

## 4 ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОРПУСНЫХ ДЕТАЛЕЙ

К корпусам относят детали, содержащие систему отверстий и плоскостей, координированных друг относительно друга. К корпусам относят корпуса редукторов, коробок передач, насосов и т.д. Корпусные детали служат для монтажа различных механизмов машин. Для них характерно наличие опорных достаточно протяженных и точных плоскостей, точных отверстий (основных), координированных между собой и относительно базовых поверхностей и второстепенных крепежных, смазочных и других отверстий.

По общности решения технологических задач корпусные детали делят на две основные группы: а) призматические (коробчатого типа) с плоскими поверхностями больших размеров и основными отверстиями, оси которых расположены параллельно или под углом; б) фланцевого типа с плоскостями, являющимися торцовыми поверхностями основных отверстий. Призматические и фланцевые корпусные детали могут быть разъемными и неразъемными. Разъемные корпуса имеют особенности при механической обработке.

### ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ

#### *Точность размеров:*

- точность диаметров основных отверстий под подшипник по 7-му качеству с шероховатостью  $Ra = 1,6...0,4$  мкм, реже
- по 6-му качеству  $Ra = 0,4...0,1$  мкм;
- точность межосевых расстояний отверстий для цилиндрических зубчатых передач с межцентровыми расстояниями

50...800 мм от  $\pm 25$  до  $\pm 280$  мкм;

- точность расстояний от осей отверстий до установочных плоскостей колеблется в широких пределах от 6-го до 11-го квалитетов.

#### *Точность формы:*

- для отверстий, предназначенных для подшипников качения, допуск круглости и допуск профиля сечения не должны превышать (0,25...0,5) поля допуска на диаметр в зависимости от типа и точности подшипника;
- допуск прямолинейности поверхностей прилегания задается в пределах 0,05...0,20 мм на всей длине; – допуск плоскостности поверхностей скольжения – 0,05 мм на длине 1 м.

#### *Точность взаимного расположения поверхностей:*

- допуск соосности отверстий под подшипники в пределах половины поля допуска на диаметр меньшего отверстия;
- допуск параллельности осей отверстий в пределах 0,02...0,05 мм на 100 мм длины;
- допуск перпендикулярности торцовых поверхностей к осям отверстий в пределах 0,01...0,1 мм на 100 мм радиуса;
- у разъемных корпусов несовпадение осей отверстий с плоскостью разъема в пределах 0,05...0,3 мм в зависимости от диаметра отверстий.

*Качество поверхностного слоя.* Шероховатость поверхностей отверстий  $Ra = 1,6...0,4$  мкм (для 7-го квалитета);  $Ra = 0,4...0,1$  мкм (для 6-го квалитета); поверхностей прилегания  $Ra = 6,3...0,63$  мкм, поверхностей скольжения  $Ra = 0,8...0,2$  мкм, торцовых поверхностей  $Ra = 6,3...1,6$  мкм. Твердость поверхностных слоев и требования к наличию в них заданного знака остаточных напряжений регламентируются достаточно редко и для особо ответственных корпусов.

В машиностроении для получения заготовок широко используются серый чугун, модифицированный и ковкий чугуны, углеродистые стали; в турбостроении и атомной технике – нержавеющие и жаропрочные стали и сплавы; в авиастроении – силумины и магниевые сплавы; в приборостроении – пластмассы.

Чугунные и стальные заготовки отливают в земляные и стержневые формы. Для сложных корпусов с высокими требованиями по точности и шероховатости (корпуса центробежных насосов) рекомендуется литье в оболочковые формы и по выплавляемым моделям.

Заготовки из алюминиевых сплавов получают отливкой в кокиль и под давлением. Замена литых заготовок сварными производится для снижения веса и экономии материала, при этом толщина стенок корпуса может быть уменьшена на 30...40 % по сравнению с литыми корпусами.

При обработке корпусных деталей используются следующие методы базирования:

- обработка от плоскости, т.е. вначале окончательно обрабатывают установочную плоскость, затем принимают ее за установочную базу и относительно нее обрабатывают точные отверстия;
- обработка от отверстия, т.е. вначале окончательно обрабатывают отверстие и затем от него обрабатывают плоскость.

