности.
 - Среднее время для профилактического предупреждения отказов в работе, отнесенной к одному часу безотказной работы.
 - Коэффициент готовности изделия.
3. **Показатели технологичности** характеризуют степень совершенства изделия с точки зрения производства.
4. **Экономические показатели** характеризуют затраты на проектирование, производство и эксплуатацию, а также на утилизацию изделия. Выступают как ограничение выделенных средств, в рамках которых происходит решение разного рода проблем.
5. **Эргономические показатели** определяют степень совершенства системы Человек-Машина-Среда. К ним относятся:
 - 5.1. Гигиенические;
 - 5.2. Психофизиологические;
 - 5.3. Антропологические – для каждого летчика отдельно делают кресла, учитывая особенность тела, чтобы чувствовал себя комфортно. Они характеризуют температуру, освещенность, влажность и уровень шума в аппарате, величину усилий для управления, размеры кресел, быстроту и количество показаний приборов, воздействие аппарата на окружающую среду.
6. **Показатели стандартизации и унификации** характеризуют степень использования в конструкции изделия стандартных и унифицированных готовых изделий, сборочных единиц, материалов и крепежных изделий.
7. **Эстетические показатели** – это совершенство и гармоничность цвета и формы изделия, соответствие внешнего вида и внутренней отделки в (современном) определенном стиле.
8. **Патентно-правовые показатели** определяют патентную чистоту изделия и защищенность авторскими свидетельствами решений, использованных в конструкции. Например, создание ЛА – сложный процесс, при нем принимается много решений, каждое из которых защищено патентами.

Наиболее существенное влияние технология оказывает на показатели назначения, надежности, технологичности и экономические.

Схема формирования качества самолета как сложной технической системы показана на рис. 2.4.

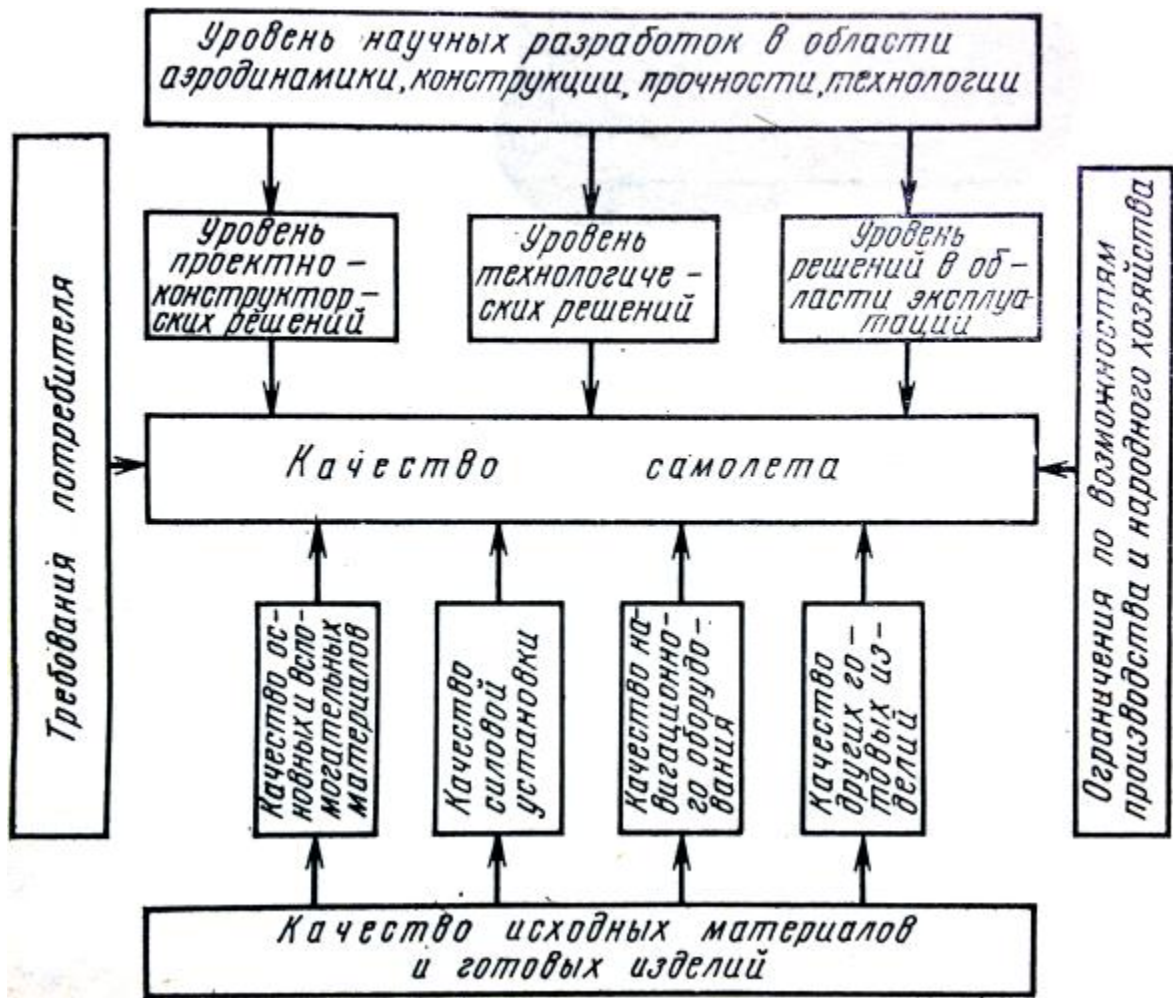


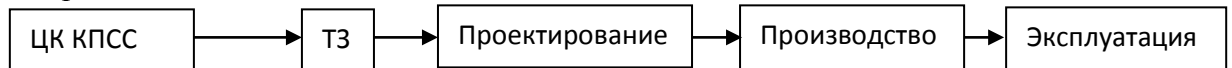
Рис. 2.4. Схема формирования качества самолета.

2.3. Структура процесса формирования качества изделия.

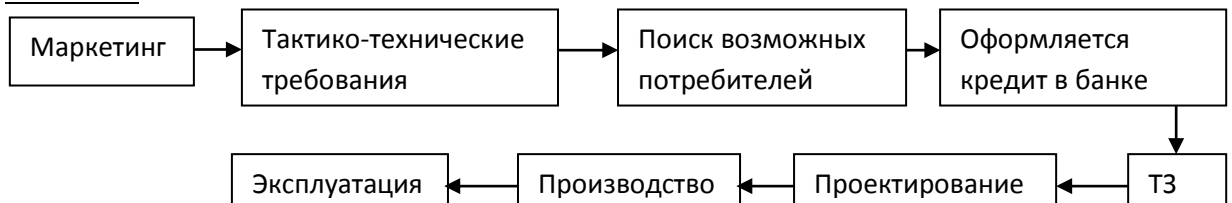
Заданный уровень качества закладывается при проектировании изделия, реализуется при его изготовлении и поддерживается различными методами на всех этапах жизни изделия:

- 1. Разработка технического задания (ТЗ),** в котором определяются основные тактико-технические требования. ТЗ разрабатывают организации, наиболее полно изучающие и обобщающие требования заказчика. *Маркетинговые изделия определяют потребность какого-либо летательного аппарата.* ТЗ разрабатывают различные институты, которые моделируют различные ситуации, в которых применяются различные летательные аппараты. Определяют состав и требования к летательному аппарату.

Как раньше было:



Как сейчас:



- 2. Разработка проекта изделия на основе требования ТЗ.** Законченный проект представляет собой совокупность информации, полностью определяющей конструкцию будущего изделия и зафиксированная на различных носителях.

3. **Технологическая подготовка производства летательного аппарата.** На этом этапе реализуется (формируется) программа материализации изделия, которая оформляется в форме различной документации на изготовление изделия.
4. **Производство изделия.** Задача состоит в точном воспроизведении летательного аппарата в соответствии с программой и информацией, предусмотренными технологической информацией.



Рис. 2.5. График зависимости стоимости устранения несоответствия стандартам качества от этапа жизненного цикла изделия.

5. **Испытания.** Проверка реализации конструкции летательного аппарата и его технических возможностей.
6. **Эксплуатация изделия.**
7. **Утилизация изделия.**

2.4. Источники получения корректирующей информации.

1. Эксплуатация изделий лидером – форсированная эксплуатация.

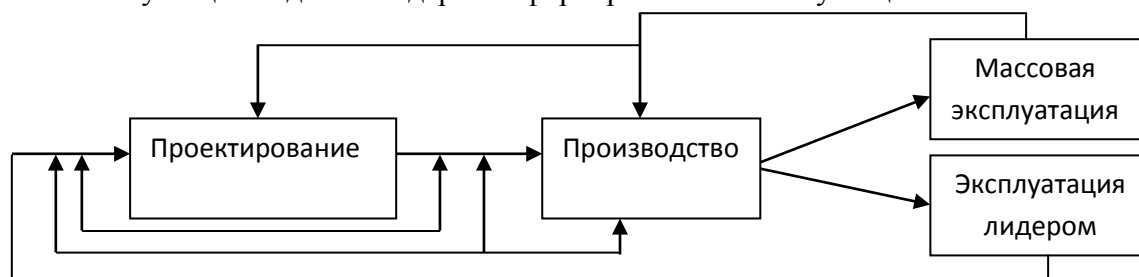


Рис. 2.6. Схема получения корректирующей информации.

2. **Натурные (летные испытания)** – жестко соответствую программам полета.
3. **Стендовые испытания** – на различных стендах испытываются различные части ЛА
4. **Информационное и математическое моделирование** – использование различные средств (проектирование, отражения) на которых определяются несоответствия.

2.5. Технологические методы обеспечения заданного ресурса.

Под *ресурсом* понимаем число часов полета до предельного состояния, оговоренного в технической документации.

Величина ресурса в основном определяется усталостной прочностью конструкции.

Технология изготовления деталей и сборки узлов, агрегатов и систем самолетов оказывают важное, а часто и решающее влияние на усталостную прочность. Это влияние реализуется через изменение свойств и напряженно-деформированного состояния материала элементов конструкции, происходящее при их изготовлении, с помощью различных технологических процессов или при изменении режимов выполнения одного и того же технологического процесса.

При изготовлении деталей с помощью разных способов резания в местах обработки образуется поверхностный слой, отличный по своим свойствам от основного металла.

Глубина этого слоя зависит от свойств материала, вида и режимов обработки и колеблется от 0,05 мм до 0,6 мм, а иногда и больше (

При обычных режимах резания глубина наклепа при обработке среднепрочных сталей и алюминиевых сплавов не превышает 0,1...0,2 мм. При большей глубине резания и больших подачах глубина наклепа достигает 0,5...1,0 мм.

Степень наклепа

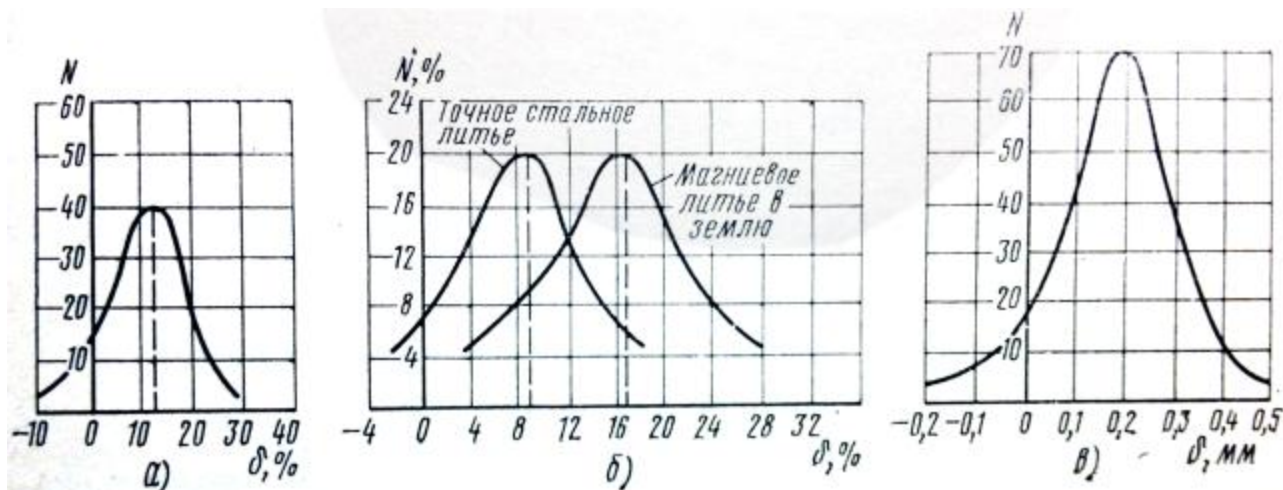


Рис. 2.7. Распределение отклонений по толщине деталей, полученных разными способами:

а – горяче штампованных; б – литых; в – фрезерованных.

Величина штамповочных и литейных уклонов также влияет на массу конструкции. Большим уклонам соответствует большая масса заготовок и деталей.

Увеличение против номинала радиусов сопрягаемых элементов конструкции заготовки (штамповки, литья) и деталей при изготовлении их фрезерованием также приводит к увеличению их массы.

Особенно большие добавки массы конструкции образуются за счет больших плюсовых отклонений толщины деталей, полученных разными способами (рис. 2.7).

Смещение центра группирования в сторону большего размера объясняется стремлением предупредить появление неисправимого брака при обработке.

Изготовление деталей по верхнему пределу плюсового допуска гарантирует от появления неисправимого брака, но существенно увеличивает массу деталей и полуфабрикатов.

Статистика показывает, что только за счет выполнения деталей и полуфабрикатов по большим плюсовым допускам увеличивается их масса на 7% против расчетной.

2.7. Общие принципы обеспечения заданной точности изготовления и сборки изделий.

Взаимозаменяемость и точность изготовления как показатели качества.

В соответствии с ГОСТ *взаимозаменяемостью* называется свойство конструкции составной части изделия, обеспечивающее возможность ее применения вместо другой такой же части без дополнительной обработки с сохранением заданного качества изделия, в состав которого она входит.

Точностью какого-либо размера называется степень соответствия его действительного значения значению, заданному проектом.

Взаимозаменяемость и точность являются важнейшими показателями качества, относясь к группе показателей технологичности.

Взаимозаменяемость характеризует качество проектно-конструкторских и технологических решений, технологический уровень производства. Наличие взаимозаменяемости снижает трудоемкость изготовления за счет сокращения объема ручного труда при сборке и замене составных частей конструкции в эксплуатации.

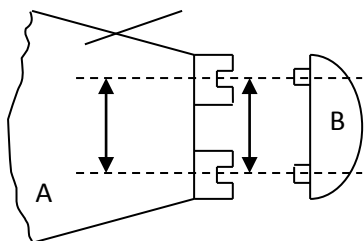
Точность изготовления детали, сборки узлов и агрегатов оказывает влияние на летно-технические характеристики самолета (вертолета). Изготовление деталей с увеличением заданного размера приводит к переутяжелению конструкции, а с уменьшением ниже заданного допуска – к снижению ее прочности. Отклонение профиля крыл, стабилизатора, лопасти от заданной формы нарушает аэродинамические

характеристики самолета. Вместе с тем следует иметь в виду, что повышение точности изделия приводит к повышению трудоемкости его изготовления.

Точность увязки размеров между собой.

Разность действительных и заданных величин размеров характеризует количественное значение точности и называется *производственной погрешностью*.

Так, производственные погрешности



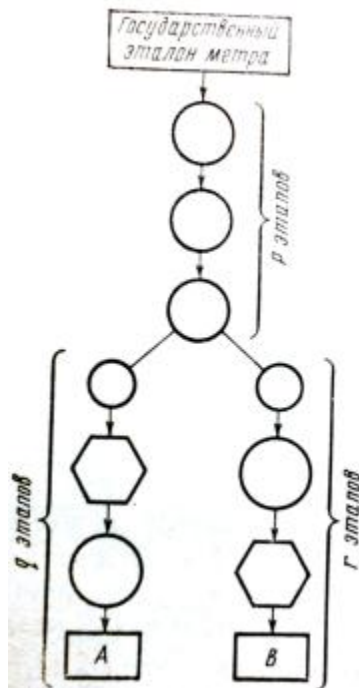


Рис. 2.9. Схема увязки по принципу связанного образования размеров и форм.

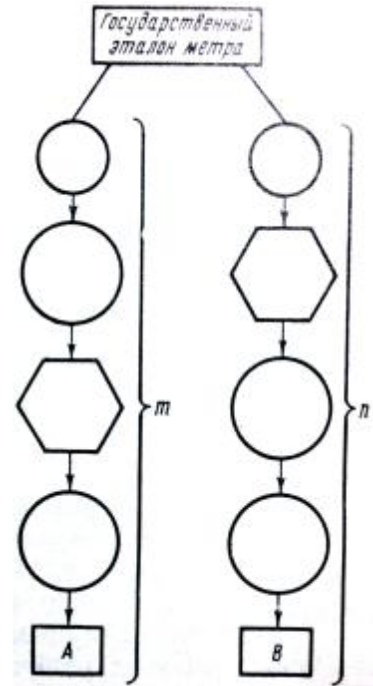


Рис. 2.10. Схема увязки по принципу независимого образования размеров и форм.

Затем эти размеры и формы переносятся с помощью разного рода мерительных инструментов на приспособления и оборудование при его настройке и воспроизводятся в готовом изделии, выполненном с заданными размерами и формами. Мерительный инструмент проверяется по Государственному эталону.

Размер, которым начинается процесс переноса размера с чертежа изделия, называется *первичным*.

Размеры приспособлений, инструмента, оборудования, заготовки, которые возникают на промежуточных этапах получения конечного размера изделия, называются *технологическими размерами*.

В самолетостроении используются **три метода увязки**.

Схема увязки размеров A и B по принципу *связанного образования форм и размеров* показана на рис. 2.9. Схема имеет общие для обоих размеров этапы, число которых p.

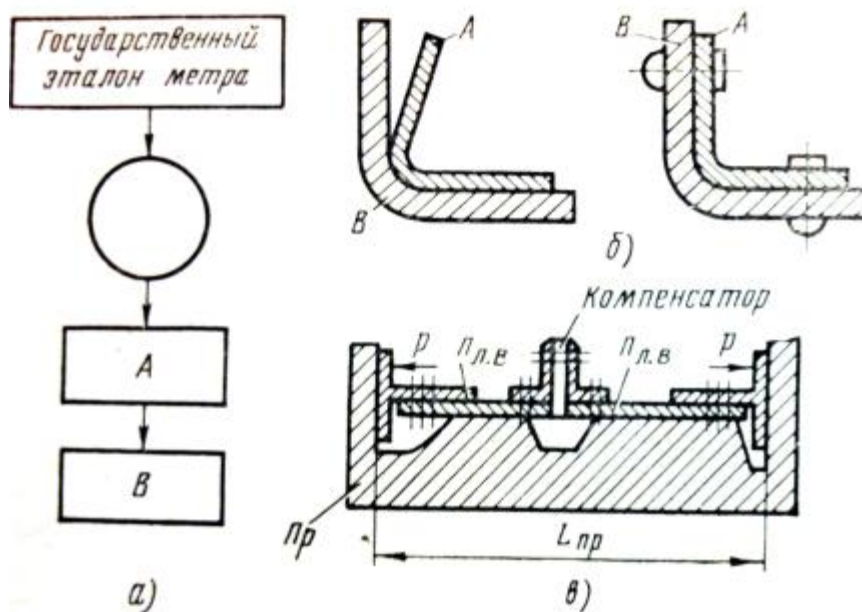
Каждая из ветвей образования конечного размера A и B имеет свое число этапов, обозначенное соответственно буквами q и r.

Поля производственных погрешностей каждого из размеров и увязки двух размеров между собой могут быть описаны следующими уравнениями:

Воспроизведение размеров сопровождается обработкой поверхностей, образующих заданную форму изделия. Операции переноса формы на рисунке 2.9 показаны шестиугольниками, а размеров – кружками.

Основное достоинство рассмотренного метода состоит в том, что он позволяет обеспечить взаимозаменяемость изделий малой жесткости, сложной формы и больших габаритных размеров. Именно принцип связанного образования форм и размеров является теоретической основой плазово-шаблонного метода увязки заготовительной и сборочной оснастки, применяющегося в самолетостроении.

Увязка на основе принципа независимого образования форм и размеров изделий (рис.2.10) не содержит общих этапов переноса каждого из размеров. В этом случае перенос размеров А и В осуществляется независимо друг от друга при равном в общем случае числе индивидуальных этапов ($m \neq n$). По аналогии с уравнением для связанного метода:



Базы изделий и их роль в обеспечении заданной точности.

Образование размеров изделий описывают с помощью аппарата теории размерных цепей.

Размерная цепь – совокупность размеров, образующих замкнутый контур и непосредственно участвующих в решении поставленной задачи.

Отдельные размеры, составляющие размерную цепь, называют ее *звеньями*.

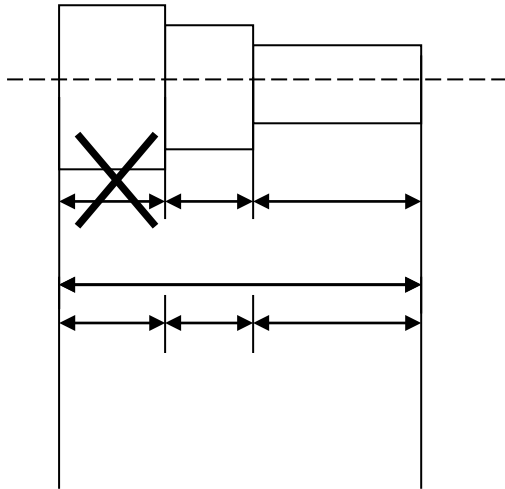


Рис. 2.12. Построение размерной цепи многоступенчатого вала.

Установочные базы определяют положение заготовки в приспособлении относительно инструмента.

Сборочными называются базы, определяющие положение детали в приспособлении относительно других деталей при сборке. Совокупность сборочных баз деталей образует сборочную базу узла или агрегата.

Расстояние между конструкторской и технологической базами называется *базисным размером*. При совмещении этих баз базисный размер равен нулю.

Точность размера

Задача 1: Надо изготовить деталь, заданы размеры. Небольшой цилиндр, в котором просверлены отверстия. Определить погрешность базирования при сверлении отверстия диаметров d , если в качестве базирующего элемента используется цанговый зажим (как автоматический карандаш).

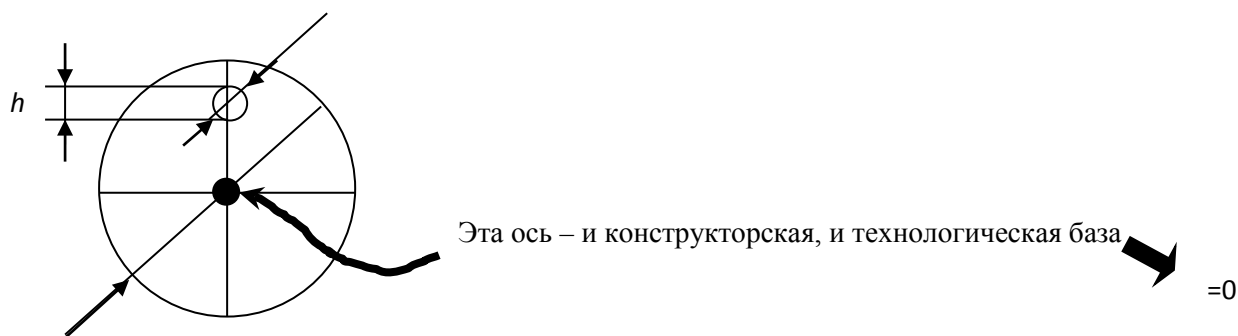


Рис. 2.13. К задаче 1.

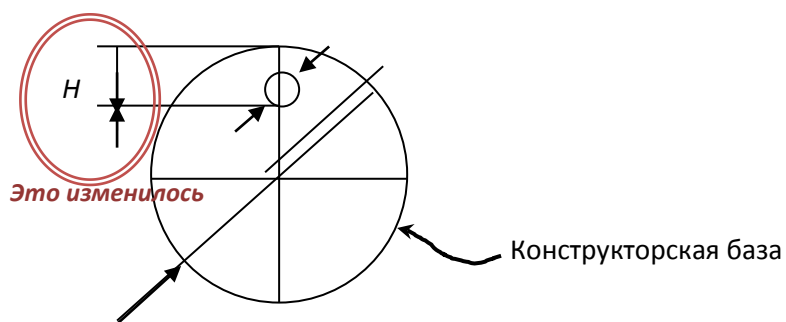


Рис. 2.14. К задаче 1.

Цанговый зажим реализуется в процессе сжатия в качестве технологической базы ось вращения:

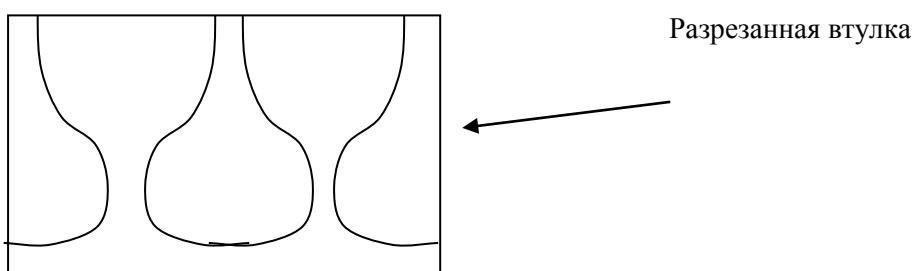


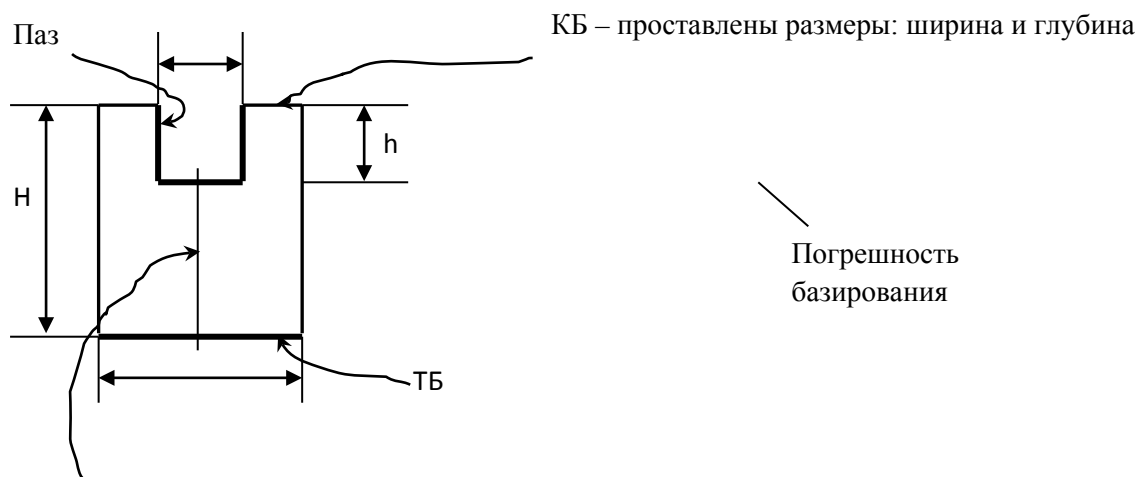
Рис. 2.15. К задаче 1.

Погрешность базирования - это допуск на базисный размер. Расстояние между конструкторскими и технологическими базами.

1. Определяем поверхность, которая является КБ, т.к. относительно нее проставлен размер – в данном случае – это большая окружность
2. Цанговый зажим => ось вращения – технологическая база (центр большой окружности)

Эти две базы не совпадают. Расстояние между ними – допуск от D пополам.

Задача 2: Определить погрешность базирования при формировании паза. Паз определяют ширина и глубина.



Если это цанговый зажим, то $ТБ=КБ$

Рис. 2.16. К задаче 2.

Группы размеров ЛА, требующих согласования (которые необходимо увязывать)

1. Контуры отдельных сечений поверхностных агрегатов
Линия должна быть ровной.

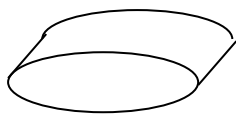


Рис. 2.17. Часть крыла «теоретическая».

А на самом деле она с погрешностями в реальности. Нельзя сделать точно ровную.

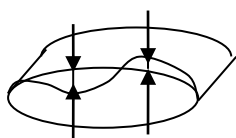


Рис. 2.18. Часть крыла «реальная».

2. Геометрические параметры деталей узлов, входящих в состав каждого сечения агрегата.

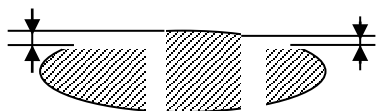


Рис. 2.19. Геометрические параметры деталей узлов.

3. Геометрические параметры межсекционных и межагрегатных стыков.

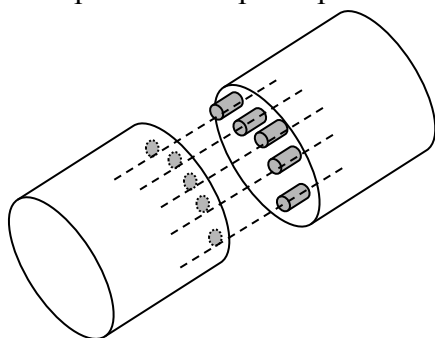


Рис. 2.20. Межсекционный/межагрегатный стык.

4. Размеры, определяющие взаимное расположение отдельных плоских сечений каждого агрегата в пространстве

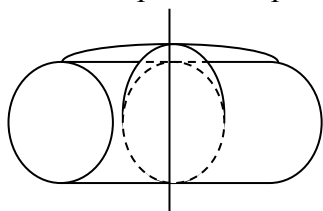


Рис. 2.21. Взаимное расположение отдельных плоских сечений.

2.8. Плазово-шаблонный метод увязки (ПШМ) заготовительной и сборочной оснастки.

В конструкциях ЛА значительная доля деталей не обладает достаточной жесткостью, поэтому возникает необходимость в использовании жестких носителей форм и размеров, т.е. различных шаблонов пространственных и плоских. В основе этой единой системы лежит теоретический плаз агрегата самолета.

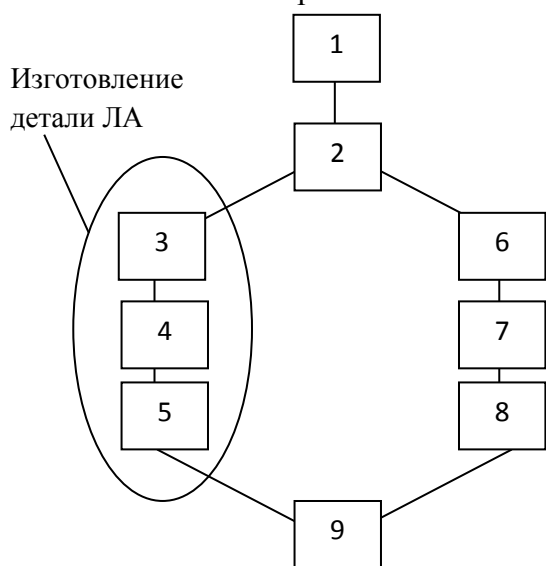


Рис. 2.22. Принципиальная схема увязки форм и размеров агрегатов при использовании плазово-шаблонного метода увязки.

1. Теоретический плаз агрегатов.
2. Первичные основные шаблоны.
3. Вторичные производственные шаблоны для изготовления приспособлений, контроля деталей.
4. Приспособления для изготовления деталей.
5. Детали.
6. Вторичные производственные шаблоны для изготовления сборочных приспособлений.
7. Обводо образующие элементы сборочных приспособлений (рубильники, ложементы и т д.).
8. Сборочное приспособление.
9. Агрегат.

По теоретическому плазу изготавливаются основные производственные шаблоны, которые несут в себе всю необходимую информацию. По ним изготавливаются приспособления для изготовления деталей и сборки изделий.

С помощью этого метода производится увязка контуров плоских сечений каждого агрегата и межагрегатных стыков, деталей самолета. Увязка технологической оснастки, необходимой для изготовления деталей, входящих в размерные сечения агрегата, решается созданием комплекта взаимоувязанных шаблонов на агрегат. Узловой комплект шаблонов позволяет изготовить и увязать между собой сборочные приспособления для узлов, входящих в агрегат. В детальный комплект входят шаблоны для изготовления отдельной детали.

Плазово-шаблонный метод увязки реализует связанный метод перенесения размеров и форм.

Однако у него есть и недостатки:

1. Высокая трудоемкость и недостаточная точность изготовления сборочных приспособлений и объемной оснастки;
2. Длительный цикл изготовления сборочной и заготовительной оснастки вследствие необходимости изготовления плазов и шаблонов, по которым будет изготавливаться оснастка.

Пути устранения недостатков – переход от связанного метода перенесения размеров к несвязанному, т.е. использование современных компьютерных информационных технологий при создании ЛА.

Теоретические плазы.

Теоретический плаз – это точный чертеж агрегата в (натуральном) масштабе 1:1, на котором вычерчиваются конструктивные базы агрегатов и контуры отдельных сечений его поверхностей. Количество сечений определяется точностью, с которой нужно воспроизводить поверхность. Чем сложнее поверхность – тем больше сечений. Теоретические плазы вычерчиваются тушью на специализированных столах, покрытых дюралюминиваемыми листами, окрашенных светлой матовой краской.

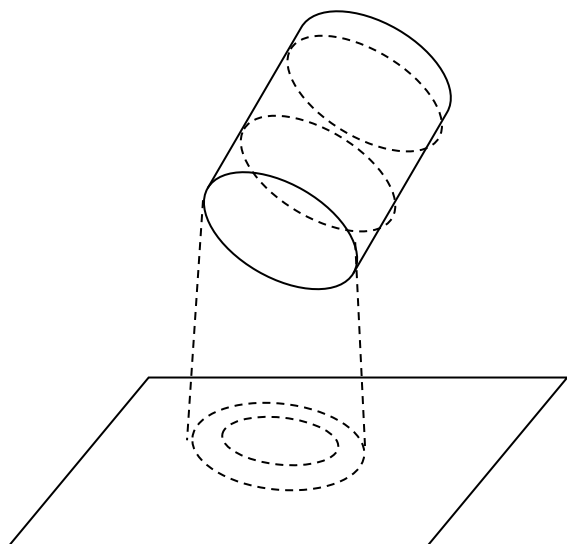


Рис. 2.23. Теоретический плаз детали.

Основные шаблоны и конструктивные плазы.

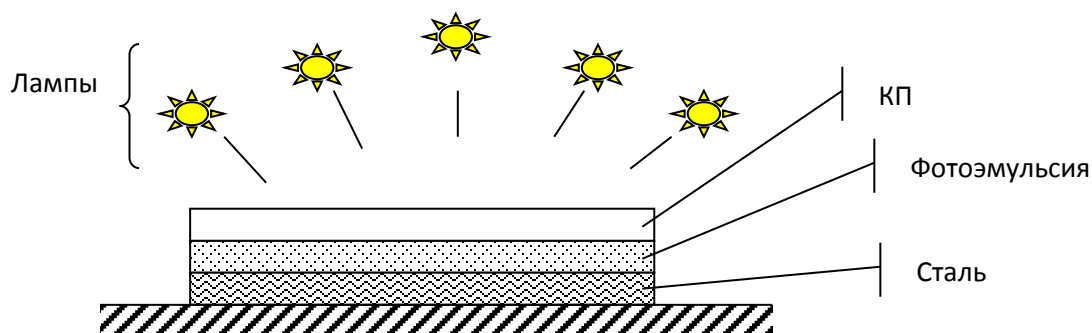


Рис. 2.24. Основные шаблоны.

Шаблон контрольно-контурный – это основной шаблон, точно воспроизводящий контуры отдельных плоских сечений агрегатов, кроме того на них наносится необходимая численная информация о геометрии данного сечения (таблички).

