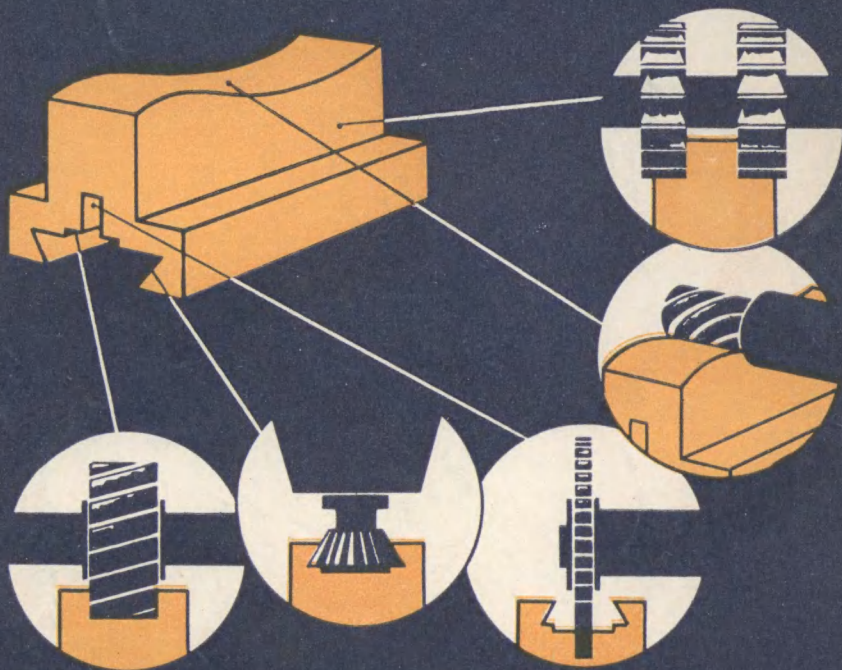


Е. В. Шашков, В. К. Смирнов

# Работа на фрезерно-расточных станках



ПРОФЕССИОНАЛЬНО-  
ТЕХНИЧЕСКОЕ  
ОБРАЗОВАНИЕ





Е. В. Шашков, В. К. Смирнов

# РАБОТА НА ФРЕЗЕРНО-РАСТОЧНЫХ СТАНКАХ

Одобрено Ученым советом  
Государственного комитета СССР  
по профессионально-техническому образованию  
в качестве учебника  
для средних  
профессионально-технических училищ



Москва «Высшая школа» 1986



Scan AAW



ББК 34.632.5  
Ш32  
УДК 621.914.4

Рецензенты:

канд. техн. наук А. Л. Дерябин (Экспериментальный научно-исследовательский институт металлорежущих станков); инж. С. В. Меркулов (СГПТУ № 36 Москвы)

**Шашков Е. В., Смирнов В. К.**

**Ш32** Работа на фрезерно-расточных станках: Учеб. для сред. ПТУ. — М.: Высш. шк., 1986. — 216 с.: ил. — (Профтехобразование).

Приведены основные сведения о резании металлов и технологическом процессе обработки деталей, рассмотрены методы обработки поверхностей деталей на фрезерно-расточных станках; описана технология обработки деталей на станках с ЧПУ; освещены вопросы научной организации труда, стандартизации и контроля качества продукции.

Учебник может быть использован при профессиональном обучении рабочих на производстве.

Ш  $\frac{2704040000-268}{052(01)-86}$  61-86

ББК 34.632.5  
6П4.64

© Издательство «Высшая школа», 1986



## Введение

Машиностроение — важнейшее звено народного хозяйства страны, сердцевина всей тяжелой индустрии. Оно создает условия для развития всех других видов производства и отраслей промышленности.

Количественное и качественное развитие машиностроения в значительной степени зависит от станкостроения. Без развития станкостроения нельзя добиться расширенного воспроизводства, непрерывного технического прогресса, роста производительности труда.

Основными направлениями экономического и социального развития СССР на 1986—1990 годы и на период до 2000 года в станкостроительной промышленности предусмотрено обеспечить опережающий выпуск металлорежущих станков с числовым программным управлением, станков типа «обрабатывающий центр», тяжелых и уникальных станков и прессов, оборудования для автоматизации сборки массовых изделий в машиностроении, роторных, роторно-конвейерных и других автоматических линий для машиностроения и металлообработки. Существенно расширить выпуск станков высокой и особо высокой точности.

Для производства деталей, приборов и машин, применяемых в металлургической, автотракторной, судостроительной, авиационной, электротехнической промышленности, а также и в тяжелом машиностроении, отечественные станкостроительные заводы изготовляют различные типы современных высокопроизводительных станков.

Все возрастающие темпы роста продукции машиностроения и металлообработки обеспечиваются станочным парком страны, систематически пополняемым новыми металлорежущими станками, среди которых большое место занимают универсальные и специальные фрезерные и расточные станки. Правильное использование этого оборудования возможно лишь



при условии овладения учащимися средних профессионально-технических училищ определенным комплексом технических знаний и навыков. Рабочий-станочник должен знать конструкцию современных моделей станков, методы их наладки, разнообразную универсальную и специальную технологическую оснастку и передовые методы организации труда. Работы, выполняемые на фрезерных и расточных станках, занимают особенно большое место в условиях единичного и мелкосерийного производства корпусных деталей.

Заготовки корпусных деталей, обрабатываемые на расточных станках, обычно имеют литую или сварную конструкцию и стоят очень дорого из-за сложности формы, трудности механической обработки, значительной массы и габарита. Брак этих деталей по вине расточника приносит большие убытки предприятию и может привести к срыву сроков выпуска изделий.

Отверстия корпусных деталей в большинстве случаев располагаются в нескольких плоскостях, выполняются по 6-му и 7-му квалитетам и имеют допуск на концентричность, межцентровые расстояния и размеры от базовых поверхностей в пределах от 0,01 до 0,05 мм. На расточных и фрезерных станках выполняется большое число операций механической обработки с применением режущих, измерительных и вспомогательных инструментов, принадлежностей и приспособлений. Этими обстоятельствами определяются высокие требования, предъявляемые к рабочему-расточнику и фрезеровщику в отношении их теоретической подготовки и производственных навыков.

В Основных направлениях реформы общеобразовательной и профессиональной школы определены цели, задачи, показаны пути перестройки и повышения качества подготовки рабочих высокой квалификации и широкого профиля.

Молодым рабочим необходимо постоянно повышать свою производственную квалификацию, изучать опыт новаторов производства, принимать активное участие в социалистическом соревновании.



# Глава I

## Технологический процесс обработки деталей на фрезерно-расточных станках

### § 1. Понятия и определения

Технологический процесс механической обработки деталей на фрезерно-расточных станках является составной частью производственного процесса изготовления деталей на машиностроительных заводах.

*Производственный процесс* — совокупность всех действий людей и орудий производства, необходимых для изготовления или ремонта выпускаемых изделий; включает в себя получение заготовок, их механическую и термическую обработку, сборку, испытание, упаковку готовой продукции, а также планирование, снабжение и т. д.

*Механическая обработка* — последовательное превращение заготовки в готовую деталь путем механического удаления (на металлорежущих станках или вручную с помощью специальных приспособлений и инструментов) имеющегося припуска.

Механическая обработка состоит из технологических операций, установок, позиций, переходов и ходов.

*Операция* — законченная часть технологического процесса, выполняемая на одном рабочем месте.

*Установка* — часть технологической операции, выполняемая при неизменном закреплении обрабатываемых заготовок. Число установок зависит от конфигурации детали и конструкции приспособления.

Для удобства обработки корпусных деталей фрезерно-расточные станки оснащают поворотными делительными столами, с помощью которых деталь при одном ее закреплении можно обрабатывать с четырех и более сторон, изменяя при этом позицию поворотного стола.

*Позиция* — фиксированное положение, занимаемое неизменно закрепленной обрабатываемой заготовкой совместно с приспособлением относительно инструмента или неподвижной части оборудования для выполнения определенной части операции.



*Переход* — законченная часть технологической операции, выполняемая одними и теми же средствами технологического оснащения при постоянных технологических режимах и установке. Например, точные отверстия в корпусной детали обрабатывают за три перехода (т. е. производят последовательно сверление, зенкерование и развертывание).

*Рабочий ход* — законченная часть технологического перехода, состоящая из однократного перемещения инструмента относительно заготовки, сопровождаемого изменением формы, размеров, шероховатости поверхности и физических свойств заготовки. Число ходов зависит от величины припуска, применяемого инструмента и мощности станка.

Механическую обработку любой корпусной детали можно осуществить на одном широкоуниверсальном фрезерно-расточном станке. Однако для повышения производительности (путем применения специализированных станков) и точности (путем применения высокоточных и специальных станков) обработки технологический процесс разбивают на операции, т. е. разрабатывают маршрутную технологию, с помощью которой определяют объем операции на каждой единице оборудования (станке, верстаке и др.), а также режущий и вспомогательный инструмент на каждой операции.

Разбивку операций на установки, переходы и ходы (с определением режима обработки, траектории движения инструмента, основного и вспомогательного времени, приспособлений, режущего и измерительного инструмента и т. д.) производят на стадии разработки операционной технологии, представляющей подробное описание технологического процесса (вплоть до каждого хода) с определением средств и режимов обработки и измерения.

**Металлорежущие станки** в зависимости от вида механической обработки деталей, для которой они предназначены, делятся на следующие группы: 1 (токарные); 2 (сверлильные и расточные); 3 (шлифовальные, полировальные, доводочные и заточные); 4 (комбинированные); 5 (зубо- и резьбообрабатывающие); 6 (фрезерные); 7 (строгальные, долбежные, протяжные); 8 (обрезные) и 9 (разные). Каждая группа станков подразделяется на типы, а типы — на типоразмеры. Например, фрезерные станки (группа 6) делятся на следующие типы: 1 (вертикально-консольные); 2 (непрерывного действия); 4 (копировальные и гравировальные); 5 (вертикальные бесконсольные); 6 (продольные); 7 (консольные); 8 (горизонтально-консольные); 9 (разные).

Деление металлорежущих станков на типоразмеры производится по основному параметру станка: наибольшему диаметру обрабатываемой заготовки (для токарных станков); наибольшему диаметру сверления (для сверлильных станков); диаметру выдвижного шпинделя и размерам стола (для горизонтально-расточных станков) и т. д.

Таким образом, модель каждого станка имеет вид цифрового



шифра. Например, станок мод. 612 — фрезерный (группа 6), вертикально-консольный (тип 1) с размерами стола (длина  $\times$  ширина) 800 $\times$ 200 мм (типоразмер 2).

Буквенное обозначение (А, Б, В, Г и т. д.) между первой и второй цифрами характеризует конструктивное исполнение станка по очередности (например, станки мод. 6А12, 6Б12 и т. д.), а после последней цифры — конструктивную модификацию данного исполнения станка (например, станок мод. 6Н12Б отличается от станка мод. 6Н12 величиной быстрых перемещений и подачи стола).

Техническая характеристика металлорежущего станка определяет его основные технологические и конструктивные параметры. Например, для консольно-фрезерных станков такими параметрами являются: предельные расстояния от оси (торца) шпинделя до рабочей поверхности стола; предельные расстояния от вертикальных направляющих станины до середины стола; расстояние от оси шпинделя до вертикальных направляющих станины; расстояния от оси шпинделя до нижней плоскости хобота; размеры стола (ширина  $\times$  длина); число Т-образных пазов и их размеры; скорость быстрых перемещений стола в продольном, поперечном и вертикальном направлениях и наибольшие перемещения стола в этих направлениях; число ступеней и подачи стола; подачи стола в продольном, поперечном и вертикальном направлениях; диаметр и конус шпинделя; наибольшая и наименьшая частота вращения шпинделя; мощность и частота вращения электродвигателя главного движения; габарит и масса станка и др.

Металлорежущий станок оснащается приспособлениями, а также режущим, вспомогательным и измерительным инструментом. С помощью приспособлений обеспечиваются установка, базирование и закрепление обрабатываемой детали на станке.

Режущий инструмент (резцы, сверла, фрезы, зенкеры, развертки, метчики, протяжки и т. д.) предназначен для механической обработки деталей путем последовательного снятия стружки с заготовок до получения требуемого размера.

Измерительный инструмент (штриховые и концевые меры, штангенциркули, микрометры, штихмассы, длиномеры, угломеры, скобы, индикаторы, микроскопы, калибры и др.) предназначен для контроля размеров деталей во время обработки с непосредственным влиянием на технологический процесс (активный контроль) и после обработки (выборочный и сплошной контроль).

Существуют следующие методы измерения: абсолютный (по показаниям шкалы штангенциркуля, микрометра и т. д.); относительный (путем сравнения измеряемой величины с эталоном); прямой (например, измерение угла угломером); комплексный (например, измерение параметров резьбы с помощью резьбового калибра).



## **§ 2. Принципы построения технологических процессов**

Основная цель технологического процесса — получить детали требуемого качества в необходимом количестве при минимальных затратах. Технологический процесс должен полностью обеспечить все требования, предъявляемые к детали по форме и точности размеров, геометрической форме, взаимному расположению и шероховатости поверхностей и т. д. При этом надо стремиться, чтобы деталь обрабатывалась за наименьшее число переходов, на наименьшем числе станков при наименьших затратах энергии и труда.

Разработка технологического процесса включает в себя следующие основные этапы.

1. Изучение исходных данных для проектирования технологического процесса на определенную деталь. Сначала изучают чертеж узла, затем чертеж детали и ее назначение в узле. При этом определяют требования к поверхностям детали, при необходимости корректируют чертеж детали в целях повышения ее технологичности и назначают (предварительно) комплект требуемого оборудования. Особое внимание уделяют взаимосвязи между деталями, необходимым конструктивным зазорам и посадкам сопрягаемых деталей, а также вопросам, относящимся к общей сборке узла и его отдельных элементов.

Затем рассматривают организационно-технические вопросы: годовую программу выпуска изделия; номенклатуру и загрузку оборудования данного предприятия; возможные тенденции изменения программы выпуска деталей в последующие годы.

Далее изучают технологические возможности оборудования, имеющегося на предприятии, и степень его загрузки. При равных технологических возможностях предпочтение отдается наименее загруженным станкам, имеющим наибольшую степень автоматизации.

2. Отработка детали на технологичность и выбор заготовки. Перед началом проектирования технологического процесса каждая деталь отрабатывается на технологичность, т. е. на соответствие детали требованиям экономической технологии ее изготовления. Технологичная деталь характеризуется простотой конструкции, оптимальной точностью, низкой стоимостью обработки и требуемым качеством выполнения своих функций в узле механизма.

К конструкции детали предъявляются следующие требования: наличие удобной и надежной базы, дающей возможность за одну установку обработать все (или большинство) взаимосвязанных элементов детали; минимальное число обрабатываемых элементов детали при сохранении ее функционального назначения; размеры на чертеже детали следует (по возможности) проставлять от основной технологической базы; жест-



кость конструкции детали должна обеспечивать возможность ее обработки прогрессивными методами на форсированных режимах резания; простота геометрической формы элементов детали и их унификация, обеспечивающие полную обработку детали наименьшим числом инструментов; наружные плоскости должны быть открытыми и легкодоступными для возможности их сквозной обработки, а бобышки и пластики должны (по возможности) располагаться в плоскости обработки основных поверхностей; отверстия должны быть гладкими или иметь минимальное число ступеней, причем ступень наибольшего диаметра должна находиться у наружной плоскости детали.

Очень важным для технологического процесса является правильно выбранный метод получения заготовок, зависящий от формы, конструкции и программы выпуска деталей. Чем больше программа выпуска, тем форма заготовки должна быть ближе к форме обрабатываемой детали в целях уменьшения и стабилизации припусков на обработку. Чем ниже точность изготовления заготовки, тем больше припуск на обработку и тем дороже изготовление самой детали.

В условиях единичного производства часто используют сварные заготовки. Все заготовки подвергают термической обработке. Чугунные отливки для снятия внутренних напряжений и повышения вязкости подвергают низкотемпературному отжигу. При определении метода получения заготовок главным является не снижение стоимости самой заготовки, а снижение суммарных затрат на изготовление готовой детали.

3. Построение типового технологического процесса обработки корпусных деталей. От правильности построения технологического процесса во многом зависит число переходов и точность изготовления детали. Окончательную обработку точных элементов детали следует производить только после обработки ее менее точных элементов. Имеются определенные правила построения технологического процесса.

Отличительной особенностью технологического процесса изготовления деталей, не подвергающихся промежуточной термической обработке в процессе механической обработки, является то, что полное их изготовление производится за две установки. Сначала производят черновую обработку; затем деталь освобождают (для снятия упругих деформаций) и после повторного закрепления (за основание детали) производят чистовую обработку. Указанный техпроцесс используется при изготовлении неотчетливых корпусных деталей и деталей средней сложности из модифицированных чугунов (перед механической обработкой производят стабилизирующий отпуск заготовки).

Изготовление деталей средней сложности, подвергающихся в процессе механической обработки промежуточной термической обработке, осуществляется за четыре установки.

Изготовление деталей высокой сложности и точности, подвергающихся промежуточной термической обработке и требую-



щих применения специального финишного оборудования, производится за шесть и более установок.

Число ходов в каждом переходе зависит от конкретных технических требований и от качества заготовки. Чем грубее заготовка, тем больше необходимо ходов для получения поверхности требуемого качества.

4. Выбор станков, приспособлений и инструмента. При разработке технологического процесса для действующего производства металлорежущее оборудование, как правило, выбирают из имеющегося на заводе парка станков. По паспорту определяют, можно ли обработать на станке деталь данного габарита и обеспечить выполнение технических требований, предъявляемых к обрабатываемой детали на данной операции по точности размеров, правильности геометрических форм и шероховатости поверхностей.

Если этим основным требованиям удовлетворяют станки нескольких типов, то выбирают станок, отвечающий следующим дополнительным требованиям: максимальное соответствие размеров стола станка габариту обрабатываемой детали (желательно наиболее полное использование площади стола); максимальное соответствие производительности станка программе выпуска деталей; минимальная себестоимость данной операции; наименьшая степень загрузки станка; максимальные степень автоматизации станка и возможности многостаночного обслуживания.

В зависимости от типа производства и серийности выпуска деталей используют различные виды приспособлений. Так, для единичного и мелкосерийного производства в основном используется технологическая оснастка, поставляемая с широкоуниверсальными фрезерными станками (тиски, поворотные столы, делительные головки, угольники и т. п.). В серийном производстве большое распространение получили универсальные переналаживаемые приспособления (УСП), основное преимущество которых заключается в возможности из ограниченного числа стандартных элементов УСП собрать большое число различных приспособлений. В массовом производстве применяются специальные приспособления, которые проектируют и изготавливают для каждой конкретной детали.

Приспособления должны отвечать следующим требованиям: минимальное время на установку и снятие детали; минимальная доля стоимости оснастки в себестоимости обработки детали; максимальная автоматизация процесса загрузки детали в целях использования «безлюдной технологии»; погрешность установки детали на приспособлении не должна превышать 30% припуска на механическую обработку и 40—50% допуска на точность взаимного расположения обрабатываемых поверхностей.

Необходимый режущий и измерительный инструмент выбирают на стадии разработки маршрутной технологии. Режущий инструмент должен обеспечивать необходимую для данной опе-



рации точность размеров, правильность геометрической формы и требуемое качество поверхностей при высокой производительности процесса, низкой стоимости и высокой стойкости и надежности инструмента. Новые прогрессивные технологические процессы надо строить на базе широкого использования непереключаемых многогранных твердосплавных пластин, режущей керамики, сплавов с износостойкими покрытиями, композитов и искусственных алмазов.

Измерительный инструмент выбирается в зависимости от вида обрабатываемой поверхности, требуемой точности и серийности производства. В единичном и мелкосерийном производстве используется универсальный измерительный инструмент (масштабные линейки, штангенциркули, микрометры, нутромеры и др.), в крупносерийном и массовом производстве — специальный инструмент (калибры, шаблоны, измерительные приспособления, приборы, автоматические устройства).

5. Выбор режимов резания. Главным при выборе режимов резания является максимальный объем снимаемого металла в единицу времени при достижении необходимой точности обработки и минимальных энергоемкости и трудоемкости выполняемых операций.

Основные параметры режима резания — глубина  $t$  резания (мм), подача  $S$  (мм/мин), скорость  $v$  резания (м/мин), частота  $n$  вращения шпинделя (об/мин), время  $T$  обработки (мин). Эти параметры рассчитываются или выбираются по таблицам соответствующих справочников.

6. Оценка технико-экономической эффективности технологического процесса производится путем сравнения себестоимости обработки однотипных деталей различными методами на станках различных моделей при использовании нескольких видов инструмента на различных режимах обработки. При этом необходимо стремиться к минимальной себестоимости обработки при требуемых производительности и качестве.

### **§ 3. Базирование деталей**

На фрезерно-расточных станках в основном обрабатывают корпусные, коробчатые и плоские детали, а также детали типа вилок и рычагов. Детали на стол станка или в приспособление, как правило, устанавливают вручную. Чем выше серийность выпуска обрабатываемых деталей, тем более специализированное приспособление используют для их закрепления, повышая тем самым точность и сокращая время установки. Закрепление детали на столе станка с помощью простейшей оснастки (подставок, угольников, прихватов и т. п.) или с помощью специального приспособления (построенного на базе элементов УСП) позволяет при правильном базировании точно и жестко зафиксировать деталь относительно основных рабочих органов станка.



**Базированием** называется придание заготовке определенного ориентированного положения относительно выбранной системы координат. **Базой** называется любой элемент детали (плоскость, отверстие и др.), по которому деталь устанавливается в приспособлении и относительно которого обрабатываются и измеряются другие элементы детали.

Базы бывают конструкторские, сборочные, измерительные и технологические.

**Конструкторской базой** называется поверхность или линия, от которых проставляются размеры на чертеже детали или узла. Эти базы могут быть реальными, если они представляют собой определенную поверхность детали (плоскость, отверстие и т. п.) или условными, если представляют собой осевые линии.

**Сборочными базами** называются поверхности, определяющие положение детали относительно других элементов узла или изделия.

**Измерительной базой** называется реальная поверхность, от которой измеряются размеры до других поверхностей детали.

**Технологической** (или установочной) базой называются поверхности (или заменяющая их совокупность элементов), по которым деталь базируется на столе или в приспособлении станка, ориентируясь определенным образом относительно узлов станка и режущего инструмента.

Качество технологического процесса зависит не только от выбранного метода обработки и технической характеристики станка, но также от способа базирования детали в приспособлении. Точность изготовленного изделия зависит от методов базирования деталей на каждой операции, от совпадения технологической базы с конструкторской и измерительной и от взаимосвязи технологической базы с обрабатываемыми элементами детали. Элементами детали являются плоскость, уступ, паз, отверстие и т. п.

**Правило шести точек.** При обработке корпусной детали на металлорежущем станке ее необходимо определенным образом

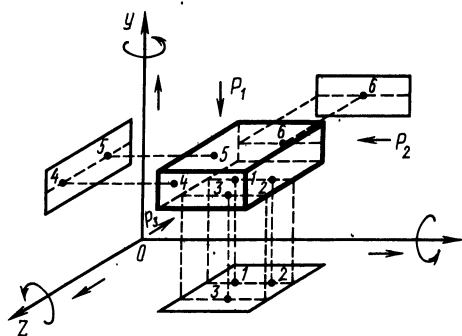


Рис. 1. Базирование детали на шесть точек

установить и закрепить на столе станка или в специальном приспособлении. Известно, что каждое твердое тело (в частности, деталь) имеет шесть степеней свободы: три перемещения вдоль осей  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  и три вращения вокруг тех же осей (рис. 1). Для того чтобы деталь во время обработки не смещалась и не поворачивалась на станке, ее необходимо устано-



вить и прижать к шести базовым точкам, т. е. создать шесть точек опоры, каждая из которых лишает деталь одной степени свободы. В этом и заключается правило шести точек.

Установка на точки 1, 2 и 3 и поджим силой  $P_1$  лишает деталь возможности перемещаться вдоль оси  $Y$  и вращаться вокруг осей  $X$  и  $Z$ . Плоскость, определяемая точками 1—3, называется установочной. Как правило, в качестве установочной выбирают самую длинную и широкую плоскость для большей устойчивости детали.

Прижим к точкам 4 и 5 и поджим силой  $P_2$  лишает деталь возможности перемещаться вдоль оси  $X$  и вращаться вокруг оси  $Y$ . Плоскость, на которой находятся точки 4 и 5, называется направляющей. Как правило, в качестве направляющей выбирают наиболее длинную плоскость детали.

Упор в точку 6 и поджим силой  $P_3$  лишает деталь последней (шестой) степени свободы — возможности перемещения вдоль оси  $Z$ . Плоскость, на которой находится точка 6, называется опорной.

При разработке зажимных приспособлений необходимо стремиться, чтобы деталь опиралась на шесть точек и прижималась в трех направлениях. Однако при зажиме деталей сложной формы (особенно при силовой обработке) требуется большее число опорных точек, что, как правило, приводит к деформации детали. Поэтому надо иметь шесть основных опорных точек, а остальные опоры подводить к детали только при необходимости.

При обработке корпусных деталей с четырех—шести сторон, как правило, требуется смена баз во время технологического процесса (это объясняется невозможностью открыть для обработки все шесть сторон призматической детали, установленной в зажимном приспособлении). Такое перебазирование является запланированным и им можно управлять.

Для получения требуемой точности обработки при смене базы необходимо пересчитать размерные цепи и ужесточить допуски на размеры. Схемы базирования деталей показаны на рис. 2. При базировании по плоскости  $A$  (рис. 2,  $a$ ) точность расположения обрабатываемого отверстия определяется размерами  $B_1$  и  $a_1$ , а при базировании по плоскости  $B$  (рис. 2,  $b$ ) — размерами  $B_2$  и  $a_2$ .

При базировании по упорам важно, чтобы направляющая

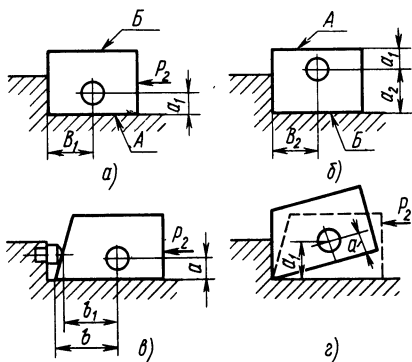


Рис. 2. Схемы базирования деталей:

$a$  — на плоскость  $A$ ,  $б$  — на плоскость  $B$ ;  $в$  — усилие зажима приложено по оси упора;  $г$  — усилие зажима приложено выше оси упора



поверхность не имела отклонения от плоскостности и чтобы прижимная сила  $P_2$  была приложена по оси упоров, при несоблюдении первого условия (рис. 2, в) вместо заданного размера  $b$  получается размер  $b_1 < b$ , а при несоблюдении второго условия (рис. 2, г) вместо заданного размера  $a$  получается размер  $a_1 > a$ , что является неисправимым браком.

При разработке технологического процесса всегда надо стремиться к единству всех четырех баз (конструкторской, технологической, сборочной и измерительной). Однако при обработке сложных корпусных деталей соблюсти этот принцип для всех элементов детали не удастся. Поэтому необходимо стремиться к тому, чтобы наиболее важные взаимосвязанные поверхности детали (от которых зависит выходная точность изделия) обрабатывались за одну установку. В этом случае точность изготовления определяется не точностью базирования, а точностью станка.

**Разметка корпусных деталей.** Правильный выбор баз дает возможность в крупносерийном и массовом производстве, где используются литые заготовки высокой точности и специальные приспособления, точно устанавливать деталь без последующей ее выверки.

В единичном и мелкосерийном производстве, где используются менее точные литые заготовки и универсальные приспособления (прихваты, планки, уголки и т. д.), деталь перед установкой на станок проходит предварительный входной контроль, а затем размечается. Разметка включает в себя: нанесение рисок по основным осевым линиям будущей детали; нанесение размеров обрабатываемых отверстий; определение места расположения основных плоскостей. На столе станка или в приспособлении деталь окончательно выверяют по рискам с помощью рейсмаса. Разметка дает возможность до начала обработки выявить литейный брак и получить годную деталь даже в случаях, когда заготовка имеет отдельные дефекты.

Неравномерность припуска заготовки при недостаточной жесткости инструмента снижает выходную точность обработанных поверхностей, особенно внутренних (это связано с меньшей жесткостью инструмента для обработки внутренних поверхностей). Поэтому при разметке корпусных деталей необходимо наиболее равномерный припуск предусмотреть на обработку основных (т. е. наиболее ответственных и точных) внутренних поверхностей.

Детали размечают в такой последовательности.

1. Устанавливают детали на разметочную плиту и визуально контролируют качество литья, определяя при этом все дефекты литья, которые необходимо устранить при механической обработке. Проводят осевые линии основных отверстий, стараясь сохранить равномерность припуска на их обработку.

2. Наносят горизонтальные и вертикальные риски по основным поверхностям и определяют припуски на обработку. Если разметка показывает, что некоторые поверхности будут обрабо-



таны не полностью, то соответственно корректируют положение основных осевых линий и повторно размечают деталь.

3. Размечают линии неответственных плоскостей и центры вспомогательных отверстий, в том числе крепежных. Центры крепежных отверстий кернят (для удобства последующего сверления на станках).

Разметка дает возможность сохранять (при многократном перебазировании детали) единство баз благодаря тому, что все риски проводятся от основных осевых линий. При установке на столе станка деталь выверяют (с помощью рейсмаса) только по основным осевым линиям.

Корпусные детали базируются двумя способами: 1) по установочной плоскости и двум отверстиям; 2) по трем плоскостям (основной, направляющей и опорной).

#### **§ 4. Приспособления к сверлильно-фрезерно-расточным станкам**

Повышение производительности труда, снижение себестоимости и повышение точности обработки во многом определяются оптимальным выбором станочных приспособлений, которые подразделяются на универсальные, специальные и универсально-сборные (переналаживаемые).

**Универсальные приспособления (УП)** — технологическая оснастка к универсальным металлорежущим станкам, расширяющая их технологические возможности и поставляемая, как правило, со станком. К таким приспособлениям относятся машинные тиски, делительные головки, поворотные столы, крепежные наборы (рис. 3), прихваты и др. УП применяются в основном в индивидуальном и мелкосерийном производстве.

**Специальные приспособления (СП)** — переналаживаемая технологическая оснастка, предназначенная для закрепления конкретных деталей при их обработке на одной операции. СП применяются в крупносерийном и массовом производстве и наиболее полно отвечают требованиям по точности и производительности обработки.

**Универсально-сборные приспособления (УСП)** — переналаживаемая технологическая оснастка, включающая в себя унифицированные базовые детали и сменные переналаживаемые элементы. УСП наиболее широко применяются в мелкосерийном и серийном производстве. УСП являются специализированными приспособлениями, которые komponуются из деталей и сбо-

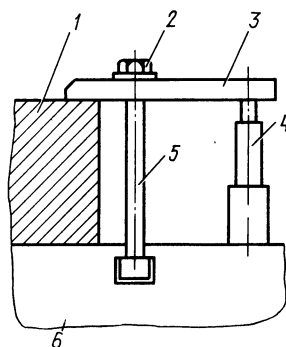
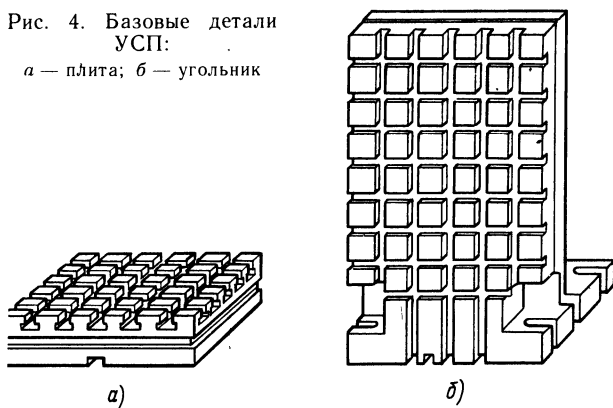


Рис. 3. Крепежный набор:  
1 — заготовка; 2 — гайка;  
3 — прихват; 4 — регулируемая  
опора; 5 — болт; 6 — стол  
станка



Рис. 4. Базовые детали  
УСП:

*a* — плита; *б* — угольник



рочных единиц, объединенных в комплекты в зависимости от ширины Т-образного паза стола станка или базовой плиты.

Комплекты УСП состоят из базовых, опорных, установочных, направляющих, прижимных, крепежных и других элементов, а также из созданных на их основе сборочных единиц. Из элементов и сборочных единиц УСП можно компоновать специальные станочные приспособления для фрезерных, расточных и сверлильных станков.

Базовые детали (рис. 4) служат основанием, на котором монтируется до 80% УСП. К ним относятся плиты (квадратной и прямоугольной формы) и угольники, имеющие сетку

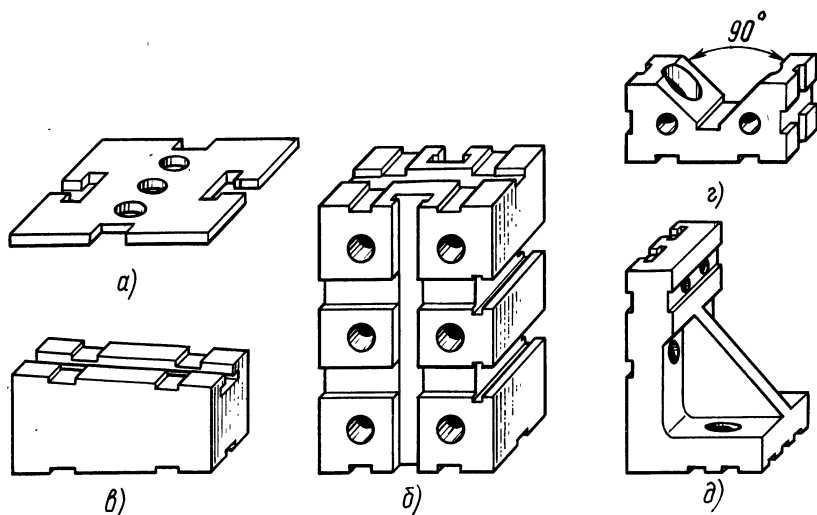


Рис. 5. Опорные детали УСП:

*a* — прокладка прямоугольная; *б* — опора прямоугольная; *в* — опора угловая; *г* — призма опорная; *д* — угольник установочный



Т-образных пазов и резьбовых отверстий. На нижней части основания плит и угольников имеются шпоночные пазы, с помощью которых собранное приспособление координируется относительно центра стола станка. От качества базовых деталей зависит жесткость и точность УСП.

Опорные детали (рис. 5) предназначены для образования корпуса приспособления и его основных опорных поверхностей. К опорным деталям относятся прокладки, опоры, призмы, угольники. Основными в корпусе приспособления являются опоры, имеющие Т-образные и П-образные пазы и резьбовые отверстия. Остальные детали служат для регулирования опор по высоте и увязки опор между собой в целях создания единого жесткого приспособления. Широкая номенклатура и многообразие опорных деталей позволяют собирать (с их помощью) большое число разнообразных УСП.

Установочные детали — шпонки, пальцы, переходники (рис. 6), штыри, постоянные и колпачковые опоры — предназначены для взаимной фиксации базовых и опорных элементов между собой и создания базовых опор для закрепляемой заготовки.

Направляющие детали служат для направления подвижных частей УСП и режущего инструмента. К ним относятся валики, колонки, кондукторные втулки и хвостовики призм.

Прижимными деталями относятся прихваты, которые одним концом опираются на обрабатываемую деталь, а другим — на квадратные или круглые опоры. Прижим детали к опоре осуществляется с помощью пазовых болтов различной длины, которые проходят через овальное отверстие прихвата. Для крепления деталей переменной высоты используются самоустанавливающиеся прихваты.

К крепежным деталям относятся пазовые болты и гайки различной формы и высоты, работающие в сочетании с прихватом.

Наиболее часто применяемые сборочные единицы УСП показаны на рис. 7.

Подвижная призма (рис. 7, а) регулируется вращением винта 1 за четырехгранник К. При этом винт, имеющий на концах правую и левую резьбу, сдвигает губки 2. Болты для крепления призмы к плите приспособления или столу станка устанавливаются в пазы П.

Г-образный прижим (рис. 7, б) своей хвостовой частью 5 устанавливается в Т-образный паз плиты и закрепляется гайкой 4. Обрабатываемая деталь зажимается угольником 2, который притягивается винтом 1. Втулка 3 имеет заплечик И, который воспринимает усилие зажима. При освобождении детали

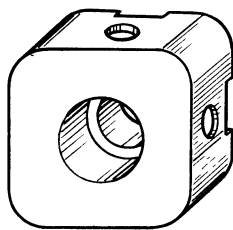


Рис. 6. Переходник центрирующий



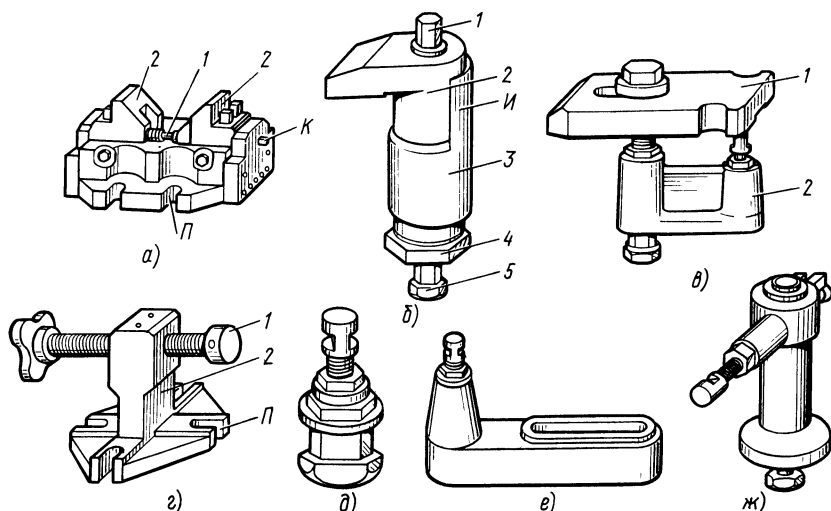


Рис. 7. Сборочные единицы УСП:

*а* — призма; *б* — прижим Г-образный; *в* — плоский прижим; *г* — прижим универсальный; *д* — опора регулируемая; *е* — опора подводимая регулируемая; *ж* — опора универсальная регулируемая

угольник 2 возвращается в исходное положение пружиной, смонтированной в стакане угольника.

Прижим (рис. 7, *в*) отличается от Г-образного прижима (см. рис. 7, *б*) наличием плоского прихвата 1, который одним концом опирается на обрабатываемую деталь, а вторым — на регулируемую опору 2. Универсальный прижим (рис. 7, *г*) предназначен для бокового прижима детали, осуществляемого винтом 1, установленным в стойке 2, которая фиксируется на плите приспособления болтами (через пазы П).

Опоры (рис. 7, *д—ж*) имеют ручную регулировку и крепятся непосредственно к базовой плите УСП (с помощью сухарей и винтов). Сборочные единицы не разбираются после окончания эксплуатации приспособлений, что значительно сокращает время компоновки новых УСП.

**УСП для расточных работ** применяются в мелкосерийном и серийном производстве при работе на горизонтально-расточных станках и позволяют значительно повысить производительность и точность обработки. Элементы УСП для расточных работ по функциональному назначению подразделяются на рабочие, направляющие, установочные и вспомогательные.

К рабочим элементам относятся борштанги, резцовые блоки, двухлезвийные развертки, т. е. элементы, непосредственно используемые при обработке деталей.

Направляющие элементы (подшипниковые опоры, опоры с установочным отверстием и направляющие втулки),



служащие для направления и поддержки рабочих элементов, крепятся на стандартные опоры и используются в виде люнетных стоек.

Установочные элементы (регулируемые опоры и поджимные головки) предназначены для тонкого регулирования взаимного расположения элементов в приспособлении и для точной установки детали в приспособлении.

К вспомогательным элементам относятся переходные муфты (создающие шарнирные соединения между борштангой и шпинделем станка), а также поддерживающие ролики и виброгасители (облегчающие установку борштанг).

УСП для станков с ЧПУ отличаются от традиционных тем, что имеют гидравлический или пневматический привод. Комплект УСП включает в себя: базовые элементы (плиты с пневмо- и гидрозажимами, гидрофицированные тиски, магнитные плиты, самоцентрирующие и плавающие прижимы); установочные элементы (многоместные призмы и накладки к тисочным губкам, подставки и кронштейны к гидроцилиндрам, фиксирующие призмы); прижимные элементы (прихваты, клиновые и торцовые зажимы, пневмозажимы, гидроцилиндры); элементы привода и гидроаппаратуры (пневмогидроусилители, рукава, коллекторы, пневмопанели).

Приспособление фиксируется по центральному отверстию (посредством цилиндрического пальца) и центральному калиброванному пазу (посредством шпонок) стола и крепится прихватами или болтами.

## **§ 5. Приспособления и устройства к фрезерным станкам**

Станочные приспособления подразделяются на универсальные и специальные. Универсальные приспособления предназначены для установки и закрепления разнообразных по форме и размерам заготовок и применяются в единичном и мелкосерийном производстве. Специальные приспособления предназначены для установки и закрепления одинаковых по форме и размерам заготовок и применяются в крупносерийном и массовом производстве. Установка, закрепление и снятие заготовок в приспособлениях может производиться вручную, полуавтоматически или автоматически.

Фрезерные станки с прерывистым циклом обработки (горизонтально-фрезерные, резьбофрезерные, зубофрезерные и др.) имеют вспомогательные (холостые) обратные ходы. Если на поворотном столе станка установить два приспособления, то можно вести обработку и на вспомогательном ходу, поскольку время фрезерования заготовки, установленной в одном приспособлении, можно использовать для установки следующей заготовки в другое приспособление. Оборудование горизонтально-фрезерного станка специальными приспособлениями конвейер-



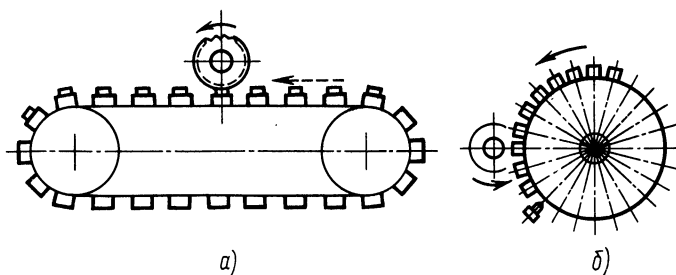


Рис. 8. Приспособления к горизонтально-фрезерному станку:  
а — конвейерного типа; б — барабанного типа

ного или барабанного типа (рис. 8), а вертикально-фрезерного станка — вращающимся столом позволяет осуществлять на этих станках непрерывный цикл обработки. Комплексная обработка заготовок на фрезерных станках достигается применением многоместных приспособлений и комбинированных инструментов (фасонных фрез, наборов фрез на общей оправке и др.).

Быстродействующие зажимные устройства позволяют сократить вспомогательное время обработки на установку и закрепление обрабатываемых деталей, которое особенно велико в мелкосерийном и единичном производстве, а также при обработке крупных деталей.

В условиях мелкосерийного и единичного производства применяют пневматические и гидравлические зажимные устройства с приставными унифицированными приводами, когда силовой агрегат используют в качестве универсального привода, от которого могут работать различные приспособления. Гидравлические приводы обеспечивают высокое давление рабочей жидкости (5—8 МПа) и большую силу зажима при небольших размерах гидроцилиндра и трубопровода. Пневматические приводы просты по конструкции, имеют большую скорость рабочих движений и обеспечивают (по сравнению с гидроприводами) мгновенный зажим деталей (так как скорость движения сжатого воздуха 180 м/с, а скорость движения масла 2,5—4,4 м/с). Однако из-за небольшого давления воздуха (до 0,5 МПа) пневмоприводы не могут обеспечить сжатие с большой силой, поэтому их целесообразно применять при зажиме небольших деталей.

**Пневматическое зажимное устройство** (рис. 9) имеет диафрагменную камеру 8 или пневмоцилиндр 15 (вмонтированные в приспособление или выполненные как самостоятельные агрегаты), аппаратуру управления (запорный кран 1, водоотделитель 2, фильтр 3 для очистки масла, редукционный клапан 4, распределительные краны 6 и 7), соединительную аппаратуру и воздухопровод. Запорный кран 1 служит для подачи сжатого воздуха от сети к зажимному устройству. Водоотделитель 2 очищает воздух от воды и механических примесей. Масляный



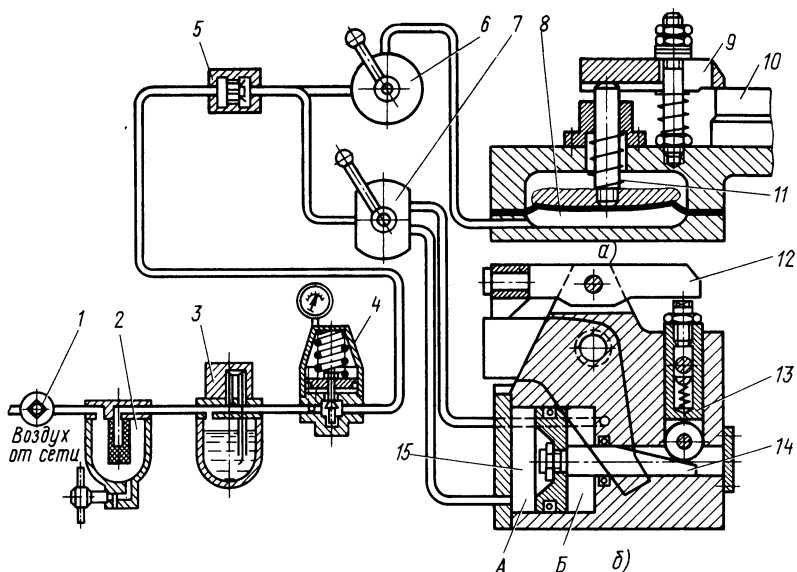


Рис. 9. Пневматические зажимные устройства с диафрагменным (а) и поршневым (б) приводом

фильтр 3 насыщает воздух маслом и дополнительно очищает его. Редукционный клапан 4 служит для регулирования и поддержания необходимого давления воздуха и силы зажима деталей. Обратный клапан 5 пропускает воздух только в одном направлении, и, следовательно, при уменьшении давления в сети исключается возможность внезапного освобождения обрабатываемой заготовки. Распределительные краны 6 и 7 подают воздух в диафрагменную камеру 8 (или в одну из полостей А или Б цилиндра 15, одновременно соединяя другую полость цилиндра с окружающей средой). Под действием сжатого воздуха шток диафрагменной камеры давит на прихват 9, который сжимает обрабатываемую заготовку 10. При повороте рукоятки крана 6 в другое положение подача сжатого воздуха в камеру прекращается и пружина 11 освобождает заготовку.

При подаче сжатого воздуха в полость А цилиндра поршень и клин 14 смещаются вправо, плунжер 13 поднимается и прихват 12 зажимает деталь. При подаче сжатого воздуха в полость Б деталь освобождается.

Пневмоцилиндры в зависимости от величины рабочего хода и сил зажима выполняют различной длины и диаметра. В зависимости от условий работы они могут быть двустороннего и одностороннего действия; в последнем случае поршень движется в обратном направлении под действием пружины, чем ограничивается рабочий ход штока цилиндра. Пневмоцилиндры крепятся к столу станка или приспособлению с помощью фланцев, лапок



или шарниров. Диафрагменные камеры дешевы в изготовлении, компактны, долговечны (срок службы до 10 тыс. включений), удобны в эксплуатации, просты в ремонте, не требуют большого расхода сжатого воздуха и не нуждаются в смазке. Пневмоцилиндры обеспечивают постоянную силу зажима, а также большую длину рабочих ходов. Все элементы пневматических зажимных устройств нормализованы.

**Приставной пневматический привод** (рис. 10, а) имеет корпус 2, крышки 1 и 5, поршень 4 и шток 6. Кронштейн 8 с отверстиями для болтов или ушками служит для крепления привода к приспособлению или столу станка. Уплотнениями крышки 5 со штоком 6 и поршня 4 с цилиндром являются кольца 7 и 3, изготовленные из маслостойкой резины. Наружный диаметр колец на 0,3—0,5 мм больше диаметра цилиндра, а суммарная толщина колец на 0,3—0,5 мм меньше ширины кольцевого паза.

Сжатый воздух поступает к цилиндру через резиновый шланг и штуцер 9. Между торцами крышек и цилиндрами имеются прокладки из картона (толщиной 1 мм), смазанные бакелитовым лаком. Внутреннюю поверхность цилиндра покрывают тонким слоем смазки.

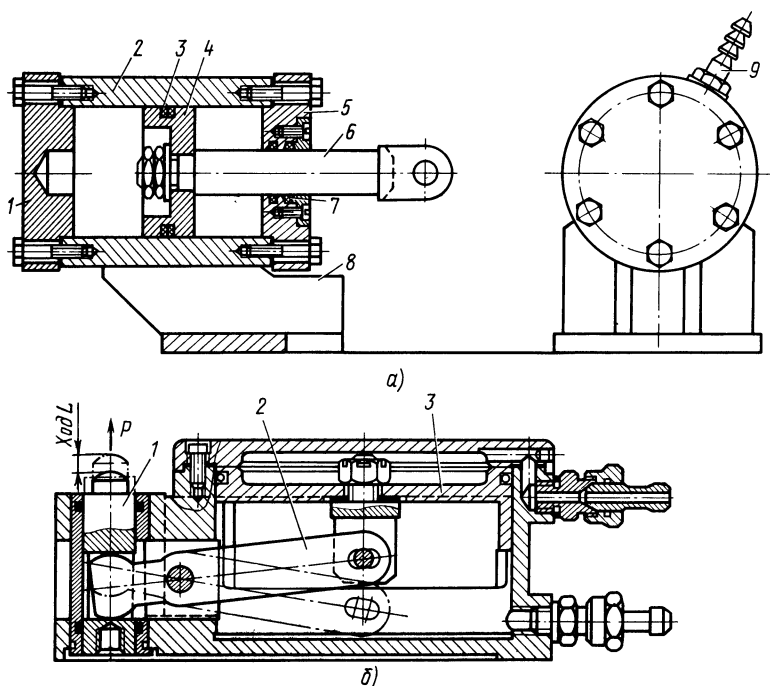


Рис. 10. Приставной пневматический привод с горизонтальной (а) и вертикальной (б) осью цилиндра



**Пневматический привод** (рис. 10, б) имеет поршень 3, который под действием сжатого воздуха опускается и поворачивает рычаг 2; последний коротким плечом перемещает шток 1 в вертикальном направлении на величину рабочего хода. В нижнем торце штока предусмотрено резьбовое отверстие, с помощью которого можно создать не толкающую, а тянущую силу на штоке. Уплотнение между поршнем и цилиндром выполнено в виде резинового кольца круглого сечения. Пневматические приводы данной конструкции нормализованы: диаметр поршня 105 и 180 мм; сила зажима 7,5; 15 и 24 кН; рабочий ход штока 11—12 мм.

**Работа пневмогидравлического привода**, применяемого при наличии сжатого воздуха и гидравлической станции, основана на преобразовании большого хода поршня пневмоцилиндра в малый ход поршня гидроцилиндра. Пневмогидропривод (рис. 11) используют для тисков с силой зажима 50 кН, но он может быть использован и в приспособлениях. Цилиндр привода имеет стаканы 1 и 2, соединенные гайкой 13 и закрытые крышками 9 и 14. Привод крепят к столу станка на лапках 4. Внутри цилиндров помещены перегородки 12 и 11 с уплотнительными резиновыми кольцами круглого сечения. Перегородки в горизонтальной плоскости смещаться не могут, так как фланец перегородки 12 помещен между стаканами, а перегородка 11 упирается торцами в пружинные кольца 3. Масло заливают в одно из отверстий 10;

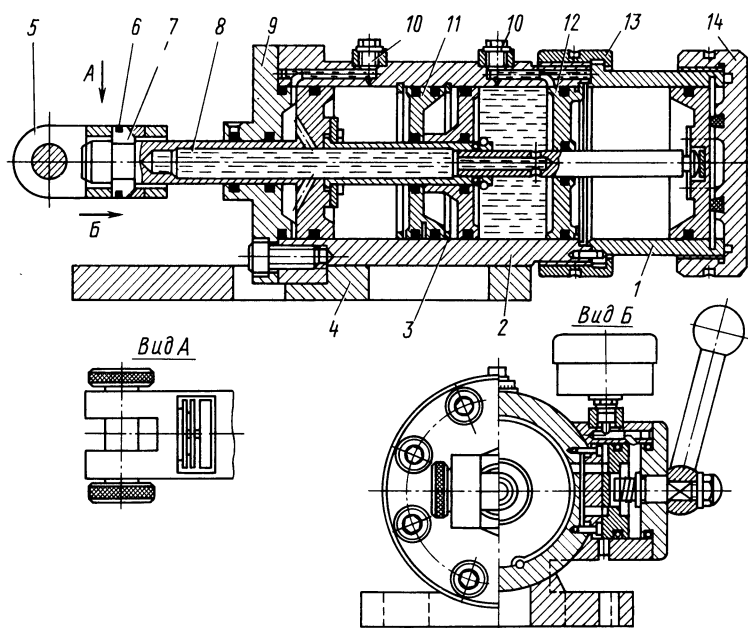


Рис. 11. Пневмогидравлический привод для тисков с силой зажима 50 кН



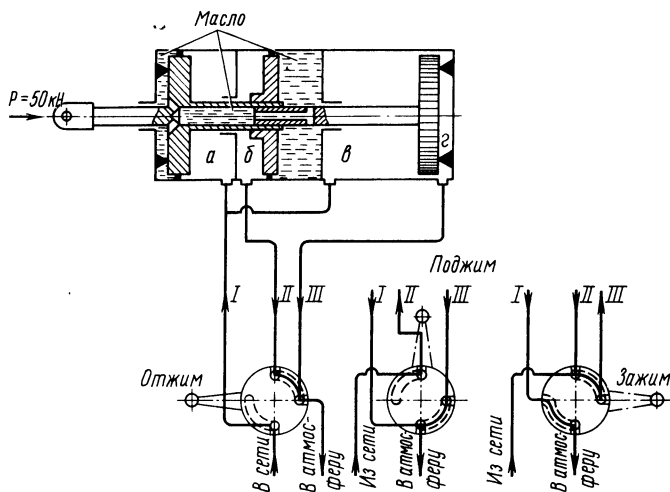


Рис. 12. Схема работы пневмогидравлического привода

после заполнения камер маслом оба отверстия 10 закрывают резиновыми пробками.

Шток 8 соединен сухарем 7 со сменным ушком 5. Пружинное кольцо 6 исключает произвольное выпадение сухаря 7. Трехпозиционный распределительный кран (с обратным клапаном и манометром) при переключении рукоятки обеспечивает следующий цикл работы: освобождение, поджим и зажим. Поджим позволяет более точно устанавливать обрабатываемую заготовку при пониженном давлении. С помощью манометра контролируют силу на штоке, которую изменяют регулятором давления, установленным на пневматической панели.

Схема работы пневмогидравлического привода показана на рис. 12. Рукоятка распределительного крана находится в положении «Отжим»: сжатый воздух по трубопроводу I в полости а и в стаканов 1 и 2 (см. рис. 11), вследствие чего шток находится в крайнем левом положении; одновременно через трубопроводы II и III полости б и г соединяются с окружающей средой.

Рукоятка распределительного крана находится в положении «Поджим»: сжатый воздух поступает из сети по трубопроводу II в полость б и воздействует на масло и шток; последний перемещается вправо; трубопроводами I и III полости а и г соединяются с окружающей средой и поэтому поршень стакана 1 остается неподвижным; масло под давлением воздуха в полости б будет перемещаться из средней камеры в левую камеру через отверстие в штоке.

Рукоятка распределительного крана находится в положении «Зажим»: сжатый воздух из сети поступает по трубопроводам



*II* и *III* в полости *б* и *г* и перемещает поршень стакана *I* влево, сжимая масло, которое оказывает наибольшее давление на шток и перемещает его вправо, так как полость *а* трубопроводом *I* соединяется с окружающей средой.

**Гидравлические зажимные устройства** имеют приводы (насос и цилиндр), аппаратуру управления и регулирования, соединительную аппаратуру, трубопровод и станочное приспособление. Групповые агрегаты, обслуживающие несколько приспособлений и станков, более экономичны, так как требуют меньшей площади и обеспечивают большую надежность в эксплуатации при меньшей затрате электроэнергии. Индивидуальные агрегаты (применяемые на тяжелых станках и станках, находящихся на большом расстоянии друг от друга) устанавливают на столе станка или около станины. Агрегат работает по следующей схеме. Электродвигатель и насос начинают работать при нажатии на пусковую кнопку. Масло из бака подается насосом через обратный клапан к трехходовому крану, а затем к цилиндру зажимного устройства. При достижении в системе давления, превышающего допустимое, шток реле давления поднимается, сжимая пружину, и размыкает цепь питания электродвигателя насоса. Для освобождения обрабатываемой детали поворачивают рукоятку трехходового крана, вследствие чего масло направляется в другую полость цилиндра. Предохранительный клапан служит для сбрасывания масла из гидросистемы в бак, когда давление масла превысит допустимое.

Обратный клапан препятствует перемещению масла в обратном направлении, когда деталь зажата, а электродвигатель остановлен, или при уменьшении давления в гидросистеме. Для поддержания необходимого давления в гидросистеме после включения электродвигателя применяют аккумулятор. Гидроаккумулятор включается в систему зажимного устройства, и при работе насоса масло поступает в цилиндр аккумулятора, дополнительно сжимая воздух. После выключения электродвигателя и насоса масло, находящееся в правой полости гидроаккумулятора, компенсирует утечки масла из гидросистемы через неплотности соединений.

**Гидроаккумуляторная установка** (рис. 13) обеспечивает питание рабочих цилиндров приспособлений маслом (под давлением 4—5 МПа). Электродвигатель 2 приводит в действие лопастный насос 3, который нагнетает масло из гидробака 1 в маслопровод через пластинчатый фильтр 10 и обратный клапан 9. Давление в сети обеспечивается с помощью контрольно-регулирующей аппаратуры, а потери давления в приспособлениях компенсируются пневмогидравлическим аккумулятором 5. Электродвигатель автоматически отключается с помощью реле, как только давление в сети достигнет максимально допустимой величины, а включается — при уменьшении давления ниже допустимой величины. Универсальный гидравлический привод 12,



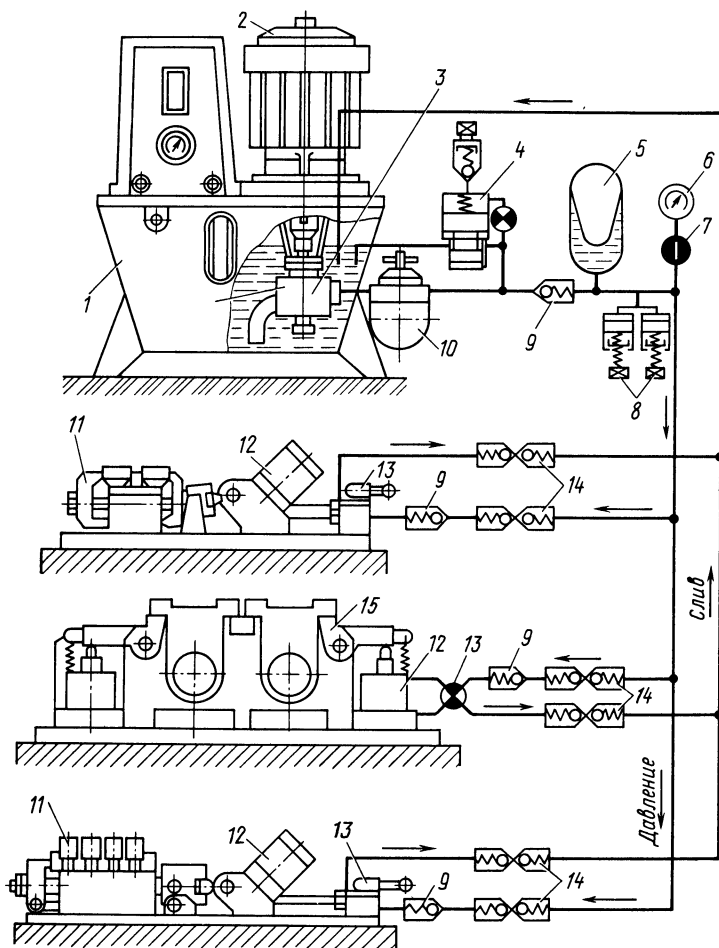


Рис. 13. Гидроаккумуляторная установка:

1 — гидробак; 2 — электродвигатель; 3 — лопастный насос; 4 — предохранительный клапан; 5 — пневмогидравлический аккумулятор; 6 — манометр; 7, 13 — ручной кран управления; 8 — двойной напорный золотник; 9 — обратный клапан; 10 — фильтр; 11 — приспособление, 12 — гидравлический привод; 14 — муфта с обратными клапанами, 15 — приспособление с гидравлическим зажимом

который управляется с помощью гидравлического крана 13, обеспечивает силу зажима 23,75 кН.

**Гидравлические тиски** (рис. 14) имеют основание 2, сварной корпус 1 (с неподвижной губкой 5), корпус 7 (с подвижной губкой 6), гайку 8 и винт 9 с поршнем 4. В сварном корпусе 1 выполнено отверстие (закрытое с левой стороны крышкой 3), в котором перемещается поршень 4. Корпус 1 можно повернуть относительно основания 2 на требуемый угол, после чего закре-



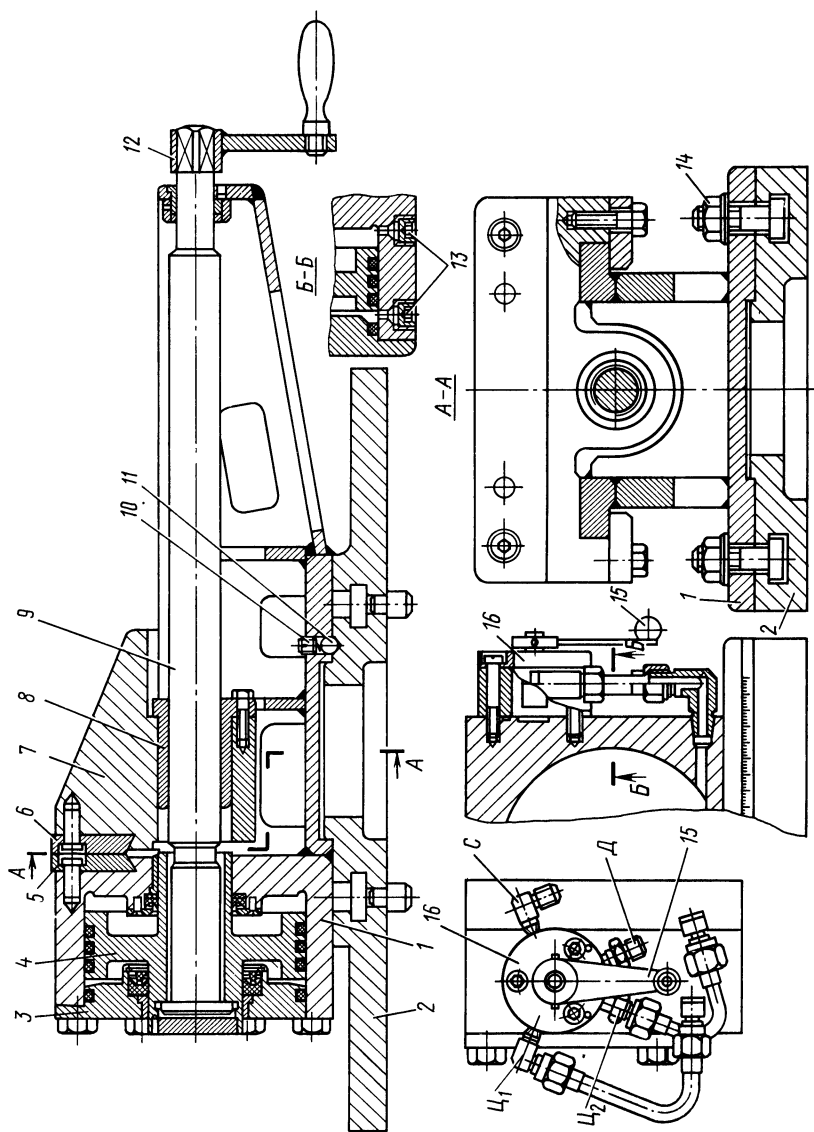


Рис. 14. Гидравлические тиски



пить на основании винтами 14. Поворот на 30, 60, 90 и 180° фиксируется шариком 11 с пружиной 10. Вращая винт 9 рукояткой 12, устанавливают подвижную губку на расстояние 3—5 мм от обрабатываемой детали. Зажим детали производят поворотом рукоятки 15 распределительного крана 16. При этом масло подается (под давлением) по трубопроводу от бака, через штуцер Д, распределительный кран 16, штуцера Ц<sub>1</sub> и Ц<sub>2</sub> в правую или левую полости гидроцилиндра. Одновременно противоположная полость цилиндра соединяется с баком через штуцера Ц<sub>1</sub> или Ц<sub>2</sub>, распределительный кран и штуцер С. Подвижная губка вместе с поршнем перемещается в пределах хода поршня (равного 10 мм) и зажимает обрабатываемую деталь или освобождает ее. Уплотнение поршня и крышки гидроцилиндра обеспечивается стандартными круглыми резиновыми кольцами и манжетами. Воздух из гидроцилиндра удаляют через отверстия в корпусе 1, после чего отверстия закрывают пробками 13.

**Пневматические тиски** (рис. 15) применяют для закрепления деталей при обработке на фрезерных и других станках. Деталь закрепляют и освобождают при повороте рукоятки 1 до упора. Сжатый воздух по шлангу подается от воздухопровода через кран 2 в цилиндр 3 и деформирует мембрану 4. Шток 5 переме-

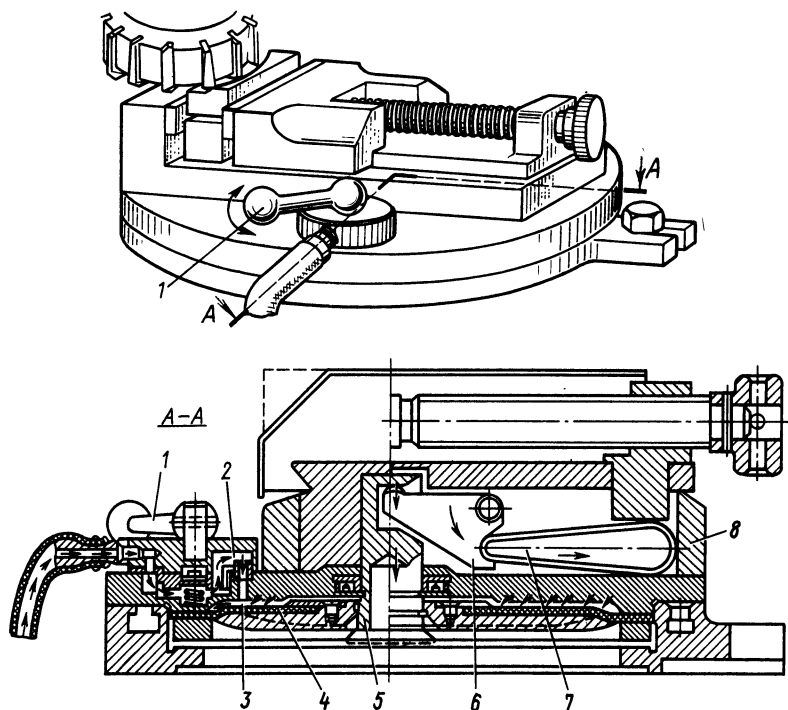


Рис. 15. Пневматические тиски



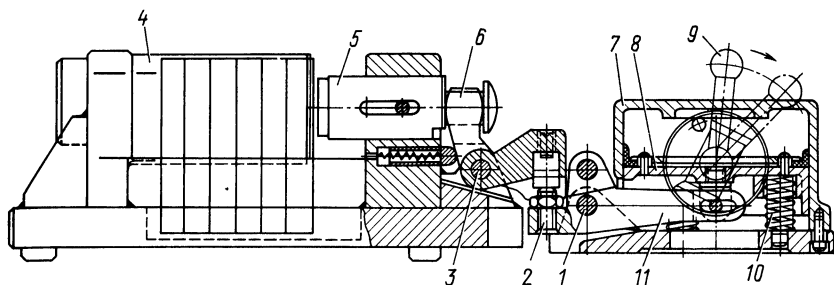


Рис. 16. Пневматический зажим

щается в вертикальной плоскости и поворачивает рычаг 6, при этом толкатель 7 и подвижная губка 8 тисков передвигаются. В зависимости от размера тисков обеспечивается сила, зажима 15—60 кН. Пневматические тиски сокращают вспомогательное время крепления деталей в 4—5 раз и облегчают труд станочника.