Чаще применяется обработка от плоскости (базирование более простое и удобное), однако более точным является обработка от отверстия, особенно при наличии в корпусах точных отверстий больших размеров и при высокой точности расстояния от плоскости до основного отверстия (например, корпуса задних бабок токарных и шлифовальных станков).

При работе первым методом труднее выдерживать два точных размера – диаметр отверстия и расстояние до плоскости.

При базировании корпусных деталей стараются выдерживать принципы совмещения и постоянства базы. Ниже приведены наиболее часто используемые схемы базирования.

При изготовлении корпусных деталей призматического типа широко используется базирование по плоской поверхности 1 и двум отверстиям 2, чаще всего обработанным по 7 качеству (рис. 48).

Детали фланцевого типа базируются на торец фланца 1, отверстие 2 большего диаметра и отверстие 3 малого диаметра во фланце. Распределение опорных точек зависит от соотношения длины базирующей части отверстия к его диаметру (рис. 49 и 50).

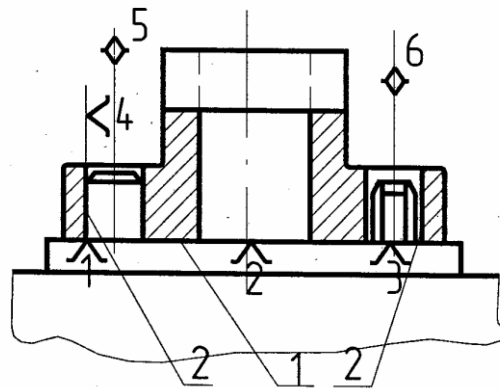


Рис. 48 Базирование корпусной заготовки на плоскость и два отверстия

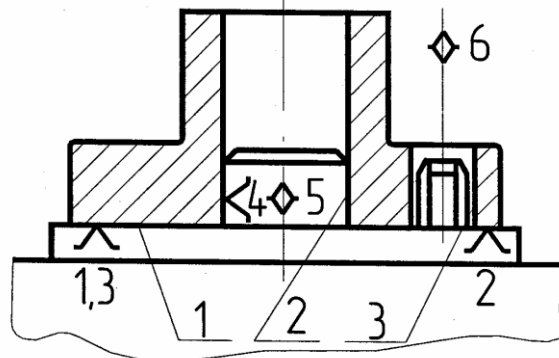
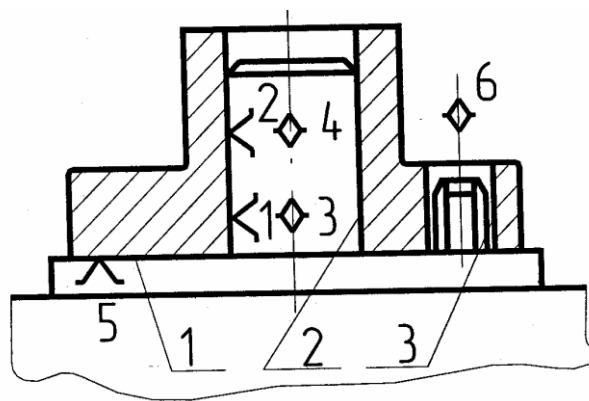


Рис. 49 Базирование корпусной заготовки на плоскость, короткую выточку и отверстие



**Рис. 50** Базирование корпусной заготовки на плоскость, длинное отверстие и отверстие малого диаметра во фланце

В мелкосерийном и единичном производствах обработку заготовок корпусных деталей выполняют на универсальных станках без приспособлений. Разметкой определяют положение осей основных отверстий, плоских и других поверхностей.

Обработку плоских поверхностей можно производить различными методами на различных станках – строгальных, долбежных, фрезерных, протяжных, токарных, расточных, многоцелевых, шабровочных и др. (лезвийным инструментом); шлифовальных, полировальных, доводочных (абразивным инструментом).

Наиболее широкое применение находят строгание, фрезерование, протягивание и шлифование.