Предназначен для конструктивной и геометрической увязки деталей в плоскости данного узла, изготовления и увязки узлового комплекта (для всех деталей, входящих в

данный узел) шаблонов, для создания приспособлений. ШКК окрашивается в красный цвет и хранится в плазовом цехе.

Конструктивный плаз (КП) – полностью повторяет ШКК, только вычерчен на прозрачном пластике – на винипрозе.

Отпечаток контроля (ОК) – изготавливается, как и КП из листовой стали, только методом фотокопирования.

На лист стали, слой фотоэмульсии, а сверху КП.

Производственные шаблоны

Производственные шаблоны делаются из листового вторичного алюминия и предназначены для изготовления приспособлений, оснастки и деталей. Изготавливаются по ШКК, КП или ОК.

Табл. 2.1. Краткая характеристика некоторых производственных шаблонов.

Обозначение	Название	Применение
ШК	Шаблон контура	Изготовление и увязка ШРД, ШОК, ШВК и других. Изготовление приспособлений.
ШРД	Шаблон развертки деталей	Изготовление шаблонов «Шаблон Фрезерования», ШГП, штампов.
ШВК	Шаблон внутреннего контура	Изготовление форм блоков и пуансонов и оправок для формовки, гибки и выколотки.
ШОК	Шаблон обрезки и кондуктор для сверления	Обрезка, сверление и контроль формы сложных листовых и профильных деталей.
ШКС	Шаблон контура сечений	Изготовление и контроль деталей, фасонных оправок для обтяжки и штамповки гипсомодели.
ШМФ	Шаблон монтажно-фиксирующий	Для изготовления элементов и монтажа сборочных приспособлений.

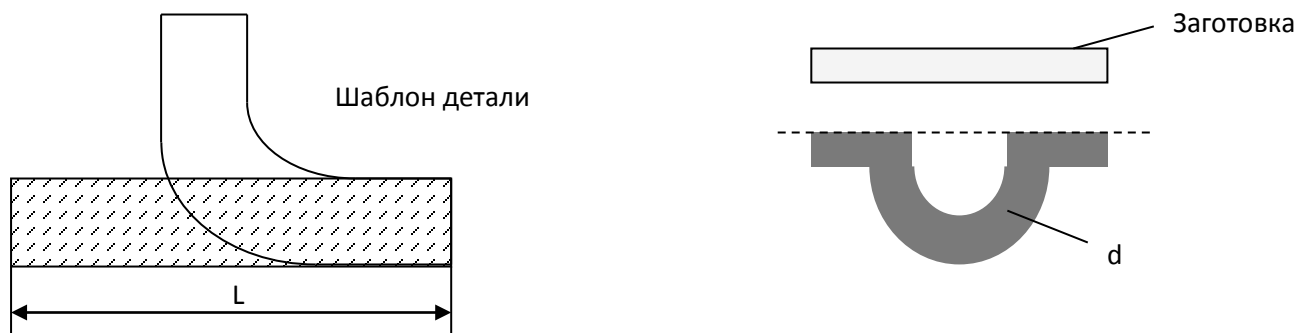


Рис. 2.25. Деталь и ее шаблон.

На рис. 2.26 показана схема увязки шаблонов, необходимых для изготовления плоской детали с бортами типа носок нервюры. На схеме показаны размеры сечений контуров шаблонов, как они образуются и увязываются между собой. Размер 3,5мм равен расстоянию между кромками шаблонов ШФ и ШРД, по которому изготавливается первый из этих шаблонов.

Для простенькой детали нужен целый комплекс привязанных шаблонов.

Для снижения трудоемкости при вычерчивании плазов и заметки шаблонов применяются чертежные автоматы с программным управлением (координографы). Эти устройства по заданной программе с большой скоростью вычерчивают теоретические и конструктивные плазы, размечают шаблоны.

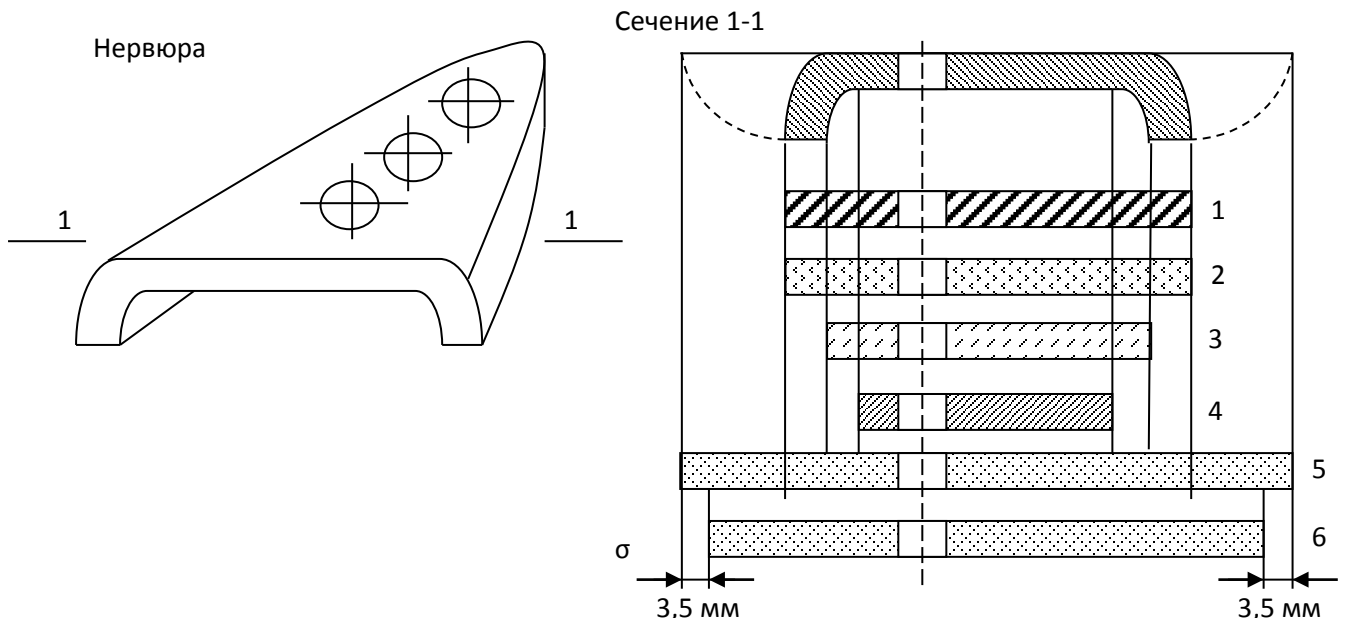


Рис. 2.26. Схема увязки комплекта шаблонов, необходимых для изготовления детали типа носок нервюры (слева).

Шаблоны на рисунке:

1. Контрольно-контурный шаблон ШКК;
2. Конструктивный плаз КП;
3. Шаблон контура ШК;
4. Шаблон внутреннего контура ШВК;
5. Шаблон развертки детали ШРД;
6. Шаблон фрезерования ШФ.

2.9. Основные методы технического контроля качества.

Значение технического контроля в обеспечении высокого качества.

Техническим контролем называется проверка соответствия продукции или процесса, от которого зависит качество продукции, установленное техническими требованиями.

Основной задачей технического контроля является недопущение выпуска продукции, не соответствующей требованиям чертежа, техническим условиям и государственным стандартам.

Самолет как объект контроля и процессы его изготовления характеризуются рядом особенностей, отличающих их от других машин и процессов. К ним относятся большое число различных по физической сущности контролируемых признаков, большая трудоемкость и высокие требования к качеству самих процессов контроля.

В конечном счете результатом контроля должен явиться ответ о годности или негодности изделия, о соответствии или несоответствии его требованиям чертежа, техническим условиям или стандартам. Ошибочное заключение о годности негодного изделия может привести к нарушению его нормальной эксплуатации. Ошибочное заключение о негодности годного изделия приводит к дополнительным затратам труда и средств на его изготовление. Отсюда ясна важность получения достоверных результатов контроля.

Виды технического контроля.

Технический контроль (ТК) классифицируется по назначению, степени централизации, типу проверяемых параметров, уровню технической оснащенности, сплошности и структуре.

1. Операционный контроль осуществляется в ходе или после выполнения технологической операции.
2. Приемочный контроль – контроль готовой продукции, по результату которого принимается решение о ее пригодности к поставке и/или использованию.
3. Профилактический контроль проводится с целью проверки правильности параметров, определяющих характер протекания технологического процесса.
4. Централизованный контроль осуществляется единым органом в масштабе цеха, завода по существующим нормам.
5. Децентрализованный контроль проводится исполнителем на каждом рабочем месте.
6. Инструментальный контроль выполняется с помощью различных приборов и устройств.
7. Альтернативный контроль отвечает на вопрос «да/нет», используются дефектоскопы, шаблоны, калибры и т.д.
8. Органолептические методы предусмотрены при оценке качества по слуху, на глаз, на ощупь (т.е. при помощи органов чувств человека).
9. Ручной контроль выполняется с помощью простейших мерительных инструментов (штангенциркуль, микрометр), применяется в опытном единичном производстве.
10. Механизированный контроль осуществляется с помощью механизмов с ручным управлением и настройкой.
11. Автоматизированный контроль выполняется без непосредственного участия человека с помощью автоматического устройства или системы.
12. Сплошной контроль предусматривает проверку всех параметров всех без исключения изделий, этот метод обеспечивает максимальную достоверность контроля; ему присущи высокая трудоемкость и стоимость процесса.
13. Выборочный контроль состоит в контроле одного/нескольких выборок изделия из общей партии.
14. Личный контроль (личное клеймо) – зарекомендованность имени.

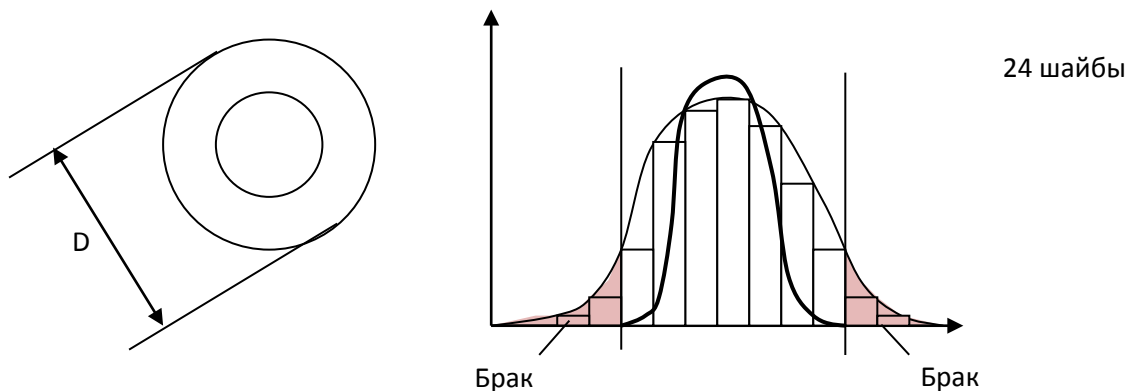


Рис. 2.27. Гистограмма определения бракованных и не бракованных изделий.

1. Количество изделий;
2. Частота появления – гистограмма;
3. Создать допуски;
4. Определить бракованные изделия. Если не устраивает количество – вносим изменения в технологический процесс. Если изменяем, а брака все еще много. Что тогда? Надо предусмотреть еще одну систему контроля, чтобы эти бракованные изделия не допускались на сборку и т.д.

КИМ (Контрольно-Измерительные Машины)

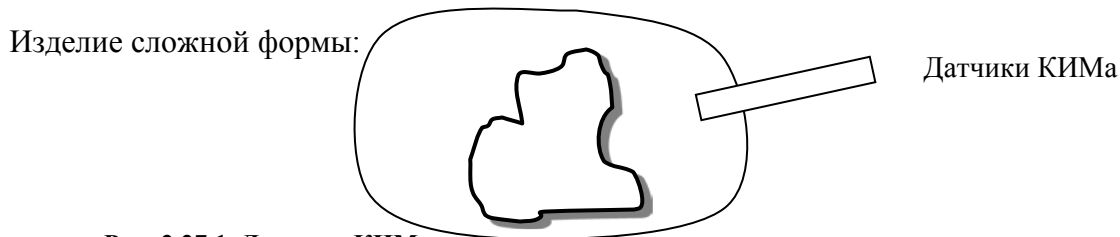


Рис. 2.27.1. Датчики КИМа.

Датчики перемещаются по определенным законам по поверхности и потом сравнивают полученные данные с моделью.

Сняли точки, по точкам воспроизводят поверхность и сравнивают с моделью (в чертеже).

Тема 3. Экономическая эффективность технологических процессов.

Изделие или какую-либо из его деталей обычно можно изготовить по нескольким вариантам технологических процессов, различающихся между собой применяемым оборудованием, приспособлениями и инструментом. Удовлетворяя необходимому требованию обеспечения заданного качества изделия, эти варианты оставляют технологу известную свободу выбора того или иного процесса обработки и сборки, а также применяемого оборудования и технологической оснастки. Задачей технолога является отбор такого варианта процесса, который, позволяя изготавливать изделие, удовлетворяющее требованиям чертежа и технических условий, являлся бы в то же время наиболее экономически рациональным в производстве.

Для оценки экономической эффективности технологических процессов обычно используют следующие показатели: производительность труда, себестоимость продукции и эффективность капиталовложений.

Производительность труда характеризует затраты живого труда на изготовление единицы продукции.

Себестоимость продукции отражает суммарные затраты живого и овеществленного труда и является более полным показателем экономичности технологических процессов.

Эффективность капиталовложений характеризует экономическую эффективность использования дорогого оборудования или инструмента в условиях ограниченных фондов, выделяемых на обновление и улучшение производственной техники.

3.1. Технологические методы повышения производительности труда.

Производительность труда определяется количеством выпускаемых изделий в единицу времени. Рассмотрим структуру и технологические методы сокращения составляющих времени, затрачиваемого на изготовление изделия.

Штучно-калькуляционное время и его составляющие. Общее время, затрачиваемое на изготовление изделия, складывается из отдельных времен на выполнение операций, составляющих технологический процесс. Время

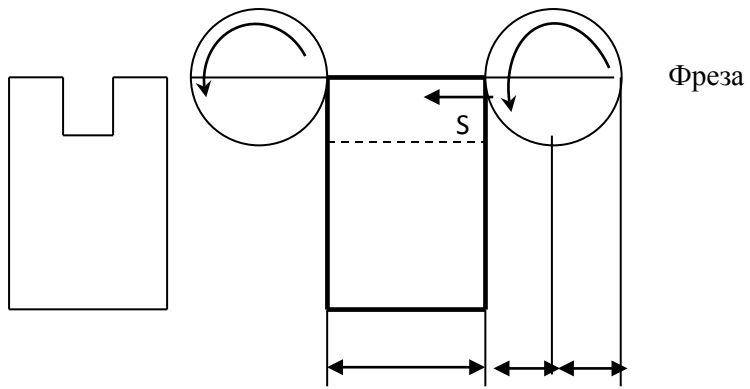


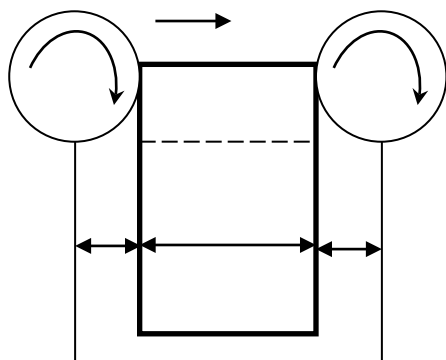
Рис. 3.1. Цилиндр: вид сбоку. Нам надо профрезеровать паз определенной глубины.

Длина рабочего хода в направлении подачи состоит из 3-х величин:

$\underbrace{\hspace{10em}}$
Оперативное

При работе на станках настраиваемого типа (например, револьверных) в подготовительно-заключительное время включается оперативное время изготовления пробной детали.

Штучное время определяется по формуле (не учитывается время, которое приходится на партию детали):



Когда заканчивается фрезерование одной детали, она начинает фрезеровать следующую. Длина врезания и перебега будет в 3 раза меньше. Эффективно в том случае, если близко находятся детали. Если их раздвинуть, то не будет никакого эффекта.

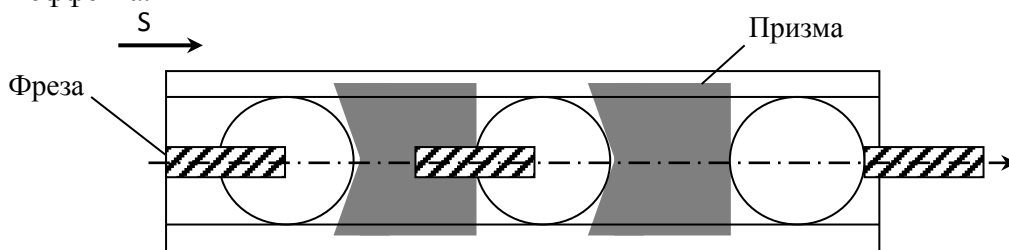
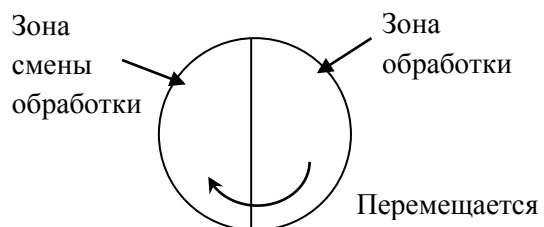
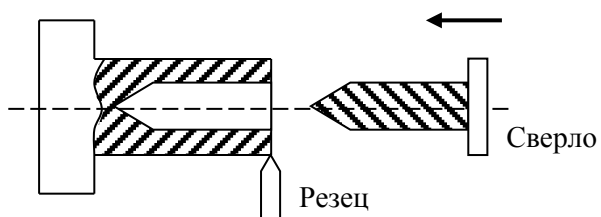


Рис. 3.3. Вид сверху.



Сокращение времени на обслуживание рабочего места:

1. Сокращение времени на смену затупившегося режущего инструмента (применение высоко стойких режущих инструментов и быстродействующих зажимных устройств).
2. Сокращение подготовительно-заключительного времени (повышение качества изделий в партии).
3. Использование методов групповой технологии.

Сокращение подготовительно-заключительного времени. Чем больше количество изделий в партии, тем меньше время. Количество определяется запросов (сколько нужно). Как повысить размер партии? Делать наладки не на одну деталь, а на партию. Т.е. использовать методы групповой технологии деталей, которые обладают конструктивно-технологическими общностями.

3.2. Технологические методы снижения себестоимости продукции.

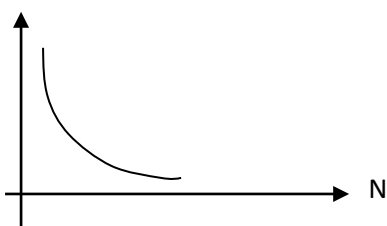
Совместные затраты живого и овеществленного труда оценивают величиной себестоимости продукции. Как известно, себестоимость представляет собой денежное выражение затрат предприятия на производство единицы продукции. В нее входят материальные издержки производства, зарплата производственных рабочих и накладные расходы. Себестоимость является одним из важнейших показателей эффективности производства.

Технологическая себестоимость

Технологическая себестоимость – это часть себестоимости, которая в значительной мере зависит от процесса изготовления изделия.

Определяется по формуле:

$$\underbrace{\hspace{10em}}_A \quad \underbrace{\hspace{10em}}_B$$



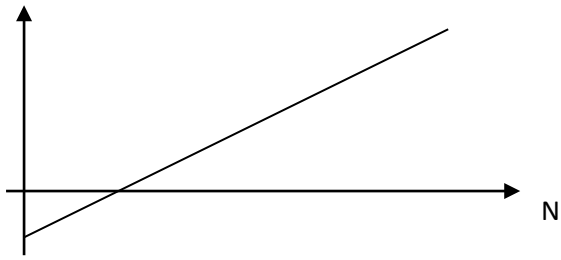
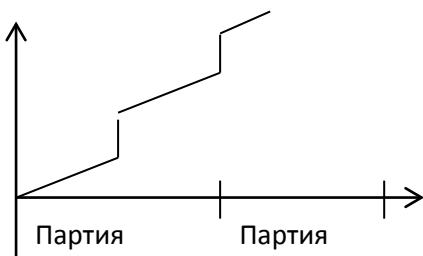
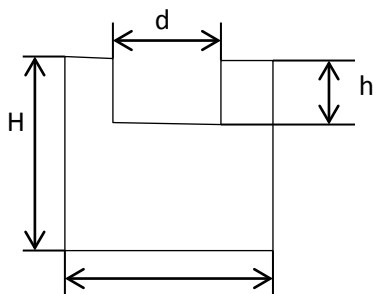
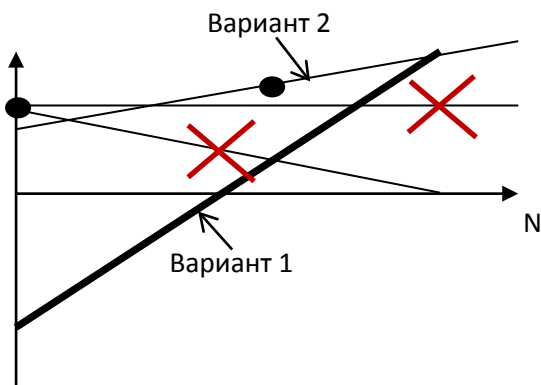


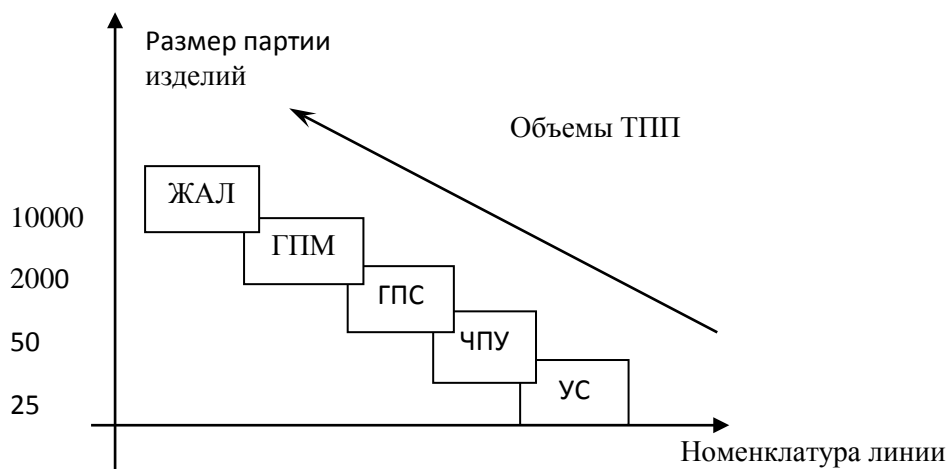
Рис. 3.7. График зависимости технологической себестоимости от количества деталей для партии.

Задача 1: Изобразить зависимость



Технологические методы снижения технологической себестоимости.

1. Снижение стоимости заготовки – применение специальных методов изготовления
2. Применение КИМ – коэффициент использования материала – отношение массы детали к массе заготовки.



Организационно-структурная гибкость – способность производственной системы адаптироваться к таким изменениям от заданного режима, как изменение плана производства, отсутствие заготовок, инструмента, выхода из строя элементов производства.

Адаптируемость к изменяемой номенклатуре деталей и изделий накладывает на сами изделия *ограничения и требования*:

1. Технологичность изделия;
2. Минимальное количество детали на сборке;
3. Высокая степень конструктивно-технологического подобия.

Все эти аспекты в определенной степени решаются с использованием унификации и стандартизации, а также с использованием систем автоматизированного проектирования.

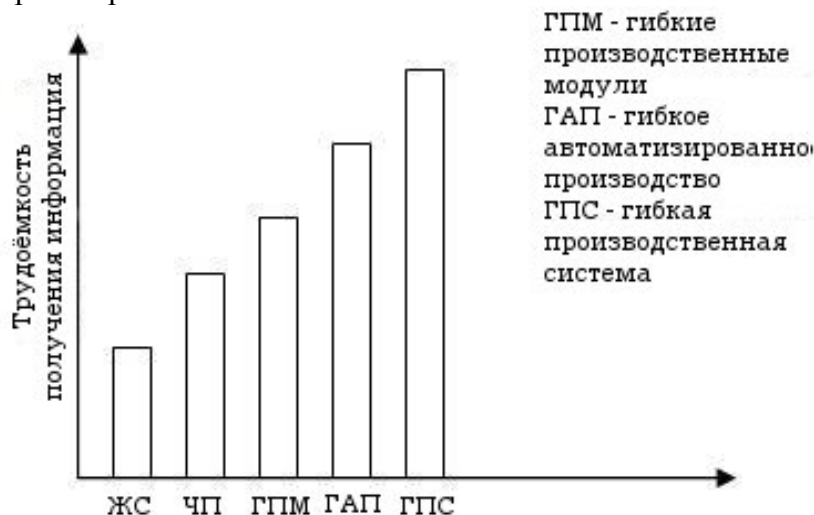


Рис. 4.2. Объемы производства при автоматизации

4.1. Системы организации производства.

1. МРП (США) – планирование ресурсов производства.
2. Система КАНБАН (Япония) – ноль запасов, ноль дефектов.

Идея системы МРП заключается в том, что в соответствии с программой производства конечной продукции и ее номенклатурой определяется разбивка по времени суммарной потребности в деталях (изделиях), которые производятся с учетом имеющихся запасов и незавершенного производства.

Недостатки:

1. Обилие предлагаемых программ, затрудняющих выбор
2. Необходимо точность исходных технических данных. По номенклатуре 98%, а запасы и НП – 95%.

Внедрение этой системы занимает 2-4 года, важное значение имеет подготовка персонала.

Идея системы КАНБАН заключается в том, что производить и поставлять продукция тогда, когда она нужна потребителю. Изготавливают детали не впрок, а непосредственно на использование.

Достоинства:

1. При этом минимизируются складские помещения. Заказ на производство поступает с рабочего места, находящего ниже технологического процесса.
2. Большая гибкость производственного аппарата, возможность лучшего приспособления к изменениям рынка
3. Постоянное стремление персонала к улучшению показателей, так как основные стремления: ноль запасов, 0 дефектов

Недостатки:

1. Сложность освоения;
2. Требования жесткой дисциплины и непригодность при резких и внезапных колебаниях объемов производства.

Предпосылки создания гибких производственных систем.

1. Опыт эксплуатации жестко программируемых автоматических линий в массовом производстве;
2. Опыт применения станков с ЧПУ и роботов в серийном и мелкосерийном производстве;
3. Освоение серийного производства мини и микроЭВМ;
4. Накопленный опыт применения ЭВМ в проектировании, конструировании, технологической подготовке к производству и автоматизированному программированию.

4.2. Автоматизированное производство.

ГПМ – гибкий производственный модуль – это легко переналаживаемое и автономно функционирующая единица автоматического оборудования, оснащенная роботами загрузки и удаления детали, подачи и замены инструментов, удаления отходов производства, измерения и контроля в процессе обработки, а также диагностики неполадок и отказа в работе.

ГПК – гибкий производственный комплекс – это два и более взаимосвязанных гибких производственных модуля с единой транспортной системой, складской системой инструментального обеспечения, управляемое от ЭВМ.

ГПС – гибкая производственная система – два и более гибких производственных комплекса с интеграцией САПР-конструирования, САПР-ТПП, АСУ-ТП и АСУП (автоматизированная система управления предприятием).

4.3. Структура гибкого автоматизированного производства.



Рис. 4.3. Структура гибкого автоматизированного производства.

Раздел 2. Процессы изготовления деталей самолета.

Тема 5. Характеристика предметов обработки и классификация технологических процессов.

5.1. Конструктивно-технологические особенности деталей.

В силу специфических особенностей самолета все детали его планера отличаются относительной тонкостенностью, легкостью, прочностью и точностью. По конструктивному оформлению и назначению детали планера самолета укрупненно можно подразделить на четыре группы: детали-оболочки, образующие внешние аэродинамические обводы самолета; детали каркаса, образующие жесткий остов планера; детали внутреннего оборудования; детали механизмов взлета, посадки и управления.

Детали-оболочки – обшивки фюзеляжа, крыла, оперения, зализы и обтекатели могут быть одинарной, дойной и знакопеременной кривизны, открытой и замкнутой формы. Основная масса деталей оболочки самолета изготавливается из высокопрочных листовых материалов – алюминиевых, магниевых, титановых сплавов и коррозионно-стойких сталей. Кроме того, детали-оболочки фюзеляжа и крыла могут представлять собой крупногабаритные монолитные панели, включающие в свою конструкцию обшивку и элементы каркаса – продольный, а иногда и поперечный набор в виде ребер жесткости различной формы в сечении.

Монолитные панели изготавливают из прессованных и прокатанных профилированных плит, штампованных и литых специальных заготовок, а также из стандартных плоских плит с последующей механической или химической обработкой. Детали оболочки должны с требуемой точностью повторять теоретические обводы самолета и иметь соответствующую чистоту поверхности. При этом они должны хорошо работать в различных температурных условиях, для чего исходные материалы должны

Детали-каркаса – шпангоуты или части шпангоутов, рамы, балки и стрингеры фюзеляжа, полки и стойки лонжеронов, стрингеры, нервюры, фитинги и профили разъемов крыла и оперения, фонарь или его детали весьма разнообразны по конструктивному оформлению и применяемым материалам. Для изготовления большинства деталей каркаса самолета таких, как части сборных шпангоутов, стрингеры, полки и стенки лонжеронов, нервюры крыльев и оперения, используют прессованные и катаные профили и листы из высокопрочных алюминиевых и магниевых сплавов. Наряду с этим значительное количество деталей каркаса так как рамы, части силовых шпангоутов, балки, фитинги, профили разъемов, фонари, изготавливают из специальных заготовок — поковок, штамповок и отливок из высокопрочных легких сплавов, сталей и титановых сплавов. Поверхности деталей каркаса, эквидистантные теоретическим контурам сечений, должны плотно прилегать к соответствующим деталям оболочки и в сочетании с последними воспроизводить заданную аэродинамическую форму самолета. Контактные поверхности узлов, входящих в конструкцию монолитных деталей каркаса, должны обеспечивать взаимное пространственное расположение частей самолета. Поэтому они выполняются с высокой степенью точности, в увязке с поверхностями, образующими внешние обводы самолета.

Детали внутреннего оборудования самолета, изготавливаемые на самолетостроительном предприятии, также разнообразны по конструктивному оформлению и применяемым исходным материалам. К таким деталям относятся чаши, рамы, кронштейны сидений, приборные доски, кожухи и коробка электрооборудования, накладки, хомуты и другие специальные детали. Для изготовления этих деталей в основном применяют полуфабрикаты – листы, плиты, профили и специальные заготовки – поковки, штамповки, отливки из алюминиевых, магниевых сплавов, сталей и пластмасс.

Требования к деталям оборудования зависят от назначения и условий работы их в конструкции самолета. Так, например, к коробам и кожухам для электрожгутов особых

требований прочности и точности не предъявляют. К рамам, кронштейнам, чашам сидений и специальным соединительным деталям предъявляют определенные требования прочности и точности. К некоторым внутреннему оборудованию и интерьера, кроме того, предъявляются особые требования внешнего вида, чистоты поверхностей и цвета.

Летали механизмов взлета, посадки и управления – цилиндры, поршни, штоки пневмо- и гидросистем, траверсы, оси и подкосы шасси, тяги, рычаги, качалки управления также разнообразны по конструктивному оформлению и применяемым для их изготовления материалам. Для изготовления деталей механизмов применяют полуфабрикаты – прутки, толстостенные трубы и специальные ковки, штамповки и отливки из высокопрочных легких сплавов и сталей.

Требования к деталям механизмов зависят от их назначения и специфики работы в собранном узле. Кроме требований прочности и точности, которые распространяются на все детали механизмов, к значительному числу их предъявляются требования герметичности и износостойкости. Например, к цилиндрам, поршням, штокам гидро- или пневмооборудования и к осям, траверсам и подкосам шасси, которые обычно изготавливают из высокопрочных сталей, наряду с требованиями высокой прочности, точности и герметичности предъявляются требования высокой чистоты и износостойкости отдельных поверхностей. Эти требования обеспечиваются специальными процессами обработки.

5.2. Используемые сплавы.

Алюминиевые сплавы

Основным конструкционным материалом для планера остаются алюминиевые сплавы. В 2000-2010 годах их доля в структуре применения остается на уровне 50%.

Алюминиевые сплавы – это сплавы, отличающиеся высокими, сравнимыми с легированными сталями значениями удельной прочности σ_v/ρ (отношение прочности к плотности) и удельной жесткости E/ρ (отношение модуля упругости материала к его плотности), высоким сопротивлением усталости и хорошими технологическими характеристиками.

Задача повышения надежности, улучшения характеристик трещиностойкости, повышения усталостных свойств сплавов для фюзеляжа, крыла и силового набора решалась за счет значительного повышения чистоты сплавов от примесей кремния и железа и соответственно ограничения избыточных фаз, разработки новых режимов термообработки, улучшения качества полуфабрикатов.

Вместе с тем были созданы новые высокопрочные алюминиевые сплавы, по прочности значительно превосходящие существующие, в первую очередь, для сжатых зон (крыло) и силового набора. Это особо прочный сплав В96ц-3пч, ковочные сплавы 1933, В1963 системы Al-Zn-Mg-Cu с добавкой Zr. Также создан уникальный слоистый алюмополимерный материал класса СИАЛ, который обладает чрезвычайно высоким сопротивлением развитию усталостных трещин и более высокими показателями малоциклового усталости (МЦУ).

Для верхних обшивок фюзеляжа рассматривается возможность применения слоистого алюмокомпозита СИАЛ-3-1. По сравнению с монолитными листами их алюминиевых сплавов СИАЛ-3-1 имеет повышенную прочность, чрезвычайно низкую скорость развития усталостных трещин, повышенную долговечность, а также пониженную плотность.

Преимущества:

1. Пониженная до 8% плотность, что значительно повышает весовую эффективность;
2. Повышенный на 10% модуль упругости, что обеспечивает увеличение жесткости конструкции.

Еще один способ повышения весовой эффективности – уменьшение плотности алюминиевых сплавов, который реализуется путем создания рецептур сплавов, легированных литием. Создана серия сплавов средней (1420, 1421, 1441) и высокой (1461, 1464, 1469) прочности. Высокопрочные свариваемые сплавы предназначены для эксплуатации в широком интервале температур от $+175^{\circ}\text{C}$ до -253°C .

Титановые сплавы

Титановые сплавы обладают высокой удельной прочностью, жаропрочностью, хорошей коррозионной стойкостью (поверхностная окисная пленка устойчива до $+550^{\circ}\text{C}$).

Объем применения титановых сплавов в конструкциях планера и шасси составляет $\approx 4-10\%$.

Взамен сталей в конструкции планера и шасси рекомендованы к применению высокопрочные титановые сплавы ВТ-22И, ВТ-23И, ВТ-43 и ВТ-41, имеющие высокую пластичность и прочность, низкую скорость роста трещины усталости, пониженную плотность. Преимуществом использования титановых сплавов является их пониженная плотность по сравнению со сталями, высокая коррозионная стойкость, в том числе в контакте с полимерными композиционными материалами (ПКМ).

Высокопрочные сплавы

Стали – сплавы железа с углеродом.

Основное назначение сталей – использование их в конструкциях, требующих высоких значений жесткости, удельной прочности, усталостной долговечности, теплопрочности, коррозионной стойкости и ряда других параметров.