**Пневматический зажим** (рис. 16) предназначен для механизированного зажима деталей в приспособлении. Пневмопривод устанавливают на столе станка рядом с приспособлением так, что рычаг 6 приспособления опирается на винт 2 рычага 11 пневматического привода. Детали зажимаются при повороте рукоятки 9. При этом сжатый воздух поступает в цилиндр 7 и давит на поршень 8. Рычаг 11, вращаясь вокруг оси 1, поворачивает рычаг 6 на оси 3 и толкатель 5 прижимает деталь к вертикальным базовым планкам 4 приспособления. При повороте рукоятки 9 в обратную сторону воздух выходит из цилиндра 7 в окружающую среду, пружина 10 поднимает поршень 8 и детали освобождаются. Пневматический зажим применяют для закрепления корпусных деталей (например, станин и салазок) при фрезеровании или строгании поверхностей.

**Приспособление для фрезерования торцов** (рис. 17) на горизонтально-фрезерных станках имеет корпус 4, который хвостовиком-шпонкой вставляют в паз стола станка и закрепляют к столу болтом 6 и гайкой 2. Деталь прижимают к корпусу приспособления в положении, когда ее обрабатываемый торец слегка выступает за край стола, и закрепляют на столе двумя прихватами 3. Прихваты можно сдвигать относительно пазов стола. Штифт 1 предотвращает поворот прихвата при закреплении детали. Для деталей шириной свыше 100 мм следует применять два комплекта приспособлений. Приспособление позволяет устанавливать и закреплять несколько деталей одновременно с упором (в угольник 5) торцами, противоположными обрабатываемым; фрезеровать детали под углом 90° относительно базовых поверхностей, которыми деталь прижимается к корпусу приспособления и поверхности стола.



**Универсальное приспособление для фрезерования деталей типа крышек и планок** (рис. 18) закрепляют на столе фрезерного или плоскошлифовального станка. Обрабатываемую деталь базируют на неподвижной планке 3 и подвижной опоре 4, которую устанавливают (в зависимости от размеров обрабатываемой детали) перемещением вдоль Т-образных пазов плиты 1 и закрепляют винтами 6. Деталь прижимают к рифленой базовой поверхности планки 5 подвижными прихватами 2, которые устанавливают в зависимости от высоты обрабатываемой детали.

**Универсальное приспособление для фрезерования фасок и скосов** (рис. 19) на деталях типа планок, плит и крышек имеет корпус 1, поворотный стол 2, зажимные болты 8 и 14, базовые планки 3 и зажимное регулируемое устройство, допускающее закрепление обрабатываемых деталей различной длины. Приспособление регулируют перестановкой тяги 11 с закреплением ее в необходимом положении планкой 12 и винтом 13. Угол скоса или фаски устанавливают поворотом стола 2 по нониусу. Базовые планки 3 могут закрепляться винтами 4 в любом из четырех положений в зависимости от ширины обрабатываемых деталей. Упор 5 фиксируют и закрепляют штифтами 7 и винта-

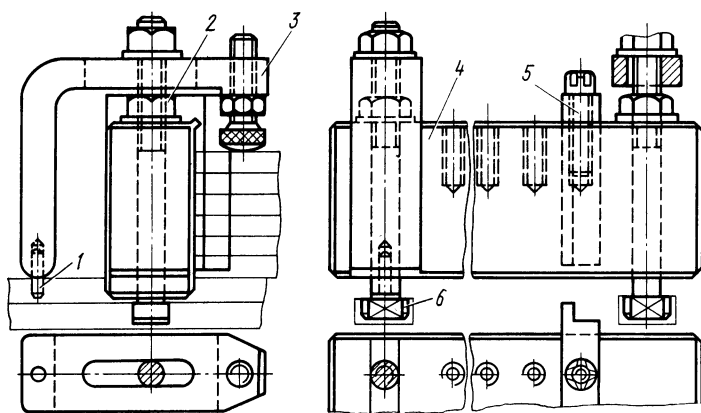


Рис. 17. Приспособление для фрезерования торцов

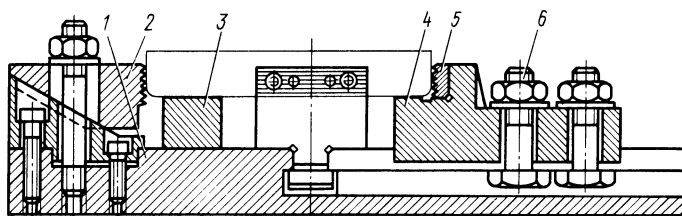


Рис. 18. Универсальное приспособление для фрезерования деталей типа крышек и планок



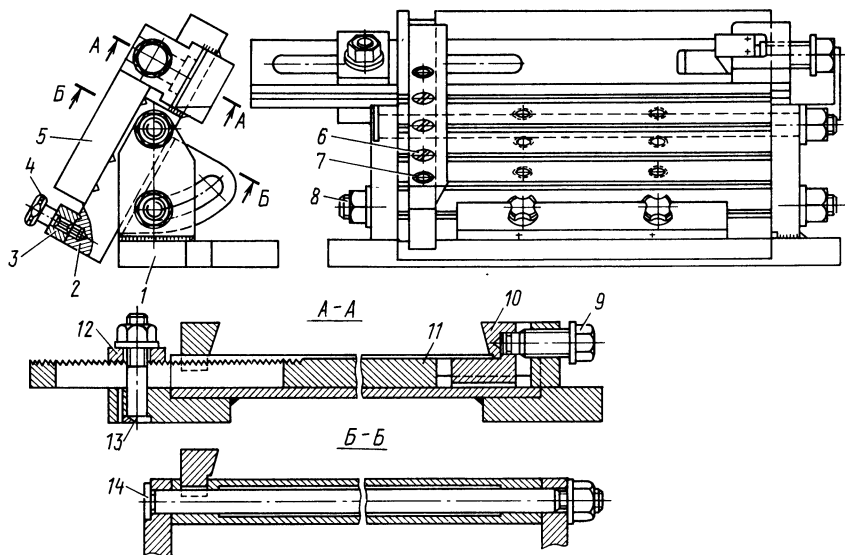


Рис. 19. Универсальное приспособление для фрезерования фасок и скосов

ми 6. Обрабатываемую деталь закрепляют подвижной губкой 10 и винтами 9.

**Универсальные поворотные тиски** (рис. 20) обеспечивают установку обрабатываемых деталей под углом  $\pm 20^\circ$  в трех взаимно перпендикулярных плоскостях. Обрабатываемую деталь закрепляют в тисках; цилиндрические валики устанавливают в

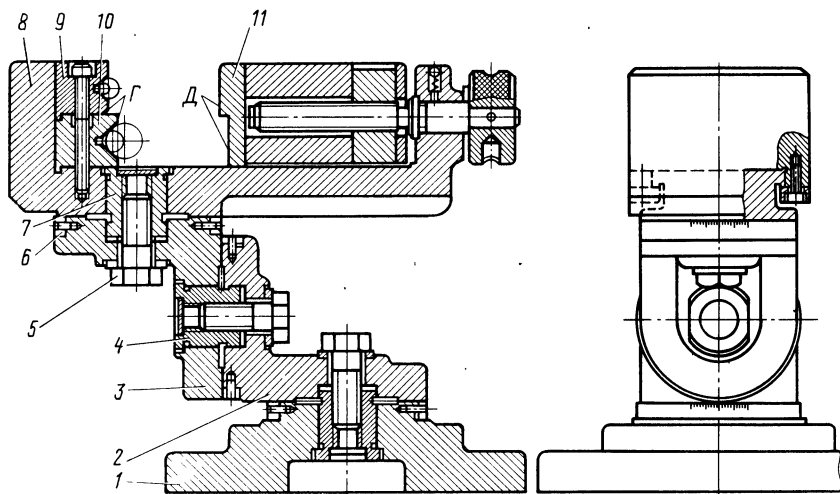


Рис. 20. Универсальные поворотные тиски



съемных призмах 9 и 10. Сменные губки 11 выбирают в зависимости от размеров обрабатываемой детали. После поворота угольников 2 и 3, а также корпуса 8 на требуемый угол по лимбам 6 поворотные части закрепляют винтами 5 и резьбовыми втулками 4 и 7.

Точность обработки деталей в поворотных тисках обеспечивается при совмещении рисок 0 и 90° на лимбах 6; поверхности Г и Д должны быть перпендикулярны поверхности основания 1 с точностью 0,1 мм на длине 100 мм; параллельность поверхностей Г и Д при любом положении ползуна — в пределах 0,05 мм на длине 100 мм. Поворотные тиски компактны, технологичны в изготовлении; их применяют для углового фрезерования и шлифования самых различных деталей.

**Синусные тиски** (рис. 21) применяют для точного углового фрезерования и шлифования с допуском на угол  $\pm 1'$ . Синусный угольник имеет две плиты (нижнюю 4 и верхнюю 5), соединенные валиком 1 через втулки 3 и 2. Втулки 3 и 2 шлифуют и доводят до получения диаметра  $35^{+0,005}$  мм. Размер между осями валиков 1 и 9 равен 175 мм; его измеряют после изготовления с точностью  $\pm 0,005$  мм и ставят клеймо на торце верхней плиты 5. Поверхность плиты 4 шлифуют и доводят по высоте так, чтобы осевая линия, соединяющая центры валиков 1 и 9, рас-

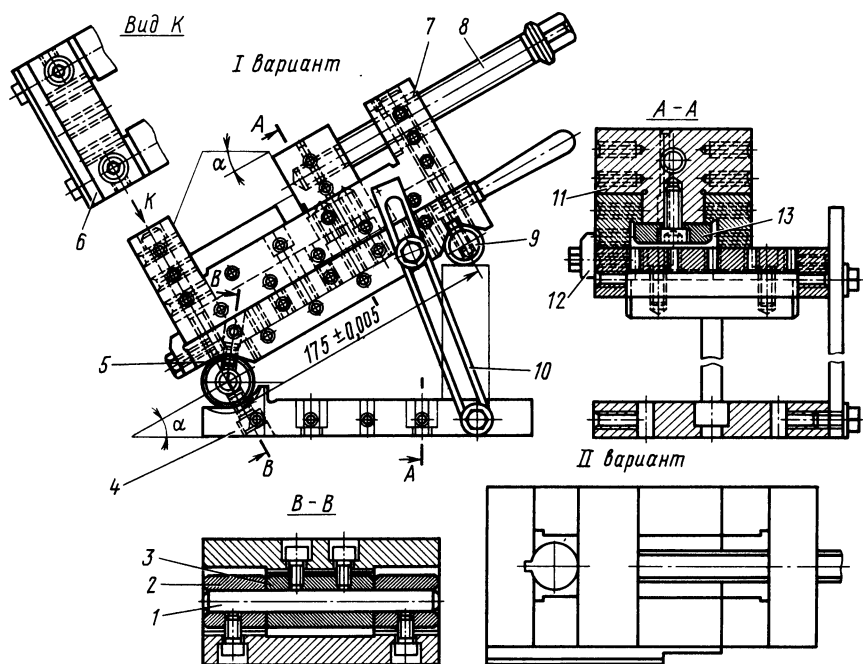
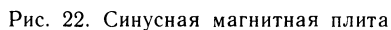


Рис. 21. Синусные тиски



В зависимости от необходимого угла установки подсчитывают размер  $H = 175 \sin \alpha$ . Мерные плитки набирают высотой до размера  $H$  и устанавливают между плитой 4 и валиком 9, после чего закрепляют боковые планки 10. При этом плитки должны перемещаться при легком нажиме руки.

Приспособление позволяет обрабатывать детали размером 100×100×250 мм, а также валики диаметром до 100 мм. При наладке приспособления тиски можно повернуть на угол 90°.





**Синусная магнитная плита 10** (рис. 22) имеет основание 1, на котором закреплены две опорные щеки 17 и 19, вилка 6 с планкой 7, которые фиксируют положение валика 11, и планка 2 для опоры валика 3. К основанию магнитной плиты (размером  $120 \times 280$  мм) закреплены два латунных уголка 4 и 18, к которым винтами прикреплены опорные цилиндрические валики 3 и 11 с расстоянием между осями  $200^{+0,02}$  мм, и две подвески 13 для крепления плиты к щекам 17 и 19. После поворота магнитной плиты на требуемый угол относительно основания 1 плиту закрепляют рукояткой 5, винтом 15 и прихватами 14 и 16, которые жестко скрепляют плиту со щеками 17 и 19.

Точность исполнения синусной магнитной плиты обеспечивается: шлифованием и притиркой основания 1, опорной планки 2, паза валика 6 до размера  $H \pm 0,01$  мм; шлифованием и доводкой цилиндрических поверхностей валиков 3 и 11 по диаметрам 20 и 15 и установкой их на размер между осями ( $200 \pm 0,01$ ) мм параллельно плоскости  $M$  планки 8 и торцу плиты с допуском  $\pm 0,01$  мм; установкой поверхности магнитной плиты параллельно основанию 1 при опоре валика 3 с точностью 0,005 мм. Неперпендикулярность поверхностей  $M$  и  $T$  планок 8 и 9 выдерживают с точностью 0,02 мм.

Для синусной магнитной плиты имеется набор установочных планок 12, высота которых  $H = 200 \sin \alpha$  (где  $\alpha = 1^\circ; 2^\circ; 3^\circ; 5^\circ; 8^\circ; 10^\circ; 15^\circ; 20^\circ; 25^\circ; 30^\circ$  и  $45^\circ$ ). Угол установки, соответствующий данной планке, клеймят на ее торце. Установочные планки и синусную магнитную плиту хранят в специальной таре.

**Делительное приспособление** (рис. 23) применяют при фрезеровании шпоночных пазов и лысок, кулачков, зубчатых муфт, квадратов и шестигранников, обработка которых связана с по-

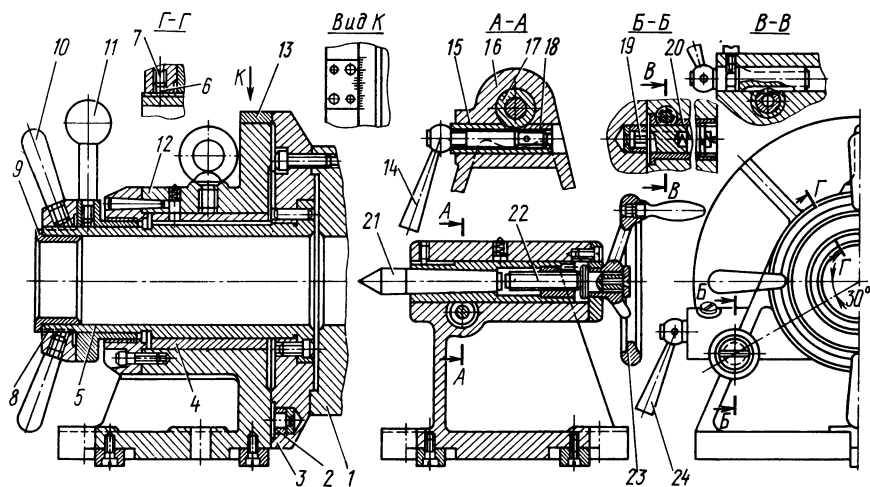


Рис. 23. Делительное приспособление



воротом детали на определенный угол. При малых партиях детали фрезеруют по разметке с последующей слесарной опиловкой или шлифованием. Приспособление имеет делительную бабку 12 со шпинделем 5, делительным диском 3 и трехкулачковым самоцентрирующим патроном 1 диаметром 240 мм; бабка обеспечивает крепление, центрирование и деление детали на 15; 30; 45; 60; 90; 120 и 180°. Задняя бабка 16 с центром 21 служит для усиления жесткости крепления и центрирования длинных валов или цилиндрических оправок, на которых закреплены обрабатываемые детали типа втулок. Другой конец вала или оправки центрируют втулкой 9, внутренний диаметр которой соответствует диаметру вала или оправки.

В делительном диске 3 на координатно-расточном станке расточены 24 отверстия под втулки 2 фиксатора 19, который вращением рукоятки 24 может быть выведен из втулки 2 при повороте детали в следующее положение. Пружина 20 оказывает давление на фиксатор 19, досылая его в очередную втулку 2 при освобождении рукоятки 24. Углы поворота отсчитывают по нониусу 13 и шкале, нанесенной на делительном диске 3.

Перед началом обработки рукоятка 11 зажимается (вращением ее против часовой стрелки) и делительный диск 3 прижимается к торцу делительной бабки 12. Шпиндель 5 в момент деления поворачивается вращением маховика 8 за рукоятку 10. Регулирование взаимного положения рукояток 10 и 11, а также закрепление маховика 8 на шпинделе 5 осуществляется стопором 7 через бронзовую пробку 6. Центр 21 с пинолью 17 (задней бабки 16) перемещается вращением маховика 23 и винта 22, а закрепляется пиноль 17 поворотом рукоятки 14.

Растачивание отверстий под втулки 4 в корпусе делительной бабки 12, под пиноль 17 и кулачки 15 и 18 в корпусе задней бабки и под втулки фиксатора в делительном диске 3 осуществляется на координатно-расточном станке с допуском  $\pm 0,01$  мм. Приспособление позволяет обрабатывать валы диаметром до 75 мм и любой, длины детали типа втулок с наружным диаметром до 75 мм, которые центрируются и крепятся в патроне за наружную поверхность.

**Универсальное делительное приспособление** показано на рис. 24. Обрабатываемые детали закрепляют на оправке (конус которой вставляют в отверстие вала 3) или в самоцентрирующем патроне (закрепленном на валу 3). Вал 3 вращается в бронзовой втулке 2, запрессованной в отверстие корпуса 1.

Деление на две, три, четыре и шесть частей при обработке детали осуществляется при повороте вала 3 рычагом 6 за ручку фиксатора 9, который вставляется конусной частью в отверстие делительных дисков 4 или 5, имеющих соответственно четыре и шесть отверстий, расположенных концентрически относительно оси втулки 2 и вала 3. После деления вал 3 закрепляют сухарями 10 и 11 поворотом ручки 13 с гайкой 12. Сменные делитель-



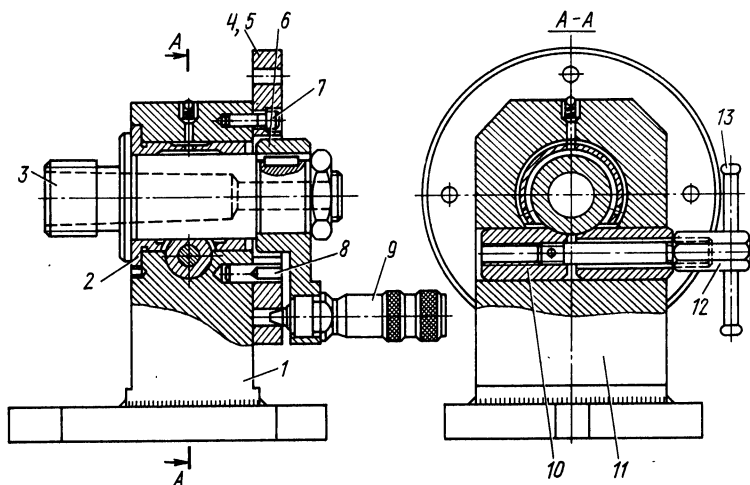


Рис. 24. Универсальное делительное приспособление

ные диски 4 и 5 фиксируют двумя штифтами 8 и закрепляют винтами 7.

**Универсальное приспособление для фрезерования шпоночных пазов и лысок на валиках** (рис. 25) имеет регулируемую призму 2, закрепленную в поперечном Т-образном пазу корпуса 1, и сменную призму 3, закрепленную в продольном Т-образном пазу корпуса 1. На призмах 2 и 3 устанавливают ступенчатый или гладкий цилиндрический валик и зажимают его регулируемым прихватом 4 с помощью рычажного зажима 5 и пневматического диафрагменного цилиндра 6, находящихся в корпусе приспособления. Положение обрабатываемой детали в осевом направлении определяется упором в торец призмы 3.

Фрезу устанавливают по центру призмы 3 так, чтобы она

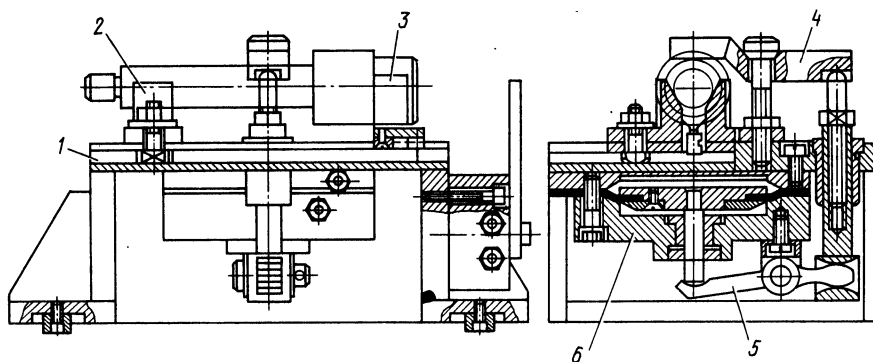


Рис. 25. Универсальное приспособление для фрезерования шпоночных пазов и лысок на валиках



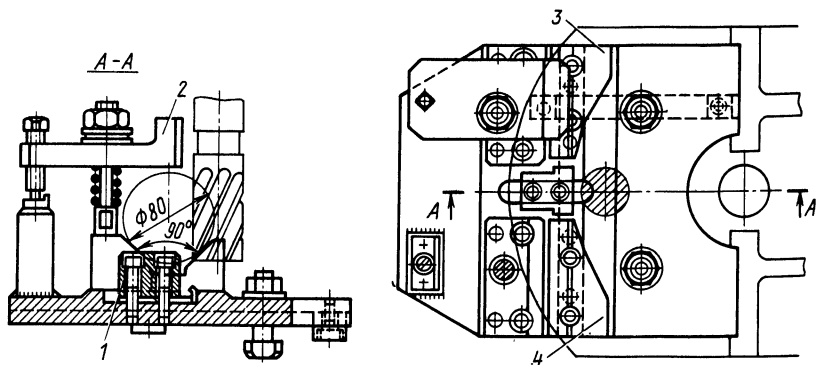


Рис. 26. Приспособление для фрезерования радиусных поверхностей на валиках и втулках

касалась наружной поверхности валика, а стол станка с деталью перемещался относительно фрезы на величину  $A = R + r$  (где  $R$  — радиус обрабатываемого валика в точке касания фрезы, мм;  $r$  — радиус фрезы, мм).

В горизонтальной плоскости фрезу устанавливают так, чтобы она касалась определенного торца валика и смещалась относительно валика на требуемый размер по чертежу.

**Приспособление для фрезерования радиусных поверхностей на валах и втулках** (рис. 26) устанавливают на поворотный стол вертикально-фрезерного станка или съемный поворотный стол.

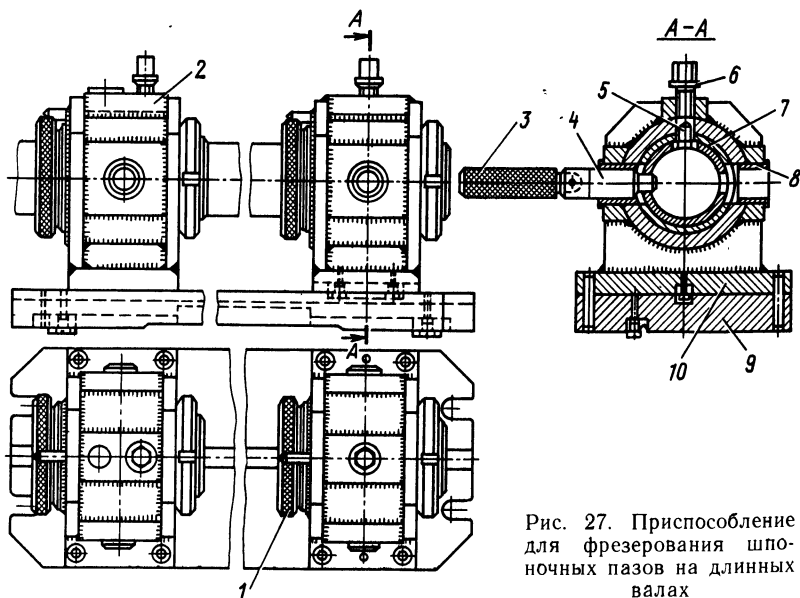


Рис. 27. Приспособление для фрезерования шпоночных пазов на длинных валах



Для получения поверхности нужного радиуса приспособление передвигают по пазу поворотного стола. Сменный упор 1 определяет необходимое расстояние от оси радиусной поверхности до торца втулки (при фрезеровании упор снимают). Призмы 3 и 4 переставляют вдоль шпоночного паза в зависимости от радиуса закругления обрабатываемой поверхности. Прихват 2 также можно перемещать и поворачивать при зажиме деталей различного диаметра в наиболее удобном месте.

**Приспособление для фрезерования шпоночных пазов на длинных валах** (рис. 27) имеет плиту 9 и стойки 10 и 2, в которых на одинаковой высоте расточены отверстия для постоянных втулок 7 и 8. Сменные втулки 1 изготавливают в соответствии с диаметром обрабатываемых валов. Фиксаторы 4 (с откидной ручкой 3) имеют в пазу вала посадку С и обеспечивают расположение базового шпоночного паза в вертикальной или горизонтальной плоскостях. Винтом 6 вал закрепляют в нужном положении. Бронзовый наконечник 5 исключает опасность повреждения вала от действия силы зажима.

## **§ 6. Общие сведения о фрезерных станках**

На фрезерных станках, предназначенных для обработки деталей многолезвийными инструментами — фрезами, выполняют следующие операции: фрезерование наружных и внутренних поверхностей; прорезание прямых и винтовых канавок и др.

Различают две основные группы фрезерных станков: 1) универсальные или общего назначения (горизонтально-фрезерные, вертикально-фрезерные и продольно-фрезерные); 2) специализированные (шпоночно-фрезерные, шлицефрезерные, карусельно-фрезерные, копировально-фрезерные, резьбофрезерные и др.).

По конструктивным особенностям фрезерные станки подразделяются на консольные (стол расположен на подъемном кронштейне), бесконсольные (стол перемещается на неподвижной станине в продольном и поперечном направлениях) и непрерывного действия (карусельные и барабанные).

Консольно-фрезерные станки являются наиболее распространенными в условиях единичного и среднесерийного производства. Универсально-фрезерный станок (рис. 28, а) отличается от вертикально-фрезерного (рис. 28, г) горизонтальным расположением оси шпинделя 2 и наличием хобота 1, поддерживающего оправку фрезы; универсально-фрезерный станок отличается от горизонтально-фрезерного возможностью поворота стола, что необходимо при фрезеровании винтовых канавок; широкоуниверсальный фрезерный станок (рис. 28, б) имеет (помимо горизонтального шпинделя) шпиндельную головку 1, смонтированную на выдвигном хоботе, которая может поворачиваться в двух взаимно перпендикулярных направлениях, благодаря чему шпиндель с фрезой может устанавливаться под любым углом к плоскости стола и к обрабатываемому изделию. На поворотной



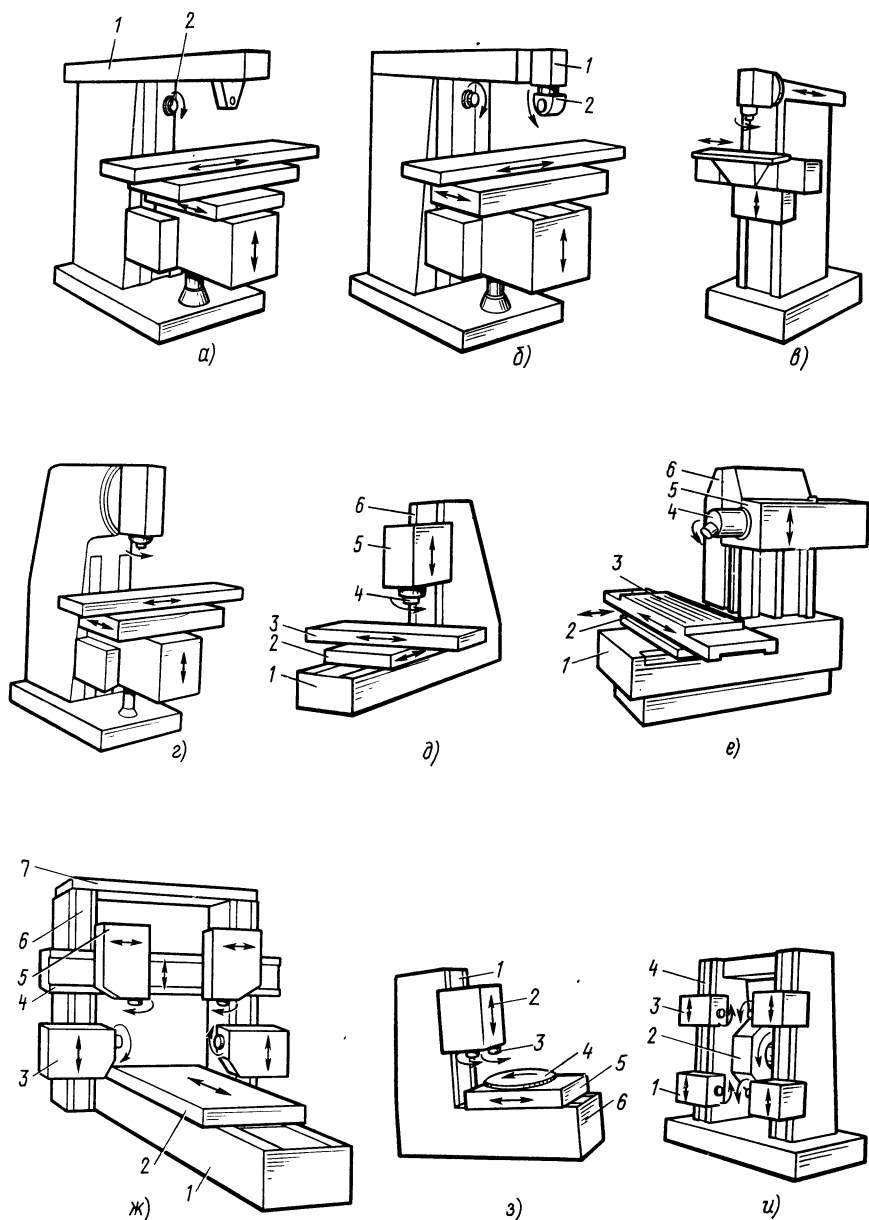


Рис. 28. Фрезерные станки:

а — универсально-фрезерный; б — широкоуниверсальный консольно-фрезерный; в — широкоуниверсальный бесконсольно-фрезерный; г — вертикальный консольно-фрезерный; д — бесконсольный вертикально-фрезерный; е — бесконсольный горизонтально-фрезерный; ж — продольно-фрезерный; з — карусельно-фрезерный; и — барабанно-фрезерный



головке монтируют накладную головку 2 для фрезерования, сверления, зенкерования и растачивания деталей.

Вертикальный и горизонтальный фрезерные бесконсольные станки (рис. 28, *д, е*), предназначенные для обработки крупногабаритных деталей, имеют салазки 2 и стол 3, перемещающиеся по направляющим станины 1. Шпиндельная головка 5 перемещается по вертикальным направляющим стойки 6. Шпиндель 4 сдвигается в осевом направлении при установке фрезы.

Продольно-фрезерные станки (рис. 28, *ж*) предназначены для обработки плоскостей крупногабаритных деталей. На станине 1 смонтированы две вертикальные стойки 6, скрепленные поперечной балкой 7. На вертикальных направляющих стоек расположены фрезерные головки 3 с горизонтальной осью шпинделя и траверса (поперечина) 4. На поперечине 4 расположены фрезерные головки 5 с вертикальной осью шпинделя. Обрабатываемые детали устанавливаются на столе 2, перемещающемся по направляющим станины 1.

Карусельно-фрезерные станки (рис. 28, *з*), предназначенные для обработки поверхностей торцовыми фрезами, имеют один или несколько шпинделей 3 для черновой и чистовой обработки. Шпиндельная головка 2 перемещается по вертикальным направляющим стойки 1. Непрерывно вращающийся стол 4 сообщает установленным на нем деталям движение подачи. Стол с салазками 5 имеет также установочное поперечное перемещение по направляющим станины 6.

Барабанно-фрезерные станки (рис. 28, *и*) применяются в крупносерийном и массовом производстве. Обрабатываемые детали закрепляют на вращающемся барабане 2, имеющем движение подачи. Четыре фрезерные головки (верхние 3 для черновой обработки, нижние 1 — для чистовой обработки) перемещаются на двух стойках 4.

## **§ 7. Режущий инструмент для фрезерных станков**

Детали на фрезерных станках обрабатываются с помощью фрез (стандартных и специальных), а также с помощью сверл, зенкеров и разверток.

Фрезы предназначены для обработки горизонтальных и вертикальных плоскостей, а также пазов (прямоугольных, Т-образных и угловых). Основные типы фрез показаны на рис. 29. Фрезы диаметром до 60 мм изготавливают цельными, а диаметром более 60 мм — сборными (корпус из конструкционной стали, а режущие зубья — из быстрорежущей стали или твердого сплава). Наибольшее распространение получили сборные фрезы со вставными ножами (из быстрорежущей стали или из твердого сплава) и с механическим креплением режущих пластин.

Крепление вставных ножей показано на рис. 30, *а—е*. Для



одновременной обработки нескольких поверхностей или деталей применяют набор фрез, состыкованных посредством цилиндрических выточек на торцах фрез.

При фрезеровании деталей с большой глубиной резания применяют резцовые головки ступенчатого резания (рис. 31).

Установка торцовых насадных фрез показана на рис. 32, а установка концевых фрез — на рис. 33.

Фрезеровщиками-новаторами предложено несколько конструкций высокопроизводительных фрез. Фреза конструкции В. К. Семинского (рис. 34, а) имеет корпус 1 с продольными пазами, в которых закреплены упругие пластины 2 и резцы 4, привернутые к пластинам 2 винтами 5. Пластины 2 опираются

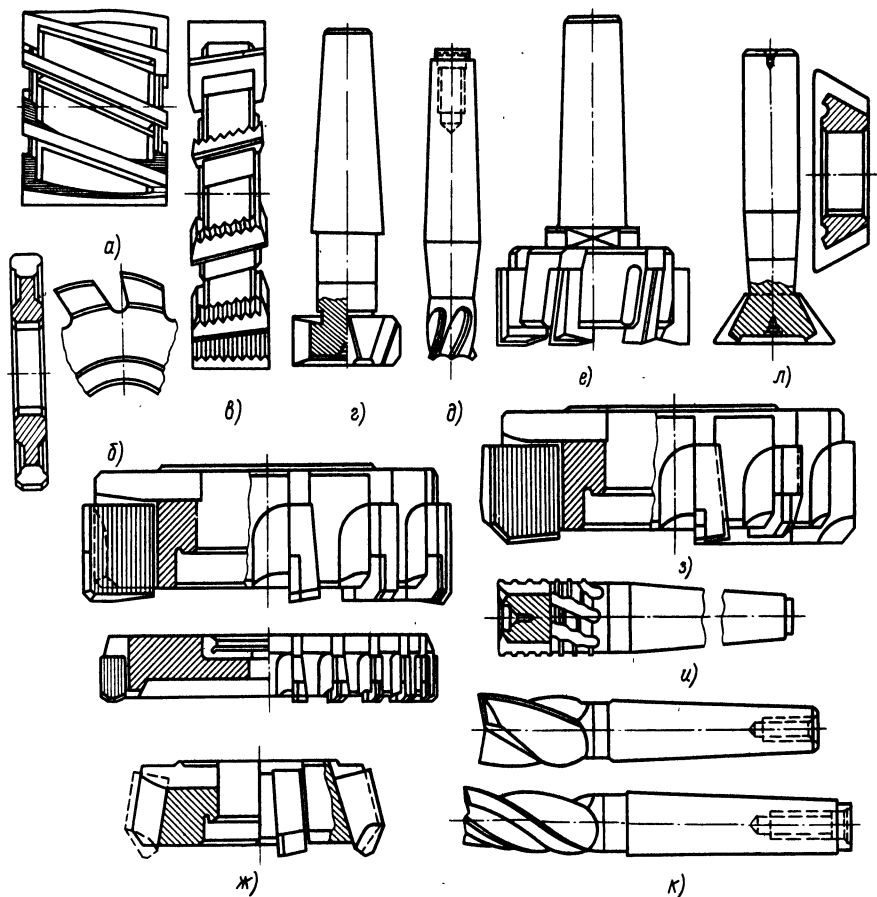


Рис. 29. Фрезы:

а — цилиндрическая; б — дисковая; в — трехсторонняя; г — Т-образная; д — концевая; е — торцовая с хвостовиком; ж — торцовая насадная; з — торцовая ступенчатая; и — концевая обдирочная; к — шпоночная и пазовая; л — угловая



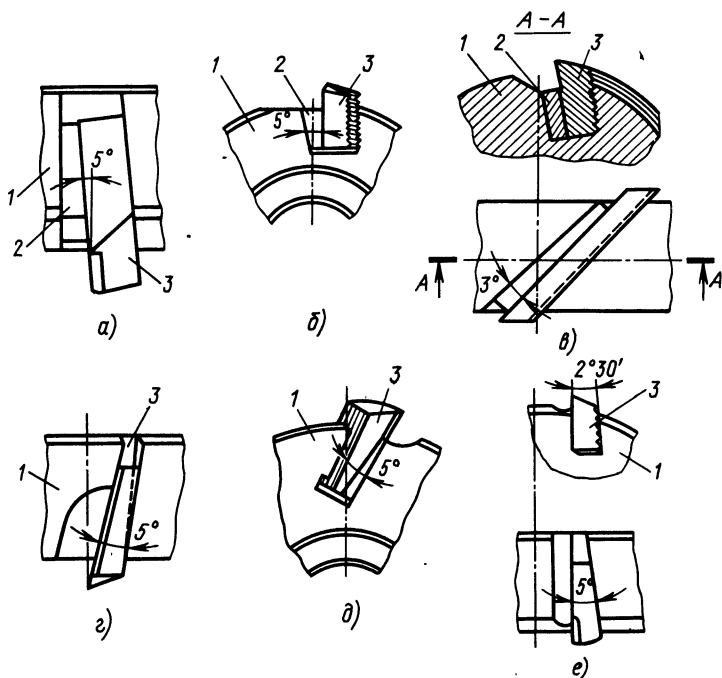


Рис. 30. Крепление вставных ножей:

1 — корпус фрезы; 2 — клин; 3 — нож

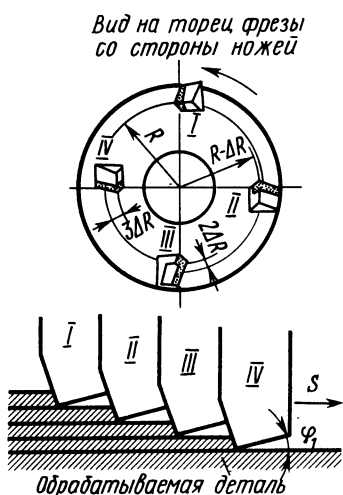


Рис. 31. Резцовые головки ступенчатого резания

на регулируемые конические эксцентрики 7, установленные на осях 6, запрессованных в отверстия корпуса. Настройка резцов 4 в осевом направлении производится по габариту 8, хвостовик которого вставляется в центральное отверстие корпуса. Под действием пружины 3 вершины резцов прижимаются к торцу габарита, перпендикулярного оси фрезы, и в этом положении резцы 4 окончательно закрепляются винтами 5: По сравнению с известными торцовыми регулируемыми пластинами фреза конструкции В. К. Семинского имеет следующие преимущества: простота изготовления, большее число резцов, размещенных в корпусе фрезы; возможность при-



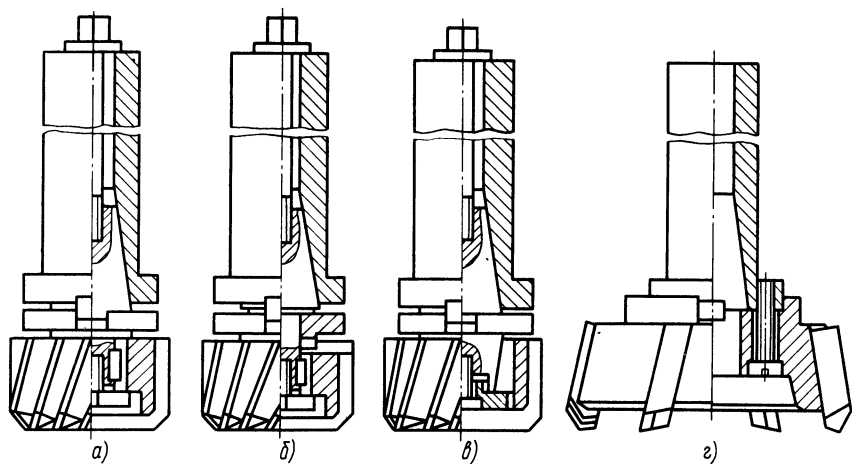


Рис. 32. Установка торцовых насадных фрез:

*а* — на цилиндрической оправке со шпонкой и торцовым винтом; *б* — с переходным фланцем и винтом, *в* — на конической оправке; *г* — непосредственно на шпинделе

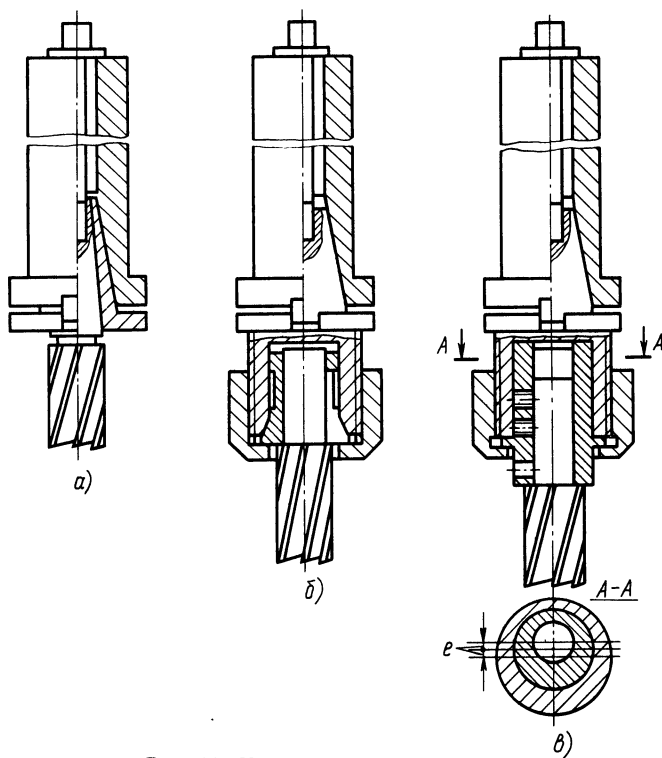


Рис. 33. Установка концевых фрез:

*а* — в переходной втулке; *б* — в цанговом патроне; *в* — в патроне с регулируемым эксцентриситетом



менения резцов с напаянными твердосплавными пластинами для обработки стальных и чугунных отливок.

Другая фреза конструкции В. К. Семинского (рис. 34, б) позволяет настраивать режущие кромки резцов с биением по диаметру и в осевом направлении в пределах 0,05 мм, что обеспечивает высокое качество и точность обработки. Резцы 10 регулируют в радиальном направлении винтами 1 с пружинными шайбами 2 и винтами 3. При этом секторы 4 поворачиваются в пазах корпуса фрезы относительно осей 5, смещая резцы 10 в радиальном направлении. Резцы устанавливают по индикатору на специальной оправке с базированием по центральному отверстию и торцу корпуса 6 фрезы. Резцы 10 закрепляют в державках 9 и регулируют в осевом направлении винтами 7 путем деформации пружин 8.

Пустотелая торцовая фреза конструкции И. Д. Леонова с механическим креплением пластин из твердого сплава Т15К6 (рис. 35, а) предназначена для скоростного фрезерования и имеет стойкость, в 8 раз превышающую стойкость традиционных концевых фрез. Дисковая твердосплавная фреза конструкции И. Д. Леонова с отрицательными передними углами

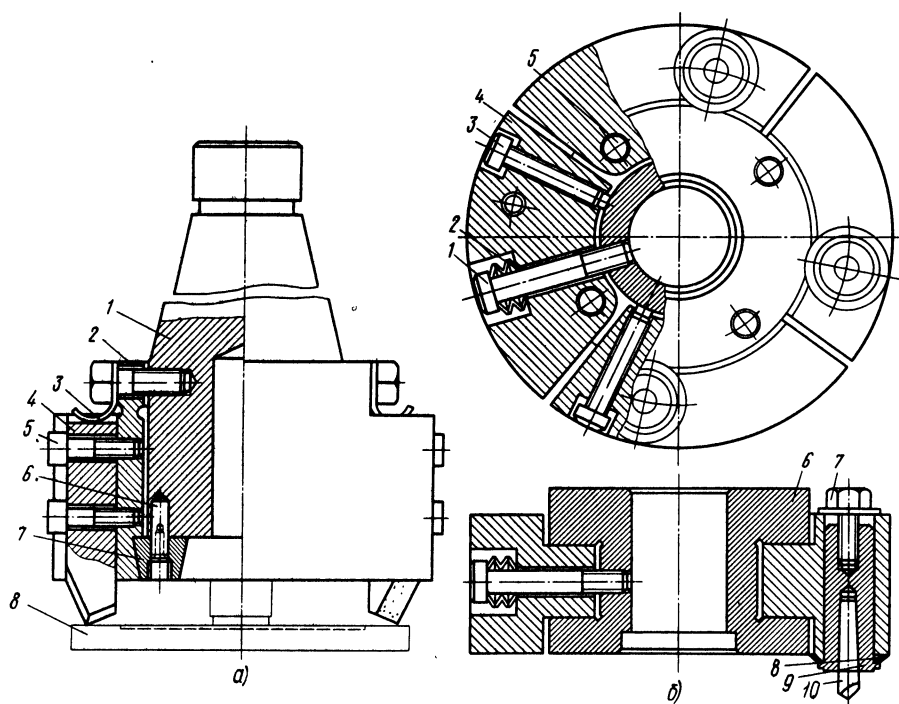


Рис. 34. Фрезы конструкции В. К. Семинского:  
а — с регулируемыми резцами; б — с регулируемыми секторами



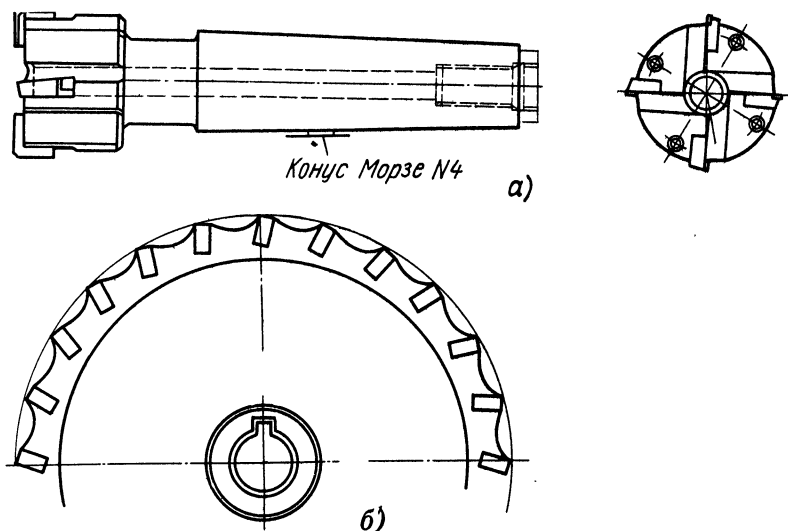


Рис. 35. Фрезы конструкции И. Д. Леонова с пластинками твердого сплава:  
а — пустотелая фреза; б — дисковая фреза

(рис. 35, б) повышает производительность труда фрезеровщика в 1,5—2 раза.

Концевые фрезы со стружкоразделительными канавками (рис. 36) применяют для чернового фрезерования поверхностей, пазов и уступов; при этом производительность труда повышается в 2—3 раза по сравнению с концевыми фрезами традиционной конструкции.

Концевая фреза конструкции В. А. Карасева (рис. 37) имеет следующие особенности по сравнению с обычными концевыми фрезами: меньшее число зубьев; большую площадь сечения ка-

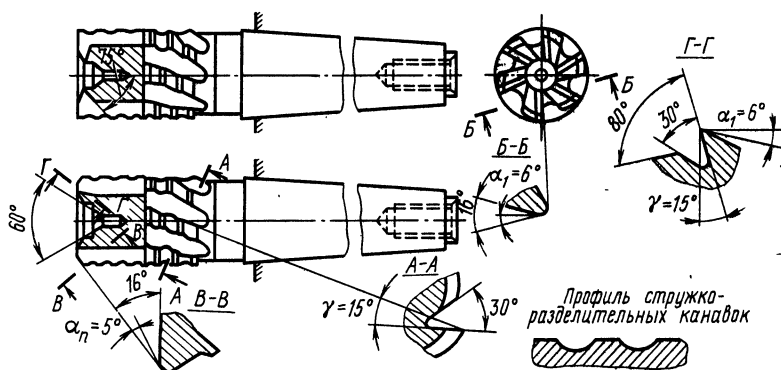


Рис. 36. Концевая фреза со стружкоразделительными канавками



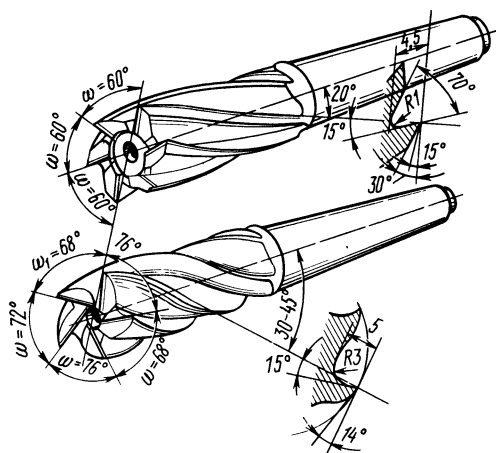


Рис. 37. Концевая фреза конструкции В. А. Карасева

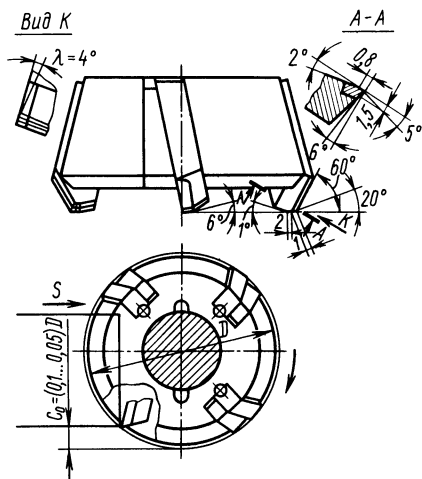


Рис. 38. Фрезерная головка для обработки с большими подачами

навки; больший радиус закругления дна канавки; криволинейную затылочную часть зуба; увеличенный угол наклона зуба к оси фрезы; неравномерный шаг зубьев по окружности. Вследствие этого фреза имеет повышенную прочность зуба и работает на высоких режимах резания равномерно без ударов и вибраций. Стружка сходит по канавке без препятствий, не забивая канавку, что важно при фрезеровании пазов в сплошном материале.

Фрезерная головка для обработки с большими подачами (рис. 38) допускает работу с подачей 0,2—0,6 мм/зуб против 0,05—0,15 мм/зуб для обычных скоростных головок. Фреза имеет увеличенный передний угол для снижения силы резания и уменьшенный задний угол для упрочнения зуба. Зачистная горизонтальная площадка у вершины зуба улучшает качество обработанной поверхности.

## § 8. Заточка инструмента

От своевременной замены режущего инструмента, качества его заточки и доводки, правильной установки на станке во многом зависят режущие свойства, стойкость и расход инструмента, а также производительность труда.

**Заточка фрез.** Правильная и своевременная заточка режущих кромок фрез обеспечивает эффективное их использование. Чрезмерный износ режущих кромок фрез приводит к повышенному



расходу инструментальных материалов, повышает трудоемкость заточки и снижает режущие свойства инструмента. Особенно это заметно при эксплуатации твердосплавного инструмента, у которого в результате переточек на большую величину возникают прижоги, трещины и наблюдается выкрашивание. Допускаемый износ твердосплавных фрез не должен превышать значений, приведенных в табл. 1.

1. Допускаемый износ твердосплавных фрез, мм

Наименование фрезы	Вид обработки	Обрабатываемый материал				
		сталь $\sigma_b$ , МПа			серый и ковкий чугун	легкие сплавы
		600—800	800—1000	1000—1200		
Торцовая	Черновая	1,5—2,0	1,75—2,25	2,0—2,5	1,5	0,3
Торцовая	Чистовая	1,0	1,25	1,5	1,0—1,5	0,3
Дисковая	»	1,0—1,25	1,5—2,0	1,5—2,0	1,2—2,0	0,3
Цилиндрическая	»	0,5	0,5	0,7	0,6	0,3

Заточка фрез должна производиться на специализированных станках с режимами, указанными в табл. 2.

2. Режимы заточки твердосплавного инструмента шлифовальными кругами

Марка твердого сплава	Скорость круга, м/с	Скорость изделия, м/мин	Продольная подача, м/мин	Поперечная подача, мм/дв. ход	Расход охлаждающей жидкости, л/мин
T15K6	20	5	4	0,02—0,04	15—20
BK8	20	5	4	0,03—0,05	15—20

Наиболее целесообразно затачивать твердосплавный инструмент алмазными кругами (например, марки АСО 80/63-Б1-100%).

**Заточка расточных резцов.** Твердосплавные резцы затачивают в такой последовательности: 1) задние поверхности резца по державке кругами из электрокорунда Э40С1К (обработка державки производится под углом на 2—3° большим по сравнению с углом заточки по твердосплавной пластине); 2) переднюю поверхность; 3) главную и вспомогательную заднюю поверхность; 4) вершину резца.

В зависимости от сечения резца припуск на переточку составляет 0,2—0,4 мм (для твердосплавных резцов) и 0,3—0,6 мм (для резцов из быстрорежущей стали). Допустимый износ твердосплавных резцов по задней поверхности составляет 0,8—



1,2 мм (при черновой обработке) и 0,4—0,6 мм (при чистовой обработке).

**Заточка сверл.** Затупление сверл происходит по задней и передней поверхностям, по уголкам (в месте контакта режущей кромки с ленточкой), по перемычке и ленточкам. Износ по задней поверхности при обработке стали составляет 0,4—0,8 мм (для сверл диаметром до 20 мм) и 0,8—1,0 мм (для сверл диаметром свыше 20 мм). При обработке чугуна в качестве критерия затупления принимается износ по уголкам, который составляет 0,5—0,8 мм (для сверл диаметром до 20 мм) и 0,8—1,2 мм (для сверл диаметром свыше 20 мм).

Сверла затачивают по задней поверхности. Основным требованием, предъявляемым к заточке сверла, является полная идентичность всех режущих элементов обеих кромок сверла. Стойкость сверл и производительность сверления, зависящие от качества заточки, определяются правильностью выбора заточного оборудования, шлифовального круга и режимов заточки.

Заточенное стандартное сверло должно отвечать следующим техническим требованиям.

1. Шероховатость задних поверхностей  $Ra \leq 0,63$  мкм (для точных сверл) и  $Ra \leq 1,25$  мкм (для сверл общего назначения).

2. Радиальное биение сверл по ленточкам на всей рабочей части сверла средней и длинной серии с цилиндрическим хвостовиком не должно превышать значений, указанных в табл. 3.

### 3. Радиальное биение сверл по ленточкам, мм

Номинальный диаметр сверла, мм	Точные сверла	Сверла общего назначения
До 10	0,06	0,08
Свыше 10	0,08	0,12

3. Предельные отклонения угла при вершине и заднего угла не должны превышать  $\pm 3^\circ$ .

4. Режущие кромки должны быть симметрично расположены относительно оси рабочей части сверла. Осевое биение не должно превышать значений, указанных в табл. 4.

### 4. Осевое биение, мм

Номинальный диаметр сверла, мм	Быстрорежущие сверла		Твердосплавные сверла	
	точные	обычного назначения	точные	обычного назначения
6—10	0,1	0,18	0,06	0,12
Свыше 10	0,2	0,3	0,08	0,15



Контроль заточки сверл производится на инструментальном микроскопе.

Для улучшения режущих свойств спиральных сверл применяют различные виды спиральных заточек: 1) двойная заточка сверла, заключающаяся в образовании второго уменьшенного угла  $2\varphi_0 = 70 \div 75^\circ$  (это позволяет благодаря повышению стойкости сверл увеличить скорость резания на 25—35%); 2) подточка поперечной режущей кромки сверл диаметром до 20 мм на длине 3—4 мм (это позволяет увеличить передний угол и, как следствие, улучшить условия отвода стружки); 3) для сверл диаметром 10—80 мм, в целях уменьшения вредного влияния ленточки (на процесс сверления) ее подтачивают у режущей части на длине 1,5—4 мм под углом  $\alpha = 6 \div 8^\circ$ , оставляя при этом фаску шириной 0,1—0,3 мм.

### **§ 9. Вспомогательный инструмент для фрезерно-расточных работ**

На сверлильно-фрезерно-расточных станках (как универсальных, так и с ЧПУ) широкое распространение получил инструмент, имеющий хвостовик с конусом 7 : 24, с помощью которого инструмент надежно крепится в шпинделе станка и легко вынимается после окончания работы. Вспомогательный инструмент должен отвечать следующим требованиям: быть достаточно простым по конструкции, технологичным в изготовлении, удобным в эксплуатации, универсальным, жестким, быстросменным, быстроперенастраиваемым.

Режущая часть инструмента должна иметь высокие режущие способности, высокую и стабильную стойкость, благоприятные условия стружкоотвода, возможность настраиваться на размер вне станка.

На рис. 39 приведена подсистема вспомогательного инструмента для сверлильно-фрезерно-расточных станков. В верхней части рис. 39 показан конец шпинделя станка; во втором ряду — вспомогательный инструмент, который крепится непосредственно в шпиндель станка; в третьем ряду — переходные регулируемые оправки, патроны и втулки с цилиндрическим хвостовиком; в четвертом ряду — оправки и патроны с конусом Морзе.

Режущий инструмент, который крепится в оправке с конусом 7 : 24, не имеет тонкой регулировки на размер. Поэтому при эксплуатации на станках с ЧПУ необходимо иметь возможность корректировки инструмента путем компенсации с пульта управления несоответствия действительного настроечного размера инструмента с размером, заложенным в управляющую программу.

Учитывая типаж выпускаемых сверлильно-фрезерно-расточных станков с ЧПУ и типаж режущего и вспомогательного инструмента к ним, нашей промышленностью выпускается че-



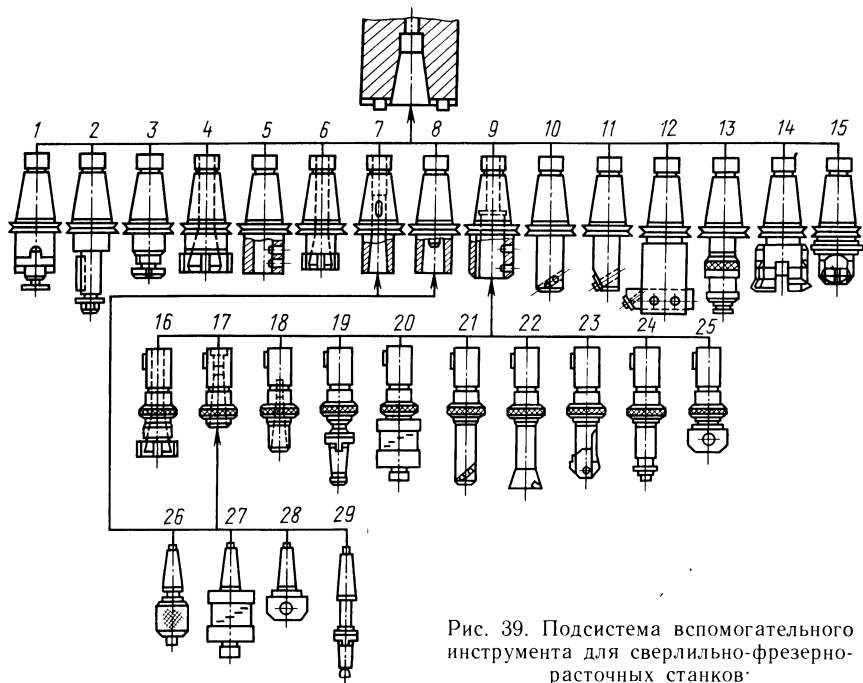


Рис. 39. Подсистема вспомогательного инструмента для сверлильно-фрезерно-расточных станков

1 — оправка с конусом 7:24 для насадных фрез с поперечной шпонкой, 2 — то же, для торцовых фрез с продольной шпонкой; 3 — то же, для трехсторонних и дисковых фрез, 4 — патрон цанговый с конусом 7:24 и диапазоном зажима 20—40 мм, 5 — втулка переходная с конусом 7:24 (для концевых фрез), 6 — патрон цанговый с конусом 7:24, 7 — втулка переходная с конусом 7:24 для инструмента, имеющего конус Морзе с лапкой, 8 — то же, с резьбовым отверстием; 9 — державка с конусом 7:24 для регулируемых патронов, втулок и оправок, 10 — оправка с конусом 7:24 для полустачивания, 11 — то же, для чистового растачивания; 12 — то же, сборная для чистового растачивания, 13 — оправка с конусом 7:24 для подрезных пластин; 14 — головка расточная с конусом 7:24, двухзубая, 15 — то же, универсальная; 16 — патрон цанговый регулируемый с диапазоном зажима 5—25 мм, 17 — втулка регулируемая с внутренним конусом Морзе, универсальная; 18 — втулка регулируемая длинная с внутренним конусом Морзе, 19 — то же, для насадных зенкоров и разверток, 20 — патрон регулируемый резьбовой, 21 — оправка регулируемая для полустачивания, 22 — то же, расточная двухзубая, 23 — то же, для крепления пластин перовых сверл, 24 — то же, для дисковых фрез; 25 — патрон регулируемый для крепления пластин перовых сверл, 26 — патрон с конусом Морзе сверлильный (без ключа), 27 — то же, резьбонарезной, 28 — то же, расточный, 29 — оправка с конусом Морзе для насадных зенкоров и разверток

тыре модификации приборов (табл. 5) для настройки инструмента вне станка. Наибольшее распространение получил прибор мод. БВ-2015.

## § 10. Новые инструментальные материалы и прогрессивные конструкции инструмента

Основным направлением работ по созданию новых инструментальных материалов является создание высокостойких и надежных в эксплуатации инструментальных материалов с малым содержанием вольфрама.



## 5. Техническая характеристика приборов

Модель прибора или устройства	Размер настраиваемого инструмента		Система отсчета координат		Цена деления системы отсчета, мм	
	по вылету	по диаметру	по вылету	по диаметру	по вылету	по диаметру
БВ-2013-01	400	300	Шкала с нониусом	Концевые меры, микрометрическая головка, индикатор	0,05	0,01
БВ-2014	400	300	Оптическая (окулярные отсчетные микроскопы)	(окулярные отсчетные микроскопы)	0,01	0,001
БВ-2015	500	300			0,01	0,001
БВ-2017	500	300			0,01	0,002

Быстрорежущие стали содержат 9—19% вольфрама, а твердые сплавы — 66—98% карбида вольфрама; стойкость инструментов из этих материалов не превышает 15—30 мин.

Высокоавтоматизированные производства с ограниченным числом обслуживающего персонала требуют применения режущего инструмента высокой стойкости и стабильного качества; этим требованиям не удовлетворяют инструменты из быстрорежущих сталей и твердых сплавов. Поэтому в промышленности стали широко применяться инструменты на основе искусственных алмазов, композиты на основе нитрида бора, минералокерамика и др. (табл. 6).

Безвольфрамовый твердый сплав МНТ-А2 по сравнению со сплавами Т15К6 и ВК8 имеет более низкий модуль упругости, более низкую теплопроводность и более высокий коэффициент термического расширения, что предопределяет его чувствительность к ударам и тепловым нагрузкам. Коэффициент трения у сплава МНТ-А2 по стали примерно в 1,5 раза ниже, чем у сплава ВК8. Безвольфрамовые сплавы типа МНТ-А2 могут заменить сплавы типа ТК (Т15К6, Т30К4) при чистовой и получистовой обработке пластичных и вязких материалов, нержавеющей и углеродистых сталей.

Минералокерамические инструментальные материалы ЦМ-332 и ВЗ получают специальной обработкой порошкообразных минералов (окиси алюминия  $Al_2O_3$ ). Большая твердость и теплостойкость минералокерамики обеспечивает ее высокие режущие свойства. Однако минералокерамика имеет низкий предел прочности и отличается хрупкостью и чувствительностью к перепаду температур. Этот материал может применяться, например, на станках с ЧПУ в условиях безудар-



## 6. Физико-механические характеристики инструментальных материалов

Материал инстру- мента	Плотность (кг/м <sup>3</sup> )·10 <sup>3</sup>	Твер- дость по Роквеллу (HRA)	Микро- твердость по Вик- керсу, МПа	Предел прочно- сти на изгиб, МПа	Предел прочно- сти на сжатие, МПа	Темпера- турный предел устойчи- вости, °С
Твердый сплав T15K6	11,0	90	290	11,5	39,0	800
Твердый сплав ВК-8	14,6	87,5	160	16	45	900
Минералокера- мика ЦМ-322	3,9	92	215	3,8	12	1200
Минералокера- мика ВЗ	4,5	93	—	5,8	—	—
Эльбор-Р (ком- позит 01)	3,3	—	750	—	20	1150
Безвольфрамо- вый твердый сплав МНТ-А2	5,5	90	—	11	36	—
Силинит-Р	—	94	—	5	26	—
Алмаз	3,5	—	1000	3,5	20,0	750

ного резания (при отсутствии вибраций и равномерном при-  
пуске).

Лезвийный инструмент из эльбора-Р находит широкое применение благодаря высокой твердости и тепло-  
стойкости поликристаллического кубического нитрида бора,  
предопределяющего высокие эксплуатационные свойства мате-  
риала (прежде всего высокую износостойкость).

Резцы, оснащенные режущим элементом из эльбора-Р,  
особенно эффективны при обработке деталей из закаленных  
сталей и чугунов. При растачивании деталей из закаленных  
сталей достигается шероховатость поверхности  $Ra \leq 0,16$  мкм,  
точность обработки по 4—6-му квалитетам, а также гарантиру-  
ется отсутствие структурных изменений в поверхностном слое.  
Особенно эффективен эльбор-Р при точении сталей высокой  
твердости (HRC 45 и выше). При точении деталей из чугунов  
(при  $v = 80 \div 120$  м/мин) резцы из эльбора-Р превосходят по  
стойкости твердосплавные резцы в 1,3—1,5 раза.

Рекомендуемые области применения лезвийного инструмента  
из эльбора: растачивание отверстий диаметром 6—30 мм в де-  
талях из закаленной стали; растачивание отверстий с одновре-  
менным подрезанием торца в деталях из закаленной стали;  
обработка деталей из высокопрочных сталей, работающих в  
тяжелых условиях при значительных знакопеременных нагруз-  
ках; прецизионное растачивание деталей из чугуна различной  
твердости; чистовое и тонкое фрезерование плоскостей деталей



из закаленных сталей и чугунов на расточных и фрезерных станках.

Новый инструментальный материал на основе нитрида кремния — силинит-Р — обладает большей твердостью, чем карбиды вольфрама и титана. Он отличается высокой стабильностью физических свойств, дешевой и доступностью исходного продукта, простотой изготовления. Износ резцов из силинита-Р меньше износа из твердого сплава и почти одинаков с износом резцов из эльбора-Р.

