

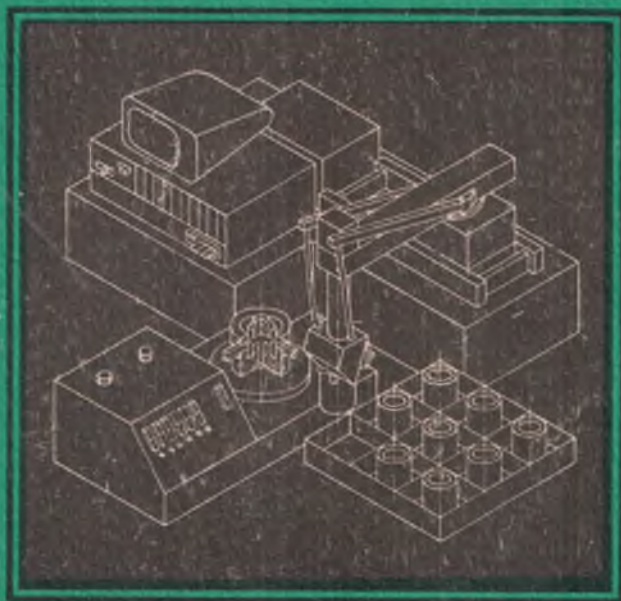
БИБЛИОТЕКА



СТАНОЧНИКА

Т.И. Тишенина
Б.В. Федоров

ТОКАРНЫЕ СТАНКИ И РАБОТА НА НИХ



БИБЛИОТЕКА



СТАНОЧНИКА

Основана в 1976 году

Т.И. Тишенина
В.Б. Федоров

ТОКАРНЫЕ СТАНКИ И РАБОТА НА НИХ

Долгопрудненский авиационный техникум

Электронная библиотека



Заказчик: А.Ю. Козловский Исполнитель Н.Н. Милицкий



141702 Россия, Московская обл.,
г. Долгопрудный, пл. Собина, 1

Phone: 8(495)4084593 8(495)4083109
Email: dat.ak@mail.ru
Site: gosdat.ru



МОСКВА
«МАШИНОСТРОЕНИЕ»
1990

ББК 34.630.2-5-08

T47

УДК 621.941.2

Редакционная коллегия:

доц. **В. Н. Гулин**, доц. **А. В. Коваленко**, инж. **Г. Н. Кокшаров**, доц. **В. В. Кувшинский**, канд. техн. наук **В. А. Куприянов**, проф. **В. В. Лоскутов**, лауреат Государственной премии СССР проф. **С. И. Самойлов** (председатель), доц. **Ю. И. Тулаев**, д-р техн. наук проф. **Ю. С. Шарин**

Рецензент инж. **В. И. ПОЛИКАРПОВ**

Тишенина Т. И., Федоров В. Б.

T47 Токарные станки и работа на них.—М.: Машиностроение, 1990.—144 с.: ил.— (Б-ка станочника).

ISBN 5-217-01082-7

Книга содержит данные о токарных станках, их конструкции и компоновке. Особое внимание уделено станкам с ЧПУ и подготовке управляющих программ для них. Отражены особенности работы токарных станков в составе ГПС.

Для рабочих, мастеров и студентов техникумов.

2705020000—262

T 262—90

038(01)—90

ББК 34.630.2-5-08

ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ИЗДАНИЕ

**Тишенина Татьяна Ивановна,
Федоров Виктор Борисович**

ТОКАРНЫЕ СТАНКИ И РАБОТА НА НИХ

Редактор **Ю. И. Подскребко**
Художественный редактор **А. С. Вершинкин**
Технический редактор **И. Н. Раченкова**
Корректор **Н. Г. Богомолова**
ИБ № 6088

Сдано в набор 06.06.89. Подписано в печать 07.05.90. Т.07123. Формат 60×88¹/₁₆. Бумага офсетная № 2. Гарнитура литературная. Печать офсетная. Усл. печ. л. 8,82. Усл. кр.-отт. 9,07. Уч.-изд. л. 9,86. Тираж 60 000 экз. Заказ 2244. Цена 50 к.

Ордена Трудового Красного Знамени издательство «Машиностроение»,
107076, Москва, Стромынский пер., 4

Московская типография № 4 Госкомпечати СССР
129041, Москва, Б. Переяславская, 46.

ISBN 5-217-01082-7

© Тишенина Т. И., Федоров В. Б., 1990

ПРЕДИСЛОВИЕ

Для увеличения выпуска высококачественной продукции в народном хозяйстве необходим ускоренный рост производительности труда на основе внедрения новой техники и технологии, комплексной механизации и автоматизации производства, повышения квалификации и профессионального мастерства рабочих и инженерно-технических работников.