До недавних пор наиболее распространенной в самолетостроении являлась высокопрочная сталь 30ХГСН2А с уровнем прочности 1600-1850 МПа. Благодаря новым разработкам удалось повысить прочность до 1950 МПа при сохранении значений пластичности. В последнее время созданы новые экономнолегированные высокопрочные конструкционные свариваемые стали ВСК-8 ($\sigma_{\text{в}} = 1800-2000$ МПа) и ВКС-9 ($\sigma_{\text{в}} = 1950 - 2150$ МПа), которые по значениям трещиностойкости не уступают, а в ряде случаев и превосходят сталь 30ХГСН2А.

Одним из перспективных направлений легирования коррозионно-стойких сталей является использование в их составе азота. Легирование азотом дает возможность снизить или исключить содержание в стали дорогостоящих легирующих элементов, таких как кобальт, молибден, при сохранении прочности стали.

Интерметаллидные сплавы

Интерметаллидные сплавы обеспечивают дальнейшее повышение рабочих температур и ресурса деталей ГТД.

Интерметаллидные сплавы содержат существенно меньшее количество дефицитных дорогостоящих тугоплавких элементов, таких как ванадий, молибден, ниобий, тантал и др.

Их применение характерно для изготовления охлаждаемых и неохлаждаемых сопловых лопаток, деталей жаровых труб и реактивного сопла, работающих на интервале температур $900-1150^{\circ}\text{C}$.

Композиционные материалы

КМ представляют собой твердое вещество, состоящее из матрицы и армирующих наполнителей, частицы которых особым образом расположенные внутри матрицы, армируют ее.

Дополнительные признаки КМ:

- ✓ доля каждого компонента не должна быть менее 5%;
- ✓ свойства компонентов должны быть существенно различными по уровню прочности и жесткости;
- ✓ КМ должны изготавливаться при помощи механического смешивания.

Роль матрицы состоит в придании формы и создании монолитного материала. Объединяя в одно целое армирующий наполнитель (его волокна, частицы, пластины), матрица участвует в обеспечении несущей способности композита. Она передает напряжения на наполнитель и позволяет воспринимать различные внешние нагрузки: растяжение, сжатие, изгиб, удар. Матрица предохраняет наполнитель от внешних повреждений и окисления. Матрица определяет предельную рабочую температуру композита, которая повышается при переходе от полимерной к металлической, а далее – к углеродной и керамической.

Функция наполнителя состоит в обеспечении прочности и жесткости композита. Частицы наполнителя должны иметь высокую прочность во всем интервале рабочих температур, малую плотность, быть нерастворимыми в матрице и нетоксичными. В качестве армирующих веществ используют оксиды, карбиды (обычно – карбид кремния SiC), нитрид кремния Si₃N₄, стеклянные и углеродные нити, волокна бора, органические волокна, жгуты, ткани.

В соответствии с геометрией армирующих частиц различают порошковые (или гранулированные), волокнистые, слоистые КМ. Порошковые композиты представляют собой смесь порошков металлов (сплавов) и неметаллических соединений, которые образуют дисперсно-упрочненный сплав (ДКМ). ДКМ отличаются изотропностью свойств. В волокнистых композитах матрицу упрочняют непрерывно или дискретно расположенные волокна. Волокнистые и пластинчатые КМ, как и металлические сплавы, имеют анизотропию механических свойств.

В современной авиации важнейшим конструкционным материалом являются полимерные композиционные материалы (ПКМ). Применение ПКМ служит показателем технического уровня и летно-технических характеристик выпускаемой техники, так как это – одно из эффективных средств снижения массы конструкции планера и повышения эксплуатационной надежности. Причиной широкого применения ПКМ являются их весовые преимущества по сравнению с алюминиевыми и титановыми сплавами.

Достоинства композитов связаны с возможностью широкого варьирования практически всех свойств материалов, что достигается путем подбора компонентов, их соотношения, распределения и ориентации армирующих веществ в объеме материала. Это позволяет получать конструкционные материалы многофункционального профильного назначения, обладающие зачастую противоположными эксплуатационными характеристиками: теплопроводность или радиопоглощение, фрикционность или антифрикционность.

Покрытия

Для защиты от коррозии стальных конструкций ЛА применяются гальванические покрытия: кадмиевые, цинковые, фосфатные. Кадмиевые покрытия являются стойкими в атмосфере промышленного района; цинковые – во влажной морской и тропической атмосферах; фосфатные покрытия применяют для защиты сложнопрофильных деталей из высокопрочных сталей.

К функциональным защитным покрытиям относятся хромовое, никелевое, медное и др. так, например, хромовые покрытия обеспечивают высокопрочным сталям повышенную износостойкость.

Для алюминиевых конструкций применяют анодно-оксидные, получаемые в условиях анодной поляризации, и оксидные покрытия, получаемые химическим путем. Эти покрытия обеспечивают следующие свойства:

- ✓ защиту от коррозии;
- ✓ адгезию лакокрасочных покрытий, клеев и герметиков;
- ✓ теплостойкость;
- ✓ износостойкость.

Для защиты наружных и внутренних поверхностей ЛА от атмосферного воздействия применяют лакокрасочные атмосферные покрытия. Эти покрытия обеспечивают противодействие многим внешним факторам, среди которых – солнечное облучение, воздействие воды, кислорода, озона, колебания температуры, загрязнения. Покрытия предназначены для окраски наружных и внутренних поверхностей ЛА, а также деталей внутреннего набора. К ним предъявляются следующие требования:

- ✓ адгезия с металлическими деталями;
- ✓ стойкость к атмосферному воздействию;
- ✓ устойчивость к пылевой и капельной эрозии;
- ✓ соответствие необходимым аэродинамическим характеристикам;
- ✓ технологичность и ремонтпригодность.

Защита обшивки из алюминиевых сплавов от атмосферного воздействия осуществляется при нанесении анодно-оксидного или химического оксидного покрытия совместно с системой лакокрасочных покрытий (ЛКП). Защитные и адгезионные свойства ЛКП обеспечиваются применением различных грунтовок на полимерной основе (акриловая, эпоксидная и т.п.) грунтовки горячей сушки наносятся после сборки самолета.

Топливостойкие ЛКП предназначены для защиты топливных кессон-баков, работающих в условиях длительного воздействия топлива, конденсата воды и коррозионно-активных примесей. Кроме стойкости к воздействию воды и топлива, адгезии к защищаемым металлическим поверхностям, эти покрытия должны иметь хорошую сочетаемость с герметиками, применяемыми для герметизации топливных баков.

Требуемые свойства покрытий обеспечены за счет применения водо- и топливостойких грунтовок на основе модифицированных эпоксидных олигополимеров со специальными отвердителями.

В настоящее время разработана комплексная технология ремонта лакокрасочных покрытий на внешней поверхности изделий АТ, включающая в себя различные методы удаления продуктов коррозии, оптимальную обработку поверхности химическими составами и нанесение высокоэффективных ЛКП отечественного и импортного производства. Для этой цели были созданы модифицированные эпоксидные грунтовки ЭП-0215М, ВГ-28, которые обладают высокими адгезионными, физико-механическими свойствами, устойчивы к воздействию топлив, бензина, минеральных и синтетических масел.

Также разработаны специальные защитно-технологические покрытия (ЗТП) для горячей деформации жаропрочных никелевых сплавов (ЭВТ-7Т), «Сверхсмазки» для изотермической штамповки титановых сплавов в состоянии сверхпластичности, покрытие ЭВТ-70А для закалки высокопрочных мартенситных сталей типа ВКС-9, позволившие довести коэффициент необрабатываемых поверхностей до 0,9 за один технологический переход, при легком удалении из штампа и высоком качестве поверхности.

Разработанные покрытия класса ЗТП помимо защитных функций обеспечивают теплоизоляционный эффект, это сокращает количество нагревов в 2 раза и снижает

трудоемкость на 30-50%. Кроме того, уменьшается глубина газонасыщенного слоя в 1,5-3 раза и износ штампа в 3 раза.

5.3. Характерные полуфабрикаты и заготовки, используемые при изготовлении деталей ЛА.

Алюминиевые сплавы:

Сплав Д16 – дюралюмин системы Al-Cu-Mg. Используется для изготовления обшивок, стрингеров, лонжеронов, шпангоутов, нервюр, деталей системы управления. Имеет хорошую пластичность, что позволяет широко применять штамповку для изготовления силовых элементов планера. Свариваемость плохая, хорошо обрабатывается резанием. Д16 - листы, монолитные панели, прессованные профили (обшивки, обтекатели работают до 200⁰С);

Сплав Д19 сохраняет работоспособность до более высоких, чем Д16, температур ($\approx 250^{\circ}\text{C}$) и имеет несколько более высокие по сравнению с ним характеристиками $\sigma_{\text{в}}/\rho$. Д19 - листы в отожженном или закаленном состоянии (до 300⁰С);

Сплавы АМгб - листы холоднотянутые и холоднокатаные трубы, обладают хорошей коррозионной стойкостью и свариваемостью (прочность шва 90-95%).

Магниевые сплавы:

МА-8 - листы и горяченатянутые профили (малонагруженные детали: каркасы и оболочки несложных конфигураций, до 200%);

МН14 - горячегасталые профили (каркас и внутреннее оборудование, плохо сваривается).

ВМ65-1 применяется для нагруженных деталей систем управления, штампованных барабанов колес, кронштейнов, качалок.

Титановые сплавы (оболочки, трубопроводы, хорошо свариваются, работают при 400

5.4. Классификация технологических процессов. Заготовительно-обработочные процессы.



Рис.5.1 Классификация заготовительно-обработочных процессов

В основном производстве современного предприятия авиационной промышленности независимо от объема производства для изготовления самолета применяют весьма большое количество разнообразных технологических процессов. Все эти процессы делятся на три взаимосвязанных класса: заготовительно-обработочные, монтажно-сборочные и регулировочно-испытательные процессы.

Классификация технологических процессов базируется на делении процессов каждого класса на подклассы, группы, подгруппы и первичные процессы, состоящие из действий (механических, физических, химических или комбинированных), независимо от того, производятся эти действия с участием или без участия человека.

Классификация технологических процессов необходима для выяснения и освоения массива частных процессов и для селективного их использования при разработке рациональных процессов изготовления изделий.

Заготовительно-обработочные процессы включают множество частных процессов, из которых составляются конкретные технологические процессы изготовления деталей планера самолета. Все множество этих процессов в зависимости от результатов их воздействия на исходные материалы можно разделить на два взаимосвязанных подкласса: процессы формообразования и процессы придания деталям требуемых физико-химических свойств (рис. 5.1).

Тема 6. Процессы формообразования разделением полуфабриката и удалением излишнего материала.

6.1. Классификация процессов и припуски на обработку.



Рис. 6.1. Классификация процессов разделения полуфабриката и удаления излишнего материала

Для разделения полуфабриката на заготовки и детали и удаления излишнего материала применяют многочисленные процессы, которые по виду энергии, подводимой в зону обработки, можно подразделить на следующие подгруппы: механические, электрические, электрохимические, химические, акустические, тепловые. Каждую подгруппу по физико-химической однородности можно разделить на частные технологические процессы (рис. 6.1.), которые, в свою очередь, состоят из разнообразных видов обработки. В соответствии с этой классификацией далее приведены характеристики частных процессов формообразования разделением полуфабриката и удалением излишнего материала.

Для образования формы и размеров детали соответствующей точности с поверхностями заготовки удаляется слой материала, который называют припуском на обработку. Припуск на обработку должен обеспечивать устранение всех погрешностей предыдущей обработки с учетом погрешностей базирования и закрепления заготовки на выполняемой операции.

Суммарная величина минимального припуска

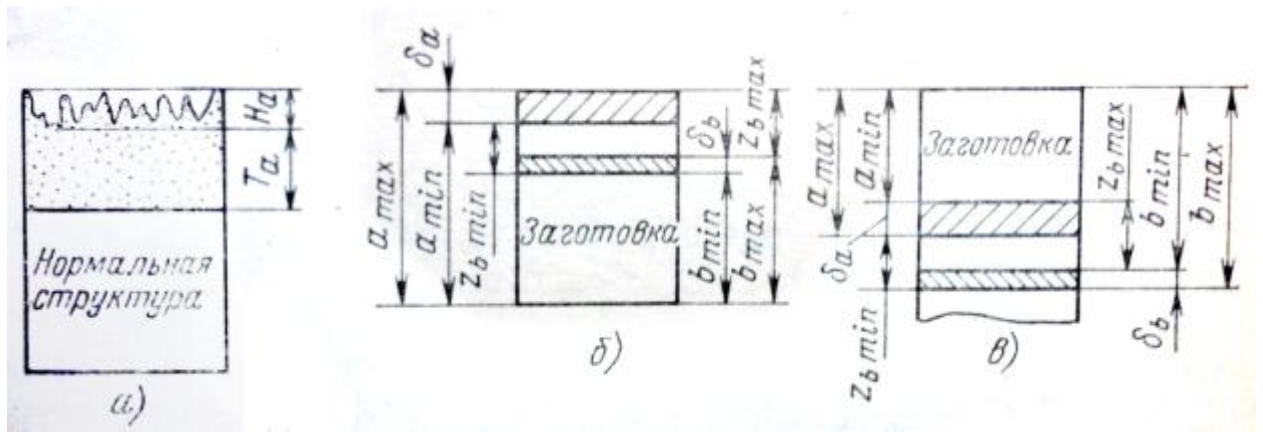


Рис. 6.2. Схема расположения микронеровностей и дефектного слоя (а), допусков и припусков на обработку наружных (б) и внутренних (в) поверхностей:
 a – размер и

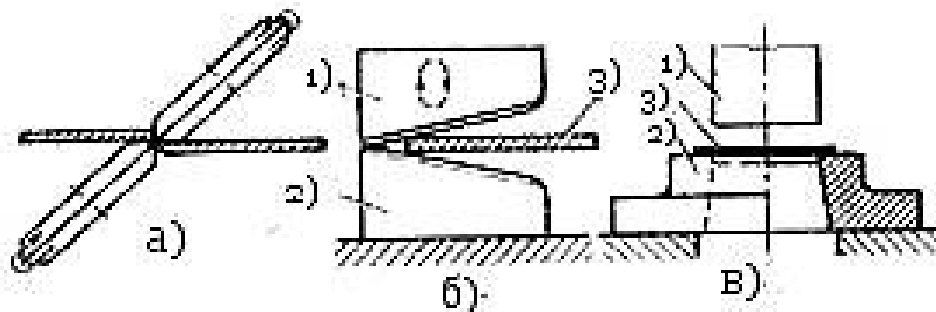
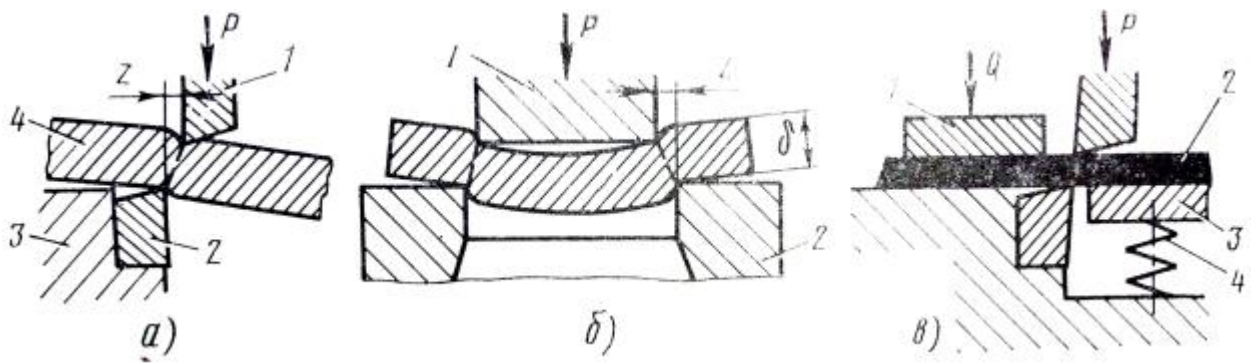
6.2. Механические процессы.

В самолетостроении широко применяют резку ножницами и штампами, распиловку, фрезерование, сверление, зенкерование, развертывание, точение, протягивание, шлифование и полирование.

Резка ножницами и штампами.

Процесс резки ножницами и штампами заключается в сдвиге одной части полуфабриката относительно другой под действием и в направлении сил, приложенных к полуфабрикату со стороны ножей ножниц или пуансона и матрицы вырезного штампа (рис.6.3, а, б).

Усиление резки. Ножи должны воздействовать на полуфабрикат с усилием, достаточным для создания пиковых напряжений, достигающих величины



Вырезка штампами. Она применяется в серийном и массовом производстве.

Пресс — механизм для производства давления с целью уплотнения вещества, выжимания жидкостей, изменения формы, подъёма и перемещения тяжестей.

Штамп - приспособление, где реализуется конкретный процесс разделения заготовки.

По характеру действий штампы разделяют на:

Простые штампы (рис.6.5, а);

Совмещенного действия (рис. 6.5, б);

Последовательного действия (рис. 6.5, в).

По конструктивному оформлению:

открытый (рис. 6.5, г);

с направляющей плитой (рис.6.5, д);

с направляющими колонками (рис.6.5, е).

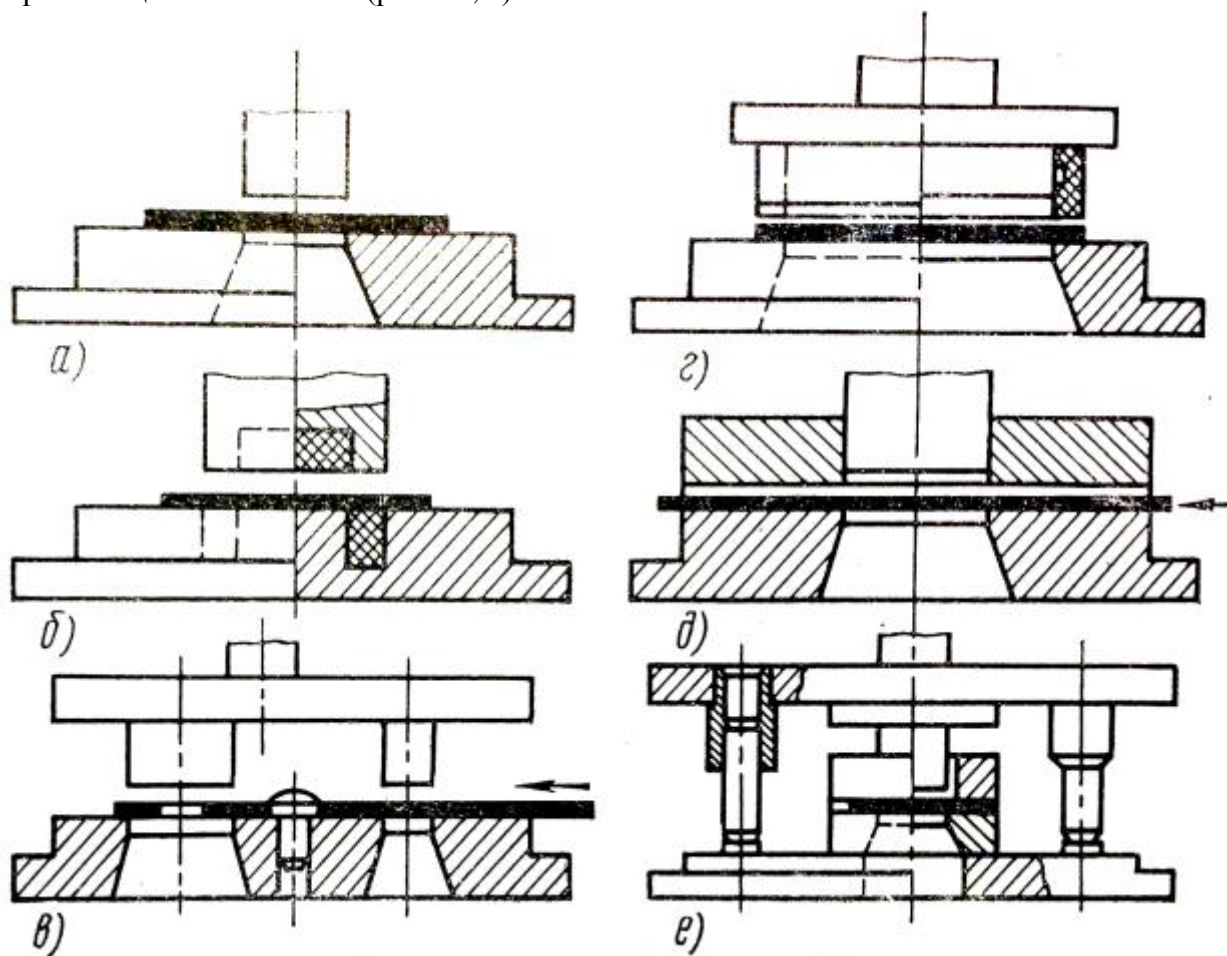


Рис. 6.5. Типы штампов (по характеру действия).

При помощи ножиц и штампов можно резать не только листовую материал, но также профили, прутки и трубы. Ножи в этом случае должны быть изготовлены по профилю разрезаемого полуфабриката.

Карты раскроя для вырезки штампами – документ, фиксирующий расположение контуров вырезаемых деталей на полосе (ленте). Характер карты раскроя влияет на качество получаемых деталей, конструкцию вырезного штампа и коэффициент использования материала. Если вырезанные заготовки при последующих операциях подвергаются гибке по малым радиусам, то во избежание появления трещин карту раскроя составляют с учетом направления проката листа (ленты).

На рис. 6.6. показаны варианты раскроя ленты (полосы) при вырезке штампами. Величина двух перемычек

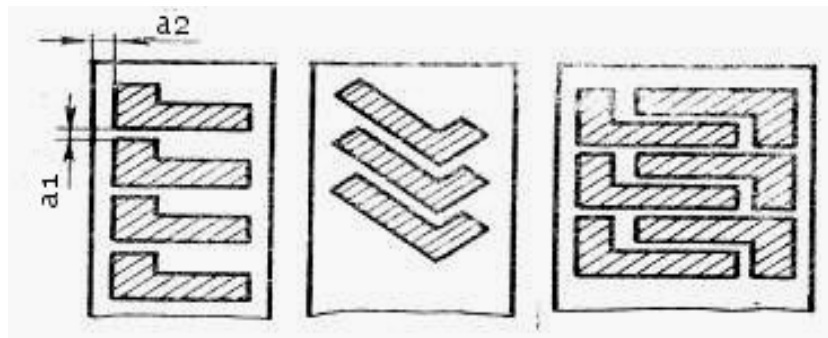


Рис. 6.6. Варианты раскроя лент (полос) при вырезке деталей штампами.

Обработка резанием.

Методы обработки резанием являются универсальными методами размерной обработки заготовок. Они позволяют обрабатывать (и получать) поверхности деталей различных форм и размеров с высокой точностью и заданными параметрами шероховатости. Как правило, эти методы имеют достаточно высокую производительность, однако уступают в производительности методам пластического деформирования. Обработке резанием в той или иной мере подвергается практически все детали ЛА.

Сущность обработки резанием состоит в процессе получения детали или заготовки для последующей обработки требуемой геометрической формы, заданной точности размеров, взаиморасположения и шероховатости поверхностей за счет механического срезания с поверхностей заготовки режущим инструментом материала (технологического припуска) в виде стружки.

Распиловка. Полуфабрикаты с любым профилем поперечного сечения распиливают на заготовки на дисковых, фрикционных, абразивных и ленточных пилах по разметке или по упору.

Фрезерование. Наиболее производительный процесс обработки плоских и фасонных поверхностей. Процесс реализуется с использованием универсальных и специальных фрезерных станков.

Плоские поверхности обрабатываются цилиндрическими и торцевыми фрезами, фасонные – с использованием специально профилированных фрез.

Режущий инструмент: фрезы (дисковая, пальчиковая, фасонная) (рис. 6.7.).

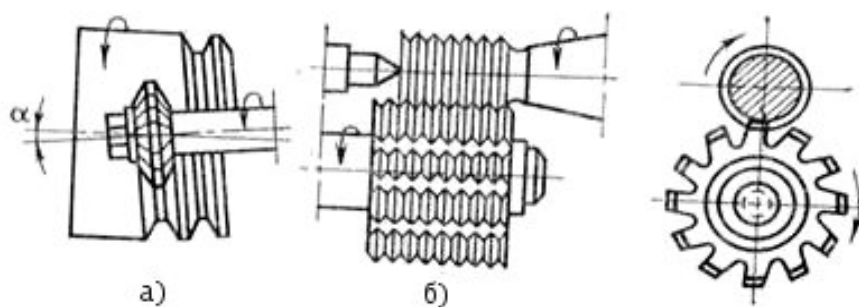


Рис. 6.7. Фрезерование резьбы: а) – дисковой фрезой; б) – групповой фрезой.

Проблемы: холостые перемещения, необходимо так выбрать траекторию движения фрезы, чтобы оптимизировать процесс; надо выбрать маршрут таким образом, чтобы минимизировать неравномерность нагрева и избежать искажения.

Фрезерование применяют также для вырезки заготовок и плоских деталей из листовых полуфабрикатов с использованием вертикально-фрезерных станков (рис.6.8.) и фрезерных станков с программным управлением.

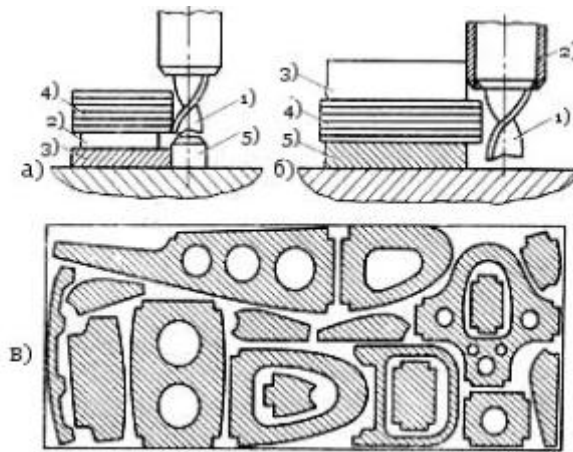


Рис. 6.8. Вырезка заготовок и деталей фрезерованием:

а) - на вертикально-фрезерном станке; б) – на радиально-фрезерном станке; в) – пример групповой карты раскроя: 1-фреза, 2-копирное кольцо, 3-шаблон, 4-пакет листов или карточек, 5-подкладка, 6- палец.

Сверление – процесс получения цилиндрических (внутренних) поверхностей вращения.

Оборудование: различные типы сверлильных станков (ручные, настольные, переносные, с одним шпинделем, многошпиндельные и др.).

Режущий инструмент: различные сверла.

Для повышения стойкости используют твердосплавные вставки.

Приспособления: тиски, кондукторы.

Зенкерование - это процесс, позволяющий повысить точность и шероховатость отверстия. Он может быть реализован как на токарном, так и на сверлильном станке (рис.6.9.):

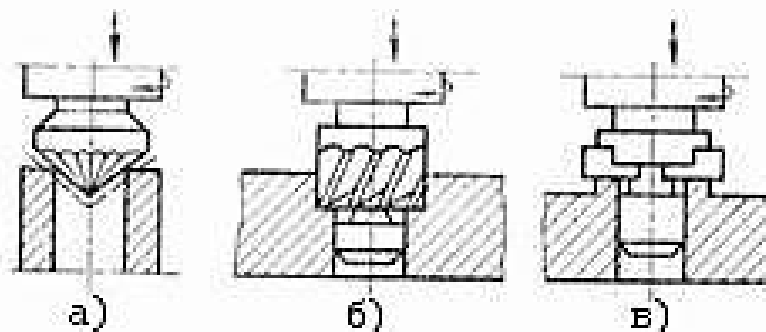


Рис.6.9. Зенкерование торцевых поверхностей:

а) - зенковка, б) - цековка с несколькими зубьями и направляющей цапфой, в) - цековка со вставными зубьями и направляющей цапфой.

Точение – процесс удаления слоя материала в виде стружки с поверхности вращающейся заготовки поступательно перемещающимся режущим инструментом (резцом) или с поверхностей поступательно перемещающейся заготовки – вращающимся режущим инструментом. Точением получают наружные и внутренние цилиндрические, конические и фасонные поверхности тел вращения на станках токарной группы (токарные, токарно-винторезные, револьверные, токарные полуавтоматы, горизонтально-расточные, одно- и многошпиндельные автоматы).

В зависимости от достигаемой точности и шероховатости обрабатываемой поверхности точение подразделяют на черновое, чистовое и тонкое. Тонкое точение выполняют на станках повышенной точности с использованием для обработки сталей резцов из твердых сплавов, а для обработки цветных сплавов – алмазных.

Режущий инструмент: различные резцы (проходные, канавочные, отрезные и т.д.).

Материалы режущего инструмента: инструментальная сталь Р9, напайка из твердосплавного материала Т15К6 (повышает ресурс режущего инструмента) и др.

Заготовки на станках закрепляют в центрах, патронах или на планшайбах.

При точении цилиндрических внутренних и наружных поверхностей одной детали необходимая концентричность их достигается обработкой за одну установку или предварительной обработкой отверстия с последующей установкой заготовки на оправку для точения наружной поверхности.

Удаление слоя материала с внешних поверхностей заготовки называют *обтачиванием*, а с внутренних – *расточиванием*.

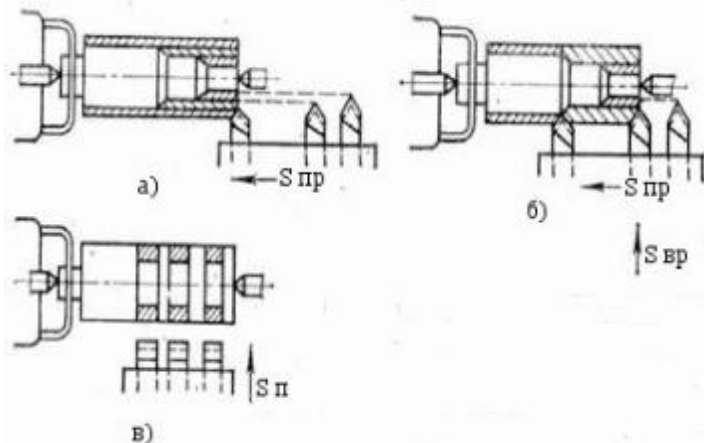


Рис. 6.10. Способы обтачивания на многошпиндельных станках:

а) – с продольной подачей $S_{пр}$; б) – с врезанием $S_{пр}$ и с последующей подачей $S_{вр}$; в) – с поперечной подачей $S_{п}$.

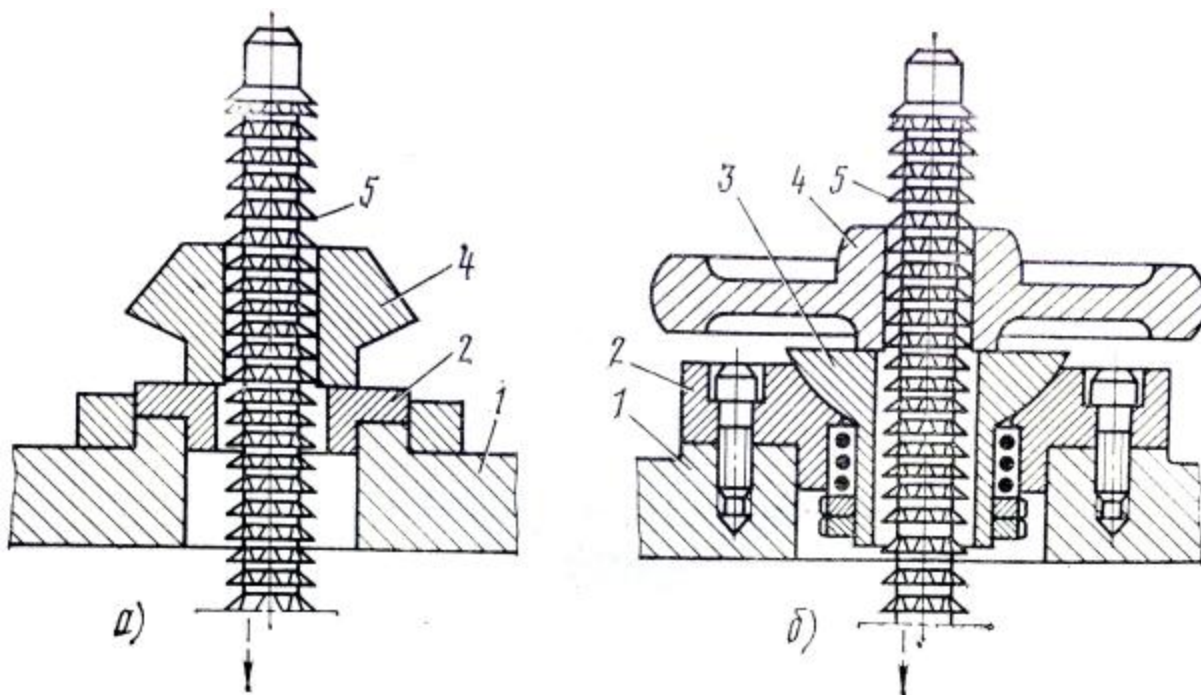


Рис. 6.11. Установка заготовок при протягивании:

а) – на жесткой опоре; б) – на шаровой опоре:

1-лобовая часть станка, 2-опорная шайба, 3-шаровая опора, 4-обрабатываемая заготовка, 5- протяжка.

Протягивание - это процесс получения различных поверхностей внутренних и наружных с помощью перемещения специального многозубового инструмента (протяжки) относительно предварительно обработанной поверхности заготовки (рис. 6.11.). Протяжка имеет последовательно возрастающие размеры по сечению. При этом в зоне калибрующихся зубьев она соответствует заданному размеру отверстия, паза или других обрабатываемых поверхностей.

Протягиванием обрабатывают поверхности деталей, обладающих достаточной жесткостью в направлении движения протяжки. По расположению на заготовке поверхностей, подлежащих обработке, различают наружное и внутренне протягивание.

Протягиванием можно получать точные фасонные отверстия и контуры разнообразных форм.

Для протягивания применяют горизонтальные и вертикальные станки с гидравлическим приводом, с одним или несколькими шпинделями.

Развертывание применяют с целью придания цилиндрическому отверстию наиболее точных размеров и высокого класса шероховатости поверхности. Развертывание производят после предварительного сверления и зенкерования или сверления и растачивания многолезвийным инструментом – разверткой с прямыми или спиральными режущими лезвиями.

На рис. 6.12, а показана схема обработки точного цилиндрического отверстия на сверлильном станке с указанием размеров отверстия, определяющих припуск под каждый инструмент.

Для обработки точных конических отверстий применяют комплект из конических зенкеров и разверток. На рис. 6.12, б показана последовательность обработки точных конических отверстий. При диаметрах более 25мм рекомендуется сверлить последовательно несколькими сверлами различного диаметра для образования ступенчатого отверстия, приближающегося по форме к коническому зенкеру.