Упрочнение инструмента методом покрытия на установке «Булат». Одним из наиболее перспективных методов повышения стойкости инструмента является нанесение на его рабочие поверхности тонких твердых пленок путем конденсации веществ в вакууме с ионной бомбардировкой. Этот метод обеспечивает высокую сцепляемость пленки с инструментальной подложкой и позволяет наносить упрочняющее покрытие на основе соединений молибдена или титана с азотом ( $\text{Mo}_2\text{N}$ ,  $\text{TiN}$ ) толщиной 6—10 мкм как на твердосплавный, так и на стальной инструмент. При таком упрочнении срок службы инструмента увеличивается в 2,5—3 раза.

Неперетачиваемые твердосплавные пластины, полученные методом прессования с последующим спеканием, имеют форму трех-, четырех-, пяти- и шестигранника, ромбическую и круглую. Для крепления пластины имеют центральное отверстие. Для обеспечения положительного переднего угла, а также для дробления стружки вдоль каждой режущей кромки пластины предусмотрены выкружки, формируемые при прессовании.

Многогранные пластины после спекания имеют достаточно правильную геометрическую форму и шероховатость боковых поверхностей  $Ra = 1,25 \div 0,63$  мкм.

В отличие от инструмента с напаянными твердосплавными пластинами многогранные пластины не подвергаются переточке. После затупления одной режущей кромки пластина поворачивается, а после затупления всех режущих кромок — заменяется.

Применение многогранных твердосплавных неперетачиваемых пластин дает возможность: по сравнению с напаянным твердосплавным инструментом повысить стойкость на 25—30%; в 4—4,5 раза сократить потери вольфрама и кобальта; значительно сократить вспомогательное время на смену инструмента; упростить инструментальное хозяйство.

Ниже описаны некоторые прогрессивные конструкции инструмента.

Фрезы трехступенчатые с неперетачиваемыми четырехгранными пластинами из твердого сплава (рис. 40) предназначены для скоростного фрезерования широких поверхностей чугунных деталей с припусками под механическую обработку до 20—22 мм на фрезерных станках с мощностью привода главного движения больше 12 кВт. Применение данных фрез по



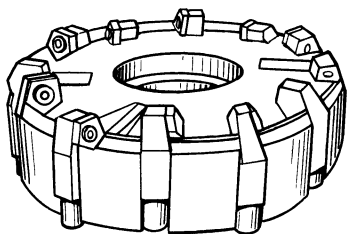


Рис. 40. Трехступенчатая фреза

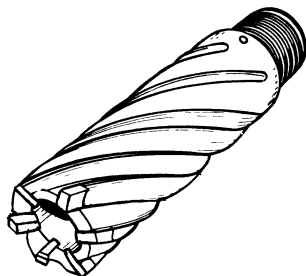


Рис. 41. Сверло кольцевое

сравнению с традиционными торцовыми фрезами (одноступенчатыми) обеспечивает возможность съема большого припуска за один ход без возникновения вибраций, снижение времени обработки деталей до 30%, повышение стойкости в 1,3—1,5 раза. Фрезы выпускают диаметром 250, 300 и 350 мм с числом зубьев соответственно 24; 30 и 33.

Сверла кольцевые (рис. 41), предназначенные для высверливания в сплошном металле сквозных отверстий диаметром 70—200 мм и длиной до 500 мм, могут использоваться на сверлильно-фрезерно-расточных станках, имеющих гидросистему для подачи охлаждающей жидкости через шпиндель. Преимуществом кольцевых сверл является то, что при обработке отверстий в сплошном металле только часть металла переходит в стружку, а основная часть сохраняется в виде стержня. Ширина кольцевой выборки равна 14 мм. Обработка кольцевыми сверлами позволяет повысить производительность труда до четырех раз. Шероховатость поверхности при кольцевом сверлении  $Ra = 10 \div 20$  мкм.

Эксплуатационные свойства и область применения трех наиболее распространенных марок твердого сплава приведены ниже.

Сплав ВК-8 имеет высокую эксплуатационную прочность и сопротивляемость ударам, вибрациям и выкрашиванию при хорошей износостойкости и допустимой скорости резания. Обработываемый материал — чугун, цветные металлы и их сплавы. Предназначен для чернового точения при неравномерном сечении среза и прерывистом резании, чернового фрезерования, сверления, растачивания литых нормальных и глубоких отверстий.

Сплав Т15К6 имеет высокую износостойкость и допустимую скорость резания при большой эксплуатационной прочности и сопротивляемости ударам, вибрациям и выкрашиванию. Обработываемый материал — углеродистые и легированные стали. Предназначен для чернового и получистового точения при непрерывистом резании, чистового точения при прерывистом резании, получистового и чистового фрезерования сплошных поверхностей, рассверливания и растачивания предваритель-



но обработанных отверстий, чистового зенкерования и развертывания.

Титанотанталовый сплав ТТ7К12 имеет высокую прочность и сопротивляемость ударам, выкрашиванию и вибрациям. Обрабатываемый материал — отливки и поковки из углеродистых и легированных сталей. Предназначен для тяжелого черного литейного и фрезерования стальных поковок, штампов и отливок по корке с раковинами при наличии песка, шлака и различных неметаллических включений, неравномерного среза и при наличии ударов.

## **§ 11. Технологическая документация**

К технологической документации относятся графические или текстовые документы, которые отдельно или в совокупности определяют технологический процесс изготовления изделия. Для металлорежущих станков сверлильно-фрезерно-расточной группы основными видами технологических документов являются чертеж детали, маршрутная карта, карта технологического процесса и операционная карта. В технологическую документацию для станков с ЧПУ в отличие от универсальных станков не входит операционная карта (с подробным описанием переходов и режимов резания), но дополнительно включаются карты наладки станка и инструмента, операционная расчетно-технологическая карта с эскизами траекторий инструментов, управляющая программа на программноносителе и ее распечатка.

Чертеж детали является основным документом, на основании которого разрабатывается вся технологическая документация. Чертеж должен давать полное представление о детали, которая изображается в нескольких проекциях с необходимыми разрезами и сечениями. На чертеже приводятся технические требования к детали, даются требования к отдельным ее элементам и их взаимному расположению.

Маршрутная карта содержит описание технологического процесса или полный состав технологических операций (при операционном описании изготовления изделия) в технологической последовательности с указанием данных об оборудовании, оснастке, материальных и трудовых затратах. В карте не даются переходы и режимы резания.

Карта технологического процесса содержит описание технологического процесса изготовления изделия (включая контроль и перемещения) по всем операциям одного вида работ, выполняемым в одном цехе в технологической последовательности с указанием данных о заготовке, оснастке и режимах резания.

Операционная карта содержит описание технологической операции с указанием переходов, режимов обработки и данных о технологическом оснащении. Эта карта, являющаяся основным документом для рабочего, помимо эскиза обработки



детали содержит информацию о марке материала, виде и твердости заготовки, о типе и модели станка, приспособлении, инструменте, режимах и времени обработки.

Карта наладки инструмента содержит полный состав вспомогательного и режущего инструмента на весь технологический процесс или отдельную технологическую операцию. Инструмент приводится в соответствии с последовательностью технологических операций, по режущему инструменту дается информация о настроечных размерах, величинах коррекции и номерах корректоров.

Карта эскизов (или расчетно-технологическая карта с эскизом траекторий инструментов) является дополнительным документом и применяется для расчета координат опорных точек, характеризующих траекторию перемещения рабочих органов оборудования (соответственно даются необходимые таблицы, указываются номера и координаты рабочих точек). Эта карта в сочетании с маршрутной технологией дает возможность разработать управляющую программу вручную. При автоматизированной системе подготовки управляющих программ достаточно иметь маршрутный технологический процесс и описание элементов детали на машинном языке.

Управляющая программа предназначена для передачи информации от человека, который читает чертеж и разрабатывает маршрутный технологический процесс, к системе управления станком с ЧПУ, которая преобразует информацию в управляющие сигналы для исполнительных узлов станка. Управляющая программа, как правило, набивается на восьмидорожечной перфоленте в коде ISO—7bit.

Перечисленные выше материалы являются основной технологической документацией, по которой обрабатывают детали, нормируют выработку для каждого рабочего и по которой производят прием готовой продукции. Вся эта документация хранится в технологическом бюро цеха или в бюро по подготовке управляющих программ для станков с ЧПУ.

## **§ 12. Использование руководства по эксплуатации станка в практической работе оператора**

Руководство станка является основным документом, из которого оператор может получить всю необходимую информацию о станке и его эксплуатации. Оно содержит следующие основные разделы: общие сведения о станке, основные технические данные, характеристики и нормы точности станка; комплект поставки; указания по безопасности труда; устройство и работа станка и его составных частей; электрооборудование; система управления; инструкция по программированию; система смазки; порядок установки станка и работы на нем; характерные неисправности станка и методы их устранения, гарантийные обязательства.



Вся эта информация используется технологами, операторами и ремонтниками на различных стадиях приобретения, установки и эксплуатации станка.

Основные технические данные, характеристики и класс точности станка необходимы технологом при выборе оборудования для технологического процесса обработки деталей.

При установке станка оператор использует данные о комплекте поставки станка, чтобы проверить наличие всех комплектующих узлов и документации; данные о фундаменте под станок; правила транспортировки и консервации. После установки станок проверяют на работоспособность согласно разделу «Порядок работы станка» и на соответствие нормам точности согласно «Свидетельству о приемке станка». При наличии отклонений станок доводят силами завода или вызывают наладчиков с завода-изготовителя.

Сведения по устройству и работе станка и его составных частей (вместе с альбомом чертежей деталей и узлов) необходимы для правильной эксплуатации станка, быстрого нахождения неисправностей, сборки и ремонта узлов, изготовления быстроизготавливаемых деталей. Особое внимание необходимо уделять указаниям по безопасности труда, выполнение которых обязательно.

К станкам с ЧПУ прикладывается «Инструкция по составлению управляющих программ», в которой даются сведения о программноносителе и применяемом коде, расположении координатных осей станка и положительном направлении перемещений по осям, о подготовке управляющих программ для каждой элементарной поверхности детали и их сочетаний, о циклах обработки элементарных поверхностей, которые заложены в систему управления станком. Также дается информация о скорости подачи, частоте вращения шпинделя, порядке выбора инструмента и т. д. В инструкции дается описание пульта управления устройства ЧПУ и информации, высвечиваемой на экране системы в рабочем режиме индикации. В инструкции приведены правила заполнения бланков исходных данных для обработки отверстий и плоскостей, карт наладок и программы обработки. На основании этих данных оператор самостоятельно может составить управляющую программу или проверить ее.

В разделе «Указания по эксплуатации и техническому обслуживанию станка» изложено, как ухаживать за станком, производить его подналадку, когда и какие профилактические работы необходимо производить.

### **§ 13. Выбор технологических процессов обработки деталей**

В качестве примера рассмотрим технологический процесс обработки кулачка, чертеж которого представлен на рис. 42.

Технологический процесс обработки корпусной детали во мно-



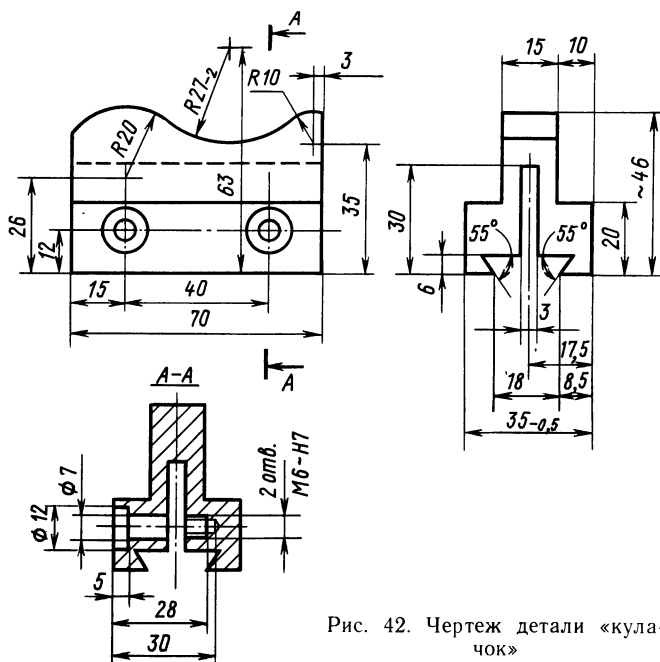


Рис. 42. Чертеж детали «кулачок»

гом зависит от ее габарита, формы, точности основных размеров и программы выпуска.

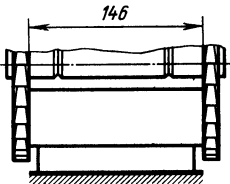
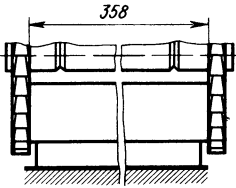
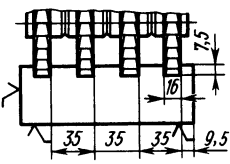
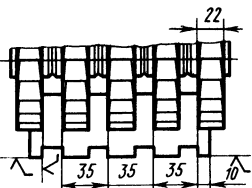
При разработке технологического процесса необходимо руководствоваться следующими основными положениями: 1) максимальным приближением формы заготовки к форме детали; 2) максимальной концентрацией одновременно работающих инструментов; 3) минимальным числом перебазирования; 4) минимальными перемещениями детали между станками; 5) рациональным базированием заготовки на столе станка; 6) наиболее рациональной последовательностью обработки элементов детали с учетом применения прогрессивных технологических режимов резания и методов подготовки управляющих программ.

Технологический процесс обработки корпусных деталей разрабатывается в два этапа: 1) разработка маршрутной технологии, в которой выбираются заготовка и наиболее оптимальный метод обработки элементов детали; 2) разработка операционной технологии, где выбираются конкретный станок и инструмент, назначаются режимы резания и определяется время обработки.

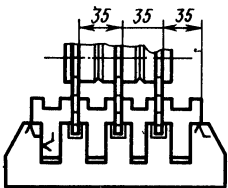
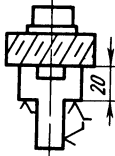
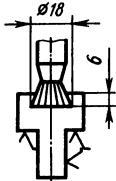
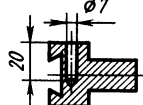
Технологический процесс обработки кулачка (см. рис. 42) с эскизами обработки показан в табл. 7.



## 7. Технологический процесс обработки кулачка

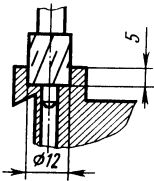
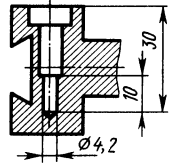
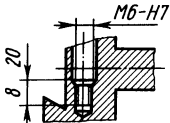
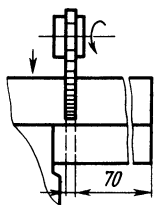
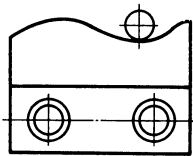
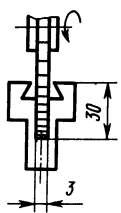
Наименование операции	Эскиз	Оборудование	Инструмент	Режимы обработки
<p>Установить на стол станка заготовку <math>370 \times 160 \times 50</math> длинной стороной по ходу стола (заготовка рассчитана на 20 деталей)</p> <p>Фрезеровать две длинных стороны заготовки в размер 146 мм</p>		Горизонтально-фрезерный станок	Две двусторонние фрезы $D = 200$ мм; $B = 25$ мм; $z = 14$	$S_z = 0,07$ мм/зуб; $v = 120$ м/мин
<p>Повернуть заготовку на <math>90^\circ</math>, выставить по длинной стороне и зажать</p> <p>Фрезеровать два коротких торца заготовки в размер 358 мм</p>		То же	То же	То же
<p>Повернуть заготовку на <math>90^\circ</math>, выставить по длинной стороне и зажать</p> <p>Фрезеровать четыре паза <math>16 \times 9,5</math> мм под пазы типа «ласточкин хвост»</p>		»	Трехсторонние фрезы $D = 160$ мм; $B = 16$ мм; $z = 12$	$S_z = 0,07$ мм/зуб; $v = 150$ м/мин
<p>Перевернуть деталь, выставить по длинной грани и зажать</p> <p>Фрезеровать набором из пяти фрез два уступа и три паза</p>		»	Пять трехсторонних фрез $D = 160$ мм; $B = 22$ мм; $z = 12$	$S_z = 0,06$ мм/зуб; $v = 120$ м/мин



Наименование операции	Эскиз	Оборудование	Инструмент	Режимы обработки
<p>Перевернуть деталь и установить на специальную подкладку</p> <p>Разрезать деталь в продольном направлении на полосы шириной 35 мм</p> <p>Зажим по короткой стороне</p>		»	Фрезы отрезные $D=125$ мм; $B=2$ мм; $z=64$	$S_z=0,03$ мм/зуб; $v=22$ м/мин
<p>Острые кромки притупить</p> <p>Зажать деталь в тисках, выставив по длинной стороне полосы</p> <p>Фрезеровать широкую плоскость полосы торцевой фрезой</p>		Слесарный верстак	Напильник	—
<p>Фрезеровать паз типа «ласточкин хвост» за два прохода</p>		То же	Фреза типа «ласточкин хвост» $D=16$ мм $z=10$ $\varphi=70^\circ$	$S_z=0,015$ мм/зуб; $v=18$ м/мин
<p>Контрольная</p> <p>Разместить места разрезки полосы и сверления</p> <p>Сверлить 10 отверстий <math>\varnothing 7</math> мм на глубину 20 мм</p>		Слесарный верстак	Разметочный инструмент	—
		Сверлильный станок	Сверло $\varnothing 7$ мм	$S_{об}=0,1$ мм/об; $v=20$ м/мин



Продолжение табл. 7

Наименование операции	Эскиз	Оборудование	Инструмент	Режимы обработки
Цековать 10 отверстий $\varnothing 12$ мм на глубину 5 мм		То же	Цековка $\varnothing 12$ мм; $z=3$	$S_{об}=0,12$ мм/об; $v=$ $=28$ м/мин
Сверлить 10 отверстий $\varnothing 4,2$ мм на глубину 10 мм		»	Сверло $\varnothing 4,2$ мм	$S_{об}=0,05$ мм/об; $v=$ $=18$ м/мин
Нарезать резьбу М6—Н7 на глубину 8 мм		»	Метчик М6	$S_{об}=$ $=1$ мм/зуб; $v=6$ м/мин
Разрезать по лосу по разметке на 5 частей шириной 70 мм		Горизонтально-фрезерный станок	Фрезы отрезные $D=160$ мм; $B=2$ ; $z=80$	$S_z=0,03$ мм/зуб; $v=$ $=20$ м/мин
Обработать криволинейную поверхность кулачка		Копировально-фрезерный станок	Фреза концевая $\varnothing 40$ мм; $z=6$	$S_z=0,04$ мм/зуб; $v=$ $=70$ м/мин
Фрезеровать паз шириной 3 мм на глубину 25 мм по разметке		Горизонтально-фрезерный станок	Фреза прорезная $D=125$ ; $B=3$ ; $z=$ $=64$	$S_z=0,04$ мм/зуб; $v=$ $=22$ м/мин
Заусенцы зачистить		Верстак слесарный	Напильник	—
Деталь промыть		Ванна	—	—
Контрольная				



## Контрольные вопросы

1. Что такое операция, установка, переход и ход?
2. Какие требования по технологичности предъявляются к детали?
3. Что такое базирование?
4. Расскажите о правиле шести точек при базировании.
5. На какие функциональные элементы по назначению можно разделить

УСП?

6. Какие документы относятся к технологической документации?
7. Расставьте правильно переходы: а) окончательная обработка калиброванных отверстий, б) снятие заусенцев, в) нарезание резьбы, г) сверление отверстий под резьбу, д) черновая обработка плоскостей, е) черновая обработка отверстия, ж) окончательная обработка плоскостей.



## Глава II

### Основы резания металлов

#### § 14. Развитие науки о резании металлов

Основы резания металлов являются базовым разделом специального курса обучения рабочих по механической обработке металлов. Этот раздел включает в себя основные понятия о процессе резания (кинематика резания, инструмент и его геометрические параметры, процесса стружкообразования, режимы резания, стойкость инструмента, точность обработки и т. д.).

До второй половины XVIII в. основным материалом, используемым в инженерных сооружениях, было дерево. Процессом резания металлов начали заниматься во второй половине XVIII в. после появления первой машины Уатта, изготовленной из серого чугуна, железа, латуни и бронзы. Эти металлы легко поддавались обработке инструментом из закаленной углеродистой стали. Детали первых машин обрабатывали на станках, изготовленных в основном из дерева, поэтому режимы резания были низкими.

До середины XIX в. наибольшее внимание уделялось созданию новых конструкций и типов токарных, фрезерных, строгальных, сверлильных и отрезных станков, на которых можно было достаточно точно обрабатывать детали различной формы. Однако появление во второй половине XIX в. труднообрабатываемых материалов (в частности, бессемеровской и мартеновской стали) вызвало необходимость в изучении кинематики резания, инструментальных материалов, режимов резания, геометрических параметров, стойкости и надежности инструмента.

Первые исследования русскими учеными процесса резания металлов можно отнести к концу 70-х годов прошлого столетия, когда были опубликованы работы профессора И. А. Тиме по стружкообразованию и сопротивлению резанию.

Особо бурное развитие учения о резании металлов получило в 1930—1940 гг., когда в 1936 г. при Техническом совете Народного Комиссариата тяжелой промышленности была организована Комиссия по резанию, в работе которой приняло участие свыше 30 вузов, научно-исследовательских институтов и заводов. Комиссия по единой методике провела более 150 научно-исследовательских работ, которые легли в основу создания нормативов и



руководящих материалов по резанию металлов. Разработанные на базе этих материалов справочники по режимам резания дали возможность определять режимы резания (скорость, подачу, мощность и т. п.) в зависимости от материала инструмента, обрабатываемого материала, мощности станка и технологических требований к обрабатываемым поверхностям.

В последние годы вопросам обеспечения требуемого качества обрабатываемых изделий посвящены работы Б. С. Балакшина, А. П. Соколовского, В. М. Кована, В. С. Корсакова, А. И. Каширина и И. М. Колесова; вопросам износа и стойкости инструмента, а также рациональным областям его применения — работы Г. И. Грановского, Н. И. Резникова, А. И. Резникова, Н. А. Зорева, А. И. Исаева, Т. Н. Лоладзе, А. Д. Макарова и др.; вопросам оценки эффективности процессов обработки на станках — работы Л. А. Брахмана, М. И. Клушина и др.

### § 15. Кинематика резания и процесс стружкообразования

На фрезерно-расточных станках в основном обрабатывают корпусные детали, имеющие элементарные поверхности в виде плоскостей, пазов, канавок, калиброванных и резьбовых отверстий и т. д. Эти поверхности обрабатывают такими методами, как фрезерование, сверление и растачивание, каждый из которых характеризуется специфичными кинематикой резания и процессом стружкообразования.

Режущая часть любого инструмента (резца, фрезы, сверла) имеет форму клина, с помощью которого производится отделение стружки. В зависимости от условий обработки образуется стружка различной формы. Процесс резания вязких металлов, например стали (рис. 43, а), состоит в сжатии инструментом срезаемого слоя и последующем скалывании его под углом  $140-150^\circ$  к поверхности резания. При этом срезаемый слой металла деформируется, т. е. становится короче и толще. В результате многократного отделения частиц металла образуется сливная стружка, имеющая вид длинной (без зазубрин) ленты или плоской спирали. При резании хрупких металлов, например чугуна, бронзы (рис. 43, б), образуется стружка скалывания (или элементарная стружка), отдельные элементы которой слабо связаны между собой или совсем не связаны. При обработке стали средней твердости, алюминия и его сплавов со средней скоростью резания образуется ступенчатая стружка, представляющая собой ленту с гладкой поверхностью со стороны резца и зазубренную с внеш-

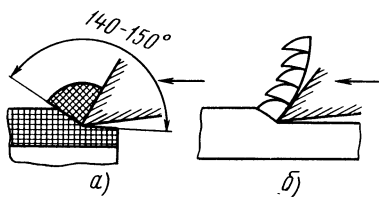


Рис. 43. Образование стружки в процессе резания:

а — вязкого металла, б — хрупкого металла



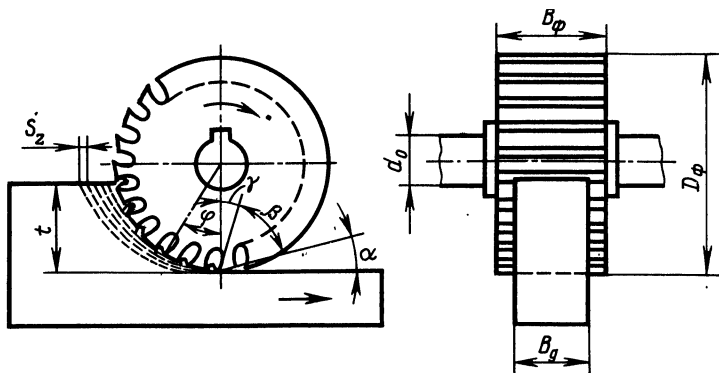


Рис. 44. Встречное фрезерование цилиндрической фрезой

ней стороны. При резании особо хрупких материалов (например, белого чугуна) образуется стружка надлома, имеющая вид отдельных кусочков.

Фрезерование — процесс механической обработки, при котором многозубый инструмент — фреза — имеет вращательное движение (со скоростью резания), а обрабатываемая заготовка — поступательное (со скоростью подачи). Характерным для фрезерования является прерывистое резание, что связано с конструктивными особенностями фрезы. Обработка бруска цилиндрической фрезой диаметром  $D_\phi$  показана на рис. 44. Каждый зуб цилиндрической фрезы срезает дугообразный сегмент, толщина которого зависит от подачи  $S_z$  на зуб фрезы, а длина — от длины линии контакта инструмента с деталью. Глубина  $t$  резания зависит от припуска заготовки:  $t \leq (D_\phi - d_0)/2$ , где  $d_0$  — диаметр оправки, на которой закреплена фреза. Ширина обрабатываемой детали  $B_d \leq 0,8 B_\phi$ , где  $B_\phi$  — ширина фрезы.

Фрезерование цилиндрическими фрезами может быть встречным (см. рис. 44), когда направление вращения фрезы противоположно направлению подачи детали, или попутным (рис. 45), когда направление вращения фрезы совпадает с направлением подачи детали. Попутное фрезерование по сравнению с встречным имеет следующие преимущества: короче длина стружки и равномернее толщина среза; на 5—15% меньше мощность фрезерования; резание начинается с наибольшей толщины срезаемого слоя и заканчивается на минимальной толщине; в 2—3 раза повышается стойкость фрез, что позволяет увеличить скорость фрезерования на 20—25%.

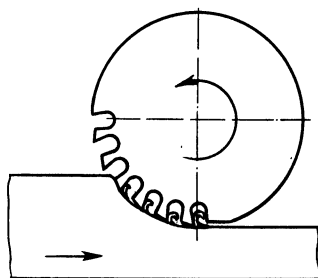


Рис. 45. Попутное фрезерование цилиндрической фрезой



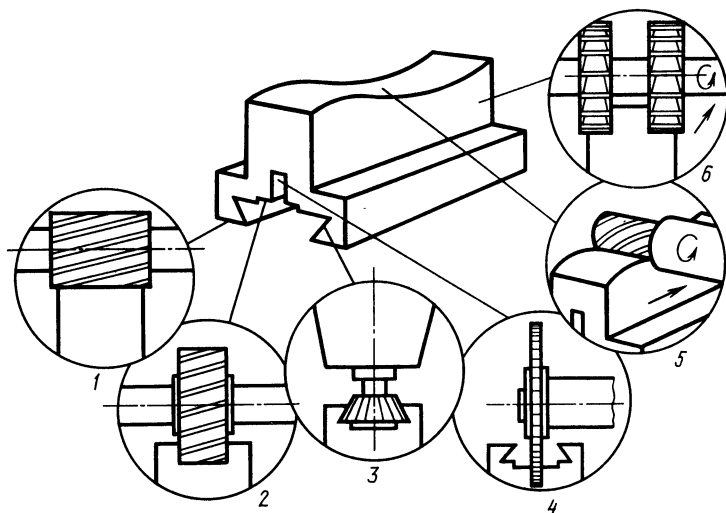


Рис. 46. Методы фрезерования элементов кулачка

Как видно из рис. 44, стружка имеет переменную толщину с наибольшим сечением в конце среза. Срезанный металл завивается и располагается во впадине зуба, из которой выпадает после окончания процесса резания. Объем стружечной канавки всегда должен быть больше объема снимаемой стружки.

Геометрические параметры режущей части цилиндрических фрез во многом зависят от обрабатываемого материала и условий резания. Чем больше глубина  $t$  фрезерования и более пластичен материал заготовки, тем больше должна быть стружечная канавка; в первом случае большая канавка необходима для размещения всего объема металла, удаляемого одним зубом, а во втором — для исключения возможности застревания стружки между зубьями. Большое влияние на величину переднего  $\gamma$  и заднего углов  $\alpha$  зуба оказывают материал инструмента и заготовки. При обработке стали цилиндрические фрезы с винтовыми твердосплавными пластинами имеют  $\gamma=5^\circ$  и  $\alpha=20^\circ$ , при обработке чугуна —  $\gamma=0^\circ$  и  $\alpha=15^\circ$ . Фрезы из быстрорежущей стали при обработке стали имеют  $\gamma=10\div 15^\circ$  и  $\alpha=12\div 16^\circ$ , а при обработке чугуна —  $\gamma=5\div 15^\circ$  и  $\alpha=12\div 14^\circ$ .

Цилиндрические фрезы для улучшения условий резания изготавливают, как правило, с наклонными зубьями (угол наклона  $20\text{--}40^\circ$ ), что позволяет снизить вибрации при резании; увеличить стойкость фрезы; повысить качество обрабатываемой поверхности.

Фрезерованием можно обрабатывать не только плоские, но и криволинейные поверхности различного профиля. Например, деталь, показанная на рис. 46, обрабатывается фрезами пяти ти-



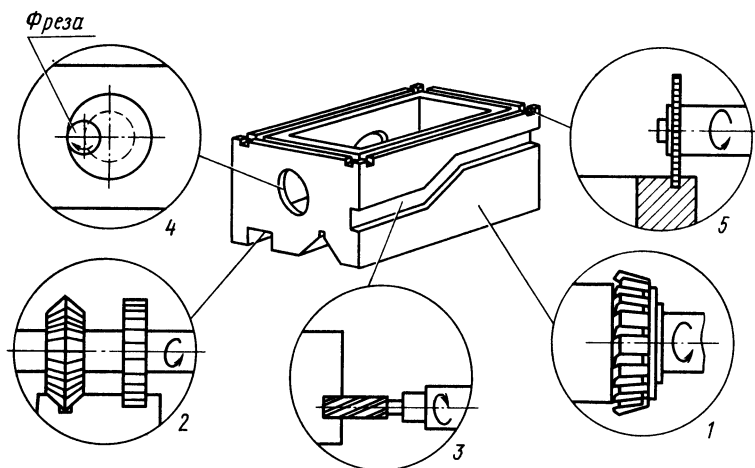


Рис. 47. Методы фрезерования элементов корпусной детали

пов: плоскости (1) — цилиндрической фрезой; технологический паз (2) — трехсторонней фрезой; фасонный паз (3) — фрезой типа «ласточкин хвост»; прорезь (4) — дисковой фрезой; два уступа (6) — набором двусторонних дисковых фрез; профильный кулачок (5) — цилиндрической фрезой. Деталь, показанная на рис. 47, также обрабатывается фрезами пяти типов: плоскости (1) — торцовыми фрезами; профильные направляющие (2) — набором из трех фрез; профильный паз (3) и отверстие (4) — концевыми фрезами; пазы под уплотнение (5) — прорезными фрезами.

Растачивание — один из наиболее распространенных методов обработки отверстий в корпусных деталях, при котором наблюдается непрерывное резание одно- или многолезвийным инструментом, вращающимся вокруг оси отверстия и снимающего стружку постоянной толщины. Расточная оправка подается вдоль оси отверстия (рис. 48).

Расточный инструмент характеризуется низкой жесткостью, обусловленной его конструктивными особенностями (оправка находится внутри обрабатываемого отверстия и значительно меньше него по диаметру). Низкая жесткость особенно сказывается при обработке глубоких отверстий, когда  $(l/d) > 5$ , где  $l$  и  $d$  — соответственно длина и диаметр оправки; под действием

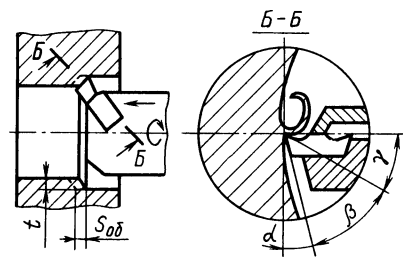


Рис. 48. Схема растачивания отверстия



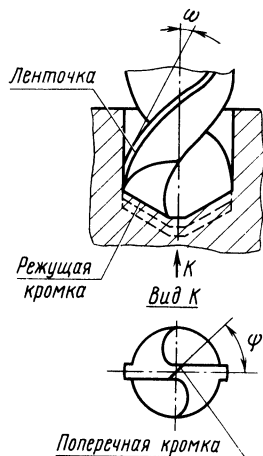


Рис. 49. Схема сверления отверстия

сил резания расточный резец прогибается и вибрирует, что приводит к снижению точности и качества обработки, а также к уменьшению стойкости инструмента.

В настоящее время широко применяют расточные оправки с механическим креплением неперетачиваемых многогранных пластин, имеющих повышенную стойкость.

Сливная стружка при растачивании размещается между оправкой и обработанной поверхностью и часто наворачивается на резец, ухудшая условия процесса резания и снижая качество обработанной поверхности. Для предотвращения этого используют специальную заточку резцов, подбирают оптимальный режим резания, применяют специальные стружколомающие устройства и приспособления.

Глубина резания при растачивании  $t = (d_0 - d_3)/2$  не должна превышать одной трети ширины неперетачиваемой пластины, где  $d_0$  — диаметр обработанного отверстия;  $d_3$  — диаметр заготовки.

За один оборот расточная оправка подается на величину  $S_{об} = zS_z$ , где  $z$  — число резцов в оправке,  $S_z$  — подача на один резец.

Сверление является наиболее распространенным методом изготовления отверстий диаметром до 40 мм и обеспечивает обработку отверстия в целом материале. Режущая часть спирального сверла имеет две режущие кромки (рис. 49). Передний угол  $\gamma$  зависит от угла  $\omega$  наклона винтовой канавки сверла, который, как правило, составляет 25—30°; задний угол  $\alpha$  формируется при заточке.

Особенностью сверления является переменная скорость резания по длине режущей кромки сверла, имеющая максимальное значение у периферии сверла, постоянно уменьшающаяся к центру и равная нулю в середине перемычки сверла, соединяющей две режущие кромки. В центре сверла процесс резания переходит в смятие и перемычка работает как зубило. При сверлении стружка сходит по винтовой канавке. Сверло помимо вращательного движения вокруг своей оси, имеет еще и поступательное движение вдоль этой же оси. Поэтому каждая режущая точка сверла совершает движение по винтовой линии с шагом, равным подаче на оборот. С увеличением подачи на оборот передний угол сверла в работе увеличивается и сверло как бы заостряется.

Особенностью сверла является наличие на периферии сверла цилиндрической ленточки, что дает сверлу направление и обеспечивает получение заданного диаметра.



## § 16. Геометрические параметры режущей части инструмента

Расточный резец (рис. 50) благодаря своей универсальности получил наиболее широкое распространение при обработке отверстий. Конструкция расточного резца с механическим креплением твердосплавной пластины показана на рис. 51.

Основными элементами резца (см. рис. 50) являются: передняя поверхность 1, по которой сходит стружка; главная режущая кромка 6, которая осуществляет основной процесс резания; задняя главная поверхность 5; вершина резца 4, которая, как правило, закруглена по радиусу (от радиуса закругления зависит шероховатость обработанной поверхности); задняя вспомогательная поверхность 3; вспомогательная режущая кромка 2.

Углы резца в плане:  $\varphi$  — главный угол в плане,  $\varphi_1$  — вспомогательный угол в плане,  $\epsilon$  — угол при вершине.

Углы резания:  $\gamma$  — передний угол,  $\alpha$  — задний угол,  $\beta$  — угол заострения.

Геометрические параметры резца принимаются в зависимости от вида обрабатываемого материала и его твердости. Формы передней поверхности резца показаны на рис. 52.

Резцы (рис. 52, а) применяются для обработки хрупких металлов (бронза, чугун), обладающих большой твердостью; угол  $\gamma$  положительный; толщина срезаемого слоя  $a \leq 0,2$  мм; при

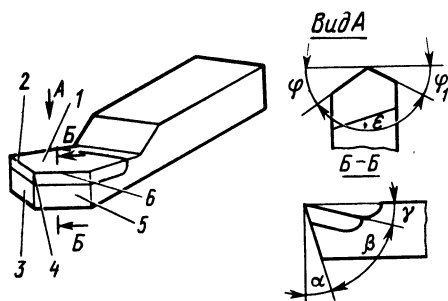


Рис. 50. Расточный резец с напайной твердосплавной пластиной

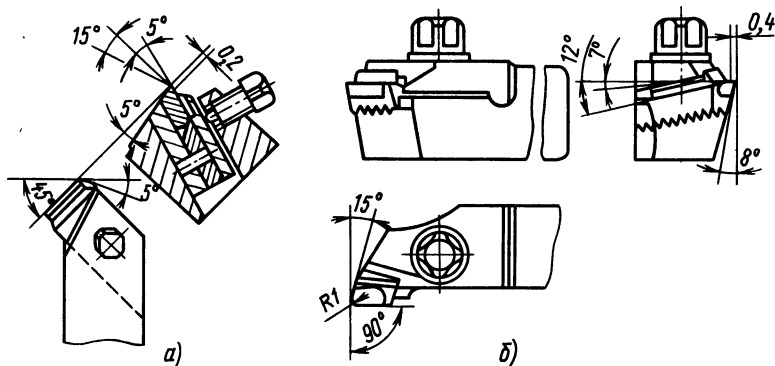


Рис. 51. Расточные резцы с механическим креплением твердосплавных пластин:

а — сборный проходной; б — сборный подрезной



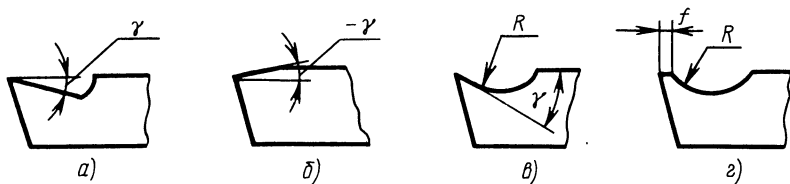


Рис. 52. Формы передней поверхности резца:

*а* — плоская без фаски; *б* — с отрицательным передним углом; *в* — криволинейная без фаски; *г* — криволинейная с фаской

обработке сталей с  $\sigma_b = 700 \div 900$  МПа резцы оснащаются фаской шириной 0,2—1 мм в целях упрочнения лезвия ( $a > 0,2$  мм). Резцы (рис. 52, б) с отрицательным передним углом применяются для обработки закаленных металлов с пределом прочности  $\sigma_b > 1000$  МПа. Резцы (рис. 52, в) применяются в инструментах из быстрорежущей стали для обработки вязких материалов с  $\sigma_b \leq 700$  МПа;  $a \leq 0,2$  мм. Резцы (рис. 52, г) применяются при обработке сталей с  $\sigma_b > 700 \div 900$  МПа;  $a > 0,2$  мм.

Углы резания выбираются в зависимости от свойств обрабатываемого материала и требований к обработанной поверхности.

**Передний угол  $\gamma$ :** положительный при обработке материала с  $\sigma_b \leq 800$  МПа; отрицательный при обработке материала с  $\sigma_b > 800$  МПа. На обдирочных работах с большими подачами (когда преобладает износ по передней поверхности) применяется двойная заточка переднего угла: инструмент из быстрорежущей стали имеет основной передний угол  $\gamma_1 = 30^\circ$  и вспомогательный передний угол  $\gamma_b \leq 5^\circ$ ; для твердосплавного инструмента  $\gamma_1 = 15^\circ$ ,  $\gamma_b = -(5 \div 10)^\circ$ .

**Задний угол  $\alpha$ :** чем тоньше срезаемый слой металла, тем задний угол больше, а чем толще срезаемый слой металла, тем задний угол меньше; как правило,  $\alpha = 3 \div 15^\circ$ .

**Угол заострения  $\beta$**  определяет прочность резца: чем меньше угол  $\beta$ , тем ниже прочность резца и больше возможность скалывания (особенно для твердосплавного инструмента).

**Главный угол в плане  $\phi$**  влияет на параметры стружки и составляющие сил резания. Чем меньше угол  $\phi$ , тем шире и тоньше стружка и больше осевая составляющая сил резания;  $\phi = 10 \div 45^\circ$ .

**Вспомогательный угол в плане  $\phi_1$**  колеблется от  $30'$  до  $30^\circ$ . С уменьшением  $\phi_1$  увеличивается трение и, как следствие, выделение теплоты.

**Переходное режущее лезвие.** Для уменьшения износа инструмента выполняют дополнительное режущее лезвие длиной 0,2—3 мм с меньшим главным углом в плане  $\phi_0 = 10 \div 15^\circ$  (рис. 53). Иногда вместо этого лезвия делают скругление радиусом 0,5—1,5 мм.

**Угол наклона режущего лезвия  $\lambda = 2 \div 10^\circ$**  и влияет в основном на изменение направления схода стружки (рис. 54). На



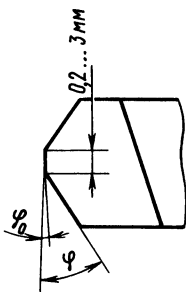


Рис. 53. Резец с двойным углом в плане

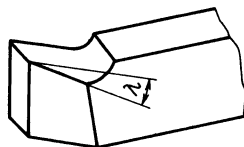


Рис. 54. Резец с углом наклона режущего лезвия

инструментах с касательным направлением подачи (фасонные резцы, протяжки для обработки тел вращения) угол  $\lambda$  увеличивают до  $45^\circ$  в целях уменьшения вибраций. На торцовых фрезах заточка под углом  $\lambda = 15^\circ$  обеспечивает более плавное врезание и выход фрезы из резания, а также снижает ударные нагрузки на режущую часть инструмента.

Торцовые фрезы являются наиболее распространенным инструментом для обработки плоских поверхностей (рис. 55) фреза представляет собой корпус, с отдельно вставленными зубьями, каждый из которых в процессе резания совершает циклоидальное движение.

Главная режущая кромка зуба фрезы наклонена к направлению подачи под главным углом  $\phi$  в плане, который при нормальной жесткости системы СПИД для твердосплавных фрез составляет  $45\text{—}60^\circ$ , а при высокой жесткости системы СПИД может быть уменьшен до  $20^\circ$ . При уменьшении угла  $\phi$  при одинаковых глубине резания и подаче ширина резания увеличивается.

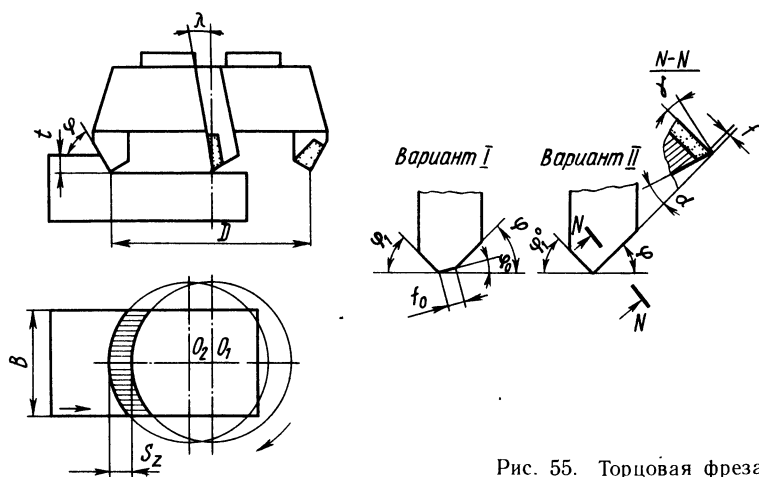


Рис. 55. Торцовая фреза



ся, а толщина срезаемого слоя уменьшается, что повышает стойкость фрезы.

Вспомогательная режущая кромка твердосплавных фрез наклонена под углом  $\varphi_1 = 2 \div 10^\circ$ . Чем меньше этот угол, тем выше качество обработанной поверхности. Широкое распространение получили фрезы с дополнительной режущей кромкой (см. рис. 55, вариант 1) шириной  $f_0 = 1,2 \div 2$  мм, имеющей переходный угол в плане  $\varphi_0 = \varphi/2$ . Наличие переходной кромки упрочняет главную режущую кромку у вершины зуба и повышает стойкость фрезы.

Передний угол  $\gamma$  выбирается в зависимости от материала обрабатываемой детали и материала режущей части инструмента. При обработке стальных деталей передний угол  $\gamma$  имеет отрицательные значения и колеблется в пределах от  $-5$  до  $-15^\circ$ . Чугунные детали обрабатывают фрезами с положительным передним углом, величина которого составляет  $5-10^\circ$ . Наличие переднего угла позволяет уменьшить работу пластической деформации и силы трения на передней грани зуба, что повышает стойкость фрез. Чем выше прочность обрабатываемого материала, тем меньше должен быть угол  $\gamma$ .

Главный задний угол для твердосплавных торцовых фрез  $\alpha = 10^\circ \div 25^\circ$ ; основное назначение угла  $\alpha$  — уменьшение работы трения по задней поверхности.

Угол  $\lambda$  наклона главной режущей кромки влияет на прочность зуба и стойкость фрезы; для твердосплавных торцовых фрез  $\lambda = 5 \div 15^\circ$ . Геометрические параметры режущей части торцовых фрез с пластинами из твердого сплава приведены в табл. 8.

Геометрические параметры сверла (см. рис. 49). Главные режущие кромки сверла перекрещиваются под углом  $2\varphi$ , который называется двойным углом в плане и, как правило, составляет  $120^\circ$ .

8. Геометрические параметры режущей части торцовых фрез

Обрабатываемый материал	Углы заточки зубьев фрезы в сборе, град					
	$\varphi$	$\varphi_0$	$\varphi_1$	$\alpha$		$\gamma$
				$S_z < 0,25$	$S_z > 0,25$	
Стали конструкционные						$-5$
Стали углеродистые и легированные	15—60	$\varphi/2$	5	12—15	6—8	$-10$
Стали жаропрочные	30—60	—	10	10	10	8
Чугун серый	15—60	$\varphi/2$	5	12—15	6—8	5
Чугун ковкий	60	$\varphi/2$	2	—	6—8	7



Передний угол  $\gamma$  — переменный и зависит от шага и угла  $\omega$  наклона винтовой канавки. Для сверл диаметром до 15 мм задний угол  $\alpha = 11 \div 14^\circ$ , а для сверл диаметром более 15 мм  $\alpha = 8 \div 11^\circ$ . Угол наклона поперечной кромки  $\psi = 50 \div 55^\circ$ . Угол наклона винтовой канавки у сверл  $\omega = 18 \div 30^\circ$ . Чтобы исключить возможность защемления сверла в отверстии, его рабочую часть делают с обратным конусом (до 0,1 мм на 100 мм длины).

## § 17. Параметры обработки

Основными параметрами, определяющими процесс резания, которые в дальнейшем используются при расчете производительности и точности обработки, при выборе оборудования и инструмента, являются следующие: подача  $S_z$  на зуб; скорость  $v$  резания; глубина  $t$  резания; средняя толщина  $a_{ср}$  срезаемой стружки; максимальная толщина  $a_{max}$  срезаемой стружки; объем  $Q$  металла, удаляемого в минуту; высота  $\Delta$  микронеровностей; подача  $S_{об}$  на оборот инструмента; минутная подача  $S_{мин}$ ; основное время  $T_0$  обработки; штучное время  $T_{шт}$  обработки.

Подача  $S_z$  на зуб — линейное перемещение детали относительно инструмента за время поворота фрезы на один зуб. На рис. 56 показана схема обработки детали цилиндрической фрезой. За время поворота на один зуб фреза перемещается из точки  $O_1$  в точку  $O_2$  или, что соответствует расстоянию  $B_1B_2$  на детали, равному по величине  $S_z$ .

Подача  $S_{об}$  (мм/об) на один оборот фрезы (т. е. относительное перемещение фрезы и детали за один оборот фрезы) и минутная подача  $S_{м}$  (мм/мин) (т. е. относительное перемещение фрезы и детали за одну минуту) рассчитываются по формулам:  $S_{об} = zS_z$ ;  $S_{м} = S_{об}n = zS_zn$ , где  $z$  — число зубьев фрезы,  $n$  — частота вращения шпинделя.

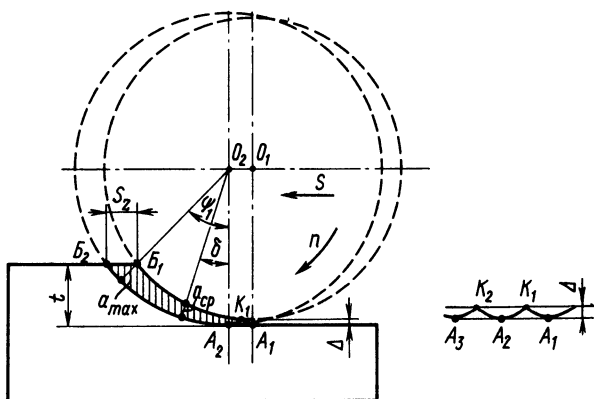


Рис. 56. Схема обработки цилиндрической фрезой  
 $K_1K_2$  — высота огранки;  $A_1A_2$  — величина подачи на зуб



При расчете режима резания величиной  $S_z$  задаются исходя из прочности зуба (при черновом фрезеровании) и требуемой высоты микронеровностей на обрабатываемой поверхности (при чистовом фрезеровании).

Для цилиндрических фрез при черновом фрезеровании величину  $S_z$  выбирают по таблице в зависимости от ширины  $B$  и глубины  $t$  фрезерования, т. е.  $S_z = f(B \text{ и } t)$ . Как правило,  $S_z = 0,1 \div 0,4$  мм/зуб, причем минимальному значению  $S_z$  соответствуют максимальные значения ширины и глубины резания.

При чистовом фрезеровании  $S_z \leq \sqrt{\frac{1,6 D_\phi Ra}{z^2}}$ , где  $D_\phi$  — диаметр фрезы;  $Ra$  — средняя арифметическая высота микронеровностей, мкм.

Ширина фрезерования  $B$  задается в чертеже детали. В случае одновременной обработки нескольких деталей ширина резания равна общей ширине всех заготовок. При обработке набором фрез сложного профиля за ширину фрезерования принимается общая ширина обрабатываемого контура.

Рекомендуемые диаметры цилиндрических фрез в зависимости от ширины фрезерования и глубины снимаемого слоя приведены в табл. 9.

**9. Рекомендуемые диаметры цилиндрических фрез, мм**

Ширина фрезерования, мм	Диаметр фрезы при $t$ , мм		
	до 2	до 6	до 10
50	63	80	100
100	80	100	100
150	100	125	160
200	160	160	200
250	160	200	250

При ширине фрезерования более 100 мм применяют сборные фрезы.

Глубина  $t$  фрезерования — расстояние между обработанной поверхностью и профилем заготовки. Желательно весь припуск на обработку снять за один ход фрезы. Однако при больших припусках или при особо высоких требованиях к качеству и точности обработки припуск снимают за 2—3 хода. Последний чистовой ход осуществляют с глубиной резания  $t = 1 \div 1,5$  мм.

Толщина  $a$  среза — расстояние между поверхностями резания, образованными двумя смежными зубьями фрезы на заготовке, и измеряемое в радиальном направлении. Толщина среза величина переменная и при встречном фрезеровании изменяется от нуля (в начале резания) до максимального значения



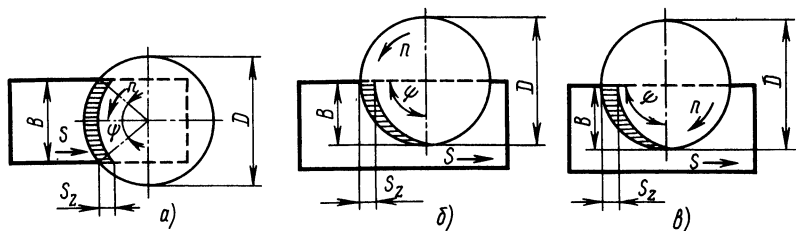


Рис. 57. Способы торцового фрезерования

(в конце резания):  $a = S_z \sin \delta$ , где  $\delta$  — мгновенный угол контакта при разных положениях зуба фрезы.

Площадь поперечного сечения стружки ( $\text{мм}^2$ ), срезаемого одним зубом прямозубной фрезы, определяют по формуле  $F_{\text{ср}} = (BtS_z z)/(\pi D)$ .

Скорость  $v$  резания зависит от свойств обрабатываемого материала и материала инструмента, от параметров резания ( $D_{\text{ф}}$ ,  $B$ ,  $t$ ,  $z$ ,  $S_z$ ) и стойкости инструмента.

Скорость резания определяют по формуле  $v = v_{\text{табл}} K_1 K_2 K_3$ , где  $v_{\text{табл}}$  (табличное значение скорости резания) и поправочные коэффициенты  $k_1$  (зависит от размеров обработки),  $k_2$  (зависит от твердости и состояния поверхности обрабатываемого материала),  $k_3$  (зависит от стойкости и материала инструмента) выбирают из справочников. Затем найденную по справочным материалам скорость резания сравнивают с фактической, определяемой для конкретного станка по формуле  $v = (\pi D_{\text{ф}} n)/1000$ , м/мин.

При торцовом фрезеровании (в отличие от фрезерования цилиндрическими фрезами) ось фрезы перпендикулярна обрабатываемой поверхности (см. рис. 55). В зависимости от расположения центра фрезы относительно детали фрезерование может быть симметричным (рис. 57, а), попутным (рис. 57, б) и встречным (рис. 57, в).

При торцовом фрезеровании подачу на зуб назначают с учетом глубины  $t$  резания и твердости обрабатываемого материала.

Подача  $S_z = 0,3 \div 0,1$  мм/зуб (при обработке чугуна) и  $S_z = 0,15 \div 0,06$  мм/зуб (при обработке стали). С увеличением глубины фрезерования и твердости обрабатываемого материала подачу  $S_z$  уменьшают.

При черновом фрезеровании (когда не предъявляют высоких требований к качеству обрабатываемой поверхности)  $S_z$  выбирают в зависимости от прочности материала инструмента и технических возможностей станка. Максимальные значения  $S_z$  в зависимости от обрабатываемого материала и марки твердого сплава приведены в табл. 10.

При симметричном фрезеровании максимальная толщина срезаемой стружки  $a_{\text{max}} = S_z$ , а при попутном и встречном фрезеровании  $a = S_z \sin \psi$ . Площадь поперечного сечения среза  $F =$



**10. Максимальные значения  $S_z$  в зависимости от обрабатываемого материала и марки твердого сплава**

Сталь		Чугун	
марка твердого сплава	$S_z$ , мм/зуб	марка твердого сплава	$S_z$ , мм/зуб
T5K10	0,23	BK8	0,648
T14K8	0,18	BK6	0,434
T15K6	0,145	BK3	0,2
T30K4	0,055	BK2	0,13

$=ta$ . Скорость  $v$  резания рассчитывается так же, как при фрезеровании цилиндрическими фрезами.

Растачивание отверстий резцами показано на рис. 58. Подача  $S_{об}$  резца — перемещение его режущей кромки за один оборот заготовки. Глубина  $t$  резания — наименьшее расстояние между обрабатываемой и обработанной поверхностями, измеряемое по нормали к обработанной поверхности:  $t = (D - D_0)/2$ , где  $D$  — диаметр обработанной поверхности,  $D_0$  — диаметр заготовки.

Ширина срезаемого слоя  $B = t/\sin \varphi$ .

Толщина срезаемого слоя  $a = S_{об}$  (при обработке подрезными резцами) и  $a = S_{об} \sin \varphi$  (при обработке проходными резцами). Площадь поперечного сечения срезаемого слоя  $F = aB = S_{об}t$ .

Скорость резания (м/мин)  $v = (\pi Dn)/1000$ .

Схемы сверления и рассверливания отверстия показаны на рис. 59.

Подача  $S$  — перемещение сверла вдоль оси за один оборот. Так как сверло может быть рассмотрено как двойной резец, подача на зуб  $S_z = S/2$ . Минутная подача  $S_{мин} = Sn$ , где  $n$  — частота вращения сверла, об/мин.

Толщина срезаемого слоя  $a = S_z \sin \varphi$ .

Ширина срезаемого слоя при сверлении  $B = D/(2\sin \varphi)$ , а при рассверливании  $B_1 = (D - d)/(2\sin \varphi)$ , где  $d$  — диаметр ранее просверленного отверстия.

Площадь поперечного сечения при сверлении  $F = DS/4$ , а при рассверливании  $F_1 = (D - d)S/4$ .

Скорость резания  $v = \pi Dn/1000$ , м/мин.

При нормировании технологического процесса, как правило, пользуются

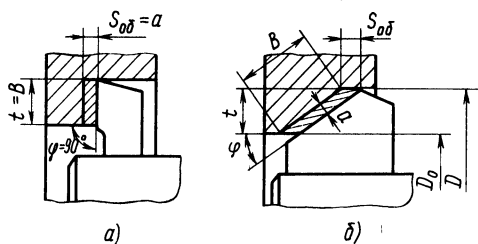


Рис. 58. Схемы растачивания отверстий резцами:

а — подрезными; б — проходными



штучным временем обработки деталей:  $T_{шт} = T_o + T_{всп} + T_{обсл} + T_{\phi}$ , где  $T_o$  — основное (или технологическое) время;  $T_{всп}$  — вспомогательное время;  $T_{обсл}$  — время обслуживания рабочего места;  $T_{\phi}$  — время перерывов на физические потребности и отдых.

В течение основного времени  $T_o$  происходит резание металла:

$T_o = L/(Sn)$ , где  $L = l_t + l_1 + l_2$  — длина рабочего хода инструмента в направлении подачи ( $l_t$  — путь теоретического резания;  $l_1$  — величина подвода;  $l_2$  — величина перебега).

В течение вспомогательного времени  $T_{всп}$  (выбираемого по нормативам) рабочий устанавливает и снимает деталь, подводит инструмент, заменяет зажимное приспособление и инструмент, управляет станком и контролирует деталь. Все эти времена выбираются по нормативам.

В течение времени  $T_{обсл}$ , предназначенного на обслуживание, рабочий заменяет затупленный инструмент, удаляет стружку (в процессе работы), правит инструмент, подналаживает и регулирует станок (в процессе работы), осматривает, чистит и смазывает станок; время  $T_{обсл}$  выбирается по нормативам.

Время  $T_{\phi}$  рассчитывается по формуле  $T_{\phi} = k(T_o + T_{всп})$ , где  $k < 1$  и выбирается по нормативам.

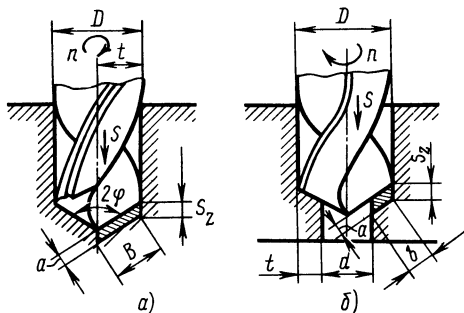


Рис. 59. Сверление (а) и рассверливание (б) отверстия

## § 18. Силы резания при фрезеровании и растачивании

При цилиндрическом фрезеровании на каждый зуб цилиндрической фрезы действует сила  $P$ , которую можно разложить на составляющие силы: тангенциальную  $P_z$  и радиальную  $P_y$  (рис. 60). Тангенциальная сила создает крутящий момент на фрезе, который преодолевается крутящим моментом главного привода, а радиальная сила воспринимается подшипниками шпинделя станка. Силу  $P$  резания можно также разложить на вертикальную  $P_v$  и горизонтальную  $P_r$  составляющие силы. Горизонтальная сила воспринимается приводом подачи станка, а вертикальная сила прижимает к столу станка (при попутном фрезеровании) и отрывает от стола станка (при встречном фрезеровании) обрабатываемую заготовку, что необходимо учитывать при конструировании и расчете зажимных приспособлений.

Основной составляющей силы резания является тангенци-



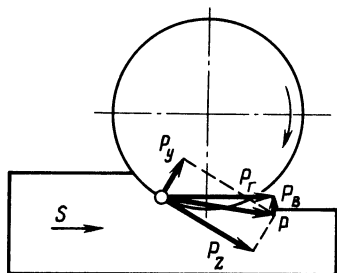


Рис. 60. Силы резания при цилиндрическом фрезеровании

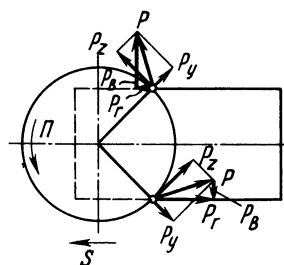


Рис. 61. Силы резания при торцовом фрезеровании

альная сила  $P_z$ , которую рассчитывают по эмпирическим формулам.

Тангенциальную силу можно определить по формуле  $P_z = pF_{\text{ср}}$ , где  $F_{\text{ср}}$  — средняя площадь поперечного сечения срезаемой стружки,  $p$  — удельное давление. Значения  $p$  в зависимости от максимальной толщины  $a_{\text{max}}$  срезаемой стружки и обрабатываемого материала приведены в табл. 11.

Максимальная толщина срезаемой стружки  $a_{\text{max}} = S_z \sin \psi$ ;  $F_{\text{ср}} = (BtS_z z) / (\pi D)$ .

Радиальная сила  $P_y \approx 0,4P_z$ . При встречном цилиндрическом фрезеровании:  $P_r = (1 \div 1,2)P_z$ ;  $P_b = (0,2 \div 0,3)P_z$ .

При попутном цилиндрическом фрезеровании:  $P_r = (0,8 \div 0,9)P_z$ ;  $P_b = (0,75 \div 0,8)P_z$ .

Крутящий момент (Н·м) при фрезеровании  $M = (P_z D_{\text{ф}}) / 2$ , а мощность резания (кВт)  $N = (Mn) / 9554$ , где  $n$  — частота вращения фрезы, об/мин.

Мощность электродвигателя главного привода станка  $N_{\text{эл}} = N / \eta$ , где  $\eta$  — коэффициент полезного действия элементов привода.

# 11. Удельное давление резания при фрезеровании, Н/мм<sup>2</sup>

$a_{\text{max}}$ , мм	Сталь			Чугун		
	$\sigma_B = 600$ МПа	$\sigma_B = 750$ МПа	$\sigma_B > 750$ МПа	HB < 180	HB 180 ÷ 200	HB > 200
0,02	3100—4120	5150—6230	7260—8340	2060	2990	4120
0,03	2795—3730	4660—5590	6570—7455	1805	2590	3600
0,04	2620—3490	4460—5250	6080—6965	1600	2305	3200
0,05	2510—3335	4170—5000	5845—6670	1510	2180	3020
0,06	2355—3140	3920—4710	5495—6280	1393	2010	2795
0,07	2305—3080	3845—4610	5385—6150	1325	1915	2660
0,08	2215—2960	3690—4434	5200—5925	1265	1825	2540
0,09	2140—2865	3570—4240	5005—5730	1235	1785	2480
0,1	2100—2805	3510—4200	4905—5610	1195	1715	2390



Силы резания, крутящий момент и мощность резания при торцовом фрезеровании подсчитывают по тем же формулам, что и при работе цилиндрическими фрезами.

Из схемы сил резания при торцовом симметричном фрезеровании (рис. 61) видно, что направление сил резания на входе и выходе фрезы различное. Мгновенные составляющие сил резания для случая, когда в резании участвует несколько зубьев, можно определить только геометрическим сложением сил, действующих на все работающие зубья.

Радиальная составляющая сила  $P_y = (0,5 \div 0,55) P_z$ . При симметричном фрезеровании горизонтальная составляющая сила  $P_r = (0,4 \div 0,5) P_z$ , а вертикальная составляющая  $P_b = (0,85 \div 0,95) P_z$ ; при встречном фрезеровании  $P_r = (0,6 \div 0,9) P_z$ , а  $P_b = (0,45 \div 0,7) P_z$ ; при попутном фрезеровании  $P_r = (0,3 \div 0,5) P_z$ , а  $P_b = (0,9 \div 1) P_z$ .

Растачивание и обтачивание. Схема сил, действующих при обтачивании заготовки, показана на рис. 62. Тангенциальная сила  $P_z = pF$ , где  $p$  — удельное давление резания, Н/мм<sup>2</sup>;  $F$  — площадь поперечного сечения среза, мм<sup>2</sup>.

Суммарная сила резания  $P = \sqrt{P_z^2 + P_y^2 + P_r^2}$ .

Соотношение сил  $P_z$ ,  $P_y$  и  $P_r$  меняется в зависимости от геометрических параметров рабочей части резца, параметров режима резания, износа резца, физико-механических свойств обрабатываемого материала и условий резания.

При сверлении (в отличие от точения) в резании принимают участие два главных лезвия, перемычка и два вспомогательных лезвия (рис. 63). Силу, действующую на главную режущую кромку, можно разложить на составляющие силы: тангенциальную  $P_z = pF$ ; осевую  $P_x$  и радиальную  $P_y$ . Так как у

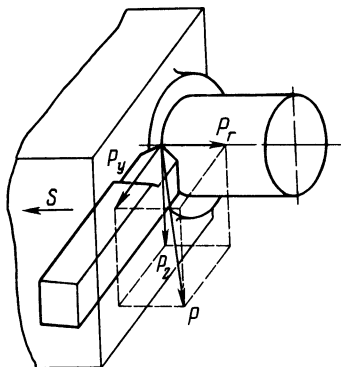


Рис. 62. Силы резания при обтачивании

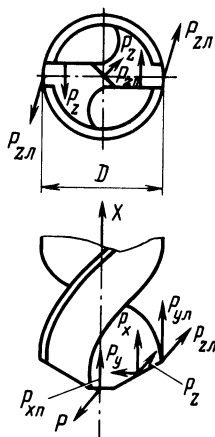


Рис. 63. Силы резания при сверлении



## 12. Значение осевой силы, Н

Диаметр сверла, мм	Сталь				Чугун			
	$S_{об}, \text{ мм/об}$				$S_{об}, \text{ мм/об}$			
	0,1	0,16	0,3	0,5	0,1	0,16	0,3	0,5
6	1100	1500	—	—	550	800	—	—
10	1800	2500	3900	—	900	1300	2150	—
16	2800	4000	6200	—	1400	2100	3400	5200
25	4500	6200	9700	13 700	2200	3200	5400	8100

сверла два главных режущих лезвия, то при правильной (симметричной) заточке силы  $P_y$  взаимно исключают друг друга.

Перемычка сверла, работающая как зубило, создает осевую составляющую  $P_{хп}$  силы резания и незначительный крутящий момент от силы  $P_{zn}$ . Ленточка сверла создает силу резания, которую можно разложить на составляющие силы  $P_{хл}$  и  $P_{zl}$ .

Крутящий момент при сверлении подсчитывают по формуле  $M = 2P_z \frac{D+l}{4} + 2P_{zn} \frac{D}{2} + 2P_{zl} \frac{l}{4}$ , где  $D$  — диаметр сверла,  $l$  — длина перемычки.

Осевая составляющая сил резания  $P_0 = 2P_z + 2P_{хп} + 2P_{хл}$ .

На практике суммарную осевую силу резания подсчитывают по формуле  $P_0 = P_{табл} k_p$ , где  $P_{табл}$  — выбирают в зависимости от обрабатываемого материала, диаметра сверла и подачи на оборот (табл. 12);  $k_p$  — коэффициент резания выбирают в зависимости от твердости обрабатываемого материала (табл. 13).

## 13. Зависимость коэффициента резания от твердости обрабатываемого материала

Сталь		Чугун	
НВ	$k_p$	НВ	$k_p$
143—207	0,9	130—170	0,9
170—229	1,0		
207—269	1,1	207—229	1,1
269—302	1,25	265—285	1,25
285—321	1,3		

## § 19. Стойкость инструмента

Стойкостью режущего инструмента называется его способность сохранять требуемые режущие свойства. Время, в течение которого эти свойства сохраняются, т. е. время между двумя переточками, называется периодом стойкости инструмента.