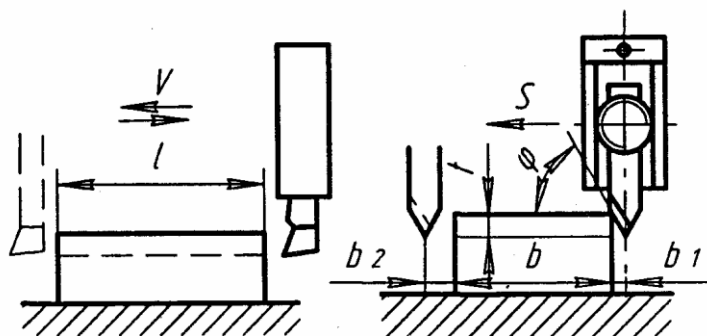
Строгание находит большое применение в мелкосерийном и единичном производстве благодаря тому, что для работы на строгальных станках не требуется сложных приспособлений и инструментов, как для работы на фрезерных, протяжных и других станках.

Этот метод обработки является весьма гибким при переходе на другие условия работы. Однако он малопроизводителен: обработка выполняется однолезвийным инструментом (строгальными резцами) на умеренных режимах резания, а наличие вспомогательных ходов увеличивает время обработки. Кроме того, для работы на этих станках требуются рабочие высокой квалификации.

Строгание и долбление применяют в единичном и мелкосерийном производствах.

При строгании применяют: поперечно-строгальные, а также одно- и двухстоечные продольно-строгальные станки. Строгание на продольно-строгальных станках применяют в серийном производстве и при обработке крупных и тяжелых деталей практически во всех случаях. Объясняется это простотой и дешевизной инструмента и наладки; возможностью обрабатывать поверхности сложного профиля простым универсальным инструментом, малой его чувствительностью к литейным порокам, возможностью снимать за один рабочий ход большие припуски до 20 мм и сравнительно высокой точностью (рис.

51).



**Рис. 51** Схема строгания плоской поверхности:

$l$  – длина заготовки, мм;  $b_1$  – врезание резца, мм;  $b_2$  – перебег резца, мм;  
 $b$  – ширина заготовки, мм;  $t$  – глубина резания, мм

При тонком строгании может быть достигнута шероховатость  $Ra = 1,6 \dots 0,8$  мкм и неплоскостность 0,01 мм для поверхности  $300 \times 300$  мм.

Для увеличения производительности процесса строгания заготовки устанавливают в один или несколько рядов; обрабатывают одновременно заготовки деталей различных наименований.

Наиболее рационально применять строгание длинных и узких поверхностей. При обычной форме резца строгание производится с глубиной резания от 3 до 10 мм и подачей 0,8...1,2 мм на один двойной ход стола, обеспечивая IT 13...11; Ra = 3,2...12,5.

**Фрезерование** в настоящее время является наиболее распространенным методом обработки плоских поверхностей. В массовом производстве фрезерование вытеснило применявшееся ранее строгание.

Фрезерование осуществляется на фрезерных станках. Фрезерные станки разделяются на горизонтально-фрезерные, вертикально-фрезерные, универсально-фрезерные, продольно-фрезерные, карусельно-фрезерные, барабанно-фрезерные и многоцелевые.

Существуют следующие виды фрезерования (рис. 52): цилиндрическое (а), торцовое (б), двустороннее (в), трехстороннее (г).

Широкое применение находит в настоящее время фрезерование торцовыми фрезами, а при достаточно больших диаметрах фрез (свыше 90 мм) – фрезерными головками (торцовыми фрезами со вставными ножами). Это объясняется следующими преимуществами данного фрезерования перед фрезерованием цилиндрическими фрезами:

- применением фрез больших диаметров, что повышает производительность обработки;
- одновременным участием в обработке большого числа зубьев, что обеспечивает более производительную и плавную работу;
- отсутствием длинных оправок, что дает большую жесткость крепления инструмента и, следовательно, возможность работать с большими подачами (глубинами резания);
- одновременной обработкой заготовок с разных сторон (например, при использовании барабанно-фрезерных станков).