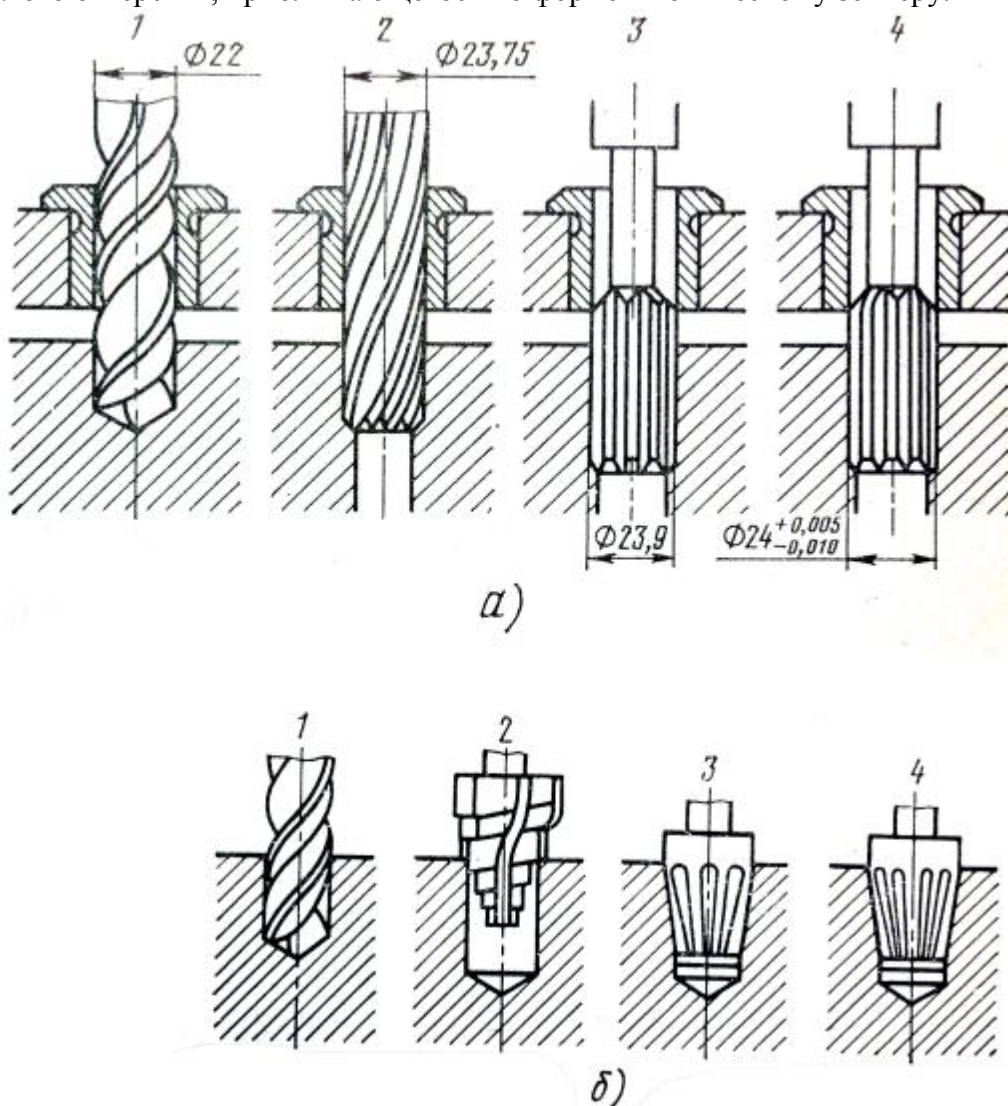


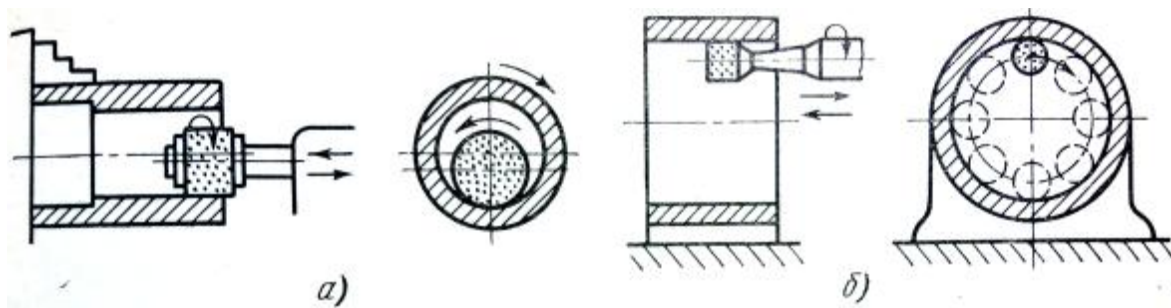
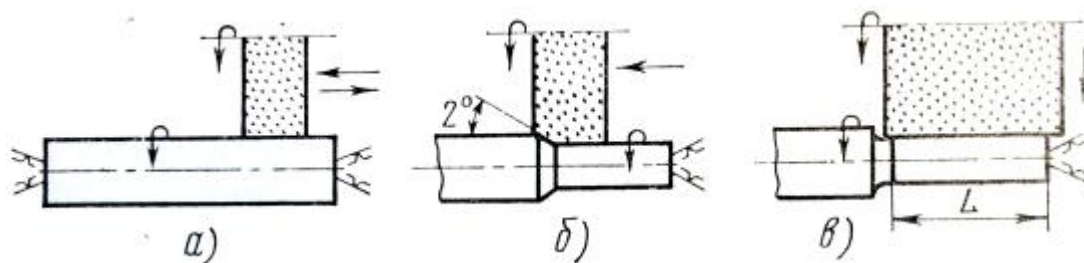
Рис. 6.12. Схема обработки отверстий:

а) – цилиндрического; б) – конического; 1- сверление, 2 - зенкерование, 3 –черновое развертывание, 4 – чистовое развертывание.

Шлифование - это процесс получения точных с высокой степенью шероховатости наружных и внутренних поверхностей (рис. 6.13. и 6.14.) на деталях из высокопрочных металлов.

Шлифование цветных металлов затруднено из-за склонности шлифовального круга к «засаливанию». Поверхности деталей из цветных сплавов и чугуна шлифуют (если этого нельзя избежать) мягкими и пористыми кругами из абразивного материала карбида кремния (SiC).

Для шлифования деталей из закаленной стали применяют «мягкие», а из незакаленной – «твердые» круги из абразивного материала – кристаллической окиси алюминия (



Выбор способа нарезания резьбы зависит от профиля резьбы, свойств материала детали, требуемой точности и объема выпуска деталей.

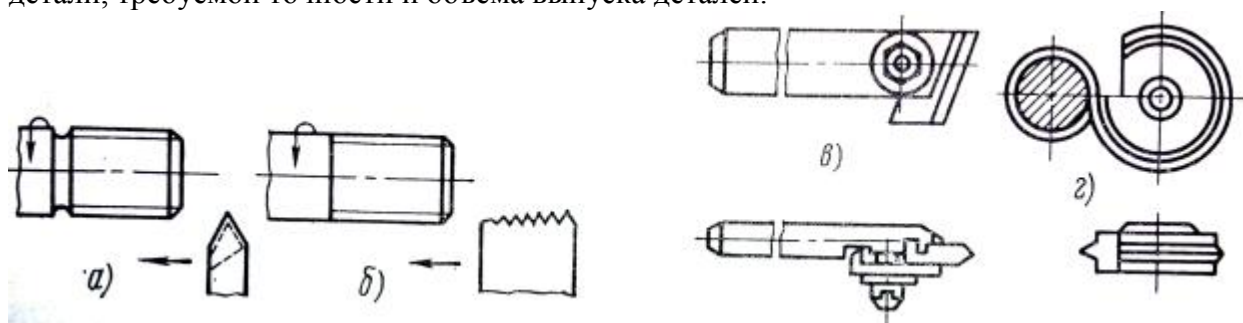


Рис. 6.15. Нарезание резьбы:

а – резцом; б – гребенкой; в – призматическим резцом; г – дисковым резцом.

Хонингование – особый вид шлифования в основном внутренних поверхностей деталей специальным размерным инструментом – хонем (рис. 6.16). Хон представляет собой головку с шестью и более абразивными брусками, раздвигающимися в радиальном направлении.

В процессе обработки заготовка неподвижна, а хон имеет вращательное и поступательное движения. Хонингование ведут после чистового растачивания, шлифования или развертывания отверстий с припуском на обработку 0,03-0,2 мм.

Хонингование используется для изготовления цилиндрических поверхностей диаметром 15-500мм и длиной до 2300 мм деталей шасси и других элементов гидросистем ЛА.

Хонингование - это процесс, который повышает шероховатость обрабатываемых поверхностей (доводочный процесс).

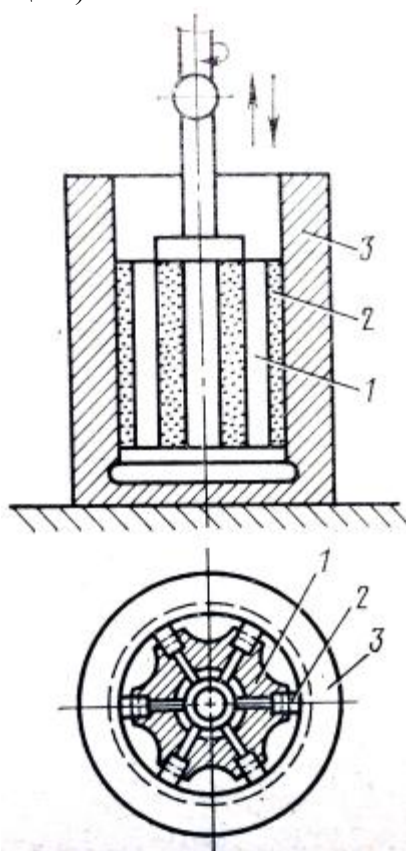


Рис.6.16. Схема хонингования:

1) корпус хона; 2) абразивный брусок; 3) деталь.

Полирование (суперфиниш) – особо тонкая отделочная обработка поверхностей абразивными материалами. Полирование осуществляют при небольшой скорости обработки и при малых давлениях на обрабатываемую поверхность.

Схемы полирования показаны на рис. 6.17. для полирования любых материалов используются мягкие войлочные круги с мелкозернистыми абразивами и смазкой в виде пасты (ГОИ).

Полированием обрабатываются наружные и внутренние поверхности любой формы. Толщина удаляемого слоя составляет при полировании 0,004-0,007 мм, а чистота поверхностей достигает предельных значений.

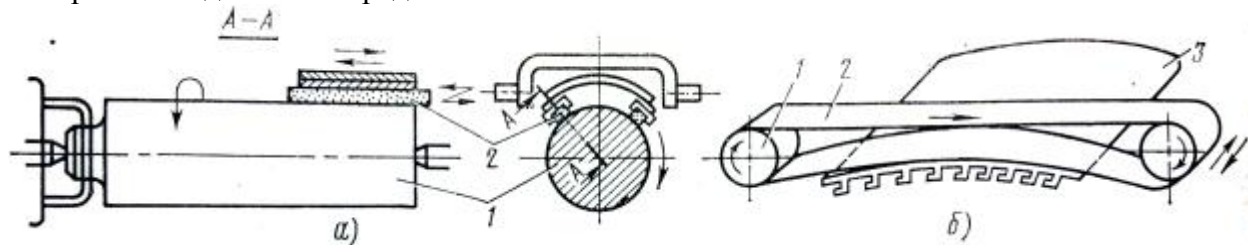


Рис. 6.17. Схемы полирования:

- а) – вращающаяся деталь (1-деталь, 2-абразив);
 б) – неподвижная деталь (1-ролик; 2-абразивная лента; 3-панель).

6.3. Электрические процессы.

Такие процессы, как электроконтактный и электроэрозионный, применяют для изготовления деталей из токопроводящих полуфабрикатов и жаропрочных, нержавеющих, высоколегированных и закаленных сталей, титановых и других сплавов, трудно поддающихся обработке резанием.

Электроконтактная обработка основана на том, что проходящий через место контакта инструмента и полуфабриката электрический ток разогревает, размягчает и плавит металл, облегчая удаление последнего из зоны обработки. Для предотвращения плавления инструмента ему придают большую скорость перемещения, либо применяют искусственное охлаждение.

Электроэрозионная обработка (ЭЭО) заключается в изменении формы, размеров, шероховатости и свойств поверхности заготовки под воздействием электрических разрядов в результате электрической эрозии (ГОСТ 253310-82). ЭЭО является одним из наиболее распространенных способов, применяемых при изготовлении деталей сложной формы из труднообрабатываемых материалов (твердых сплавов, жаропрочных сталей и сплавов, закаленных сталей).

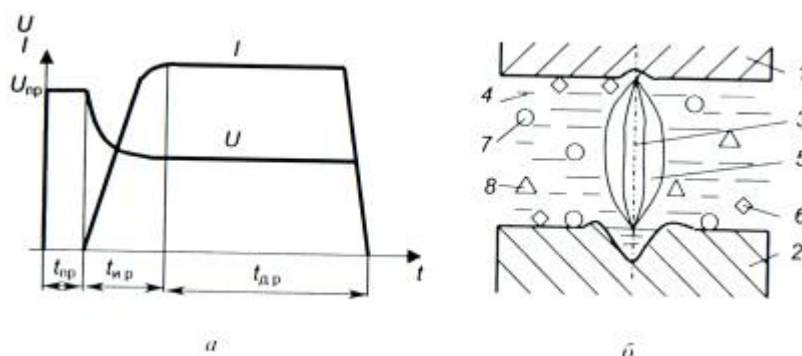


Рис.6.18. Изменение тока и напряжения во времени (а) и физико-химические процессы при ЭЭО (б):
 1,2 – электроды, 3 – канал разряда, 4 – рабочая среда, 5 – газовый пузырь; 6 – пузырек пара; 7 – твердая частица; 8 – продукты пиролиза.

ЭЭО основана на удалении материала заготовки электрическими импульсными разрядами, возникающими при пробое диэлектрических или слабо проводящих сред. Выделяющаяся при этом тепловая энергия производит локальное плавление и испарение материалов электродов. Выброшенные электродинамическими и газодинамическими силами из зон воздействия электрического разряда расплавленный и испаренный

материал кристаллизуется в рабочей жидкости, образуя дисперсные частицы (шлам). Каждый разряд удаляет с поверхности детали определенный объем материала.

Электрический заряд в жидкости протекает в три взаимосвязанных стадии (рис. 6.18.).

6.4. Электрохимические процессы.

Из электрохимических процессов в самолетостроении находят применение анодно-механическая обработка, анодно-гидравлическая обработка и электрохимическое полирование.

Анодно-механическая обработка (АМО) – метод направленного разрушения металла заключается в совместном электрохимическом и термическом действии тока напряжением 10...30 В, протекающего между электродами 1 и 3 (рис.6.19.), которые находятся в среде 2 водного раствора жидкого стекла, в сочетании с механическим воздействием электрода-инструмента на обрабатываемую поверхность. При протекании тока через электролит на поверхности заготовки образуется окисная пленка, обладающая большим электрическим сопротивлением. Непрерывно перемещающийся инструмент (диск, бесконечная лента) разрушает и удаляет пленку с неровностей обрабатываемой поверхности. Процесс снятия пленки сочетается с непрерывным ее ростом. В местах, где пленка тоньше или разрушена, под действием тока резко возрастает температура, металл расплавляется и выбрасывается быстро перемещающимся инструментом.

АМО целесообразно применять для высокопрочных токопроводящих материалов.

К недостаткам АМО следует отнести воздействие электролита на поверхности заготовок и деталей и вредность выделяемых испарений. Это вызывает необходимость последующей нейтрализации деталей в содовом растворе и снабжения анодно-механических станков индивидуальным отсосом.

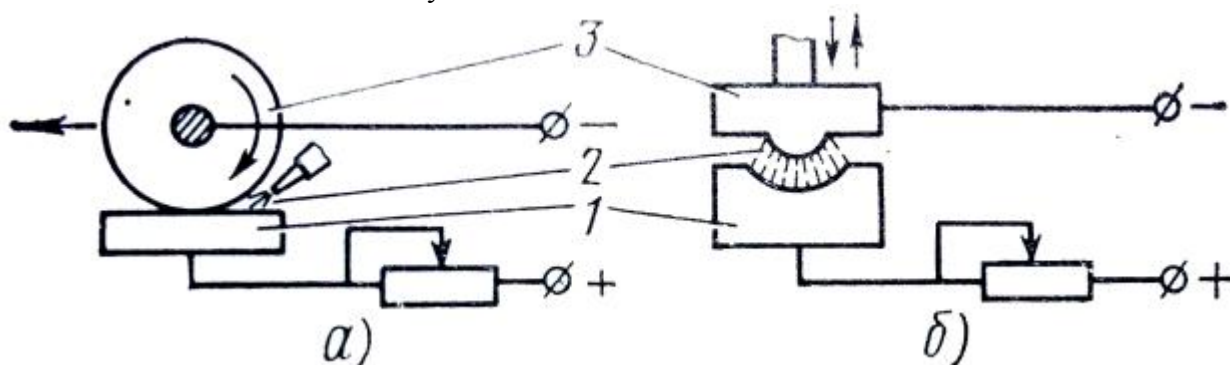


Рис.6.19. Схемы АМО: а – вращающимся инструментом, б – вибрирующим инструментом.

Анодно-гидравлическая обработка применяется для обработки высокопрочных материалов (рис. 6.20.).

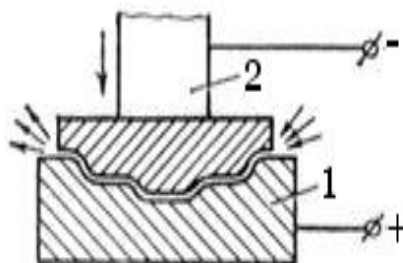


Рис.6.20. Схема анодно-гидравлической обработки:
1-обрабатываемая заготовка, 2 – инструмент.

Этот метод размерной обработки основан на анодном растворении металлов в результате электролиза при малом напряжении 12В и большой силе тока. Предметы растворения удаляются из зоны обработки электролитом, который под давлением

покачивается через межэлектродный зазор. Кроме того, электролит отводит тепло, которое выделяется при электролизе. Этот метод позволяет получать фасонные поверхности на высокопрочных металлах. Обеспечивает высокое качество обрабатываемых поверхностей.

Электрохимическое полирование состоит также в анодном растворении металла заготовки, помещенной в электролитную ванну. Образующаяся при этом на поверхности заготовки вязкая пленка солей защищает от действия тока микровпадины, не препятствуя растворению гребешков, в результате чего поверхность сглаживается.

Шероховатость поверхности после полирования зависит от ее шероховатости до полирования.

Электрохимическое полирование – высокопроизводительный и технологически простой процесс – заменяет трудоемкое и тяжелое ручное полирование, но недостаточно освоен. На протекание процесса и его результаты оказывают большое влияние химический состав сплава, его структура и другие факторы.

6.5. Химические процессы.

Размерное травление - применяется для всех металлов и сплавов, заключается в удалении металла путем растворения его в травящих средах – 5-6 мин алюминиевые сплавы, малолегированные стали, 1,5 мин магниевые сплавы, 0,7 мин коррозионностойкие сплавы (рис. 6.21.):

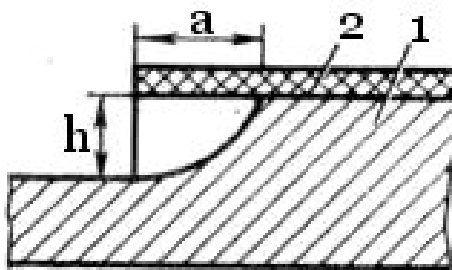


Рис.6.21. Схема бокового подтравливания при размерном травлении:
1-заготовка, 2-пленка защитного покрытия.

6.6. Акустические процессы.

Применяется ультразвуковой метод обработки для изготовления твердых, но хрупких материалов. Этот метод основан на выкрашивании при импульсном воздействии элементов абразива (рис. 6.22.):

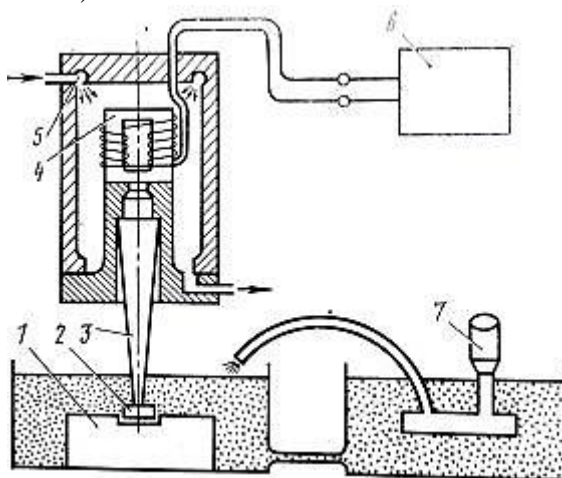


Рис. 6.22. Схема ультразвуковой обработки:
1-заготовка, 2-инструмент, 3-концентратор, 4-магнитоstrictionный пакет, 5-кольцо для разбрызгивания воды, 6-генератор ультразвуковых колебаний, 7-центробежный насос.

Тема 7. Процессы формообразования холодным деформированием.



Рис. 7.1. Классификация основных процессов формообразования деталей холодным деформированием

Наиболее тяжело нагруженными являются операции объемной штамповки (прессование, высадка) и резки (вырубка, пробивка). Вследствие больших удельных давлений, сложноподвижного состояния и высоких температур разогрева рабочих частей инструментов в процессе работы стойкость последних во многих случаях является неудовлетворительной. Большинство других операций холодной штамповки не вызывает особых осложнений, связанных со стойкостью, поэтому условия работы штамповых инструментов рассмотрены в основном применительно к объемной штамповке и резке. Условия работы инструментов при этих операциях достаточно полно можно охарактеризовать величиной удельных давлений, характером нагружения и температурой разогрева их рабочих частей.

Удельные давления предопределяются свойствами штампуемых материалов, скоростью и степенью деформации заготовок, видом смазки, конструкцией детали и т.п. Величина удельных давлений при прессовании достигает 220 - 250 кгс/мм² и более.

По характеру нагружения холодное деформирование можно разделить на два основных вида:

- ✓ **плавное** — штамповка на гидравлических и механических (для объемного прессования) прессах со скоростью нагружения 0,1 — 0,4 м/с.
- ✓ **ударное** — штамповка на чеканочных и горячештамповочных прессах со скоростью нагружения 0,5 — 1,0 м/с, на холодновысадочных автоматах и быстроходных пресс-автоматах со скоростью 0,5 - 1,5 м/с.

Температурные условия работы инструментов меняются в широком диапазоне в зависимости от характеристик штампуемого материала и технологических особенностей процесса. Так, в наибольшей степени разогреваются инструменты при холодной объемной штамповке (и в частности, при таких операциях, как прессование, высадка) и отдельных операциях пробивки (рубки).

Высоколегированные штамповые стали обладают низкой теплопроводностью, поэтому отмеченные колебания температуры в основном происходят в поверхностных слоях инструментов и, естественно, оказывают влияние на уровень и характер распределения напряжений, ответственных за образование и развитие микротрещин, которые в дальнейшем приводят к чешуйчатому скалыванию участков металла на рабочих поверхностях и выходу инструментов из строя.

7.1. Листовая штамповка.

Под *листовой штамповкой* понимают различные методы холодной (реже горячей) обработки металлов давлением, при которых исходная тонкостенная заготовка деформируется без значительного перераспределения площади поперечного сечения с помощью специального инструмента, определяющего форму получаемой детали, который называется *штампом*.

Процессы листовой штамповки: гибка, обтяжка, вытяжка, рельефная формовка.

Гибка

Гибка – образование или изменение углов между частями заготовки или придание ей кривой формы.

Применяется для изготовления деталей из листов, профилированных плит, профилей и тонкостенных труб.

Виды гибки:

- ✓ *Свободная гибка* - универсальным гибочным штампом (рис. 7.2.).
- ✓ *Гибка-прокатка* - на универсальных валковых роликовых станках (рис. 7.3.).

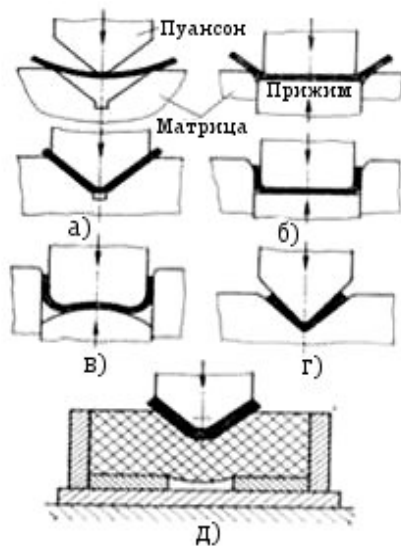


Рис 7.2. Схемы процессов свободной гибки специальными гибочными инструментами.

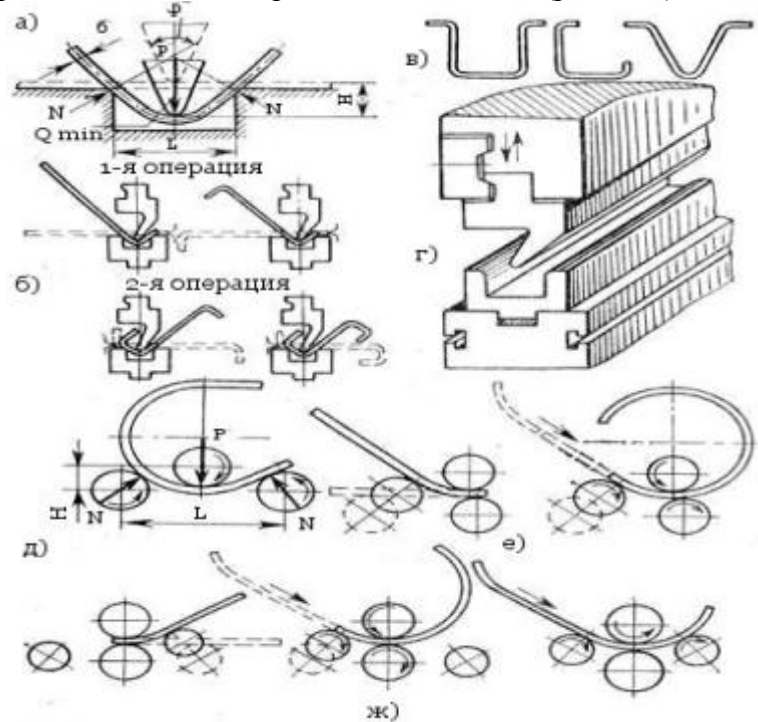


Рис.7.3. Схемы гибки профилей обтягиванием по оправке: 1-стол, 2-сменная оправа, 3-поворотная платформа, 4-цилиндр поворота платформы, 5- заготовка, 6-цанговый зажим, 7-цилиндр растяжения заготовки.

Обтяжка

Обтяжка - процесс формообразования деталей двойной кривизны изгибом и растяжением заготовок до полного прилегания последних к профилированной оправке (Рис. 7.4.)

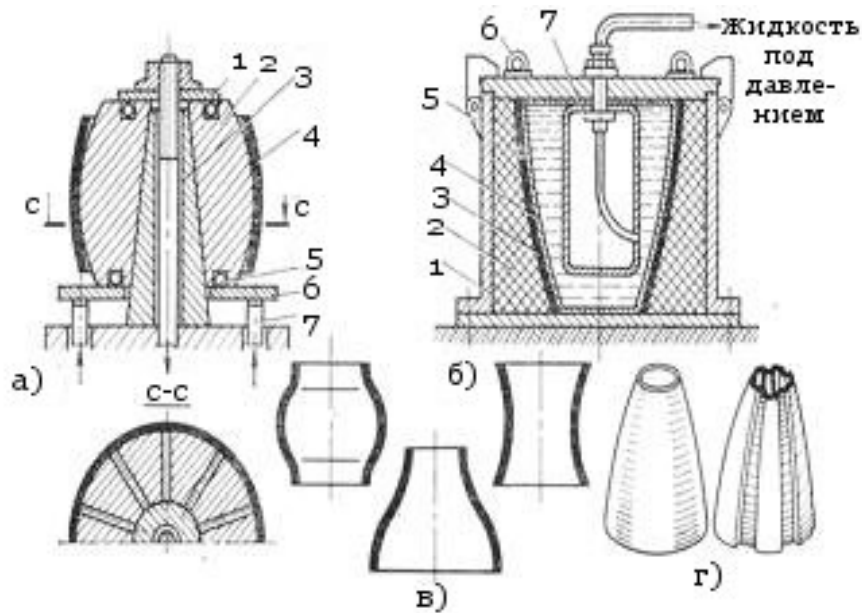


Рис. 7.4. Кольцевая обтяжка:

- а) - схема обтягивания по жесткому «разжимному» пуансону:
 1-плита, 2-сектор разжимного пуансона, 3-конус, 4-заготовка, 5-пружина, 6-плита, 7-колонка,
 б) - схема установки для обтягивания трубчатых заготовок жидкостным пуансоном по жесткой матрице:
 1-корпус матрицы, 2-матрица, 3-заготовка, 4-резиновый мешок, 5-замок, 6-рым-болт, 7-корпус пуансона,
 в), г) – типовые детали, получаемые кольцевой обтяжкой.

Вытяжка

Вытяжка - процесс преобразования незакрепленной по краям плоской заготовки в полуоую деталь замкнутого контура (Рис. 7.5.).

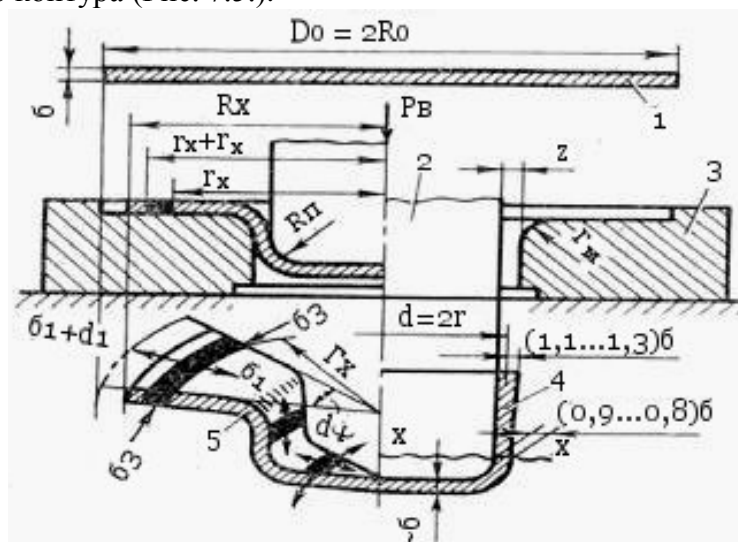


Рис.7.5. Схема вытяжки цилиндрической детали:

- 1-заготовка, 2-пуансон, 3-матрица, 4-деталь, полученная глубокой вытяжкой и характер изменения толщины ее стенки, 5-элемент в промежуточный момент вытяжки и его напряженное состояние

Рельефная формовка

Рельефная формовка заключается в образовании местных углублений или выпуклостей за счет растяжения и частичного перемещения материала. Возможность формовки без разрывов материала определяется величиной относительного удлинения материала в зоне наибольшей деформации (Рис. 7.6.). Наиболее распространенными разновидностями рельефной формовки являются штамповка ребер жесткости и выдавок (пуклевок).

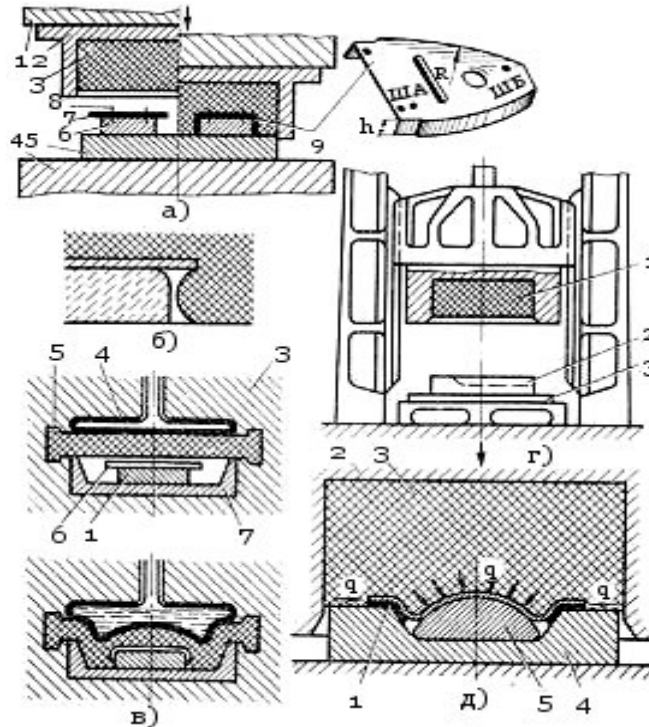


Рис. 7.6. Схемы процессов формовки резиной:

а) – формовка на плунжерном гидравлическом прессе:

1-подвижная траверса, 2-контейнер, 3-резина, 4- стол пресса, 5- выдвижная подштамповая плита, 6- формблок, 7-заготовка детали, 8-шпилька формблока для фиксации заготовки, 9-отформованная деталь, ШО - шпилечное отверстие,

б) – затекание резины под борт высокой жесткости;

в) - формовка на гидравлическом прессе прямого действия:

1- формблок, 2-выдвижной корытообразный стол, 3-корпус пресса, 4-резиновая камера, 5-резиновая подушка, 6-заготовка;

г) – формовка резиной на листоштамповочном молоте:

1-резиновая подушка, 2-матрица, пуансон или формблок, 3-центрирующая плита;

д) – первый переход (операция) реверсивной вытяжки:

1-слой смазки, 2-контейнер, 3-резиновая подушка, 4-матрица, 5-сменный вкладыш.

Тема 8. Технологическая оснастка для изготовления деталей.

Технологической оснасткой принято называть комплекс дополнительных к оборудованию (станкам, прессам, установкам) устройств, предназначенных для облегчения и ускорения каких-либо операций процесса изготовления изделия. К технологической оснастке в заготовительно-обработочных цехах будут относиться: станочные приспособления, режущий и вспомогательный инструмент для фрезерных, сверлильных, расточных, токарных, шлифовальных, протяжных и других работ; оправки, сменные ролики, губки, кулачки, бойки; штампы (вырезные, гибочные, вытяжные, комбинированные и др.); устройства подачи заготовок и удаления готовых деталей и отходов из рабочей зоны обтяжные пуансоны, формблоки и различные производственные шаблоны, используемые непосредственно для изготовления деталей.

Основные элементы приспособления механической сборкой:

1. Установочные элементы.
2. Базирующие элементы.
3. Закрепляющие элементы и устройства.

1. Установочные элементы: используются такие элементы как «пальцы», плоскости (Рис.8.1.).

Установочные пальцы:

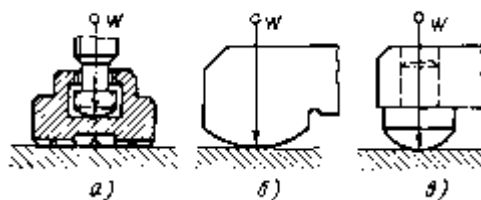


Рис. 8.1. Установочные пальцы:

а — с плоской рифленой поверхностью; б — с цилиндрической поверхностью; в - со сферической поверхностью.

2. Базирующие элементы:

- по плоскости;
- по призме:

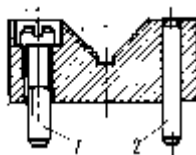


Рис. 8.2.

Установ – вращательный элемент, который обеспечивает быструю установку режущего инструмента в нужном положении.

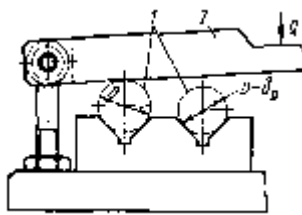


рис. 8.3.

8.1. Методика проектирования технологических процессов.

Технологические процессы:

1. Единичные – процессы относятся к изделию одного наименования, типа размера и исполнения независимо от типа производства.
2. Типовой ТП – процесс, характеризуемый единством содержания и последовательности, большинства технологических операций с общи конструктивными признаками.

Проектирование единичных ТП:

1. Изучение данных чертежа детали и технических условий на ее поставку.
2. Выбор или анализ, заданных чертежом типа и формы заготовки необходимой для изготовления детали.
3. Выбор способов и последовательности обработки и составление схемы процесса изготовления детали.
4. Разработка вариантов процесса и выбор из них наиболее экономичных.
5. Оформление технологической документации на принятом к исполнению варианте технологического процесса (ЕСТД – единая система технологической документации).
6. Разработка технических заданий на проектирование новых видов оборудования, технологической оснастки, контрольно-измерительного инструмента, предусмотренным процессом изготовления детали.