Важнейшее значение в интенсификации производства имеет опережающее развитие машиностроительных отраслей народного хозяйства. В машиностроительном комплексе предусмотрено увеличение удельного веса высокопроизводительного металлообрабатывающего оборудования, оснащенного ЧПУ. В последние годы создан ряд гибких, т. е. легко переналаживаемых производственных систем (ГПС), состоящих из нескольких станков с ЧПУ, промышленных роботов для загрузки станков, транспортных устройств для подачи заготовок от автоматизированных складов на загрузочные позиции станков и др.

Однако наряду с высокопроизводительным автоматизированным оборудованием сохраняют свое значение и универсальные станки, на которых квалифицированные рабочие изготавливают сложнейшие детали машин.

Цель книги состоит в том, чтобы дать важнейшие комплексные сведения об устройстве наиболее распространенных типов токарных станков, в том числе станков с ЧПУ, а также ГПС, применяемом на них инструменте и приспособлениях и об организационных вопросах эффективного использования станков.

Главы 1, 2 и 4-я написаны В. Б. Федоровым, главы 3, 5 и 6-я — Т. И. Тишениной.

ТОКАРНЫЕ СТАНКИ

1. УНИВЕРСАЛЬНЫЕ ТОКАРНО-ВИНТОРЕЗНЫЕ СТАНКИ

Токарные станки предназначены для механической обработки поверхностей вращения. На этих станках обрабатывают самые разнообразные детали: валы и оси, втулки и зубчатые колеса, гильзы и стаканы и т. д. Объединяет эти детали то, что они состоят в основном из поверхностей вращения: цилиндрических, конических, торцовых, сферических, резьбовых и др. Валы и оси (рис. 1.1, а) характеризуются длиной, которая обычно в несколько раз больше наибольшего диаметра. Часто вал имеет несколько ступеней различного диаметра для посадки зубчатых колес, различных кулачков, подшипников, хотя иногда в машинах используют и гладкие валы и оси.

Втулки и гильзы (рис. 1.1, б) имеют соосные цилиндрические внутренние и внешние поверхности высокой точности. Отношение длины таких деталей к диаметру колеблется от 0,8 до 2. При обработке втулок и гильз технологическая задача заключается в достижении соосности внутренних и внешних цилиндрических точных поверхностей. Такая же задача возникает и при обработке дисков, например заготовки зубчатого колеса (рис. 1.1, в). Эти детали отличаются от предыдущих большим диаметром внешних

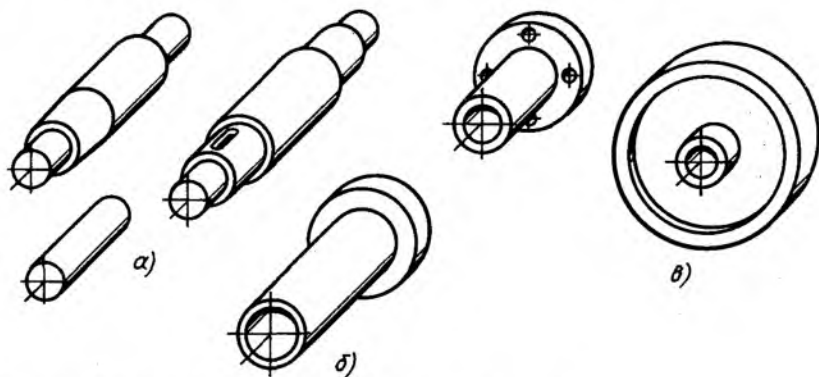


Рис. 1.1. Детали, обрабатываемые на токарных станках

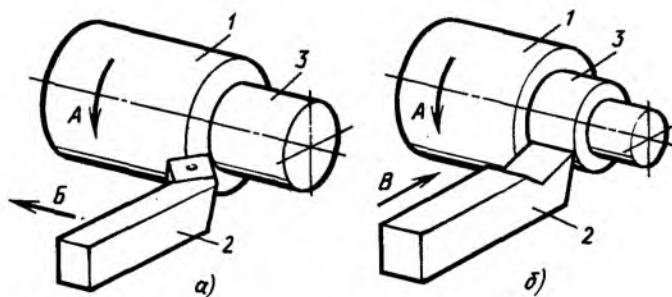


Рис. 1.2. Точение внешних цилиндрических поверхностей

поверхностей и малой длиной. Кроме деталей типа тел вращения, на токарных станках обрабатывают поверхности вращения на корпусных деталях (отверстия под подшипники валов), в рычагах и других деталях.

Среди других типов станков токарные по праву имеют наибольший удельный вес в станочном парке страны. Универсальность этих станков иллюстрируется перечислением основных (далеко не всех) видов работ, выполняемых на них.

Виды работ, выполняемых на токарных станках. На рис. 1.2 представлены способы *точения цилиндрических внешних поверхностей*. Заготовке 1 придается главное вращательное движение, указанное стрелкой А. Резцу 2 сообщается прямолинейное движение, параллельное оси вращения заготовки — движение подачи, показанное стрелкой Б.