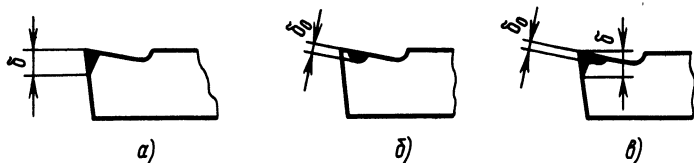


Рис. 64. Виды износа инструмента:

$a$  — по задней поверхности;  $б$  — по передней поверхности;  $в$  — по передней и задней поверхностям

В результате трения режущих кромок о сходящую стружку и деталь, и действия сил резания и других факторов (повышенная скорость трения, высокая температура в зоне главной режущей кромки, высокое давление на переднюю и заднюю поверхности) инструмент изнашивается. Различают три вида износа инструмента (рис. 64): по задней поверхности (при толщине срезаемой стружки  $a < 0,2$  мм); по передней поверхности (при  $a > 0,5$  мм); по задней и передней поверхностям (при  $0,2 \text{ мм} < a < 0,5 \text{ мм}$ ).

По физической сущности различают четыре вида изнашивания: 1) абразивное (вследствие трения твердых включений обрабатываемого материала и нароста, твердость которого превосходит твердость основного материала, о переднюю и заднюю поверхности инструмента); 2) адгезионное (вследствие переноса частиц инструментального материала на стружку и обработанную поверхность детали); 3) диффузионное (вследствие растворения инструментального материала в обрабатываемом, возникающего при температуре свыше  $800^\circ\text{C}$ ); 4) окислительное (свойственное лишь твердосплавному инструменту и возникающее при температуре свыше  $750^\circ\text{C}$  вследствие химической реакции кислорода с кобальтом и карбидами титана и вольфрама).

На практике износ инструмента является сочетанием всех четырех видов изнашивания.

Зависимость износа инструмента от времени его работы представлена на рис. 65, на котором просматриваются три характерных участка: 1) участок  $AB$  (интенсивный износ во время приработки инструмента); 2) участок  $BB$  (нормальный износ); 3) участок после точки  $B$  (критический износ). Чтобы предотвратить критический износ резание прекращают на участке  $BB$  в точке, близкой к точке  $B$ .

На стойкость инструмента в значительной степени влияют обрабатываемость материала (т. е. возможность обработки материала на высоких скоростях резания) и параметры режима резания (в первую очередь скорость, затем подча, а затем глубина).

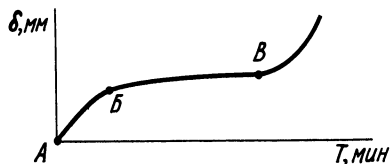


Рис. 65. Зависимость износа  $\delta$  инструмента от времени  $T$  его работы



Стойкость инструмента учитывают (с помощью коэффициентов) при расчете режима резания. Так, при увеличении скорости  $v$  резания на 25% стойкость инструмента уменьшается в два раза, а при увеличении  $v$  в два раза — стойкость уменьшается в 6—7 раз.

Для твердосплавных торцовых фрез диаметров 160 мм стойкость составляет 200 мин; с увеличением диаметра фрез их стойкость увеличивается. Стойкость сверл диаметром 10 мм составляет 20—30 мин времени работы сверла; с увеличением диаметра сверл их стойкость увеличивается. Стойкость расточного инструмента составляет 40—120 мин в зависимости от числа инструментов в наладке и равномерности их загрузки.

## **§ 20. Точность обработки**

Точность обработки характеризуется допустимыми отклонениями элементов детали от требований чертежа по размерам, форме, взаимному расположению и качеству поверхностей. Неточность изготовления деталей обуславливается действием следующих факторов: погрешностью станка; погрешностью обрабатывающего инструмента и приспособления; неточностью геометрических параметров инструмента и его износ; упругими и температурными деформациями системы СПИД; погрешностью, связанной с технологической схемой и режимом обработки; погрешностью измерения (включая погрешности измерительных средств); неоднородностью материала заготовки, нестабильностью ее размеров и жесткости.

Точность обработки характеризуется 19 качествами точности (01; 0; 1; 2; ...; 17). Чем меньше номер качества, тем выше точность обработки и качество обработанной поверхности. Поверхности, обработанные резанием, имеют чередующиеся выступы и впадины (для которых характерны малые высота и шаг), называемые микронеровностями, высотой которых и определяется шероховатость обработанной поверхности.

Точность и качество поверхности деталей зависит от метода их обработки (табл. 14).

Погрешности изготовления деталей делятся на три группы: 1) систематические постоянные (одинаковые для всей партии деталей и зависящие от точности изготовления и настройки системы СПИД); 2) систематические переменные (закономерно изменяющиеся по ходу технологического процесса и зависящие, например, от износа инструмента, нагрева системы СПИД и т. д.); 3) случайные (связанные с отклонениями размеров заготовок и ее механических свойств, нестабильностью работы элементов системы СПИД и т. д.).

Указанные погрешности обуславливают отклонение фактических размеров обработанной детали от теоретических. Действительным (фактическим) называется размер, установленный путем измерения детали с допускаемой погрешностью. Два разме-



# 14. Шероховатость поверхности и качества при различных видах обработки.

Вид обработки	Характер обработки	Шероховатость поверхности, мкм	Качество точности	
			экономический	достижимый
Фрезерование цилиндрической фрезой	Черновая	25—50	12—14	—
	Чистовая	3,2*—6,3	11(10)*	—
	Тонкая	1,6	8—9	6—7
Фрезерование торцовой фрезой	Черновая	6,3—12,5	12—14*	—
	Чистовая	3,2*—6,3	11	10
	Тонкая	0,8—1,6	8—9	6—7
Фрезерование скоростное	Черновая	3,2	12—14	11
	Чистовая	0,8—1,6	11—13	8—9
Сверление	До 15 мм	6,3—12,5*	12—14	10—11
	Свыше 15 мм	12,5—25*	12—14	10—11
Рассверливание	—	12,5—25*	12—14	10—11
	Черновая	12,5—25	12—15	—
Зенкерование	Чистовая	3,2*—6,3	10—11	8—9
	Черновая	50—100	15—17	—
Растачивание	Получистовая	12,5—25	12—14	—
	Чистовая	1,6*—3,2	8—9	7
	Тонкая (алмазная)	0,4—0,8	7	6
Скоростное растачивание	—	0,4—1,6	8	7
	Получистовая	6,3—12,5	9—10	8
	Чистовая	1,6*—3,2	7—8	—
Развертывание	Тонкая	0,4—0,8	7	6
	После сверления	0,4—1,6	8—9	7
	После растачивания	0,4—1,6	7	—
Калибрование отверстия шариком или оправкой	После развертывания	0,05—1,6	7	6
	Плашкой, метчиком	3,2—12,5*	6—8	—
	Фрезой	3,2*—6,3	8	—

\* Для чугуна.

ра, между которыми должен находиться действительный размер годной детали, называются предельно допускаемыми. Предельным отклонением называется алгебраическая разность между предельным допускаемым и номинальным размером. Номинальным называется размер, который служит началом отсчета отклонений и относительно которого определяются предельно допускаемые размеры.

Например, для отверстия  $\varnothing 100 \pm 0,17$  (рис. 66) верхний предельный размер 100,17 мм, а нижний предельный размер 99,83 мм. Разность между этими размерами называется (в дан-



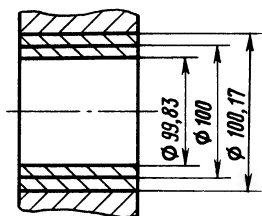


Рис. 66. Поле допусков отверстия диаметром 100 мм

ном случае 0,34 мм) полем допуска. Чем меньше номер качества точности, тем меньше поле допуска на данный размер. С увеличением номинального размера обрабатываемой детали поле допуска на размер (при одном и том же качестве точности) увеличивается.

Отклонение формы — это несоответствие формы реальной поверхности форме номинальной поверхности, заданной чертежом.

Плоские поверхности имеют четыре вида отклонения формы: 1) отклонение от плоскостности, 2) отклонение от прямолинейности, 3) выпуклость, 4) вогнутость. Допуск формы детали не должен превышать 25—60% допуска ее размера.

Цилиндрические поверхности имеют пять видов отклонений от формы: 1) отклонение от цилиндричности, 2) отклонение от круглости, 3) отклонение профиля продольного сечения, 4) отклонение от прямолинейности оси, 5) отклонение от прямолинейности образующей.

### Контрольные вопросы

1. Какими способами можно измерить размер отверстия?
2. Как отклонения фактических размеров от номинала?
3. Какими способами можно измерить размер отверстия?
4. Какими способами можно измерить глубину отверстия при растачивании?
5. Какими способами можно измерить диаметр отверстия?
6. Какими способами можно измерить диаметр отверстия на зубе фрезы?
7. Какими способами можно измерить диаметр отверстия?
8. Какими способами можно измерить диаметр отверстия?
9. Какими способами можно измерить диаметр отверстия?



## Глава III

### Обработка на фрезерных станках

#### § 21. Деталь и ее чертеж

Каждую корпусную деталь можно представить как совокупность взаимно связанных между собой элементарных поверхностей, выполняющих определенные функции. Такими элементарными поверхностями могут быть: плоскость, узел которой сопрягается с другим узлом; плоскость, на которую крепится крышка; торец, в который упираются крышки подшипников; калиброванное отверстие, в которое вставляется подшипник; резьбовое отверстие, куда ввинчивается болт и т. п. Элементарные поверхности должны быть обработаны с определенной точностью по размеру и форме и определенным образом сориентированы относительно других элементов детали. Требования по точности размеров и расположения элементов детали указываются в чертеже, который является основным документом для разработки технологического процесса.

Чертеж является графическим изображением на плоскости геометрического тела (детали). Любую объемную деталь можно изобразить в нескольких проекциях, число которых зависит от сложности детали и расположения ее элементов в пространстве. На рис. 145 показан чертеж корпуса редуктора, выполненный в четырех проекциях и двух сечениях.

#### Технические требования к детали «Корпус редуктора»

1. Требования к отливке — по ОСТ 2МТ21-2—76: отливке 2-го класса, группы а; вид отливки — легкая; наружные поверхности, не обозначенные

знаками шероховатости, должны соответствовать  $Rz \sqrt[20]{\quad}$ .

2. Класс точности отливки III по ГОСТ 1855—55.

3. Неуказанные литейные радиусы 5—8 мм.

4. После предварительной механической обработки деталь подвергнуть старению по РТМ2 МТ20-3—76.

5. Резервуар проверить на водонепроницаемость.

6. Овальность и конусность отв. *К*, *Л*, *З*, *И* не более 0,015 мм.

7. Перекос общих осей *М* и *Н* не более 0,021 мм.

8. Шероховатость поверхности фасок  $Rz \sqrt[40]{\quad}$ .



9. Покрытие механически необрабатываемых поверхностей: наружных — эмаль НЦ-246 фиштакковая; внутренних эмаль НЦ-132П красная.

10\*. Размеры для справок.

11\*\*. Обработать по сопрягаемой детали.

12. Неуказанные допуски по ОСТ 2 Н31-3—81.

Читать чертеж начинают со штампа (см. рис. 146), где указаны название детали (узла), номер чертежа, материал и масса детали, масштаб изображения. Затем по проекциям определяют габарит детали и точность изготовления ее основных элементов. Габарит и масса детали, точность изготовления ее элементов являются определяющими при выборе оборудования по типоразмеру и точности.

Затем изучают параметры плоских поверхностей: точность линейных размеров; шероховатость; точность геометрической формы и взаимного расположения. Все указанные сведения даны на проекциях детали и в технических требованиях на чертеж, написанных, как правило, над штампом чертежа.

На чертеже (см. рис. 146) указано, что плоскость  $\Gamma$  должна быть выдержана от плоскости  $D$  на расстоянии 220 мм с точностью  $\pm 0,2$  мм ( $220 \pm 0,2$ ). Параметр шероховатости поверхности плоскости  $\Gamma$   $Ra=2,5$  мкм. Поверхность должна быть перпендикулярна плоскости  $A$  с отклонением не более 0,04 мм

$\perp 0,04 A$ , суммарный допуск на параллельность поверхности  $D$  и плоскостности 0,07 мм  $\parallel 0,07 D$ , прямолинейность поверхности 0,01 на всей длине  $- 0,01$ . Так же определяются требования к плоскостям  $A, B, B, L$ .

Далее изучают параметры калиброванных отверстий, к которым относятся отверстия выше 8-го качества точности. В качестве примера рассмотрим отверстие на плоскости  $\Gamma$  диаметром 52 мм, 7-го качества точности с допуском на точность обработки 0,03 мм ( $\varnothing 52 H7^{+0,03}$ ), которое имеет параметр шероховатости поверхности  $Ra=1,25$  мкм. Согласно данным на чертеже отверстие имеет допуски на соосность с осью  $H$  0,02 мм  $\odot 0,02 H$  и

допуск на перпендикулярность к плоскости  $\Gamma$  0,05 мм  $\perp 0,05 \Gamma$ .

Согласно техническим требованиям на чертеже, перекося общих осей  $M$  и  $H$  не более 0,021 мм. Отверстия  $I$  и  $L$  находятся на расстоянии 120 мм от отверстий  $З$  и  $K$  и точность межцентрового расстояния соответствует  $\pm 0,05$  мм. Отверстия  $I, З, Л, К$  имеют фаски  $1 \times 45^\circ$ . Отверстия имеют параметр шероховатости  $Ra=1,25$  мкм.

К калиброванным отверстиям могут предъявляться и другие требования (см. отверстие  $Ж$  на плоскости  $B$ ): радиальное биеение отверстия  $\varnothing 80 H7$  относительно торца 0,01 мм  $\nearrow 0,01 B$  и отклонение пересечения оси отверстия  $Ж$  с общей осью  $M$  не более 0,06 мм  $\chi 0,06 M$ .



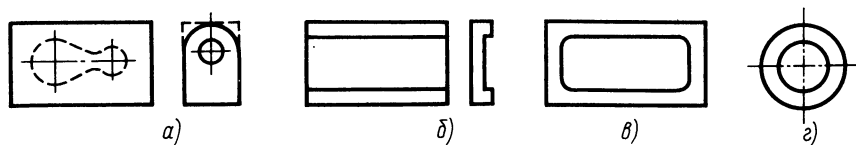


Рис. 67. Формы обрабатываемых поверхностей:

*а* — прямоугольная; *б* — в виде двух прямолинейных ленточек; *в* — замкнутая прямолинейная ленточка, *г* — кольцевая

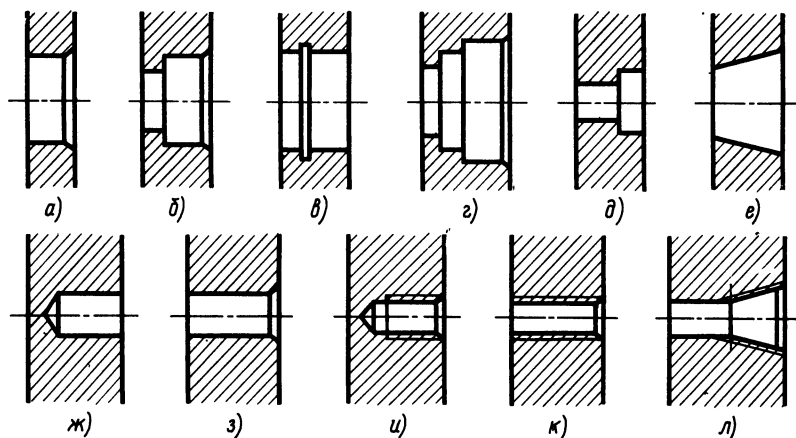


Рис. 68. Виды отверстий:

*а* — одноступенчатое; *б* — двухступенчатое; *в* — с канавкой; *г* — трехступенчатое; *д* — с цековкой; *е* — конусное; *ж* — глухое; *з* — сквозное с фаской; *и* — резьбовое глухое; *к* — резьбовое сквозное; *л* — с конической резьбой

На последнем этапе изучают параметры крепежных отверстий и остальных элементов детали.

К резьбовым отверстиям, расположенным на плоскости *Д*,

сделана следующая выноска  $\frac{8 \text{ отв. М8-7Н } 19 \times 14}{\begin{array}{|c|c|c|} \hline + & 0,16 & \text{НМ} \\ \hline \end{array}} 1,6 \times 45^\circ$ , которую сле-

дует читать: на плоскости *Д* имеется восемь резьбовых отверстий 7-го качества точности, которые по четыре равномерно расположены вокруг отверстий  $\varnothing 80\text{H7}$  и  $52\text{H7}$ ; отверстия под резьбу надо сверлить на глубину 19 мм и нарезать резьбу на глубину 14 мм; резьбовые отверстия должны иметь фаску  $1,6 \times 45^\circ$ ; позиционный допуск осей каждого из четырех отверстий 0,16 мм (допуск *М*, зависящий от качества изготовления отверстий *И*, *З*, *Л*, *К*); базой служат общие оси *М* и *Н*. Шероховатость поверхностей резьбовых отверстий  $R_z = 40$  мкм. Аналогичным методом определяются требования к другим крепежным отверстиям.

На последнем этапе определяют основные требования к остальным элементам детали. В данном конкретном случае это



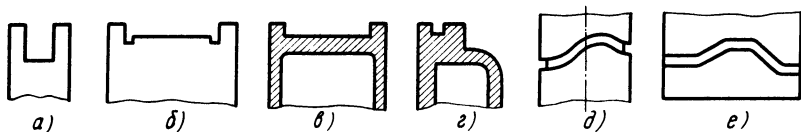


Рис. 69. Прорези, пазы, канавки:

*а* — глубокая; *б* — широкий паз с канавками в углах; *в* — то же, без канавок; *г* — канавка мелкая; *д* — фасонный замкнутый паз на цилиндрической поверхности; *е* — фасонный паз на плоской поверхности

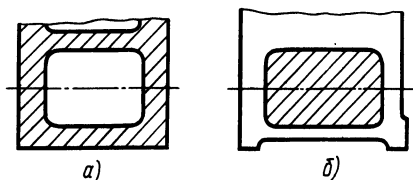


Рис. 70. Обрабатываемые контуры:  
*а* — внутренний; *б* — наружный

коническое сливное отверстие под сливную пробку и отверстие под глазок уровня.

Общие указания по детали даются в технических требованиях (данные о качестве отливки, требования к отдельным элементам детали, виды покрытия и особые требования).

Любая деталь может быть представлена как совокупность отдельных элементов (плоскостей, отверстий, пазов, выступов и т. д.), обработанных с определенной точностью по форме и взаимному расположению. Наиболее распространенные элементы деталей показаны на рис. 67—70.

## § 22. Обработка плоской поверхности

К плоской поверхности предъявляются требования по прямолинейности, плоскостности, точности расположения по отношению к базовой поверхности и шероховатости. Приблизительно точность обработанной плоскости проверяют, приложив к ней леккальную линейку и посмотрев на просвет. Чем больше просвет, тем больше отклонение от плоскостности и шероховатость поверхности.

Плоскость, как правило, обрабатывают торцовыми или цилиндрическими фрезами на фрезерно-расточных станках. Деталь базируют в тисках или с помощью специальных приспособлений так, чтобы обрабатываемая плоская поверхность была расположена горизонтально. Перед окончательной обработкой предварительно обработанную плоскость выравнивают с помощью индикатора; при этом стойку индикатора посредством магнитного основания закрепляют на колонне или шпиндельной бабке консольного вертикально-фрезерного станка, а стол с деталью перемещают в продольном и поперечном направлениях.

Методы обработки плоских поверхностей показаны на рис. 71.

На консольных горизонтально-фрезерных или широкоуниверсальных станках в качестве инструмента, как правило, используют цилиндрическую фрезу, закрепленную в оправке. Один



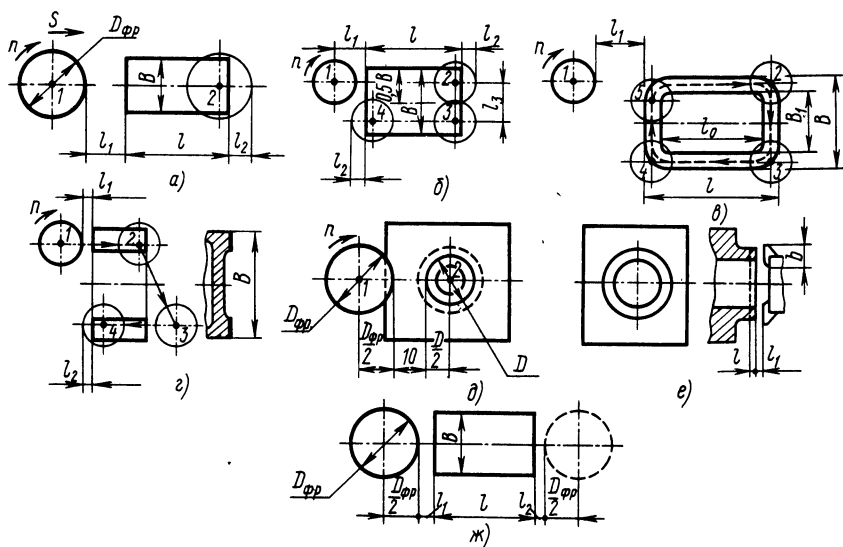


Рис. 71. Методы обработки плоских поверхностей:

а — черновая обработка торцевой фрезой за один ход; б — то же, за два хода; в — фрезерование замкнутого контура; г — последовательное фрезерование двух прямоугольных платиков; д — фрезерование кольцевого платика; е — обработка кольцевого платика расточной оправкой с двумя резцами; ж — чистовое фрезерование плоскостей за один ход

конец оправки устанавливают в шпинделе станка, а второй — в серье, смонтированной на хоботе станка.

Прямолинейность обработанной плоской поверхности зависит от точности перемещения стола и составляет (для станков нормальной точности) 0,01 мм на 300 мм хода. Отклонение от прямолинейности перемещения стола станка полностью переходит на обрабатываемую деталь. Отклонение от плоскостности зависит от компоновки станка, числа ходов, жесткости системы СПИД и т. д.

### § 23. Обработка взаимно перпендикулярных и параллельных поверхностей

При обработке нескольких взаимосвязанных плоскостей к ним предъявляются особые требования на параллельность и перпендикулярность. Поэтому надо строить так, чтобы взаимосвязанные поверхности обрабатывались за одну установку. Точность обработки сопряженных плоскостей во многом зависит от технологических возможностей станка и от метода обработки. В качестве примера рассмотрим обработку граней прямоугольной пластины (рис. 72) на вертикально-фрезерном станке.

Заготовкой пластины служит брусок размером  $110 \times 70 \times 45$  мм (рис. 73), вырезанный автогеном из стального листа



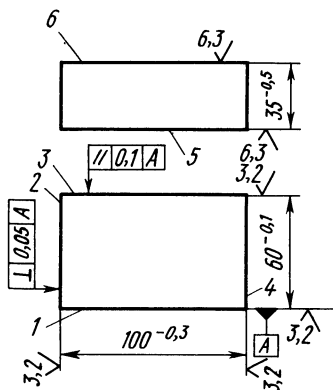


Рис. 72. Пластина:  
1—6 — грани

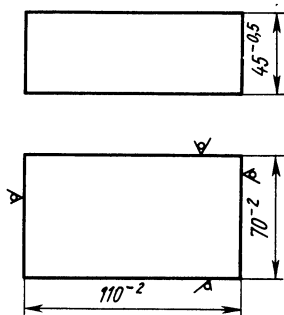


Рис. 73. Заготовка пластины

толщиной 45 мм; материал — конструкционная сталь (твёрдость НВ 270).

Заготовку обрабатывают на вертикально-фрезерном станке, где основными приспособлениями являются машинные тиски, размерные подкладки и прихваты.

Учитывая высокие требования к готовой детали по точности основных размеров и взаимного расположения плоскостей, принимаем такую последовательность обработки.

1. Устанавливаем заготовку в тисках (рис. 74) на размерную подкладку и предварительно зажимаем. Индикатором или рейс-масом (с точностью 0,5 мм) выверяем правильность установки заготовки по грани 5 (при необходимости выравниваем заготовку, постукивая медным молоточком по грани 5).

2. Торцевой твердосплавной фрезой ( $\varnothing 160$  мм;  $z=12$ ) за два хода (4 мм + 1 мм) обрабатываем грань 5 заготовки на глубину 5 мм при ширине фрезерования 110 мм (при этом усилия резания должны прижимать деталь к неподвижной губке тисков). Режимы обработок: при первом ходе — минутная подача  $S_m=192$  мм/мин, частота вращения фрезы  $n=160$  об/мин,  $v=80$  м/мин,  $S_z=0,1$  мм/зуб; при втором ходе —  $S_m=307$  мм/мин,  $v=160$  м/мин,  $S_z=0,06$  мм/зуб,  $n=320$  об/мин.

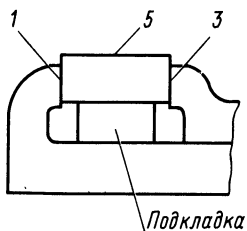


Рис. 74. Зажим заготовки  
в тисках

3. Устанавливаем заготовку обработанной плоскостью 5 на мерную подкладку и прижимаем (со стороны граней 2 и 4) двумя прихватами (рис. 75). Продольным ходом стола с помощью рейс-маса выставляем деталь по грани 1 с точностью 1 мм, после чего окончательно зажимаем заготовку.

4. Концевой быстрорежущей фрезой



( $\varnothing 50$  мм,  $z=6$ ) обрабатываем грани 1 и 3, оставив припуск (по 1 мм на сторону) на окончательную обработку. Режим обработки:  $S_m = 72$  мм/мин,  $n = 200$  об/мин,  $v = 33$  м/мин,  $S_z = 0,06$  мм/зуб.

5. Устанавливаем заготовку в тисках (плоскостью 6 вверх), базируя по обработанным граням 1 и 3, и выставляем ее по плоскости 5 (с точностью 0,05—0,1 мм) с помощью индикатора (с ценой делений 0,01 мм).

6. Торцевой твердосплавной фрезой за два хода (так же, как плоскость 5) обрабатываем плоскость 6; режимы резания те же, что при обработке плоскости 5. После первого хода измеряем толщину пластины и назначаем соответствующую глубину фрезерования, стремясь получить размер  $35^{+0,5}$  мм.

7. Устанавливаем заготовку обработанной плоскостью 6 на мерную подкладку и прижимаем двумя прихватами (см. рис. 75) со стороны граней 1 и 3. Поперечным ходом стола выставляем деталь по грани 1 с точностью 0,05—0,1 мм, после чего окончательно зажимаем заготовку.

8. Концевой твердосплавной фрезой ( $\varnothing 50$  мм,  $z=6$ ) обрабатываем грани 2 и 4 на глубину 5 мм за два хода (4 мм + 1 мм). Режим обработки: при первом проходе —  $S_m = 300$  мм/мин,  $n = 500$  об/мин,  $v = 80$  м/мин,  $S_z = 0,1$  мм/зуб; при втором ходе —  $S_m = 360$  мм/мин,  $n = 1000$  об/мин,  $v = 160$  м/мин,  $S_z = 0,06$  мм/зуб.

9. Поворачиваем заготовку на  $90^\circ$  и зажимаем ее (со стороны граней 2 и 4), выверяя по грани 2 с точностью 0,02 мм.

10. Окончательно обрабатываем грани 1 и 3 твердосплавной концевой фрезой ( $\varnothing 50$  мм). Режим обработки:  $S_m = 360$  мм/мин,  $n = 1000$  об/мин,  $v = 160$  м/мин,  $S_z = 0,06$  мм/зуб.

При обработке этой же пластины на консольном горизонтально-фрезерном станке можно полностью использовать описанную маршрутную технологию со следующими изменениями: на операциях 2 и 6 вместо торцовых фрез использовать цилиндрические фрезы; на операциях 4, 8 и 10 вместо концевых фрез диаметром 50 мм использовать торцовые фрезы ( $\varnothing 80$  мм), оснащенные ножами из твердого сплава T15K6.

Линейные размеры готовой пластины проверяют с помощью штангенциркуля (с ценой деления 0,05 мм).

Плоскостность поверхностей и параллельность смежных поверхностей контролируют на плите с помощью индикаторной стойки (рис. 76). Индикатор (на магнитной стойке) жестко устанавливают на плите и настраивают на размер детали. Затем

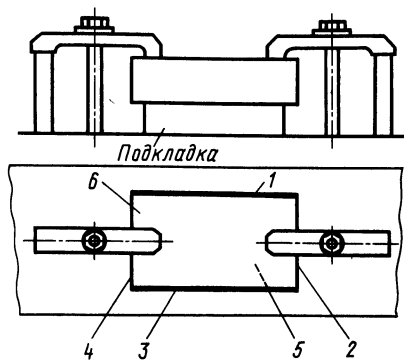


Рис. 75. Зажим заготовки прихватами



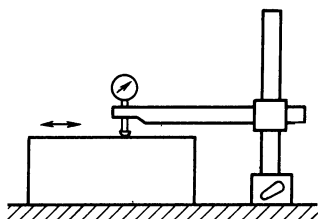


Рис. 76. Контроль плоскостности детали

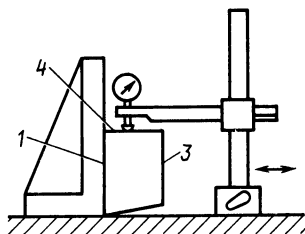


Рис. 77. Контроль перпендикулярности плоскостей

замеряют образующую плоскость в нескольких точках и строят (по показаниям индикатора) кривую отклонения размера по длине плоскости. При замере образующей деталь плотно прижимают к плите и проводят под ножкой индикатора, которая (с помощью пружины) постоянно поджимается к детали.

Перпендикулярность смежных плоскостей контролируют следующим образом (рис. 77): на контрольную плиту устанавливают точный измерительный угольник (с углом  $90^\circ$ ); обработанный брусок плоскостью 1 или 3 прижимают к вертикальной грани угольника; индикатор со стойкой перемещают по грани 4 в продольном направлении; нарастающие показания определяют отклонение от перпендикулярности двух смежных плоскостей.

Достижимая точность обработки плоскостей на фрезерных станках приведена в табл. 15.

**15. Точность обработки (мм) плоскостей на длине 300 мм на фрезерных станках**

Оборудование	Прямолинейность поверхности	Параллельность поверхности	Перпендикулярность поверхности
Консольный вертикально-фрезерный станок	0,03/0,02	0,04/0,025	0,06/0,04
Консольный вертикально-фрезерный станок с перебазировкой детали	0,08/0,05	0,10/0,08	0,12/0,1
Консольный горизонтально-фрезерный станок	0,03/0,02	0,04/0,025	0,05/0,03
Горизонтально-фрезерный станок с крестовым столом	0,025/0,016	0,025/0,016	0,03/0,02
Продольно-фрезерный станок	0,016/0,01	0,025/0,016	0,04/0,025

Примечание. В числителе указаны данные для станков класса точности Н, в знаменателе — класса точности П.



## **§ 24. Виды брака при обработке поверхностей, причины возникновения и методы его предупреждения**

При обработке отдельных или сопряженных поверхностей корпусных деталей могут быть следующие виды брака: недопустимая шероховатость обработанной поверхности; отклонение от плоскостности обработанной поверхности; отклонения от параллельности и перпендикулярности сопряженных плоскостей.

На шероховатость поверхности при фрезеровании влияют следующие факторы.

1. Режим обработки (скорости резания, подача на зуб, глубина резания и вид охлаждающей жидкости). Для уменьшения шероховатости обрабатываемой поверхности следует повышать скорость резания, уменьшать подачу на зуб и глубину резания.

2. Жесткость системы СПИД (станок — приспособление — инструмент — деталь). Для повышения жесткости системы СПИД необходимо: подтянуть зажимные винты приспособления; при гидравлическом или пневматическом зажиме детали проверить давление в сети; отрегулировать частоту вращения шпинделя, чтобы выйти из зоны резонансных колебаний; повысить жесткость зажима инструмента; удалить грязь из отверстия в шпинделе.

3. Настройка станка, точности геометрических параметров и степень износа зубьев фрезы. При обслуживании станка следует правильно установить поворотную фрезерную головку, уменьшить вспомогательный угол в плане на фрезе, улучшить качество заточки инструмента, контролировать качество режущих кромок инструмента и его износ.

4. Механические свойства материала режущего инструмента и материала заготовки. Необходимо проверять твердость заготовки (в нескольких точках), качество заточки инструмента и его твердость, своевременно изменять режимы резания (например, при наклепе).

Отклонение от плоскостности обработанной поверхности характеризуется выпуклостью, вогнутостью, волнистостью и зависит от наклона фрезы, деформации обрабатываемой детали, неудовлетворительного состояния направляющих (их повышенного износа или недостаточной затяжки клиньев и планок).

Отклонения от параллельности и перпендикулярности сопряженных плоскостей зависят от точности станка (если обе поверхности обработаны за одну установку); точности установки (выверки) детали в приспособлении (если сопряженные плоскости обрабатываются за несколько установок); качества выверки приспособления на станке; состояния базовых поверхностей (отсутствия грязи, стружки и др.).



## § 25. Фрезерование уступов, пазов и канавок

Методы обработки уступов призматической заготовки показаны на рис. 78, из которого видно, что два уступа кулачка можно обработать следующими способами: фрезерованием концевой фрезой на вертикально-фрезерном станке (рис. 78, а); фрезерованием торцевой фрезой на горизонтально-фрезерном станке (рис. 78, б); последовательным фрезерованием трехсторонней дисковой фрезой сначала одного, а затем другого уступа (рис. 78, в); одновременным фрезерованием двух уступов набором из двух трехсторонних фрез, установленных на оправке горизонтально-фрезерного станка (рис. 78, г); набором из трех фрез (рис. 78, д) (при этом одновременно с уступами обрабатывают и верхнюю площадку кулачка).

Призматическую заготовку 2 кулачка (рис. 79) зажимают в тисках (перемещением подвижной губки 3), предварительно установив ее на мерную подкладку 4. При обработке необходимо

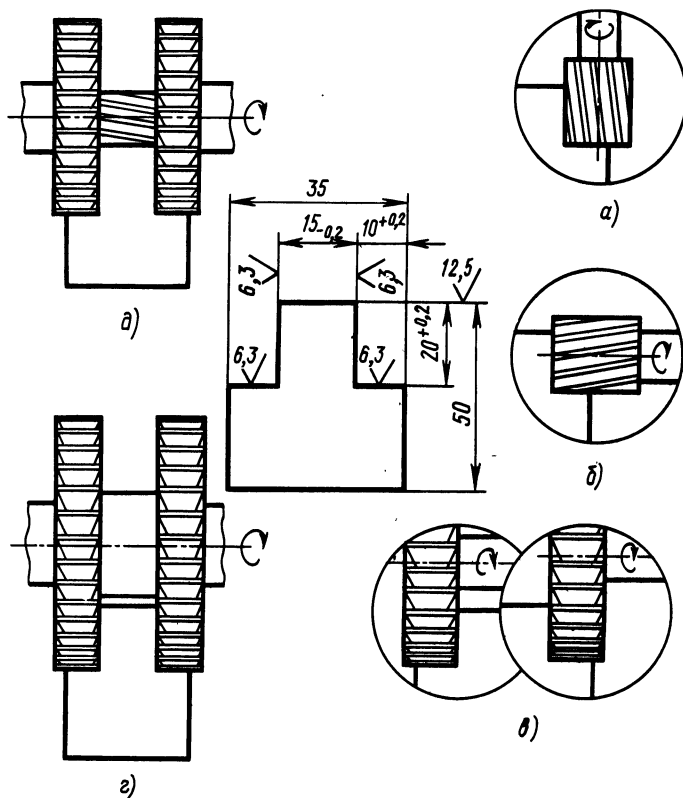


Рис. 78. Методы обработки уступов кулачка



стремиться, чтобы силы резания прижимали заготовку 2 к неподвижной губке 1 тисков, которая служит базой.

Рассмотрим метод обработки пазов на вертикально-фрезерном станке концевой твердосплавной фрезой  $\varnothing 40$  мм (число зубьев  $z=6$ ) за два хода, который является наиболее производительным при обработке пазов кулачка (см. рис. 78) при длине паза  $l=60$  мм.

На столе фрезерного станка устанавливают машинные тиски таким образом, чтобы плоскость губок была параллельна продольному ходу стола. Тиски закрепляют болтами через сухари, установленные в Т-образных пазах стола. Точность установки тисков проверяется индикатором, который крепится на фрезерной бабке и упирается в неподвижную губку тисков. При контроле точности установки тисков стол станка перемещают в продольном направлении. Перед установкой инструмента в шпиндель фрезерной головки концы шпинделя и оправки тщательно протирают технической салфеткой.

Перед установкой на станок концевую фрезу собирают на оправке и настраивают на размер (вне станка, на специальном приспособлении). Особенно точная настройка инструмента на размер необходима при работе на станках с ЧПУ, так как от этого зависит точность обработки.

Заготовку базируют в тисках (см. рис. 79) по ее длинной стороне с таким расчетом, чтобы верхняя грань заготовки выступала над тисками на 22—25 мм, для чего деталь устанавливают на подкладку 4. Затем заготовку поджимают к заранее выставленной неподвижной губке 1 тисков и к подкладке 4 и зажимают подвижной губкой 3. Как правило, подвижная губка 3 имеет большой зазор в паре винт—гайка, поэтому точность базирования определяется губкой 1.

Режим обработки выбирают в зависимости от свойств обрабатываемого материала, марки инструмента и припусков на обработку:  $S_z=0,08$  мм/зуб;  $v=120$  м/мин (что соответствует частоте вращения шпинделя 1000 об/мин при диаметре фрезы 40 мм). Тогда минутная подача  $S_m=S_zzn=0,08 \cdot 6 \cdot 100 = 480$  мм/мин.

Так как на станке ближайшая подача равна 500 мм/мин, то фактическая подача на зуб  $S_z=\frac{S_m}{zn}=\frac{500}{6 \cdot 1000}=0,083$  мм/зуб.

Таким образом, фактические параметры режима обработки следующие: инструмент — твердосплавная фреза  $\varnothing 40$  мм из твердого сплава Т15К6;  $v=120$  м/мин;  $n=1000$  об/мин;  $S_m=500$  мм/мин;  $S_z=0,083$  мм/зуб; применяемая СОЖ — эмульсия.

Обработку производят в такой последовательности (рис. 80).

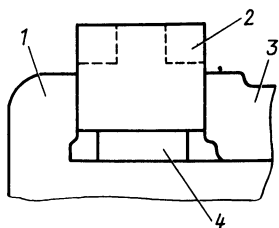


Рис. 79. Схема зажима призматической заготовки



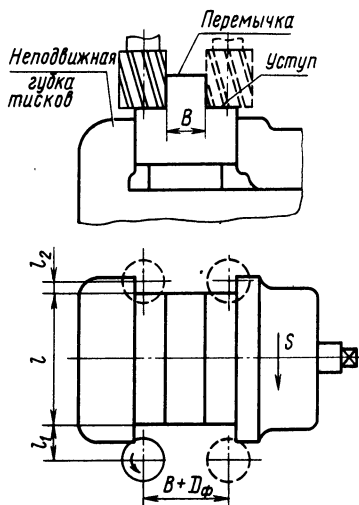


Рис. 80. Обработка пазов кулачка

1. Предварительно настроенную (вместе с оправкой) фрезу устанавливают в шпиндельную бабку станка и зажимают.

2. Заготовку (см. рис. 78) зажимают в тисках.

3. Устанавливают необходимую частоту вращения шпинделя и включают станок.

4. Вращающуюся фрезу вручную подводят до касания (периферией) с наибольшей стороной заготовки. Лимб поперечной подачи станка устанавливают на ноль и заготовку уводят вправо.

5. Заготовку (по лимбу) подают на фрезу на размер 10 мм, равный ширине уступа.

6. Вертикальной подачей заготовку опускают вниз так, чтобы она была ниже торца фрезы, а

затем подводят заготовку под фрезу.

7. Вручную (вертикальной подачей стола) заготовку поднимают и доводят до касания с вращающейся фрезой; лимб устанавливают на ноль.

8. Заготовку снова отводят вправо и затем поднимают на необходимый размер  $20^{+0,2}$  мм.

9. Вручную (продольной подачей стола) заготовку подводят к фрезе (с зазором 2—4 мм) и затем включают автоматическую продольную подачу.

10. После окончания резания и выхода центра фрезы за пределы заготовки на 1—3 мм заготовку (поперечной подачей) на быстром ходу выводят из зоны резания и перемещают в крайнее правое положение.

11. Поперечной подачей (по лимбу, от нулевой точки) заготовку перемещают на величину  $l = 10 + 15 + 40 = 65$  мм, где 10 мм — ширина уступа, 15 мм — ширина перемычки, 40 мм — диаметр фрезы.

12. Заготовку на быстром ходу подводят к фрезе (с зазором 2—4 мм) и включают рабочую подачу.

13. После окончания обработки деталь выводят из зоны резания и выключают станок.

14. Не снимая детали со стола станка, контролируют обработанные поверхности с помощью штангенциркуля (с ценой деления 0,05 мм).

Виды брака и методы его устранения.

1. Размер перемычки больше, а размер одного из уступов меньше чертежного. Необходимо точно измерить размер уступа, вычислить необходимую длину обработки, подвести заготовку



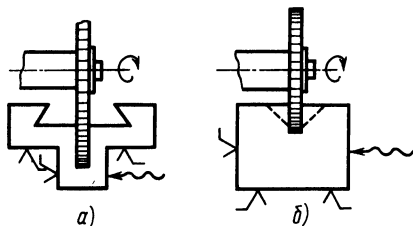


Рис. 81. Схемы обработки пазов:  
а — кулачка; б — призмы

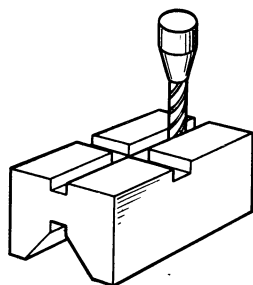


Рис. 82. Схема обработки  
шпоночных пазов

(со стороны меньшего уступа) до касания с фрезой, заметить положение лимба, перевести продольной подачей деталь в правое положение, по лимбу подать заготовку на необходимую величину и еще раз обработать грань со стороны меньшего уступа.

2. Вертикальный размер уступа меньше чертежного. Необходимо поднять деталь на величину разности размером и вторично обработать оба уступа.

3. Ширина перемычки меньше размера на чертеже. В этом случае брак неисправим.

В целях исключения брака и сокращения времени на обработку детали предварительные замеры заготовки необходимо производить при частичной ее обработке. Замеры можно производить только при выключенном станке.

**Обработка пазов и канавок.** Метод обработки и тип применяемого инструмента во многом зависят от формы и точности размеров обрабатываемых элементов. Пазы и канавки, к точности изготовления которых не предъявляются особо высокие требования, целесообразно обрабатывать дисковыми трехсторонними фрезами (рис. 81).

Точные шпоночные канавки, как правило, обрабатывают мерными шпоночными фрезами на вертикально-фрезерных станках (рис. 82).

При обработке точного шпоночного паза можно также использовать фрезу, диаметр которой меньше ширины паза. В этом случае фрезе наряду с вращением сообщают осциллирующее (колебательное) движение (амплитуда колебаний  $A = b - D_f$ , где  $b$  — ширина паза;  $D_f$  — диаметр фрезы).

Замкнутый паз обрабатывают двумя способами, описанными ниже.

Делают разметку паза согласно чертежу. Сверлом (диаметр которого на 1—2 мм меньше, чем ширина паза) сверлят сквозное отверстие на одном из краев паза (рис. 83, а). Затем фрезе, диаметр которой равен ширине паза, сообщают вертикальную подачу и разфрезеровывают отверстие (рис. 83, б). После того как фреза углубится на полную высоту паза, ей сообщается



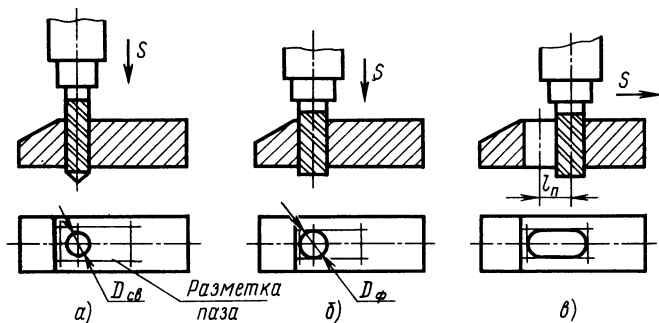


Рис. 83. Метод обработки паза:

а — сверление; б — фрезерование концевой фрезой с вертикальной подачей; в — фрезерование концевой фрезой с горизонтальной подачей фрезы

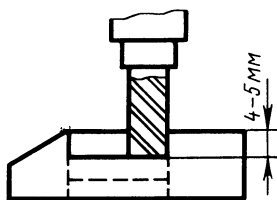


Рис. 84. Схема обработки паза за несколько ходов по глубине

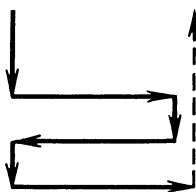


Рис. 85. Цикл работы при многопроходном фрезеровании

продольное перемещение (рис. 83, в) на величину  $l_n = L_n - D_{\phi}$ , где  $L_n$  — длина паза.

2. Шпоночный паз обрабатывают шпоночной фрезой за несколько ходов, используя вертикальную и продольную подачу фрезы (рис. 84 и 85).

## § 26. Фрезерование профильных пазов

Большое многообразие профильных пазов можно встретить в деталях общего машиностроительного применения. Наиболее часто применяются в деталях пазы Т-образные, типа «ласточкин хвост» и угловые (рис. 86).

Т-образные пазы, широко используемые в столах сверлильно-фрезерно-расточных станков, в основном служат для крепления приспособлений или непосредственно детали. Если паз одновременно служит для ориентации приспособления относительно узлов станка, то паз выполняют калиброванным. Т-образные пазы также широко применяются в плитах-спутниках и в технологической оснастке. Т-образные пазы в зависимости от требований к размеру прорези могут обрабатываться за три или четы-



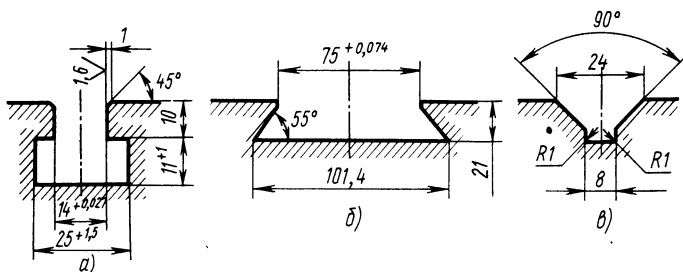


Рис. 86. Типы профильных пазов:  
а — Т-образный; б — типа «ласточкин хвост»; в — угловой

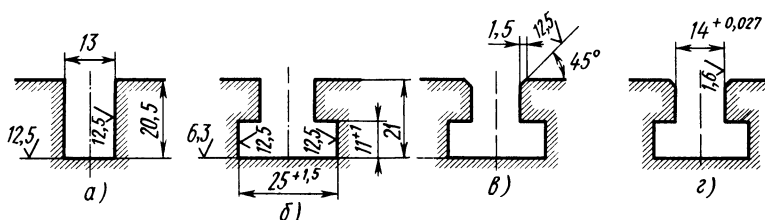


Рис. 87. Последовательность обработки Т-образного паза:  
а — фрезерование прямоугольного паза; б — фрезерование Т-образного паза,  
в — снятие фасок; г — чистовая обработка паза

ре перехода. Схема обработки Т-образного паза за четыре перехода показана на рис. 87.

Паз типа «ласточкин хвост», используемый, как правило, в качестве направляющих различных узлов станков или технологической оснастки, обрабатывают за два перехода: сначала изготавливают прямоугольный паз, а затем (специальной фрезой) — «ласточкин хвост» (рис. 88).

Угловые пазы, широко применяемые в направляющих различных узлов станков и в установочных призмах, обрабатывают, как правило, за два перехода (рис. 89).

В качестве примера рассмотрим технологический процесс обработки детали (рис. 90), имеющей следующие профильные

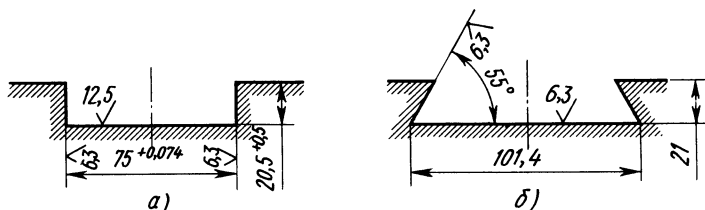


Рис. 88. Последовательность обработки паза типа «ласточкин хвост»:  
а — фрезерование прямоугольного паза; б — фрезерование скосов под углом 55°



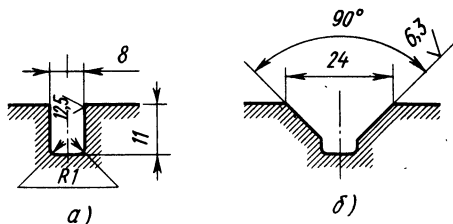


Рис. 89. Последовательность обработки углового паза:

а — фрезерование прямоугольного паза; б — фрезерование углового паза

пазы: два Т-образных, один угловой и один типа «ласточкин хвост». Операции этого техпроцесса и их последовательность приведены ниже.

1. Фрезерование поочередно четырех граней бруска. Заготовку зажимают в тисках по длинной грани, выверяют по верхней плоскости и снимают припуск 2 мм. Затем заготовку поворачи-

вают на  $90^\circ$  (обработанной гранью к неподвижной губке тисков). Снова выставляют, зажимают и снимают припуск 2 мм со второй грани. После второго перехода заготовку снова поворачивают на  $90^\circ$  (обработанной гранью к неподвижной губке тисков); второй обработанной гранью прижимают к мерной плитке и зажимают. Предварительно снимают припуск 1,5 мм, затем полученный размер заготовки замеряют, сравнивают с чертежным размером, определяют оставшийся припуск, который снимают вторым ходом фрезы. Заготовку снова поворачивают на  $90^\circ$  и

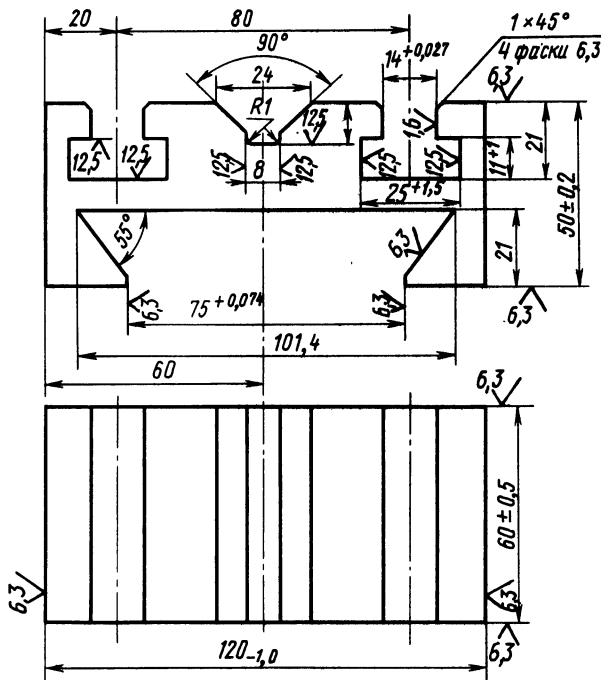


Рис. 90. Деталь с профильными пазами



аналогичным образом обрабатывают четвертую последнюю грань детали.

Обработку производят на вертикально-фрезерном станке торцевой фрезой, оснащенной пластинами из твердого сплава Т15К6, ( $\varnothing 160$  мм,  $z=10$ ). Режимы обработки:  $S_z=0,15$  мм/зуб;  $v=110$  м/мин.

2. Фрезерование двух торцов также производят в тисках; припуск на каждую сторону по 4 мм.

3. Обработка двух Т-образных пазов на универсальном горизонтально-фрезерном станке. Заготовку зажимают (по длинной грани) в тисках, предварительно прижав ее к мерной подставке. В шпиндель фрезерной головки устанавливают дисковую трехстороннюю быстрорежущую фрезу (диаметр 100 мм, ширина 14 мм,  $z=20$ ). Заготовку (ближним к фрезе торцом) подводят до касания с фрезой и лимб поперечной подачи устанавливают на ноль. Опустив стол станка (с таким расчетом, чтобы фреза вышла за пределы заготовки), поперечной подачей стола смещают заготовку в сторону фрезы на расстояние  $l=20$  мм + 7 мм = 27 мм, где 7 мм — половина ширины фрезы, 20 мм — расстояние центра фрезы до ближайшего паза.

После этого фрезу (периферийной частью) доводят до касания с гранью заготовки, отводят фрезу за пределы заготовки и вертикальной подачей (по лимбу) поднимают стол на 20,5 мм. Продольной подачей стола производят обработку первого Т-образного паза. Второй паз обрабатывают, предварительно передвинув заготовку на 80 мм — величину расстояния между центрами пазов. Режим обработки:  $S_z=0,08$  мм/зуб;  $v=22$  м/мин.

4. Обработка углового паза. Первый переход обработки, состоящий из прорезки паза  $8 \times 11$  мм, производят трехсторонней фрезой  $\varnothing 100$  мм. Режим обработки:  $S_z=0,08$  мм/зуб;  $v=22$  м/мин.

Угловые канавки (согласно чертежу) обрабатывают симметричной двухугловой фрезой (угол при вершине  $90^\circ$ , размеры  $75 \times 30 \times 27$  мм, материал — быстрорежущая сталь Р6М5). Установив фрезу (приблизительно по центру паза) у одного из торцов заготовки, делают небольшое предварительное врезание, чтобы проверить симметричность установки фрезы относительно паза (рис. 91). По отпечатку фрезы измеряют размеры  $a_1$  и  $a_2$  и по лимбу корректируют положение фрезы в поперечном направлении на величину  $\Delta=(a_2-a_1)/2$ .

При предварительном врезании необходимо, чтобы центр фрезы был над деталью. Тогда, измерив на торце заготовки размер  $K$ , рассчитывают вертикальную подачу заготовки  $\Delta_1=(24-K)/2$ . Режим обработки:  $S_z=0,07$  мм/зуб;  $v=20$  м/мин.

5. Обработка паза типа «ласточкин хвост». Полную обработку производят за два перехода.

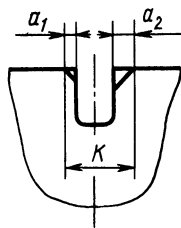


Рис. 91. Метод установки угловой фрезы



Установка заготовки аналогична установке при обработке в предыдущих случаях. На первом переходе за два хода твердосплавной концевой фрезой  $\varnothing 50$  мм обрабатывают паз  $75 \times 20,5$  мм, а на втором переходе (специальной фрезой 101,4 мм) — профильный паз. Режим резания:  $S_z = 0,06$  мм/зуб;  $v = 80$  м/мин (для концевой фрезы);  $S_z = 0,05$  мм/зуб;  $v = 20$  м/мин (для специальной фрезы).

6. Обработку широкой части Т-образного паза также производят на вертикально-фрезерном станке. Инструмент — фреза  $\varnothing 25$  мм с напаянными твердосплавными пластинами. Установку фрезы по центру паза производят аналогично установке при обработке углового паза. Режим обработки:  $S_z = 0,06$  мм/зуб;  $v = 80$  м/мин.

7. Острые кромки притупить. При фрезеровании на выходе фрезы всегда образуются заусенцы, которыми легко поранить руки. Поэтому на обработанной детали снимают заусенцы и притупляют острые кромки.

## § 27. Отрезные и прорезные работы

Отрезные и прорезные работы выполняют отрезными и прорезными фрезами (рис. 92) из быстрорежущей стали, которые в отличие от дисковых фрез имеют небольшую ширину и режущие кромки только на цилиндрической части. Поэтому для уменьшения трения о стенки заготовки прорезные фрезы выполняют с утонением к центру фрезы под углом  $4^\circ$ . Диаметр фрезы и форму зуба (мелкий или нормальный) выбирают в зависимости от вида работ. Фрезы с мелким зубом применяют при малой глубине резания и невысокой прочности обрабатываемого материала.

Прорезка пазов дисковой фрезой показана на рис. 93. При обработке глубоких пазов целесообразно применять дисковые трехсторонние фрезы, стойкость которых выше.

Для отрезных работ используют фрезы с крупным зубом, стойкость которых повышают путем создания переходных режу-

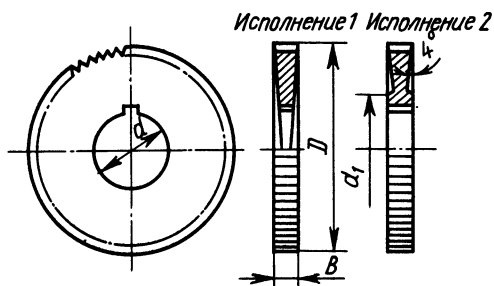


Рис. 92. Прорезная фреза

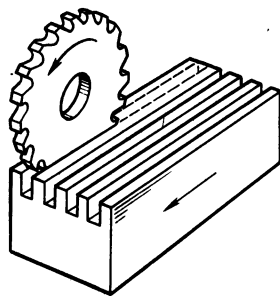


Рис. 93. Прорезка пазов дисковой фрезой



ших кромок под углом  $45^\circ$ . На фрезерных станках разрезают, как правило, сортовой прокат (уголок, швеллер и т. д.).

Схемы зажима (в тисках с призматическими губками) проката различного профиля показаны на рис. 94—97.

Рассмотрим следующий пример: требуется отрезать (на горизонтально-фрезерном станке) 10 деталей длиной  $80^{+0,8}$  мм; заготовка — стальной уголок размерами  $60 \times 60$  мм. Одновременно обрабатываем два уголка длиной  $L = 5l + 4B = 400 + 10 = 410$  мм, где  $l = 80$  мм — длина детали,  $B = 2,5$  мм — ширина фрезы. Поскольку глубина резания примерно 85 мм, выбираем фрезу диаметром 250 мм (диаметр отверстия 32 мм; ширина фрезы 2,5 мм;  $z = 80$ ).

Устанавливаем на столе станка машинные тиски с призматическими губками и закрепляем две заготовки длиной 410 мм (см. схему на рис. 96). Между заготовками ставим прокладку из прутка диаметром 70—80 и длиной 100 мм. Необходимо, чтобы линия разреза находилась бы как можно ближе к торцу

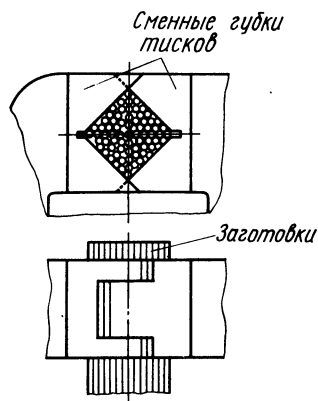


Рис. 94. Схема зажима тонких прутков

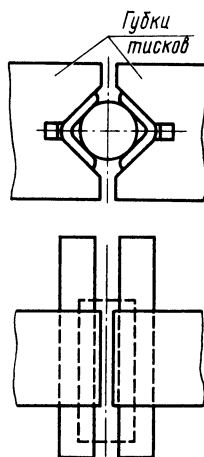


Рис. 96. Схема зажима двух швеллеров

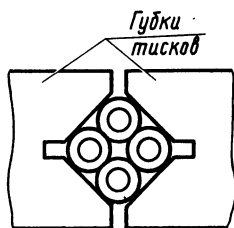


Рис. 95. Схема зажима труб малого диаметра

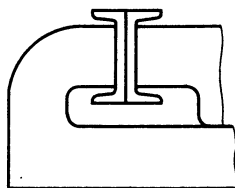


Рис. 97. Схема зажима двух уголков



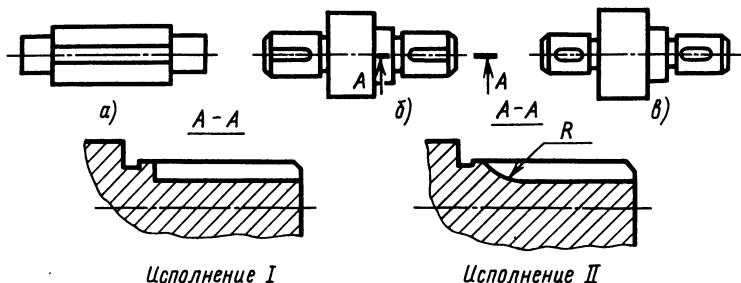


Рис. 98. Типы шпоночных пазов:  
а — открытый; б — полузакрытый; в — закрытый

губок тисков. Установка инструмента аналогична установке дисковых фрез.

Скорость резания (быстрорежущей фрезой) принимаем 40—50 м/мин, подачу —  $S_z = 0,03$  мм/зуб. Тогда частота вращения шпинделя  $n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 45}{3,14 \cdot 250} = 60$  об/мин, а минутная подача  $S_m = S_z z n = 0,03 \cdot 80 \cdot 60 = 144$  мм/мин.

## § 28. Обработка шпоночных пазов и лысок

Шпоночные пазы на валах бывают трех типов: 1) открытые (рис. 98, а) — обрабатываются дисковыми фрезами на горизонтально-фрезерных станках; 2) закрытые (рис. 98. б) — обрабатываются концевыми (шпоночными) фрезами на вертикально-фрезерных станках или на специальных станках; 3) полузакрытые (рис. 98, в) — обрабатываются дисковыми (паз исполнения I) или шпоночными (паз исполнения II) фрезами.

При обработке открытых шпоночных пазов ширину фрезы принимают равной ширине паза. При установке фрезы следует проследить, чтобы ее торцовое биение не превышало 0,05 мм. Заготовку закрепляют в машинных тисках. Для предохранения вала от смятия применяют медные накладки. Вал зажимают таким образом, чтобы один из его концов выступал за пределы тисков, что необходимо для точной установки фрезы. Чтобы обеспечить параллельность шпоночного паза и оси вала, предварительно проверяют параллельность губок тисков продольному ходу стола станка.

Дисковую фрезу устанавливают по центру вала следующим образом: свисающий конец вала подводят до касания с боковой гранью фрезы (при этом фрезу слегка проворачивают); лимб поперечной подачи устанавливают на ноль; стол с деталью опускают вниз и перемещают в поперечном направлении на величину  $l = d/2 + B/2$ , где  $d$  — диаметр вала,  $B$  — ширина фрезы.

На глубину паза станок также настраивают методом касания,



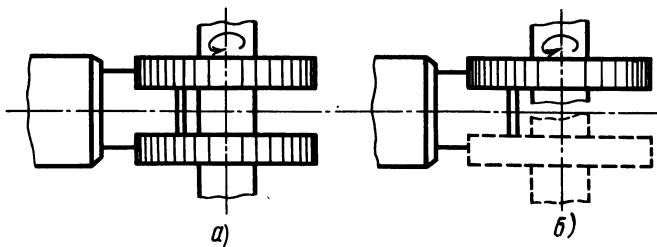


Рис. 99. Обработка лысок двумя двусторонними дисковыми фрезами (а) и одной трехсторонней дисковой фрезой (б)

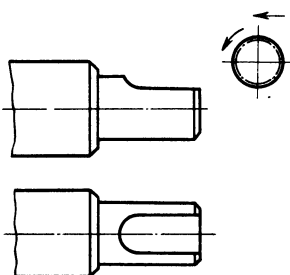


Рис. 100. Обработка лысок концевой фрезой

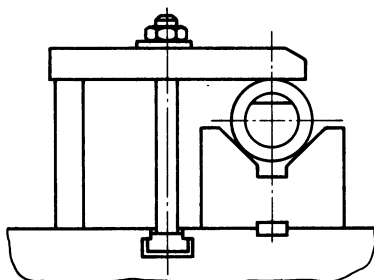


Рис. 101. Схема зажима вала

при этом учитывая, что касание фрезы с деталью происходит в точке, внимательно следят за началом момента касания. Затем назначают режим резания (например, для фрезы  $\varnothing 16$  мм  $S_z = 0,04$  мм/зуб,  $v = 35$  м/мин).

Закрытые шпоночные пазы обрабатывают концевыми шпоночными фрезами; настройку фрезы по центру детали и на глубину паза также производят методом касания.

Схемы обработки лысок на валах дисковыми и концевыми фрезами показаны соответственно на рис. 99 и 100.

Схема зажима вала при обработке лыски концевой фрезой показана на рис. 101.

## § 29. Обработка фасонных и криволинейных поверхностей

В машиностроении часто встречаются детали типа кулачков (рис. 102, а), вилок (рис. 102, б), планок (рис. 102, в), эксцентров (рис. 102, г), прихватов (рис. 102, д), упоров (рис. 102, е), кулачков закрытой формы (рис. 102, ж) и др., контуры которых получаются путем сопряжения дуг окружностей, прямых и кривых линий.

Фасонные и криволинейные поверхности этих деталей с определенной точностью можно обработать на вертикально-фрезер-



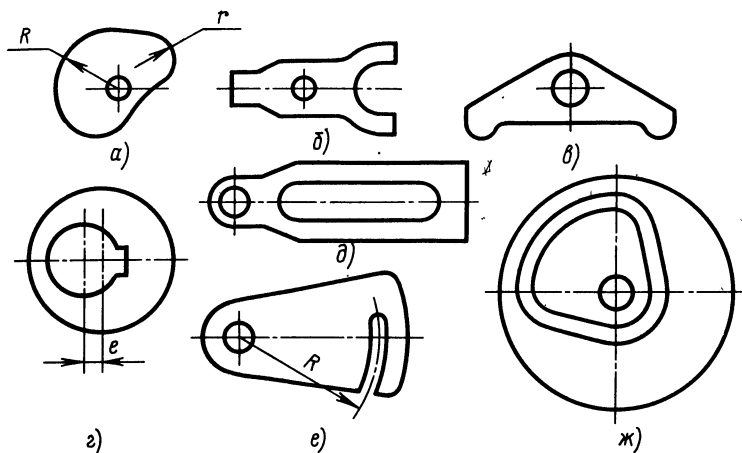


Рис. 102. Детали с фасонными и криволинейными поверхностями

ных станках (по разметке, комбинируя ручную продольную и поперечную подачи, или по разметке, используя круглый поворотный стол). Точная доводка кулачков после фрезерования производится с помощью лекал.

Для примера рассмотрим фрезерование криволинейного контура прихвата, чертеж которого показан на рис. 103.

В качестве заготовки (рис. 104) принимаем планку размерами  $150 \times 50 \times 15$  из стали 45 с предварительно просверленными отверстиями диаметром 12 и 18 мм. Для получения готовой детали необходимо обработать наружный криволинейный контур и профрезеровать паз шириной 20 и длиной 70 мм. В соответствии с чертежом размещаем заготовку (см. пунктирные линии на рис. 104).

Из чертежа (см. рис. 103) видно, что деталь имеет закрытый паз шириной 20 мм и вогнутый переход на наружном контуре радиусом 25 мм. Для возможности обработки этих двух поверхностей одним инструментом выбираем концевую удлиненную фрезу  $\varnothing 20$  мм с коническим хвостовиком, оснащенную винтовыми твер-

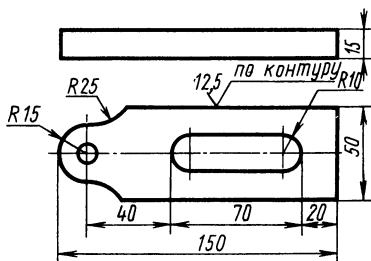


Рис. 103. Чертеж прихвата

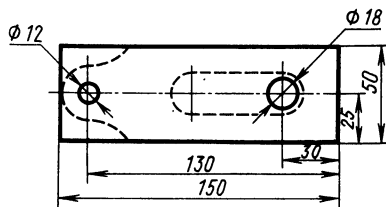


Рис. 104. Чертеж заготовки прихвата



досплавными пластинами ( $z=4$ ; длина режущей части зуба 21 мм).

Заготовку крепят непосредственно на столе вертикально-фрезерного станка с помощью прихватов (рис. 105). Чтобы при обработке фреза не касалась стола, под заготовку устанавливают подкладку толщиной 10—15 мм. Подкладку и прихваты располагают так, чтобы при обработке криволинейного профиля они не касались детали. При установке необходимо следить, чтобы стружка и грязь не попадали под сопрягающиеся поверхности стола, подкладки и детали.

Так как часть криволинейной поверхности имеет радиус 15 мм (см. рис. 103), то деталь устанавливают на круглый поворотный стол с центрированием по отверстию  $\varnothing 12$  мм.