8.2. Проектирование специальных станочных приспособлений.

Принципиальную схему конструкции станочного приспособления (схемы базирования и закрепления) намечает технолог, разрабатывающий процесс изготовления заданной детали. Он выполняет операционные эскизы с указанием технологической базы и мест зажима заготовки в приспособлениях, а также предельных значений зажимных усилий. Расположение заготовки на эскизе (в таком виде, какой она имеет после выполнения данной операции или позиции) должно соответствовать ее положению в станочном приспособлении и на станке при обработке.

В случае несовпадения конструкторской и технологической баз при установке заготовки в приспособлении технолог рассчитывает погрешности базирования и, если необходимо, производит перерасчет допусков на базисные размеры и на операционном эскизе указывает новые допуски. Если намечено проектировать сложное специальное (многопозиционное, автоматическое) или переналаживаемое приспособление, то технолог должен охарактеризовать принцип действия приспособления и общие требования к нему.

Конструкцию приспособления на основании заказа технолога разрабатывает конструктор, изучив предварительно чертежи заготовки и готовой детали, технологический процесс и операционный эскиз для соответствующей операции. В процессе конструирования он использует нормы и стандарты на детали и узлы приспособлений и силовых приводов, а также альбомы и чертежи конструкций универсальных специализированных и специальных приспособлений, применяемых при изготовлении типовых деталей. Кроме того, конструктор должен располагать сведениями об имеющихся в инструментальных кладовых запасах заготовок стандартных

корпусов, деталей, узлов и механизмов станочных приспособлений и их приводов, а также о форме и размерах посадочных мест станков, на которых устанавливаются и закрепляются приспособления.

Конструирование сводится к последовательному вычерчиванию элементов приспособления вокруг контура закрепляемой заготовки. Контур заготовки в положении обработки на данной операции вычерчивают в необходимом количестве проекций штрихпунктирными линиями. Вокруг контура сначала вычерчивают направляющие элементы приспособления, основные и вспомогательные опоры, зажимные элементы и механизмы с учетом конструкции силового привода и другие детали и узлы приспособления. Затем определяют контуры корпуса приспособления. Попутно вычерчивают необходимые разрезы и сечения. Рекомендуется также тонкими линиями схематично изображать место на станке, где устанавливается и закрепляется приспособление.

Общий вид приспособления обычно выполняют в масштабе 1 : 1 . На чертеже общего вида проставляют нумерацию всех деталей и дают их спецификацию с указанием материала, ГОСТов, нормалей. На чертеже должны быть проставлены габаритные размеры приспособления, координирующие и контрольные размеры, определяющие точность приспособления и являющиеся основными при его сборке, проверке и приемке, а также посадки на основные сопряжения деталей приспособления.

В приспособлениях с пневматическим или пневмогидравлическим приводом конструктор должен предусматривать устройства, исключающие возможность самопроизвольного открепления обрабатываемых заготовок в случае внезапного прекращения подачи воздуха или уменьшения его давления. В качестве таких устройств используют:

а) самотормозящиеся звенья, которые продолжают удерживать заготовку в зажатом состоянии даже в том случае, когда воздух выключен;

б) обратные клапаны, устанавливаемые перед распределительным краном, которые с момента полного отключения приспособления от сети поддерживают почти неизменным усилие зажима в течение 5 ... 8 мин. Этого времени достаточно, чтобы закончить операцию средней продолжительности без опасности для рабочего;

в) пневмоконтакты или пневматические реле, включаемые в цепь магнитного пускателя, автоматически выключающие электродвигатель станка при падении давления воздуха в сети ниже допустимого.

8.3. Проектирование заготовительно-штамповочной оснастки.

На основе технологических процессов проектируются технологическая и контрольная оснастка: штампы, формблоки и др.

Следует учитывать, что в производстве летательных аппаратов на большинство деталей из листового материала отдельные чертежи не выполняются. При изготовлении в цехах технологической и контрольной оснастки пользуются шаблонами, снятыми с плазов.

Проектированием заготовительно-штамповочной оснастки занимаются специальные конструкторские группы, находящиеся в ведении главного технолога. Группы разрабатывают конструкцию штампов, оправок, формблоков, копиров, обтяжных пуансонов, контрольных приспособлений и другой оснастки по техническим заданиям технологических групп цехов основного производства, которыми оснастка уже определена и указана в разработанном технологическом процессе.

При многооперационной штамповке детали очень важно иметь надежную фиксацию заготовки на всех операциях. Если в конструкции детали не предусмотрены элементы фиксации, то необходимо применять какие-либо искусственные приемы. Наиболее просто эта задача решается введением технологических отверстий. Их целесообразно размещать в зоне припуска на обрезку, удаляемого после формообразования. При отсутствии припуска технологические отверстия размещают на поверхности детали; их координаты, форму и размеры задает конструктор изделия по согласованию с технологом.

Введение технологических отверстий, пазов или вырезов иногда вызывает излишний расход металла. Но это окупается тем, что ликвидируется брак вследствие надежной фиксации.

В процессе проектирования заготовительно-штамповочной оснастки пользуются ГОСТами, ведомственными нормами и руководящими техническими материалами, а также справочной и специальной литературой.

Далее для примера перечислены основные этапы проектирования наиболее сложной оснастки — штампа:

а) расчет усилий прижима, съемника, выталкивателей и выбор приводов (пружинные, резиновые, полиуретановые буферы, пневматические устройства);

б) определение габаритных размеров матриц, пуансонов и выбор по ним нормализованного блока штампа (верхние и нижние плиты, соединенные направляющими колонками);

в) вычисление величины зазора между пуансоном и матрицей;

г) определение исполнительных размеров пуансона и матрицы, назначение допусков на размеры;

д) подбор из гостированных и нормализованных элементов деталей штампа;

е) проверка на прочность и жесткость основных рабочих элементов штампа;

ж) вычерчивание общего вида штампа в двух или трех проекциях, определение размеров закрытой и открытой высоты штампа и проверка по этим размерам правильности выбора прессы.

8.4. Проектирование технологических процессов.

Проектирование типовых технологических процессов. Типизация технологических процессов, одним из основоположников которой является профессор А.П. Соколовский, имеет следующие возможные направления разработки.

Классификация деталей с выявлением определенного числа типов деталей. При этом детали, относимые к одному типу, должны иметь принципиально общий технологический процесс.

Формулировка технологических задач, относящихся к изготовлению деталей в целом или к обработке отдельных поверхностей либо к сочетанию этих поверхностей.

Первое направление встречает большие трудности, связанные с классификацией разнообразных деталей изделия и с большим числом типов деталей, которые приходится рассматривать.

Второе направление требует более углубленного изучения предмета обработки, так как для того, чтобы свести все необходимые сведения к совокупности четко сформулированных технологических задач, необходимо предварительное выполнение большой исследовательской работы.

Любой технологический процесс определяется совокупностью составляющих его элементов. Например, к числу основных элементов, составляющих процесс изготовления деталей, относятся следующие: виды частных процессов и последовательность их выполнения; оборудование, применяемое для осуществления частных процессов и его настройка; технологическая оснастка (приспособления, обрабатывающий и измерительный инструмент) и ее настройка; точность выполнения каждого частного процесса.

К одному типовому процессу, очевидно, могут быть отнесены процессы изготовления различных деталей, если последние имеют в своем составе некоторое количество одинаковых с типовым процессом элементов. Такое группирование технологических процессов сокращает время на их проектирование, так как общие для всех процессов элементы разрабатываются один раз. Одновременно сокращаются затраты и на осуществление технологических процессов. Оборудование и оснастка используются для изготовления деталей различной конструкции и оказываются полностью загруженными. Обобщение элементов «настройка оборудования» и «настройка оснастки» сокращает количество переналадок и затрат труда на их выполнение.

Основной принцип типизации технологических процессов заключается в группировании технологических процессов с целью унификации их отдельных элементов, с последующим совместным проектированием и осуществлением унифицированных элементов всех процессов, входящих в данный типовой процесс.

Поэтому одним из наиболее важных вопросов типизации технологических процессов является выбор их элементов, подлежащих унификации. Номенклатура унифицируемых элементов, очевидно, служит тем признаком, по которому классифицируют и группируют технологические процессы. Отношение числа унифицированных элементов технологического процесса к общему числу составляющих его элементов можно рассматривать как характеристику степени типизации S_T .

Повышение степени типизации технологических процессов, с одной стороны, сопровождается сокращением непосредственных затрат на осуществление каждого из процессов, с другой стороны, — уменьшением количества наименований деталей, объединяемых в одну группу. Например, при $S_T = 1$ в каждую группу удастся включить процессы изготовления деталей не более двух наименований. Даже незначительные различия в конструкции деталей

неизбежно приводят к несовпадению нескольких элементов технологического процесса. Сокращение номенклатуры деталей, входящих в одну группу, в конкретных производственных условиях приводит к снижению серийности производства и связанному с этим, повышению непроизводительных затрат.

Очевидно, для каждого конкретного случая существует некоторая *оптимальная степень типизации*, которой соответствует наибольший экономический эффект. Например, практический опыт и расчеты показывают, что в мелкосерийном производстве для цехов механической обработки при изготовлении небольших по размерам деталей оптимальная степень типизации близка к принятой в методе групповой обработки.

Типовой технологический процесс для большинства деталей, охватываемых данным типом, представляет собой отступление от наилучшего варианта, что влечет за собой снижение технико-экономических показателей каждого из процессов.

В мелкосерийном производстве такое снижение технико-экономических показателей перекрывается экономией от сокращения работ по проектированию процессов, от лучшей загрузки оборудования и оснастки, от уменьшения количества переналадок оборудования. В крупносерийном и массовом производстве снижение технико-экономических показателей, связанных с отступлением от наилучшего варианта процесса изготовления детали, не компенсируется сокращением объема работ по проектированию технологических процессов. Оборудование и оснастка в этом случае полностью загружаются и при единичном технологическом процессе.

Следовательно, эффективность типизации технологических процессов уменьшается с увеличением объема производства и не оправдывает себя в крупносерийном и массовом производстве.

8.5. Современные тенденции в области проектирования процессов изготовления деталей.

Эскизное и техническое проектирование самолета и проектирование процессов его изготовления составляют наибольшую трудоемкость в подготовке производства, что вызывает необходимость в повышении производительности труда проектировщиков.

Повышение производительности умственного, творческого труда, каким является труд проектировщиков, возможно, если выделить такие его элементы, которые имеют достаточное содержательное описание и поддаются формализации. При этом, орудиями труда проектировщика будут служить электронно-вычислительные машины (ЭВМ).

Составной частью технического проектирования является проектирование процессов изготовления изделий по ранее разработанному проекту (чертежу), которое и рассматривается далее с точки зрения возможностей использования ЭВМ.

Разработка АСПТП — автоматизированных систем проектирования технологических процессов связана с предварительным выяснением первичной информации — содержательного знания о том, что необходимо и возможно проектировать с использованием ЭВМ. Неоценимую роль в этом отношении играет накопленный человечеством опыт в виде описаний и обобщений, например, типизация технологических процессов.

Многие разработчики АСПТП обращаются именно к типизации технологических процессов как в первичной содержательной информации, что требует краткого анализа.

Типизация предполагает классификацию и разработку технологических процессов по двум направлениям. Первое направление, которое можно назвать *дедуктивной типизацией*, связано с классификацией разнообразных деталей и с большим числом типов деталей. Второе

направление, которое назовем *индуктивной типизацией*, предполагает углубленное изучение предмета обработки.

К настоящему времени наиболее разработана дедуктивная типизация, получившая значительное распространение в мелкосерийном производстве. Индуктивная типизация разработана незначительно, на уровне некоторых технологических операций и переходов в границах дедуктивной типизации.

Дедуктивная типизация, в результате которой четко определяется схема технологического процесса и выясняются типовые технологические операции, привлекает наибольшее внимание разработчиков АСПТП. Но при этом не остаются незамеченными и недостатки дедуктивной типизации: громоздкость классификации деталей, определяемая оптимальной степенью типизации; пригодность для конкретного предприятия, связанная с учетом конкретных производственных условий; оптимальность типового технологического процесса, требующая периодической его переработки в связи с техническим прогрессом — появлением новых частных процессов.

Методы типизации, технологические правила, традиции и характер работы технологов на различных предприятиях разные. Поэтому алгоритмы и программы, построенные на базе этих методов, носят частный характер. Они пригодны лишь для одного предприятия и не могут без значительной переделки применяться на других заводах с другим составом оборудования и оснастки. Эти недостатки сдерживают до некоторой степени широкое внедрение в промышленность машинных методов проектирования.

Таким образом, типизация технологических процессов с точки зрения ее использования при разработке АСПТП выявляет существенное противоречие между дедуктивной и индуктивной типизацией. Дедуктивная типизация дает схему технологического процесса для конкретных производственных условий, которую, строго говоря, нельзя положить в основу индуктивной типизации. Индуктивная типизация требует принципов классификации и унификации элементов технологического процесса, которые связаны со схемой технологического процесса, определяющей не только физическую сущность и количество унифицированных элементов, но и селективное их использование. Такой объективной схемы технологического процесса дедуктивная типизация не дает.

Для разрешения этого противоречия, очевидно, необходим такой методологический подход, такая классификация элементов изделия, полуфабрикатов, заготовок и технологических процессов, при которых комбинации этих элементов, взятые в комплексе, позволяли бы с наибольшим эффектом достигать цели при любом масштабе производства.

В первую очередь, оказалось необходимым определить принципы классификации технологических процессов и на основе этих принципов произвести их классификацию.

Структурный анализ и синтез предметов и процессов производства позволил выделить три объективно существующих класса процессов, свойственных любому машиностроительному предприятию: заготовительно-обработочные; монтажно-сборочные и регулировочно-испытательные. Для подробной классификации выделим первый класс — заготовительно-обработочные процессы, т. е. процессы изготовления деталей.

В основу классификации процессов первого класса положен энергетический признак, т. е. энергия, подводимая в зону обработки (механическая, электрическая, химическая, тепловая и т. д.), или особые свойства формообразования деталей, а также новое понятие о частном процессе, сущность которого определяется данной физической теорией.

Такая *аналитическая классификация* необходима для выявления и познания массива существующих многочисленных процессов изготовления деталей.

Для селективного использования — выбора из массива технологических процессов таких процессов, которые необходимы в конкретном случае, — потребовалась другая, *синтетическая или комплексная классификация*.

Результатом комплексной классификации явились принципиальные структурные схемы технологических процессов для каждого комплексного класса и его подклассов, инвариантные конкретным производственным условиям. Это свойство принципиальных структурных схем позволяет положить их в качестве исходной информации в основу разработки АСПТП изготовления деталей самолета.

8.6. Комплексный метод проектирования технологических процессов.

Сущность комплексного метода проектирования технологических процессов состоит в том, что состояние предмета обработки — физического тела — до и после его заданного изменения рассматривается как импликация — отношение между посылкой и выводом по формуле — «Если ... то», или иначе — как отношение между однородными понятиями меньшего и большего объема.

Например, заготовку можно представить, как множество поверхностей F_3 , ограничивающих ее внешние и внутренние контуры. Деталь также представляет собой множество поверхностей F_0 , ограничивающих ее внешние и внутренние контуры. Очевидно, существует некоторое универсальное множество поверхностей F , подмножествами которого являются F_3 и F_0 . Следовательно, понятия о заготовке и детали с точки зрения их геометрических параметров однородны.

Однако количество поверхностей конкретной заготовки F_3 всегда меньше количества поверхностей детали F_0 , изготавливаемой из данной заготовки. Из этого следует, что однородные понятия имеют меньший и больший объем, а это и определяет необходимый поэтапный процесс превращения заготовки в деталь.

Такой подход распространяется не только на геометрические, но и на другие физико-механические параметры объектов — «заготовка →-деталь» (упрочнение, образование покрытий и т. д.).

На рис. 1.50 представлена схема разработки комплексного метода проектирования процессов изготовления деталей. Как видно из этой схемы, исходными данными для разработки комплексного метода являются принципиальные положения и понятия, а также аналитическая классификация деталей (проектов), применяемых для их изготовления исходных материалов и процессов.

Синтетическая классификация рассматривает исходные материалы, деталь (в проекте) и процесс превращения исходных материалов в деталь в комплексе с целью определения комплексных классов и подклассов.

Определение комплексных классов. Технологический процесс изготовления детали зависит не только от ее конструктивного оформления и заданных физико-механических свойств, но и (в основном) от внешней характеристики, т. е. от формы, размеров, точности, шероховатости поверхностей полуфабриката или заготовки.

Очевидно, в основе любого технологического процесса изготовления детали лежит вполне определенный процесс формообразования, который является следствием необходимого и целесообразного устранения различий между геометрическими параметрами детали и полуфабриката или специальной заготовки для нее.

Если физико-механические свойства полуфабриката или специальной заготовки заранее определяются проектом и обеспечение этих свойств детали практически не связано с изменением ее формы и размеров, то остаются лишь геометрические различия между проектом детали и выбранными для ее изготовления полуфабрикатом или специальной заготовкой. Эти различия устраняются с помощью вполне определенного процесса формообразования. В отдельных случаях, когда для изготовления деталей используют точные специальные заготовки, основной процесс формообразования исключается, так как геометрические различия между такой заготовкой и проектом (чертежом) детали будут незначительными или их не будет вовсе.

Следовательно, многочисленные и разнообразные по свойствам детали самолета (в проекте), так же, как и полуфабрикаты и специальные заготовки имеют взаимные связи — общие признаки, которые в основном и определяют технологический процесс — его принципиальное содержание.

Таковыми общими наиболее существенными признаками, связывающими полуфабрикат или заготовку с деталью и определяющими наиболее важный элемент технологического процесса изготовления детали — процесс формообразования, являются:

соответствие формы полуфабриката или заготовки (по контуру и сечениям) форме детали;

соответствие размеров и точности полуфабриката или заготовки по контуру и сечениям размерам и точности детали;

соответствие класса шероховатости основных необрабатываемых поверхностей полуфабриката или заготовки классу шероховатости основных поверхностей детали.

Используя перечисленные геометрические признаки, все детали планера самолета и относящиеся к ним полуфабрикаты и заготовки можно разделить на пять комплексных классов (таблица 1.3).

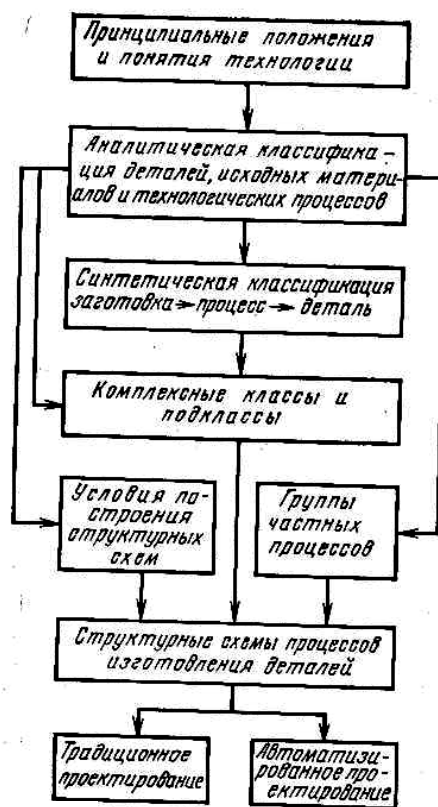


Рис.1.50 Схема разработки комплексного метода проектирования процессов изготовления деталей

К первому классу относятся детали, изготавливаемые из стандартного сортамента полуфабриката, класс шероховатости основных (необрабатываемых) поверхностей которого соответствует классу шероховатости основных поверхностей детали (Табл.8.1.)

Геометрические параметры полуфабриката в данном случае по форме и размерам не соответствуют заданным контурам детали и не полностью соответствуют заданным ее сечениям. Процессы изготовления деталей этого класса обычно включают процессы раскроя полуфабриката на заготовки.

В силу того, что детали первого класса по форме не вписываются в заготовки, основным процессом их формообразования является деформирование (гибка, вытяжка, обтяжка и т. п.).

Ко второму классу относятся детали, изготавливаемые как из стандартного сортамента полуфабриката, так и из неточных заготовок — поковок. Полуфабрикаты и заготовки для деталей этого класса не полностью соответствуют по форме и размерам контуру, указанному в чертеже на деталь, и не соответствуют по остальным геометрическим параметрам. При изготовлении деталей из стандартного полуфабриката в технологический процесс часто входит и процесс изготовления заготовки.

Детали второго класса полностью вписываются в заготовки, поэтому основным процессом их формообразования является удаление излишнего материала со всех поверхностей заготовки.

К третьему классу относятся детали, изготавливаемые из стандартного полуфабриката. Полуфабрикаты или заготовки соответствуют лишь по классу чистоты основных поверхностей и не соответствуют по всем остальным геометрическим параметрам. В технологический процесс

изготовления таких деталей, как правило, входят процессы раскроя полуфабриката на заготовки.

Детали третьего класса не вписываются в заготовки по форме и размерам контура, но вписываются по форме и размерам сечений. Поэтому для их формообразования применяются и процессы удаления излишнего материала, и процессы деформирования, которые могут меняться местами. Если, например, излишний материал удаляется механическим фрезерованием, то процесс деформирования, как правило, следует за ним. Если же удаление излишнего материала производится размерным травлением, то процесс деформирования обычно предшествует ему.

Комплексная технологическая классификация деталей

Комплексный класс	Детали самолета	Соответствие геометрических параметров деталей и полуфабрикатов (заготовок)					Полуфабрикат или специальная заготовка
		по форме		по размерам		по чистоте ос- новных поверх- ностей	
		контур	сечений	контур	сечений		
1	Обшивки, нервюры, шпангоуты, стрингеры, тяги, фермы и т. д.	≠	≈	≠	≈	≡	Листы, профили, профилированные плиты, трубы тонкостенные
2	Штоки, валики, цилиндры, вилки, уши, рамы, шпангоуты и т. д.	≈	≠	≈	≠	≠	Прутки, трубы толстостенные, поковки и неточные штамповки и отливки
3	Монолитные панели, обшивки, полки и стенки фасонные и переменного сечения и т. д.	≠	≠	≠	≠	≈	Плиты и полосы плоские, катаные и прессованные
4	Силовые узлы, шпангоуты, монолитные отсеки, полки лонжеронов, панели и т. д.	≡	≡	≈	≈	≡	Точные штамповки, отливки и прессованные заготовки
5	Диффузоры, конусы, носки, законечники, законцовки крыльев и т. д.	≡	≡	≡	≡	≡	Заготовки из композиционных материалов — пластмасс, керамики и т. п.

Условные обозначения: ≡ — полное соответствие; ≈ — неполное соответствие; ≠ — несоответствие.

Таблица 8.1.

К четвертому классу относятся детали, изготавливаемые из специальных точных заготовок, выполненных штамповкой совместно с калибровкой, штамповкой с чеканкой, штамповкой из жидкого металла, точным литьем, горячим или холодным прессованием.

Геометрические параметры таких заготовок не полностью соответствуют геометрическим параметрам деталей только по размерам контура и сечений. Все остальные геометрические параметры заготовки соответствуют заданным параметрам детали.

Поэтому в технологическом процессе изготовления деталей из таких заготовок процесс формообразования отсутствует, так как он входит в процесс изготовления заготовок. Основные поверхности заготовок обработке не подвергаются. Остаются лишь процессы доводки — доработки по размерам контура и некоторых сечений.

К. пятому классу относятся монолитные детали, изготавливаемые непосредственно из пластмасс (синтетических высокомолекулярных веществ) или их композиций с различными наполнителями (порошкообразными, волокнистыми и др.), а также из керамики и металлокерамики. Для изготовления этих деталей применяют такие процессы формообразования, которые в большинстве случаев устраняют последующую обработку.

В предположении, что и для этого класса деталей вначале изготавливаются заготовки (см. таблицу 1.4), можно утверждать, что геометрические параметры этих заготовок полностью соответствуют геометрическим параметрам деталей, а процесс изготовления заготовки по существу будет представлять процесс изготовления детали.

Таким образом, являясь наиболее существенным элементом процесса изготовления детали, процесс формообразования диктует характер подготовительных и завершающих процессов.

В дальнейшем комплексный метод проектирования рассматривается применительно к изготовлению деталей из металлов и их сплавов, т. е. касается только первых четырех комплексных классов.

Определение комплексных подклассов. На втором этапе комплексной классификации комплексные классы делятся на подклассы. Импликацией «заготовка → деталь» служат физико-механические параметры материалов с их признаками, существенно влияющими на формирование структуры технологического процесса (табл. 8.2.).

Как видно из табл. 8.2, каждый комплексный класс, за исключением пятого, оказалось возможным разделить на три подкласса.

Признаки деления первого и третьего комплексных классов на подклассы аналогичны. Различие состоит лишь в том, что для подклассов первого комплексного класса основным процессом формообразования служит деформирование, а для подклассов третьего комплексного класса основной процесс формообразования составляется из процессов деформирования и удаления излишнего материала.

Определение комплексных подклассов

Классы	Подклассы	Признаки физико-механических свойств предмета обработки «заготовка → деталь»
1,3	11,31	Упрочняемые термообработкой сплавы с длительным сроком старения
	12,32	Упрочняемые термообработкой сплавы, не обладающие длительным сроком старения
	13,33	Неупрочняемые термообработкой сплавы
2,4	21,41	Упрочняемые термообработкой сплавы с $\sigma_B > 1200 \text{ МПа (120 кгс/мм}^2\text{)}$
	22,42	Упрочняемые термообработкой сплавы с $\sigma_B \leq 1200 \text{ МПа (120 кгс/мм}^2\text{)}$
	23,43	Неупрочняемые термообработкой сплавы

Таблица 8.2.

Признаки деления второго и четвертого комплексных классов на их подклассы также аналогичны. Различие заключается лишь в том, что для подклассов второго комплексного класса основным процессом формообразования является процесс удаления излишнего материала,

а для подклассов четвертого комплексного класса характерно отсутствие основного процесса формообразования.

Следует заметить, что признаки деления второго и четвертого комплексных классов на первые два подкласса приняты исходя из практики проектирования наиболее рациональных технологических процессов. Как показала практика, современный режущий инструмент позволяет обрабатывать материалы с $\sigma_b \geq 1200$ МПа (120 кгс/мм²) почти без снижения его стойкости, что дает значительный эффект в результате сокращения цикла обработки. Конечно, этот вопрос подлежит более глубокому изучению.

Приведенное деление комплексных классов на их подклассы конкретизирует подход к построению принципиальных структурных схем процессов изготовления деталей. Однако для построения таких схем необходимо предварительно определить группы частных процессов и условия построения структурных схем. Определение групп частных процессов вызывается тем, что разработка структурных схем непосредственно по множеству частных процессов в силу количественной неопределенности этого множества оказывается весьма затруднительной. Кроме этого вновь появляющиеся частные процессы неизбежно повлекут за собой изменение разработанных в этих условиях структурных схем технологических процессов. Поэтому в основу определения групп частных процессов положен признак *аналогии технологических функций*, т. е. наиболее существенная особенность частных процессов, которая объединяет их в группы. При этом частные процессы, объединяемые в одну группу, могут быть различными по физической сущности и количество их в данной группе может изменяться с развитием техники и технологии или в соответствии с конкретными производственными условиями.

Каждая группа частных процессов предполагает также соответствующее оснащение, обеспечивающее выполнение функций каждого частного процесса данной группы.

Такой подход позволил все множество существующих и вновь появляющихся частных процессов формообразования объектов обработки и придания им соответствующих физико-механических свойств объединить в ограниченное число их групп (табл. 8.1.).

Условия построения структурных схем технологических процессов изготовления деталей свелись к выбору таких групп частных процессов, которые были бы необходимы и достаточны для превращения полуфабриката или заготовок в детали в пределах данного комплексного класса, а также к определению такого последовательного расположения групп частных процессов, которое было бы характерно для всего множества полуфабрикатов, заготовок и деталей данного комплексного класса и исключало бы необоснованное образование петель.

На рис. 8.4. представлены принципиальные структурные схемы процессов изготовления деталей первого комплексного класса. В первой строке схемы указаны группы частных процессов в условных обозначениях (см. табл. 8.1.). Последовательность групп частных процессов обозначена порядковыми номерами во второй строке. Последняя цифра соответствует общему количеству используемых в данном комплексном классе групп частных процессов с учетом их повторяемости.

Группы частных процессов, включаемые в различные схемы процессов изготовления деталей, обозначены кружками в соответствующих вертикальных колонках, а их функциональные связи показаны горизонтальными линиями. Вход обозначен стрелками «слева — направо» от Z (заготовка), а выход — стрелками к D (деталь). Двухзначные цифры, приданные Z и D ,

указывают: первая — на принадлежность Z и D к определенному комплексному классу, а вторая — к его подклассу.

Аналогично разработанные структурные схемы для всех четырех классов охватывают почти все существующие процессы изготовления деталей планера самолета из металлов и их сплавов и представляют собой необходимую основу при проектировании конкретных технологических процессов.

Таблица 8.3.

Определение групп частных процессов	
Условное обозначение группы	Краткое содержание признака «Аналогия технологических функций»
Процессы формообразования	
а) удалением излишнего материала:	
Уд 1	изменяющие форму, размеры и шероховатость и определяющие положение образуемых поверхностей относительно конструктивной базы
Уд 2	изменяющие форму, размеры и шероховатость, но не определяющие положение образуемых поверхностей относительно конструктивной базы
Уд 3	изменяющие только шероховатость поверхностей, полученных предыдущей обработкой
б) холодным деформированием:	
Деф 1	жесткосхемные, изменяющие форму поверхностей заготовки без существенного перераспределения и перемещения объема материала
Деф 2	мягкосхемные, изменяющие форму полуфабриката перераспределением и заданным перемещением объема материала при значительных удельных давлениях
Деф 3	отделочные, изменяющие шероховатость или прочность поверхностей без существенного изменения формы и размеров заготовки, полученной предыдущей обработкой
Процессы, изменяющие физико-механические свойства	
а) термической обработкой:	
То 1	смягчающие (отжиг, отпуск)
То 2	упрочняющие (закалка с отпуском, закалка со старением)
То 3	упрочняющие с диффузионным насыщением или пластическим деформированием
б) образованием покрытий:	
Оп 1	подслойные покрытия
Оп 2	декоративные и защитные покрытия
Оп 3	упрочняющие покрытия

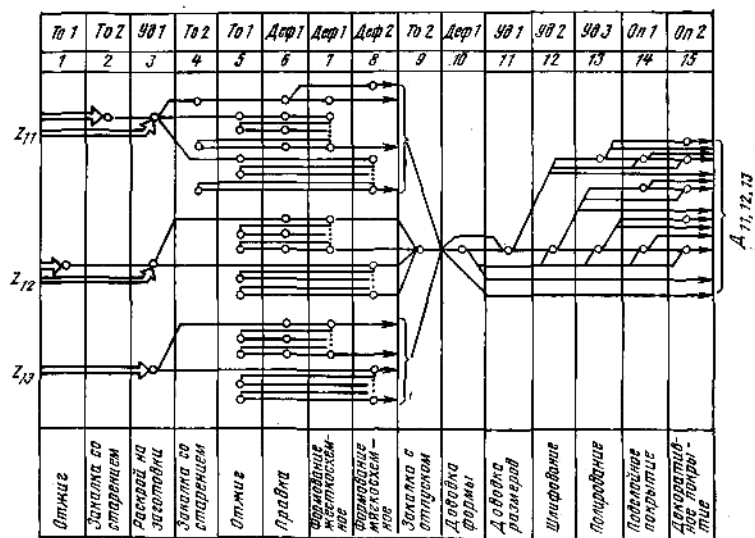


Рис. 8.4. Принципиальные структурные схемы процессов изготовления деталей первого комплексного класса.

Алгоритм выбора структурных схем процессов изготовления деталей в содержательном описании сводится к следующему:

на основе первичной информации (чертеж, технические условия), используя признаки соответствия геометрических параметров заготовки и детали, отнести проект детали к комплексному классу;

используя признаки о свойствах материала (предел прочности, длительное старение, упрочняемость термической обработкой, состояние поставки), отнести проект детали к одному из подклассов определенного ранее комплексного класса;

используя информацию о точности, шероховатости, упрочнении отдельных поверхностей детали, выбрать схему процесса изготовления детали для определенного ранее комплексного подкласса.

На уровне выбора структурных схем процессов изготовления деталей комплексный метод является универсальным, т. е. пригодным для традиционного и автоматизированного проектирования технологических процессов. При обычном проектировании алгоритм выбора структурных схем может быть использован в его содержательном описании. При автоматизированном проектировании этот алгоритм формализуется для программирования.

Комплексный метод по сравнению с дедуктивной типизацией технологических процессов имеет следующие значительные преимущества:

инвариантность структурных схем технологических процессов конкретным производственным условиям исключает переработку АСПТП на высших уровнях при их использовании на разных предприятиях;

громоздкая и трудоемкая дедуктивная типизация технологических процессов заменяется разбиением множества чертежей деталей на группы по установленным для каждого комплексного класса и подкласса признакам;

инвариантность структурных схем процессов изготовления деталей конкретным производственным условиям служит основанием для определения объективных принципов индуктивной типизации — унификации элементов технологических процессов, а также для селективного использования унифицированных элементов технологических процессов в каждом конкретном случае.

Раздел 3. Сборочные процессы.

Тема 9. Основные понятия технологии сборки летательных аппаратов.

Создание такого сложного изделия, как самолет, представляло бы чрезвычайно трудную задачу, если бы в процессе эскизного и технического проектирования его не делили на законченные в конструктивном и технологическом смысле части.

В производстве ЛА принято делить изделие на агрегаты, отсеки, узлы и детали часто называемыми сборочными единицами. В процессе разработки конструкции сначала производят деление планера на агрегаты, узлы и соединительные детали, входящие в планер, затем агрегаты делят на отсеки, узлы и соединительные детали, входящие в агрегаты. После этого отсеки делят на узлы и соединительные детали, входящие в отсеки, и, наконец, узлы отсеков, агрегатов и планера - на составляющие их детали.

9.1. Технологическая характеристика процессов сборки

Процесс создания ЛА представлял бы чрезвычайно трудную задачу, если бы при эскизном и техническом проектировании не предлагалось членение – деление его на отдельные, законченные в конструктивном и технологическом смысле части. Такие части обычно называют сборочными единицами.

У ЛА обычно выделяют:

- планер;
- органы приземления (шасси);
- двигатели; - системы управления;
- специальное оборудование;
- средства связи.

Самолетостроение представляет собой звено, связующее между собой различные отрасли авиационного производства, так как на этих заводах наряду с изготовлением и сборкой планера производится монтаж и проверка в действии двигателей, специального оборудования и прочих элементов самолета.

В авиационном производстве самолет обычно делят на агрегаты, узлы и детали.

На рис.9.1. показана принципиальная схема преобразования исходных материалов в изделие.



Рис. 9.1. Принципиальная схема преобразования исходных материалов в изделие.

Деталь – элементарная часть изделия, изготовленная из монолитного куска материала.

Узел – несколько соединенных между собой деталей (сборные лонжероны, нервюры, шпангоуты и т.д.).

Панель – соединение нескольких деталей каркаса с обшивкой.

Агрегат – законченная в конструктивном отношении часть планера, состоящая из отсеков и узлов.

На рис.9.2. представлены основные агрегаты планера самолета.