Фрезерование характеризуется высокой производительностью и сравнительно высокой точностью. Фрезерование в два перехода (черновой и чистовой) позволяет достичь: по точности размеров – IT9; по шероховатости – Ra = 6,3...0,8 мкм; отклонение от плоскостности 40...60 мкм.

Одним из наиболее производительных способов фрезерования является обработка плоскостей на карусельно-фрезерных, барабанно-фрезерных станках, что возможно по непрерывному циклу. Одним из

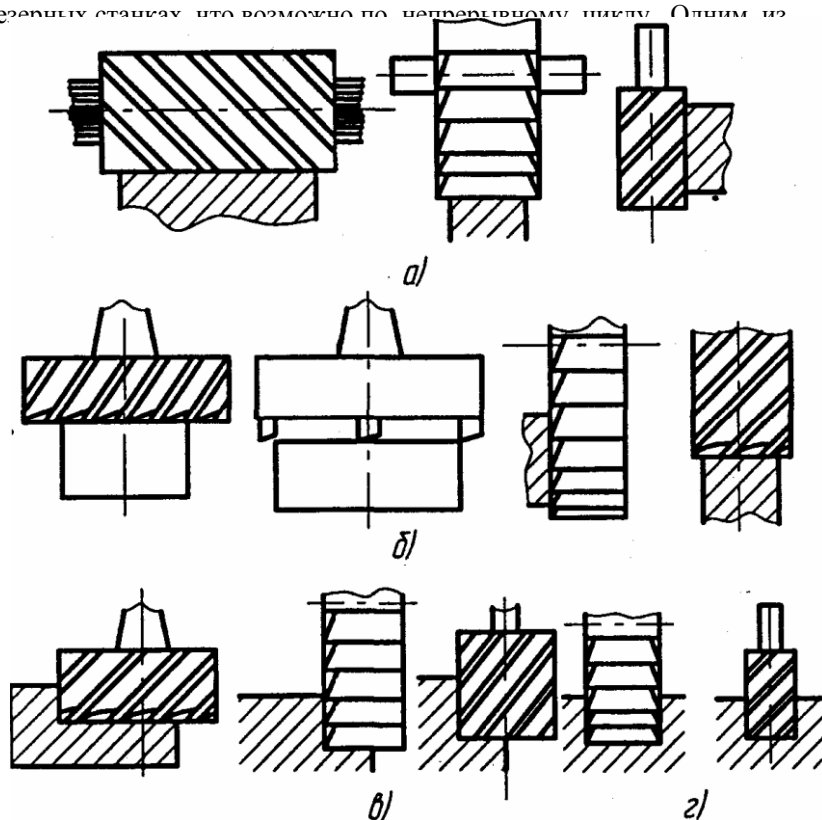


Рис. 52 Схемы фрезерования плоских поверхностей:

а – цилиндрическое; б – торцовое; в – двустороннее; г – трехстороннее

способов сокращения основного времени является внедрение скоростного и силового фрезерования. Скоростное фрезерование характеризуется повышением скоростей резания при

обработке стали до 350 м/мин, чугуна – до 450 м/мин, цветных металлов – до 2000 м/мин при небольших подачах на зуб фрезы  $S_z = 0,05...0,12$  мм/зуб – при обработке сталей,  $0,3...0,8$  мм/зуб – при обработке чугуна и цветных сплавов. Силовое фрезерование характеризуется большими подачами на зуб фрезы ( $S_z > 1$  мм).

Как скоростное, так и силовое фрезерование выполняется фрезами, оснащенными твердосплавными и керамическими пластинами.

Тонкое фрезерование характеризуется малыми глубинами резания ( $t \leq 0,1$  мм), малыми подачами ( $S_z = 0,05...0,10$  мм) и большими скоростями резания.

**Протягивание** плоскостей реализуют на вертикально- и горизонтально-протяжных станках. Протягивание наружных плоских поверхностей благодаря высокой производительности и низкой себестоимости находит все большее применение в крупносерийном и массовом производстве.

Для этих типов производств протягивание экономически выгодно, несмотря на высокую стоимость оборудования и инструмента.