Для обработки детали из стали 45 (твердостью НВ 170—229) твердосплавной фрезой из сплава Т15К6 выбирают (по справочнику) подачу на  $S_z=0,03$  мм/зуб и скорость резания  $v=70$  м/мин. Тогда частота вращения шпинделя

$$n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 70}{3,14 \cdot 20} = 1110 \text{ об/мин.}$$

Согласно паспорту станка принимают  $n=1000$  об/мин, после чего рассчитывают минутную подачу  $S_m = S_z z n = 0,03 \cdot 4 \times 1000 = 120$  мм/мин.

Из двух паспортных подач, ближайших к расчетной (100 и 125 м/мин), выбираем подачу 125 м/мин. Тогда фактические скорость резания и подача на зуб соответственно составят:

$$v = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 20 \cdot 1000}{1000} = 62,8 \text{ м/мин;}$$

$$S_z = \frac{S_m}{Zn} = \frac{125}{4 \cdot 1000} =$$

$$= 0,031 \text{ мм/зуб.}$$

При фрезеровании контура припуск снимают за несколько ходов (рис. 106) при глубине резания не более 5 мм (подача ручная). В результате послойного съема металла на криволинейной поверхности остаются уступы, которые сфрезеровывают при зачистном ходе по контуру (подача ручная — одновременно в двух направлениях).

Криволинейную поверхность радиусом 15 мм более точно можно обработать, ис-

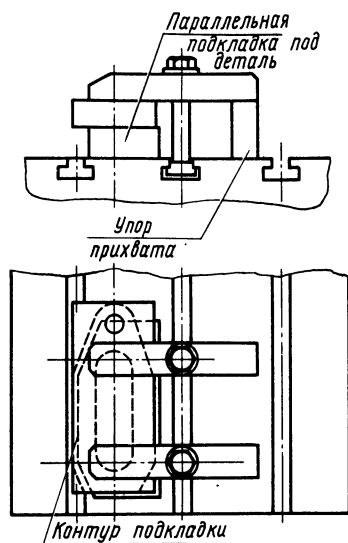


Рис. 105. Крепление заготовки прихвата на станке

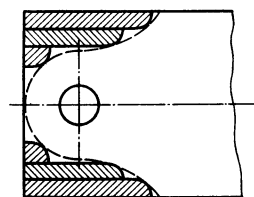


Рис. 106. Фрезерование криволинейного контура прихвата



пользуя круглый поворотный стол. В этом случае заготовку отверстием  $\varnothing 12$  мм базируют на палец, установленный в центральном отверстии круглого стола. Фрезу подводят к центру отверстия на расстояние 15 мм и поворотом стола на  $180^\circ$  производят окончательную обработку криволинейного участка радиусом 15 мм.

При описанном методе качество и точность обработки во многом зависят от квалификации рабочего.

Среди машиностроительных деталей многие имеют угловой или фасонный профили самой различной конфигурации, для обработки которых служат нормализованные или специальные фасонные дисковые фрезы: одноугловые (рис. 107, а); двухугловые (рис. 107, б); для обработки полукруглых выступов и пазов (рис. 107, в, г); для обработки специальных фасонных поверхностей (рис. 107, д); для предварительного фрезерования зубьев конических колес (рис. 107, е) и др.

При фрезеровании углеродистых и легированных сталей и чугуна применяют фрезы из быстрорежущей стали марок Р12, Р6М3, Р6М5 (твердость HRC 62—65); при фрезеровании труднообрабатываемых материалов — фрезы из быстрорежущей стали

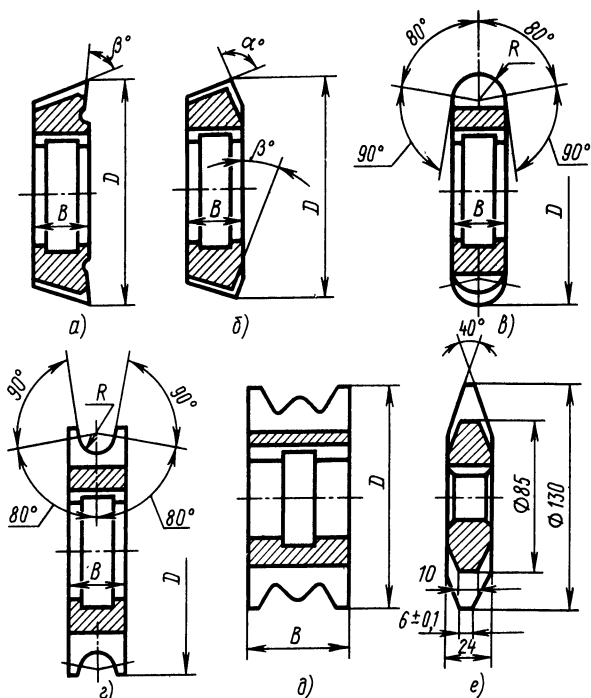


Рис. 107. Типы фасонных фрез



повышенной производительности марок P9K10, P12Ф4, P9M4K8Ф, P6M5K5 (твердость HRC 63—67).

Скорость резания при фасонном фрезеровании на 30—35% меньше, чем при обработке дисковыми трехсторонними фрезами.

### **§ 30. Обработка сложных поверхностей на копировально-фрезерных станках и станках с ЧПУ**

В современных машинах, таких, как самолеты, турбины, корабли, автомобили, металлорежущие станки и др., все большее распространение получают детали сложной формы: лонжероны и фюзеляжи самолетов, роторы газовых и паровых турбин, кулачки различных механизмов; шаблоны точной измерительной техники, фасонные паунсоны и матрицы штампов, пресс-формы, металлические модели для точного литья. Изготавливать эти детали (рис. 108), имеющие сложные криволинейные поверхности, целесообразно на фрезерно-копировальных станках или станках с ЧПУ, поскольку использование в этом случае универсальных станков (обработка по разметке и последующая доводка по лекалам) является малоэффективным (непроизводительно и дорого).

На фрезерно-копировальных станках информация о геометрических параметрах детали задается копиром, а управление механизмами станка осуществляется рабочим; на станках с ЧПУ информация о геометрии детали хранится в заранее записанной (на перфоленте или любом другом программоносителе) управляющей программе, а механизмы станка управляются от устройства ЧПУ.

Схема прямого копирования показана на рис. 109. На стол 1 устанавливают деталь 2 и копир 7. К последнему под действием пружины 5 через фрезерную головку 4 постоянно поджимается щуп 6. При продольном перемещении стола 1 щуп 6 постоянно отслеживает форму копира и соответственно отжимает шпиндельную головку. Фреза 3, установленная на фрезерной головке, перемещается вместе с ней и таким образом деталь и копир вме-

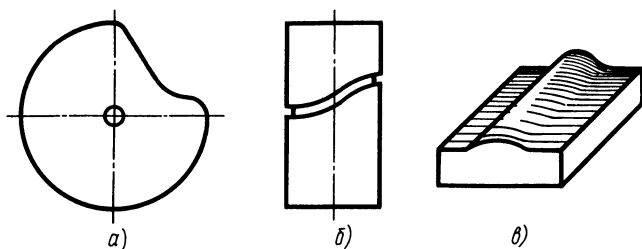


Рис. 108. Детали со сложным криволинейным профилем:  
а — плоский кулачок; б — объемный кулачок; в — паунсон



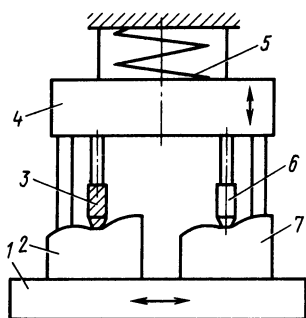


Рис. 109. Схема прямого копирования

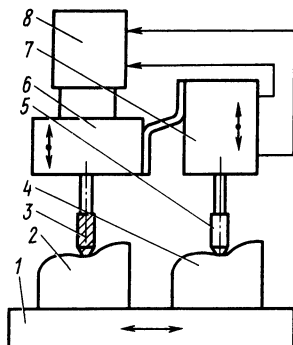


Рис. 110. Схема непрямого копирования:

1 — стол; 2 — деталь; 3 — фреза; 4 — копир; 5 — щуп; 6 — фрезерная головка; 7 — копировально-измерительное устройство; 8 — усилитель

сте перемещаются относительно шпиндельной головки в продольном направлении, а щуп и фреза совместно перемещаются относительно стола в вертикальном направлении. В результате получают деталь, форма которой идентична форме копира.

Копировальные станки с механическим управлением просты по устройству и обеспечивают высокую точность обработки. Недостатком этих станков является то, что давление пружины всегда должно быть больше вертикальной составляющей силы резания. Поэтому, когда фреза снимает малый припуск или вообще перестает резать, всю силу пружины воспринимает щуп, что приводит к интенсивному износу щупа и копира.

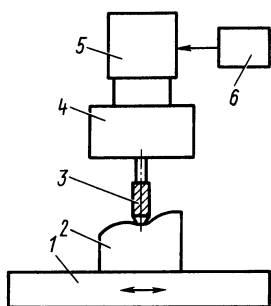


Рис. 111. Обработка сложной криволинейной поверхности на станке с ЧПУ:

1 — стол; 2 — деталь; 3 — фреза; 4 — фрезерная головка; 5 — усилитель; 6 — устройство

Чтобы уменьшить износ, применяют станки, работающие по методу непрямого копирования, схема которого показана на рис. 110. Щуп 5 взаимодействует с фрезерной головкой через копировально-измерительное 7 и исполнительное устройство с усилителем 8.

По способу управления копировально-измерительные устройства подразделяются на электрические, гидравлические и пневматические. При методе непрямого копирования усилие, действующее на щуп, составляет 0,2—5 Н. В качестве исполнительных устройств, используют передачи винт — гайка качения, гидро- и пневмоцилиндры. Копировально-фрезерные станки обеспечивают точность контурной обработки  $\pm 0,02$  мм



В станках с ЧПУ копии вообще отсутствуют, приводы перемещения узлов станка получают информацию от управляющей программы через специальные устройства 10 (рис. 111). В качестве программносителя, как правило, используют перфоленту. Специальными устройствами являются: фотосчитывающее устройство; блок команд, где информация от перфоленты расшифровывается и преобразуется в управляющие сигналы; усилитель, где сигналы усиливаются до мощности, достаточной для управления приводом. Станки с ЧПУ позволяют изготавливать детали сложной формы без копиров, однако при этом требуются затраты на подготовку управляющей программы. Все это необходимо учитывать при расчете эффективности обработки каждым методом. Чем сложнее форма детали и меньше ее серийность, тем выгодней обработка на станках с ЧПУ.

### § 31. Кинематические схемы универсальных делительных головок и способы деления

Универсальные делительные головки предназначены для поворота на определенный угол обрабатываемой заготовки вокруг оси (при обработке зубьев, шлицев, пазов и др.) и для непрерывного вращения заготовки, согласованного с продольной подачей стола при нарезании винтовых канавок.

На рис. 112, а показана схема обработки детали с использованием делительной головки. Заготовку 1 устанавливают на оправку

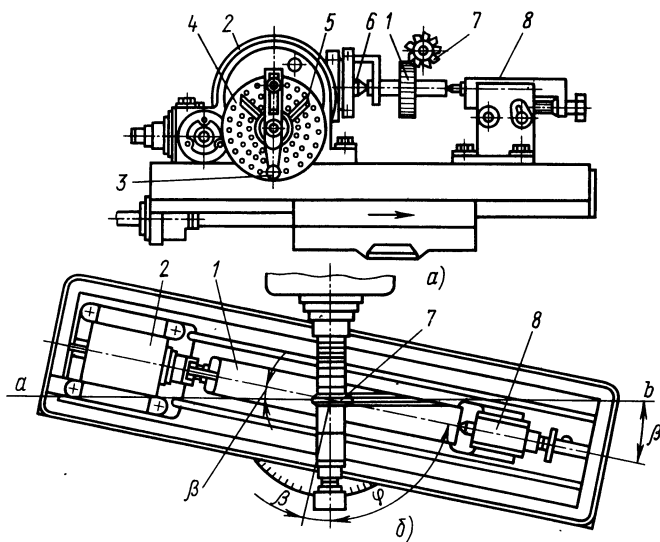


Рис. 112. Схемы обработки деталей в делительных головках



ке в центрах шпинделя делительной головки и задней бабки 8. Модульная дисковая фреза 7 получает вращение, а стол — продольную подачу. После каждого периодического деления заготовки обрабатывается впадина зубчатого колеса (заготовки) между двумя соседними зубьями. Столу сообщается рабочая подача, а после обработки впадины — ускоренное перемещение в обратном направлении для возврата в исходное положение. Цикл движений повторяется до полной обработки зубьев колеса.

Рабочая позиция устанавливается и фиксируется при вращении шпинделя 6 рукояткой 3 по делительному диску 4 с лимбом. Рукоятка 3 фиксируется пружинным устройством при его заходе в соответствующее отверстие делительного диска, на котором концентрично расположены (с двух сторон) по 11 окружностей с числами отверстий: 25, 25, 28, 30, 34, 37, 38, 39, 41, 42, 43 и 44, 47, 49, 51, 53, 54, 57, 58, 59, 62, 66.

Универсальные делительные головки подразделяются на лимбовые (рис. 113, а, б, в) и безлимбовые (рис. 113, г). Вращение рукоятки 1 относительно лимба 2 передается (через зубчатые колеса и червячную пару) шпинделю.

Способы настройки кинематических цепей универсальных делительных головок для непосредственного, простого и дифференциального деления, описаны ниже.

**Непосредственное деление** обеспечивается, если на шпинделе установлен делительный диск с 30 равномерно расположенными отверстиями. Диск поворачивают рукояткой и производят деление окружности на 2, 3, 4, 5, 6, 15 и 30 частей. При изготовлении специального делительного диска может быть произведено деление и на неравные части.

**Простое деление** (см. рис. 112, а) на  $z$  равных частей производят при  $n_p$  оборотов рукоятки относительно неподвижного диска. Уравнение кинематической цепи от оси рукоятки до оси шпинделя имеет вид  $\frac{1}{z} = n_p \cdot \frac{z_5}{z_6} \cdot \frac{z_7}{z_8}$ , где  $\frac{z_5}{z_6} \cdot \frac{z_7}{z_8} = \frac{1}{N}$  ( $N$  — характеристика головки, обычно 40). Тогда  $\frac{1}{z} = n_p \cdot \frac{1}{N}$ , откуда

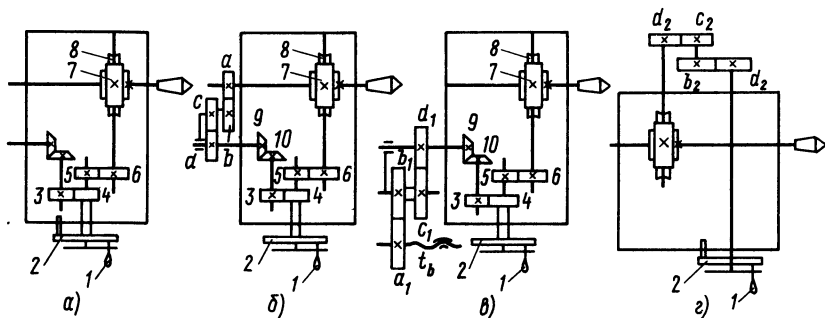


Рис. 113. Кинематические схемы универсальных делительных головок



$n_p = \frac{N}{z} = \frac{A}{B}$ , где  $B$  — число отверстий на одной из окружностей делительного диска,  $A$  — число отверстий, на которые нужно повернуть рукоятку.

Раздвижной сектор 5 (см. рис. 112, а) состоящий из двух радиальных линеек, раздвигают на угол, соответствующий числу отверстий  $A$ , и линейки скрепляют. Если левая линейка упирается в фиксатор рукоятки, тогда правая линейка совмещается с отверстием, в которое надо при очередном повороте ввести фиксатор, после чего левую линейку снова упереть в фиксатор.

**Пример.** Определить параметры настройки делительной головки для фрезерования зубьев цилиндрического колеса с числом зубьев  $z=110$ . Пусть характеристика головки  $N=40$ . Тогда число оборотов рукоятки  $n_p = \frac{N}{z} = \frac{A}{B} = \frac{40}{110} = \frac{4}{11} = \frac{24}{66}$ , т. е.  $A=24$ , а  $B=66$ . Следовательно, используем окружность делительного диска с числом отверстий  $B=66$ , а раздвижной сектор настраиваем на число отверстий  $A=24$ .

**Дифференциальное деление** применяют в том случае, когда не удастся подобрать диск с требуемым числом отверстий. Суть дифференциального метода деления состоит в следующем: если для числа  $z$  нет требуемого числа отверстий на делительном диске, принимаем число  $z_\phi$  (близкое к  $z$ ), для которого есть соответствующее число отверстий на делительном диске. Несоответствие требуемого и принятого чисел  $(\frac{1}{z} - \frac{1}{z_\phi})$  компенсируют дополнительным поворотом шпинделя на указанную разность, которая может быть положительной (шпиндель получает дополнительный поворот в ту же сторону, что и основной) или отрицательный (шпиндель получает дополнительный поворот в противоположную сторону). Это достигается путем дополнительного поворота делительного диска относительно рукоятки, т. е. если при простом делении рукоятка поворачивалась относительно неподвижного диска, то при дифференциальном методе рукоятка вращается относительно медленно вращающегося делительного диска в ту же (или в противоположную) сторону.

Вращение диску передается от шпинделя делительной головки через сменные колеса  $a-b$ ,  $c-d$ ; коническую пару и зубчатые колеса 3—4.

Величина дополнительного поворота рукоятки определится по уравнению кинематической цепи:  $n_{p \text{ доп}} = N(\frac{1}{z} - \frac{1}{z_\phi}) = \frac{1}{z} \times \frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} \cdot \frac{z_9}{z_{10}} \cdot \frac{z_3}{z_4}$ . Принимаем  $\frac{z_9}{z_{10}} \cdot \frac{z_3}{z_4} = C$  (обычно  $C=1$ ), откуда  $\frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} = \frac{N}{C} \cdot \frac{z_\phi - z}{z_\phi}$ .

**Пример.** Определить параметры настройки делительной головки для фрезерования зубьев цилиндрического колеса с числом зубьев  $z=79$  при характеристике головки  $N=40$  и  $C=1$ . Тогда число оборотов рукоятки для простого



деления  $n_\phi = \frac{40}{79}$ , учитывая, что делительный диск не имеет окружности с числом отверстий 79, принимаем  $z_\phi = 80$  и число оборотов рукоятки  $n_\phi = \frac{40}{80} = \frac{15}{30}$ , т. е. берем диск с числом отверстий на окружности  $B=30$  и поворачиваем рукоятку при делении на 15 отверстий ( $A=15$ ).

$$\text{Передаточное отношение сменных колес определится по уравнению } \frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} = \frac{N}{C} \cdot \frac{z_\phi - z}{z_\phi} = \frac{40}{1} \cdot \frac{80 - 79}{80} = \frac{40}{80} = \frac{30 \cdot 25}{25 \cdot 60}.$$

**Безлиббовые делительные головки** (рис. 113, 2) не имеют делительных дисков, а рукоятка поворачивается на один оборот и фиксируется на неподвижном диске 2. При простом делении на равные части уравнение кинематической цепи имеет вид  $1 \times \frac{a_2}{b_2} \cdot \frac{c_2}{d_2} \cdot \frac{z_3}{z_4} = \frac{1}{z}$ . Учитывая, что  $\frac{z_4}{z_3} = N$ , получаем  $\frac{a_2}{b_2} \cdot \frac{c_2}{d_2} = \frac{N}{z}$ .

**Оптические делительные головки** (рис. 114), предназначенные для деления с повышенной точностью, состоят из корпуса 1, поворотной части 3, шпинделя 4, стеклянного диска 5, имеющего 360 точных градусных делений, наблюдаемых в микроскоп 2. В оптической системе микроскопа имеются 60 делений, позволяющие отсчитывать угловые минуты. Деталь закрепляют в шпинделе головки и поворачивают на требуемый угол с отсчетом через окуляр микроскопа по шкале диска 5.

**Фрезерование винтовых канавок**, расположенных равномерно по окружности (рис. 112, б), производят, когда заготовка 1 установлена в центрах делительной головки 2 и задней бабки 8, а стол повернут на угол  $\beta$  наклона винтовой линии канавки, таким образом, что дисковая фреза 7 совмещается с направлением канавки. Заготовка получает непрерывное вращение от ходового винта продольной подачи стола, а стол — продольную подачу по направлению канавки.

Уравнение кинематической цепи от шпинделя делительной головки до винта продольной подачи стола имеет вид (рис. 113, в):

$$i_{об \text{ заг}} \cdot \frac{z_8}{z_7} \cdot \frac{z_6}{z_5} \cdot \frac{z_4}{z_3} \cdot \frac{z_{10}}{z_9} \times \frac{d_1}{c_1} \cdot \frac{b_1}{a_1} \cdot t_b = t_p,$$

где  $t_b$  — шаг ходового винта.

$$\text{Учитывая, что } \frac{z_8}{z_7} \cdot \frac{z_6}{z_5} \cdot \frac{z_4}{z_3} \times \frac{z_{10}}{z_9} = \frac{1}{N},$$

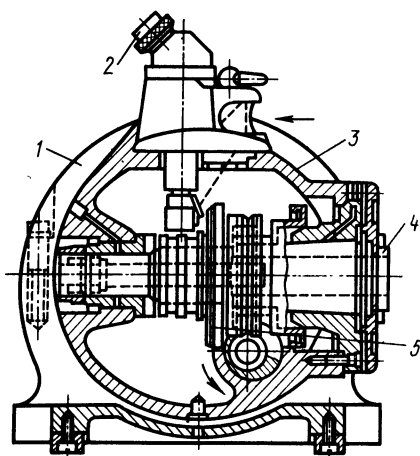


Рис. 114. Оптическая делительная головка



$$l_{об\ заг} \cdot \frac{d_1}{c_1} \cdot \frac{b_1}{a_1} \cdot \frac{t_n}{N} = t_p,$$

$$\text{откуда } \frac{a_1}{b_1} \cdot \frac{c_1}{d_1} = N \frac{t_n}{t_p}.$$

Из развертки винтовой линии канавки заготовки (рис. 115) следует, что  $\operatorname{tg} \beta = \frac{\pi d}{t_p}$ , где  $\beta$  — угол наклона канавки к оси заготовки,  $d$  — диаметр заготовки  $t_p = \frac{\pi d}{\operatorname{tg} \beta}$ .

Следовательно,  $\frac{a_1}{b_1} \cdot \frac{c_1}{d_1} = \frac{N t_n \cdot \operatorname{tg} \beta}{\pi d}$ .

**Пример.** Определить числа зубьев сменных зубчатых колес гитары делительной головки при фрезеровании винтовых канавок, если  $N=40$ ,  $t_n=6$  мм,  $d=50$  мм,  $\beta=20^\circ$ .

$$\frac{a_1}{b_1} \cdot \frac{c_1}{d_1} = \frac{40 \cdot 6 \cdot 0,365}{3,14 \cdot 50} = 0,56 = \frac{56}{100} = \frac{14 \cdot 4}{20 \cdot 5} = \frac{70 \cdot 40}{50 \cdot 100}.$$

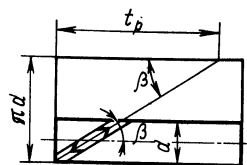


Рис. 115 Развертка винтовой линии канавки заготовки

## § 32. Устройство универсальных делительных головок

Простые делительные головки для непосредственного деления имеют на конце шпинделя резьбу для наворачивания кулачкового зажимного патрона. В конус шпинделя вставляют центр с поводком или концевую оправку для закрепления детали. На заднем конце шпинделя закреплен делительный диск (лимб), имеющий на окружности определенное число пазов. Пружинная защелка, связанная с корпусом головки, входит в один из пазов делительного диска и фиксирует необходимое положение шпинделя головки при делении. Поворот шпинделя головки с закрепленной заготовкой производится поворотом рукоятки.

Универсальная делительная головка (рис. 116) имеет на шпинделе поводок 7 для закрепления заготовки или оправки с

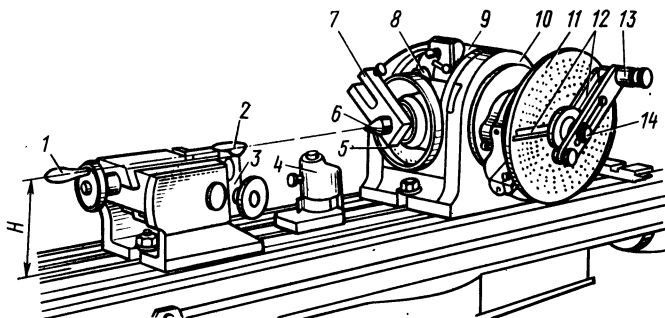


Рис. 116. Универсальная делительная головка



заготовкой, установленных между центрами 2, 6 делительной головкой и задней бабки 3. Домкрат 4 используют для поджима тонких и длинных заготовок. Центр 2 задней бабки 3 перемещается вдоль оси при вращении маховичка 1. Конструкция задней бабки допускает установку центра по высоте и под различными углами к плоскости стола. На передней части головки расположен делительный диск 5 для непосредственного деления, поворот которого фиксируется защелкой 8. Диск имеет три концентричных окружности (с числом отверстий 24; 30 и 36) или круговую шкалу в градусах. Поворот шпинделя производится вращением рукоятки 13 и валика 14 через цилиндрическую и червячную пары и отсчитывается по отверстиям неподвижного делительного диска 11 с фиксацией положения рукоятки защелкой, входящей в отверстие диска с использованием раздвижного сектора 12. Корпус 9 поворачивается относительно неподвижного корпуса 10 и плоскости стола, например при фрезеровании зуба конических колес. Высота центров головки в миллиметрах указывается в шифре типа головки (Н-135 и Н-160).

В основании 20 головки (рис. 117) смонтирован поворотный корпус 6 со шпинделем 3 так, что ось шпинделя может быть установлена вертикально и наклонно, а также под углом  $10^\circ$ . Корпус после поворота закрепляется гайками Б и В и стяжными дугами 11 и 12. Головка устанавливается в пазах стола станка по шпонкам 8 и 10 (шириной 18 или 14 мм в зависимости от типа головки). Шпиндель 3 имеет коническую базовую поверхность в расточке корпуса 9 и цилиндрическую — во втулке 7, закрепленной в корпусе. В центральной части шпинделя насажено червячное колесо 4, сцепляющееся с червяком 22. Шпиндель закрепляется винтом 25 при вращении рукоятки Г. Винт при этом перемещается вправо и сухариком 27 нажимает на стенку кольца 5, связанного (шпонкой) со шпинделем, а валик 26 перемещается влево и давит на другую стенку кольца 5, которое оказывается зажатым между сухарями, закрепляя шпиндель.

При необходимости на резьбовой передний конец шпинделя навертывается трехкулачковый патрон. В переднее коническое отверстие шпинделя вставляется конусная оправка или центр, в заднее коническое отверстие шпинделя — шпиндельный валик, используемый при дифференциальном методе деления.

В коробку 23 с червяком 22 заливают масло. Опорами червяка являются втулка 17 с цапфами 28 и 29 и отверстие в корпусе коробки 23.

При повороте за рукоятку К на пол-оборота валика 19 его эксцентричная шейка опускает ползунок 21 и втулку в нижнее положение, при котором червяк 22 расцепляется с червячным колесом 4, что необходимо при непосредственном делении. Поворот трехкулачкового патрона с закрепленной в нём обрабатываемой деталью осуществляется вручную с отсчетом угла поворота по делениям, нанесенным на боковой стороне делительного диска 1 (через  $1^\circ$ ) и нониусу 2, закрепленному на корпусе головки.



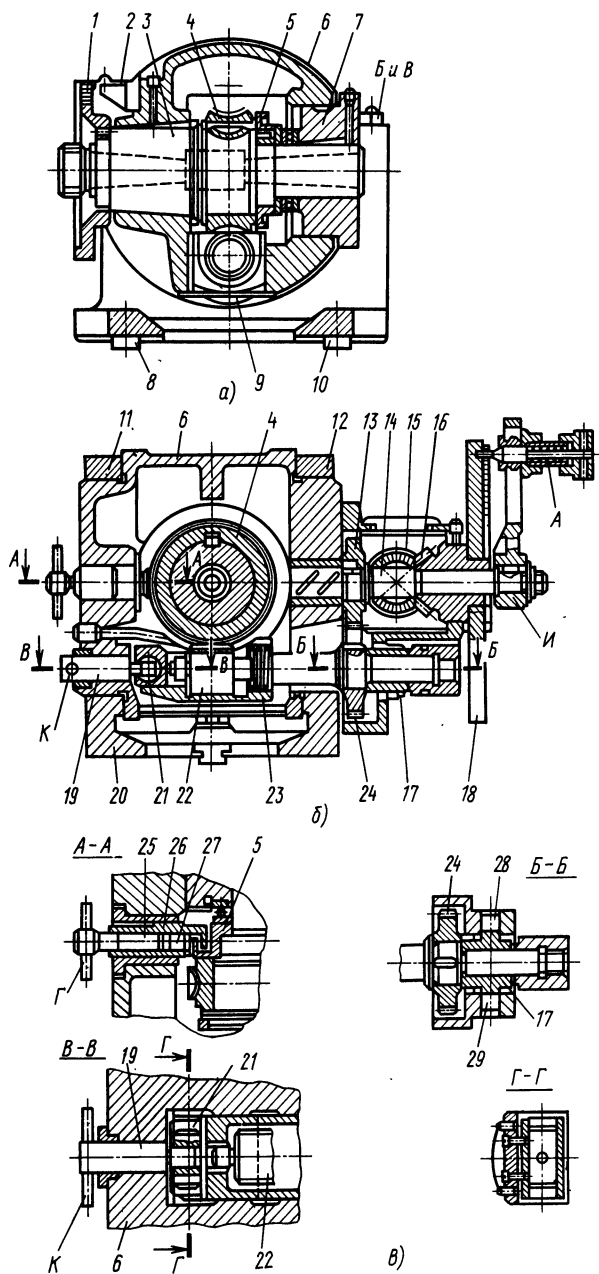


Рис. 117. Устройство универсальной делительной головки:  
а, б — главные разрезы; в — разрезы узлов



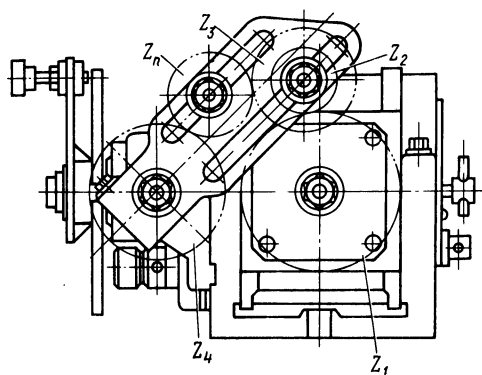


Рис. 118. Гитара сменных зубчатых колес для дифференциального деления

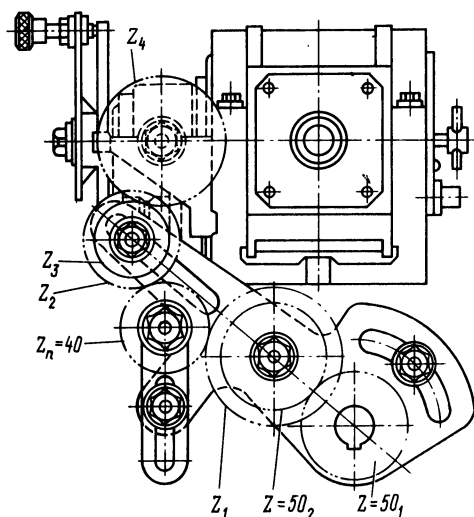


Рис. 119. Гитара сменных зубчатых колес для фрезерования винтовых канавок

показана на рис. 118: колесо  $z_1$  — на шпиндельном валике, закрепленном в заднем коническом отверстии шпинделя; колесо  $z_4$  — на валике привода делительной головки; промежуточные сменные колеса  $z_2$  и  $z_3$  и паразитное колесо  $z_n$  (при отрицательном передаточном отношении) — на гитаре, которая в свою очередь закреплена на цилиндрической части выступа коробки привода.

Набор сменных зубчатых колес головок Н-135 и Н-160 выполняют с числом зубьев: 25, 25, 30, 35, 40, 50, 55, 60, 70, 80, 90, 100.

При фрезеровании винтовых канавок применяют гитару смен-

При делении заготовки методом простого деления и дифференциальным методом червяк 22 зацепляется с червячным колесом 4.

При использовании метода простого деления поворотом рукоятки И и валика 14 приводят во вращение зубчатые колеса 13 и 24, червячную пару и шпиндель головки с обрабатываемой деталью. Отсчет поворота производят по неподвижному делительному диску 18, в соответствующее отверстие которого и вводится подпружиненный штифт фиксатора А. Зашелка обеспечивает неподвижность делительного диска 18, когда мелкие зубчики (нанесенные на боковой поверхности диска) зацепляются с аналогичной насечкой зашелки, и последняя закрепляется винтом. При дифференциальном делении зашелка делительного диска 18 выключена. Вращение от сменных колес гитары передается через коническую пару 15—16 делительному диску 18.

Установка сменных зубчатых колес гитары по-



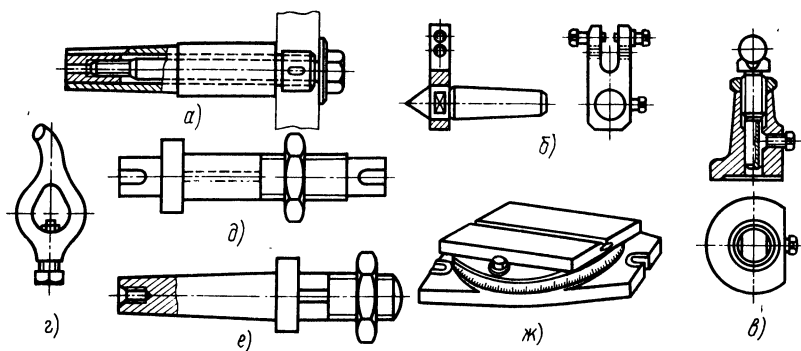


Рис. 120. Принадлежности универсальных делительных головок:

а — шпиндельный валик; б — передний центр с поводком; в — домкрат; г — хомут; д — жесткая центровая оправка; е — консольная оправка; ж — универсальная подкладка

ных зубчатых колес (рис. 119), передающую вращение от шпинделя на винт продольной подачи стола через валик. На гитаре, кроме сменных зубчатых колес, располагается одна пара цилиндрических колес (с числом зубьев 50 и 50), передающих вращение от шпинделя на винт продольной подачи стола к сменным зубчатым колесам, и паразитное зубчатое колесо  $z_n = 40$  (применяется при отрицательном передаточном отношении).

Таким образом, вращение от винта продольного хода стола передается (по кинематической цепи  $\frac{50 \cdot a_1 \cdot c_1 \cdot z_{15} \cdot z_{13} \cdot z_{22}}{50 \cdot b_1 \cdot d_1 \cdot z_{16} \cdot z_{24} \cdot z_4}$ ) на шпиндель головки (см. рис. 117).

К числу принадлежностей (рис. 120) универсальных делительных головок относятся: задняя бабка; две гитары сменных зубчатых колес; шпиндельный валик; передний центр с поводком; домкрат; хомут; специальные универсальные подкладки; трехкулачковый патрон и оправки для закрепления деталей.

Задняя бабка (рис. 121) имеет корпус 8, в прорези которого

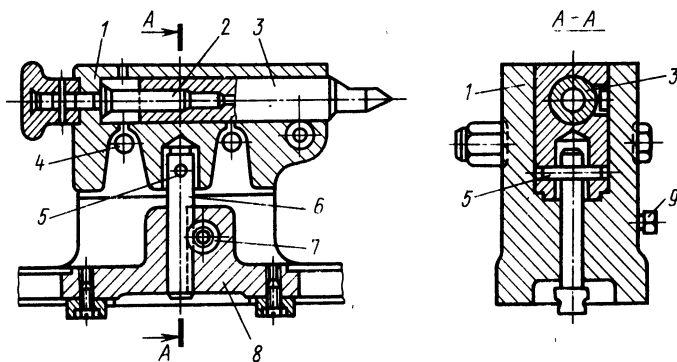


Рис. 121. Задняя бабка делительной головки



перемещается по высоте корпус 1 бабки при вращении головки 9 и зубчатого колеса 7. Валик-рейка 6 скреплен с корпусом 1 штифтом 5. На нужной высоте корпус 1 затягивают болтами 4. Осевое перемещение пиноли 3 производится от винта 2.

Универсальную подкладку (рис. 120, ж) применяют, когда головку необходимо установить под некоторым углом относительно пазов стола станка.

### § 33. Работы, выполняемые с применением делительных головок

**Фрезерование многогранников** производят на консольном вертикально-фрезерном станке торцевой фрезой (деталь устанавливают на оправке в центрах делительной головки и задней бабки) или на горизонтально-фрезерном станке цилиндрической фрезой со спиральными зубьями.

В зависимости от точности многогранников фрезеруют за одну или две операции (черновая и чистовая) с припуском 0,5 мм на сторону под чистовую обработку.

Фрезу устанавливают до точки касания к наружному диаметру заготовки, после чего поднимают стол на размер  $a = \frac{D}{2} - H$ , где  $D$  — диаметр заготовки,  $H$  — размер от грани до центра многогранника.

При обработке многогранников с точностью 0,1 мм размер лыски контролируют штангенрейсмасом, настроенным на размер  $B = A + H - d/2$ , где  $B$  — размер от плоскости стола до лыски,  $A$  — размер от плоскости стола до точки касания с оправкой, на которой установлена обрабатываемая заготовка;  $d$  — диаметр оправки.

**Фрезерование пазов** на валах или многогранниках выполняют дисковыми трехсторонними и концевыми фрезами на консольных горизонтально-фрезерных станках или вертикально-фрезерных станках с установкой детали в центрах делительной головки и задней бабки. Если паз имеет размер с допуском, обработку производят за две операции с припуском на чистовую обработку. Чистовое фрезерование двух сторон паза в заданный

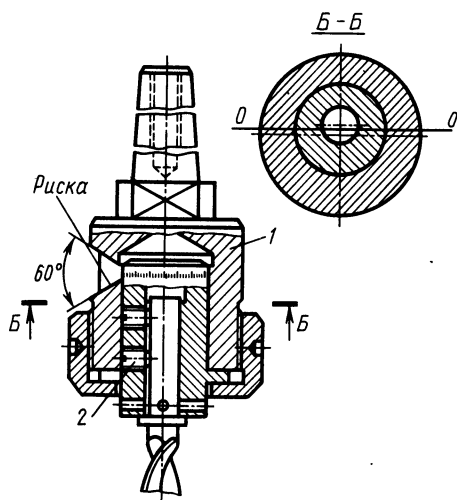


Рис 122. Патрон с концевой регулируемой фрезой



размер и по центру детали выполняют набором из двух дисковых фрез на оправке (инструмент настраивают на размер паза с заданным допуском и проверяют биение торцов), а при небольших размерах паза — концевой регулируемой фрезой (рис. 122) (при этом необходимая ширина паза достигается поворотом втулки 2 в патроне 1).

**Фрезерование шлицевых валиков** выполняют на горизонтально-фрезерном станке с установкой детали в центрах делительной головки и задней бабки за три операции: 1) черновое фрезерование двумя дисковыми фрезами равного диаметра ( $\pm 0,05$  мм), установленными на оправке с припуском 0,2—0,4 мм на чистовое фрезерование; шлицы обрабатывают поочередно, поворачивая головку на соответствующий угол ( $1/z$ ); 2) чистовое фрезерование шлицевых пазов фасонной профильной фрезой; 3) прорезка канавок в углах шлицевых пазов набором из двух угловых фрез, установленных на оправке в размер, соответствующий размеру профильной фасонной фрезы; прокладки между торцами фрез шлифуют, а установку фрез контролируют профильным шаблоном.

Дисковые фрезы устанавливают по центру детали от точки касания торца фрезы с образующей оправки; затем фрезы перемещают на величину, равную половине размера между наружными торцами фрез в сборе.

**Обработку зубчатых колес** производят на консольно-фрезерных станках при отсутствии специальных зубонарезных станков или при разовом изготовлении нескольких колес с применением дисковых модульных фрез или пальцевой концевой фрезы (для больших модулей).

Для каждого модуля применяют комплекты фрез, состоящие из 8; 15 и 26 модульных дисковых фрез. Номер фрезы из комплекта выбирают в зависимости от числа зубьев нарезаемого колеса. Например, для комплекта из восьми фрез: фрезу № 1 (для  $z=12\div 13$ ); № 2 (для  $z=14\div 16$ ); № 3 (для  $z=17\div 20$ ); № 4 (для  $z=21\div 25$ ); № 5 (для  $z=26\div 34$ ); № 6 (для  $z=35\div 54$ ); № 7 (для  $z=55\div 134$ ); № 8 (135 — рейка).

Заготовки при нарезании цилиндрических зубчатых колес устанавливают при горизонтальном расположении

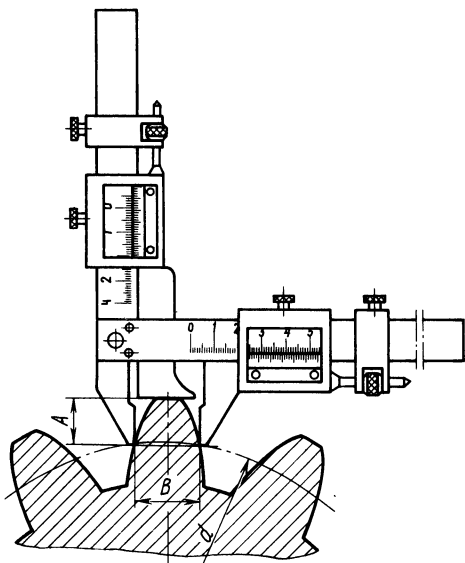


Рис. 123. Штангензубомер



оси шпинделя делительной головки (заготовки) и горизонтальной подаче стола или при вертикальном положении оси шпинделя с вертикальной подачей стола.

Обработку зуба производят за один или два хода в зависимости от модуля. Суммарная глубина фрезерования равна высоте зуба ( $t=h=2,2m$ , где  $m$  — модуль нарезаемого зубчатого колеса).

Первую впадину контролируют шаблоном, все последующие — шаблоном или штангензубомером (рис. 123).

$A = am$ ;  $B = bm$ , где  $a$  и  $b$  определяют по табл. 16.

**Пример 1.** Установить штангензубомер для проверки размера зуба колеса ( $m=3$ ,  $z=60$ ).

По табл. 16 находим  $a=1,0103$ ,  $b=1,5708$ ;  $A=am=1,0103 \cdot 3=3,03$  мм;  $B=bm=1,5708 \cdot 3=4,71$  мм.

Корректировку размеров производят перемещением стола в горизонтальном или вертикальном направлениях относительно неизменного положения фрезы.

При фрезеровании зубьев конических зубчатых колес ось зубчатого колеса устанавливают под углом  $\varphi$  к направлению движения стола ( $\varphi=\alpha-\gamma$ ) таким образом, чтобы дно впадины зуба было параллельно плоскости стола;  $\alpha$  — половина угла начального конуса колеса;  $\gamma$  — угол между дном впадины и образующей начального конуса, определяемый по формуле  $\gamma = \frac{7 \cdot \sin \alpha \cdot 57,3^\circ}{3z}$ .

**Пример 2.** Определить угол установки шпинделя делительной головки при фрезеровании конического зубчатого колеса, если  $\alpha=44^\circ$ ,  $z=40$ . Находим:

$$\gamma = \frac{7 \cdot \sin 44^\circ \cdot 57,3}{3 \cdot 40} = \frac{7 \cdot 0,693 \cdot 57,3}{120} = 2^\circ 19';$$

$$\varphi = \alpha - \gamma = 44^\circ - 2^\circ 19' = 41^\circ 41'.$$

16. Значение коэффициентов  $a$  и  $b$  для установки штангензубомера

Число зубьев измеряемого колеса	$a$	$b$	Число зубьев измеряемого колеса	$a$	$b$
12	1,0513	1,5663	29	1,0212	1,5700
13	1,0473	1,5669	30	1,0206	1,5700
14	1,0441	1,5674	31—32	1,0192	1,5701
15	1,0411	1,5679	33—34	1,0182	1,5702
16	1,0385	1,5682	35	1,0176	1,5702
17	1,0363	1,5685	36	1,0171	1,5703
18	1,0342	1,5688	37—38	1,0162	1,5703
19	1,0324	1,5690	39—40	1,0154	1,5704
20	1,0308	1,5692	41—42	1,0146	1,5704
21	1,0293	1,5693	43—44	1,0141	1,5704
22	1,0281	1,5694	45	1,0137	1,5704
23	1,0268	1,5695	46	1,0134	1,5705
24	1,0257	1,5696	47—48	1,0128	1,5706
25	1,0246	1,5697	49—50	1,0123	1,5707
26	1,0237	1,5697	51—55	1,0112	1,5707
27	1,0228	1,5698	56—60	1,0103	1,5708
28	1,0221	1,5699	61—70	1,0088	1,5708



## Контрольные вопросы

1. Расскажите основные правила чтения чертежа.
2. Какими фрезами обрабатывают поверхности?
3. Назовите последовательность переходов при обработке граней прямоугольного бруска на вертикально-фрезерном станке.
4. Назовите способы закрепления и выставления прямоугольного бруска.
5. Назовите методы обработки уступов.
6. Расскажите о способах обработки замкнутых пазов
7. Какие Вы знаете виды профильных пазов?
8. Назовите переходы при обработке Т-образного паза.
9. Чем отличается отрезная фреза от трехсторонней прорезной фрезы?
10. Как установить шпоночную фрезу по центру вала?
11. По чертежу конкретной детали определите, как Вы будете обрабатывать сложный профиль.
12. Какие типы фасонных фрез Вы знаете?
13. Расскажите (по схеме), как работает копировально-фрезерный станок.
14. В чем принципиальное отличие копировального станка от станка с ЧПУ?
15. Каково назначение универсальных делительных головок?
16. Как производится настройка универсальных делительных головок для непосредственного деления, простого и дифференциального деления?
17. Покажите, кинематическую цепь от шпинделя делительной головки до винта продольной подачи стола.
18. Объясните устройство универсальной делительной головки.



## Глава IV

### Расточные работы на расточных и широкоуниверсальных фрезерных станках

#### § 34. Формы отверстий и технические условия их обработки

На расточных станках чаще всего обрабатывают корпусные детали различных механизмов и машин с точными отверстиями по диаметру и межосевыми координатами. Точность взаимного расположения отверстий в корпусе определяет правильность монтажа валов, зубчатых колес и других деталей, установленных в корпусе.

Технологический процесс растачивания корпусных деталей зависит от их конструктивных особенностей: материала, массы, размеров, жесткости и технологичности как самого корпуса, так и его отверстий (диаметр, длина, ступенчатость и количество отверстий и осей расточек). По своей форме отверстия могут быть сквозными, прерывистыми, с выточками или с незамкнутой окружностью.

Существенное значение имеет и характер ступеней концентричных отверстий (односторонние и двусторонние). При этом важны как абсолютные размеры диаметров отверстий, так и наибольшая их разность.

Плоскости корпусных деталей, как правило, обрабатывают на фрезерных и строгальных станках. На расточных станках обычно обрабатывают только труднодоступные поверхности, а также поверхности, обработка которых невозможна или нерациональна на других станках, например, кольцевые пазы, внутренние торцовые поверхности, перпендикулярные осям отверстий, и др.

Корпусные детали изготавливают из чугуна, алюминия, стального литья и сварных конструкций. В настоящее время большое применение получают сварные конструкции, так как они обладают меньшей массой по сравнению с литыми и не требуют изготовления моделей, благодаря чему значительно сокращается цикл производства и удешевляется их себестоимость.

Обработка поверхностей на расточном станке значительно



осложняется, если эта поверхность далеко отстоит от торца планшайбы, наклонена к оси шпинделя или имеет ширину, превышающую диаметр фрезы.

Основные отверстия корпусных деталей, служащие для монтажа сопрягаемых деталей, выполняются по 6—7-му квалитетам с параметром шероховатости  $Ra=2,5 \div 0,32$  мкм. Крепежные отверстия под болты, винты, шпильки обрабатывают с точностью 9—11-го квалитетов. Вспомогательные отверстия для замера основных отверстий удобства монтажа и демонтажа выполняют с точностью основных отверстий.

На рис. 68 показаны основные виды отверстий. Каждая форма обеспечивается соответствующим технологическим процессом и оснасткой.

Реальные отверстия корпусных деталей являются различными комбинациями основных форм.

Обработка соосных отверстий упрощается при наличии перепада диаметра ступенчатых отверстий при наибольшем диаметре малого отверстия, так как в этом случае возможна обработка всех отверстий одной жесткой борштангой.

### **§ 35. Типовые технологические процессы обработки отверстий**

**Консольная обработка соосных отверстий в нескольких стенках.** Если предварительно отлитые или просверленные отверстия имеют отклонения в расстояниях от базовых поверхностей или непрямолинейность оси отверстия, то при обработке отверстий нормальными зенкерами без приспособлений не удастся исправить эти погрешности, если они значительны. Для этой цели необходимо после сверления произвести расточку отверстий. Типовая схема обработки в сплошном материале двух точных соосных отверстий, расположенных в двух стенках корпуса (рис. 124, а), следующая.

1. Обработка отверстия  $DH7$  в первой стенке:

сверление  $d_{св1}=0,2D$ ;

рассверливание  $d_{св2}=0,7D$ ;

растачивание  $d_{раст3}=0,91D$  (количество ходов определяется в зависимости от отношения  $L/D$ , где  $D$  — диаметр отверстия,  $L$  — расстояние от конца направляющей втулки до конца обрабатываемого отверстия);

зенкерование  $d_{зенк4}=D-0,3$ ;

развертывание  $d_{разв5}=D-0,1$ ;  $d_{разв}=DH7$ .

2. Обработка отверстия  $D_1H7$  во второй стенке производится по той же схеме с применением удлиненной направляющей втулки, установленной в обработанное отверстие  $DH7$  первой стенки.

Консольную обработку отверстий в нескольких стенках производят при осевой подаче стола с деталью или осевой подаче шпинделя, без смены консольной оправки со сменой консольной оправки, без поворота или с поворотом детали на  $180^\circ$ .



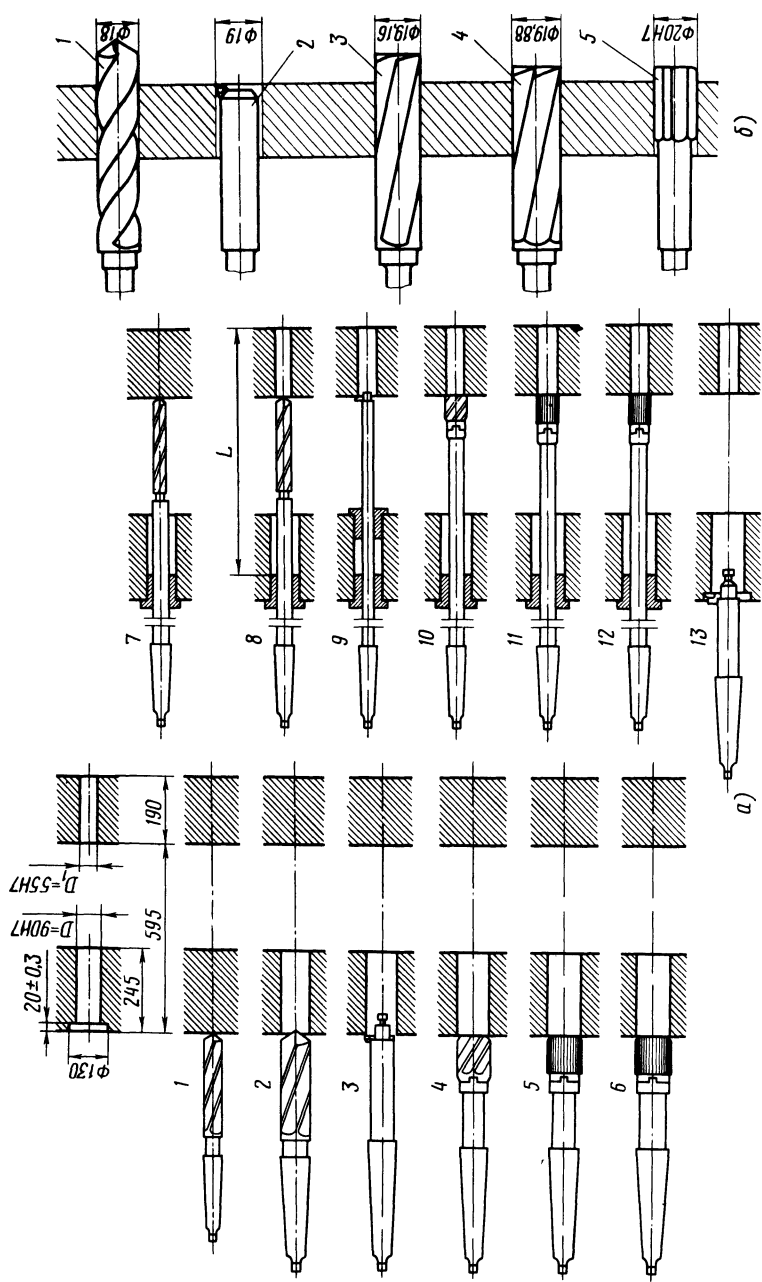


Рис. 124. Схема обработки отверстий:  
а — Ø 90H7 и 55H7; б — Ø 20H7



Черновую обработку предварительно отлитых отверстий осуществляют двухрезцовой расточной головкой, получистовую — однорезцовым блоком с микрометрическим регулированием, чистовую — развертками с качающимися и шарнирными оправами.

Методы консольного растачивания соосных отверстий в нескольких стенках с поворотом детали на  $180^\circ$  следующие.

1. Обработка предварительно отлитых отверстия в двух стенках: а) предварительная или окончательная обработка первого отверстия; б) поворот детали на  $180^\circ$ , выверка центроискателем по первому отверстию, предварительная и окончательная обработка второго отверстия.

2. Обработка соосных отверстий малого диаметра по сплошному материалу в четырех стенках: а) выверка оси отверстия по накладному шаблону, сверление, рассверливание и черновое развертывание отверстия в первой стенке; б) установка направляющей втулки в первое отверстие, сверление, рассверливание, растачивание, черновое развертывание, подрезка торца, чистовое развертывание отверстия во второй, а затем в первой стенке; в) поворот детали на  $180^\circ$ , выверка соосности отверстия по накладному шаблону и повторение переходов для обработки отверстия в четвертой стенке и затем обработка отверстия в третьей стенке.

**Обработка соосных отверстий в нескольких стенках с применением борштанг.** Обработку соосных отверстий борштангой производят с осевой подачей стола с деталью или осевой подачей шпинделя, без переустановки или с переустановкой резца в борштанге, с поворотом или без поворота детали.

Метод растачивания трех соосных предварительно отлитых отверстий большого диаметра, расположенных в трех стенках, с опорой борштанги в люнетной стойке и подачей шпинделя:

черновое растачивание трех отверстий двухрезцовой расточной головкой с разделением припуска;

черновая и чистовая обработка торцовых поверхностей отверстия с радиальной подачей резца;

чистовое последовательное растачивание трех отверстий одним резцом  $\varphi = 90^\circ$ .

Метод растачивания соосных предварительно отлитых отверстий в нескольких стенках с большим расстоянием между стенками:

черновое растачивание отверстий разъемными блоками;

получистовое растачивание одним резцом  $\varphi = 90^\circ$  каждого отверстия поочередно;

чистовое растачивание однорезцовым блоком с микрометрическим регулированием каждого отверстия в отдельности.

Метод обработки соосных отверстий в пяти стенках с поворотом детали:

выверка оси отверстия по накладному шаблону, предварительное растачивание, предварительное и окончательное развер-



тывание отверстия в первой стенке с применением контрольной оправки;

предварительное растачивание отверстия во второй стенке с направлением консольной оправки через втулку, установленную в первое отверстие;

предварительное растачивание отверстия в третьей стенке с направлением консольной оправки через втулки, помещенные в первой и второй стенках;

поворот детали на  $180^\circ$ , выверка соосности по накладному шаблону, сверление, рассверливание, растачивание, предварительное и окончательное развертывание отверстия в пятой стенке;

предварительное растачивание отверстия в четвертой стенке; поворот детали на  $180^\circ$ , окончательное растачивание отверстий во второй, третьей и четвертой стенках с применением борштанги и направляющих втулок, установленных в отверстиях первой и пятой стенок.

**Примеры типовых схем обработки отверстий.** На рис. 124—127 приведены типовые схемы обработки отверстий, торцов и выточек корпусных деталей. На каждой схеме изображены эскизы последовательно выполняемых ходов, указаны размеры обработки и приведена нумерация применяемых инструментов.

Схемой консольной обработки отверстия  $\varnothing 20H7$  в сплошном материале (рис. 124, б) предусматривается последовательное применение сверла, консольной расточной оправки, двух зенкеров и развертки или зенкера и двух разверток.

Обработка двух соосных отверстий  $\varnothing 52I_7$  7 и 43 мм с открытой выточкой диаметром 55 мм изображена на рис. 125, а.

Прежде всего сверлят и растачивают глухое отверстие до диаметра 51 мм на длину 204 мм, затем сверлят и растачивают сквозное отверстие диаметром 43 мм. Открытую выточку до диаметра 55 мм и глухое отверстие до диаметра 51,8 мм растачивают консольной оправкой с наклонным креплением резца, установленного в державку кулисы. Черновое и чистовое развертывание отверстия  $\varnothing 52I_7$  осуществляют донной разверткой, закрепленной на шарнирной оправке.

Отверстие диаметром 72 мм и два открытых торца обрабатывают по схеме, приведенной на рис. 125, б. Деталь с предварительно отлитым отверстием растачивают двумя односторонними резцами с пластиной твердого сплава ВК8, закрепленными поочередно в консольной оправке диаметром 40 мм. Торцы отверстия подрезают двусторонним ножом, установленным в консольной оправке.

Отверстия  $\varnothing 65H8$  с цековкой диаметром 85 мм и фаской  $1 \times 45^\circ$  обрабатывают последовательно по схеме (рис. 125, в): расточка до диаметра 63 мм двумя расточными резцами, расточка цековки диаметром 85 мм, глубиной 5 мм односторонним резцом, снятие фаски резцом, зенкерование отверстия до диаметра 64,82 мм и развертывание до  $\varnothing 65H9$ .

Если отверстие имеет значительные длину и диаметр, а деталь



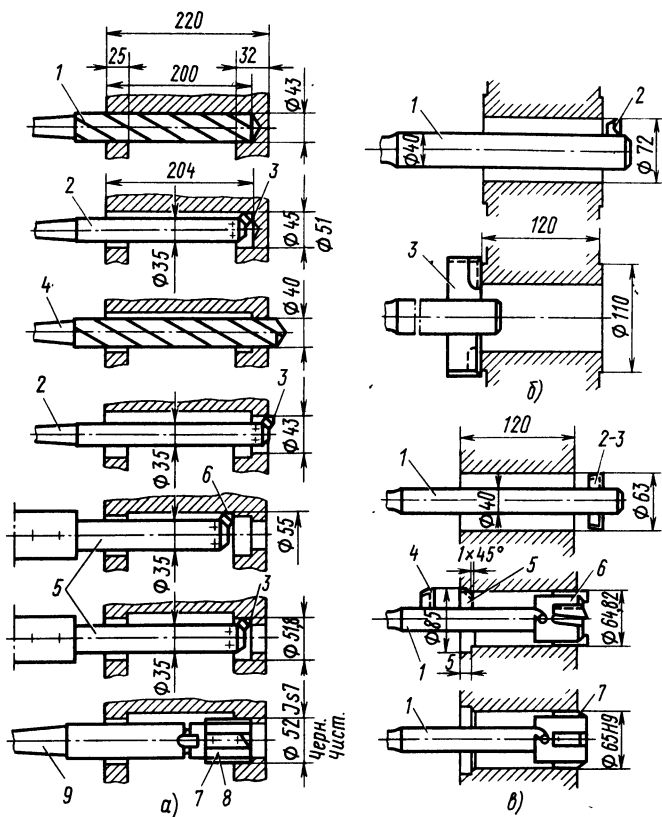


Рис. 125. Схема обработки отверстий:

а —  $\varnothing 43$  и  $52,7$  с открытой выточкой  $\varnothing 55$  мм; б —  $\varnothing 72$  и двух открытых торцов; в —  $\varnothing 65H9$  с цековкой  $\varnothing 85$  мм и фаской

по своей конструкции требует большого вылета шпинделя при обработке, то применяют борштангу и люнет, установленный на столе станка, или опоры в задней стойке. Такой метод обработки отверстия  $\varnothing 100H7$  с подрезкой торца диаметром 150 мм изображен на рис. 126, а. Отверстие растачивают за три хода односторонними резцами, укрепленными в борштанге, до диаметра 99,65 мм с подрезкой торца и последующим черновым и чистовым развертыванием до  $\varnothing 100H7$ .

В условиях серийной обработки корпусных деталей, а также в случае необходимости обеспечения высокой точности взаимного расположения отверстий с параллельными или перпендикулярными осями применяют специальные приспособления или накладные шаблоны для расточки деталей.

На рис. 126, б показан метод обработки отверстия  $\varnothing 12H7$  с цековкой диаметром 20 мм, глубиной 1 мм на внутренней сторо-



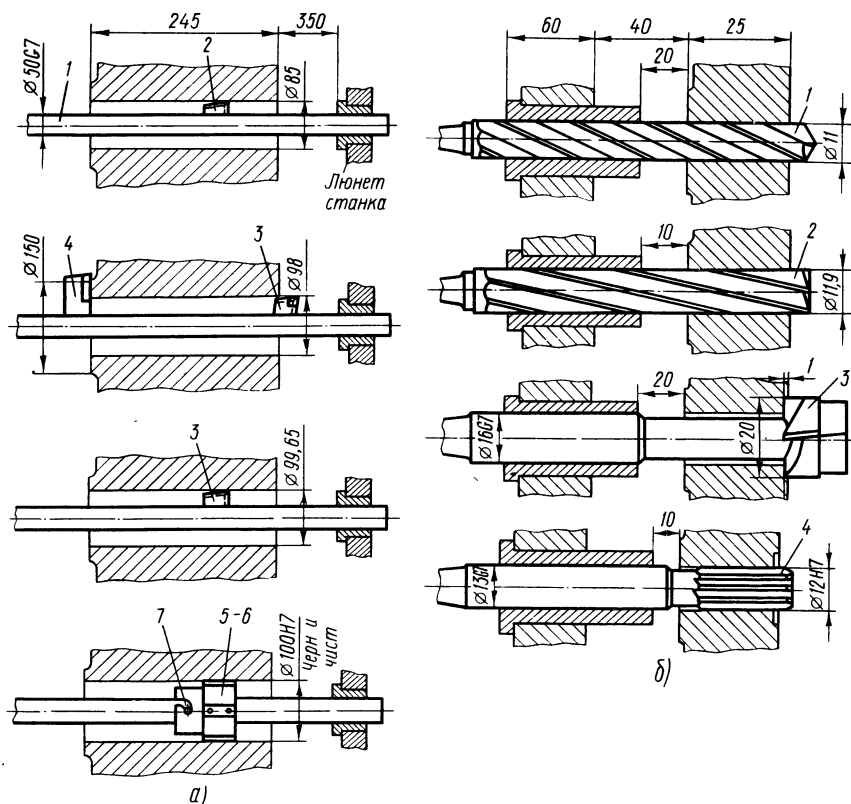


Рис. 126. Схема обработки отверстий:

а —  $\varnothing 100H7$  с подрезкой торца  $\varnothing 150$  мм; б —  $\varnothing 12H7$  с цековкой  $\varnothing 20$  мм с направлением инструмента в приспособлении

не стенки корпуса. Инструменты (сверло, зенкер, цековка и развертка) направляются через втулки приспособления. В этом случае применяют специальную обратную цековку и развертку:

Для обеспечения точности расположения отверстия  $\varnothing 12H7$  зенкер и развертка направляются в приспособлениях удлиненной втулкой.

При значительной длине отверстия и малой жесткости борштанги или оправки приспособление обеспечивает двойное направление борштанги или оправки с инструментом.

На рис. 127, а изображена обработка двух соосных отверстий  $\varnothing 55H7$  и  $35H7$  со снятием фаски  $2 \times 45^\circ$ . В данном случае двустороннее направление борштанги в приспособлении продиктовано необходимостью обеспечения соосности отверстий при малом диаметре и большой длине борштанги с инструментом.

На рис. 127, б приведен пример применения специального комбинированного двухступенчатого зенкера и развертки.



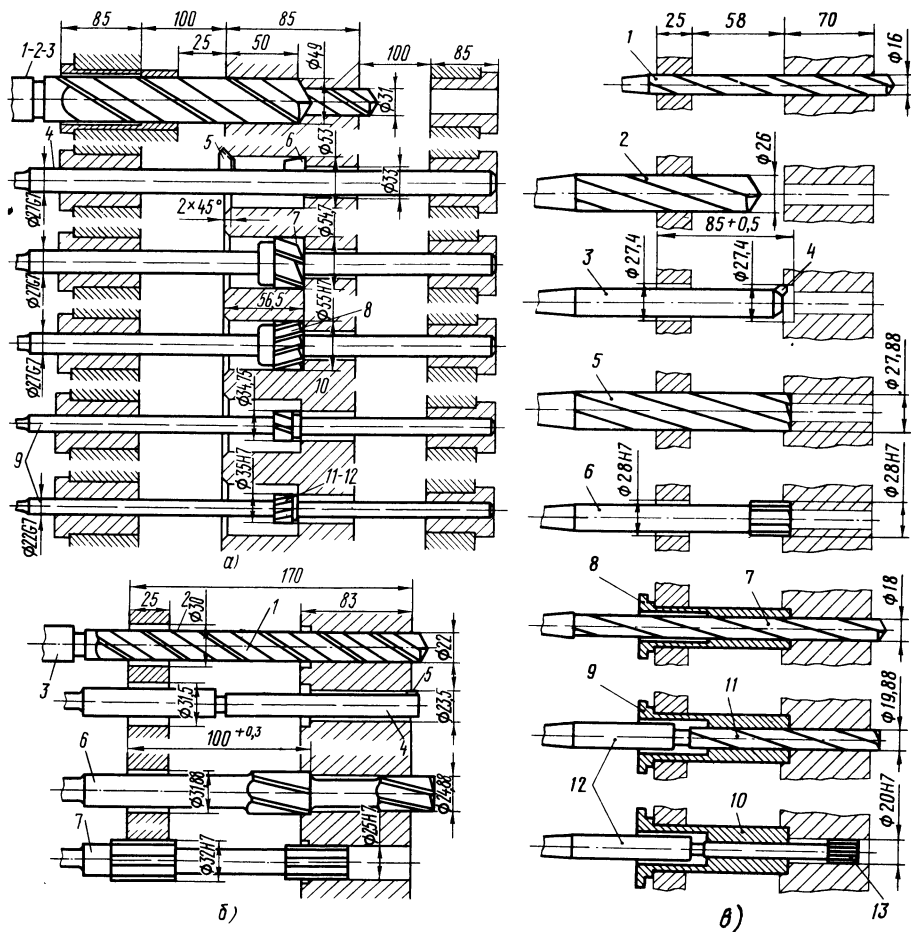


Рис. 127. Схема обработки отверстий:

а —  $\varnothing 55H7$  и  $35H7$  с двусторонним направлением борштанги в приспособлении; б —  $\varnothing 32H7$  и  $25H7$  специальными двухступенчатыми зенкером и разверткой; в —  $\varnothing 20H7$  и  $28H7$  с применением удлиненной направляющей втулки

На рис. 127, в показана обработка соосных отверстий  $\varnothing 20H7$  и  $28H7$  с применением удлиненной направляющей втулки.

Более сложную двустороннюю обработку соосных отверстий выполняют в приспособлении с двусторонним направлением борштанги и применением специальных насадных разверток.

### § 36. Подготовка и установка деталей

Отливки корпусных деталей обрабатывают и зачищают для удаления неровностей и формовочной земли как с обрабатываемых, так и с необрабатываемых поверхностей. Необрабатываемые



поверхности зачищают шлифовальными кругами с гибким приводом, грунтуют и предварительно окрашивают. Обрабатываемые поверхности предварительно размечают для проверки правильности размеров заготовки, выявления и устранения дефектов отливки и рационального распределения припусков.