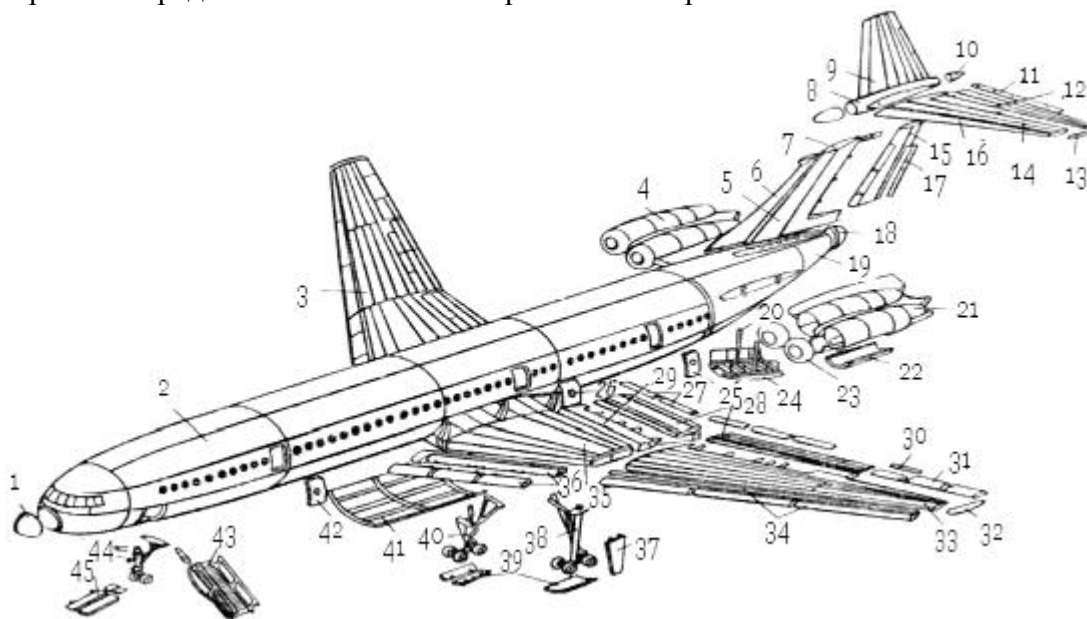


Рис.9.2. Членение самолета

1-обтекатель антенны; 2-передняя и средняя части фюзеляжа; 3-крыло; 4-силовая установка; 5-киль; 6,16-носок килля; 8-обтекатель стабилизатора; 9-стабилизатор; 10,18-кок стабилизатора и фюзеляжа; 11,17,30-триммеры; 12-руль высоты; 13,32- законцовка стабилизатора и ОЧК; 15-руль направления; 19-хвостовая часть фюзеляжа; 20-гидроподъемник трапа; 21-гондоло двигателя; 22-створка гондолы; 23-воздухозаборник двигателя; 24,43-трапы; 25,26,42-двери; 27- интерцептор; 28-закрылки; 29-хвостовая часть центроплана; 31-элерон; 34,36-носок и предкрылок ОЧК и центроплана; 37,39,45-щитки шасси; 38,40,44- шасси; 41-подкессонная панель.

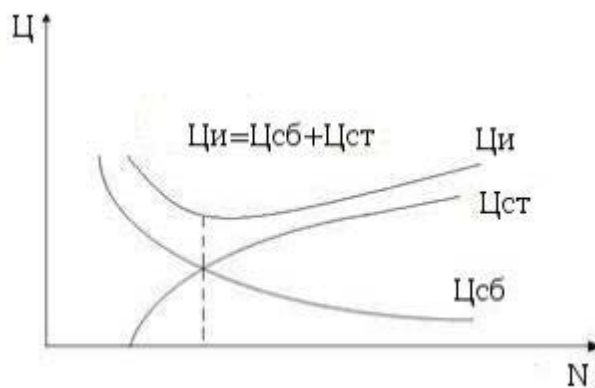


Рис. 9.3. Рациональные границы деления ЛА на части.

$\text{Ц}_и$ – цикл сборки и стыковки частей самолёта, $\text{Ц}_сб$ – цикл сборки частей самолёта, $\text{Ц}_ст$ – цикл стыковки частей самолёта.

Места соединения частей ЛА – стыки могут быть различными, что определяется соединением частей при помощи различных соединений (болтов, винтов, замков и т.д.).

Разъемы могут быть подвижными и неподвижными. Разъемы допускают не только отделение, но и перемещение отдельных частей относительно друг друга. Это необходимо не только для удобства сборки, но и функционирования изделия, его эксплуатации и ремонта. Соединения частей с помощью неразъемных соединений (клепка, сварка, пайка и т.п.) не имеют разъема и называются технологическими стыками.

Технологические стыки необходимы для удобства сборки ЛА, его частей, что, как правило, повышает производительность труда и качество продукции. Отдельные части

ЛА можно собирать параллельно, в силу чего цикл изготовления ЛА резко сокращается. Однако деление ЛА на части имеет свои целесообразные, рациональные границы (рис. 9.3).

Наиболее короткому циклу сборки изделия соответствует оптимальное соотношение элементов цикла, охватывающих параллельную сборку его частей и соединение собранных частей изделия между собой.

9.2. Требования к точности обводов агрегатов и их взаимному положению.

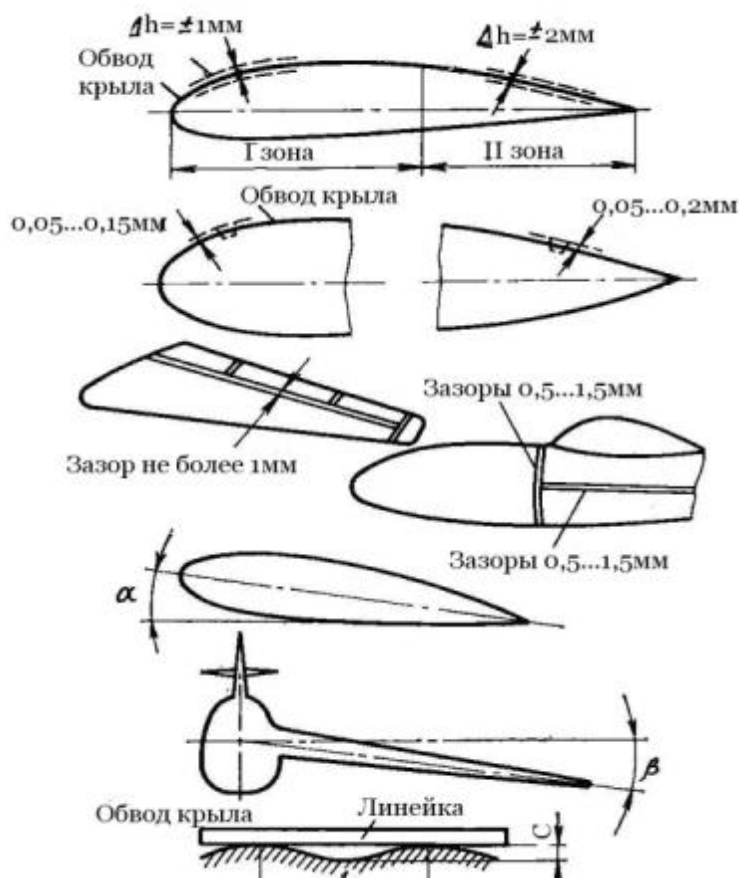


Рис. 9.4. Допуски на обводы и установочные углы отдельных агрегатов самолета.

При сборке планера самолета необходимо учитывать жесткие требования в отношении точности воспроизведения его аэродинамических обводов и достижения заданной точности узлов и агрегатов. Эти требования и возможные допуски зависят от назначения самолета и указываются в технических условиях (Рис. 9.4.).

9.3. Схемы сборочных процессов.

В зависимости от степени членения конструкции планера самолета на сборочные единицы и степени дифференциации сборочных и монтажных работ, сборочный процесс может выполняться по последовательной, параллельной и параллельно-последовательной схеме. (Рис. 9.5.)

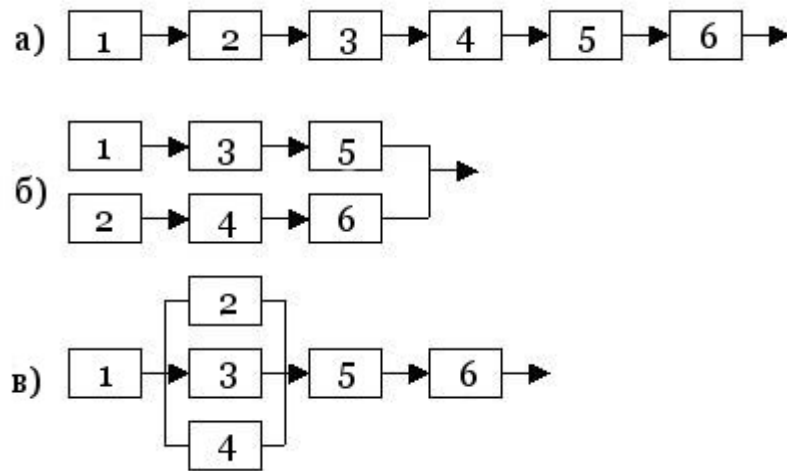


Рис. 9.5. Схемы сборочных процессов: а) Последовательная схема; б) Параллельная схема; в) Последовательно-параллельная схема.

Последовательная схема применяется для не расчленяемых агрегатов. Сборка и монтаж осуществляется в неудобных условиях, применение механизации затруднительно, количество одновременно занятых исполнителей ограничено. Следовательно, трудоемкость изготовления нерасчлененной конструкции самая высокая, а производительный цикл длинный.

Параллельная схема используется для агрегатов, расчленяющихся на узлы, которые собираются независимо друг от друга. Основной объем монтажных работ выносится на панели, и они тоже выполняются параллельно. Цикл работы короткий, трудоемкость наименьшая, качество высокое. Это объясняется возможностью механизации и расширения фронта работ, а также удобными условиями труда сборщиков и монтажников.

Параллельно-последовательная схема применяется для сборки агрегатов, расчлененных на панели и узлы, которые собираются параллельно, после чего стыкуются в агрегат. Монтажные работы и панели не выносятся, а выполняются в собранном агрегате. Таким образом, преимущества панелирования используются только для сборочных процессов.

9.4. Взаимосвязь конструкции и технологии.

Две стороны единого производственного процесса создания любого ЛА, а именно конструкция изделия и технология его изготовления, находятся в постоянной взаимосвязи и взаимозависимости.

Существенные изменения в конструкции, опирающиеся на новейшие достижения науки и техники, неизбежно вызывают необходимость появления новых технологических способов и приемов, которые позволяют практически реализовать все конструктивные нововведения. И наоборот, достигнутые результаты в разработке принципиально новых технологических решений позволяют принимать такие конструкторские решения, которые отвечают запросам времени и удовлетворяют повышенным экономическим и целевым требованиям. При этом, как правило, первичной выступает конструкция, а вторичной, соподчиненной стороной является технология.

Борьба за уменьшение массы планера ЛА, увеличение его ресурса и надежности приводит к следующим основным решениям при проектировании самолетов:

- отказ от конструктивных разъемов по всем основным частям планера (например, переход на неразъемные конструкции крыла и фюзеляжа на широкофюзеляжных самолетах);
- увеличение геометрических размеров панелей, балок, лонжеронов, шпангоутов, выполненных из монолитных заготовок (например, использование для изготовления панелей толстолистовых обшивок ($S = 8 \dots 12$ мм и более) размерами $25,0 \times 4,5$ м);
- применение новых видов комбинированных материалов, в том числе и композиционных

(например, использование полиамидной бумаги и стеклопакетов; применение сварных панелей с сотовыми наполнителями из титановых и стальных сплавов в конструкциях панелей; применение графито- и боропластиков и других композиционных материалов), объем использования которых в конструкции крыла составит 8. . 9 %, а в конструкциях гондол двигателя – до 75%;

- использование комбинированных монолитно-сборных панелей, состоящих из толстолистовых обшивок, подкрепленных мощным стрингерным набором, или клееных панелей, когда толщина обшивки образуется в результате склеивания тонколистовых заготовок по всей поверхности листов.

Эти конструктивные решения обеспечивают значительное снижение массы планера самолета, а также повышает его ресурс. Однако усложнение конструкции, расширение номенклатуры новых материалов неизбежно приводят к изменению технологических процессов, состава и структуры оборудования для изготовления деталей и сборки изделий, увеличивают объемы и сложность технологического оснащения.

9.5. Пути повышения эффективности сборочных процессов

Частая смена объектов производства или значительные по своим объемам и частоте модификации выпускаемых машин приводят к большим изменениям в технологии и перестройке производства. Особенно болезненно происходит перестройка в сборочных производствах, использующих для сборки металлоемкие и трудоемкие в изготовлении сборочные приспособления.

Вопросам повышения эффективности сборочного производства уделяется в последнее время все большее внимание. Это объясняется теми обстоятельствами, которые сложились в течение последних лет в развитии всего комплекса машиностроительного производства, а также соотношением их в общем объеме работ, затрачиваемых на изготовление продукции. Развитие научно-технического процесса в области технологии и организации механической обработки и заготовительно-установочных работ, сварочных и термообрабатывающих производств привело к использованию новых технологических процессов, применению станков и установок с ЧПУ, робототехнических комплексов, переходу на групповые поточные методы. Сборочное производство, характеризующееся значительным использованием ручного труда, явно отстало в своем развитии.

Отставание сборочного производства произошло главным образом вследствие недостаточного внимания к вопросам научно-технического решения проблем:

- 1) специализации;
- 2) механизации и автоматизации;
- 3) развития и совершенствования технологии и организации сборочного производства.

Подобное положение становится все более и более ощутимым, наносит значительный ущерб народному хозяйству, так как в сборочных цехах сконцентрировано большое число рабочих, производственных площадей и оборотных фондов.

Очевидны преимущества специализации сборочного производства, но еще более действенным способом повышения эффективности производства является выделение самостоятельных сборочных комплексов, вплоть до заводов и их объединений.

Создание таких предприятий способствует:

- ✓ концентрации и специализации производства, значительному снижению трудоемкости сборки изделий, благодаря расширению возможностей применения высокопроизводительных средств механизации и автоматизации производства;
- ✓ повышению качества выпускаемых машин, вследствие повышения качества поставляемых на сборку деталей и сборочных единиц;
- ✓ сокращению длительности сборочного цикла, организации поточной
- ✓ сборки в соответствии с оптимальным расписанием работы потока.

Фирма «Груммен» (США) серийное производство многоцелевого палубного истребителя F-16 осуществляет на десяти своих заводах, производя окончательную

сборку самолета на одном из них. При этом примерно 60% всех работ, связанных с серийным производством, выполняют фирмы-подрядчики. Еще большей кооперацией и специализацией производств отличается изготовление широко-фюзеляжного самолета «Эрбас-Индестри» А-330. В его серийном производстве участвуют авиационные заводы шести европейских государств: Франции, Англии, ФРГ, Испании, Бельгии, Голландии. Общую сборку производят в Тулузе, куда поставляются следующие основные отсеки и агрегаты: из Честера (Англия) – крылья, из Бремена и Гамбурга – средние и хвостовые отсеки фюзеляжа, из Мадрида – горизонтальное оперение (стабилизаторы), из Сен-Назера (Франция) – носовой отсек и другие части фюзеляжа.

Основные резервы и пути повышения эффективности сборочного производства:

- 1) совершенствование технологии и организации сборочных работ на основе применения прогрессивных технологических процессов и организационных форм их осуществления, повышающих производительность труда, уменьшающих трудоемкость и длительность сборки;
- 2) механизация и автоматизация всего комплекса сборочного производственного процесса, а не только операций массового характера;
- 3) разработка новых и совершенствование существующих методов сборки, повышающих уровень взаимозаменяемости отдельных частей конструкции, увеличивающих количество сборочных единиц, позволяющих расширить фронт работ и широкое применение средств механизации и автоматизации.

9.6. Методы сборки и сборочные базы.

Сборка – совокупность технологических операций по установке деталей в сборочное положение и соединению их в узлы, панели, агрегаты и летательный аппарат в целом.

В основу определения понятия «метод сборки» в общем машиностроении принят принцип степени взаимозаменяемости деталей, поступающих на сборку. В силу специфических особенностей конструкций ЛА в основу классификации методов сборки в производстве ЛА принят принцип использования поверхностей базирования.

По этому признаку различают следующие методы сборки:

1. сборка по базовой детали (чертежу);
2. сборка по разметке;
3. сборка по сборочным отверстиям (СО);
4. сборка с применением специальных сборочных приспособлений.

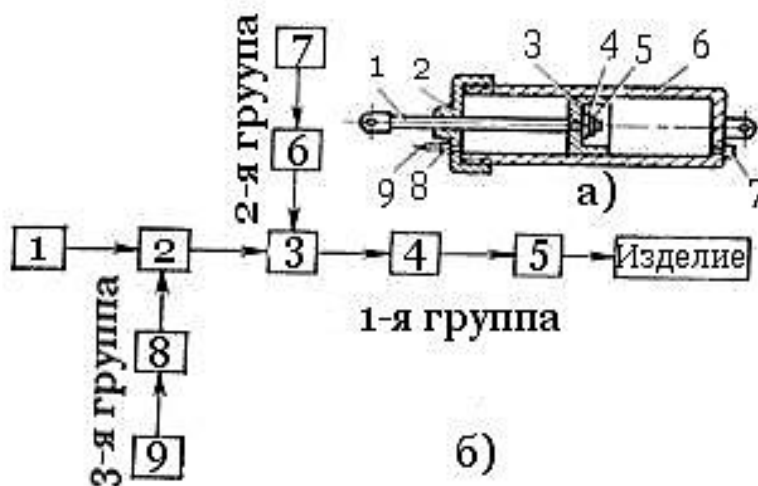


Рис.9.6. Силовой цилиндр и схема его сборки по базовой детали:

а) эскиз цилиндра: 1-шток; 2-крышка; 3-поршень; 4-шайба; 5-гайка; 6-цилиндр; 7,8-штуцеры; 9-шланг.

б) схема сборки;

1. Сборка по базовой детали - применяется в том случае, когда собираемые детали обладают большой собственной жесткостью, а размеры готового изделия обеспечиваются

системой допусков и посадок, принятой в общем машиностроении. Такой метод используется для сборки узлов шасси, пневмо- и гидроцилиндров, тяг управления, колонок штурвалов управления и др. При сборке по этому методу узлов из деталей с малой жесткостью его реализация трудноосуществима. (Рис. 9.6.).

II. Сборка по разметке – требует обязательного наличия в составе собираемого изделия одной такой детали, которая могла бы выполнять роль основной (базовой) и на которой можно нанести линии разметки под сочленяемые с ней другие детали. При этом используются универсальные слесарные инструменты и приспособления (струбцины, чертилки, керн, циркуль и т.п.). Детали размечают вручную или фотоконтактным методом (по специальным шаблонам из винипроза). (Рис.9.7.).

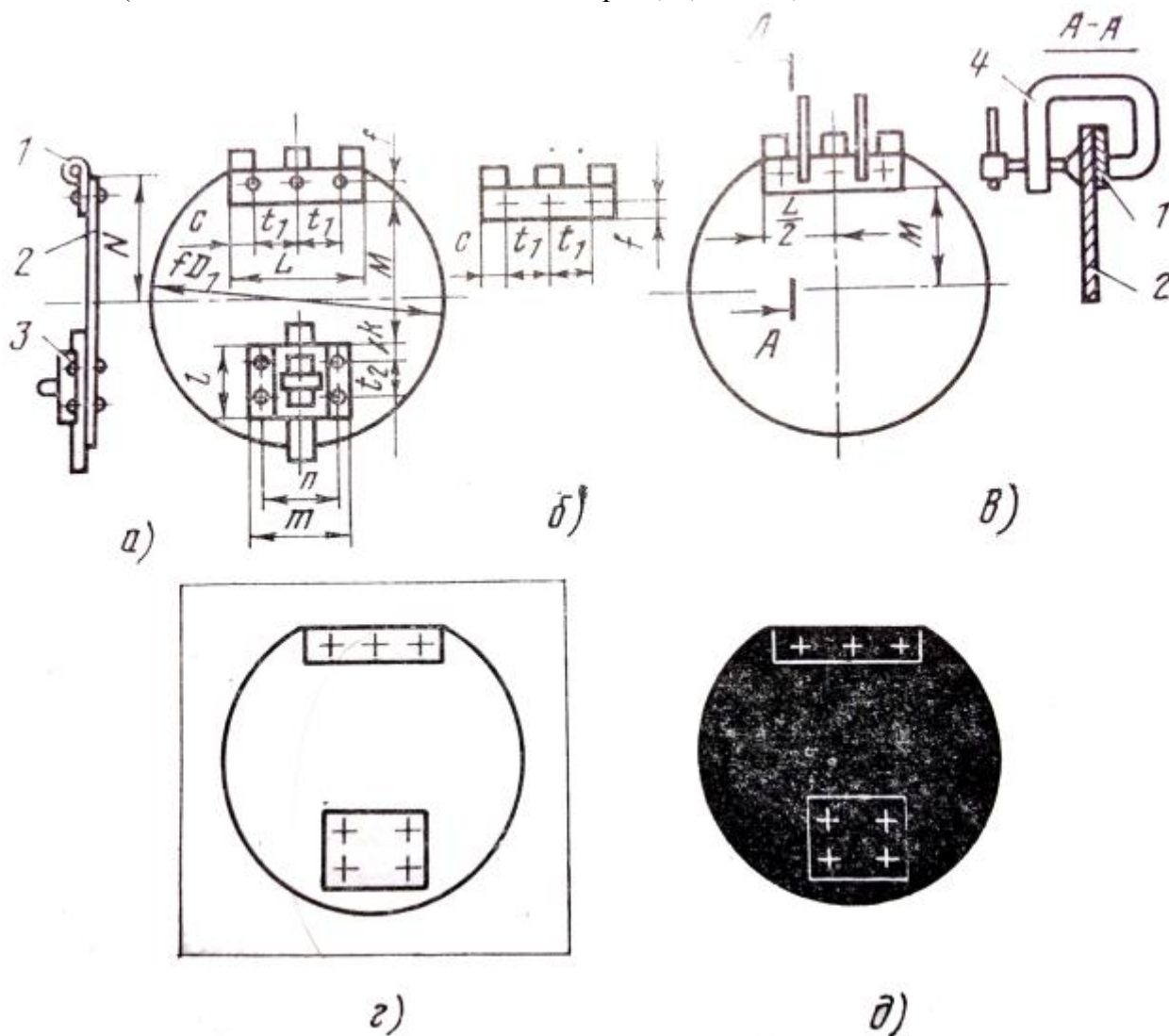


Рис. 9.7. Лючок и сборка его по разметке: 1-петля; 2-диск; 3-замок; 4-струбцина.

Можно собрать двумя способами:

1.
 - а) разметить центры отверстий под заклепки в петле 1 и кернить центры отверстий;
 - б) установить петлю 1 на диск 2 по размерам и закрепить петлю и диск струбцинами;
 - в) сверлить отверстия под заклепки по накерненным центрам;
 - г) вставить заклепки, расклепать, снять струбцины;
 - е) аналогично разметить отверстия под замок, кернить центры, установить замок на диск, сверлить отверстия, вставить заклепки, расклепать.
2.
 - а) на листе винипроза в натуральную величину наносят контуры диска, петли, замка и положение центров отверстий;

- b) на заготовку диска наносят фотоэмульсию и просушивают;
- c) на заготовку накладывают лист винипроза, фотографируют и проявляют отпечаток;
- d) сверлят в диске (предварительно меньшего диаметра) отверстия под заклепки;
- e) на диск устанавливают петлю, закрепляют трубцинами и рассверливают отверстия, вставляют заклепки и расклепывают;
- f) также устанавливают замок.

Сборку по разметке на винипрозе применяют как в опытном, так и в серийном производстве при малых программах выпуска изделий.

III. Сборка по сборочным отверстиям (СО) – процесс, при котором взаимное расположение собираемых деталей определяется положением имеющихся на них сборочных отверстий.

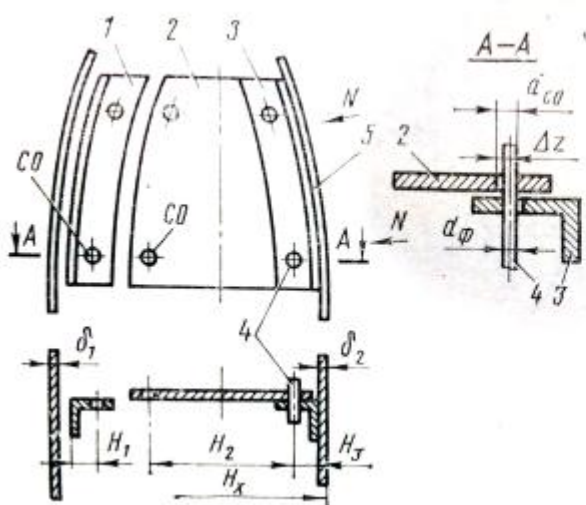


Рис.9.8 а. Образование обводов агрегата при сборке с базированием по СО:
1,3-профили; 2-стенка; 4-фиксатор; 5-обшивка.

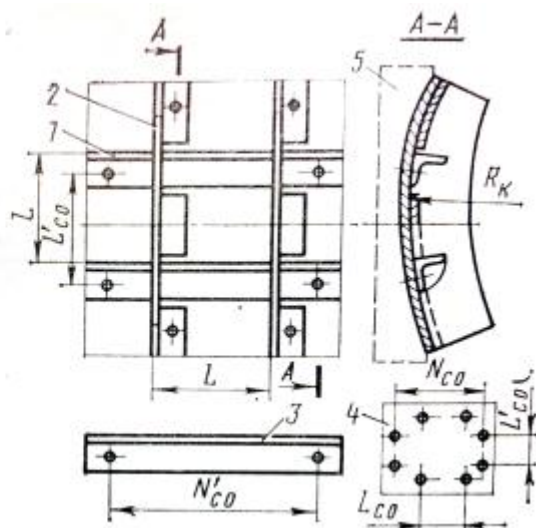


Рис.9.8 б. Базирование деталей каркаса по СО:
1-стрингеры; 2-шпангоуты; 3,4-расположение СО в стрингерах и обшивке; 5-ложемент поддерживающего устройства.

Собираемые детали совмещают друг с другом, и на период сборки в СО вставляют фиксаторы. Базирование по СО возможно при образовании обводов агрегата (рис. 9.8.а) и установке продольных поперечных наборов (каркаса) (рис. 9.8.б).

При сборке с образованием обводов агрегата размер внешнего обвода:

$$N_x = \delta_1 + H_1 + H_2 + H_3 + \delta_2.$$

Погрешность обвода определяется как сумма:

$$\Delta N_x = \Delta \delta_1 + \Delta H_1 + \Delta H_2 + \Delta H_3 + \Delta \delta_2 + 4\Delta z + c_i,$$

где H_1, H_2, H_3 – размеры, определяющие положение СО в деталях; z – зазор между диаметром СО (d_{CO}) и диаметром фиксатора (d_{ϕ}); c_i – погрешность размера вследствие деформации и пружинения.

В случае базирования по СО элементов продольного и поперечного набора погрешность замыкающего звена +/- (1,0 . . . 1,5) мм, что вполне соответствует требованиям по точности расположения элементов продольного набора в стыкуемых узлах и панелях.

Сборка с базированием по СО при плоских узлах, производится на столах или с применением простейших приспособлений, которые служат для поддержания деталей в сборочном приспособлении и не влияют на точность образования форм и обводов изделия. СО сверлятся в деталях по шаблонам (плоским и объёмным), по разметке, фото контактным методом или в приспособлениях для сверления.

Места расположения СО указываются в чертежах и схемах, составленных в конструкторском отделе серийного завода.

Сборочные базы при сборке в приспособлениях.

Сборочные приспособления обеспечивают требуемое взаимное расположение собираемых деталей, инструмента, придание формы недостаточно жестким деталям и узлам в процессе сборки. При этом создаются следующие преимущества по сравнению со сборкой по разметке:

- исключается разметка и пригонка деталей;
- ускоряется и облегчается процесс сборки;
- достигается взаимозаменяемость собираемых узлов и агрегатов;
- возможна механизация процесса сборки.

Этим объясняется широкое применение сборочных приспособлений при серийном изготовлении самолетов и вертолетов. Следует заметить, что при этом конечный размер сборочной единицы образуется как результат перенесения на сборочную единицу размера сборочного приспособления. Это требует изготовления точных, взаимосвязанных приспособлений, воспроизводящих конечные размеры изделия. Так как окончательный размер собираемых изделий образуется сложными поверхностями, которые отличаются значительными габаритами, многодетальностью и сложностью форм, то сборочные приспособления получаются сложными, массивными, неудобными в работе. Требуется большое число материалов, большие затраты труда и времени для подготовки производства.

При сборке приспособлений реализуются следующие подходы (базы):

- 1) за базу принимается наружная или внутренняя поверхность обшивки агрегата, выходящая на теоретический контур ЛА;
- 2) за базу применяется поверхность каркаса изделия (то есть без учета обшивки).

Сборка частей планера самолета в приспособлениях обеспечивает точность готового изделия в пределах 1... 1,5 мм. При этом сборочное приспособление должно быть изготовлено с точностью, в 3...10 раз превышающую точность сборки изделия.

Сборка в сборочных приспособлениях позволяет добиваться заданной точности окончательных форм и размеров вследствие принудительного перемещения деталей при сборке до совпадения их базовых поверхностей с базовыми поверхностями фиксаторов сборочного приспособления.

Перемещение осуществляется как без деформирования деталей, путем линейного перемещения, так и с принудительным деформированием деталей до полного совпадения базовых поверхностей. В первом случае говорят, что компенсация погрешностей размеров происходит путем перемещения, а во втором – упругой компенсацией. Компенсация перемещения позволяет получать заданные линейные размеры, а упругая компенсация – исправлять форму контуров деталей.

Эффект упругой компенсации погрешностей форм деталей успешно используется, если деформируемая деталь обладает невысокой собственной жесткостью, а детали, к которым она прикрепляется, обладают значительной собственной жесткостью. Только в этом случае можно гарантировать неизменность окончательных размеров и форм готового изделия при его расфиксации и снятии со сборочного приспособления.

Следует учитывать появление внутренних напряжений при реализации упругой компенсации, которые могут привести к нежелательным последствиям при эксплуатации вследствие снижения прочности и долговечности конструкций, находящихся под воздействием предварительных сборочных напряжений.

Сборка по базе «поверхность каркаса».

При такой сборке обшивки (или панели) устанавливаются на базовую поверхность каркаса и прижимаются к ней на период выполнения соединения. Существует несколько вариантов этого метода базирования. (Рис. 9.9.).

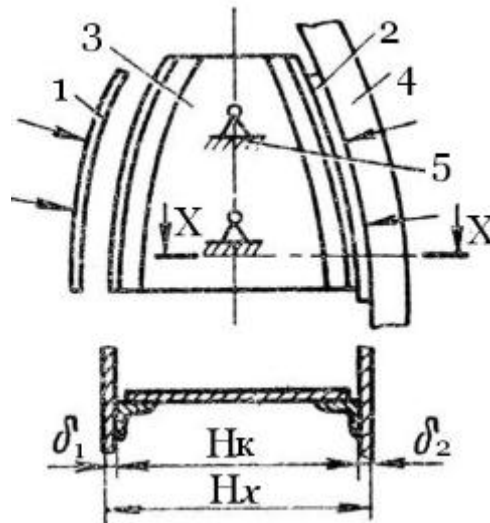


Рис.9.9. Сборка по базе «поверхность каркаса».

- 1- обшивка (панель) до установки на каркас; 2-обшивка, установленная на каркас; 3-каркас; 4- Элементы сборочного приспособления, прижимающие обшивку к каркасу; 5-фиксация каркаса в сборочном приспособлении.

Размер собранного агрегата в приспособлении с базированием по поверхности каркаса будет:

$$H_x = H_k + \delta_1 + \delta_2,$$

где H_x – номинальный размер внешнего обвода собираемого изделия в рассматриваемом сечении; H_k – номинальный размер каркаса; δ_1, δ_2 – номинальная толщина обшивок (панелей).

Таким образом, погрешность при сборке будет:

$$\Delta H_x = \Delta H_k + \Delta \delta_1 + \Delta \delta_2 + c_i.$$

Если обшивке присоединяется к каркасу при помощи клея или припоя (рис. 9.10.), то погрешность внешнего обвода будет

$$\Delta H_x = \Delta H_k + \Delta \delta_k' + \Delta \delta_1 + \Delta \delta_k'' + \Delta \delta_2 + c_i,$$

здесь $\Delta \delta_k', \Delta \delta_k''$ – погрешности по толщине слоя клея (припоя).

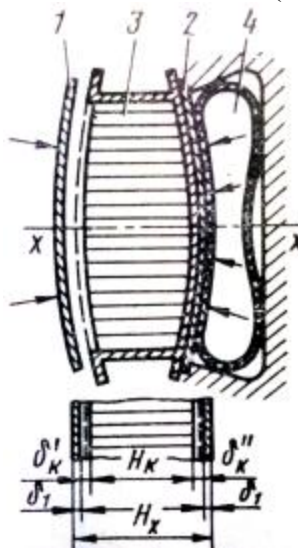


Рис.9.10. Погрешности при базировании по поверхности каркаса

- 1 – Обшивка; 2 - Слой клея (припой); 3 – Соты; 4 - Резиновый мешок.

Таким образом, рассмотренные варианты базирования по поверхности каркаса показывают, что отклонения ΔH_x в точности обвода изделия зависят от точности

образования обводов каркаса, отклонений по толщине обшивок и толщине слоя связующего вещества (клея или припоя).

Если поверхность каркаса волнистая, это проявляется и на внешних обводах обшивки. Это объясняется тем, что жесткость каркаса больше жесткости обшивки, прижимаемой к нему силами N-N.

Сборка в приспособлении с базой «наружная поверхность обшивки».

При этом способе сборки обшивка (или панель) прижимается наружным обводом к опорным поверхностям приспособления на период соединения ее с каркасом. (Рис. 9.11).

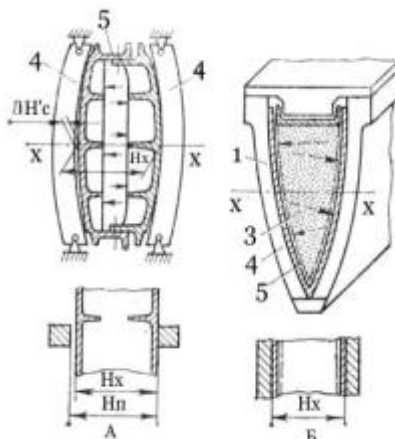


Рис. 9.11. Схемы базирования по наружной поверхности обшивки:

А-конструкция из монолитных панелей; Б- конструкция с самовспенивающимся наполнителем; 1 – панель (обшивка); 2 – компенсатор; 3- каркас; 4-рубельники (ограничительные плиты) приспособления; 5 – соединяющий элемент (заклепка, болт, клей); 6 – стрингер.

Сборка в приспособлении с базой «внутренняя поверхность обшивки».

При такой сборке рис. 9.12 обшивка (или панель) прижимается внутренним обводом к опорным поверхностям или макетной нервюре на период ее соединения с каркасом.

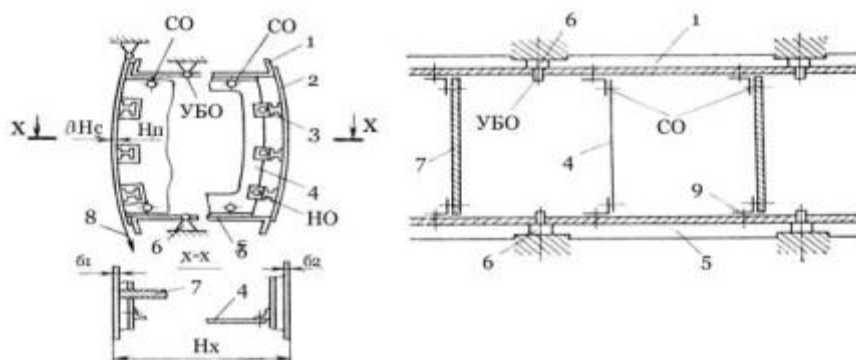


Рис. 9.12. Схема базирования по внутренней поверхности обшивки:

1,5 – лонжероны; 6 – кронштейны; 7 – макетные нервюры; 9 – профиль; 2 – панели; 3 – компенсаторы; 8 – лента; 4- нервюры.