В настоящее время фрезерование часто заменяют наружным протягиванием (плоскости, пазы, канавки и т.п.).

В массовом производстве для наружного протягивания применяют высокопроизводительные многопозиционные протяжные станки, а также станки непрерывного действия.

Протягивание является самым высокопроизводительным методом обработки плоскостей, обеспечивающим точность размеров IT7...IT9, шероховатость  $Ra = (3,2...0,8)$  мкм.

Основными преимуществами протягивания по сравнению с фрезерованием являются: высокая производительность; высокая точность; высокая стойкость инструмента.

Ограничениями широкого применения протягивания являются его высокая стоимость и сложность инструмента.

Обычно при протягивании используются следующие режимы: подача на зуб  $S_z = 0,1...0,4$  мм/зуб; скорость резания  $t = 6...12$  м/мин с максимальными припусками до 4 мм с шириной протягивания до 350 мм.

**Шабрение** выполняют с помощью режущего инструмента – шабера – вручную или механическим способом. Шабрение вручную – малопроизводительный процесс, требует большой затраты времени и высокой квалификации рабочего, но обеспечивает высокую точность. Механический способ применяют на специальных станках, на которых шабер совершает возвратно-поступательное движение.

Точность шабрения определяют по числу пятен на площади  $25 \times 25$  мм (при проверке контрольной плитой). Чем больше пятен, тем точнее обработка.

Сущность шабрения состоит в соскабливании шаберами слоев металла (толщиной около 0,005 мм) для получения ровной поверхности после ее чистовой предварительной обработки. Шабрение называют тонким, если число пятен более 22 и  $Ra < 0,08$  мкм, и чистовым, если число пятен  $6...10$ ,  $Ra < 1,6$  мкм.

**Шлифование.** Как и наружные цилиндрические поверхности деталей типа тел вращения, плоские поверхности обрабатывают шлифованием, полированием и доводкой.

Шлифование плоских поверхностей осуществляют на плоскошлифовальных станках с крестовым или круглым столом как обычного исполнения, так и с ЧПУ. Плоское шлифование является одним из основных методов обработки плоскостей деталей машин (особенно закаленных) для достижения требуемого качества. В ряде случаев плоское шлифование может с успехом заменить фрезерование. Шлифование плоских поверхностей может быть осуществлено двумя способами: периферией круга и торцом круга (рис. 53).

Шлифование периферией круга может осуществляться тремя способами: 1) многократными рабочими ходами; 2) установленным на размер кругом; 3) ступенчатым кругом.

При первом способе (рис. 53, а) поперечное движение подачи круга производится после каждого продольного хода стола, а вертикальное – после рабочего хода по всей поверхности длины деталей  $l$ .

При втором способе (рис. 53, б) шлифующий круг устанавливается на глубину, равную припуску, и при малой скорости перемещения стола обрабатывают заготовку по всей длине. После каждого рабочего хода шлифовальный круг перемещается в поперечном направлении от  $0,7...0,8$  высоты круга. Для чистового рабочего хода оставляют припуск  $0,01...0,02$  мм и снимают его первым способом. Этот способ применяют при обработке на мощных шлифовальных станках.

При шлифовании третьим способом круг профилируют ступеньками. Припуск ( $Z_i$ ), распределенный между отдельными ступеньками, снимается за один рабочий ход (рис. 53, в).

На рис. 53, г показана схема шлифования установленным на размер кругом на станке с вращающимся столом.

Плоским шлифованием обеспечиваются следующие точность размеров и шероховатость поверхности: –

IT8...IT9, Ra = 1,6 мкм – черновое (предварительное) шлифование;

– IT7...IT8, Ra = 0,4...1,6 мкм – чистовое шлифование;

– IT7...IT8, Ra = 0,4...1,6 мкм – тонкое шлифование.

Шлифование обычно производится с применением СОЖ.

**Полирование поверхностей** является методом отделочной обработки. В качестве абразивных инструментов применяют эластичные шлифовальные круги, шлифовальные шкурки.