Плоские открытые поверхности на фрезерных и строгальных станках обрабатывают одновременно на нескольких деталях с использованием боковых суппортов. У жестких и менее точных деталей обрабатывают сначала базовые поверхности, а затем на их базе — все остальные, включая и торцовые поверхности отверстий. Менее жесткие и более точные детали обрабатывают в иной последовательности: сначала предварительно обрабатывают поверхности, параллельные базовым, затем предварительно и окончательно обрабатывают базовые поверхности и, наконец, окончательно обрабатывают остальные поверхности.

В целях уменьшения деформации особо точных корпусных деталей и снятия внутренних напряжений применяют ряд технологических мер: искусственное и естественное старение; межоперационное пролеживание деталей после обдирочных операций; разделение обдирочных и чистовых операций; отжиг сварных конструкций и стальных отливок.

Обработку плоскостей завершают шлифованием или шабрением базовых плоскостей с проверкой на краску по контрольной плите.

Если корпус растачивают после сборки нескольких деталей, то крепежные отверстия обрабатывают на радиально-сверлильном станке до сборки деталей под растачивание.

**Установку деталей на расточном станке.** Правильную установку деталей обеспечивают при выполнении следующих условий: равномерное распределение припусков, минимальная деформация детали, надежное и жесткое крепление, удобство выверки инструмента.

На расточном станке деталь может быть установлена на призмах, на плоскости стола или подкладках, к угольнику или в приспособлении. Выбор того или иного метода установки зависит от конструктивных особенностей детали и ее размеров, расположения и характера обрабатываемых и базовых поверхностей, точности и последовательности операций и величины партии. Точность установки детали размером до 3 м с выверкой по разметке равна  $\pm 0,5$  мм, с выверкой по обрабатываемым плоскостям равна  $\pm 0,1$  мм.

Каждая перестановка детали на расточном станке сопряжена с большими затратами вспомогательного времени и потерей точности обработки. Применяя поворотный стол, можно обрабатывать деталь с четырех сторон без переустановки и раскрепления детали.

При закреплении деталей на расточных станках необходимо избегать переустановки шпиндельной бабки и опоры борштанги в люнетной стойке при переходе с одной оси на другую, заменяя эти движения перемещением стола.



Деталь по черной базе устанавливают в такой последовательности: ставят на три домкрата; регулируют положение детали по разметочным рискам; зажимают детали прихватами строго против домкратов; подводят добавочные опоры и зажимают детали прихватами против опор. При зажиме нужно постоянно следить с помощью индикатора, чтобы не было деформации детали.

Положение детали со шлифованными или шабреными базовыми поверхностями выверяют по индикатору с точностью 0,01—0,03 мм.

Под координацией инструмента при обработке отверстий на расточных станках понимают совмещение оси вращения инструмента с заданной осью отверстия. Неправильно выполненная координация инструмента вызывает погрешности обработки: смещение или перекос осей отверстия между собой или относительно базовых поверхностей.

Метод пробных проточек применяют при растачивании отверстий с горизонтальной осью в условиях единичного производства. Сущность метода заключается в последовательных проточках на небольшую длину одного из отверстий детали с замером межосевого расстояния  $A$  до другого отверстия, ранее расточенного (рис. 128, *а*), до получения требуемого расстояния между осями. Недостатками данного метода являются: низкая точность обработки из-за возможных ошибок при замерах, низкая производительность из-за большого количества проточек и невозможность расточки ряда отверстий с наклонной линией центров.

Индикаторное устройство для отсчета координат (рис. 128, б) состоит из коробки с индикатором 1, вала 2 с призмой, пру-



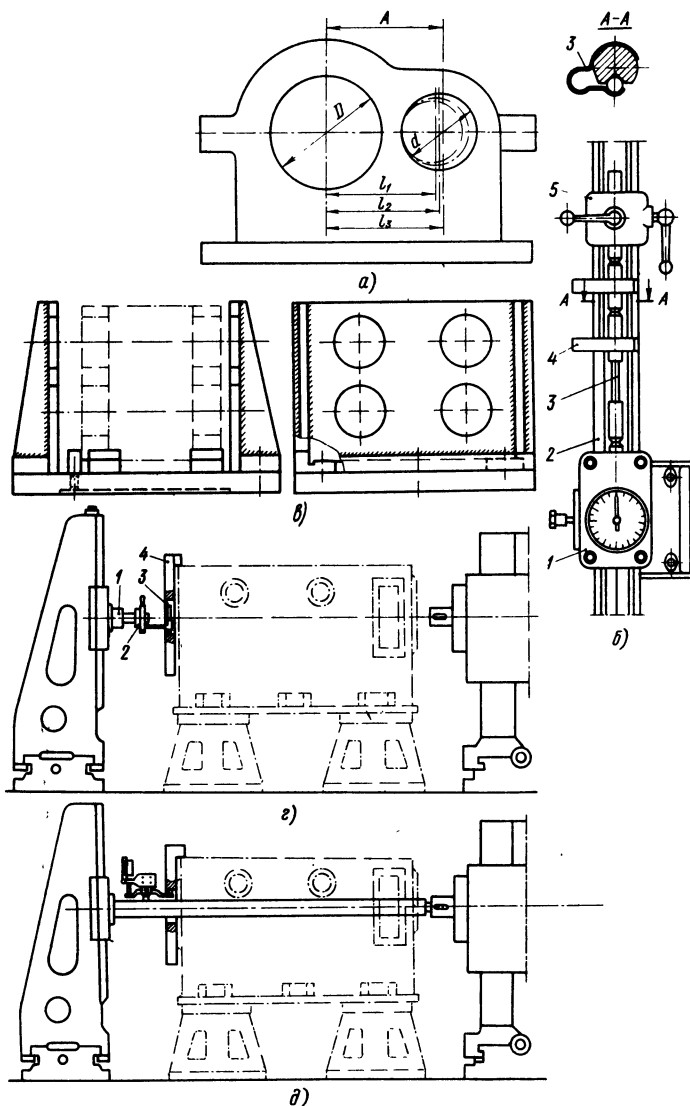


Рис. 128. Координация инструмента при обработке отверстий:  
 а — метод пробных проточек; б — использование индикаторных устройств;  
 в — применение установочного шаблона; г — применение индикаторного приспособления и накладного шаблона; д — применение борштанги и центроискателя

жинных скоб 4, упора 5 и штихмассов 3. Коробку с индикатором крепят на шпиндельной бабке или на валу 2, соединенном с кронштейном. Пружинными скобами 4 крепят штихмасс 3 к валу 2. Кронштейн с упором 5 и валом 2 закреплены неподвижно на



передней стойке, станине или столе (в зависимости от назначения индикаторного устройства).

Микрометрические и жесткие штихмассы с пределом измерения соответственно 50—75 и 25—400 мм обеспечивают точность по длине в пределах от  $\pm 0,004$  до  $\pm 0,02$  мм для длин от 100 до 1000 мм.

**Использование шаблонов.** Отверстия шаблона диаметром на 6—10 мм большим диаметра детали (рис. 128, в) растачивают на координатно-расточном станке по координатам, соответствующим детали, с допуском 0,02—0,03 мм. Шаблоны делают из листовой стали толщиной 8—10 мм и закрепляют непосредственно на базовых поверхностях детали или на специальных плитах, служащих одновременно и для крепления детали. Если деталь растачивают с нескольких сторон, шаблон заказывают на каждую сторону. Оси шпинделя и отверстия координируют центроискателем. Базовые поверхности шаблона закаливают и шлифуют. Преимуществами данного метода являются: высокая экономичность и простота изготовления шаблонов, быстрота координации инструмента, применение высоких режимов резания с обеспечением высокой точности обработки. Если отверстия данным методом растачивают с помощью борштанги, то ось последней выверяют в два приема: координацией оси подшипника задней стойки и координацией оси борштанги.

Положение оси подшипника задней стойки выверяют с помощью валика 1 (рис. 128, г), плотно пришлифованного к отверстию подшипника, на котором со скользящей посадкой первого класса вращается кольцо 2 с закрепленной на нем державкой индикатора 3. Вращая кольцо 2 и регулируя положение подшипника стойки и детали, добиваются, чтобы стрелка индикатора оставалась на нуле при обкатке по шаблону 4.

Положение оси борштанги выверяют центроискателем, закрепленным на борштанге (рис. 128, д). Правое плечо измерительного рычага центроискателя прижимается пружиной к отверстию шаблона, а левое упирается в наконечник индикатора. При медленном вращении борштанги следят за показаниями индикатора и, если необходимо, регулируют положение шпинделя.

**Применение специальных приспособлений** особенно эффективно в условиях серийного производства, так как при единичном производстве использование специальных расточных приспособлений целесообразно только для особо точных и повторяющихся в производстве деталей. Точность обработки детали определяется точностью самого приспособления и инструмента и почти не зависит от состояния станка и квалификации рабочего.

Целесообразность применения приспособления зависит от серийности и трудоемкости обработки детали. Производительность труда при использовании приспособлений значительно возрастает (в 2—10 раз).



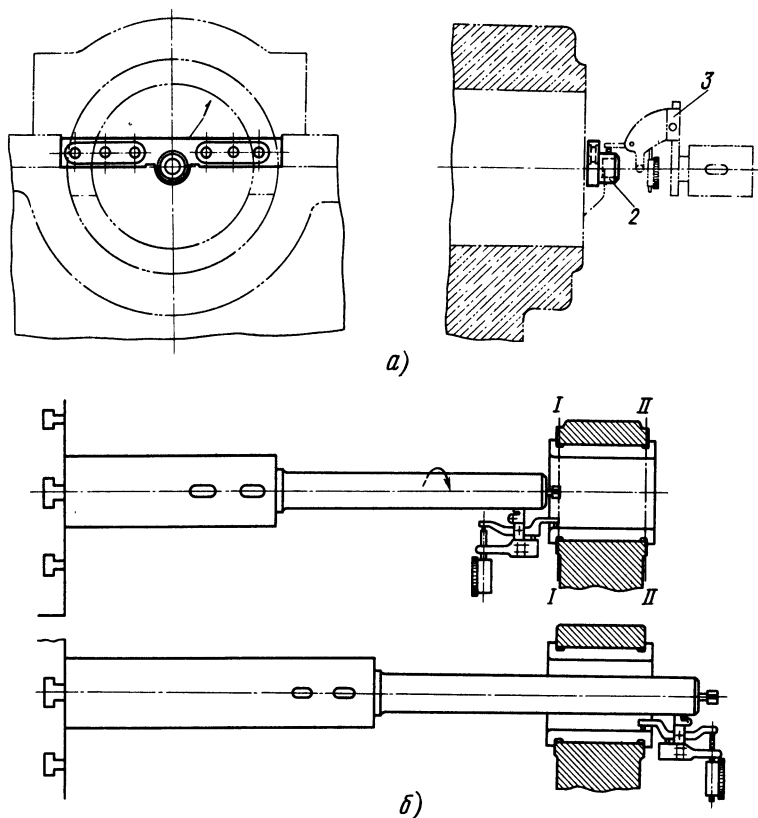


Рис. 129. Совмещение оси шпинделя:

*а* — с осью разъемного отверстия; *б* — с осью подшипника люнетной стойки

Совмещение оси шпинделя с осью разъемного отверстия — один из методов координации инструмента. Если требуется, чтобы ось отверстия лежала в горизонтальной плоскости разъема, используют контрольную линейку *1* (рис. 129, *а*), которую устанавливают на предварительно обработанную и шабренную плоскость разъема, чтобы ось бобышки *2* располагалась по центру литого отверстия. С помощью центристателя *3*, установленного в шпиндель станка, ось шпинделя совмещают с осью отверстия.

Для правильного положения борштанги при обработке отверстия обеспечивают соосность шпинделя с отверстием люнетной стойки. Соосность выверяют в двух положениях *I—I* и *II—II* (рис. 129, *б*) с применением индикаторного устройства и учетом прогиба консольных оправок под действием собственной массы.

Положение борштанги в горизонтальной плоскости выверяют с помощью уровня. При этом добиваются одинакового показания уровня на борштанге и на шпинделе.



Положение борштанги относительно плоскости разъема выверяют индикатором в двух наиболее удаленных друг от друга точках, лежащих на плоскости разъема; при этом добиваются одинаковых показаний стрелки индикатора.

Положение борштанги относительно плоскости стола выверяют аналогично.

Положение борштанги в боковом направлении выверяют от вертикальных базовых поверхностей детали (рис. 130, а) или от линейки, установленной на горизонтальную базовую плоскость (рис. 130, б, в). Базовые поверхности детали и линейки при этом предварительно выверяют с точностью 0,02—0,03 мм на 1000 мм с помощью шпинделя с индикатором.

Борштангу в боковом направлении выверяют также от ранее расточенных отверстий с помощью контрольных оправок (рис. 130, г) ( $l$  — расстояние между центрами отверстий;  $d_1$  — диаметр контрольной оправки, установленной в расточенное отверстие;  $d_2$  — диаметр борштанги;  $l_1, l_2$  — размеры, контролируемые микрометром или набором мерительных плиток).

Расположение осей отверстий в одной плоскости (под углом  $90^\circ$ ) выверяют большим угольником 1 (закрепленным на столе 2 вместе с деталью) и индикатором 3 (рис. 130, д). Положение стола выверяют индикатором при его перемещении вдоль одной из сторон угольника (до и после поворота стола). После каждой выверки стола растачивают одно из перпендикулярных отверстий. Расположение борштанги при растачивании взаимно перпендикулярных отверстий выверяют также с помощью контрольного валика и оправки с индикатором после растачивания одного из отверстий. В расточенное отверстие вставляют контрольный валик, а в шпиндель станка — рычажную оправку с индикатором. Поворачивая оправку с индикатором на  $180^\circ$  и регулируя положение детали, добиваются одинакового натяга индикатора при контакте его наконечника с контрольным валиком.

Для проведения такой выверки на современных расточных станках имеются специальные индикаторные упоры.

Расстояние от оси одного отверстия до торцевой поверхности другого отверстия (с перпендикулярной осью) выверяют одним из следующих методов.

Оправку 1 устанавливают в шпиндель 2 станка (рис. 131, а). На размер  $a$  набирают концевые меры 3:  $A = a + (d/2)$ , где  $A$  — заданный размер от внутреннего торца детали до оси растачиваемого отверстия;  $d$  — диаметр оправки.

Когда базой является наружный торец детали (рис. 131, б),  $A_1 = A + K + a + (D/2)$ , где  $A_1$  — расстояние от оси шпинделя до оси растачиваемого отверстия;  $K$  — расстояние между торцами детали;  $a$  — размер мерительных плиток,  $D$  — диаметр шпинделя.

Угольник 1 (рис. 131, в) закрепляют к торцу отверстия, а центроискатель 2 устанавливают по центру отверстия угольника.

Перемещая стол с деталью на величину  $A_1 = A + K + b$ , сов-



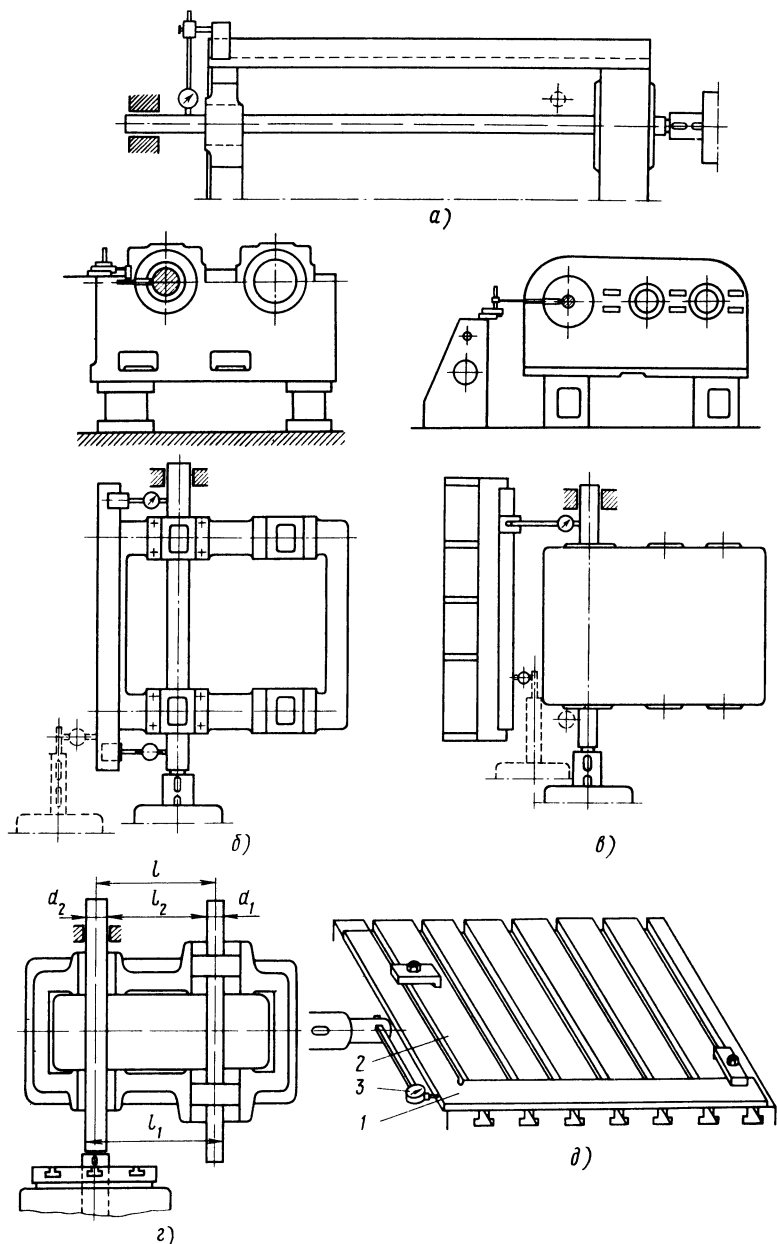


Рис. 130. Выверка положения борштанги:

*a* — относительно вертикальной базовой поверхности детали; *б* — относительно линейки, установленной на горизонтальную базовую поверхность; *в* — относительно ранее расточенного отверстия (с применением контрольной оправки и индикатора); *г* — относительно ранее расточенного отверстия (с применением контрольной оправки, втулок, микрометра или измерительных плиток); *д* — относительно ранее расточенного отверстия (с применением оправки с индикатором и угольника)



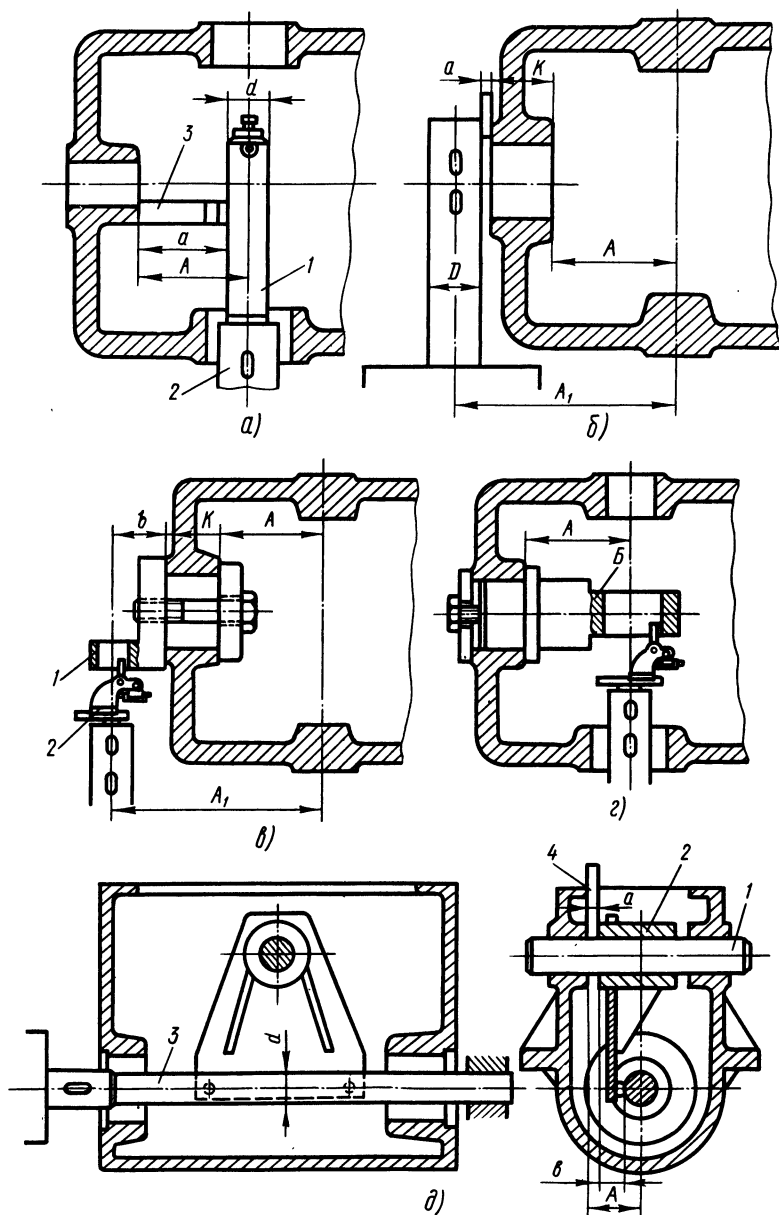


Рис. 131. Выверка расстояний от торца отверстия до оси шпинделя с применением различных приспособлений:

$a, б$  — измерительных плиток;  $в$  — угольника и центроискателя;  $г$  — оправки и центроискателя,  $д$  — вилки и измерительной плитки



мещают ось шпинделя с осью другого отверстия ( $A$  — требуемый размер от внутреннего торца до оси отверстия;  $K$  — расстояние между торцами;  $b$  — размер от основания угольника до оси вспомогательного отверстия).

Для случая, изображенного на рис. 131, *г*, центроискатель устанавливают по отверстию  $B$  оправки.

Контрольный валик  $I$  (рис. 131, *д*) вставляют в расточенное отверстие, а через другое отверстие пропускают борштангу  $3$ . Установка оси борштанги на точное расстояние от торца отверстия обеспечивается при соблюдении размера  $A = a + b + (d/2)$ , где  $A$  — размер от торца отверстия до торца вилки  $2$  (набор концевых мер  $4$ );  $b$  — постоянный размер вилки  $2$ ;  $d$  — диаметр борштанги.

### **§ 38. Сверление, рассверливание и зенкерование отверстий**

**Операционные припуски на обработку отверстий.** Припуском на обработку деталей называется слой металла, подлежащий снятию при обработке.

Размер припуска на обработку отверстий должен быть минимальным, но достаточным для получения правильной геометрической формы, заданных размеров и шероховатости отверстия при минимальном числе необходимых инструментов и ходов. Таким образом, оптимальный припуск на обработку отверстий обеспечивает соблюдение технических условий наряду с высокой производительностью и экономичностью обработки.

Минимальный размер припуска на обработку отверстий зависит от жесткости технологической системы и главным образом жесткости оправок и борштанг, от вида применяемого инструмента, типа отверстий и их расположения, характера выполняемой операции, размеров отверстий и корпуса.

Необходимое число ходов при обработке отверстий уменьшается с повышением жесткости оправок и борштанг, при наличии многорезцового инструмента, симметричном расположении припуска, уменьшении длины отверстия и вылета шпинделя.

Жесткость оправок и борштанг, в свою очередь, повышается с применением опоры в задней стойке или люнетов.

Сверлением получают отверстия в сплошном материале с точностью до 11-го квалитета и параметром шероховатости  $R_z = 40 \div 20$  мкм. Необходимая длина режущей части сверла зависит от требуемой глубины сверления и определяется по чертежу обрабатываемой детали. При сверлении глубоких отверстий применяют удлиненные сверла.

Сверла устанавливают коническим хвостовиком в отверстие переходной втулки или удлинителя, а последние — в конус шпинделя станка. Предварительно сопрягаемые конические поверхности протирают концами или салфеткой. Сверла снимают с оправки или удлинителя с помощью клина-выколотки. Необходимо



иметь в виду, что все инструменты с коническим хвостовиком могут нормально работать лишь при условии хорошего сопряжения конических поверхностей и отсутствия забоин. Для направления сверла в начале обработки применяют предварительную зацентровку отверстия коротким сверлом  $\varnothing$  до 30 мм.

Режимы резания при обработке на расточных станках выбирают по справочникам. Режим резания при сверлении и расверливании выбирают (по справочникам) в зависимости от материала обрабатываемой детали, диаметра и геометрии заточки сверла, длины обрабатываемого отверстия и вылета сверла.

Подачу при сверлении осуществляют осевым перемещением шпинделя относительно детали, закрепленной на неподвижном столе, или перемещением стола с деталью относительно вращающегося шпинделя (сверла). Ручную подачу сверла применяют при засверливании по корке, установочном перемещении до соприкосновения инструмента с деталью и при выводе инструмента из отверстия для удаления стружки. Ввиду значительных осевых усилий сверление производят с механической подачей.

При сверлении необходимо соблюдать следующие правила: не применять сверла с длиной спиральных канавок меньше глубины сверления; подводить к детали лишь вращающееся сверло; резание осуществлять вручную, а затем включать механическую подачу; не останавливать сверло при резании, не выключив предварительно подачу сверла; при сверлении сквозных отверстий торец детали должен быть перпендикулярен оси сверла на входе и выходе.

Глухие отверстия на горизонтально-расточных станках сверлят следующим образом. Подводят сверло до соприкосновения с деталью и замечают по круговому лимбу подачи шпинделя деление, совпадающее с нулевой рискуй. Засверливают отверстие вручную и, включив механическую подачу шпинделя, следят за поворотом кругового лимба до деления, соответствующего глубине отверстия. После этого выключают механическую подачу и выводят (вручную) сверло из отверстия. При расверливании глухих отверстий вручную подводят второе сверло (до касания наружного диаметра сверла с торцом детали), после чего, включив механическую подачу, отсчитывают глубину сверления по лимбу подачи шпинделя.

Отверстия, длина которых меньше пяти диаметров сверла, при нормальном вылете шпинделя сверлят по разметке без направления сверла. При точном расположении отверстия (отношения длины отверстия к диаметру больше 5) сверла направляют через втулки (установленные в приспособлении) или через предварительно обработанные отверстия в одной из стенок детали. Если отверстие расположено на значительном расстоянии от торца шпинделя применяют удлиненную оправку, входящую по скользящей посадке в направляющую втулку.

В качестве СОЖ при сверлении используют эмульсию или



керосин (расход СОЖ 10—12 л/мин). Применение охлаждения при обработке стали позволяет увеличить скорость резания на 25—30%.

Поломка сверл может произойти вследствие выкрашивания режущих кромок, затупления, износа или повреждения кромок ленточек или поломки лапки хвостовика. Чтобы предотвратить поломку сверл по указанным причинам, необходимо уменьшить скорость резания, заточить сверло, уменьшить подачу, заменить направляющую втулку с прослабленным диаметром отверстия, своевременно очищать сверло от стружки, обеспечить правильное сопряжение конических поверхностей инструмента, переходной втулки и шпинделя.

При сверлении деталей на расточных станках могут быть следующие погрешности обработки: уход сверла от заданной оси, разбивка отверстия по диаметру, неудовлетворительная шероховатость обработки или смещение оси отверстия от базовых поверхностей.

Причины увода сверла от заданной оси: продольный изгиб сверла, неплотная посадка конуса сверла в шпинделе станка, непараллельность оси шпинделя направляющим станка или перпендикулярность поверхности детали направлению подачи сверла.

Причины разбивки отверстия при сверлении: несоосность осей хвостовика и рабочей части сверла, смещение оси заборного конуса относительно хвостовика, неравенство режущих кромок при заточке или биение оси шпинделя станка.

Неудовлетворительная шероховатость обработки отверстия сверлом и смещение оси отверстия от базовых поверхностей также являются следствием указанных выше причин, но, кроме того, зависят и от качества заточки, состояния режущих кромок и ленточки, правильности координации инструмента при установке.

Увод сверла от заданной оси можно предупредить двойной заточкой с подточкой перемычки и ленточки, предварительной засверловкой жестким укороченным сверлом, применением удлиненных направляющих втулок при сверлении отверстий в нескольких стенках, ликвидацией забоин и загрязнения конусов инструмента и шпинделя, перемещением шпинделя (а не стола) во время обработки и фрезерованием торца детали перед сверлением.

Разбивку отверстия по диаметру также можно предупредить, если соблюдать технические условия на биение рабочей части сверла относительно хвостовика (диаметр сверла до 20 мм — биение не более 0,12 мм, диаметр 20—50 мм — 0,15 мм, диаметр свыше 50 мм — 0,18 мм), затачивать режущие кромки сверла с базой от хвостовика и контролировать равенство длин режущих кромок.

Рассверливанием называется сверление предварительно просверленного отверстия. Рассверливание применяют



при обработке отверстий в сплошном материале диаметром свыше 30 мм.

Обработка больших отверстий двумя или тремя сверлами более производительна, чем одним сверлом, так как сверло большого диаметра имеет широкую поперечную кромку, которая вызывает значительные осевые усилия. В результате снижается подача и увеличивается время сверления. Три сверла применяют при обработке отверстий диаметром свыше 50 мм. При рассверливании отверстий припуск на сторону для каждого следующего сверла составляет 10—12 мм. Режим резания при рассверливании отверстий выбирают по справочникам.

Зенкерование отверстий производят зенкерами для повышения качества поверхности и точности отверстий, полученных предварительным сверлением или литьем, ковкой, штамповкой. Выбор типа зенкера зависит от материала, размеров и состояния поверхностей, отверстий обрабатываемой детали, характера выполняемой операции (обработки отверстия, выточки, бобышки, ступенчатых отверстий и др.).

Средние значения припуска на диаметр, снимаемый при зенкерование, равны: для диаметра отверстия 20 мм — 1 мм, для диаметра 30 мм — 2, для диаметра 50 мм — 3, для диаметра 65 мм — 4, для диаметра 80 мм — 5 мм.

Зенкер, являясь многолезвийным инструментом, несколько выправляет ось отверстия, полученного предварительной обработкой. Однако если ось отверстия сильно искривлена, припуск под зенкер распределяется неравномерно и на противоположных сторонах отверстия возникает разность сил резания, которая изгибает оправку зенкера и вызывает искривление оси отверстия после обработки зенкером. Прямолинейность оси отверстия после зенкерования можно обеспечить при условии применения жесткой короткой оправки и последовательной обработки отверстия двумя зенкерами с большим углом в плане  $\phi$ .

Зенкерование позволяет получить точность обрабатываемых отверстий 11-го качества и параметр шероховатости  $Ra = 2,5 \div 1,25$ .

Режим резания при зенкерование выбирают по справочникам.

Охлаждение при зенкерование такое же, как при сверлении.

Зенкерование цилиндрических и конических углублений и цекование (зачистка) торцовых поверхностей бобышек применяют для установки головок винтов впотай или для образования опорных площадок под головки винтов или шайбы.

При зенкерование могут появиться дефекты обработки поверхностей и отверстий: задиры и глубокие риски от прилипания частиц металла к инструменту, разбивание диаметра отверстия за пределы припуска под развертку, появление дробленной поверхности и выкрашивание режущей кромки из-за вибрации зенкера. Для предупреждения этих дефектов следует смазать зенкер керосином, или индустриальным маслом, изменить



геометрию заточки (угол  $\varphi$ ), уменьшить диаметр зенкера или повысить подачу до предельно допустимой по прочности инструмента.

Измерение отверстий при сверлении и зенкеровании производят штангенциркулем, штангенглубиномером или индикаторным нутромером.

Точность обработки и формы отверстия будет тем выше, чем меньше и равномернее припуск на обработку, лучше направление инструмента и инструмент имеет больше лезвий при достаточной жесткости.

### **§ 39. Развертывание и растачивание цилиндрических отверстий**

Окончательную форму отверстий на горизонтально-расточных станках, как правило, получают путем развертывания (для отверстий диаметром до 300 мм) или чистового растачивания (для отверстий диаметром свыше 300 мм), а также (реже) шлифованием, хонингованием и притиркой.

Величина припуска под развертку лимитируется высотой микронеровностей, образованных предшествующими инструментами, и глубиной деформированного слоя, имеющего повышенную твердость по сравнению с основным материалом. Припуски под черновое развертывание составляют 0,2—0,25 мм, под чистовое развертывание — 0,05—0,1 мм. Толщина срезаемого слоя, приходящаяся на один зуб, 0,03—0,04 мм (угол заборного конуса для чугуна  $\varphi = 4^\circ$ , для стали  $\varphi = 15^\circ$ ).

Для получения параметра шероховатости  $Ra = 1,25 \div 0,63$  при двукратном развертывании быстрорежущей разверткой для чугуна рекомендуется скорость резания 2—4 м/мин, для стали 6—9 м/мин со смазыванием машинным маслом или керосином.

Для получения параметра шероховатости  $Ra = 2,5 \div 1,25$  при обработке чугуна твердосплавными развертками диаметром до 100 мм без охлаждения допустима скорость резания 25—30 м/мин.

Смазывание обрабатываемой поверхности керосином на глубину слоя, снимаемого разверткой, уменьшает шероховатость поверхности (так как при этом уменьшается сила трения и устраняется приваривание мельчайших частиц стружки к режущей кромке). Однако при этом развертка быстрее изнашивается.

Режимы резания при развертывании отверстий определяют по справочникам, исходя из требуемых точности и шероховатости отверстий.

Припуск на развертывание зависит от диаметра отверстия и схемы обработки.

Развертывание обеспечивает 6—7-й квалитеты точности отверстия и параметр шероховатости  $Ra = 2,5 \div 0,32$ .

Развертки насадные, с коническим хвостовиком закрепляют в оправках, имеющих шарнирное или «плавающее» соединения, благодаря чему они самоустанавливаются по отверстию. Раз-



вертки на борштангах закрепляют жестко, но при этом их радиальное биение не должно превышать 0,02—0,03 мм. При длине оправок с «плавающими» развертками не более  $6d$  и длине борштанги между опорами не более  $20d$  вибрации при развертывании отсутствуют.

Высокое качество развертывания сквозных и глухих отверстий обеспечивают: предварительной обработкой торца или снятием фаски для удаления твердой корки; соблюдением правильной геометрической формы и прямолинейности оси отверстия, подготовленного под развертку; регламентированным и нормально распределенным припуском; отсутствием биения и искривлений оси оправок и борштанг; точным совмещением оси обрабатываемого отверстия с осью шпинделя; применением всех инструментов, предусмотренных схемой обработки, смазочно-охлаждающих жидкостей и максимально возможных подач при черновом развертывании. При развертывании чугуна применяют смазывание керосином или маслом для предотвращения «разбивания» отверстия и повышения качества поверхности.

При развертывании могут быть следующие дефекты: не выдержан диаметр отверстия; остались следы предварительной обработки; дробления, надиры или выхваты; заедание и поломка разверток. Для предупреждения и исправления этих дефектов могут быть приняты такие меры, как доводка разверток по диаметру, совмещение осей развертки и отверстия, уменьшение скорости резания, затачивание развертки, проверка биения оправки и развертки, повышение припуска под развертывание.

**Р а с т а ч и в а н и е** цилиндрических отверстий резцом в отличие от сверления и зенкерования позволяет получить лучшую прямолинейность оси отверстия и более высокую точность размеров.

Однако в отношении шероховатости обработанной поверхности и производительности обработки растачивание отверстий менее эффективно, чем развертывание. Поэтому в общем виде последовательность применения инструментов при обработке отверстий такова: сверление; рассверливание; зенкерование; растачивание; развертывание. В зависимости от конкретных условий могут быть применены следующие типовые схемы обработки отверстий на расточных станках.

*Схема 1:* сверление, рассверливание, зенкерование, развертывание (при обработке отверстий диаметром до 65 мм в сплошном материале, отношении длины отверстия к диаметру не более 5, неточном расположении отверстий от базовых поверхностей).

*Схема 2:* сверление, рассверливание, растачивание, развертывание (при обработке отверстий в сплошном материале, отношении длины отверстий к диаметру более 5, точном расположении отверстий относительно базовых поверхностей). В этой схеме развертыванию может предшествовать дополнительное зенкерование отверстия.

*Схема 3:* зенкерование, растачивание, развертывание (при об-



работке отлитых отверстий диаметром 60—100 мм, длиной до 300 мм).

*Схема 4:* растачивание, развертывание (при обработке отлитых отверстий диаметром 100—300 мм, длиной до 400 мм).

Расточные резцы, борштанги, оправки и расточные головки выбирают в зависимости от диаметра и длины обрабатываемого отверстия, конструкции, жесткости и габарита обрабатываемой детали. Диаметр оправки или борштанги выбирают с учетом наибольшей жесткости и обеспечения выхода стружки. Длина борштанги или оправки должна быть минимальной, но достаточной для консольной обработки отверстия или направления в задней стойке, люнете или приспособлении.

Расточные блоки и головки применяют при обработке отверстий диаметром более 130 мм. При черновом растачивании отверстий в нескольких стенках для повышения производительности используют борштанги с соответствующим числом расточных резцов, закрепленных в отверстиях борштанг.

Необходимость разделения обработки отверстий на черновую и чистовую вызывается следующими обстоятельствами: припуск на сторону для предварительно отлитых отверстий достигает 15 мм при неравномерном распределении припуска по окружности и наличии твердой корки, загрязненной посторонними примесями.

Разделение обработки на черновую и чистовую позволяет выделить для грубой обработки менее точные станки и сохранить от поломок станки для точной обработки.

Отверстия диаметром до 150 мм обрабатывают за один-два хода одним резцом, закрепленным в консольной оправке.

Отверстия диаметром более 150 мм растачивают одновременно двумя упорно-проходными резцами, закрепленными на диаметрально противоположных сторонах консольной оправки.

Сквозные отверстия обрабатывают двумя способами: с помощью концевых расточных оправок и головок (консольная обработка отверстий); с помощью расточных борштанг. Консольная обработка отверстий более предпочтительна, чем обработка борштангой с опорой, расположенной за деталью. Это объясняется большей жесткостью инструмента и возможностью применения более высоких режимов резания, благодаря чему достигается и большая производительность обработки.

Глухие отверстия обрабатывают только консольным инструментом. При этом резец закрепляют в окне концевой оправки в наклонном положении так, чтобы режущая кромка резца выступала за торец оправки.

Способы растачивания сквозных и глухих отверстий, диаметр которых меньше диаметра шпинделя, различают также по способу осуществления подачи:

инструменту, закрепленному в шпинделе, сообщается главное вращательное движение и осевая подача; при этом с возраста-



нием вылета шпинделя отжим резца увеличивается и геометрическая форма отверстия искажается;

инструменту, закрепленному в шпинделе, сообщается только главное вращательное движение, а движение подачи сообщается столу с изделием; при этом вылет шпинделя не изменяется и форма отверстия искажается меньше; этот способ применяют для обработки точных отверстий.

Ступенчатые отверстия, расположенные с двух сторон, растачивают расточными правыми и левыми упорно-проходными и подрезными резцами с углом установки режущей кромки резца к оси оправки  $\varphi = 90^\circ$ . Растачивание ступеней с наружной и внутренней сторон выполняют с изменением направления осевой подачи, заменой и установкой резцов по диаметру и углу  $\varphi = 90^\circ$  к образующей оправки.

Растачивание отверстий с параллельными осями без кондуктора при расположении отверстий в одной стенке производят в несколько приемов:

- установка детали с выверкой положения по двум базовым поверхностям (основанию и боковому торцу);

- центрирование шпинделя с осью первого отверстия, связанного с базовыми поверхностями, с помощью контрольного валика (ловителя), вставленного в шпиндель станка, и набора мерительных плиток, установленных между столом и ловителем или планкой, прикрепленной к боковой базе, и ловителем;

- окончательная обработка первого отверстия;

- контроль координат мерительными плитками;

- центрирование шпинделя с параллельной осью второго отверстия с помощью контрольного валика, вставленного в первое отверстие ловителя, установленного в шпиндель, и мерительных плиток, набранных со скользящей посадкой между ловителем и контрольным валиком первого отверстия.

Перемещения стола и шпиндельной бабки по координатам второго отверстия отсчитывают по линейкам станка или с помощью координатного измерительного устройства.

Растачивание отверстий с параллельными осями в двух стенках детали производят с поворотом стола на  $180^\circ$  и повторным центрированием шпинделя с осями отверстий.

Отверстия с взаимно перпендикулярными осями растачивают в такой последовательности: установка, выверка и закрепление детали на столе; центрирование шпинделя с осью первого отверстия; обработка первого отверстия; поворот стола с деталью на угол  $90^\circ$ ; совмещение оси шпинделя с осью первого отверстия с помощью контрольного валика, вставленного в первое отверстие, ловителя, установленного в шпиндель, и контрольной втулки, надетой на ловитель (наружный диаметр втулки равен диаметру контрольного валика, поэтому лекальная линейка, установленная сверху и снизу по образующей втулки, должна касаться диаметра контрольного валика);



совмещение оси шпинделя с осью второго отверстия по заданному размеру от бокового торца детали;  
обработка второго отверстия.

Центрирование шпинделя с осями обрабатываемых отверстий с помощью накладных шаблонов, приспособлений и кондукторов весьма эффективно при обработке определенной партии деталей.

Неправильный размер отверстия является следствием ошибочной установки резца на размер, отжима резца и оправки или неточности изготовления и заточки многолезвийного инструмента. Устранение погрешности достигается периодической проверкой установки резца микрометрическими приборами и калибрами, уменьшением вылета резца и повышением жесткости оправки или борштанги, раздельной черновой и чистовой обработкой с охлаждением, уменьшением величины припуска, проверкой биения развертки индикатором и уменьшением массы развертки.

Неправильный размер наружной цилиндрической поверхности может иметь место из-за неточной установки и недостаточной жесткости резца, патрона, радиального суппорта или летучего суппорта. Дефект устраняется пробной проточкой пояска, повышением жесткости резца, патрона, суппорта, измерением детали без усилий и перекоса измерительного инструмента, применением подрезного резца с углом в плане  $90^\circ$  и малым радиусом при вершине, систематической проверкой и регулированием величины зазора в подшипниках шпинделя.

Конусность наружных цилиндрических поверхностей и отверстия устраняется уменьшением общего вылета резца, применением подачи стола с деталью на инструмент, доводкой твердосплавного инструмента, применением дополнительного получистового прохода и дополнительной опоры расточного шпинделя или борштанги. Бочкообразность отверстия устраняется проверкой прямолинейности направляющих станины, подтягиванием клиньев и прижимных планок. Отклонение от соосности отверстий, расположенных на одной оси, предотвращается снижением режима обработки, применением дополнительных опор оправок и борштанг, обработкой с одного установа без поворота детали, перепроверкой координации инструмента при обработке с двух сторон, введением дополнительного хода и повышением жесткости крепления детали.

Искривление оси соосных отверстий может явиться следствием перемены направления подачи, а отклонение от параллельности отверстий — неправильной установки борштанги относительно плоскости стола и оси шпинделя или деформации детали. Необходима дополнительная проверка положения борштанги и детали по базовым поверхностям на параллельность оси шпинделя и отсутствие деформации детали при закреплении с помощью индикатора. Отклонение от параллельности торцовых поверхностей к осям отверстий исключается при обработке от-



верстия и торца с одной установки детали, уменьшением подачи и увеличением числа ходов при подрезании торцовых поверхностей. Для устранения выпуклости и вогнутости поверхности необходимо проверять перпендикулярность режущей кромки резца к цилиндрической поверхности оправки или борштанги и правильность перемещения суппорта.

#### § 40. Режимы резания при растачивании отверстий

Глубина резания зависит от припуска на обработку и числа ходов. Выгоднее вести обработку с возможно меньшим числом ходов.

Максимально допустимая глубина резания (мм) в зависимости от диаметра оправки или борштанги

Диаметр оправки или борштанги . . . . .	50	70	90	110	125	150
Сталь . . . . .	3	5	8	10	12	15
Чугун . . . . .	5	8	12	15	18	22

Подачи при полуступенчатом растачивании стали приведены в табл. 17.

Шероховатость в зависимости от вида обработки показана в табл. 18.

#### § 41. Нарезание резьбы

Отверстия под резьбу диаметром до 30 мм обрабатывают сверлением (типы сверл показаны на рис. 132), а диаметром свыше 30 мм — сверлением, рассверливанием, зенкерованием или растачиванием. Диаметр отверстия под резьбу должен быть несколько больше внутреннего диаметра резьбы, так как при обработке метчиком металл «течет» (т. е. внутренний диаметр резьбы получается меньше отверстия под резьбу). Диаметр сверла под метрическую резьбу рассчитывают по формуле  $d = D - 1,6t$ , где  $D$  — наружный диаметр резьбы, мм;  $t$  — высота профиля резьбы, мм.

На расточных станках резьбу нарезают резцами и метчиками, последние обеспечивают более высокую производительность обработки и поэтому получили более широкое применение.

Для получения чистой поверхности резьбы контролируют притупление режущей части метчика по профилю (которое не должно превышать 0,4—0,7 мм для метчиков с шагом 0,5—2,5 мм).

Метчики крепят в патронах с предохранительной пружиной (обеспечивающих нарезание резьбы в упор) или в специальных патронах с выдвижной втулкой (последняя в процессе работы перемещается в осевом направлении независимо от шпинделя,



## 17. Подача при полуставном растачивании стали

Параметр шероховатости, мкм	Радиус при вершине резца, мм	Скорость резания, м/мин	
		30—70	80 и выше
		Подача $S$ , мм/об	
$Rz = 40 \div 20$	0,5	0,30—0,52	0,46—0,55
	1,0	0,44—0,63	0,57—0,65
	2,0	0,57—0,69	0,67—0,69
$Rz = 20 \div 10$	0,5	0,17—0,26	0,23—0,39
	1,0	0,22—0,37	0,30—0,46
	2,0	0,30—0,52	0,44—0,54
$Ra = 2,5 \div 1,25$	0,5	0,11—0,14	0,11—0,22
	1,0	0,14—0,19	0,16—0,30
	2,0	0,16—0,25	0,21—0,38

Примечание. Поддачи в таблице рассчитаны на обработку стали  $\sigma_b = 700 \div 900$  МПа. При обработке стали с другими значениями  $\sigma_b$  табличные значения поддачи следует умножить на коэффициенты: для  $\sigma_b > 50$  МПа  $K = 0,7$ ; для  $\sigma_b = 500 \div 700$  МПа  $K = 0,75$ ; для  $\sigma_b = 900 \div 1200$  МПа  $K = 1,25$ .

## 18. Шероховатость поверхности при расточных работах

Вид обработки	Инструмент	Параметр шероховатости, мкм
Растачивание	Резец	$Rz = 80 \div 10$
Развертывание	Развертка	$Ra = 2,5 \div 0,32$
Подрезка торца	Резец	$Rz = 80 \div 10$
Алмазная расточка	Резец (по стали)	$Ra = 1,25 \div 0,32$
Торцовое фрезерование	Резцовая и ножевая головка	$Rz = 40 \div 10$

в результате чего резьба получается без искажения и деформации профиля).

Для точного совмещения оси метчика с осью отверстия необходимо при замене сверла на метчик не изменять положения шпинделя.

Режимы резания при обработке метчиками выбирают по справочникам.

При нарезании резьбы детали охлаждают сульфифрезолом или эмульсией, содержащей 15—18% эмульсола. К сульфифрезолу рекомендуется добавить 5% скипидара, керосина или жидкого мыла. Расход СОЖ составляет 5—10 л/мин.

Резьбу в чугунных деталях нарезают без охлаждения (или со смазыванием индустриальным маслом).



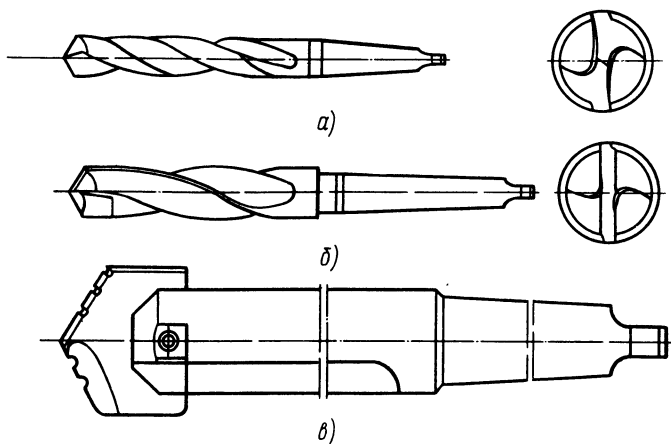


Рис. 132. Сверла:

*а* — цилиндрические с винтовой канавкой и коническим хвостовиком;  
*б* — цилиндрические с пластинами из твердого сплава ВК8; *в* — перовые для обработки глубоких отверстий

Основными видами брака при нарезании резьбы являются: разбивание и конусность резьбы, выкрашивание и поломка метчиков. Разбивание резьбы происходит при отклонении от соосности отверстия под резьбу и метчика, а также при радиальном биении метчика и неисправности резьбонарезного патрона. Конусность резьбы образуется при перекосе осей отверстия и метчика и при отсутствии у метчика обратного конуса. Выкрашивание метчика происходит при его затуплении, а причинами поломки метчика являются упор в дно глухого отверстия; малый диаметр отверстия под резьбу и недостаточная глубина стружечных канавок метчика.

## § 42. Обтачивание наружных и торцовых поверхностей

Обтачивание наружных цилиндрических поверхностей и подрезание торцовых поверхностей производят с использованием радиального суппорта и резцедержателя, расточных патронов с радиальной подачей резца, расточного суппорта с маховиком и зубчатыми колесами и летучего суппорта с радиальной подачей.

Для обтачивания применяют правый проходной отогнутый резец или подрезной резец. После пробного протачивания на 2—3 мм измеряют диаметр штангенциркулем или микрометром и устанавливают резец на окончательный размер. На диаметр обтачивания резец устанавливают ручным перемещением суппорта планшайбы или смещением резца в радиальном направлении по нониусу расточного патрона или суппорта.



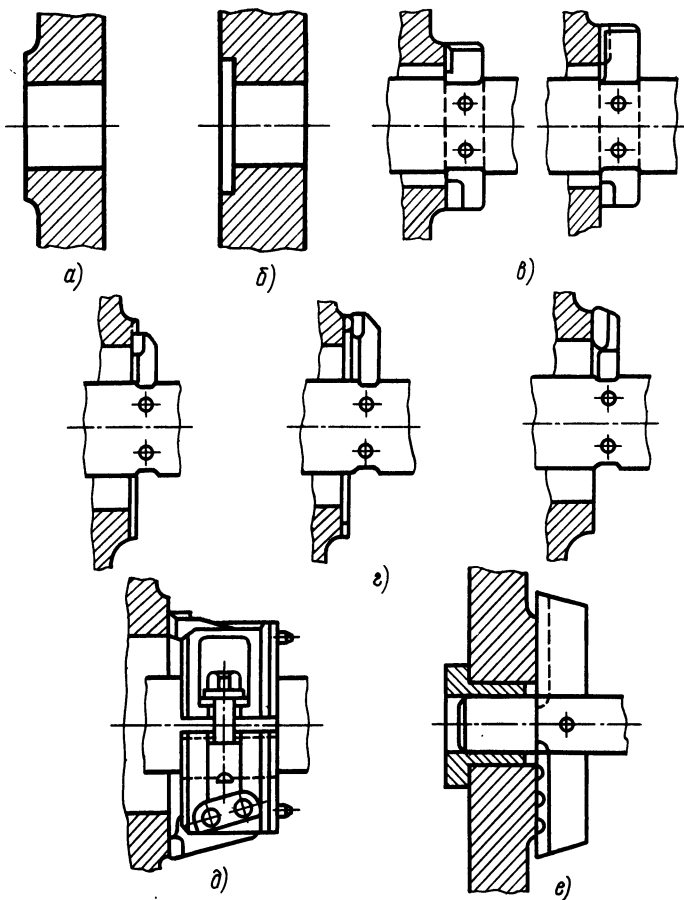


Рис. 133. Виды торцовых поверхностей и способы их обработки с осевой подачей инструмента:

*a* — открытый торец; *б* — закрытый торец; *в* — обработка торца двусторонним резцом (симметричным и несимметричным); *г* — обработка торца односторонним резцом с разделением припуска; *д* — обработка торца разъемным блоком; *е* — обработка торца широким резцом с канавками для дробления стружки

Перемещение стола с деталью (для получения требуемой длины наружной поверхности) отсчитывают по линейке и но- ниусу продольного хода стола.

Торцовые поверхности открытого (рис. 133, *a*) или закрытого (рис. 133, *б*) типа обрабатывают с осевой подачей инструмента, радиальной подачей инструмента и фрезерованием (только для открытых поверхностей).

При обработке с осевой подачей используют следующие ин- струменты: симметричные и несимметричные (рис. 133, *в*) под- резные резцы (обработка за один ход); односторонние (рис. 133,



г) ножи (припуск разделяют на два хода и затем зачищают торец широким резцом); разъемный (рис. 133, д) блок (с разделением припуска); двусторонний резец с канавками для дробления стружки (рис. 133, е).

Радиальную подачу инструмента при обработке торцов производят с помощью державки (закрепленной на кулисе планшайбы), расточной головки (с радиальной подачей резца) или летучего суппорта (установленного на планшайбе).

При подрезании торцов широким резцом, закрепленным на оправке, (последнюю в целях повышения жесткости) вставляют в отверстие детали или в переходную втулку, размещенную в детали.

### **§ 43. Контроль плоских поверхностей**

Существуют следующие методы проверки прямолинейности плоскостей:

- по лекальной линейке;
- на краску по контрольной плите;
- по контрольной линейке (на краску, с помощью концевых мер или с применением индикатора).

Прямолинейность небольших поверхностей (длиной до 500 мм) проверяют, накладывая на поверхность детали лекальную линейку и наблюдая за световой щелью между кромкой линейки и поверхностью детали.

При проверке на краску плоскостей длиной до 2 м с помощью контрольной плиты или линейки контролируют равномерность расположения окрашенных пятен и число этих пятен, приходящееся на квадрат со стороной 25 мм.

При проверке контрольной линейкой под щуп или концевыми мерами удастся замерять отклонения от прямолинейности с точностью до 0,02 мм. Под линейку длиной свыше 500 мм для уменьшения ее прогиба под действием собственной массы подкладывают две измерительные плитки одинаковой высоты на расстоянии  $\frac{2}{9}$  ее длины, считая от концов линейки. При измерении записывают величины зазоров между линейкой и плоскостью. Перемещая линейку через определенные расстояния, кратные ее длине, строят соответствующий график, который дает наглядное представление об отклонении плоскости от прямолинейности.

При проверке плоскости индикатор перемещают по шагу вдоль линейки, опираясь измерительным штифтом о верхнюю полку линейки. Колебание показаний стрелки индикатора указывает степень отклонения плоскости от прямолинейности. По показаниям индикатора может быть построен график прямолинейности плоскости с точностью до 0,01 мм.

Проверку плоскостности по рамному или универсальному уровню применяют для плоскостей длиной более 2 м; точность замера до 0,01 мм на длине 1 м.



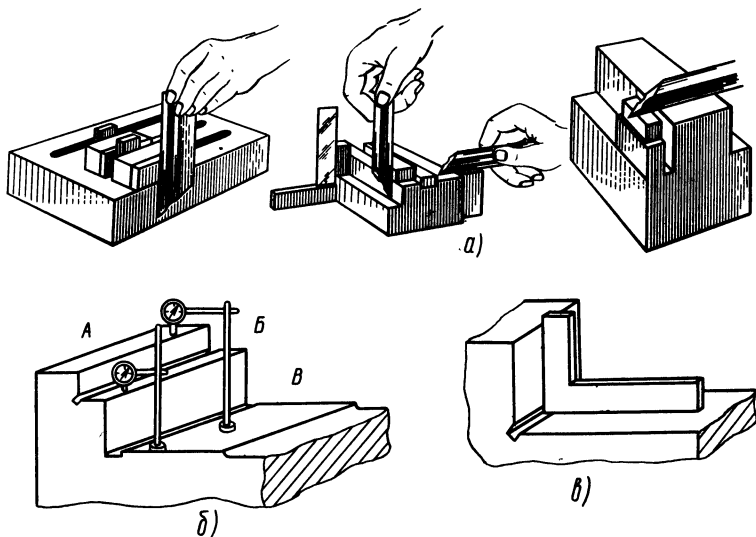


Рис. 134. Контроль параллельности и перпендикулярности поверхностей:  
*а* — проверка параллельности поверхностей непосредственным измерением размера между поверхностями; *б* — то же, способом сравнения с исходной базой;  
*в* — проверка перпендикулярности поверхностей угольником

П а р а л л е л ь н о с т ь поверхностей проверяют (рис. 134, *а, б*): непосредственным измерением размера между поверхностями универсальными измерительными приборами (штангенциркулем, штангмассом, глубиномером, концевыми мерами, микрометром и др.); сравнением с исходной базой (рис. 134, *б*), когда, например, параллельность плоскостей *А* и *Б* контролируют, сравнивая показания индикатора для этих поверхностей при перемещении индикатора вдоль исходной базовой поверхности *В*.

П е р п е н д и к у л я р н о с т ь поверхностей проверяют (с точностью до 0,02 мм на 1 м длины) с помощью угольника (рис. 134, *в*), универсального или рамного уровня.

#### § 44. Погрешности формы поверхностей и расположения отверстий в корпусных деталях

Погрешности формы поверхностей определяются влиянием факторов, не зависящих от нагрузки (геометрические погрешности станка, зазоры в технологической системе, вызывающие самопроизвольное перемещение частей станка) и зависящих от нагрузки, учитываемые как погрешность размеров, определяющих точность формы, и рассчитываемые как разность размеров одной и той же детали.

Погрешность формы в продольном направлении определяется измерением конусности ( $\Delta_k$ ) и в поперечном направлении — измерением овальности ( $\Delta_o$ ) отверстия.



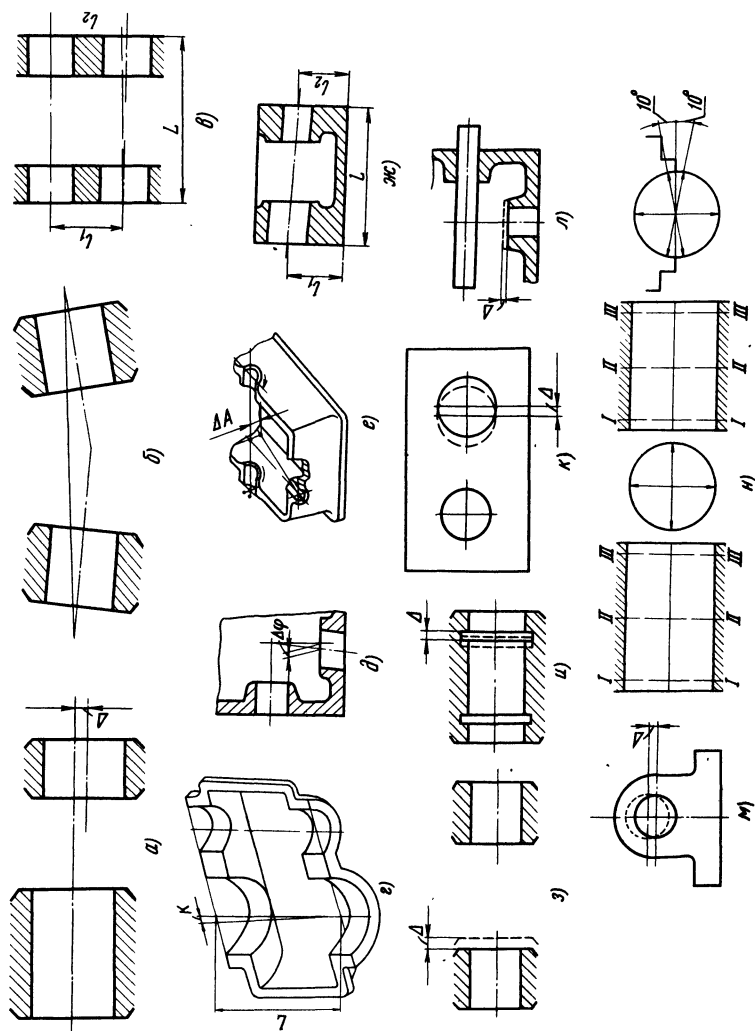


Рис. 135. Погрешности расположения отверстий и отклонения их геометрической формы:

*a* — смещение осей; *б* — отклонение от прямолинейности осей; *в* — отклонение от параллельности осей; *г* — перекося осей; *д* — ошибка в углах между осями; *е* — нескрещивание осей; *ж* — отклонение от параллельности осей; *з* — ошибка в базовой поверхности; *и* — ошибка в расстоянии между торцами отверстий; *к* — ошибка в расстоянии между кольцевыми канавками; *л* — ошибка в расстоянии между осью одного и торцом другого отверстия; *м* — ошибка в расстоянии между осью отверстия и базовой поверхностью; *н* — конусность и овальность отверстий



Суммарная погрешность формы  $\Delta_{\phi} = \Delta_{\kappa} + \Delta_{\sigma}$ . Типы погрешностей расположения отверстий следующие:

смещение осей отверстий  $\Delta$  — выражается расстоянием между осями (рис. 135, а);

отклонение от прямолинейности оси соосных отверстий — определяется как отклонение осей отверстий от прямой (рис. 135, б);

отклонение от параллельности осей отверстий — представляет собой отношение разности расстояний между осями в двух поперечных сечениях к расстоянию между сечениями (рис. 135, в);

перекос осей — отношение разности  $K$  расстояний от двух точек одной оси до плоскости, проходящей через вторую ось и общей перпендикуляр для обеих осей, к ширине корпуса  $L$  (рис. 135, г);

ошибка в угле  $\Delta_{\phi}$  между осями отверстий выражается разностью между действительными и номинальными углами  $\Delta_{\phi} = \phi_d - \phi_n$  (рис. 135, д);

нескрещивание двух пересекающихся осей определяется как наименьшее расстояние между ними (рис. 135, е);

отклонение от параллельности оси отверстий базовой поверхности представляет собой отношение разности расстояния от оси до базовой поверхности в двух поперечных сечениях к расстоянию между ними (рис. 135, ж);

ошибка  $\Delta$  в расстоянии между торцами соосных отверстий (рис. 135, з), кольцевыми канавками для фиксации подшипников качения (рис. 135, и), осями отверстий (рис. 135, к), осью одного и торцом другого отверстия с перпендикулярной осью (рис. 135, л), осью отверстия и базовой поверхностью (рис. 135, м) определяется как разность между действительным и номинальным размерами.

Смещение осей соосных отверстий и отклонение от параллельности осей при наличии трех опор и более одного вала не должны превышать 0,02—0,03 мм, для двух опор — 0,03—0,05 мм в зависимости от диаметра и длины растачиваемого отверстия, типа подшипника и точности механизма.

Ошибка в угле между осями отверстий под конические колеса с прямым зубом 3-го и 4-го классов точности не должна превышать 0,02 мм на 100 мм длины оси.

Ошибка в расстоянии между торцовыми поверхностями соосных отверстий и кольцевыми канавками для фиксации подшипников качения допускается в пределах от 0,2 до 2,0 мм. Условные изображения на чертежах точности обработки отверстий показаны в табл. 19.

Отклонение от параллельности оси отверстий базовой поверхности и точность расстояния от оси отверстия до базовой поверхности зависят от характера механизмов, применяемых компенсаторов и способов передачи движения и могут меняться в довольно широких пределах. Более жесткий допуск задается на



# **19. Условное изображение на чертежах точности обработки отверстий**

Содержание технических условий	Допустимое отклонение	Условное обозначение
Перпендикулярность поверхностей	0,03 мм на 100 мм	
Отклонение от параллельности осей отверстий	0,02 мм на 100 мм длины	
Смещение осей отверстий	0,02 мм	
Отклонение от concentricity одной цилиндрической поверхности до другой цилиндрической поверхности	0,01 мм	
Цилиндричность поверхности (овальность)	0,02 мм	
Конусность цилиндрических поверхностей отверстий и валов	0,02 мм на 200 мм длины	

параллельность осей отверстий базовым поверхностям для обеспечения правильного монтажа узлов.

Для конкретных случаев обработки точность расположения отверстий оговаривается в технических условиях чертежей обрабатываемых деталей (см. табл. 19).

## **§ 45. Контроль отверстий**

Отверстия, полученные растачиванием, 6-го и 7-го квалитетов точности проверяют или непосредственно на столе станка при ослабленном креплении, или на контрольной плите, когда раз



ность температур детали и измерительных инструментов не превышает  $3^{\circ}\text{C}$ .

Конусность и овальность отверстия измеряют на длине детали в трех сечениях, перпендикулярных оси отверстия (на расстоянии 15—20 мм от концов отверстия и в середине). В каждой из этих плоскостей делают по два замера во взаимно перпендикулярных направлениях для сплошных отверстий и по три замера для разъемных отверстий (один в вертикальной плоскости и два под углом  $\pm 10^{\circ}$  к плоскости разъема). Отверстия измеряют жесткими калибрами, индикаторными нутромерами или штихмассами с предельной погрешностью измерения до 20 мкм.

Жесткими калибрами измеряют отверстия, диаметры которых соответствуют ГОСТу или расположены в труднодоступных для измерения местах (в последнем случае применяют калибры с удлиненными ручками). Индикаторными нутромерами или штихмассами проверяют отверстия большого диаметра, нестандартного или дробного размера, или выполненные по замерам сопрягаемой детали.

При проверке диаметра отверстия предельным калибром проходной калибр должен входить в отверстие без усилий.

При обработке отверстий борштангами отверстия измеряют без съема борштанг индикаторными устройствами в виде скобы, штангенциркуля, штихмасса или индикатора внутреннего изме-

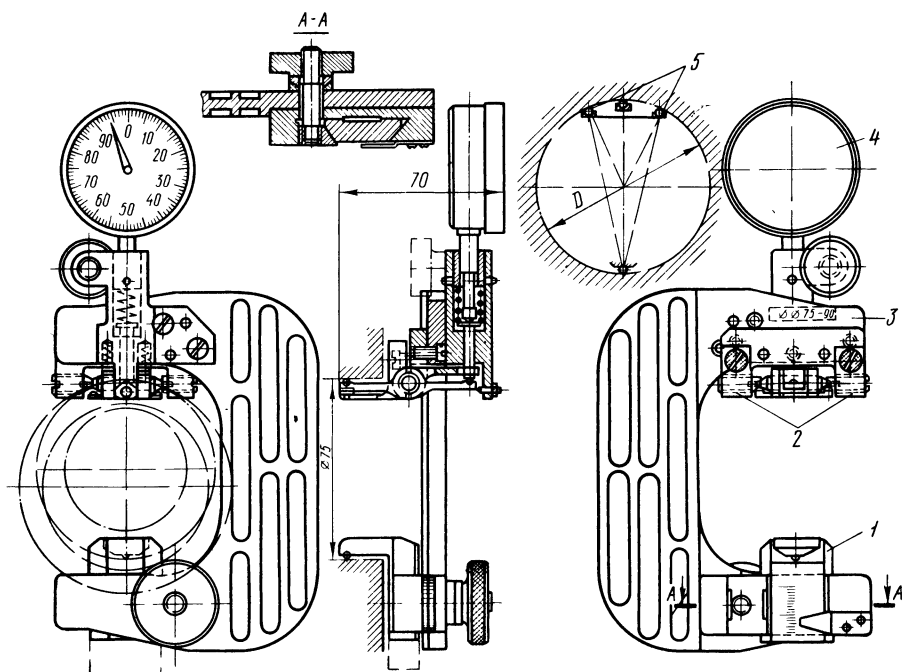


Рис. 136. Индикаторная скоба для проверки отверстий без съема борштанги



рения. Набор из пяти индикаторных скоб (одна из них показана на рис. 136) допускает измерение растачиваемых отверстий диаметром 75—170 мм. Наименьшая разность диаметров отверстия и борттанги 20 мм. Каждая из пяти индикаторных скоб регулируется в пределах 15 мм: 75—90; 95—110; 115—130; 135—150 и 155—170. Пределы измерения маркируют на корпусе скобы 3. Грубую установку на размер диаметра отверстия производят перемещением измерительного наконечника 1 с отсчетом по его шкале. Точную установку на требуемый диаметр выполняют по индикатору 4 и эталонному кольцу. Стрелку индикатора при этом устанавливают с натягом, несколько большим, чем половина предполагаемого отклонения размера отверстия. Головки винтов 2 после регулировки и проверки скобы заливают воском.