Базирование и сборку осуществляют в следующем порядке. Лонжерон 5 устанавливают на опорные элементы 6 приспособления и фиксируют их штифтами, вставленными в СО стенки лонжерона. Затем устанавливают макетные 7 и самолетные 4 нервюры, фиксируя их положение относительно лонжеронов по СО. После этого устанавливают панель 2, прижимая ее по внутреннему обводу к внешнему обводу макетной нервюры силами N-N. В таком положении панель соединяют с самолетными нервюрами. Размер по внешнему обводу будет

$H_x = H_n + \delta_1 + \delta_2$, где H_n – размер по внешнему обводу макетной нервюры. Погрешность размера будут

$$\Delta N_x = \Delta N_{\Pi} + \Delta \delta_1 + \Delta \delta_2 + c_i,$$

где N_{Π} – размер приспособления (макетной нервюры); ΔN_{Π} – погрешность размера N_{Π} .

Применение макетных нервюр с установкой их непосредственно на элементы собираемого изделия значительно упрощает конструкцию сборочного приспособления и снижает затраты на его изготовление, по сравнению с приспособлениями с рубильниками.

Сборка с базированием по координатно-фиксирующим отверстиям (КФО).

Детали поперечного набора каркаса устанавливают в приспособление и фиксируют их по специальным отверстиям – КФО на период соединения обшивки с деталями каркаса. Такие детали поступают на сборку с просверленными в них КФО, такие же отверстия имеются и в сборочном приспособлении.

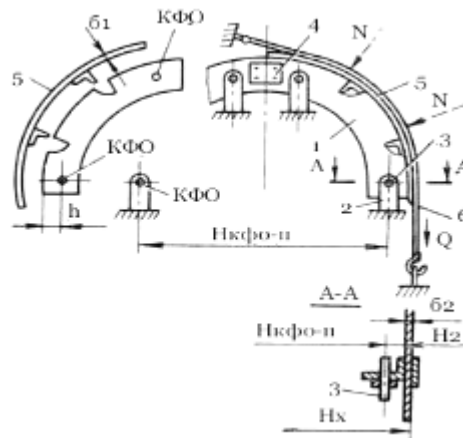


Рис. 9.13. Базирование по КФО: 1 – шпангоут; 2 – вилка; 3- фиксатор; 4 – накладка; 5 – панель; 6 – лента.

В процессе сборки детали 1 поперечного набора каркаса шпангоуты устанавливают в вилки 2 приспособления и фиксируют по КФО фиксаторами 3 (рис. 9.13.). Затем части шпангоута соединяют между собой накладками 4. На подготовленный таким образом каркас устанавливают панель 5 с продольным набором. Панель прижимают силой Q ($N-N$) с помощью лент 6 (или другим способом) и затем соединяют панель со шпангоутами.

Размер по внешнему обводу собранного агрегата:

$$N_x = \delta_1 + N_1 + N_{\text{кфо}} + N_2 + \delta_2.$$

Погрешность размера будет

$$\Delta N_x = \Delta \delta_1 + \Delta N_1 + \Delta N_{\text{кфо}} + \Delta N_2 + \Delta \delta_2 + 4\Delta z + c_i,$$

где $N_{\text{кфо}}$ – размер между координатно-фиксирующими отверстиями в вилках сборочного приспособления; $\Delta N_{\text{кфо}}$ – погрешность размера $N_{\text{кфо}}$.

При этом методе базирования сборка осуществляется в приспособлениях упрощенной конструкции без рубильников и ложементов.

Сборка с пригонкой по месту.

Частая сменяемость объектов на предприятиях авиастроения, наличие большой номенклатуры деталей и узлов малой жесткости, постоянно увеличивающиеся требования к точности выполнения наружных обводов и мест сопряжений конструкций приводят к необходимости введения на деталях и узлах определенных припусков, удаляемых при сборке механической обработкой. Наличие этих припусков требует пригоночных работ, выполняемых по месту.

Объемы пригоночных работ в сборочных цехах достигают 35% и более от общей трудоемкости сборки изделий, что приводит к резкому увеличению длительности сборки.

Пригонка не исключается при любом методе сборки: по разметке, по отверстиям, в сборочных приспособлениях.

Пригонка осуществляется ручным и механизированным способами путем обрезки припусков листовых деталей, отливания кромок и плоскостей деталей, фрезерования, сверления и развертывания отверстий, подгибкой листовых деталей по контуру, посадкой материала, деформированием.

Следует стремиться, чтобы величины припусков на деталях или отклонения от заданных геометрических форм были оптимальны, то есть обеспечивали бы высокое качество при минимальных затратах труда.

Рекомендации в общем виде могут быть следующие:

- 1) На основании анализа конструкции изделия выбирают элемент конструкции (замыкающее звено), на котором предусматривается оставить припуск, удаляемый при сборке пригонкой по месту. При этом недопустимо изменение размеров других элементов изделия;
- 2) На все входящие элементы собираемого изделия назначают допуски, технически выполнимые в условиях конкретного производства;
- 3) На замыкающем элементе конструкции припуск задают на тех поверхностях, которые сопрягаются с входящими элементами конструкции и дают возможность компенсировать накопление погрешности формы без нарушения прочности стыкуемых элементов и при обеспечении их функционального назначения.

Современные технологии агрегатно-сборочного производства.

(Бесплазовая увязка размеров в агрегатно-сборочном производстве)

Интегрированное количество самолетов, определяемое параметрами летно-эксплуатационных, ресурсных и экономических показателей, во многом зависит от технологии и организации производства ЛА. Одной из главных составляющих производственного процесса изготовления ЛА является сборочное производство.

Особенности сборочных работ обусловлены спецификой ЛА как объекта производства:

- Многодетальностью конструкции (до 1500-2000 деталей на одну тонну массы)
- Малой жесткостью деталей и сборочных единиц (СЕ) из-за больших габаритов требований по минимизации массы;
- Сложностью форм аэродинамических и других поверхностей, высокими требованиями к точности их реализации;
- Большим количеством соединений и разнообразием их конструктивного исполнения;
- Значительным объемом ручных операций;
- Высокими требованиями к качеству сборки СЕ и изделия в целом.

Сборочное производство является одним из завершающих и наиболее ответственных этапов производства самолетов. Уровень технического и организационного совершенствования сборочного производства, трудоемкость которого для современного самолета достигает 40% трудоемкости изготовления ЛА в целом, в значительной степени определяет его технологическую себестоимость и основные показатели экономической эффективности самолетостроительного предприятия.

Ведущие мировые производители самолетов, а также компании, специализирующиеся на изготовлении агрегатов, отсеков и других подборок планера ЛА, постоянно совершенствуют технологию сборочного производства. Современный уровень развития авиационной технологии создает для этого объективные предпосылки:

- Возможность создания самолета в условиях функционирования корпоративной CAD/CAM/CAE-среды, в которой работают предприятия-разработчики, предприятия-изготовители и эксплуатанты;

- Наличие на рынке средств технологического оснащения (СТО) авиационного производства, гаммы современного оборудования для автоматизированного изготовления деталей, выполнения соединений и стыковки деталей и подборок – составных частей планера (СЧ), контроля форм и размеров деталей, СЕ и элементов сборочной оснастки;
- Апробированные на практике рациональные формы организации сборочного производства.

Опыт ряда предприятий, фирм и компаний показывает, что достижению ими высокого технико-экономического уровня сборочного производства и оптимизации показателя «цена-качество» продукции способствует применение бесплазовой увязки размеров в агрегатно-сборочном производстве. Этот метод обеспечивает достижение требуемых показателей точности размеров и формы сборочных единиц наряду с минимизацией трудоемкости и цикла их сборки.

Сущность метода бесплазовой увязки размеров.

Основным направлением в области совершенствования процессов сборки является создание автоматизированных систем на базе развития аппарата математического моделирования объектов и процессов производства с использованием современных средств вычислительной техники и оборудования с ЧПУ. Для самолетостроения это означает переход от связанного (зависимого) изготовления деталей к независимому, воспроизводящему объекты с заданной степенью точности, достаточной для обеспечения взаимозаменяемости. Вместе с тем при переходе на независимый метод изготовления деталей возникает ряд проблем, от решения которых зависит успешное решение вопросов автоматизации процессов сборки. Например, создание широко развитого гибкого аппарата математического моделирования поверхностей самолетов, который позволял бы производить все необходимые расчеты, как на этапе проектирования, так и при технологической проработке изделий; разработка математического обеспечения и программ для проектирования и воспроизведения объектов практически любой сложности; разработка высокоавтоматизированных систем для создания соответствующих программ.

В настоящее время появились методы, позволяющие описывать подавляющее большинство различных вариантов аэродинамических поверхностей: фюзеляжа, гондолы двигателя, нелинейчатых и линейчатых крыльев, каналовые разветвляющиеся и неразветвляющиеся поверхности – в значительной степени автоматизировать процессы конструирования поверхностей.

Широкое распространение аналитических методов задания обводов, автоматизация расчетов и записи программ для оборудования с ЧПУ способствовали разработке независимого метода образования форм и размеров сопрягаемых элементов конструкции, т.е. метода бесплазовой увязки (МБУ) конструктивных элементов планера.

Увязка размеров при МБУ осуществляется с помощью математической модели аэродинамической поверхности, полученной расчетным путем. Образование взаимосвязанных рабочих контуров сборочных единиц обеспечивается точным изготовлением их на станках с ЧПУ. При использовании МБУ точность увязки сопрягаемых элементов конструкции находится в прямой зависимости от точности их изготовления.

Таким образом, МБУ базируется на использовании принципов независимого изготовления деталей, математического моделирования поверхностей, а также построения управляющей информации, не зависящей от применения методов проектирования обводов изделий.

Сущность бесплазового метода изготовления и метода бесплазовой увязки заготовительной и сборочной оснастки заключается в том, что с помощью системы исходных числовых данных о геометрических формах и размерах обводов изделия, рассчитанных на ЭВМ, выдерживаются заданные допуски при расчетах, вычерчивании плазовых линий, изготовлении контуров оснастки и механообрабатываемых изделий.

Благодаря применению универсальных средств ЧПУ МБУ размеров позволяет:

- ✓ сократить почти в 10 раз цикл и трудоемкость изготовления элементов некоторых видов оснастки, связанных с обводами;
- ✓ избежать изготовления при запуске изделия большого числа специальных средств;
- ✓ расширить фронт работ;
- ✓ объединить разорванные цепи изготовления и сборки деталей, узлов и агрегатов планера на единой расчетно-координатной основе;
- ✓ создать в сфере подготовки производства систему расчета и записи управляющих программ для всего оборудования с ЧПУ.

Заготовительная и сборочная оснастки, связанные с теоретическими контурами самолетов, подразделяются по координатному принципу на плоскую оснастку с рабочим контуром, имеющим постоянную или переменную малку, и объемную оснастку с поверхностями одинарной или двойной кривизны.

Так как внешние обводы самолетов задаются аналитически, применение МБУ и средств бесплазовой увязки распространяется на элементы оснастки, связанные с теоретическими контурами изделий. Контроль геометрических параметров обводообразующей оснастки осуществляется различными методами с применением различных средств контроля.

Электронное описание – основа бесплазовой увязки размеров.

В течение последнего десятка лет информационные технологии в своем развитии проделали путь, на который в областях промышленного производства потребовались столетия. Появление «тяжелых» интегрированных систем CAD/CAM/CAE (системы автоматизированного проектирования, изготовления и инженерного анализа) позволяет инженерам авиационной техники выполнять электронное описание объекта производств с точностью 1-3 мк, с применением принципа трехмерной параметризации.

Под электронным описанием объекта обычно принято понимать представление конструкции изделия в виде плоской (двухмерной – 2D) или объемной (трехмерной – 3D) графики, выполненной в определенной программной среде с использованием ЭВМ и хранящейся в оперативной памяти или на магнитных носителях информации. В настоящее время в России нормативная база для выполнения процессов создания электронного описания только создается, в то время как на Западе существует более 280 стандартов серии ISO 10303, задающих требования к каждому отдельному процессу создания математических моделей и их производных.

Сущность параметризации состоит в том, что деталь выполняется в компьютерной сборке как объект не с конкретно заданными габаритными размерами, а с взаимосвязанными параметрами, при изменении одного из которых происходит перестроение всей детали. Применение принципа параметризированной модели позволяет выполнять модифицирование огромных сборок объекта производства в течение нескольких часов и ограничиваться только возможностями компьютерной техники. Такие возможности присущи только электронному описанию объекта и полностью исключаются при использовании традиционных методов. И при использовании компьютерных методов, и при использовании традиционных методов процесс моделирования самолёта начинается с создания математической модели поверхности или геометрической модели изделия.

Под геометрической моделью изделия понимают совокупность математического описания поверхности данного типа, полного набора координат и геометрических характеристик элементов, однозначно определяющих принадлежность данной поверхности точек пространства. Геометрические модели могут быть представлены как в виде жесткой неизменяемой модели, так и в параметризованном виде. В зависимости от выполняемых функций описание поверхности может быть представлено в виде каркасной или поверхностной модели либо в виде твердого тела.

В реальном производстве применение электронной геометрической модели позволяет отказаться от изготовления дорогостоящих макетов поверхности, использования метода слепков для изготовления рабочих болванок и штампов и перейти к

выполнению обводообразующей и плазово-шаблонной оснастки методами с использованием станков с ЧПУ. В этом случае цикл подготовки производства сокращается на три-шесть месяцев, улучшается увязка и точность оснастки.

Пример геометрической модели головной части фюзеляжа, выполненной на основе программного комплекса Unigraphics, представлен на рисунке 9.14.

Только по мере роста производительности быстродействующих персональных ЭВМ и графических станций появилась возможность выполнения трехмерных электронных макетов сборок и агрегатов.

Электронный макет (ЭМ) - это электронное представление элемента конструкции, предназначенное для решения позиционных, топологических и других задач, возникающих при проектировании и производстве. ЭМ является носителем геометрических параметров детали изделия и определяет их взаимное расположение между собой в сборке и привязку к базовым осям и плоскостям (рис.9.15).

Электронный макет представляет собой увязку в пространстве, виртуальную конструкцию, выполняемую с точностью, как правило, 0,001-0,003 мм в одной из систем компьютерного проектирования и хранящейся памяти ЭВМ или на магнитных носителях.

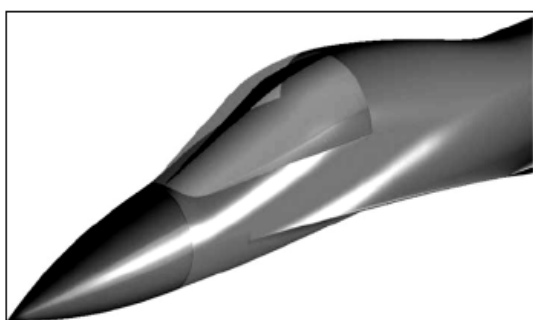


Рис. 9.14. Геометрическая модель головной части фюзеляжа

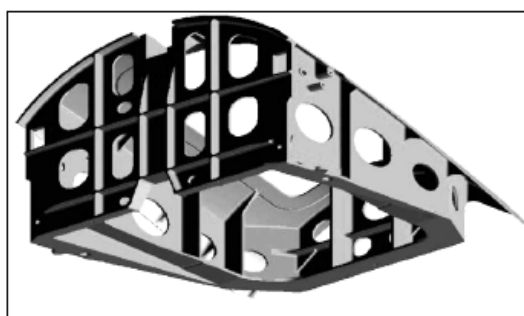


Рис. 9.15. Электронный макет

Принято выделять электронные макеты деталей и сборок. ЭМ принято разделять на *конструкторские* и *технологические* (ТЭМ).

Конструкторский электронный макет обычно создается разработчиком изделия и точно отражает все нюансы конструкции. ТЭМ детали отражает условия ее поставки на сборку (стыковые отверстия выполнены предварительно, даны технологические отверстия, учтены припуски на подгонку детали в сборке и т.п.) и, как правило, создается конструктором-разработчиком специальной технологической оснастки.

Преимущества использования виртуального макета:

- ✓ увязка в пространстве сложных сборок с высокой точностью, возможность увидеть и исправить неувязки до выпуска чертежей и изготовления первого изделия;
- ✓ компьютерное моделирование технологических процессов изготовления деталей;
- ✓ применение специальных методов контроля на основе координатно-измерительных машин и других методов объективного контроля.

При создании трехмерного виртуального макета изделия играют роль документации второго порядка. Обязательное условие в этом случае – полная ассоциативность чертежа и макета. Нарушение данного принципа приводит к неувязкам и браку в производстве и сводит на нет все преимущества электронного макета. Современные системы автоматизированного проектирования (САПР) высшего и среднего уровня позволяют выполнять выпуск чертежей автоматически с трехмерного макета. Конструктору остается для завершения оформления чертежа задать допуски и технические условия для изготовления деталей.

Одной из возможностей перехода на использование электронного описания объекта является метод электронных плазов. В этом случае сохраняются основные принципы системы плазовой подготовки производства, но достигается сокращение

объема плазовой оснастки, приобретаются новые возможности для повышения качества увязки и точности выпуска комплекта шаблонов.

Для рабочих шаблонов в этом случае выполняются отдельные файлы на основе файлов плазов, изготовление шаблонов может производиться на станках с ЧПУ (фрезерных или лазерных) или прочерчиванием рабочих контуров шаблонов на оборудовании с ЧП и последующим ручным изготовлением.

Однако при использовании данного способа предстоит решить ряд вопросов. Во-первых, электронный файл плаза – это не бумажный документ, который можно подписать, утвердить. В России нормативная база на статус электронных документов в настоящее время отсутствует. Для предприятий, решивших применять метод электронных плазов в производстве, предстоит самостоятельно решить вопрос по системе приемки и утверждения виртуальных плазов. Во-вторых, встает вопрос о заделе имеющихся ручных плазов – их необходимо сопровождать старыми методами, т.к. повторение ручного плаза невозможно (требование к точности 0,1 мм). Создание электронного аналога приводит к искажению геометрической информации. В-третьих, требуется создание компьютерной системы хранения и ведения конструктивных изменений. По сути, проблемы не очень сложные, о чем свидетельствует практика применения данного метода на КнААПО.

Его важнейшим преимуществом является то, что он не требует изменения менталитета конструктора-плазовика и является своеобразным этапом перехода к постановке изделий на основе электронного описания.

Применяемый в настоящее время в производстве плазово-шаблонный метод основан на принципе последовательного выполнения этапов подготовки производства, что наряду с невысокой точностью является одним из его главных недостатков. Постановка на производство традиционными методами планера самолета требует 15-20 месяцев, с учетом цикла сборки и летных испытаний процесс выхода на серийное производство составляет 4-6 лет. Замораживание оборотных средств на такой период в условиях рыночных отношений, как правило, не устраивает ни заказчиков, ни производителей.

Для ускорения выхода продукции на рынок используется принцип параллельного инжиниринга на основе метода трехмерной мастер-модели.

В основе принципа мастер-модели лежит использование трехмерного электронного макета детали, прошедшего увязку в окружении сборки, как единого носителя геометрии и типологии конструкции для всех последующих разработок специальной технологической оснастки одновременно: шаблонов, приспособлений, штампов, рабочих болванок, пресс-форм, штампов и т.п. В результате электронная модель дает возможность параллельного выполнения работ всеми участками подготовки производства самолета, причем эти участки могут быть разделены тысячами километров.

Методы использования мастер-модели позволяют значительно сократить затраты на постановку производства. Практически полностью отпадает необходимость в увязочной оснастке. Если электронные макеты деталей увязаны в сборке, полностью отпадает необходимость выполнения плоских и объемных плазов. Изготовление шаблонов выполняется непосредственно с виртуального макета детали, а при наличии на предприятии координатно-измерительной техники технологический процесс изготовления оснастки может быть поострен без использования шаблонов.

При использовании трехмерных электронных макетов значительно упрощается контроль изготовленных деталей и элементов оснастки. Для этого используют координатно-измерительные машины. В России в настоящее время не создано промышленного производства этой точной техники. Практически все измерительные комплексы, применяемые на производстве самолетостроительными фирмами, импортные.

С внедрением бесплазового метода увязки встает вопрос о контроле деталей, узлов, агрегатов и оснастки, выполненных по трехмерным электронным моделям, так

как традиционный контроль по шаблонам становится неактуальным. Методы контроля должны обеспечивать автоматизированный анализ геометрических параметров и возможность внесения корректировок в системы автоматизированного расчета и записи управляющей информации для станков с ЧПУ в целях повышения точности изготовления и сборки.

Указанным требованиям отвечают сравнительно новые методы контроля обводообразующих элементов конструкции самолета:

- с помощью координатно-измерительных систем и систем лазерного сканирования;
- лазерно-оптические методы;
- голографический метод;
- методы фотограмметрии.

Преимущества и недостатки различных методов сборки.

В зависимости от конструкции собираемого изделия, программы его выпуска, оснащения производства оборудованием и инструментом методы сборки и базирования характеризуются различными технико-экономическими показателями.

Таблица 9.1.

Метод базирования	Точность внешнего обвода (H_x) в мм	В сфере подготовки производства				В сфере основного производства		
		$G_{осн}$	$T_{осн.}$	$C_{т. осн.}$	$N_{осн.}$	$C_{т.}$	Е	Ц
По наружной поверхности обшивки	+/- 0,7	100	100	100	100	100	100	100
По поверхности каркаса	+/- 1,5	95	95	90	90	115	95	120
По внутренней поверхности обшивки (при замкнутой макетной нервюре)	+/- 2	50	55	40	70	65	70	90
По СО	+/- 3	50	45	40	60	70	65	80
По КФО	+/- 2,5	50	70	60	65	60	80	85

$G_{осн.}$ – расход материала на сборочную оснастку;

$T_{осн.}$ – трудоемкость изготовления оснастки;

$C_{т. осн.}$ – себестоимость изготовления оснастки;

$N_{осн.}$ – количество сборочной оснастки;

$C_{т.}$ – технологическая себестоимость изготовления изделия;

Е – площадь, занимаемая оснасткой;

Ц – продолжительность сборки изделия.

Таблица 9.2. Техничко-экономические показатели при сборке шпангоута.

Показатели	Методы сборки и сборочные базы		
	По разметке	По СО без приспособлений	В приспособлении с базой «поверхность каркаса»
Штучное время	300	150	100
Разряд рабочих	4	3	2-3
Технологическая себестоимость	120	75	100

В таблице 9.2. приведены в качестве примера технико-экономические показатели при сборке шпангоута при программе производства 1000 шпангоутов в год. Приведенные в таблице 9.2. данные следует рассматривать как качественную оценку различных методов сборки и сборочных баз.

Тема 10. Конструктивно-технологическая характеристика соединений, применяемых в конструкциях самолетов.

Виды и технологические характеристики соединений

В конструкциях современных самолетов и вертолетов наиболее широко применяются заклепочные, болтовые, сварные, паяные, клеевые и комбинированные соединения. Вид соединения выбирают с учетом нагрузок, вида материала, толщины отдельных элементов конструкции, требований технологии и эксплуатации. Опыт самолетостроения позволяет определить рациональные области применения различных видов соединений. Заклепочные, болтовые, клеевые и комбинированные соединения наиболее широко применяются в конструкциях из алюминиевых сплавов. Так из общего числа неподвижных соединений в конструкциях из алюминиевых сплавов 60% - заклепочные, 20% - болтовые, 20% - сварные и комбинированные.

Заклепочные соединения рекомендуют применять в пакетах толщиной $S \leq (2,5 \dots 3,5)d$ (d – диаметр заклепки). Меньшая толщина пакета рекомендуется при использовании ударной клепки, большая – при прессовой.

При больших толщинах пакета $S \geq 4d$ рекомендуют применять болтовые и болтозаклепочные соединения. При этом необходимо иметь ввиду, что трудоемкость установки одного болта с гайкой в 15 . . . 25 раз превышает трудоемкость постановки одной заклепки. Масса болтовых и болтозаклепочных соединений в 1,5 . . . 3 раза больше заклепочных.

Проектирование и изготовление заклепочных и болтовых соединений хорошо освоено, чем объясняется их широкое применение.

Клеевые соединения все шире применяются в конструкциях из легких сплавов для соединения тонких листов обшивок между собой, обшивок с элементами каркаса и при изготовлении сотовых конструкций. Основное их достоинство – более высокое сопротивление усталости и меньшая масса по сравнению с заклепочными и болтовыми соединениями. Это объясняется равномерной передачей нагрузки по всему сечению и отсутствием ослабленных мест. Гладкость поверхностей, хорошая герметичность и коррозионная стойкость являются важными достоинствами клеевых соединений. Недостатки – низкая прочность при неравномерном отрыве, трудность контроля качества, уменьшение прочности соединения вследствие старения клеев, малая теплостойкость большинства клеев.

Конструкции, изготовленные склеиванием, имеют ресурс на 20-30% больший, а

массу на 10-20%, трудоемкость на 15-25% меньшую по сравнению с клепаными конструкциями.

Сварные и паяные соединения широко применяются в конструкциях из титановых сплавов и из сталей различных марок. Хорошо свариваются некоторые марки алюминиевых сплавов например, АМг6. Обычно объем сварных соединений в конструкциях из алюминиевых сплавов не превышает 15-20% от общего объема соединений, так как при сварке происходит быстрое окисление нагретого металла с образованием пленки окиси алюминия (Al_2O_3), которая резко снижает прочность соединения.

Основные достоинства сварки – получают конструкции с меньшей массой, малыми отходами материала, малыми затратами труда и средств. Масса сварной конструкции на 30-40% меньше клепанной. Коэффициент использования материала при получении панели с продольным и поперечным наборами сваркой 85-90% по сравнению с 7-12% при изготовлении такой же панели из плиты фрезерованием.

Выполнение сварных соединений хорошо механизуется и автоматизируется, что позволяет снизить их трудоемкость в 2-3 раза по сравнению с клепаными.

При проектировании сварных соединений задают величину коэффициента механизации и автоматизации:

$$K_{Ma} = (l_{Ma}/l) * 100\% \text{ (обычно } K_{Ma} = 70-85 \%),$$

где l_{Ma} – длина швов, выполненных со средствами механизации и автоматизации;

l – общая длина сварных швов.

Обобщенная схема технологических процессов выполнения соединения.

Соединения выполняются после взаимной ориентации, фиксации и закрепления собираемых элементов конструкции.

Первым этапом ТП выполнения соединения является образование и обработка отверстий под крепежные элементы, подготовка поверхностей соединяемых элементов конструкции.

Отверстия под заклепки и болты образуют сверлением и обрабатываются разверткой или протяжкой. В необходимых случаях, с целью повышения усталостной прочности соединений, отверстия дорнируются или раскатываются. Для сварных, паяных, клеевых и комбинированных соединений проводится тщательная подготовка поверхностей соединяемых элементов конструкции. Она состоит в выравнивании, формовании и очистке кромок в местах соединения. Иногда в местах наносят грунты или применяют анодирование.

На **втором этапе** устанавливают крепеж (болты, заклепки) или наносится клеевой слой, укладывается припой в соответствие с видом соединения. Заклепки и болты могут быть установлены в отверстия с разной величиной радиального натяга, что оказывает существенное влияние на ресурс соединений. Толщина клеевого слоя, а также припой влияет на качество соединений. В клееклепанных соединениях необходимо нанесение клеевого слоя и установка крепежа в строгой последовательности, определенной технологическим процессом. В клеесварных соединениях клей может наноситься до сварки или вводиться в шов после сварки, что также определяется технологическим процессом.

На **третьем этапе** производится расклепывание заклепок, затягивание болтов с помощью гаек, собственно сварка, пайка, склеивание. Величина осевого натяга при клепке и установке болтов, режимы сварки, пайки, склеивания оказывают большое влияние на ресурс соединения, и регламентируется директивными технологическими документами.

На завершающем, **четвертом этапе** производится обработка (если она необходима) и контроль соединений. Так, в некоторых видах заклепочных соединений требуется снять излишек выступающей части головки заклепки. В сварных и паяных соединениях может производиться термическая обработка и правка, очистка от шлаков, нанесение защитных

покрытий. Контроль заклепочных и болтовых соединений осуществляется визуально, а сварных, паяных и клеевых соединений – с помощью специальных приборов и устройств. Кроме того соединения контролируются на герметичность и статическую и усталостную прочность (путем испытания образцов).

Силовые схемы соединений.

Все многообразие соединений можно разделить на подвижные и неподвижные. Подвижные обеспечивают в некоторых условиях подвижность одних элементов конструкции относительно других. Они применяются для крепления закрылок, рулей, элеронов, стоек шасси, крышек люков и т.п. В качестве крепежных элементов в этих соединениях чаще всего используют специальные болты, являющиеся одновременно и осью поворота. В конструкциях самолетов и вертолетов преобладают неподвижные соединения (НС), поэтому рассмотрим их более подробно. По характеру передаваемых усилий НС делятся на соединения, работающие на растяжение и соединения, работающие на срез (Рис. 10.1. 10.5.).

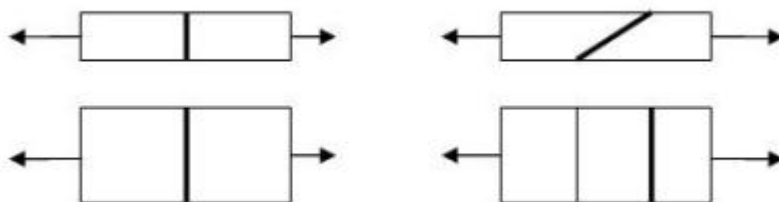


Рис. 10.1. а) торцевое; б) на ус.

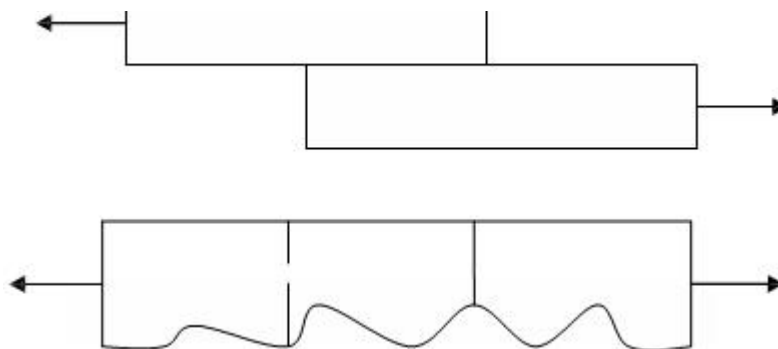


Рис.10.2. Односрезное в нахлестку

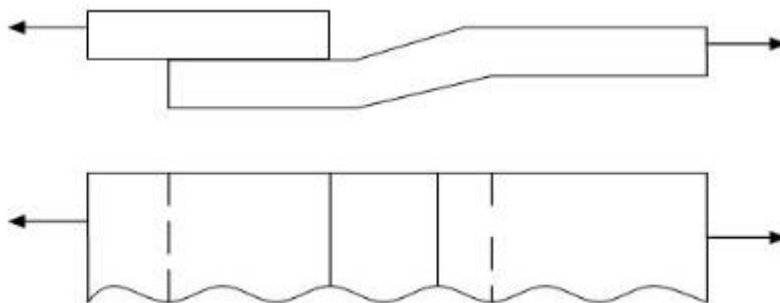


Рис.10.3. Односрезное с подсечкой

Следует иметь в виду, что обычно все виды усилий действуют совместно. Поэтому мы говорим о преобладающих усилиях.

Торцевые (фронтальные, лобовые) соединения наиболее часто применяются при сварке плавлением, а при достаточной толщине материала – при склеивании и пайке.

Соединения на ус чаще всего применяются при склеивании элементов, имеющих достаточно большую толщину. Фланцевые соединения применяются при стыковке отсеков и агрегатов с помощью болтов. Соединения, работающие на срез, применяются особенно часто в конструкциях планера, особенно изготовленных с помощью клепки, пайки, склеивания, а также собранных с помощью болтов.

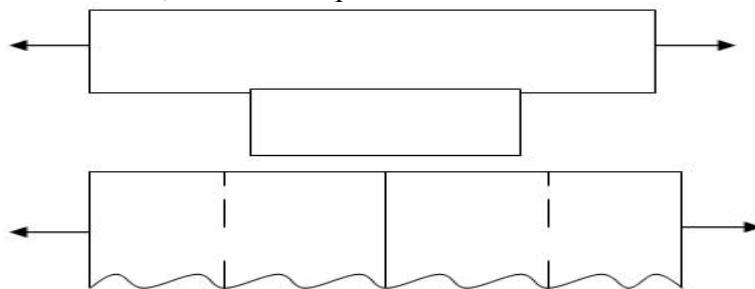


Рис.10.4. Односрезное с одной накладкой

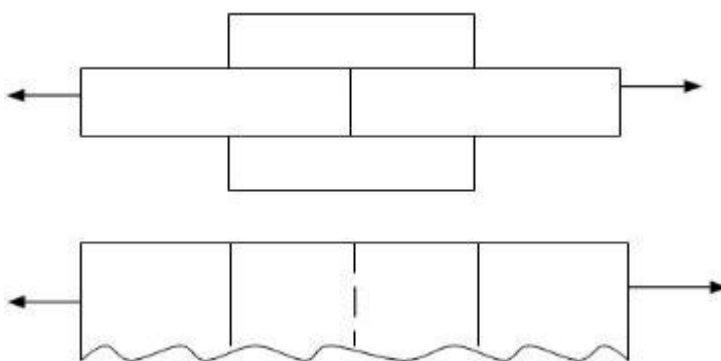


Рис.10.5. Двух срезное

Показатели качества соединений.

Все показатели разбивают на четыре группы: конструктивные, технологические, эксплуатационные и экономические.

Конструктивные это те, которые определяются конструктором при проектировании изделия. Очевидно, что конструктор при проектировании должен учитывать требования технологии, эксплуатации и экологичности. Практически это выражается в совместной работе конструктора и технолога на этапе проектирования и изготовления соединения.

- 1) Прежде всего, соединение должно отвечать заданным требованиям статической и усталостной прочности. Это обеспечивается выбором соответствующего материала при прочностных расчетах и уточняется во время испытаний.
- 2) В заклепочных и болтовых соединениях существенное влияние на ресурс соединения оказывают величины радиального и осевого натягов.
- 3) Выбор вариантов ТП и режимов также влияет на ресурс соединения. Конструктор обязан знать это. Коррозионная стойкость материалов также влияет на ресурс.
- 4) Соединения должны иметь минимальную массу.

Технологические показатели характеризуют степень совершенства ТП. ТП должны обеспечивать изготовление изделий с заданными показателями прочности и ресурса. Технолог должен знать, как влияют различные технологические решения на ресурсные, коррозионные и массовые характеристики. Необходимо предусматривать широкое применение средств механизации и автоматизации выполнения соединений.

Надо учитывать необходимость надежного контроля качества выполнения соединений. ТП должен гарантировать заданную степень прочности (с применением или без применения герметиков) соединений в кабинах пилотов, в пассажирских салонах, в баках для топлива, в приборных отсеках. Для поверхностей, которые выходят на наружные обводы, ТП должен обеспечивать требуемую гладкость.

Эксплуатационные показатели характеризуют ремонтпригодность соединения, удобство контроля и выполнения регламентных работ.

В экономических показателях отражаются затраты труда и средств на проектирование, изготовление и эксплуатацию соединения.