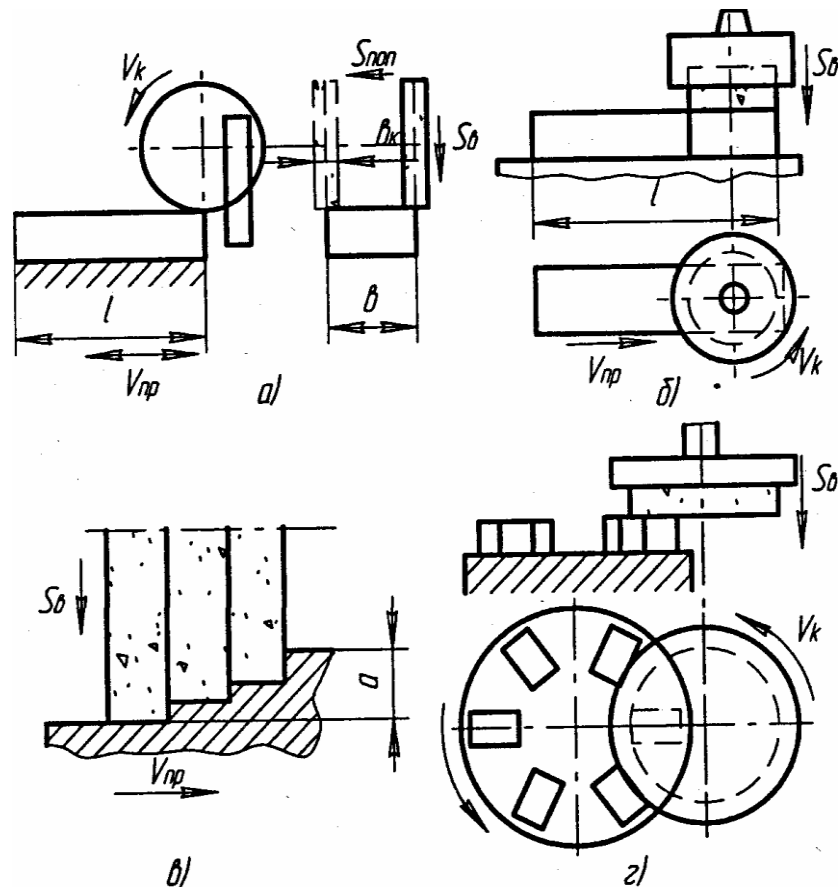


Рис. 53 Схемы шлифования плоскостей:

а – периферией круга; б – торцом круга; в – профилирующим кругом;

г – торцом круга на вращающемся столе

Доводка плоскостей осуществляется на плоскошлифовальных станках. Тонкую доводку плоских поверхностей осуществляют притирами. Осуществляют доводку при давлении 20...150 кПа, причем, чем меньше давление, тем выше качество обработанной поверхности. Скорости при тонкой доводке небольшие (2...10 м/мин). С повышением давления и скорости производительность повышается.

#### 4.1 Типовые маршруты изготовления корпусных деталей

Последовательность механической обработки корпуса призматического типа с плоским основанием и основным отверстием с осью, параллельной основанию следующая.

005 Заготовительная.

Заготовки корпусов из серого чугуна отливают в земляные, металлические (кокиль) или оболочковые формы, из стали – в земляные формы, кокиль или по выплавляемым моделям. Заготовки из алюминиевых сплавов отливают в кокиль или литьем под давлением. В единичном и мелкосерийном производствах применяют сварные корпуса из стали. Заготовки корпусных деталей перед механической обработкой проходят ряд подготовительных операций. 010 Фрезерная (протяжная).

Фрезеровать, или протянуть плоскость основания начерно и начисто или с припуском под плоское шлифование (при необходимости). Технологическая база – необработанная плоскость, параллельная обрабатываемой поверхности.

Оборудование:

– в единичном и мелкосерийном производствах – вертикально-фрезерный и строгальный станки;

- в серийном – продольно-фрезерный или продольно-строгальный станки;
- в крупносерийном и массовом – барабанно- и карусельно-фрезерные, плоскопротяжные, агрегатно-фрезерные станки.