В результате сочетания этих двух движений вершина резца описывает относительно оси вращения заготовки винтовую линию, образуя на заготовке цилиндрическую обработанную поверхность 3. При обработке вершина резца проходит длинный путь, и поэтому резец после нескольких деталей изнашивается и требует переточки. На рис. 1.2, б представлен второй способ получения цилиндрической поверхности — *точение заготовки 1 резцом 2 с поперечной радиальной подачей* (стрелка В).

В этом случае цилиндрическая поверхность 3 образуется всей режущей кромкой, установленной параллельно оси заготовки. Таким способом можно точить короткие поверхности длиной до 25—30 мм, так как при снятии широкой стружки возрастает вероятность возникновения вибраций. Вместе с тем без переточки одним резцом можно обработать большее число деталей, так как путь, проходимый резцом при обработке одной детали, значительно короче, чем в предыдущем случае.

Подрезание торцовых поверхностей. На рис. 1.3, а показаны движения заготовки 1 и резца 2 при подрезании плоского торца 3 с поперечной подачей. Особенности данного способа точения

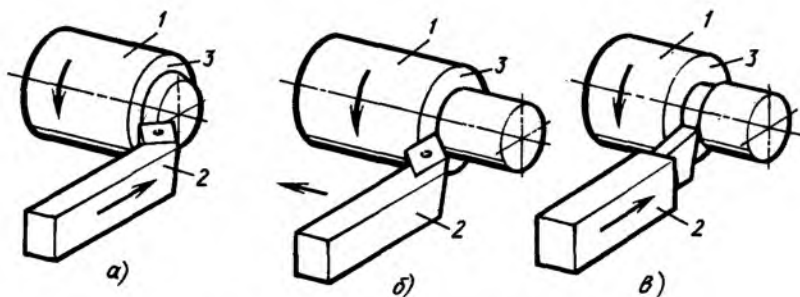


Рис. 1.3. Точение торцовых поверхностей

плоской поверхности аналогичны особенностям точения цилиндрической поверхности с продольной подачей резца. При подрезании торца с продольной подачей резца, режущая кромка которого перпендикулярна оси вращения заготовки (рис. 1.3, б), как и при точении цилиндрической поверхности с поперечной подачей, форма обрабатываемой поверхности 3 образуется линией режущей кромки резца. Плоская торцовая поверхность 3 (рис. 1.3, в) может образоваться при проточке прямоугольной канавки отрезным резцом с поперечной подачей или отрезке детали.

Точение конических поверхностей. Для образования конической поверхности резец необходимо перемещать под заданным углом к оси вращения заготовки. Небольшой угол конусности можно получить на токарном станке смещением центра 2 закрепления заднего конца заготовки 1 (рис. 1.4, а), тогда ось ее вращения наклоняется к направлению продольного движения резца на угол α , тангенс которого равен отношению величины смещения к длине заготовки.

При обработке конических поверхностей 1 с большим углом необходимо изменять направление движения резца 3 поворотом направляющих каретки 2 верхней части суппорта (рис. 1.4, б) либо применением копировального устройства (рис. 1.4, в), которое при включении продольной подачи с помощью копировальной линейки 1, установленной под углом α , перемещает суппорт с резцом 1 в этом же направлении. Короткие конические поверхности 1 (рис. 1.4, г) можно обработать широким резцом 2 с поперечной подачей.

Обработка фасонных поверхностей. На токарном станке обрабатывают фасонные поверхности. Один из самых простых способов — точение с поперечной подачей фасонного резца 2 (рис. 1.5, а), имеющего профиль контура 1. Фасонные поверхности 1 большой длины (рис. 1.5, б) обрабатывают с помощью копира 2, позволяющего при постоянной продольной подаче инструмента 3 перемещать его в поперечном направлении в соответствии