Технологические методы соединения болтовых высокоресурсных соединений

Ресурс конструкции – важнейший показатель ее качества. В наибольшей степени ресурс соединения определяется конструктивными и технологическими факторами (Рис. 10.6.).



Рис. 10.6. Технологические факторы, влияющие на ресурс соединений.

Ряд эксплуатационных факторов также влияет на поддержание заложенного конструкторами и реализованного в процессе изготовления конструкции ресурса соединений. Однако эксплуатационные факторы не создают какого-то нового значения ресурса по сравнению с заложенными в конструкцию при ее изготовлении.

Под величиной осевого натяга понимают усилие сжатия пакета, перпендикулярное плоскости соединения при постановке заклепок и болтов. Это усилие зависит от усилия расклепывания заклепки и затяжки болтов, определяемое крутящим моментом $M_{кр}$ на ключе. Усилие P , передаваемое через заклепочное или болтовое соединение, может быть выражено:

$$P = P_z + P_{тр.},$$

где P_z – усилие, передаваемое через ослабленное отверстием сечение листа; $P_{тр.}$ – усилие трения, передаваемое по контактными поверхностями.

Усилие P_z может быть определено по формуле:

$$P_z = \sigma_b \times F_z \times \gamma,$$

где σ_b – предел прочности материала листа; F_z - площадь сечения листа по ослабленному месту; γ - коэффициент концентрации, учитывающий снижение прочности от наличия концентраторов напряжения;

$$\gamma = 0,25 \dots 0,9$$

Величину $P_{тр.}$ можно определить как

$$P_{тр.} = Q \times f \times i,$$

где Q - нормальное к плоскости соединения усилие от затяжки болта; f - коэффициент трения для данной пары контактных поверхностей; i - число пар контактных поверхностей.

Приближенно усилие от затяжки можно определить:

$$Q = \frac{M_{кр}}{0,2d_0}$$

где d_0 - наружный диаметр резьбы.

Увеличение затяжки Q приводит к увеличению силы трения по контактным поверхностям, разгружает ослабленное сечение, уменьшает концентрацию напряжения. Все это приводит к движению ресурса, но так как его трудно рассчитать и сохранить величину $M_{кр}$ затяжки во времени, получаемый прирост ресурса идет в запас прочности.

Пластичное упрочнение радиальным натягом поверхностного слоя отверстия образует большие сжимающие остаточные напряжения, уменьшающие концентрацию и амплитуду колебания напряжений по опасному сечению. Поэтому установка болтов и заклепок с большими натягами ведет к увеличению ресурса. Наибольшую усталостную прочность имеют клеевые, клееклепаные, клеесварные соединения.

Режимы выполнения технологических процессов существенно влияют на ресурс соединений. Поэтому для получения высокого ресурса необходимо строго выполнять режимы. При сверлении и обработке отверстий под заклепки и болты следует выдерживать заданные скорости, подачу и глубину резания. Большая шероховатость, риски от инструмента на поверхности стенки отверстия снижают сопротивление усталости конструкции. Параметры, определяющие протекание процессов сварки, пайки, склеивания (сила тока, время, давление, температура и др.) должны строго выдерживаться в заданных пределах.

Вид термообработки определяет структуру материала, его прочность, вязкость, пластичность. Крупнозернистая структура, высокая прочность, малая пластичность материала снижают сопротивление усталости конструкций. Кроме того, в высокопрочных малоэластичных материалах трещина быстро развивается, образуется хрупкое разрушение, поэтому необходимо назначать такой вид термообработки, который бы одновременно обеспечивал требуемую прочность и необходимую пластичность материала.

От толщины и прочности защитных покрытий зависит стойкость материала к возникновению поверхностной коррозии, а также коррозии трения. Защитные покрытия следует выбирать таким образом, чтобы они не разрушались в заданный срок эксплуатации под воздействием переменных нагрузок и вредных факторов окружающей среды.

Технологический процесс клепки.

При сборке узлов, панелей и агрегатов самолетов и вертолетов из легких сплавов клепка до настоящего времени остается наиболее распространенным видом неразъемного соединения, так как она обеспечивает требуемую надежность и ресурс работы агрегатов планера.

Для открытых мест конструкции, где возможен двухсторонний подход в зону клепки, применяют обычные стержневые заклепки. При клепке закрытых мест, когда к одной из головок заклепок подход невозможен, применяют специальные заклепки для односторонней клепки. Обычные заклепки выполняют из легких сплавов (алюминиевых ($\tau_{ср.}=180...280$ МПа) и сталей ($\tau_{ср.}=350...500$ МПа), где $\tau_{ср.}$ - предел прочности на срез). Технологический процесс клепки представлен в таблице 10.1.

Каждая из перечисленных операций выполняется на специальном рабочем месте – станке, прессе; при автоматической клепке операции I...V осуществляются на одном сверлильно-клепальном автомате.

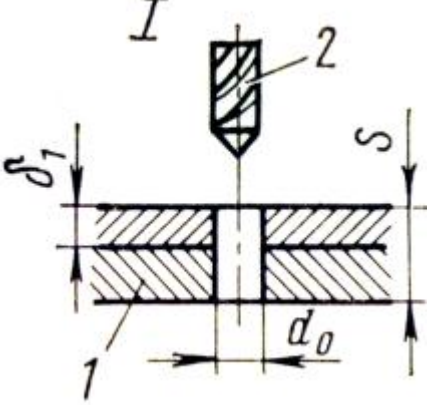
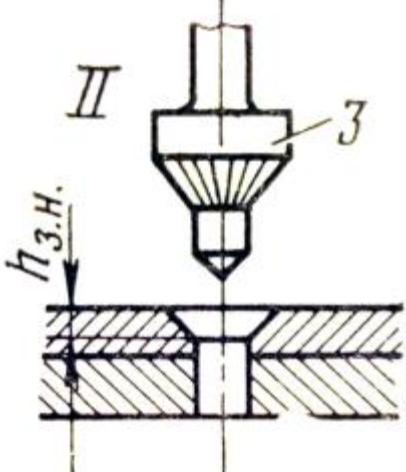
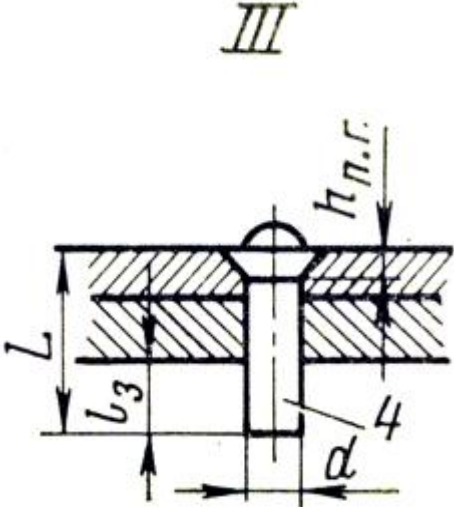
При раздельном выполнении операций качество работы в значительной степени зависит от состояния оборудования и квалификации исполнителей, поэтому после каждой операции контролируют качество выполнения.

При автоматической клепке выполнение отдельных операций и переходов контролируется при наладке-настройке автомата.

При реализации процесса клепки используют следующее оборудование:

- 1) для образования отверстий и гнезд - ручные пневматические и электрические дрели; универсальные сверлильные станки; специальные сверлильно-зенковальные установки (СУ-Л; СУ-Ш; СУ-Н), сверлильно-зенковальные и агрегатные головки (СЗУ-Ф, СЗА-02);
- 2) клепальные прессы-КП-602; КП-403; клепальные автоматы – АК-2.2-05; клепальные молотки.

Таблица 10.1.

Эскиз	Операция
	<p>Образование отверстия диаметром</p>
	<p>Образование гнезда под головку потайной заклепки под размер</p>
	<p>Вставка заклепки в отверстие. 4 – заклепка ЗУК.</p>

	<p>Образование замыкающей головки заклепки размером</p>
	<p>Сжатие путем механической обработки лишнего материала для получения требуемой величины выступа (Δh). 9 – торцевая фреза.</p>
	<p>Контроль выступа потайной головки и размеров замыкающих головок. 10 – индикатор с подставкой. 11 – шаблон.</p>

Технология выполнения высокоресурсных клеевых и клеесварных соединений.

Укрупненный технологический процесс склеивания включает следующие операции:

- предварительная сборки разборка узла;
- подготовка поверхностей деталей под склеивание;
- нанесение подслоя клея (грунтовки) и его термообработка (в случае необходимости);
- нанесение клея;
- открытая выдержка;
- сборка;
- отверждение клея;
- контроль качества склеивания.

Предварительная сборка и разборка необходима для проверки согласованности размеров склеиваемых деталей и прилегания соприкасающихся поверхностей.

Подготовка поверхностей для склеивания в значительной степени определяет качество соединения и заключается в химической, электрохимической или механической обработке, изменяющей шероховатость и энергетические характеристики склеивания поверхностей, повышая их адгезионные способности. Способы подготовки многообразны и зависят от свойств клея, склеиваемого материала и условий эксплуатации. Механические методы подготовки поверхности позволяют увеличить истинную поверхность склеивания. Это достигается зашкуриванием, гидropескоструйной обработкой, обдувкой корундом или металлическими опилками, а также механической обработкой.

Для алюминиевых сплавов широко применяют анодирование в хромовой и серной кислотах.

Магниевые сплавы подвергают химическому оксидированию, а в отдельных случаях дополнительной лакокрасочной защите.

При подготовке к склеиванию сталей используют кадмирование и цинкование. Коррозионно-стойкие стали обрабатываются в растворах смеси различных кислот и солей.

Поверхности деталей из титановых сплавов анодируются или обрабатываются в растворе концентрированной серной кислоты и бихромата натрия.

Перед нанесением клея поверхности должны быть обезжирены, что выполняется различными методами:

- ультразвуковой очисткой в органических растворителях или водных моющих растворах щелочей и поверхностно-активных веществ;
- обработкой в атмосфере горячих паров растворителей и последующее травление в смеси серной и хромовой кислот (так называемый «пиклинг» процесс).

После подготовки наносят клей различными способами в зависимости от его исходного состояния, а также от формы и габаритных размеров склеиваемых деталей. Следует отдавать предпочтение пленочным клеям, так как они более технологичны.

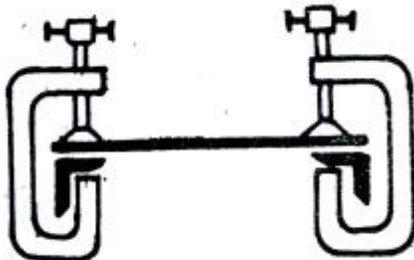
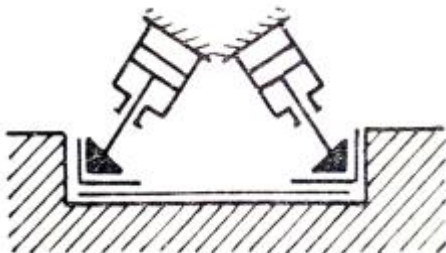
Сборка состоит в установке деталей в сборочное положение в приспособлении или по сборочным отверстиям и их закреплении.

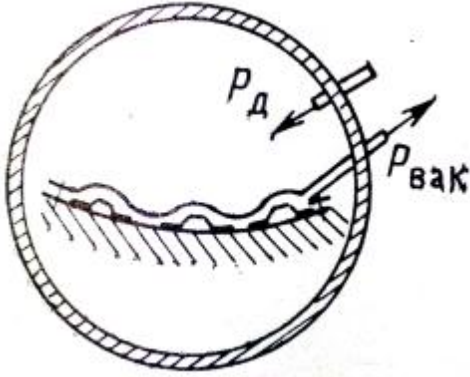
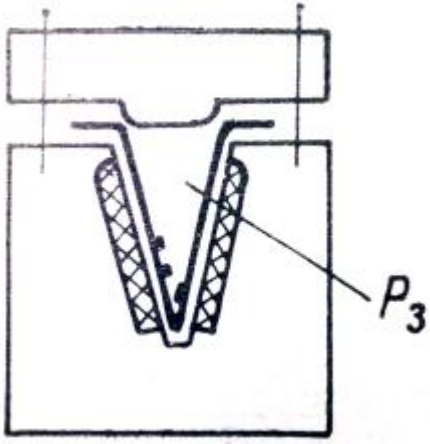
Отверждение клея происходит при определенном температурном режиме и давлении. Время нагрева, давление, температуру выдержки выбирают исходя из характеристик клея, его вязкости, точности пригонки склеиваемых поверхностей и жесткости склеиваемых деталей. Нагрев осуществляется в автоклавах, электрических печах, встроенными в приспособление контактными и спиральными электронагревателями либо подводом пара и воздуха.

Для создания давления применяют различные виды приспособлений (таблица 10.2). Применяются гидравлические, пневматические и вакуумные прижимы, гидравлические

прессы, механические зажимы и грузы определенного веса. Сейчас наиболее широко применяют автоклавы, обеспечивающие равномерное распределение давления.

Таблица 10.2.

Способ создания давления	Схема приспособления	Нагрев
Механический при помощи винтовых зажимов	 <p>Схема приспособления с винтовыми зажимами. Показаны два винтовых зажима, которые сжимают образец между двумя плитами.</p>	В печах и облучением инфракрасными лучами
Пневматический или гидравлический при помощи зажимов	 <p>Схема пневматического или гидравлического зажима. Показаны два зажима, которые сжимают образец между двумя плитами.</p>	В печах и электрическими спиральными нагревателями
Механический при помощи универсального прессы	 <p>Схема универсального прессы. Показан образец, который сжимается между двумя плитами. Давление обозначено как P_n. Под образцом находится нагреватель.</p>	Электрическими спиралями и током высокой частоты. Горячим воздухом, водой или паром
Давлением воздуха, заполняющего резиновый мешок	 <p>Схема резинового мешка с давлением воздуха. Показаны два варианта: мешок, который сжимается под давлением воздуха P_d, и мешок, который сжимается под давлением воздуха P_d и давлением окружающей среды P_d.</p>	В температурных условиях закрытого помещения (цеха). В печах или автоклавах
Вакуумом в резиновом мешке и давлением окружающего воздуха	 <p>Схема резинового мешка с вакуумом и давлением воздуха. Показан мешок, который сжимается под давлением окружающего воздуха $P_{ат}$ и вакуумом $P_{вак}$.</p>	В температурных условиях закрытого помещения (цеха). В печах или автоклавах

<p>Вакуумом в резиновом мешке и давлением воздуха, заключенного в специальном замкнутом сосуде</p>		<p>В автоклаве высокого давления</p>
<p>Давлением самовспенивающегося заполнителя</p>		<p>Электрические спиральные нагреватели</p>

Изготовление конструкций с сотовым заполнителем.

Конструкции с сотовым заполнителем отличается высокой удельной прочностью, лучшими характеристиками по усталостной прочности, улучшенными аэродинамическими качествами, меньшим количеством деталей и меньшей трудоемкостью.

Технологический процесс сборки панели с сотовым заполнителем состоит из следующих основных операций:

- изготовление сотового заполнителя и придание ему требуемых форм и размеров;
- подготовка обшивки, деталей каркаса и сот к склеиванию, нанесения клея, сборка и склеивание панелей;
- контроль качества склеивания.

Изготовление сотового заполнителя.

Металлические соты изготавливают из фольги алюминиевых сплавов толщиной 0,03...0,15 мм. Толщина фольги, форма и размер ячейки определяются из условия обеспечения необходимой прочности и жесткости конструкции. В России приняты сотовые заполнители шестигранной формы с размером сторон шестигранника 2,5; 4; 5 и 6 мм.

Сотовые заполнители также изготавливают из хлопчатобумажных и стеклянных тканей, бумаги, полиамидной бумаги преимущественно методом растяжения пакетов с последующей пропиткой различными смолами. В России для нанесения клея, сушки его, образования дренажных отверстий применяются автоматы АСП-250; АСП-1000; АСП-1200.

Требуемая форма заполнителю придается путем механической обработки. В частности, при методе растяжения после разметки пакета и сверления базовых отверстий заготовки разрезаются на ленточных пилах, фрезеруются по контуру на универсальных или специальных фрезерных станках и растягиваются на станках типа РС-800, РС-

3000 (см. таблицу 10.3.).


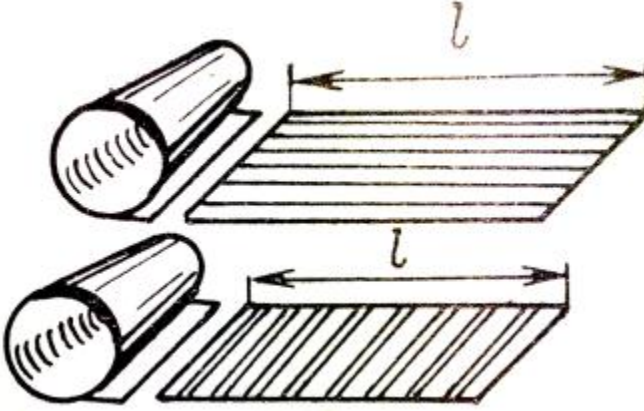
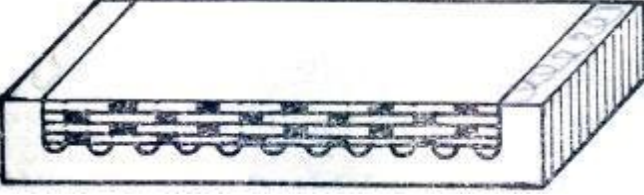

Подготовка обшивки, деталей каркаса и сот к склеиванию производится описанными ранее способами.

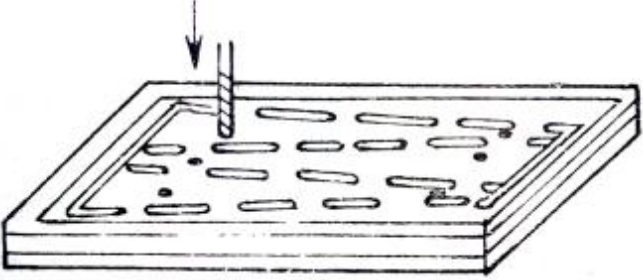
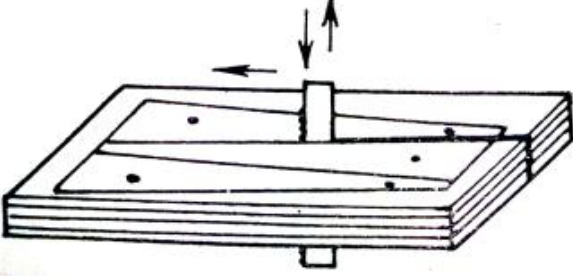
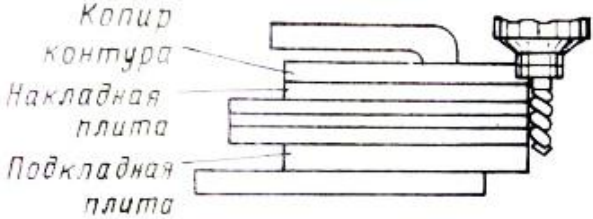


Заключительной подготовительной операцией является нанесение клея на контактные поверхности обшивок и сот, их подсушка или подготовка и нанесение клеевой пленки. Нанесение клея осуществляется на установке, схема которой изображена на рисунке 10.7.

В случае применения клеевой пленки последняя раскраивается по картам раскроя и прикатывается к поверхности деталей и сот холодным или горячим роликом.

Сборка и склеивание осуществляется в специальных приспособлениях. Базирование при этом может осуществляться как по внешней поверхности сотового заполнителя, если он обладает достаточной гибкостью (рис.10.8.), так и внешней поверхности обшивки. Приспособление с собранным агрегатом помещают в печь или автоклав, в которых происходит отверждение клея.

Таблица 10.3. Технологический процесс изготовления сотового заполнителя.

Операция	Эскиз
Обезжиривание и сушка фольги	
Нанесение на фольгу клеевых полос, сушка, пробивка дренажных отверстий при необходимости и складывание пакета	
Закладка пакета в приспособление для склеивания	
Склеивание пакета (отверждения клея)	

<p>Разметка панели и сверление базовых отверстий</p>	
<p>Разрезка пакета на заготовки</p>	
<p>Фрезерование заготовки по контуру</p>	 <p>Копир контура Накладная плита Подкладная плита</p>
<p>Растяжение</p>	
<p>Фрезерование сотового заполнителя</p>	
<p>Контроль (выполняется в каждой операции)</p>	

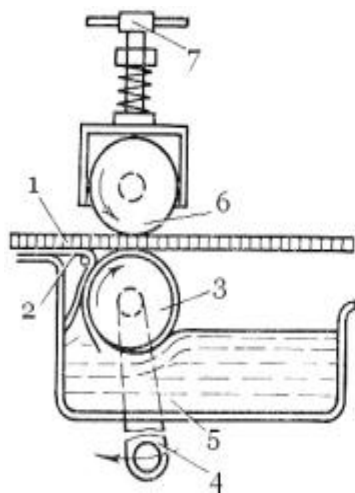


Рис. 10.7. Схема одностороннего нанесения на торцы сотового заполнителя:
 1-заполнитель; 2-скребок; 3- клее наносящий ролик; 4-рычаг; 5- ванна с клеем; 6- ролик для поджима; 7- нажимное устройство

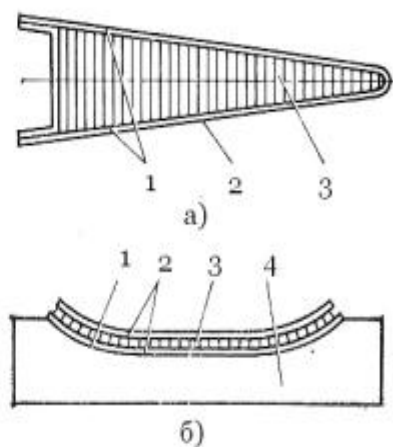


Рис.10.8. Способы базирования улов в процессе сборки:
 а) - по сотовому заполнителю; б) - по обшивке; 1- базовые поверхности; 2- обшивки; 3- сотовый заполнитель; 4 -болванка

Контроль качества сотовых агрегатов.

При изготовлении сотовых агрегатов значительный объем работ приходится на пооперационный и окончательный контроль.

Для контроля качества обезжиривания фольги применяется люминесцентная установка УЛКО-3, обеспечивающая 100%-ный контроль фольги с обеих сторон.

Качество склеивания сотовых агрегатов проверяется на механизированной установке УКИ-ЧП с числовым программным управлением, оснащенной импедансно акустическим прибором ИАД-3.

Выявление зон непрочности (рис.10.9.) производится импедансно акустическим методом, основанном на изменении частоты вынужденных колебаний клеевого соединения при наличии в нем непрочности. При этом контроль можно производить при одностороннем подходе и не требуется погружения в жидкость или нанесения контактной смазки.



Рис. 10.9. Выявление зон непрочности.

Фирмой ФРГ разработан ультразвуковой резонансный прибор "Бонд тестер" для контроля прочности клеевых соединений. Принцип действия прибора состоит во

введении в клеевой шов соединения обшивка – каркас или обшивка – соты быстроизменяющихся нагрузок сдвига или растяжения и в одновременном замере реакции клеевого шва на эти нагрузки.

Недостатки прибора:

- невозможность контроля мест с пониженной адгезией клея к склеиваемой поверхности;
- необходимость высокой квалификации контролера;
- необходимость смазывания контролируемой поверхности, что приводит к замасливанню поверхностей изделия;
- большой объем работ по созданию эталонов и графиков.

Применение методов неразрушающего контроля не позволяет еще отказаться от испытаний.

Изготовление узлов с наполнителем в виде пенопласта.

При использовании в качестве легких наполнителей пенопластов возможны следующие методы изготовления узлов панелей и отсеков: прессовый, беспрессовый и комбинированный.

На рисунке 10.10. приведена типовая конструкция узла с наполнителем в виде пенопласта.

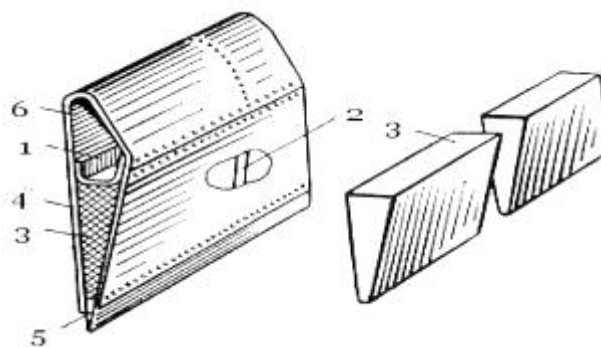


Рис. 10.10. Конструкция узла с наполнителем в виде пенопласта: 1- лонжерон; 2- нервюра; 3 – наполнитель в виде пенопласта; 4 – обшивка; 5 – законцовка; 6 – носок.

При прессовом методе технологический процесс осуществляется в следующей последовательности: сборка каркаса, установка пенопласта между элементами каркаса (нервюрами, лонжеронами т.д.) и их склеивание, обработка пенопласта с пригонкой под склейку обшивки, подготовка пенопласта и обшивок к склеиванию, склеивание их в приспособлении под определенным внешним давлением прессования.

Пенопласт приклеивается с обшивками в приспособлениях (рис.4.25.)

При беспрессовом методе легкий наполнитель образуется в полости изделия в результате термической обработки исходного полуфабриката.

Технологический процесс здесь несколько проще: после сборки и подготовки изделие заполняется полуфабрикатом и подвергается термообработке. При определенной температуре полуфабрикат вспенивается в результате действия специального газообразователя или химической реакции между компонентами исходной композиции. Как в том, так и в другом случае, вспенивающаяся масса создает внутреннее давление $[(3...5) \cdot 10^5 \text{ Па}]$, достаточное для склеивания. Таким образом, здесь отпадает необходимость во внешнем давлении. После вспенивания наполнитель приобретает пенную структуру с замкнутыми ячейками и объемной массой $\gamma = 0,015...0,2 \text{ г/см}^3$.

На рисунке 10.12. приведена схема ограничительного приспособления для заполнения хвостового отсека руля самовспенивающимся наполнителем.

Для уменьшения усадки наполнителя в исходную композицию вводят специальные

добавки (карбид кремния, газовая сажа и т.д.) или используется комбинированный метод, при котором в заполняемую полость вводится вкладыш из готового пенопласта (рис.10.11.).

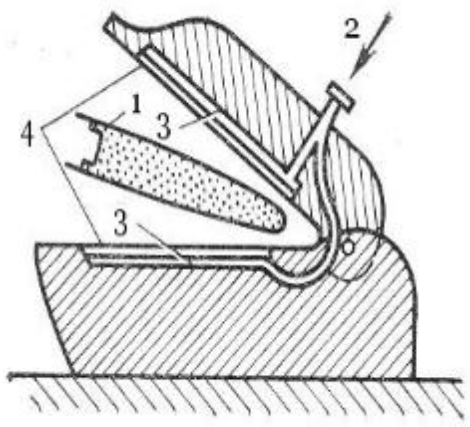


Рис. 10.11. В заполняемую полость вводится вкладыш из готового пенопласта: 1- склеиваемый узел; 2- подача сжатого воздуха; 3 - полости для сжатого воздуха; 4- фольга – мембрана.

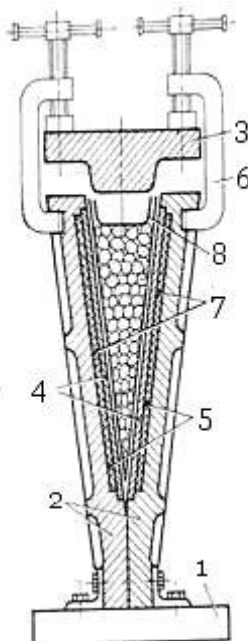


Рис 10.12. Ограничительное приспособление для заполнения хвостовой части руля высоты самовспенивающимся наполнителем:

- 1- основание;
- 2- ограничительная стекла;
- 3- крышка;
- 4- плита;
- 5- ленточные нагревательные элементы;
- 6- трубка;
- 7- прокладка на асбесте;
- 8- каркас хвостовой части руля.

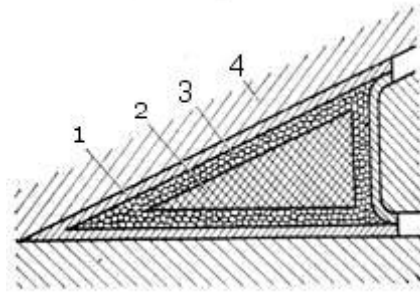


Рис. 10.13. Схема комбинированного метода заполнения трехслойной конструкции:

- 1- изделие;
- 2- вкладыш из готового пенопласта;
- 3- исходный полуфабрикат;
- 4- ограничительное приспособление.

Процессы выполнения комбинированных соединений.

В самолето- и вертолетостроении часто применяются комбинированные соединения: клеесварные, клееклепаные, клеевинтовые, клееболтовые, которые успешно сочетают многие положительные качества тех и других, повышают прочность и эксплуатационные характеристики конструкций.

Клеесварные соединения выполняются одним из следующих способов:

- точечной сваркой по слою жидкого или пастообразного клея;
- введение клеев в зазоры между сваренными поверхностями.

Технологический процесс по первому способу включает операции: предварительная сборка, подготовка поверхностей, нанесения клея, сборка, сварка, полимеризация клея, нанесение антикоррозионных покрытий.

Подготовка поверхности производится методами под контактную (точечную, роликовую) электросварку. Для этого способа пригодны клеи ВК-1МС, ВК-1, ВК-9, ВК-32-ЭМ и ряд других, способных выжиматься с контактных поверхностей под давлением электродов, не препятствуя образованию сварной точки требуемого качества. Сварка производится на обычных контактных точечных машинах. Существенное преимущество сварки по клею – гарантированное высокое качество заполнения клеем сварного шва.

При втором способе под кромки, выполненного контактной сваркой соединения, с помощью специального шприца вводят клей невысокой вязкости (рис.10.14.).

Технологический процесс включает операции: предварительная сборка, подготовка поверхностей под сварку, сборка и постановка технологических болтов, сварка, контроль качества сварки, подготовка поверхностей под склеивание, введение клея в нахлестку, постановка контрольных заклепок, отверждение клея.

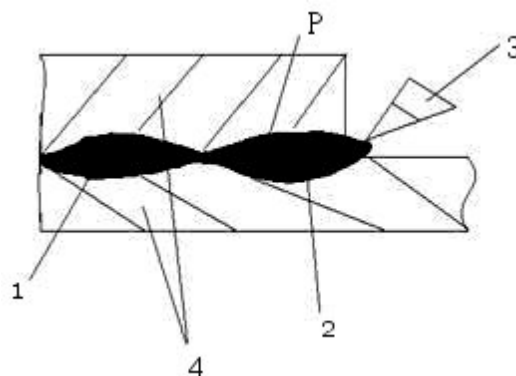


Рис 10.14. Введение клея в зазоры: 1 – сварная точка; 2 – клей; 3 – шприц; 4–свариваемые детали.

Клей проникает в зазор между пластинами, расположенными на расстоянии d под действием силы капиллярного давления P , которое приближенно определяется из выражения

$$P = \frac{2\alpha \cdot \cos\theta}{d},$$

где θ - краевой угол, α - коэффициент поверхностного натяжения.

Установлено, что гарантированное заполнение зазоров достигается при нахлестке не более 12 мм и с зазорами не более 0,08 мм для клея КЛН-1, а для клеев ВК-1МС, ВК-9 величина нахлестки до 30 мм, минимальный зазор – 0,03 мм.

На практике применяют нахлестку 15...18 мм, зазор 0,05...0,15 мм.

Клеемеханические соединения (клеезаклепочные, клеевинтовые, клееболтовые) могут выполняться по двум схемам:

- установкой элементов механического крепления по ранее выполненному клеевому соединению;
- установкой элементов механического крепления по незатвердевшему клею с последующим отверждением клея в комбинированном соединении.

Комбинированные соединения отличаются герметичностью, антикоррозионной стойкостью, высокой ударной и усталостной прочностью, надежностью при длительной эксплуатации.

Точность и технико-экономические показатели различных методов базирования.

При сборке одного и того же узла, панели, отсека, агрегата для установки деталей каркаса и обшивки в сборочное положение применяют различные сборочные базы, рассмотренные выше.

Во всех случаях применения при сборке одного изделия нескольких сборочных баз основным методом базирования считается тот, при котором формируется внешний обвод агрегата с допустимыми отклонениями, указываемыми в технических условиях на изготовление летательного аппарата.

При удовлетворении требований по точности несколькими методами базирования выбирают тот, который имеет наилучшие технико-экономические показатели.

При расчетах технологической себестоимости запускаемого в серийное изготовление вертолета определяют технико-экономические показатели:

- в сфере подготовки производства;
- в сфере основного производства.

Технологическая себестоимость изделия рассчитывается из следующих затрат:

- расход металла на оснастку (G осн.);
- трудоемкость изготовления оснастки (Т осн.);
- себестоимость изготовления оснастки (С осн.);
- необходимое количество единиц сборочной оснастки (N осн.).

Для удобства сравнения технико-экономических показателей при различных методах базирования за 100% принимаются затраты при сборке с базой «внешняя поверхность обшивки».

Наилучшие технико-экономические показатели в сфере подготовки производства при сборке узлов, панелей имеют методы базирования по СО, КФО и по внутренней поверхности обшивки. Затраты на оснастку для изготовления и сборки узлов и панелей с базированием по СО и КФО составляют 35-45% затрат соответствующих методам базирования по внешней поверхности обшивки или поверхности каркаса. Объясняется это тем, что при базировании по СО, КФО и внутренней поверхности обшивки требуется простая, менее трудоемкая и дешевая оснастка.

При сборке по СО, КФО приспособления имеют меньшее количество балок, колонн, ложементов и совершенно не имеют рубильников, необходимых в приспособлениях при базировании по внешней поверхности обшивки и поверхности каркаса.

При базировании по СО многие узлы и панели собираются вообще без приспособлений на столах, верстаках или в переналаживаемых сборочных

приспособлениях. Это приводит к снижению не только расхода металла на оснастку, трудоемкости и себестоимости ее изготовления, но и количества необходимой для сборки оснастки.

Если рассматривать технико-экономические показатели методов сборки в сфере основного производства, то при методе сборки «базирование по поверхности каркаса» себестоимость сборки выше, чем при базировании по внешней поверхности обшивки. Это связано с тем, что при базировании по поверхности каркаса уменьшается объем работ по панелированию, но значительно увеличен объем клепальных работ, выполняемых в стапелях общей сборки ручным инструментом (пневмодрели, пневмомолотки).

Большой объем панелирования, выделение сборки и клепки панелей на самостоятельные участки работы, применение более совершенных сборочных приспособлений, уменьшение объема сборочно-клепальных работ при общей сборке отсеков и агрегатов – всё это повышает технико-экономические показатели в сфере основного производства.

При запуске изделия в серийное производство, исходя из его конструктивных особенностей, определяют общую схему сборки, проводят расчеты технико-экономических показателей по подготовке производства и по основному производству, определяя какие методы сборки применить для сборки отсеков, агрегатов и ЛА в целом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Братухин А.Г. Современные авиационные материалы: технологические и функциональные особенности//Москва, Издательство «АвиаТехИнформ XXI век», 2001. с. 18
2. Братухин А.Г., Погосян М.А., Суров В.И., Тарасенко Л.В. Конструкционные и функциональные материалы современного авиастроения//Москва, Издательство МАИ, 2007. с.73
3. Проектирование, конструкция и производство ЛА. Основы технологии производства ЛА в конспектах лекций//Москва, Наука и технологии, 2005. с.206, 212, 641
4. Проектирование, конструкция и производство ЛА. Теоретические основы авиа- и ракетостроения// Москва, 2005. с.697
5. Технология самолетостроения: Учебник для авиационных вузов// Абибов А.Л., Бирюков В.В., Бойцов В.В. и др. Под ред. Абибова А.А. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1982.