#### **015 Сверлильная.**

Сверлить и зенковать (при необходимости) отверстия в плоскости основания. Развернуть два отверстия. Технологическая база – обработанная плоскость основания. Оборудование – радиально-сверлильный станок или сверлильный с ЧПУ, в массовом и крупносерийном производствах – многошпиндельный сверлильный станок или агрегатный станок. *020 Фрезерная.*

Обработка плоскостей, параллельных базовой (при их наличии). Технологическая база – плоскость основания. Оборудование – см. операцию 010. *025 Фрезерная.*

Обработка плоскостей, перпендикулярных базовой (торцы основных отверстий). Технологическая база – плоскость основания и два точных отверстия. Оборудование – горизонтально-фрезерный или горизонтально-расточной станок.

#### *030 Расточная.*

Растачивание основных отверстий (черновое и чистовое, или с припуском под точное растачивание). Технологическая база – та же (см. операцию 025). Оборудование:

- единичное производство – универсальный горизонтально-расточной станок;
- мелкосерийное и среднесерийное – станки с ЧПУ расточно-фрезерной группы и многооперационные станки;
- крупносерийное и массовое – агрегатные многошпиндельные станки.

Точность межосевых расстояний, а также точность положения отверстий достигается с помощью: – разметки (от  $\pm 0,1$  мм до  $+ 0,5$  мм);

- пробных расточек (до  $+ 0,02$  мм);
- координатного растачивания на горизонтально-расточных станках (до  $\pm 0,02$  мм); – обработки по кондукторам и шаблонам (до  $\pm 0,02$  мм,  $\pm 0,03$  мм).

#### **035 Сверлильная.**

Сверлить (зенковать при необходимости), нарезать резьбу в крепежных отверстиях. Технологическая база – та же. Оборудование – радиально-сверлильный, сверлильный с ЧПУ, многооперационный, сверлильный многошпиндельный и агрегатный станки (в зависимости от типа производства).

#### **040 Плоскошлифовальная.**

Шлифовать (при необходимости) плоскость основания. Технологическая база – поверхность основного отверстия или обработанная плоскость, параллельная базовой (в зависимости от требуемой точности расстояния от базовой плоскости до оси основного отверстия).

Оборудование – плоскошлифовальный станок с прямоугольным или круглым столом.

#### **045 Алмазно-расточная.**

Тонкое растачивание основного отверстия. Технологическая база – базовая плоскость и два отверстия. Оборудование – алмазно-расточной станок. С целью выдерживания принципа постоянства баз большинство операций обработки (020, 025, 030, 035), за исключением операций подготовки технологических баз (010, 015) и отделки основных поверхностей (040, 045), часто концентрируют в одну операцию, выполняемую на горизонтально-расточном (единичное производство), многооперационном (серийное) или агрегатном (массовое) станках.

В маршрут обработки разъемных корпусов дополнительно к вышеприведенным операциям включают: – обработку поверхности разъема у основания (фрезерная);

- обработку поверхности разъема у крышки (фрезерная);
- обработку крепежных отверстий на поверхности разъема основания (сверлильная);
- обработку крепежных отверстий на поверхности разъема крышки (сверлильная);
- сборку корпуса промежуточную (слесарно-сборочная операция);
- обработку двух точных отверстий (обычно сверлением и развертыванием) под цилиндрические или конические штифты в плоскости разъема собранного корпуса.

#### **Пример типового маршрута изготовления кронштейна**

Рассматриваемый кронштейн (рис. 54) изготавливается литьем в разовые формы с машинной формовкой по деревянным моделям. Материал – серый чугун. *005 Вертикально-фрезерная.*

Вертикально-фрезерный станок 6М12П. Приспособление специальное. Фрезеровать плоскость 1 под шлифование. **010**

#### **Радиально-сверлильная.**

Радиально-сверлильный станок 2Н53, приспособление – кондуктор.

- 1 Сверлить четыре отверстия 1 и 2.
- 2 Зенкеровать четыре отверстия 2 и два отверстия 3.
- 3 Развернуть два отверстия 3.