Схема проверки отверстий изображена на рис. 136. Два опорных шарика 5 жестко связаны с корпусом 3. Шкалу измеритель-

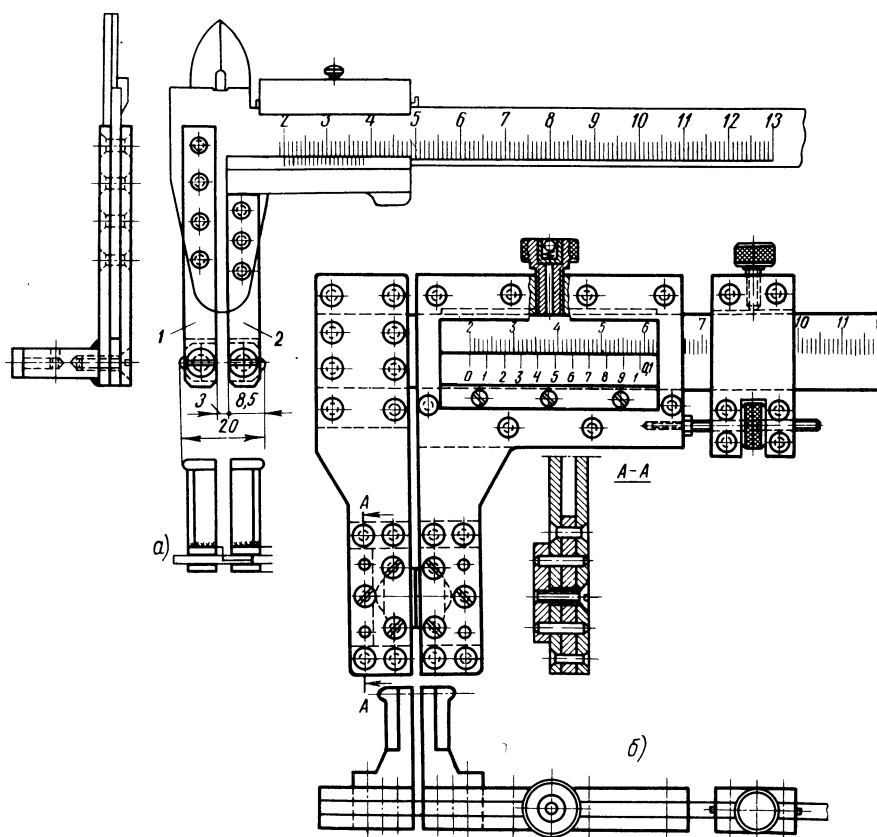


Рис. 137. Специальный штангенциркуль для измерения отверстий диаметром 20—180 (а) и 60—200 (б) мм



ного наконечника 1 тарируют по эталонным измерительным кольцам в пределах заданного интервала диаметров измеряемых отверстий. Индикатор 4 устанавливают в нулевое положение по эталонному кольцу, диаметр которого равен номинальному диаметру измеряемого отверстия.

Специальный штангенциркуль для измерения отверстий диаметром 20—180 мм (рис. 137, а) при расточке без съема борштанг изготавливают из обычного штангенциркуля с длиной измерения 150 мм и величиной отсчета 0,1 мм. Переделка его состоит в следующем: необходимо сошлифовать каждую из губок на 1,5 мм; переклеить деления шкалы, как показано на рисунке; снять планку глубиномера; обработать (на электроискровой установке) семь отверстий диаметром 2,6 мм для крепления планок 1 и 2 к губкам.

Точность показаний специального штангенциркуля проверяют, контролируя измеряемое отверстие диаметром 40, 100 и 150 мм с помощью индикатора внутреннего измерения. Показания индикатора не должны отличаться от показаний штангенциркуля более чем на  $\pm 0,05$  мм. Штангенциркуль можно использовать для измерения отверстия без съема борштанги при усло-

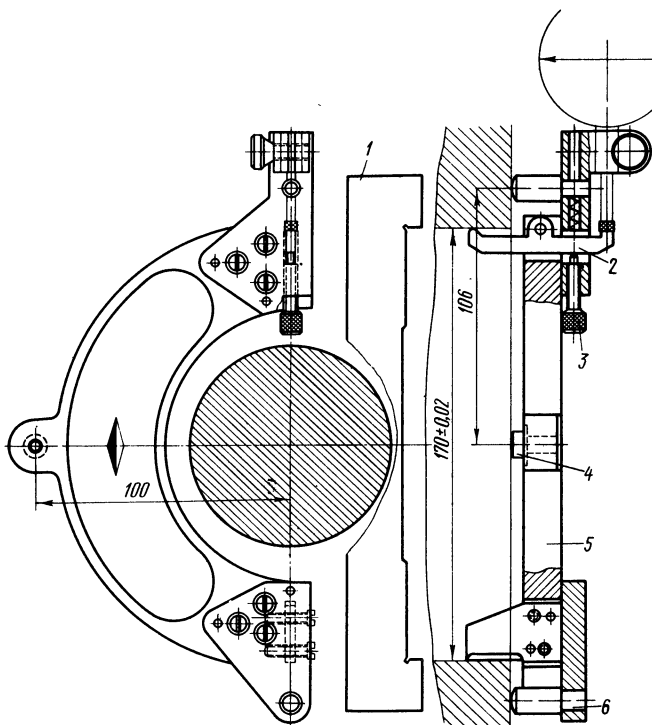


Рис. 138. Штихмасс с индикатором для проверки отверстий без съема борштанги



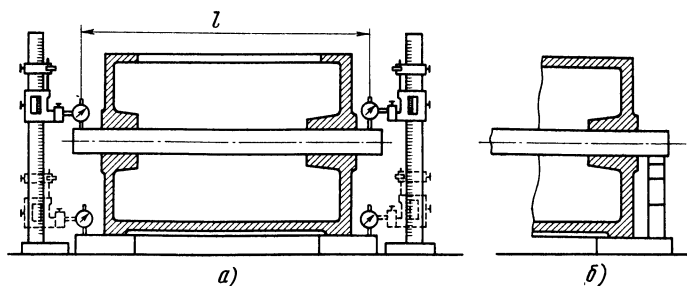


Рис. 139. Контроль расстояния от отверстия до базовой поверхности:

*a* — индикатором; *б* — концевыми мерами

вии, если разность диаметров отверстия и бортштанги составляет не менее 20 мм. Наибольшая глубина измерения отверстия 20 мм.

На рис. 138 показан штихмасс с индикатором для проверки отверстий без съема борштанги, который настраивает на требуемый диаметр отверстия по эталону 1 при нулевом показании стрелки индикатора. Корпус 5 штихмасса удерживают опорами 4 и 6 на предварительно обработанный торец отверстия. При измерении отверстия поворотный рычаг 2 переместит измерительный наконечник индикатора на величину отклонения диаметра отверстия от его заданного значения при соотношении 1:1 плеч рычага 2. Винт 3 ограничивает поворот рычага 5 в нужных пределах.

Расстояние от отверстия до базовой плоскости контролируют с помощью контрольного валика, штангенрейсмаса с индикатором (рис. 139, *a*) или набора концевых мер (рис. 139, *б*).

Контролируемый размер измеряют или непосредственно набором концевых мер от базовой плоскости до валика, или сравнением показаний индикатора — при касании к валику и соответствующему набору концевых мер.

Соосность и геометрию отверстий проверяют непосредственно на станке без изменения установки детали, но при ослабленном креплении. Перемещая стол с деталью при неподвижном шпинделе, измеряют и записывают степень соосности, эллипсность и конусность отверстий по показаниям индикатора, закрепленного в оправке шпинделя, для четырех точек (1, 2, 3, 4) по окружности и двух сечений (I—I, II—II) по длине каждого отверстия (рис. 140).

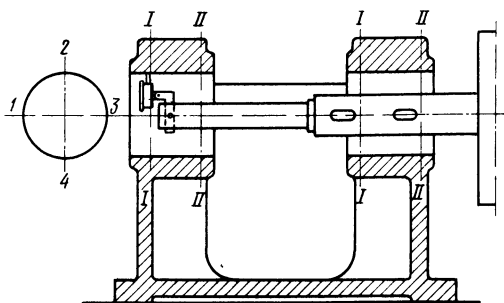


Рис. 140. Проверка соосности отверстий



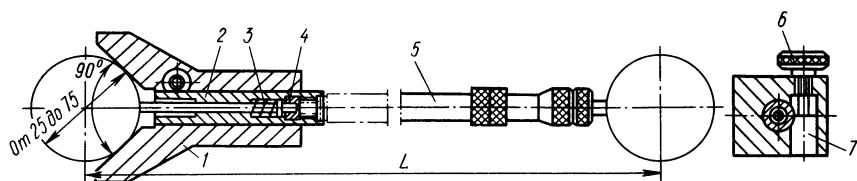


Рис. 141. Микрометрический штихмасс для измерения расстояния между осями отверстий

Соосность трех отверстий и более контролируют с помощью ступенчатого контрольного вала, гладкого вала и переходных втулок, а также специальных индикаторных приспособлений.

Проверка взаимного расположения параллельных осей отверстий состоит из трех элементов контроля: контроль расстояний между осями; контроль параллельности осей; контроль перекоса осей.

Расстояние между осями в зависимости от требуемой точности контролируют штангенциркулем, микрометром или концевыми мерами с применением контрольных валиков и втулок; для этой цели могут быть применены также специальные индикаторные приборы.

Микрометрический штихмасс для измерения расстояния между осями отверстий (рис. 141) состоит из призмы 1, втулки 2, штихмасса 5, пружины 3, резьбовой пробки 4, гайки 6 и стопорного сухаря 7.

Во втулку 2 ввертывается сменный универсальный микроштихмасс, благодаря чему можно измерять межцентровые расстояния 150—500 мм. В обработанные отверстия перед измерением вставляют контрольные валики диаметром 25—75 мм.

При измерении расстояний между осями с помощью контрольных валиков (рис. 142, а) размер  $L$  подсчитывают (после измерения величин  $l_1$  и  $l_2$ ) по формулам, мм:

$$L = l_1 + \frac{D + d}{2},$$

$L = l_2 - \frac{D + d}{2}$ , где  $D$  и  $d$  — диаметры оправок.

Нескрещивание двух пересекающихся осей отверстий измеряют с помощью двух специальных оправок (рис. 142, б).

Перекося осей отверстий при расположении линий центров в горизонтальной плоскости измеряют с помощью контрольных валиков, линейки и уровня (рис. 142, в) и рассчитывают по формуле  $x = (h_1 - h_2)/l$ , где  $x$  — перекося осей отверстий, мм;  $h_1$ ,  $h_2$  — показания уровня для положений 1 и 2;  $l$  — расстояние между контрольными линейками, мм.

Перекося осей отверстий при расположении линии центров в вертикальной плоскости измеряют с помощью контрольных валиков, угольников и уровня (рис. 142, г).

Перекося осей отверстий при наклонном расположении линии



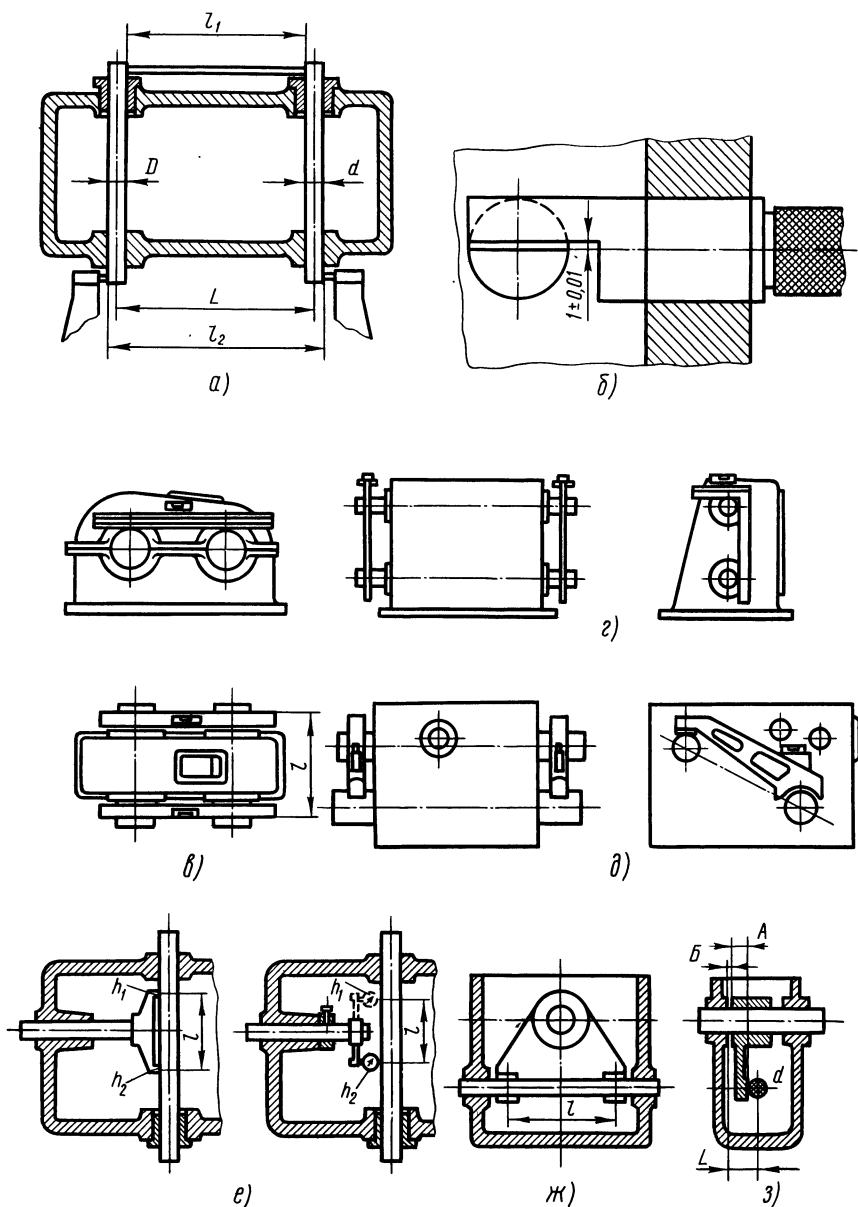


Рис. 142. Контроль расположения осей отверстий:

$a$  — расстояния между осями;  $b$  — нескрещивания осей;  $в$  — перекоса осей отверстий при расположении линии центров в горизонтальной плоскости;  $г$  — то же, в вертикальной плоскости;  $д$  — то же, в наклонной плоскости,  $е$  — угла между перекрещивающимися осями отверстий;  $ж$  — угла между неперекрещивающимися осями отверстий,  $з$  — расстояния от торца до оси нескрещивающихся отверстий



центров измеряют с помощью контрольных валиков, специального прибора и уровня (рис. 142, д).

Точность измерения уровнем при расстоянии между осями отверстий до 1 мм составляет 0,02 мм на длине 1 м и 0,04 мм на 1 м при расстоянии 1—3 м.

Угол между перекрещивающимися осями отверстий проверяют с помощью двух оправок и щупа или индикатора (рис. 142, е). Погрешность углового расположения отверстий характеризуется отношением  $x = (h_1 - h_2) / l$ , где  $x$  — отклонение от перпендикулярности на длине  $l$ , мм;  $h_1, h_2$  — величины зазоров, измеренные щупом, или наибольшие показания индикатора при касании к контрольному валику для положений 1 и 2;  $l$  — расстояние между двумя пластинами вилки или положениями индикатора, мм.

Отклонение от перпендикулярности неперекрещивающихся осей проверяют с помощью двух контрольных оправок и специальной вилки (рис. 142, ж). Погрешность углового расположения отверстий определяют по формуле, аналогичной предыдущей, но  $L_1$  и  $h_2$  в этом случае будут обозначать расстояния от контрольных оправок до контрольных платиков вилки.

Расстояние от оси отверстия до базового торца измеряют с помощью контрольного валика, вилки и концевых мер (рис. 142, з) и рассчитывают по формуле  $L = (d / 2) + A + B$ , где  $d$  — диаметр контрольного валика, мм;  $A$  — постоянный размер вилки, мм;  $B$  — высота набора концевых мер от базового торца до вилки, мм.

**Инструменты для точной установки резцов на размер.** Для точной установки резцов в борштангах и оправках на требуемый размер диаметра растачивания применяют специальные установочные инструменты: жесткие, шкальные и индикаторные.

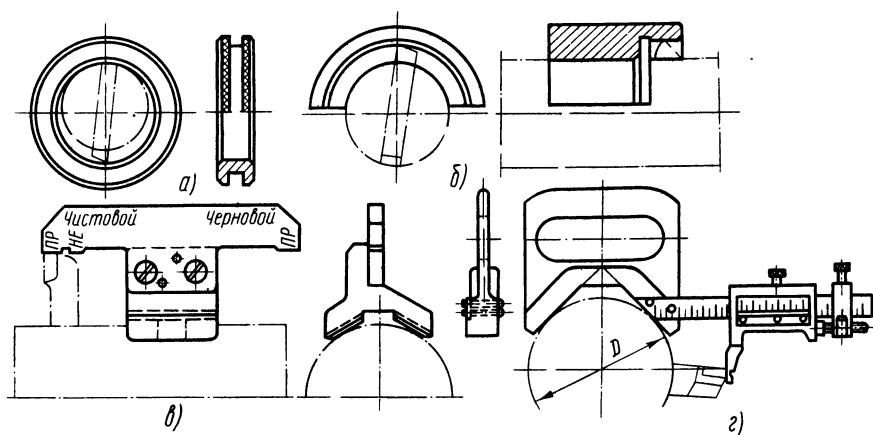


Рис. 143. Инструменты для точной установки резцов на размер:

а — кольцо; б — полукольцо; в — шаблон с призмой; г — шкальный инструмент



Жесткие калибры имеют форму кольца (рис. 143, а), полукольца (рис. 143, б) или призмы (рис. 143, в).

Шкальные инструменты (рис. 143, г) применяют для установки резцов при черновом или получистовом растачивании с точностью 0,05—0,1 мм.

Индикаторные инструменты обеспечивают установку резцов по диаметру в борштангах и оправках с точностью до 0,01 мм.

### Контрольные вопросы

1. Какие формы отверстий обрабатывают на расточных станках?
2. В чем состоит подготовка деталей к обработке на расточном станке?
3. Какой припуск снимается при черновом и чистовом растачивании отверстия  $\varnothing 100H7$ ?
4. Что называется установочной базой?
5. Как производят установку детали при обработке на расточном станке?
6. Какие существуют методы координации инструмента при обработке отверстий на расточном станке?
7. Как производится выверка борштанги при обработке отверстий на расточном станке?
8. Какими способами обрабатывают плоскую поверхность на расточном станке?
9. Как производится обработка соосных отверстий в нескольких стенках корпусных деталей?
10. Объясните схемы обработки, изображенные на рис. 126, 127 и 128.
11. Как проверить параллельность поверхностей?
12. Какие могут быть погрешности в расположении отверстий после их обработки?
13. Как контролируют отверстия при обработке их на расточных станках?
14. Как измерить отверстие без съема борштанги?
15. Как производят точную установку резца в борштанге на заданный диаметр отверстия?



## Глава V

### Технологическая подготовка производства при использовании станков с ЧПУ

#### § 46. Задачи, решаемые при технологической подготовке производства

Технологическая подготовка производства — совокупность взаимосвязанных процессов, обеспечивающих готовность предприятия к выпуску изделий требуемого качества при установленных сроках, объеме выпуска и затратах.

Структурная схема технологической подготовки производства при использовании станков с ЧПУ показана на рис. 144. Цикл такой подготовки охватывает все этапы от выдачи задания на новое изделие до передачи в производство технологической документации и оснастки.

Планово-экономический отдел (ПЭО) предприятия выдает задание отделу главного технолога (ОГТ) на освоение нового изделия, которое включает в себя комплект рабочих чертежей изделия, годовую программу выпуска, партии запуска и срок начала серийного выпуска.

В ОГТ отрабатывают изделие на технологичность, после чего в отделе главного конструктора (ОГК) корректируют чертежи, а в бюро технологической подготовки производства (БТП) разрабатывают маршрутную технологию.

При разработке маршрутной технологии, являющейся одним из основных этапов технологической подготовки производства, учитывают годовую программу выпуска изделий, имеющейся на заводе парк металлорежущего оборудования, техническую оснащенность предприятия и его организационную структуру.

При разработке маршрутной технологии выдают задания на литье, специальный режущий и вспомогательный инструмент, приспособления.

При этом особое внимание уделяют назначению базовых поверхностей и выбору схемы установки детали на столе станка. При отработке детали на технологичность предусматривают возможность изготовления детали за наименьшее число устано-



вок в целях сокращения цикла обработки, объема ручных вспомогательных операций и, как следствие, снижения общей трудоемкости обработки.

В ОГТ разрабатывают техническую документацию на приспособления, специальный инструмент и литейную оснастку, после чего технологическую документацию передают в (БТП), а рабочие чертежи — на производственный участок, где изготовляют оснастку. На основании маршрутной технологии и документации на приспособления, инструмент и заготовку в БТП разрабатывают операционную технологию, где подробно расписывают все рабочие ходы, прорабатывают карты наладки с указанием

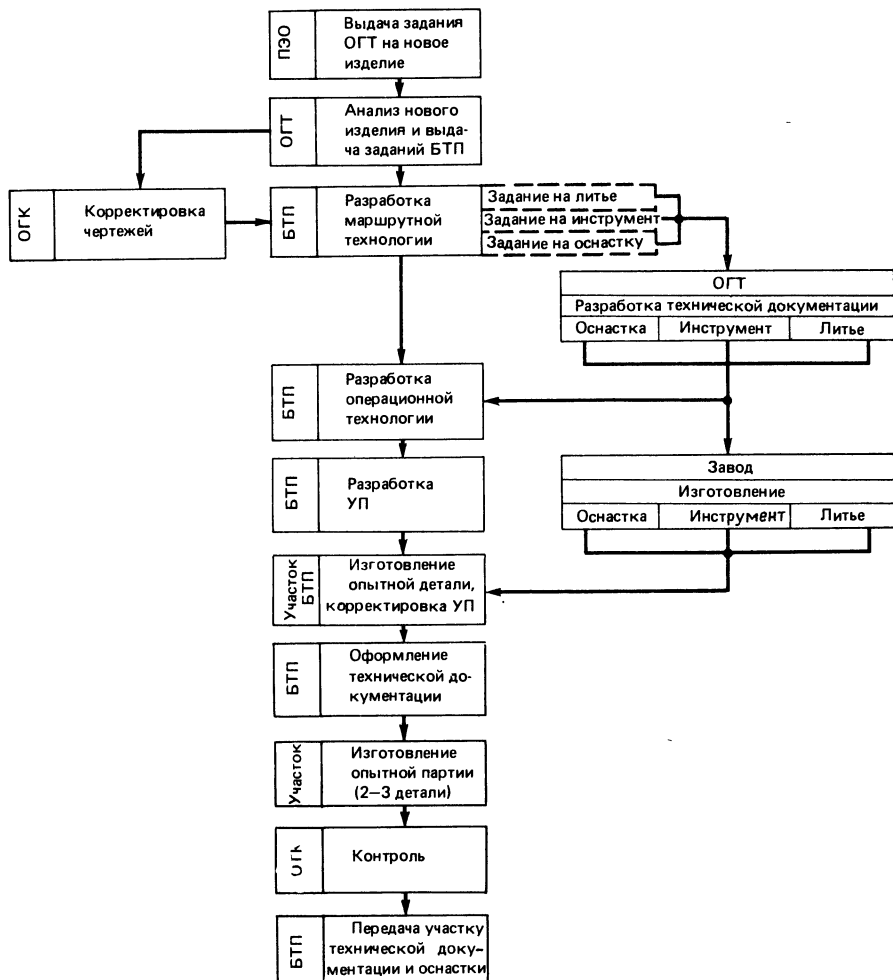


Рис. 144. Структурная схема технологической подготовки производства при использовании станков с ЧПУ



цикла обработки и режимов резания. Особенно подробно операционную технологию разрабатывают при запуске серийных и массовых изделий, изготавливаемых на специализированных и агрегатных станках, а также на станках с ЧПУ, если управляющие программы (VII) для них разрабатывают вручную. При использовании автоматизированной системы подготовки VII, в которой заложены технологические циклы обработки отдельных элементов детали, объем разработки операционной технологии резко уменьшается. В случае развитой системы таких циклов операционная технология может быть сведена к маршрутной.

При разработке УП технологические команды, описанные в операционной технологии, переводят на машинный язык. Как правило, программносителем является восьмидорожечная перфолента, где команды на перемещения рабочих органов станка записаны в коде ISO-7 bit.

Затем проверяют УП, изготавливают опытную деталь, после чего корректируют УП. К этому моменту должны быть изготовлены и собраны приспособления и инструмент, а также подготовлено литье. Во время проверки УП и изготовления опытной детали вносят соответствующие коррективы в технологическую документацию и УП.

Окончательно техническую документацию оформляют только после обработки опытной детали и тщательного контроля точности изготовления всех ее элементов и их взаимного расположения. По откорректированной технической документации изготавливают опытную партию деталей, которую сдают отделу технического контроля (ОТК) завода. После приемки опытной партии ОТК всю техническую документацию (операционную технологию, карты наладки инструмента и приспособлений, УП, распечатки и т. д.) передают в производство.

#### **§ 47. Разработка маршрутной и операционной технологии**

Маршрутная технология — это сокращенное описание в маршрутной карте всех технологических операций в последовательности их выполнения без указания переходов и режимов резания.

Маршрутную технологию разрабатывают на основе отработанных на технологичность чертежей, годовой программы выпуска деталей и партии их запуска, учитывая при этом технические возможности заготовительных и вспомогательных производств и основных (механических) цехов. Для станков с ЧПУ, как правило, составляют маршрутно-операционную технологию, состоящую из маршрутной технологии и полного описания отдельных операций.

Метод получения заготовки (сварка, литье) зависит от конфигурации корпусной детали, программы ее выпуска, а также



от требований к точности изготовления. Тип оборудования для механической обработки и автоматизация производства зависят от программы выпуска. По мере увеличения программы выпуска целесообразна такая последовательность повышения уровня автоматизации обрабатывающего оборудования: универсальные станки с ручным управлением; многоцелевые станки (МС) с ЧПУ и устройством автоматической смены инструмента (АСИ); участки из станков с ЧПУ; станки с ЧПУ без АСИ; станки с ЧПУ, оснащенные револьверной головкой на 4—6 инструментов; специализированные станки-полуавтоматы; станки с ЧПУ со сменными многошпиндельными головками; гибкие производственные системы из станков с ЧПУ, оснащенных многошпиндельными коробками; переналаживаемые автоматические линии; автоматические линии с жесткой связью.

Каждое перебазирование детали обуславливают дополнительные погрешности расположения взаимосвязанных элементов деталей. Поэтому такие поверхности, как взаимноперпендикулярные плоскости, соосные и взаимноперпендикулярные отверстия, в случае повышенных требований к их относительному расположению рекомендуется обрабатывать последовательно за одну установку детали.

При разработке технологического процесса особое внимание необходимо уделять правильной последовательности переходов при обработке элементов детали. Сначала производят черновую обработку плоскостей, отверстий, изготовленных литьем, и предварительную обработку отверстий большого диаметра (20—50 мм), изготовленных не литьем. После черновой обработки делают стабилизирующий отпуск, чтобы снять внутренние напряжения, возникающие в результате вскрытия литейной корки.

Если корпусная деталь изготовлена из модифицированного чугуна, то стабилизирующий отпуск делают до механической обработки, что позволяет для несложных деталей производить черновую и чистовую обработку за одну установку. При этом после черновой обработки уменьшают усилия зажима детали во избежание ее деформации при чистовой обработке.

К корпусным деталям, обрабатываемым на станках с ЧПУ, предъявляют повышенные требования по технологичности, перечисленные ниже.

1. Максимальная унификация элементов деталей (отверстий, радиусов скруглений, диаметров резьб и др.) в целях сокращения номенклатуры режущего инструмента.

2. Надежное базирование и полная обработка детали при минимальном числе установок.

3. Исключение элементов поверхностей, которые трудно обрабатывать на станках с ЧПУ (обратные цековки, закрытые торцы, соосные отверстия в нескольких стенках детали и др.).

4. Применение в конструкции детали криволинейных и сложных фасонных поверхностей, которые можно стабильно обрабатывать на станках с ЧПУ.



5. Возможное усложнение конструкции корпусных деталей (в целях сокращения их числа в узле) для более полного использования возможностей систем ЧПУ.

6. Стабильность припусков на обработку и структуры материала заготовки.

Ниже приведена маршрутная технология обработки корпуса редуктора (рис. 145), годовая программа выпуска которого 2000—3000 шт.

1. Деталь установить на плоскость *Д*, сцентрировать (утопаящими конусами) по отверстиям  $\varnothing 80H7$  и  $\varnothing 52H7$ , зажать через отверстие  $\varnothing 80$  мм.

2. Полностью обработать элементы детали на базовой поверхности *А* и противобазовой поверхности *В*.

2.1. Профрезеровать два платика шириной 25 мм на плоскости *А* за два рабочих хода.

2.2. Просверлить шесть отверстий  $\varnothing 13$  мм.

2.3. Обработать полностью два отверстия  $\varnothing 12H7$ .

2.4. Повернуть деталь на  $180^\circ$ .

2.5. Профрезеровать по контуру фрезой  $\varnothing 80$  мм поверхность *В*.

2.6. Обработать на плоскости *В* восемь отверстий *М6-7Н*.

2.7. Снять фаски на двух отверстиях  $\varnothing 12H7$ .

2.8. Прозенкеровать шесть отверстий  $\varnothing 20$  на глубину 15 мм.

3. Снять деталь и продуть.

4. Установить деталь в специализированное приспособление на плоскость *А* (с базированием на два отверстия  $\varnothing 12H7$ ) и зажать шестью болтами *М12* (плоскостью *Д* к шпинделю).

5. Полностью обработать элементы поверхностей корпуса на плоскостях *Б*, *Г*, *Д* и *Е*.

5.1. Предварительно профрезеровать (фрезой  $\varnothing 125$  мм) плоскости *Б*, *Г* и *Д* (оставив припуск 1 мм) и окончательно — плоскость *Е*.

5.2. Расточить отверстие под  $\varnothing 80H7$  (на плоскости *Д*) до  $\varnothing 79$  мм за два хода.

5.3. Расточить отверстие под  $\varnothing 52H7$  до  $\varnothing 51$  мм за два хода.

5.4. Снять фаски  $2 \times 45^\circ$  на диаметрах 79 и 51 мм.

5.5. Повернуть деталь на  $90^\circ$  (плоскость *Б*).

5.6. Обработать предварительно отверстие под  $\varnothing 80H7$  с буртиком за три хода до  $\varnothing 79$  и 70 мм.

5.7. Снять фаску  $2 \times 45^\circ$  на  $\varnothing 79$  мм.

5.8. Повернуть деталь на  $90^\circ$  (плоскость *Г*).

5.9. Расточить отверстие под  $\varnothing 80H7$  до  $\varnothing 79$  мм за два хода.

5.10. Расточить отверстие под  $\varnothing 52H7$  до  $\varnothing 51$  мм за два хода.

5.11. Снять фаски  $2 \times 45^\circ$  на  $\varnothing 79$  и 51 мм.

5.12. Профрезеровать плоскость *Г* окончательно.

5.13. Зацентрировать, просверлить и нарезать резьбу *М8-7Н* в восьми отверстиях на плоскости *Г*.







- 5.14. Повернуть деталь на  $180^\circ$  (плоскость  $D$ ).
- 5.15. Профрезеровать плоскость  $D$  окончательно.
- 5.16. Расточить два отверстия  $\varnothing 80H7$  окончательно за два хода.
- 5.17. Расточить два отверстия  $\varnothing 52H7$  окончательно за два хода.
- 5.18. Зацентрировать, просверлить и нарезать резьбу  $M8-7H$  в восьми отверстиях на плоскости  $D$ .
- 5.19. Повернуть деталь на  $90^\circ$  (плоскость  $B$ ).
- 5.20. Расточить окончательно отверстие  $\varnothing 80H7$  на глубину  $30_{-0,2}$  мм за два хода.
- 5.21. Зацентрировать, просверлить и нарезать резьбу на глубину 10 мм в четырех отверстиях.
- 5.22. Повернуть деталь на  $180^\circ$  (плоскость  $E$ ).
- 5.23. Обработать резьбовое отверстие  $M22 \times 1,5$  с выточкой.
- 5.24. Обработать коническое отверстие  $K \frac{1}{4}''$ .
6. Снять деталь и промыть.
7. Контрольная операция.

Операционная технология отличается от маршрутной более детальной проработкой всех элементарных переходов с указанием припусков обработки на каждый переход и режимов резания.

Каждый элемент детали обрабатывают, как правило, за несколько переходов, последовательность выполнения которых строго регламентирована (табл. 20). Режимы резания в табл. 20 указаны в м/мин (скорость  $v$  резания), мм/зуб (подача  $S_z$ ), мм/об (подача  $S_0$ ) и мм (глубина  $t$  резания).

При разработке элементарных переходов операционной технологии было принято: 1) заготовкой является литье второго класса точности (припуск на обработку плоскостей 5—7 мм, а на обработку отверстий 8—10 мм на диаметр); 2) деталь обрабатывают в основном инструментом из твердого сплава ВК6 (черновые операции), ВК8 (получистовые операции), ВК6М (чистовые операции); 3) сверла, развертки, зенкеры и метчики — из быстрорежущей стали.

## § 48. Виды программносителей

Практически все станки-автоматы, для которых характерны заранее зафиксированные движения рабочих и вспомогательных узлов, можно считать работающими по программе. В таких станках в качестве программносителей используются кулачки, копиры, мальтийские кресты, упоры и другие кинематические элементы, определяющие (по величине и направлению) движения ряда узлов станка и устройства автоматической смены заготовок, а также скорость и усилие рабочей подачи.

Недостатком станков-автоматов являются значительный износ



20. Таблица операционных переходов обработки корпуса редуктора

Обрабатываемый элемент	Номер перехода				
	1	2	3	4	5
Плоскость А	Фрезеровать торцевой фрезой $\varnothing 80$ мм, оставив припуск 1 мм; $S_z = 0,2$ ; $v = 60$	Фрезеровать окончательно $\varnothing 80$ мм; $z = 8$ ; $S_z = 0,05$ ; $v = 130$			
Плоскость В	Фрезеровать за один ход $\varnothing 80$ мм; $z = 8$ ; $S_z = 0,15$ ; $v = 80$				
Плоскости В; Г и Д	Фрезеровать предварительно торцевой фрезой $\varnothing 125$ мм; $z = 8$ ; $S_z = 0,2$ ; $v = 60$	Фрезеровать окончательно $\varnothing 125$ мм; $z = 8$ ; $S_z = 0,05$ ; $v = 130$			
Плоскость Е	Фрезеровать за один ход $\varnothing 125$ мм; $z = 8$ ; $S_z = 0,15$ ; $v = 80$				
Отверстие $\varnothing 12H7$	Центровать с учетом фаски до $\varnothing 14$ мм; $S_0 = 0,2$ ; $v = 30$	Сверлить отверстие $\varnothing 11$ мм; $S_0 = 0,2$ ; $v = 30$	Расточить отверстие до $\varnothing 11,8$ мм; $S_0 = 0,05$ ; $v = 80$	Развертывание черное до $\varnothing 11,95$ мм; $S_0 = 0,9$ ; $v = 12$	Развертывание чистовое до $\varnothing 12H7$ $S_0 = 0,6$ ; $v = 8$
Отверстие $\varnothing 52H7$	Черновое растачивание 2-лезвийной оправкой до $\varnothing 49,5$ мм; $S_0 = 0,4$ ; $v = 60$	Первое получистовое растачивание до $\varnothing 51$ мм; $S_0 = 0,2$ ; $v = 80$	Снять фаску $2 \times 45^\circ$ ; $S_0 = 0,15$ ; $v = 80$	Второе получистовое растачивание до $\varnothing 51,8$ мм; $S_0 = 0,15$ ; $v = 90$	Чистовое растачивание до $\varnothing 52H7$ $S_0 = 0,07$ ; $v = 100$
Отверстие $\varnothing 80H7$	Черновое растачивание 2-лезвийной оправкой до $\varnothing 77,5$ мм; $S_0 = 0,4$ ; $v = 60$	Первое получистовое растачивание до $\varnothing 79$ мм; $S_0 = 0,2$ ; $v = 80$	Снять фаску $2 \times 45^\circ$ ; $S_0 = 0,15$ ; $v = 80$	Второе получистовое растачивание до $\varnothing 79,8$ ; $S_0 = 0,15$ ; $v = 90$	Чистовое растачивание до $\varnothing 80H7$ ; $S_0 = 0,07$ ; $v = 100$



Обрабатываемый элемент	Номер перехода				
	1	2	3	4	5
Ступенчатое отверстие $\varnothing 80H7$ на плоскости <i>B</i>	Черновое растачивание 2-лезвийной оправкой до $\varnothing 70^{+0,2}$ мм; $S_0=0,4$ ; $v=60$	Черновое растачивание 2-лезвийной оправкой до $\varnothing 77,5$ мм на глубину 29,6 мм; $S_0=0,25$ ; $v=60$	Первое растачивание до $\varnothing 79$ мм на глубину 26,5 мм; $S_0=0,2$ ; $v=60$	Снять фаску $2 \times \times 45^\circ$ ; $S_0=0,15$ ; $v=80$	Второе растачивание до $\varnothing 79,8$ мм на глубину 26,5 мм; $S_0=0,15$ мм; $v=80$
Ступенчатое крепёжное отверстие $\varnothing 13$ мм	Центровать отверстие $S_0=0,2$ ; $v=30$	Сверлить отверстие $\varnothing 13$ мм; $S_0=0,2$ ; $v=30$	Зенкеровать отверстие $\varnothing 20$ мм на глубину 15 мм; $S_0=0,06$ ; $v=23$	Переход № 6. Чистовое растачивание до $\varnothing 80H7$ на глубину $30^{+0,2}$ мм; $S_0=0,06$ ; $v=100$	
Резьбовое отверстие $M6-7H$	Центровать отверстие с учетом снятия фаски $1 \times 45^\circ$ ; $S_0=0,2$ ; $v=30$	Сверлить отверстие $\varnothing 7$ мм на глубину 10 мм; $S_0=0,07$ ; $v=30$	Нарезать резьбу $M6-7H$ на глубину 8 мм; $S_0=1$ ; $v=6$		
Резьбовое отверстие $M8-7H$	Центровать отверстие с учетом фаски $1 \times 45^\circ$ ; $S_0=0,2$ ; $v=30$	Сверлить отверстие $\varnothing 7$ мм на глубину 15 мм; $S_0=0,12$ ; $v=30$	Нарезать резьбу $M8-7H$ на глубину 10 мм; $S_0=1$ ; $v=6$		
Резьбовое отверстие $M22 \times 1,5$ с выточкой	Сверлить отверстие $\varnothing 17$ мм на ход; $S_0=0,18$ ; $v=28$	Зенкеровать отверстие под резьбу $M22 \times 1,5$ до $\varnothing 19$ мм; $S_0=0,06$ ; $v=23$	Цековать уступ $\varnothing 25$ мм на глубину 2 мм; $S_0=0,06$ ; $v=23$	Снять фаску под резьбу $M22 \times 1,5$ ; $S_0=0,12$ ; $v=70$	Нарезать резьбу $M22 \times 1,5$ на глубину 25 мм; $S_0=1,5$ ; $v=10$
Резьбовое коническое отверстие $K^1/4$	Центровать отверстие под резьбу $K^1/4$ с учетом фаски; $S_0=0,2$ ; $v=30$	Сверлить отверстие $\varnothing 5$ мм под резьбу на глубину 30 мм; $S_0=0,12$ ; $v=30$	Нарезать резьбу $K^1/4$ на глубину 15 мм; $v=6$		



указанных кинематических элементов, сложность переналадки на обработку нового изделия и сложность кинематических связей при обработке фасонных деталей.

Наиболее близкими к станкам с числовым программным управлением (ЧПУ) являются фотокопировальные станки, программносителем у которых является специальный точный чертеж, выполненный на обычной бумаге. Электросигналы, передаваемые от устройства, считывающего чертеж, обрабатываются, например, следящим приводом, которой является также основным элементом станков с ЧПУ.

Характерной особенностью ЧПУ является то, что информация о траектории движения инструмента, скорости резания, подаче и других технологических командах задается в виде цифр, закодированных в определенной последовательности на программносителе, в качестве которого применяют перфоленту, перфокарту, магнитную ленту и др.

Управляющая программа (УП) — это записанная на программносителе в закодированном цифровом виде маршрутно-операционная технология на конкретную деталь с указанием траекторий движения инструмента. Изготовление УП (менее трудоемкое и более дешевое, чем изготовление кулачков, шаблонов, копиров и чертежей) сводится к написанию маршрутно-операционной технологии, расчетам траекторий перемещения инструментов и записи на программноноситель; большую часть этой работы можно автоматизировать. Например, при сверлении двух отверстий диаметром 6 мм (рис. 146) оператор универсального станка согласно операционной технологии подбирает сверло  $\varnothing 6$  мм (T01); вставляет его в шпиндель (M06), устанавливает частоту вращения шпинделя 1200 об/мин (F1200); устанавливает упор на расстоянии 12 мм ( $+z12\ 000$ ) и рабочую подачу 60 мм/мин (S600), включает станок на автоматическую работу и после окончания рабочего хода вручную отводит шпиндельную бабку в исходное положение на быстром ходу ( $-z12\ 000\ F\ 5000$ ); затем по лимбу передвигает стол станка на 20 мм ( $+x\ 20\ 000$ ) и повторяет цикл обработки. В скобках указаны те команды, которые технолог-программист кодирует в УП в соответствии с операционной технологией.

Каждому символу на перфоленте соответствует определенное расположение пробитых отверстий. Часть УП, записанной на перфоленте в коде ISO-7bit, показана на рис. 147. В каждой строке УП закодирована буква или цифра.

В СССР в качестве основного программносителя принята восьмидорожечная перфолента шириной  $(25,4 \pm 0,05)$  мм и толщиной  $(0,1 \pm 0,008)$  мм, изготовленная из бумаги или других материалов. Перфолента имеет транспортную дорожку, которая расположена между третьей и четвертой кодовыми дорожками

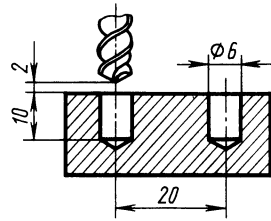


Рис. 146. Сверление двух отверстий



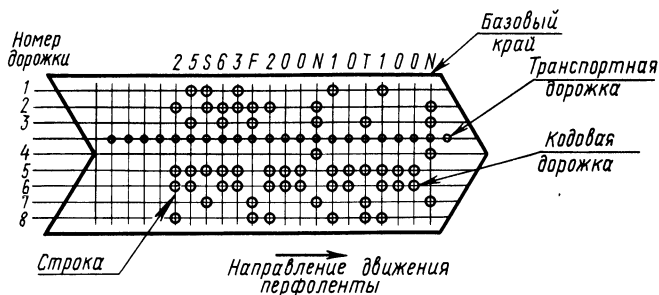


Рис. 147. Вид управляющих программ на ленте

со стороны базового края перфоленты. Шаг перфорации и расстояния между кодовыми дорожками ( $2,54 \pm 0,05$ ) мм. Диаметр отверстий транспортной дорожки ( $1,17 \pm 0,025$ ) мм, а диаметр отверстий кодовых дорожек ( $1,83 \pm 0,05$ ) мм.

Другими программоносителями могут быть пятидорожечная перфолента, перфокарта, магнитная лента и память ЭВМ. Управляющая программа записывается на определенном языке, называемом языком кодирования (БЦК5, ISO-7bit и др.), под которым понимают набор определенных символов и правил, комбинацией которых можно выразить любой текст, содержащий необходимые для управления станком геометрические и технологические команды, на понятном для системы ЧПУ языке.

Процесс составления программы называют программированием. При ручном программировании информацию с языка технической документации на язык системы ЧПУ переводят вручную. При машинном программировании на язык системы ЧПУ переводят только исходную информацию (описание детали), а УП, объем которой в несколько раз превышает объем исходной информации, готовится и выдается (в виде перфоленты и таблиц) системой автоматизированной подготовки УП.

Перфорирование программных лент, т. е. пробивание (в определенной последовательности) на перфоленте кодовых отверстий производится на специальном устройстве «Брест 1Т». Перфорирующий механизм состоит из восьми пуансонов, приводимых в движение соответствующими кулачками. Последние включаются в работу по командам кодовых сигналов, поступающих от клавиатуры. Устройство «Брест 1Т» состоит из перфоратора ПЛ-80, фотосчитывающего устройства ФСУ-3 и электрифицированной пишущей машинки. На этом устройстве можно также получить дубликат перфоленты. В этом случае перфорация с готовой ленты считывается фотосчитывающим устройством, а печатающее устройство набивает перфорацию на новой ленте.

Считывание с перфоленты производится специальным устройством, входящим в состав системы ЧПУ. Устройство содержит лентопротяжный механизм и восемь-девять датчиков, фиксирующих код пробитых в строке отверстий. В зависимости от



способа считывания различают механические и фотоэлектрические устройства.

Считывание информации с перфоленты механическим способом производится с помощью специальных щупов (датчиков). Во время построчечного перемещения перфоленты восемь щупов скользят по ленте, а в месте, где пробито отверстие, щуп, проваливаясь, замыкает контакты и дает сигнал в систему ЧПУ. Скорость считывания механическим способом 45—120 знаков в секунду.

Фотоэлектрические считывающие устройства имеют девять фотодатчиков, фиксирующих световой луч, проходящий через отверстие ленты. Эти устройства, считывающие со скоростью 150—750 знаков в секунду, обладают высокой надежностью. Однако при их применении к материалу перфоленты предъявляются повышенные требования по прочности и непрозрачности. Поэтому в фотосчитывающих устройствах широко используют черные перфоленты на упрочненной полиэтиленовой основе.

#### **§ 49. Кодирование управляющих программ**

Кодирование УП для станков с ЧПУ производится по ГОСТ 13052—74 и международной системе ISO-7bit с использованием восьмидорожечной перфоленты и двоично-десятичной системы кодирования цифровой информации. Для записи адресов используют латинские буквы. Вспомогательные указания («начало программы», «конец кадра», «обратная перемотка» и т. п.) задают отдельными символами или их сочетаниями. Для кодирования информации используют семь дорожек. Восьмая дорожка служит для пробивки контрольного символа в случае, если в самой кодовой комбинации число пробивок нечетное. Такой контроль на четность пробивок в строке позволяет выявить большую часть ошибок, допущенных при перфорации. Наименование и обозначения основных символов кода ISO-7 bit приведены в табл. 21.

При подготовке УП используют системы координат станка, детали и инструмента.

В соответствии с рекомендациями ISO за стандартную принята система координат станка. Положительные направления осей координат определяют по правилу правой руки (рис. 148, а). Большой палец указывает положительное направление оси  $X$ , указательный — оси  $Y$ , средний — оси  $Z$ . Положительное направление вращения вокруг каждой оси определяют также по правилу правой руки (рис. 148, б): если расположить большой палец вдоль положительного направления оси, то остальные согнутые пальцы, укажут положительное направление вращения вокруг этой оси.

Положительные направления осей  $X$ ,  $Y$  и  $Z$  и положительные направления вращений вокруг этих осей показаны на рис. 149.

В системе координат станка движение по оси  $Z$  — это движе-



## 21. Наименование и обозначения основных символов кода ISO=7 bit

Наименование	Обозначение	Номер дорожки и кодовое обозначение						
		8	7	6	5	4	3	2
Ноль	0							
Единица	1	0		0	0			0
Двойка	2	0		0	0			0
Тройка	3			0	0			0
Четверка	4	0		0	0			0
Пятерка	5			0	0			0
Шестерка	6			0	0			0
Семерка	7	0		0	0			0
Восьмерка	8	0		0	0			0
Девятка	9			0	0			0
Вращение вокруг оси X	A	0						0
Вращение вокруг оси Y	B	0						0
Вращение вокруг оси Z	C	0	0					0
	D	0						0
	E	0	0					0
Поддача	F	0						0
Подготовительная функция	G	0	0					0
	H	0						0
	I	0	0					0
	J	0	0					0
	K	0						0
Коррекция	L	0	0					0
Вспомогательные команды	M	0						0
Порядковый номер кадра	N	0						0
	O	0	0					0
Дополнительные координатные перемещения вдоль осей X,Y,Z	P	0						0
	Q	0	0					0
	R	0	0					0
Частота вращения главного движения	S	0						0
Номер (код) инструмента	T	0	0					0
	U	0						0
	V	0						0
	W	0	0					0
Перемещение по оси X	X	0	0					0
Перемещение по оси Y	Y	0						0
Перемещение по оси Z	Z	0						0
Обратная перемотка до заданного кадра	:							0
Плюс	+							0
Минус	-							0
Пропуск информации „кадр не читать” (по желанию опер)	"/	0	0					0
Начало программы	%	0	0					0
	BS	0						0
	(TAB)							0
Конец кадра	LF							0
	CR	0						0
	SP	0	0					0
Забой (строка не читается)	DEL	0	0					0
Следующая за знаком информация не отрабатывается	(...)							0
Следующая за знаком информация отрабатывается	(...)							0
	HUL							0

ние подачи вдоль оси шпинделя вне зависимости от типа станка (рис. 150). При расположении начала системы координат в центре стола (см. рис. 150) положительное направление оси Z всегда направлено в сторону режущего инструмента. Базовая



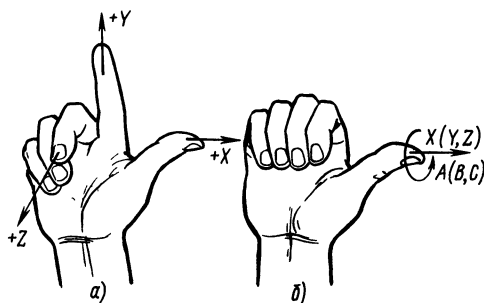


Рис. 148. Определение направления осей координат (а), направления вращения вокруг оси (б) по правилу правой руки

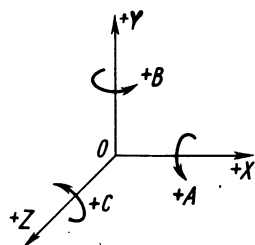


Рис. 149. Схема положительных направлений осей и положительных направлений вращения вокруг этих осей

плоскость детали при обработке на вертикально-фрезерных станках расположена в плоскости  $XY$ , а на горизонтально-фрезерных — в плоскости  $XZ$ . Обычно ось  $X$  совпадает с направлением продольной подачи, а ось  $Y$  — с направлением вертикальной (или поперечной) подачи. Зная расположение осей  $X$ ,  $Y$  и  $Z$  и положительное направление оси  $Z$ , по правилу правой руки можно однозначно определить положительное направление осей  $X$  и  $Y$ .

Подготовительные функции с адресом  $G$  определяют режим работы УЧПУ. Группы, код и значение этих функций (согласно стандарту ISO) указаны в табл. 22. Всего предусмотрено 99 подготовительных функций. Неуказанные коды подготовительных функций предназначены для индивидуального использования по усмотрению разработчиков конкретного УЧПУ.

Подготовительные функции записываются в кадре последовательно (друг за другом) в порядке возрастания их кодовых номеров. В каждом кадре может быть записано не более одной функции из каждой группы. Функция из каждой группы действует до тех пор, пока не будет отменена или заменена функцией из той же группы. Функции  $G04$ ,  $G08$ ,  $G09$ ,  $G63$  действуют только в том кадре, где они записаны.

Вспомогательные функции с адресом  $M$  определяют команду исполнительному органу станка или системе ЧПУ. Основные коды вспомогатель-

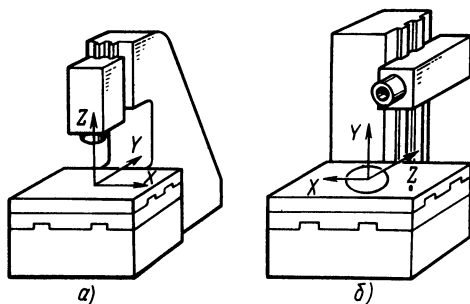


Рис. 150. Направление координатных осей на вертикально-фрезерном (а) и горизонтально-фрезерном (б) станках



## 22. Значение подготовительных функций по стандарту ISO

Группа	Код	Значение
Вид работы	G00	Позиционирование. Перемещение на быстром ходу в заданную точку. Ранее заданная рабочая подача не отменяется
	G01	Движение по прямым, линейная интерполяция
Круговая интерполяция	G02	Круговая интерполяция в направлении: положительном
	G03	отрицательном
Выдержки	G04	Выдержка заданная:
	G05	адресом
Определение движений	G08	оператором
	G09	Разгон
	G13—G16	Торможение в конце кадра
	G17—G19	Выбор осей координат
		Интерполяционная плоскость соответственно XY, XZ, YZ
Коррекция	G25	Начало отсчета координат
	G33	Резьбонарезание резцом
	G40	Отмена коррекции размера инструмента
		Коррекция диаметра или радиуса инструмента при контурном управлении. По направлению движения режущий инструмент расположен относительно обрабатываемой поверхности:
	G41	слева
	G42	справа
		Коррекция диаметра или радиуса инструмента:
	G43	положительная
	G44	отрицательная
		Коррекция диаметра или радиуса инструмента при прямолинейном формообразовании:
	G45 <sup>+</sup> /+	Значение «+», «—» и «0» соответственно указывают, что к заданным в кадрах координатам будут добавлены, вычтены установленные на пульте величины или эти величины не будут учтены
	G46 <sup>+</sup> /—	
	G47 <sup>—</sup> /—	
	G48 <sup>—</sup> /+	
	G49 <sup>0</sup> /+	
	G50 <sup>0</sup> /—	
	G51 <sup>+</sup> /0	
	G52 <sup>—</sup> /0	
Линейные движения	G53	Отмена линейного сдвига, заданного функциями G54—52. Действует только на кадр
	G54—G59	Линейный сдвиг соответственно по X, Y, Z, XY, XZ, YZ
Способ подвода		Коррекция длины или положения инструмента на величину, установленную на пульте
	G60, G61	Точное позиционирование
	G62	Неточное, быстрое позиционирование
	G63	Нарезание внутренних резьб метчиком
Подпрограммы	G64	Изменение скорости движения и шпинделя
	G80	Отмена постоянного цикла
	G81	Сверление
	G82	Сверление с остановкой
Постоянные циклы		



Группа	Код	Значение
Способ программирования	G83	Сверление глубоких отверстий
	G84	Нарезание резьбы метчиком
	G85—G89	Растачивание
	G90	Абсолютный размер
	G91	Размер в приращениях
	G94	Подача в минутах
	G95	Подача на оборот
	G96	Постоянная скорость резания
	G97	Обороты в минуту

### 23. Кодирование вспомогательных функций

Код	Наименование	Начало действия		Окончание действия	
		до начала перемещения, запрогр. в кадре	после выполнения перемещения в данном кадре	до отмены или замены этой функции	только в том кадре, в котором записаны
M00	Программируемый останов		+		+
M01	Останов с подтверждением		+		+
M02	Конец программы		+		+
M03	Вращение шпинделя по часовой стрелке	+		+	
M04	Вращение шпинделя против часовой стрелки	+		+	
M05	Останов шпинделя		+	+	
M06	Смена инструмента				+
M07	Включение охлаждения № 2	+		+	
M08	Включение охлаждения № 1	+		+	
M09	Отключение охлаждения		+	+	
M10	Зажим приспособления	+		+	
M11	Разжим приспособления	+		+	
M19	Останов шпинделя в заданной позиции		+	+	
M30	Конец информации (ленты)		+		+
M31	Обход блокировки	+			+
M32—	Постоянная скорость резания	+		+	
M35					
M36	Диапазон подач № 1	+		+	
M37	Диапазон подач № 2	+		+	
M38	Скорость шпинделя № 1	+		+	
M39	Скорость шпинделя № 2	+		+	
M60	Смена заготовки № 2		+		+
M68	Зажим заготовки		+		+
M69	Освобождение заготовки	+			+
M71	Угловое смещение заготовки в фиксируемое положение 1	+			+
M78	Зажим стола		+		+
M79	Разжим стола		+		+



ных функций, их наименование, начало и окончание действия приведены в табл. 23. Всего предусмотрено 99 кодов вспомогательных функций. Каждая функция, записанная в кадре, может начать действовать до начала или после окончания перемещения, запрограммированного в данном кадре. Функция может действовать до отмены (или замены) соответствующей вспомогательной функцией или только в том кадре, в котором она записана. Начало и окончание действия каждой функции в таблице отмечены знаком (+). В одном кадре в порядке возрастания кодовых номеров может быть записано несколько команд различным исполнительным органом станка с ЧПУ.

## § 50. Основные управляющие команды

Каждая управляющая команда на конкретную операцию состоит из циклов, определяющих конкретный переход. Циклы, в свою очередь, описываются кадрами, состоящими из слов.

Слово в кадре состоит (см. табл. 21) из символа адреса, обозначаемого латинской прописной буквой, математического знака (+) или (—), если слово выражает перемещение, и последовательности цифр (например:  $T06$ ;  $Y+127$ ,  $F32$  и т. д.). Управляющие слова бывают размерные и безразмерные.

Размерные слова относятся к перемещениям. Все размерные перемещения в соответствии с ГОСТ 20999—83 задают в абсолютных значениях или приращениях. Выбранный способ должен подтверждаться одной из подготовительных функций:  $G90$  — абсолютный размер;  $G91$  — размер в приращениях. Линейные размеры выражаются в миллиметрах и их десятичных долях; угловые размеры — в радианах или градусах.

В конкретных УЧПУ используется два способа записи перемещений: без использования десятичной запятой ( $X+127200$ ) и с использованием десятичной запятой ( $X+127.2$ ), что означает перемещение по  $X$  на 127,2 мм.

Безразмерные слова в основном состоят из технологических команд и команд подготовительных и вспомогательных функций. Слова «Номер кадра», «Подготовительная функция» и «Вспомогательная функция» выражаются латинской буквой и соответствующим цифровым обозначением (например, № 107,  $G04$  и  $M06$ ).

Рабочую или вспомогательную подачу кодируют латинской буквой  $F$  и соответствующим числом. Допускается задавать подачу кодовым числом ( $F32$ ;  $F48$  и т. д.), причем большей подаче соответствует большее кодовое число. Но лучше всего задавать подачи в мм/мин, мм/об или рад/с. Выбор типа подачи осуществляется одной из следующих подготовительных функций:  $G93$  — «Подача в функции, обратной времени»;  $G94$  — «Подача в мм в минуту»;  $G95$  — «Подача в мм на оборот».

Для быстрого перемещения рекомендуется использовать подготовительную функцию  $G00$ .

Частота вращения главного движения задается буквой  $S$  и



соответствующим числом. Выбор вида функционирования главного движения осуществляется одной из следующих подготовительных функций: *G96* — «Постоянная скорость резания», *G97* — «Обороты в минуту».

При кодировании рекомендуется задавать частоту вращения шпинделя в оборотах в минуту (*S630*), хотя допускается задавать и скорость главного движения кодовым числом (*S18*).

Выражение «Функция инструмента» используется для выбора инструмента (*T17*). Допускается использовать это слово для коррекции инструмента. В этом случае «Функция инструмента» будет состоять из двух групп цифр: первая группа используется для обозначения номера инструмента, вторая — для коррекции инструмента. Например, в слове *T1723*: *T* — адрес, *17* — номер инструмента, *23* — номер корректора.

### **§ 51. Построение фраз управляющих команд**

Кодирование информации управляющих команд для станков сверлильно-фрезерно-расточной группы производится в соответствии с разработанным международным кодом *ISO-7bit* (ГОСТ 20999—83) и инструкциями конкретных УЧПУ.

УП записывают на программноноситель в виде последовательных кадров. Обозначения букв, цифр и знаков в словах кадров должны соответствовать коду *ISO-7 bit*. УП составляют таким образом, чтобы в каждом новом кадре записывалась только та геометрическая, технологическая или вспомогательная команда (информация), которая изменяется по отношению к предыдущему кадру.

Структура фразы (кадра) для станка с ЧПУ определяется форматом управляющей программы. Формат управляющей программы — это условная запись кадра с максимальным объемом информации, определяющая набор применяемых слов, порядок их расположения и объем информации каждого слова.

В соответствии с ГОСТ 20999—83 формат кадра имеет вид

$\%:/ N03 G02 X + 053Y + 053Z + 053 B032 F031 S04 T04 M02 *$ .

Расшифровка этой структурной записи УП для системы ЧПУ следующая:

$\%$  — начало программы (каждая УП должна начинаться символом «Начало программы». Перед символом «Начало программы» может быть записана любая информация, не содержащая символа «Начало программы» (например, номер детали, операции, программы, станка, фамилия технолога-программиста и т. п.);

$:$  — главный кадр, являющийся началом этапа обработки детали;

$/$  — кадр, который по необходимости можно пропустить. Знак означает, что следующая за ним информация до первого символа «Конец кадра» может обрабатываться или не обрабатываться



(в зависимости от положения органа управления на пульте ЧПУ). Когда этот знак стоит перед символами «Номер кадра» и «Главный кадр», он действует на целый кадр УП;

*N03* — трехзначный номер кадра. Нули перед первой значащей цифрой могут быть опущены (например, *T001*, *T017* или *T1*, *T17*);

*G02* — адрес и двузначный кодовый номер подготовительной функции, определяющей характер работы системы ЧПУ (разгон, торможение, интерполяция, коррекция, постоянные циклы и т. д.);

*X+053* — перемещение по оси *X* со знаком «Плюс» (или «Минус»). Числовое значение линейного перемещения по оси *X* имеет пять цифр до запятой и три цифры после запятой;

*Y+053* — то же, для оси *Y*;

*Z+053* — то же, для оси *Z*;

*B032* — поворот вокруг оси *Y* (в градусах или радианах).

Числовое значение линейного перемещения имеет три цифры до запятой и две цифры после запятой. В исключительных случаях допускается угловые размеры выражать в десятичных долях оборота.

*F031* — скорость подачи. Подача задается в мм/мин или в мм/об. Числовое значение подачи имеет четыре знака, причем один знак после запятой;

*S04* — четырехзначная функция главного движения. Частоту вращения шпинделя, как правило, задают в об/мин, но допускается задавать и кодовым числом;

*T04* — четырехзначная функция инструмента. Первые две цифры обозначают номер инструмента, вторые две — номер корректора;

*M02* — адрес и двузначный кодовый номер вспомогательной функции, характеризующей команды (разжим и зажим приспособления, включение и выключение охлаждения, вращение по часовой стрелке или против, остановка, смена инструмента и т. д.);

\* или *LF* — конец кадра.

Пример чтения кадра:

*№17 G04 G94 X + 172 300Y — 87 350F 320 S630 T1403 M03 LF.*

Кадр семнадцатый (*№17*). В конце перемещения произвести выдержку времени от команды (*G04*); подача в оборотах в минуту (*G94*). Осуществить перемещение по оси *X* на 172,3 мм (*X+172 300*) и по оси *Y* на 87,35 мм (*Y—87 350*) со знаком минус с подачей 320 мм/мин (*F320*). Вращение шпинделя правое (*M03*). Частота вращения шпинделя 630 об/мин (*S630*). Подготовить инструмент *№ 14* с корректором *№ 03* (*T1403*). *LF* — конец кадра.

## § 52. Кодирование циклов обработки

Любую корпусную деталь можно представить как совокупность элементарных поверхностей (плоскостей, отверстий, пазов, уступов и т. д.), определенным образом и с соответствующей



степенью точности сориентированных между собой. При составлении УП описание процесса обработки конкретной элементарной поверхности производится определенным набором управляющих команд, который называют циклом. Так как различные корпусные детали имеют большое число поверхностей одинаковых по форме, но разных по размеру, то и циклы в УП также часто повторяются по набору команд, но имеют различные по величине координатные перемещения.

Наиболее часто повторяются следующие элементарные поверхности: открытые плоскости, обрабатываемые за один или несколько ходов торцевой фрезы; сквозные и глухие отверстия, обрабатываемые сверлением, развертыванием, точением; резьбовые отверстия; цековки и штифтовые отверстия. Чтобы упростить процесс технологической подготовки производства и уменьшить объем УП, часто в память системы ЧПУ вносят «жесткие» циклы (команды G80—G89). Тогда при составлении УП программируются только номер цикла и габарит элементарной поверхности.

Циклы также широко используются и в автоматизированных системах подготовки управляющих программ, но число их гораздо больше. Ниже приводится программное описание наиболее часто используемых циклов.

1. Обработка открытой плоскости торцевой фрезой (рис. 151). В рассматриваемом примере плоскость обрабатывают за один ход фрезы, так как диаметр фрезы перекрывает всю ширину плоскости. УП для обработки плоскости размерами  $217,5 \times 110$  мм фрезой диаметром 160 мм будет иметь такой вид:

№ 50 M06 LF

№ 60 G54T 1200 LF

№ 80 G00X —265 000 Y —770 000 S1500 M03 LF

№ 90 G 09 Z —789 000 LF

№ 100 G01 G09 G91X —395 000 F240 LF

№ 110 G00 G09Z + 500 000 LF

№ 120 G00 X +395 000 LF

Приведенная УП читается следующим образом.

Кадр № 50 — произвести смену инструмента (M06), что в нашем случае соответствует установке в шпиндель торцевой фрезы  $\varnothing 160$  мм.

Кадр № 60 — перевести условно ноль станка в точку A и подготовить к смене инструмент, находящийся в гнезде № 12 магазина станка, для следующего перехода.

Кадр № 80 — ввести точное позиционирование при перемещениях по осям X, Y и Z (G 00). Переместить инструмент (торцевую

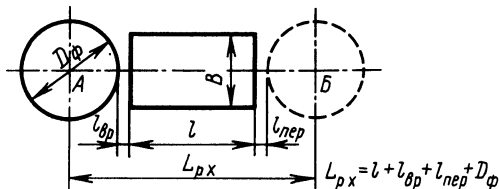


Рис. 151. Обработка открытой плоскости торцевой фрезой



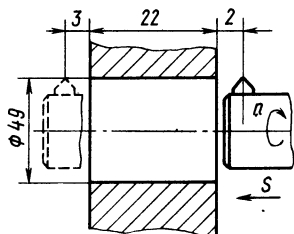


Рис. 152. Растачивание отверстия

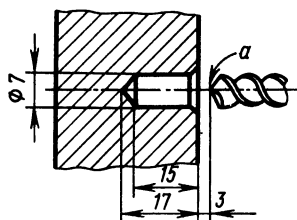


Рис. 153. Сверление отверстия

фрезе) в точку  $A$  (см. рис. 152) с координатами  $X$  (—265) мм,  $Y$  (—770) мм; подача  $S_m = 1500$  мм/мин; вращение шпинделя производить по часовой стрелке ( $M03$ ).

Кадр № 90 — по оси  $Z$  переместиться в точку  $A$  с координатами (—789 000) с торможением в конце перемещения ( $G09$ ).

Кадр № 100 — обработать плоскость, перемещая инструмент по координате  $X$  на 195 мм ( $X-395\,000$ ) с подачей 240 мм/мин ( $F240$ ); при этом система ЧПУ должна работать с линейной интерполяцией ( $G01$ ), в конце перемещения должно быть торможение ( $G09$ ). Размеры перемещения заданы в приращениях ( $G91$ ).

Кадр № 110 — переместить инструмент по оси  $Z$  на 500 мм ( $Z+500\,000$ ) с торможением в конце перемещения ( $G91$ ) и позиционированием после перемещения на быстром ходу ( $G00$ ).

Кадр № 120 — вернуться по оси  $X$  в исходное положение ( $X+395\,000$ ) с точным позиционированием ( $G00$ ).

Из разобранных примеров видно, что при изменении размеров поверхности будут меняться только величина координатного перемещения по оси  $X$ , подача  $S$  и номер инструмента  $T$ . Все вспомогательные команды и построение кадров УП останутся неизменными. Вспомогательные перемещения узлов станка ( $X-265\,000$ ;  $Y-770\,000$ ;  $Z-789\,000$  и  $Z+500\,000$ ) зависят от типа станка и расположения детали на столе станка, но совершенно не зависят от размеров обрабатываемой плоскости.

Рабочий ход станка  $L_{рх} = l + l_{вр} + l_{пер} + D_{ф}$ , где  $l$  — длина обрабатываемой плоскости,  $l_{вр}$  — величина врезания (принимается  $l_{вр} = 10$  мм),  $l_{пер}$  — величина перебега (принимается  $l_{пер} = 7,5$  мм),  $D_{ф}$  — диаметр торцевой фрезы.

$l_{пер} = 7,5$  мм),  $D_{ф}$  — диаметр торцевой фрезы.

2. Растачивание отверстия (рис. 152). В рассматриваемом примере предварительную обработку сквозного отверстия глубиной 22 и диаметром 49 мм производят однолезвийной расточной оправкой. Наружная плоскость детали обработана, а внутренняя получена литьем. Поэтому недоход инструмента принимаем 2 мм, перебега — 3 мм. Управляющая программа для данного случая имеет такой вид:

№ 330 M06 LF



№ 340 *G00 G61X—6 8500 Y — 740 000 S1600 T1400 M03 LF*

№ 350 *G09Z — 485000 LF*

№ 360 *G01 G09 G91Z — 27 000 F640 M05 LF*

№ 370 *G09X+500 LF*

№ 371 *G09Z + 27 000 F5000 LF*

№ 380 *G53 Y1 000 000LF*

№ 390 *G0 M22 LF*

Приведенная УП цикла растачивания сквозного отверстия читается следующим образом.

Кадр № 330 — произвести смену инструмента (*M06*), установив расточную оправку  $\varnothing 49$  мм.

Кадр № 340 — перемещение на быстром ходу с позиционированием (*G00*), точное позиционирование с подходом с одной стороны (*G61*); перемещение в точку *A* с координатами *X* 68,5 мм (*X—68 500*), *Y* 740 мм (*Y—740 000*); частота вращения шпинделя 160 об/мин (*S1600*); подготовка инструмента из 14-го гнезда; вращение шпинделя по часовой стрелке (*M03*).

Кадр № 350 — перемещение в точку *A* по координате *Z* на 485 мм (*Z — 485 000*) с торможением в конце перемещения (*G09*).

Кадр № 360 — включить линейную интерполяцию (*G01*); размеры перемещений в приращениях (*G91*); расточить отверстие на подаче 64 мм/мин (*F640*) с торможением в конце перемещения (*G09*); рабочий ход по оси *Z* 27 мм (*Z — 27 000*); остановить шпиндель (*M05*).

Кадр № 370 — произвести перемещение по оси *X* на 0,5 мм (*X+500*) с торможением в конце перемещения (*G09*). Перемещение инструмента на 0,5 мм по оси *X* необходимо, чтобы исключить контакт инструмента с обработанной поверхностью при выводе расточной оправки из отверстия (шпиндель имеет фиксированный останов).

Кадр № 371 — произвести перемещение по оси *Z* на 27 мм (*Z+27 000*), т. е. вывести расточную оправку из отверстия; подача 500 мм/мин (*F5000*) с торможением в конце перемещения (*G09*).

Кадр № 380 — переместить шпиндельную бабку по оси *Y* в зону смены инструмента (*Y1 000 000*), что соответствует нулю станка по оси *Y*; размеры от абсолютного нуля (*G53*).

Кадр № 390 — разжать инструмент (*M22*) при фиксированно остановленном шпинделе (*G0*).

3. Сверление отверстия (рис. 153) диаметром 7 мм и длиной 15 мм. Для получения полного отверстия глубиной 15 мм сверло с учетом его конической части должно углубиться в металл на 17 мм. Рабочий ход сверла  $L_{px} = 17 + 3 = 20$  мм.

УП в данном случае имеет вид:

№ 3280 *M06 LF*

№ 3290 *G00 G61X — 20 000Y — 692 500 S1400 T2500 M03 LF*

№ 3300 *G09Z — 500 000 LF*

№ 3310 *G01 G09Z — 20 000 F1680 LF*

№ 3320 *Z + 20 000 F5000 LF*

Приведенная УП читается следующим образом.



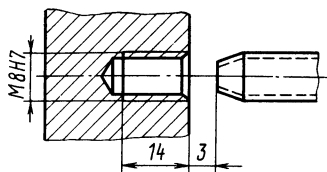


Рис. 154. Нарезание резьбы

кадр № 3280 — произвести смену инструмента (M06), установив в шпиндель сверло  $\varnothing 7$  мм.

Кадр № 3290 — на ускоренном ходу (G 00) перевести инструмент в точку *a* с координатами  $X = 20$  мм,  $Y = 692,5$  мм ( $X - 20\ 000$ ,  $Y - 692\ 500$ ) с точным позиционированием в конце перемещения (G 61); вращение сверла правое (M03) с частотой 480 об/мин (S 480); подвести в положение смены инструмент, находящийся в гнезде № 25 (T 2500).

Кадр № 3300 — переместить инструмент по оси *Z* в точку *a* с координатами  $Z = 500$  мм ( $Z - 500\ 000$ ) с торможением в конце перемещения (G09).

Кадр № 3310 — включив линейную интерполяцию (G01), дать рабочее перемещение по *Z* на 20 мм ( $Z - 20\ 000$ ) с подачей 96 мм/мин (F960) и торможением в конце перемещения (G09).

Кадр № 3320 — не выключая вращение шпинделя, вывести сверло из отверстия в точку *a* ( $Z + 20\ 000$ ) с подачей 500 мм/мин (F5000).

4. Нарезание метчиком резьбы (рис. 154) M8 на глубину 14 мм. Рабочий ход метчика 17 мм. УП имеет такой вид:

№ 3830 M06 LF

№ 3840 G00 G61X + 120 000 Y - 692 500 53230 T2200 M03 LF

№ 3850 G04 G33 G91 Z - 17 000 C + 2000 K - 1000 E1000 LF

№ 3860 M04 LF

№ 3870 Z + 17 000 C - 2000 K - 1000

Кадры № 3830 и 3840 читаются так же, как и при сверлении.

Кадр № 3850 — нарезать резьбу (G33) шагом 1 мм ( $K - 1000$ ), рабочий ход 17 мм ( $Z - 17\ 000$ ), размеры в приращениях (G91), в конце цикла сделать выдержку времени (G04) в течение 1 с (E1000). Адресом *C* задается значение полного оборота датчика по координате  $\pm 2000$ . Знак координаты определяет направление вращения шпинделя («+» — правое вращение, «-» — левое вращение).

Кадр № 3860 — изменить направление вращения шпинделя, сделав его против часовой стрелки (M04).

Кадр № 3870 — вывернуть метчик из резьбового отверстия шагом 1 мм ( $K - 1000$ ); величина рабочего хода 17 мм ( $Z - 17\ 000$ );  $C - 2000$  — значение полного оборота датчика.

### § 53. Разработка управляющей программы для обработки корпусной детали

Разработка УП — составная часть комплекса работ по технологической подготовке производства при изготовлении новой детали. Управляющая программа (УП) для сверлильно-фрезерно-расточных станков с ЧПУ представляет собой совокупность эле-



ментарных команд (технологических и перемещений), записанных на программноносителе (перфоленте) в кодах системы программного управления в определенной технологической последовательности. Последовательность переходов устанавливается по маршрутно-операционному технологическому процессу. УП, полученная системой ЧПУ, преобразуется ею в управляющие сигналы, по которым рабочие органы станка совершают заданные координатные перемещения (подвод инструмента к обрабатываемому элементу на быстром ходу, рабочий ход с определенной подачей, перемещение от одного обрабатываемого элемента к другому и т. п.) и выполняет необходимые технологические команды (смену инструмента или заготовки, включение охлаждения, включение вращения шпинделя в определенном направлении, всевозможные зажимы, разжимы и т. п.).

При ручном программировании задача технолога-программиста состоит в описании всех элементарных перемещений инструмента относительно детали и технологических команд в коде системы управления сначала на бумаге, а затем на перфоленте. Для составления программы технолог-программист должен располагать всей необходимой информацией об обрабатываемой детали, о станке, на котором планируется ее обрабатывать, о системе управления станком, о методе базирования детали и зажимном приспособлении, о режущем и вспомогательном инструменте, о программе выпуска детали.

Информацию об обрабатываемой детали технолог-программист получает из чертежа детали, где указаны ее габарит, формы и размеры обрабатываемых элементов, точность размеров и геометрической формы элементов и общие технические требования к детали.

Данные о технической характеристике станка и его технологических возможностях (размеры стола станка, величины максимальных перемещений по всем осям, частота вращения шпинделя, подачи рабочих узлов станка, точность позиционирования, возможные способы обработки и т. п.) технолог-программист получает из паспорта станка.

Информацию о технологических возможностях системы ЧПУ, возможных способах кодирования для нее и языке кодирования технолог-программист получает из паспорта на систему ЧПУ и инструкции по программированию для данного станка с конкретной системой ЧПУ.

Данные о способе базирования детали, зажимном приспособлении, режущем и вспомогательном инструменте технолог-программист получает из маршрутной технологии. Программа выпуска детали и партии ее запуска задаются планово-диспетчерским отделом завода.

В качестве примера рассмотрим процесс разработки УП на корпус редуктора (см. рис. 145).

Технологическая проработка детали показывает, что ее целесообразно обрабатывать за две установки, при этом наиболее



точные и взаимосвязанные между собой элементы следует обрабатывать за одну (вторую) установку. В соответствии с технологическим процессом на первой операции обрабатывают основную базу (основание редуктора) и противобазу (верхнюю поверхность редуктора), а на второй операции — все основные калиброванные элементы детали.

Деталь обрабатывается на многоцелевом сверлильно-фрезерно-расточном станке (МСФРС), техническая характеристика которого приведена ниже.

#### Техническая характеристика МСФРС

Наибольший габарит обрабатываемой детали, мм . . . . .	630×630×630
Размеры (длина×ширина) поворотного стола, мм . . . . .	800×800
Наибольшее перемещение стола, мм:	
продольное (ось X) . . . . .	900
поперечное (ось Z) . . . . .	700
Наибольшее перемещение шпиндельной бабки (ось Y), мм	650
Подача по осям X, Y, Z, регулирование бесступенчатое, мм/мин . . . . .	2—5000
Скорость быстрых перемещений по осям X, Y, Z, м/мин . . . . .	10
Частота вращения шпинделя, об/мин . . . . .	12,5—1600
Частота вращения поворотного стола, об/мин . . . . .	3—4
Наибольшее допустимое усилие подачи по осям X, Y и Z, кН	12
Наибольший крутящий момент на шпинделе, Н·м . . . . .	500
Мощность главного привода, кВт . . . . .	12
Размеры (длина×ширина) приспособления-спутника, мм	800×630
Конус шпинделя . . . . .	50
Число инструментов в инструментальном магазине . . . . .	36
Точность позиционирования по осям X, Y и Z, мм . . . . .	0,02
Повторяемость размера, мм . . . . .	0,005
Точность позиционирования поворотного стола, угл. с . . . . .	10
Число фиксируемых положений поворотного стола . . . . .	72
Фиксированная остановка шпинделя . . . . .	есть
Наибольший диаметр инструментов, мм:	
при установке в соседних гнездах . . . . .	110
при установке через гнездо . . . . .	250
Тип привода подачи . . . . .	следающе-регулируемый
Модель системы ЧПУ . . . . .	«Размер-4»

При обработке (на первой операции) базовой плоскости, состоящей из двух платиков длиной 335 и шириной 30 мм, координаты начальной точки для фрезы  $\varnothing 80$  мм следующие: X(—185 мм), Y(—595 мм), Z(—640 мм). Настроечная длина инструмента, выбираемая по картам наладки, для нашего случая составляет  $L_n=160$  мм. Начальная часть УП (проверка нахождения узлов станка в нулевой точке: установка необходимого режущего инструмента; вывод инструмента в начальную точку обработки первой элементарной поверхности детали) имеет такой вид:

№ 10 G53 X1 000 000 Y1 000 000 Z1 000 000 LF

№ 20 G04 B0 E5000 M90 LF

№ 30 S1 000 T02000 LF

№ 40 G04 E3 000 C0 M22 LF



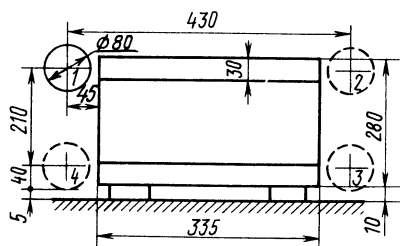


Рис. 155. Обработка базовой плоскости корпуса

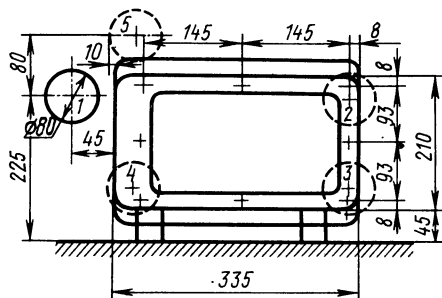


Рис. 156. Обработка противобазы корпуса

№ 50 M06 LF

№ 60 T0100 LF

№ 70 G54 LF

№ 80 G00 X—185 000 Y—595 000 S2400T0300 M03 LF

№ 90 G00 Z—640 000 LF

В соответствии с технологическим процессом базовую плоскость обрабатывают за два хода: на первом ходу снимают припуск 5 мм, на втором — 1 мм. По эскизу обрабатываемой поверхности (рис. 155) определяют траекторию движения инструмента. Фреза из исходной точки 1 перемещается в точку 2 (на рабочей подаче), затем в точку 3 (на ускоренной подаче) и в точку 4 (вновь на рабочей подаче). УП в этом случае имеет вид:

№ 100 G01 G09 G44 G91 X—430 000 F480 LF

№ 110 G09 G40 Y—210 000 F5 000 LF

№ 120 G01 G09 G43 X+430 000 F480 LF

В точке 4 фреза перемещается по оси Z (на глубину резания, равную 1 мм), после чего осуществляют второй ход. При этом плоскости обрабатывают по той же траектории, но в обратной последовательности (точки 4—3—2—1):

№ 130 G09 G40 Z—1000 F320 LF

№ 140 G09 G44 X—430 000 F480 LF

№ 150 G09 G40 Y+210 000 F5000 LF

№ 160 G09 G43 X+430 000 F480 LF

После обработки базовой плоскости обрабатывают противобазу (рис. 156), для чего инструмент отводят в безопасную зону, а стол станка поворачивают на 180°:

№ 170 G00 G09 G40 Z+640 000 LF

№ 180 B 180 000 LF

Инструмент устанавливают в исходную точку для обработки противобазовой плоскости:

№ 190 G00 Z—630 000 F5 000 LF

№ 200 G09 Y—30 000 S3 200 F5 000 LF

УП обработки противобазы:

№ 210 G01 G09 X—360 000 F480 LF



№ 220 G09 Y—150 000 LF

№ 230 G09 X+275 000 LF

№ 240 G09 Y+230 000 LF

После фрезерования базовой и противобазовой плоскостей центруют, сверлят и нарезают резьбу М6-7Н (восемь отверстий). Для этого фрезу Ø80 мм на быстром ходу отводят в безопасную зону, останавливают шпиндель, разжимают механизм, после чего инструмент по оси Y уходит в нулевую точку и происходит смена фрезы на центровочное сверло:

№ 250 G00 G09 Z+500 000 M05 LF

№ 260 G0 M22 LF

№ 270 G53 Y 1 000 000 LF

№ 280 M06 LF

Перед сверлением первого отверстия инструмент выводят в исходную точку обработки:

№ 290 G00 G61 X—7 000 Y—603 000 S4 800 T0900 M03  
LF

№ 300 G09 Z—490 000 H3 M29 LF

Команда H3 в кадре № 300 говорит о том, что группу кадров, описывающих цикл зацентровки, необходимо повторить три раза с двумя перемещениями по оси X. Команда M29 говорит о конце подпрограммы. Программа зацентровки восьми отверстий описывается следующими кадрами:

№ 310 G01 G09 Z—14 000 F960 LF

№ 320 G09 Z+14 000 F5 000 LF

№ 330 G09 X—145 000 M29 LF

№ 340 G09 Y—93 000 F5 000 LF

№ 350 G01 G09 Z—14 000 F960 LF

№ 360 G09 Z+14 000 F5 000 LF

№ 370 G09 Y—93 000 F5 000 H3 LF

№ 380 G01 G09 Z—14 000 F960 LF

№ 390 G09 Z+14 000 F5 000 LF

№ 400 G09 X+145 000 F5 000 M29 LF

№ 410 G09 Y+93 000 F5 000 LF

№ 420 G01 G09 Z—14 000 F960 LF

№ 430 G03 G09 Z+14 000 F5 000 LF

Каждый переход заканчивается остановкой шпинделя и сменой инструмента:

№ 440 M05 LF

№ 450 COM22 LF

№ 460 G53 Y1 000 000 LF

№ 470 M06 LF

Аналогичным образом описываются в УП и другие переходы. Заканчивается УП установкой пробки в шпиндель станка и командой M30 (конец программы):

№ 1600 S1000 T0100 LF

№ 1610 M30 LF

Перед началом работы на станке необходимо проверить, соответствуют ли собранные и установленные на станке приспособ-



ления данным, имеющимся в картах наладки. Каждый новый инструмент перед началом эксплуатации проверяют на жесткость зажима его в шпинделе станка. Собранный по карте наладки инструмент устанавливают в соответствующее гнездо магазина и проверяют положение инструмента в гнезде (относительно шпоночного паза).

#### **§ 54. Контроль управляющих программ**

При создании УП разрабатывают схемы обработки отдельных элементов детали; рассчитывают траектории движения инструмента и режимы обработки; назначают вспомогательные команды на каждом участке обработки; кодируют УП и записывают ее на перфоленту. На любом из этих этапов возможны сбои, ошибки, неоптимальные решения; что обуславливает необходимость в контроле и редактировании УП. Погрешности УП можно разделить на геометрические, технологические и ошибки перфорации.

На первом этапе проверки перфоленты УП осуществляют контроль, с помощью которого выявляют все ошибочные символы.

Геометрические ошибки выявляют, как правило, с помощью графопостроителя или дисплея.

Перечисленные проверки не дают 100%-ной гарантии получения годной детали, поскольку имеются погрешности (неправильное базирование детали; отсутствие свободного доступа к обрабатываемым поверхностям; неточность выбранных режимов обработки; неполный учет жесткости системы СПИД и т. д.), которые можно выявить только непосредственно на станке.

Проверку УП на станке производят в три этапа: 1) пропускают перфоленту через устройство ЧПУ станка и сравнивают показание цифровой индикации на дисплее с записями у оператора; 2) устанавливают на станок зажимное приспособление (без детали) и инструмент и производят обработку «вхолостую» (т. е. инструмент идет по «воздуху»); 3) производят пробную обработку детали.

#### **§ 55. Корректировка управляющих программ**

При корректировке в УП вносят цифровые поправки в значения таких параметров, как перемещение рабочих органов, размеры инструментов, погрешности базирования, а также изменяют технологические и управляющие команды.

Системы ЧПУ типа CNC позволяют редактировать УП непосредственно во время обработки пробной детали на станке.

УП, записанные в коде ISO—7bit, можно готовить, контролировать и редактировать с помощью специального устройства «Брест-1Т», в состав которого входят приборный стол с электри-



фицированной пишущей машинкой «Консул-254», перфоратор ПЛ-80, считывающее устройство и электронный блок управления. На этом устройстве (работающим как автономно, так и в составе ЭВМ) можно производить следующие операции:

наносить на бланке алфавитно-цифровую информацию на перфоленту с помощью клавиатуры пишущей машинки (режим подготовки данных); изготавливать дубликаты перфоленты (режим реперфорации); сравнивать две перфоленты (режим сравнения); сравнивать две ленты и одновременно перфорировать третью (режим сравнения с реперфорацией); сравнивать текст УП на перфоленте с текстом, набираемым на клавиатуре пишущей машинки (режим сравнения с реперфорацией); распечатывать информацию с перфоленты на бланк (режим распечатки); сравнивать две перфоленты между собой и одновременно перфорировать третью с распечаткой ее на бланке (режим сравнения с реперфорацией и распечаткой).

На всех режимах работы устройства «Брест-1Т» предусмотрены контроль и исправление обнаруженных ошибок.

В случае несовпадения информации на перфоленте с информацией на сравниваемой перфоленте или с информацией, набираемой на клавиатуре, на пульте устройства загорается табло «Несовпадение», производится остановка механизма считывания, включается световая индикация и звуковая сигнализация, в результате чего несовпадающая строка не перфорируется. Для исправления ошибочного кода производят «сброс информации», набирают правильный код и снова включают механизм считывания.

Полный комплекс корректировочных работ включает в себя не только корректировку самой перфоленты, но и корректировку всей сопроводительной документации, состоящей из маршрутно-операционной технологии, схем наладок, карты наладки инструмента, таблицы опорных точек и при необходимости схемы базирования. Вся откорректированная технологическая документация вместе с результатами замеров деталей опытной партии (2—3 детали) сдается разработчиком УП представителям ОТК и технологам цеха и является основным документом для обработки данной детали на станках с ЧПУ.

## **§ 56. Общие понятия о машинном программировании**

Основная задача машинного программирования заключается в автоматизации технологического процесса подготовки УП.

При ручном программировании технолог-программист, изучив деталь и зная возможности станка с ЧПУ и расположение детали с приспособлением на столе станка, подробно описывает все перемещения узлов станка, траектории движения инструмента и технологические команды, что и является управляющей программой для системы ЧПУ.



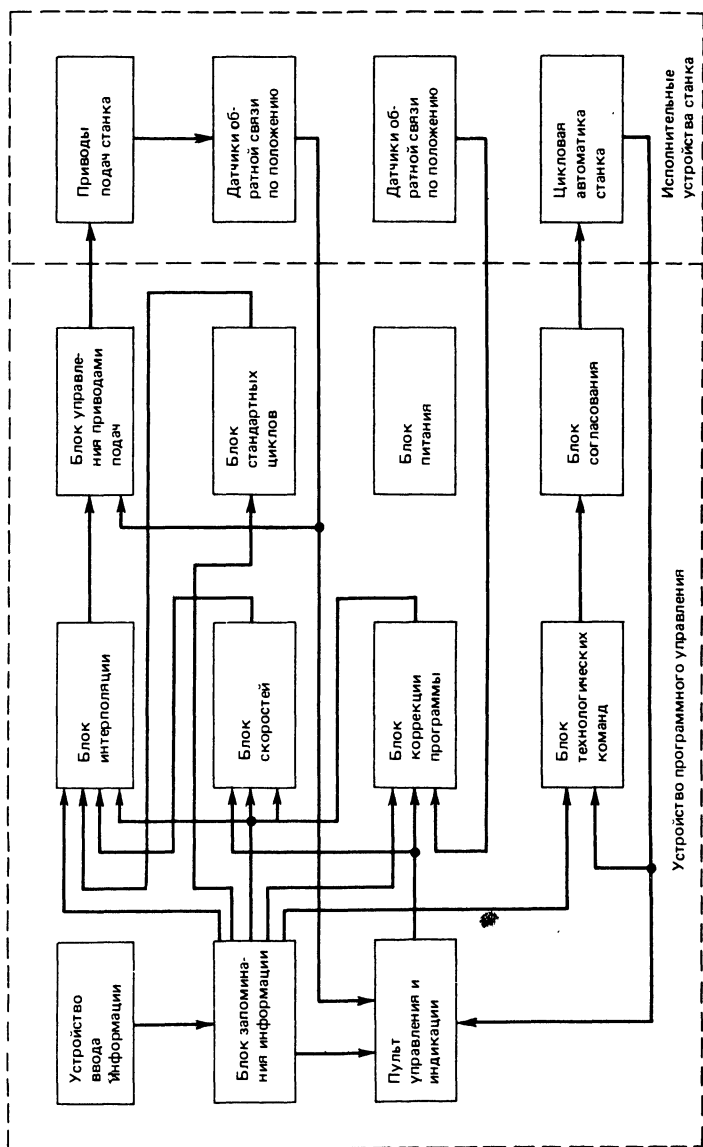


Рис. 157 Структурная схема типовой системы ЧПУ.



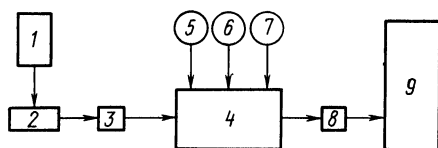


Рис. 158. Схема автоматизированной подготовки УП:

1 — исходная информация на машинном языке; 2 — перфоратор; 3 — программноноситель (перфолента); 4 — ЭВМ; 5 — процессор; 6 — постпроцессор, 7 — банк данных, 8 — программноноситель; 9 — устройство ЧПУ

При машинном программировании технолог-программист только описывает элементы детали и их взаимное расположение относительно координат стола станка, а также указывает материал детали и модель станка, на котором планируется обработка изделия.

При описании элементов детали технолог-программист привязывает конкретные параметры каждого эле-

мента к опорным точкам детали на каждой грани. В соответствии с описанием формы, габарита и точности обработки система автоматизированной подготовки УП подбирает для каждого элемента детали комплект необходимых циклов обработки. Эти циклы делятся на черновые и чистовые операции и устанавливаются в определенной последовательности. К каждому циклу жестко привязаны инструмент и режимы резания. Этот этап работы совершает процессор системы автоматизированной подготовки УП.

В соответствии со схемой базирования детали на каждой операции технолог-программист привязывает опорные точки каждой обрабатываемой грани к центру стола станка и программно переносит координату опорной точки в центр стола. Дальнейший расчет координатных перемещений инструмента совершает постпроцессор системы автоматизированной подготовки УП.

Структурная схема типовой системы ЧПУ представлена на рис. 157, а схема автоматизированной подготовки УП — на рис. 158.

## Контрольные вопросы

1. Как осуществляется технологическая подготовка производства?
2. Назовите элементарные поверхности корпусных деталей.
3. Что такое маршрутное описание технологического процесса? Что такое технологическая база, технологический переход?
4. Расскажите последовательность технологических переходов при обработке корпусной детали.
5. Назовите основные виды программноносителей.
6. Как использовать правило правой руки для определения направления осей координат?
7. Какие Вы знаете основные управляющие слова и команды?
8. В какой последовательности записываются слова в кадре?
9. Какие существуют методы контроля управляющих программ и корректировки управляющих программ?



## Глава VI

### Научная организация труда на машиностроительных предприятиях

#### § 57. Типы машиностроительных производств

Машиностроительные производства различаются по отраслевому принципу (т. е. по видам изготавливаемых изделий) и по серийности выпуска одинаковых изделий.

К машиностроительным отраслям относятся: тяжелое и транспортное машиностроение; энергетическое машиностроение; химическое и нефтяное машиностроение; станкоинструментальная промышленность; строительное, дорожное и коммунальное машиностроение; тракторное и сельскохозяйственное машиностроение; автомобилестроение; машиностроение легкой и пищевой промышленности; приборостроение; электротехническая промышленность и др.

В зависимости от годового выпуска одинаковых изделий и размера партии их запуска различают единичное, мелкосерийное, серийное и массовое производство.

К массовым изделиям, например, относятся автомобили, тракторы и электродвигатели, годовой выпуск которых исчисляется сотнями тысяч и миллионами штук.

Для станкостроения характерны единичное, мелкосерийное, среднесерийное и серийное производство с годовым выпуском до 10 шт., 10—100 шт., 100—1000 шт. и 1000—1500 шт. соответственно.

Чтобы обеспечить экономичность машиностроительного производства, технологические процессы механической обработки деталей и сборки узлов выбирают в зависимости от программы выпуска. Так, в единичном и мелкосерийном производстве используют маршрутные технологические процессы, универсальное металлорежущее оборудование и инструмент, универсальную, технологическую оснастку, опытно-статистические нормы времени; в серийном производстве — операционный технологический процесс, специализированное металлообрабатывающее оборудование, станки с ЧПУ, многоцелевые станки, универсальную, унифицированную и



специальную технологическую оснастку и режущий инструмент, технически обоснованные нормы времени; в массовом производстве — детализированный попереходный технологический процесс, специализированное и специальное металлорежущее оборудование и автоматические линии.

Для изготовления однотипных изделий и узлов применяют унификацию деталей и узлов, разрабатывают типовые технологические процессы и групповые методы обработки.

## **§ 58. Классификация корпусных деталей**

К корпусным деталям металлорежущих станков и машин относятся станины, стойки, поперечины, столы, основания, суппорты, планшайбы и др. Они отличаются друг от друга по конструкции, габариту, массе, требуемой точности обработки, воспринимаемым нагрузкам, степени подвижности. Но в то же время все корпусные детали должны отвечать следующим требованиям: жесткость и виброустойчивость конструкции; минимальная масса; длительное сохранение размерной точности; возможность удобного обслуживания.

По сравнению с другими корпусные детали более сложны по конструкции, более массивны и более трудоемки в изготовлении. Они имеют ребра жесткости и базовые поверхности. Последние служат для установки и сопряжения с другими узлами. Сопряжения бывают подвижными (посредством шпоночных пазов) или неподвижными (посредством болтов, штифтов и гаек).

К неподвижным корпусным деталям относятся станины и основания, качество которых определяет в значительной мере эксплуатационные характеристики станков и машин. Станины, состоящие в зависимости от массы и габарита из одной или нескольких частей, выполняют коробчатой формы с внутренними ребрами жесткости (образующими полости и отсеки); профиль поперечного сечения станины может быть замкнутым, открытым и полуоткрытым.

Корпусные детали, как правило, отливают из чугуна или стали или выполняют сварными. Литые станины более виброустойчивы; для них характерно отсутствие остаточной деформации после прекращения действия внешних сил. Сварные станины по сравнению с литыми имеют меньшую (примерно на 30%) массу, менее трудоемки в изготовлении, допускают внесение некоторых конструктивных изменений в процессе эксплуатации.

Подвижные корпусные детали станков предназначены для перемещения закрепленных на них обрабатываемых деталей и для установки и перемещения режущего инструмента. Направляющие имеют форму прямоугольную, призматическую или типа «ласточкин хвост». Столы выполняют коробчатой формы с Т-образными пазами для крепления приспособления или детали.

Суппорт станка, обеспечивающий перемещение инструмента, обычно состоит из двух-трех частей. Например, суппорт токарного станка состоит из каретки, перемещающейся по направляющим



станины; нижней части суппорта, перемещающейся в поперечном направлении по направляющим каретки; поворотной части и верхних салазок, несущих резцовую головку. Планшайба (представляющая собой круглый стол коробчатой формы) обеспечивает вращение закрепленной на ней заготовки (на карусельных, зубофрезерных, плоскошлифовальных станках) и имеет круглые направляющие, прикрепленные к станине.

## **§ 59. Типизация технологических процессов**

На основе нормализации и унификации деталей и узлов достигается повторяемость их в различных машинах, возможность серийного изготовления часто повторяющихся узлов машин (а следовательно, и деталей) на специализированных участках.

Разработка технологических процессов механической обработки включает в себя следующие этапы: составление маршрутной или попережной технологии; техническое нормирование; проектирование технологической оснастки.

Для разработки технологической документации необходимы рабочие чертежи изделий и деталей, технические условия на их изготовление, паспорта оборудования, руководящие материалы ( типовые технологические процессы, номенклатура нормализованного инструмента, нормы припусков и др.), чертежи заготовок.

В технологических процессах рекомендуется обозначать установочные базы буквами, а обрабатываемые поверхности цифрами. На рабочих чертежах деталей наносятся контуры заготовок и припуски на обработку. Попережную технологию с указанием режимов резания и размеров составляют для деталей, изготавливаемых в больших количествах.

Технологическими процессами предусматривается возможность использования нормализованной технологической оснастки, вспомогательного и режущего инструмента и универсальных приспособлений. Специальная технологическая оснастка проектируется в случае изготовления больших партий деталей.

Технологический процесс, как правило, должен быть составлен с учетом применения стандартного инструмента определенной номенклатуры, имеющегося в инструментальном хозяйстве любого предприятия и изготавливаемого специализированными заводами. Нестандартный инструмент, требующий изготовления на данном предприятии, включается в ведомость специального инструмента.

Технологический контроль чертежей проводят в целях: сокращения номенклатуры специальных деталей и узлов; повышения удобства сборки; рационализации выбора материала и заготовок; назначения рациональных допусков, посадок и допусков точности; возможности использования стандартного режущего и измерительного инструмента и нормализованной технологической осна-



стки; соблюдения заводских нормалей и руководящих материалов. При проектировании технологических процессов на нормализованные детали составляют описание операций, назначают оборудование и нормы времени.

Типовые технологические процессы на часто повторяющиеся детали общего назначения издаются типографским способом с наименованием и содержанием операций. Размеры обработки и другие конкретные данные вносятся при разработке карт на определенные детали.

Работа по типизации технологических процессов является постоянной, так как номенклатура деталей непрерывно пополняется, а технологические методы совершенствуются.

## **§ 60. Групповые методы обработки**

Групповые наладки металлорежущих станков состоят из нормализованных и универсальных приспособлений и инструментов и обеспечивают обработку однотипных деталей с минимальной затратой времени на переналадку инструмента. Типаж и номенклатуру деталей определяют путем классификации деталей по конструктивным признакам и размерам обрабатываемых поверхностей. Номенклатура приспособлений и инструментов, включаемых в групповую наладку, зависит от технологического процесса обработки и размеров типовых деталей.

При обработке однотипных деталей, отличающихся размерами, заменяют инструмент и переналаживают станок или элементы групповой наладки с помощью нониусов и упоров. Если в процессе производства выявляются новые детали, которые могут быть обработаны с применением существующих групповых наладок, то эти детали включаются в наладку после изготовления необходимых инструментов.

Групповые наладки проектируют в такой последовательности: выявляют типовые детали и диапазоны их размеров на основе разработки классификатора типовых деталей данного производства; составляют развернутый технологический процесс обработки типовых деталей; определяют номенклатуру необходимых приспособлений и инструментов и составляют схему групповой наладки с размещением элементов групповой наладки на станке; проектируют специальные и универсальные приспособления и инструменты групповой наладки и рассчитывают параметры ее переналадки для каждой детали. При проектировании групповых наладок максимально используют нормализованную и универсальную технологическую оснастку, принадлежности и инструмент.

## **§ 61. Пути повышения производительности труда**

В условиях крупносерийного производства повышение производительности труда осуществляется на основе автоматизации, применения высокопроизводительного специального оборудования



и технологической оснастки, внедрения прогрессивных технологических процессов и технически обоснованных норм выработки.

В условиях единичного и мелкосерийного производства повышение производительности труда обеспечивается на основе унификации однотипных деталей и изделий, классификации типовых деталей и узлов, разработки типовых технологических процессов и укрупненных норм времени, организации участков групповой обработки типовых деталей с применением универсальных, групповых приспособлений и наладок, а также средств малой механизации и станков с ЧПУ.

Унификация и классификация деталей и узлов создают предпосылки для укрупнения партий обрабатываемых деталей, типизации технологических процессов, норм времени и технологической оснастки. Повышение производительности станочных работ в значительной мере зависит от степени оснащенности универсальными принадлежностями, приспособлениями и инструментом, пригодными для обработки типовых деталей.

Универсальные приспособления, инструмент и групповые наладки, пригодные для основных операций механической обработки типовых деталей (валиков, втулок, фланцев, зубчатых колес, планок, кронштейнов и др.) позволяют устранить ручные слесарные и разметочные работы, повысить качество обработки, сократить себестоимость, сроки подготовки производства и изготовления изделий.

Повышение производительности труда на станочных работах достигается путем сокращения машинного, вспомогательного и подготовительно-заключительного времени обработки. При этом следует иметь в виду, что вспомогательное время составляет 30—70% штучного времени.

К числу организационных мероприятий, значительно сокращающих время обработки, относятся: рациональная организация рабочего места станочника; заблаговременное комплектование инструмента по технологическим схемам обработки; наличие необходимого комплекта универсального инструмента в инструментальном шкафу каждого рабочего; сдача станка сменщику на ходу и др.

К техническим мероприятиям, повышающим производительность труда, относятся: применение твердосплавного инструмента, разъемных и микрометрических блоков, многорезцовых головок, расточных державок с радиальной подачей и точной установкой резца на диаметр; использование координатных устройств, универсальных средств для измерения диаметров отверстий и межцентровых расстояний без съема борштанги, оптических приборов, и других устройств для установки инструмента; применение поворотных столов и других универсальных приспособлений и принадлежностей; внедрение технически обоснованных норм времени и передовых приемов труда.

Значительными резервами повышения производительности труда являются сокращение непроизводительных потерь рабочего



времени, использование бригадных форм организации и стимулирования труда, сокращение потерь от брака, образцовое содержание оборудования, инструмента и оснастки.

## § 62. Научная организация труда и рабочего места

Рабочее место станочника — это участок производственной площади, на котором размещены станок, приспособления, принадлежности, обрабатываемые детали и вспомогательные устройства (инструментальный шкаф; комплекточный стол; стеллажи для деталей, борштанг и оправок; набор принадлежностей к станку и подножная решетка).

Рациональная организация рабочего места обеспечивается оснащенностью технологической оснастки, оптимальной планировкой оборудования и вспомогательных устройств, созданием санитарно-гигиенических и безопасных условий работы.

Рабочее место должно занимать возможно меньшую площадь, все предметы должны располагаться в наиболее удобном для работы порядке. Чтобы не было потерь времени на поиски нужных предметов, должен быть составлен их перечень, в котором следует ука-

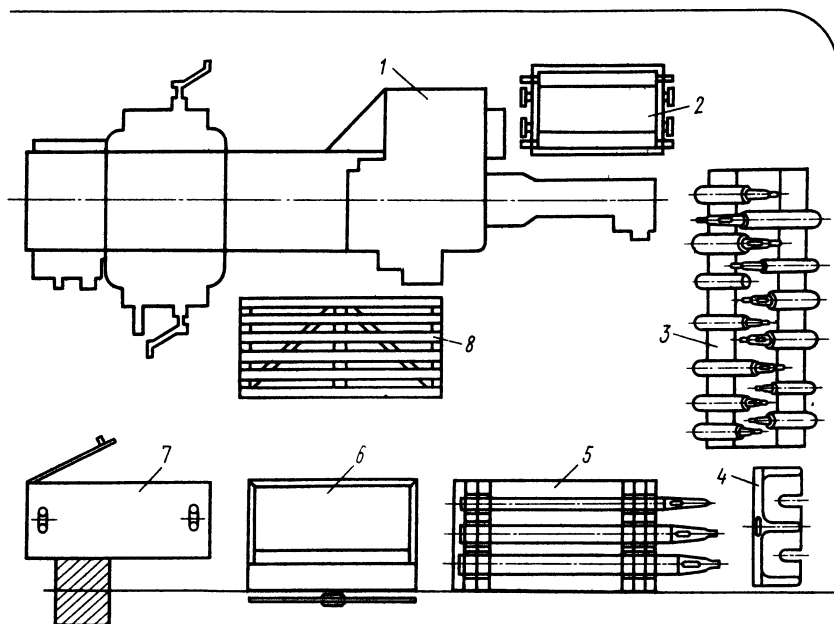


Рис. 159. Планировка рабочего места токаря-расточника:

1 — станок; 2 — ящик для стружки; 3 — стеллаж для борштанг и оправок; 4 — угольник; 5 — подставка для борштанг и оправок; 6 — комплекточный стол; 7 — инструментальный шкаф; 8 — подножная решетка



зять их количество и постоянное место нахождения. Схема типовой планировки рабочего места токаря-расточника показана на рис. 159, а рабочего места фрезеровщика — на рис. 160.

Набор инструмента и принадлежностей зависит от характера работ, проводимых на станке. Примерный перечень инструмента и принадлежностей, хранящихся в инструментальном шкафу на рабочем месте токаря-расточника, следующий: режущий инструмент (сверла, зенкеры, развертки и резцы наиболее ходовых размеров); измерительный инструмент (масштабная линейка, штангенциркуль, индикаторы, штангенвысотометр, циркуль, установочные шупы); принадлежности (установочные и расточные оправки, призмы, параллели, установочные сухари, расточные, сверлильные и фрезерные патроны, переходные втулки, домкраты, подставки, прихваты, болты, резьбовые шпильки и сухари, масленки, щетки для уборки стружки, набор ключей). Весь измерительный инструмент после окончания работы должен сдаваться рабочим в инструментально-раздаточную кладовую для своевременной проверки на контрольном пункте ОТК.

За каждым рабочим местом закрепляются необходимая технологическая документация и справочные материалы (карты наладки, таблицы скоростей резания и подач для различных материалов, таблицы углов заточки инструмента и диаметров сверл под резьбу и др.).

В шкафу, предназначенном для хранения инструмента, должен полностью размещаться необходимый для работы инструмент, подлежащий постоянному хранению на рабочем месте. Расположение инструмента и приспособлений должно быть наиболее удобным.

Сверла и развертки с коническим хвостовиком хранят в вертикальном положении. Для этого в выдвижных деревянных полках шкафа делают специальные гнезда по возрастающим размерам инструментов. Крепежные болты в сборе с прихватами, шайбами и гайками помещают в вырезы металлической планки. Резцы с цилиндрическим хвостовиком хранят в просверленных гнездах деревянных подставок высотой 50—60 мм, шириной 100—120 мм и длиной 200—250 мм. Резцы мелких размеров с быстрорежущими и твердосплавными пластинами хранят отдельно в коробках-пеналах.

На комплектовочном столе (рис. 161, а) инструмент распо-

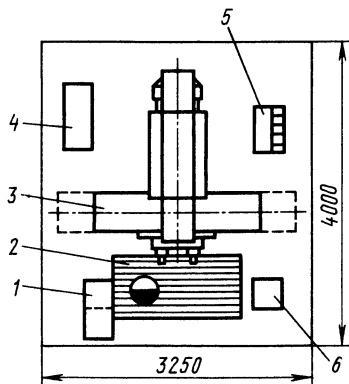


Рис. 160. Планировка рабочего места фрезеровщика:

1 — инструментальный шкаф, 2 — подножная решетка; 3 — фрезерный станок; 4 — подставка для приспособлений; 5 — стеллаж для оправок; 6 — тумбочка с тарой



лагают в технологической последовательности его применения для данной операции. Технологическая и другая документация хранится в ящиках стола. Вспомогательная оснастка (оправки, призмы, домкраты, подставки, патроны) располагают в нижней части стола. При обработке крупных корпусных деталей пользуются рабочими чертежами, которые закрепляют в развернутом положении на специальном устройстве, помещаемом на задней стенке комплектного стола.

Комплект оправок и борштанг хранят в специальном стеллаже (рис. 161, б). Борштанги больших размеров устанавливают в вертикальном положении с двух сторон стеллажа, благодаря чему обеспечивается их компактное размещение и отсутствие деформации под действием собственной массы. Борштанги и оправки меньших размеров хранят на полках стеллажа. Борштанги и оправки, используемые в данный момент на станке, устанавливают на призматические подставки, обшитые ремнем. Запасные комплекты инструмента хранят в инструментально-раздаточной кладовой.

Все расточные и фрезерные станки обслуживаются мостовым краном или имеют автономные подъемные устройства.

**Организация труда на рабочем месте.** Перед началом работы станочник должен:

проверить исправность станка (если станок неисправен, надо немедленно сообщить об этом дежурному слесарю) и смазать станок по инструкции. В процессе работы внимательно следить за смазкой станка маслом соответствующей марки, помня, что хоро-

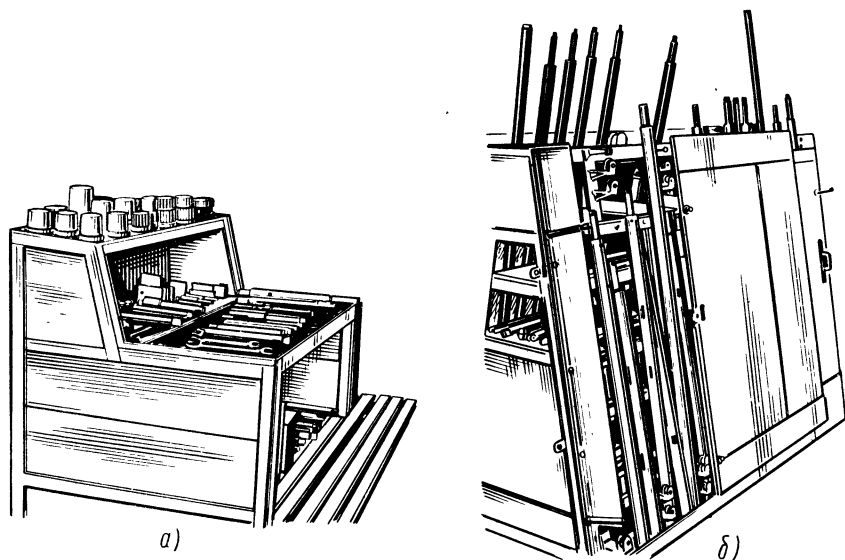


Рис. 161. Устройство для хранения инструмента на рабочем месте:  
а — комплектный стол; б — стеллаж для борштанг и оправок



шая и своевременная смазка механизмов сохраняет точность работы станка и удлиняет срок его службы;

ознакомиться с предстоящей работой: изучить чертеж и технологическую карту обработки детали, проверить наличие и исправность инструмента и приспособлений;

осмотреть заготовки и проверить их соответствие чертежу относительно припусков, отсутствия внешних пороков и других дефектов, влияющих на качество детали или стойкость инструмента;

удалить с рабочего места все, что не нужно для предстоящей работы.

Во время работы станочник должен:

инструмент класть на определенное место и использовать его по назначению;

беречь рабочие поверхности станка от ударов и грязи, не класть на них инструмент, ключи, детали и т. п.;

работать только острым и исправным инструментом: тупой инструмент увеличивает нагрузку на станок, что может привести к его поломке;

следить за тем, чтобы приспособление, инструмент и деталь были прочно закреплены;

после того как обработка закончена, удалить стружку со станка и приспособления (используя для этого щетку и совок) в ящик для стружки.

По окончании работы станочник должен убрать рабочее место.

Бесперебойная и производительная работа возможна лишь при условии своевременного обеспечения рабочего места всем необходимым, и в первую очередь инструментом, приспособлениями, заготовками и технической документацией.

Инструменты, принадлежности и приспособления должны быть своевременно получены из инструментально-раздаточной кладовой цеха, где обеспечивается их выдача, приемка, хранение, учет и контроль. Для учета движения технологической оснастки применяют марочную систему и инструментальные книги. Инструмент выдают рабочему в обмен на инструментальную марку или название инструмента записывают в инструментальную книгу. В инструментальных книгах ведется учет инструментов и приспособлений, постоянно находящихся на рабочем месте. Каждый случай поломки или утери инструментов мастер участка оформляет актом, на основании которого производится списание инструмента и удержание с виновника его полной или частичной стоимости. Правильное содержание и использование инструментов способствуют повышению производительности труда, улучшению качества и снижению себестоимости обработки деталей.

### **§ 63. Пути улучшения качества продукции**

Комплексная система управления качеством продукции — активная форма воздействия на процесс формирования качества, которая предусматривает установление, обеспечение и поддержа-



ние необходимого уровня качества продукции при ее разработке, производстве и эксплуатации или потреблении, осуществляемые путем систематического контроля качества и целенаправленного воздействия на условия и факторы, влияющие на качество продукции.

Управление качеством продукции базируется на стандартизации и научно-технических прогнозах.

Основной задачей системы управления качеством является обеспечение планомерного повышения качества продукции и улучшение ее ассортимента с целью максимального удовлетворения потребностей народного хозяйства и населения страны.

Важнейшие мероприятия, осуществляемые в процессе управления качеством: планирование повышения объемов выпуска продукции высшей категории качества; планирование и обеспечение своевременного внедрения в производство новых научно-технических разработок; сравнение уровней качества однотипной продукции, выпускаемой различными предприятиями; оценка уровня качества разрабатываемой и выпускаемой продукции на основе проведенной аттестации; разработка мероприятий, направленных на повышение качества; стимулирование за повышение качества продукции; использование ЭВМ для сбора и обработки информации, относящейся к качеству выпускаемой продукции.

Показатель качества продукции — количественная характеристика свойств продукции. В зависимости от числа этих свойств показатель качества называется единичным или комплексным. Интегральный показатель качества продукции также является комплексным, отражающим соотношение суммарного полезного эффекта от эксплуатации или потребления продукции к суммарным затратам на ее создание и эксплуатацию (или потребление).

Базовым показателем качества продукции называется показатель, принятый за исходный при сравнительных оценках качества.

Результаты оценки качества продукции: присвоение продукции высшей, первой или второй категории качества; решение о том, что качество продукции одного варианта выше качества продукции другого варианта; сравнение качества с эталонным (выше, на уровне, ниже).

Показатели оценки уровня качества продукции: полезный эффект от использования продукции по назначению; надежность и долговечность; технологичность; эргономические показатели, характеризующие систему человек — изделие — среда; эстетические показатели; показатели стандартизации и унификации; патентно-правовые показатели, характеризующие степень патентной чистоты и патентной защиты изделий; экономические показатели, отражающие затраты на разработку, изготовление и эксплуатацию или потребление продукции, а также экономическую эффективность эксплуатации.



На практике применяются следующие методы оценки уровня качества продукции: дифференциальный, комплексный и смешанный.

Дифференциальный метод оценки качества осуществляется путем сопоставления единичных показателей качества оцениваемого изделия с единичными показателями качества изделия-эталоны или с базовыми показателями, установленными техническими условиями или стандартами.

Комплексный метод оценки уровня качества выражается одним обобщенным показателем, например интегральным.

Смешанный метод оценки качества объединяет дифференциальный и комплексный методы: единичные показатели качества объединяют в группы и для каждой группы определяют соответствующий ей комплексный показатель, а на основе полученных групп показателей качества оценивают уровень качества дифференциальным методом.

Контроль качества может быть сплошным или выборочным.

Сплошной контроль применяют в единичном и мелкосерийном производстве.

Категории испытаний готовой продукции: приемо-сдаточные, периодические, типовые, аттестационные и эксплуатационные. Приемо-сдаточным испытаниям подвергают все изготовленные изделия. Типовые испытания проводят после освоения нового вида продукции или после внесения конструктивных или технологических изменений. Аттестационные испытания проводят в целях присвоения продукции категории качества.

Виды контроля: по качественным признакам (все изделия разбивают на годные и дефектные и качество партии изделий оценивают по величине доли дефектных изделий); по количественным признакам (результат контроля зависит от статистических характеристик распределения исследуемых параметров).

**Надежность** — свойство объекта выполнять заданные функции, сохраняя во времени значения установленных эксплуатационных показателей в заданных пределах, соответствующих заданным режимам и условиям использования технического обслуживания, ремонта, хранения и транспортирования. Надежность — комплексное свойство, включающее безотказность, долговечность, ремонтпригодность и сохраняемость как для объекта в целом, так и для его частей.

**Безотказность** — свойство объекта непрерывно сохранять работоспособность в течение некоторого времени или некоторой наработки.

**Долговечность** — свойство объекта непрерывно сохранять работоспособность до наступления предельного состояния при установленной системе технического обслуживания и ремонта.

**Ремонтпригодность** — свойство объекта, заключающее в приспособленности к предупреждению и обнаружению причин возникновения его отказов, повреждений и устранению



их последствий путем проведения ремонтов и технического обслуживания.

**С о х р а н я е м о с т ь** — свойство объекта непрерывно сохранять исправное и работоспособное состояние после хранения и транспортирования.

**О т к а з** — событие, заключающееся в нарушении работоспособности объекта.

**П о к а з а т е л ь   н а д е ж н о с т и** — количественная характеристика одного или нескольких свойств, составляющих надежность объекта.

**Н а р а б о т к а** — продолжительность или объем работы объекта.

**С р о к   с л у ж б ы** — календарная продолжительность эксплуатации объекта от начала или возобновления после среднего или капитального ремонта до наступления предельного состояния.

**В е р о я т н о с т ь   б е з о т к а з н о й   р а б о т ы** — вероятность того, что в пределах заданной наработки отказ объекта не возникает.

В государственных планах предусматривается производство новых видов промышленной продукции по отраслям народного хозяйства с приложением карт технического уровня, в которых указаны показатели качества отечественных образцов в сравнении с лучшими зарубежными образцами.

**Статистические методы контроля качества** применяют для предупреждения брака, организации бездефектной сдачи продукции, проведения анализов технологических процессов для выявления скрытых дефектов и резервов повышения качества, наблюдения за качеством исходных материалов, состоянием технологического оборудования, оснастки и инструментов, регулирования хода технологических операций, установления необходимости подналадки оборудования.

Приемный статистический контроль качества применяется в целях сокращения объемов работ на проведение испытаний и снижения стоимости испытаний.

Текущий предупредительный статистический контроль вводится на устойчивых технологических операциях, где брак не превышает 5—6%. Его внедрению предшествует анализ технологического процесса и его отладка: определяются признаки качества или размеры деталей, которые будут подвергаться систематическому контролю, подсчитываются статистические характеристики отклонения контролируемых размеров в поле допуска, определяется вероятная доля брака на данной операции, выбирается способ предупредительного статистического контроля, назначается порядок взятия, объем и периодичность выборки.

Приемный статистический контроль вводится при экономической целесообразности отмены стопроцентного контроля изделий. При этом определяется доля брака в выборке, несмотря на то, что она отлична от доли брака в партии.

Механизация и автоматизация статистического контроля поз-



воляет понизить трудоемкость вычислительных и логических операций, повысить объем и достоверность обработки текущей информации с целью получения правильных сигналов и команд о разладке технологических операций и подналадке оборудования.

**Аттестация продукции** способствует увеличению объемов производства продукции, соответствующей лучшим отечественным и мировым достижениям, расширению производства прогрессивных, конкурентоспособных машин, оборудования и приборов, ускорению модернизации или снятию с производства устаревшей продукции. На основе аттестации продукции производится планирование объемов продукции по категориям качества, повышение технического уровня и качества продукции и оценка производственной деятельности предприятий по повышению технического уровня и качества продукции, стимулирование производства продукции с государственным Знаком качества.

Аттестации подлежит вся товарная продукция, постоянно выпускаемая предприятиями. Не подлежит аттестации: одноразовая, оборонная, опытная, специальная, нестандартная, ювелирная и художественная продукция.

К продукции высшей категории качества относится та продукция, на которую Госстандартом СССР зарегистрировано решение Государственной аттестационной комиссии и выдано свидетельство о присвоении продукции государственного Знака качества.

Продукция первой категории качества по технико-экономическим показателям должна соответствовать требованиям стандартов (технических условий) и удовлетворять потребности народного хозяйства и населения страны.

К продукции второй категории качества относится та продукция, которая по технико-экономическим показателям не соответствует современным требованиям народного хозяйства и населения страны, морально устарела и подлежит модернизации или снятию с производства.

Продукция производственно-технического назначения подлежит переаттестации на предмет отнесения ее к высшей или первой категории качества через три года, товары культурно-бытового назначения и хозяйственного обихода — через два года.

Для аттестации продукции, организуются постоянно действующие и разовые Государственные аттестационные комиссии. Решения Государственных аттестационных комиссий подлежат регистрации в Госстандарте СССР — по продукции высшей категории качества, в головной отраслевой организации по стандартизации — по продукции первой и второй категорий.

#### **§ 64. Многостаночное обслуживание и совмещение профессий**

Многостаночное обслуживание целесообразно вводить, когда машинное время одной станочной операции превышает вспомогательное время другой операции. При этом норма выработки



на каждом станке многостаночного комплекса не должна снижаться, для чего необходима рациональная организация труда участка и рабочего места многостаночника: У-образная или П-образная установка станков по замкнутому периметру с рабочим местом станочника в середине; применение минимума совершенной технологической оснастки; поручение рабочим выполнения кратковременных слесарных операций, когда вспомогательное время на другой операции значительно меньше машинного времени на первой операции; применение многоместных приспособлений для обработки нескольких различных деталей одновременно или последовательно; применение комбинированных универсальных наладок на агрегатных и многопозиционных станках; выполнение станочных операций на станках с прерывистым циклом обработки; автоматизация процесса загрузки, обработки и транспортирования заготовок от станка к станку.

Росту числа многостаночников способствует совмещение профессий рабочих при освоении ими нескольких профессий и повышении профессиональной квалификации.

Внедрению многостаночного обслуживания и совмещению профессий предшествует следующая работа: выявление операций и их трудоемкости, которые не обеспечивают нормальную загрузку рабочих данной специальности или не могут быть выполнены наличным количеством рабочих данной специальности и осуществляются на станках с автоматическим циклом или со значительной долей машинного времени; анализ возможности совмещения профессий рабочих с целью компенсации недостающего числа рабочих дефицитных специальностей и ликвидации простоя рабочих недогруженных профессий; определение организационно-технических условий для совмещения профессий (расстановка станков, организация рабочих мест, обеспечение инструментами и заготовками, составление графиков загрузки рабочих); подбор рабочих для совмещения профессий и их обучение; популяризация опыта совмещения профессий и обеспечение помощи со стороны инженерно-технических работников цеха и отделов завода; расчет пропускной способности оборудования по программе планируемого месяца и видам оборудования с учетом норм выработки по различным профессиям для выявления недостатка или избытка рабочих по профессиям.

При анализе целесообразности и возможности совмещения профессий рабочих необходимо руководствоваться следующими соображениями: технологическое родство оборудования (зубофрезерные-зубострогальные, поперечно-строгальные-долбежные и т. п.); трудоемкость совмещаемых операций должна соответствовать кратному числу необходимых рабочих; возможность одновременного обслуживания двух или трех станков одним рабочим при полной загрузке.

Необходимо иметь в виду, что при плохой организации труда и рабочих мест многостаночников создаются напряженные усло-



вия труда и падает заинтересованность рабочих в приобретении второй квалификации.

Обучение новой профессии осуществляется одновременно на курсах совмещения профессий под руководством опытного инженера-технолога и непосредственно на рабочем месте под руководством квалифицированного мастера или наладчика. В заключение курса обучения отрабатывается координация совмещения работ с устранением дефектов в организации труда и рабочих мест.

Для рабочих многостаночников, совмещающих две или три профессии в условиях серийного производства, составляют сменные графики-циклограммы с распределением работ по времени и создают стимулирующие условия оплаты труда.

### **Контрольные вопросы**

1. Какая имеется зависимость между типом машиностроительного производства и характером оптимальных технологических процессов?
2. Какое значение имеет типизация технологических процессов?
3. В чем состоят преимущества групповых методов обработки?
4. Каковы пути повышения производительности станочных работ при мелко-серийном и единичном производстве?
5. Как наиболее целесообразно организовать рабочее место фрезеровщика?
6. Как осуществляется организационно-техническое обслуживание рабочего места?
7. Каковы основные правила организации труда станочника?
8. Назовите важнейшие мероприятия по управлению качеством продукции.
9. Какие виды контроля качества продукции находят применение в механических цехах?
10. В чем состоят преимущества совмещения профессии и многостаночного обслуживания?



## Заключение

Особенность современного производства характеризуется словом «гибкость», означающим легкую приспособляемость производства к требованиям потребителей, постоянно растущим запросам населения и нуждам народного хозяйства.

В любом виде производства при смене выпускаемой продукции желательно как можно быстрее и дешевле перестраивать технологию. Это наилучшим образом позволяют делать гибкие производственные системы (ГПС). Гибкая производственная система представляет собой сложный комплекс, объединяющий работы основного технологического оборудования (станков с ЧПУ, разметочных и контрольно-измерительных машин, установок термообработки изделий и т. п.); вспомогательного оборудования (моечных машин, маркировочное оборудование и т. п.); автоматизированной транспортно-складской системы (АТСС), состоящей из склада, накопителей и транспорта. Четкое взаимодействие всех элементов ГПС при полной их загрузке с ритмичным изготовлением продукции возможно только при автоматизированной системе управления (АСУ) комплексом на базе ЭВМ.

АСУ ГПС на уровне цеха или завода состоит из пяти подсистем:

- автоматизированной системы управления предприятием (АСУП);

- автоматизированной системы научных исследований (АСНИ);

- системы автоматизированного проектирования (САПР);

- автоматизированной системы технологической подготовки производства (АСТПП);

- автоматизированной системы управления технологическим процессом (АСУТП).

Комплекс фундаментальных задач, решаемых в рамках АСУП, включает в себя: оперативное управление самим производством; управление технической подготовкой производства; технико-экономическое планирование; управление материально-техническим снабжением; управление реализацией и сбытом продукции; управление качеством продукции; управление финансовым обеспечением и т. д.



Автоматизированная система научных исследований (АСНИ) в рамках крупных ГПС и при ее проектировании необходима для разработки типовых решений по проектированию ГПС, разработки типовых решений по проектированию изделий конкретного предприятия и для разработки банков данных конкретных предприятий по оборудованию, инструменту, оснастке и типовым элементам изделий предприятия.

На предприятиях, где стремятся к полной автоматизации процесса от проектирования изделия до упаковки готовой продукции, на первом этапе широко используется САПР изделия. САПР изделия представляет собой автоматическое проектирование нового изделия на базе заранее разработанных типовых решений по элементам изделия и алгоритма формирования этих решений в изделии в зависимости от изменения технических требований к нему.

АСТПП включает в себя полный комплекс задач по технологической подготовке к производству нового изделия.

АСУТП автоматизированного производства включает в себя контроль всех изделий, проходящих через систему, анализ припусков на обработку, оптимизацию технологического маршрута и загрузки станков, прямое цифровое управление измерениями и точным шлифованием, контроль состояния инструмента, обработку данных измерений и формирование паспорта изделий, хранение и передачу управляющих программ на станки, диагностирование состояния оборудования и управление системой в аварийных ситуациях и т. п.



## **Список рекомендуемой литературы**

Д е р я б и н А. Л. Программирование технологических процессов для станков с ЧПУ. М., 1984.

К о п ы л о в Р. Б. Работа на фрезерных станках. Л., 1971.

Н и ч к о в А. Г. Фрезерные станки. М., 1984.

Режимы резания металлов. Справочник/Под ред. Ю. В. Барановского. М., 1972.

С м и р н о в В. К. Токарь-расточник. М., 1982.

С м и р н о в В. К. Универсальная технологическая оснастка в мелкосерийном производстве. М., 1973.

Т е п и н к и ч и е в В. К. и др. Металлорежущие станки. М., 1972.

Ш а ш к о в Е. В. и др. Автоматизированные комплексы из станков с ЧПУ с централизованным управлением от ЭВМ для обработки корпусных деталей. М., 1977.



# Оглавление

Введение . . . . .	3
<b>Глава I. Технологический процесс обработки деталей на фрезерно-расточных станках . . . . .</b>	<b>5</b>
§ 1. Понятия и определения . . . . .	5
§ 2. Принципы построения технологических процессов . . . . .	8
§ 3. Базирование деталей . . . . .	11
§ 4. Приспособления к сверлильно-фрезерно-расточным станкам . . . . .	15
§ 5. Приспособления и устройства к фрезерным станкам . . . . .	19
§ 6. Общие сведения о фрезерных станках . . . . .	38
§ 7. Режущий инструмент для фрезерных станков . . . . .	40
§ 8. Заточка инструмента . . . . .	46
§ 9. Вспомогательный инструмент для фрезерно-расточных работ . . . . .	49
§ 10. Новые инструментальные материалы и прогрессивные конструкции инструмента . . . . .	50
§ 11. Технологическая документация . . . . .	55
§ 12. Использование руководства по эксплуатации станка в практической работе оператора . . . . .	56
§ 13. Выбор технологических процессов обработки деталей . . . . .	57
<b>Глава II. Основы резания металлов . . . . .</b>	<b>63</b>
§ 14. Развитие науки о резании металлов . . . . .	63
§ 15. Кинематика резания и процесс стружкообразования . . . . .	64
§ 16. Геометрические параметры режущей части инструмента . . . . .	69
§ 17. Параметры обработки . . . . .	73
§ 18. Силы резания при фрезеровании и растачивании . . . . .	77
§ 19. Стойкость инструмента . . . . .	80
§ 20. Точность обработки . . . . .	82
<b>Глава III. Обработка на фрезерных станках . . . . .</b>	<b>85</b>
§ 21. Деталь и ее чертеж . . . . .	85
§ 22. Обработка плоской поверхности . . . . .	88
§ 23. Обработка взаимно перпендикулярных и параллельных поверхностей . . . . .	89
§ 24. Виды брака при обработке поверхностей, причины возникновения и методы его предупреждения . . . . .	93
§ 25. Фрезерование уступов, пазов и канавок . . . . .	94
§ 26. Фрезерование профильных пазов . . . . .	98
§ 27. Отрезные и прорезные работы . . . . .	102
§ 28. Обработка шпоночных пазов и лысок . . . . .	104
§ 29. Обработка фасонных и криволинейных поверхностей . . . . .	105
§ 30. Обработка сложных поверхностей на копируемо-фрезерных станках и станках с ЧПУ . . . . .	109
§ 31. Кинематические схемы универсальных делительных головок и способы деления . . . . .	111
§ 32. Устройство универсальных делительных головок . . . . .	115
§ 33. Работы, выполняемые с применением делительных головок . . . . .	120
<b>Глава IV. Расточные работы на расточных и широкоуниверсальных фрезерных станках . . . . .</b>	<b>124</b>
§ 34. Формы отверстий и технические условия их обработки . . . . .	124



§ 35. Типовые технологические процессы обработки отверстий . . .	125
§ 36. Подготовка и установка деталей . . .	131
§ 37. Установка инструмента при обработке отверстий . . .	133
§ 38. Сверление, рассверливание и зенкерование отверстий . . .	140
§ 39. Развертывание и растачивание цилиндрических отверстий . . .	144
§ 40. Режимы резания при растачивании отверстий . . .	149
§ 41. Нарезание резьбы . . .	149
§ 42. Обтачивание наружных и торцовых поверхностей . . .	151
§ 43. Контроль плоских поверхностей . . .	153
§ 44. Погрешности формы поверхностей и расположения отверстий в корпусных деталях . . .	154
§ 45. Контроль отверстий . . .	157
<b>Глава V. Технологическая подготовка производства при использовании станков с ЧПУ</b> . . .	166
§ 46. Задачи, решаемые при технологической подготовке производства . . .	166
§ 47. Разработка маршрутной и операционной технологии . . .	168
§ 48. Виды программносителей . . .	172
§ 49. Кодирование управляющих программ . . .	177
§ 50. Основные управляющие команды . . .	182
§ 51. Построение фраз управляющих команд . . .	183
§ 52. Кодирование циклов обработки . . .	184
§ 53. Разработка управляющей программы для обработки корпусной детали . . .	188
§ 54. Контроль управляющих программ . . .	193
§ 55. Корректировка управляющих программ . . .	193
§ 56. Общие понятия о машинном программировании . . .	194
<b>Глава VI. Научная организация труда на машиностроительных пред- приятиях</b> . . .	197
§ 57. Типы машиностроительных производств . . .	197
§ 58. Классификация корпусных деталей . . .	198
§ 59. Типизация технологических процессов . . .	199
§ 60. Групповые методы обработки . . .	200
§ 61. Пути повышения производительности труда . . .	200
§ 62. Научная организация труда и рабочего места . . .	202
§ 63. Пути улучшения качества продукции . . .	205
§ 64. Многостаночное обслуживание и совмещение профессий . . .	209
<b>Заключение</b> . . .	212
<b>Список рекомендуемой литературы</b> . . .	214

Учебное издание

*Евгений Васильевич Шашков*

*Вячеслав Константинович Смирнов*

## **Работа на фрезерно-расточных станках**

Заведующий редакцией *Г. П. Стадниченко*. Научный редактор *И. А. Новосельский*  
Редактор *В. А. Козлов*. Младшие редакторы *Н. В. Захарова, О. В. Каткова*. Художник  
*В. М. Боровков*. Художественный редактор *Т. В. Панина*. Технический редактор *Т. Д. Га-  
рина*. Корректор *Г. А. Четчикина*

ИБ № 4984

Изд. № М-281. Сдано в набор 24.12.85. Подп. в печать 10.04.86. Т-08739. Фор-  
мат 60×90<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бум. офс. № 2. Гарнитура литературная. Печать офсетная. Объем  
13,5 усл. печ. л. 27,25 усл. кр.-отт. 13,64 уч.-изд. л. Тираж 50 000 экз. Зак. № 957.  
Цена 35 коп.

Издательство «Высшая школа», 101430, Москва, ГСП-4, Неглинная ул., д. 29/14.

Ярославский полиграфкомбинат Союзполиграфпрома при Государственном комитете  
СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. 150014, Ярославль,  
ул. Свободы, 97.