**015 Токарная.**

Токарный станок 16К20. Расточить отверстие 1, фаску 2, подрезать торец 3 под тонкое растачивание и обтачивание (обработка противоположного торца не показана). 020 Радиально-сверлильная.

Станок радиально-сверлильный 2Н53. Приспособление – кондуктор. Сверлить, зенкеровать, нарезать резьбу в четырех отверстиях (обработка отверстий на противоположном торце не показана).

**025 Плоскошлифовальная.**

Станок плоскошлифовальный ЗБ722. Приспособление специальное. Шлифовать плоскость основания начисто.

030 Алмазно-расточная.

Станок для тонкой расточки. Расточить отверстие 1 и подрезать торец 2 начисто.

**035 Алмазно-расточная.**

Станок для алмазной расточки. Подрезать торец 1.

Примеры маршрутов изготовления корпусных деталей с отверстиями, оси которых параллельны и скрещиваются рассмотрены выше.

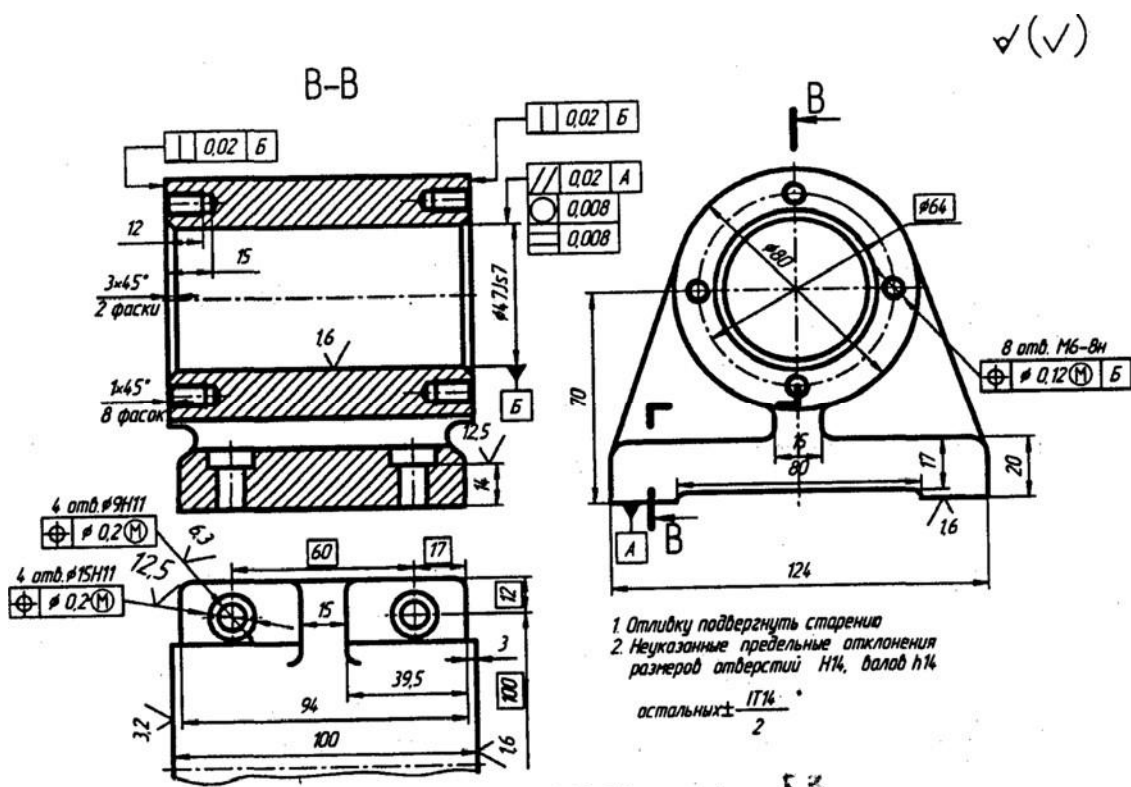


Рис. 54 Кронштейн

**Рис. 55 Виды зубчатых передач:** а –

цилиндрическая; б – коническая; в – червячная;

1 – шестерня; 2 – зубчатое колесо; 3 – червяк; 4 – червячное колесо