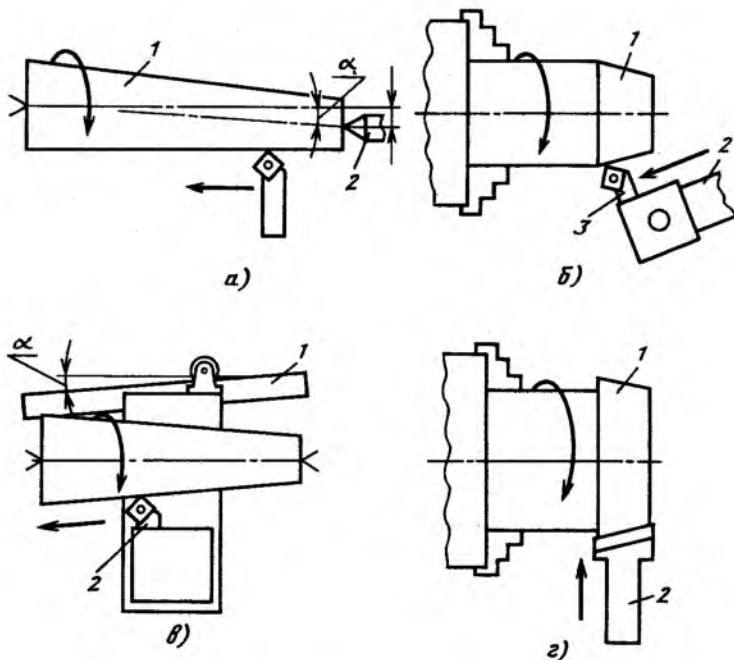


Рис. 1.4. Точение конических поверхностей:

а — со смещением заднего центра; б — поворотом направляющих частей верхней части суппорта; в — по копирной линейке; z — широким резцом с поперечной подачей

с профилем копира 2 (рис. 1.5, б). Станки с ЧПУ, в которых можно одновременно управлять продольной и поперечной подачей, имеют возможность задавать необходимую траекторию резца 1 путем изменения величины подач по осям X и Z (рис. 1.5, в).

Нарезание резьбы. Одним из наиболее универсальных способов обработки резьбовых поверхностей является нарезание резьбы

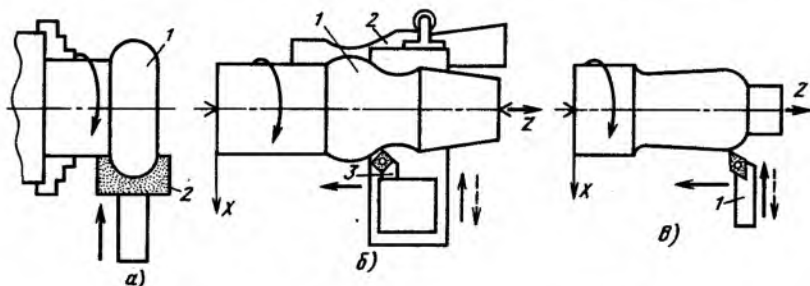


Рис. 1.5. Точение фасонных поверхностей:

а — фасонным резцом с поперечной подачей; б — по копиру; в — путем изменения продольной и поперечной подач

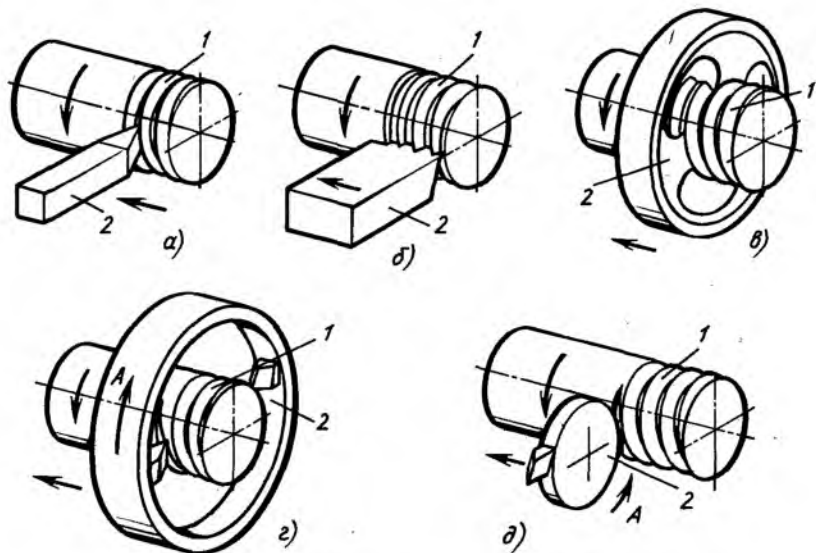


Рис. 1.6. Нарезание внешней резьбы:

а — резцовым резцом; *б* — гребенкой; *в* — плашкой; *г* — охватывающее (вихревое) фрезерование; *д* — наружное фрезерование головкой

резцом 2 (рис. 1.6, *а*) с профилем при вершине, соответствующим профилю впадины резьбы 1. Чтобы получить заданную точность резьбы, необходима жесткая кинематическая связь шпинделя с инструментом: за один оборот заготовки резец должен переместиться с высокой точностью на величину шага резьбы. Чтобы прорезать впадину резьбы на полную глубину, нужно выполнить несколько рабочих ходов, углубляя с каждым ходом резец в заготовку. Гребенка 2, имеющая несколько режущих зубьев разной высоты (рис. 1.6, *б*), позволяет нарезать резьбу 1 за один рабочий ход.

Более простой способ — нарезание резьбы 1 плашкой 2 (рис. 1.6, *в*), для которой продольная подача необходима лишь в начальный момент врезания, после чего плашка сама навинчивается на заготовку по нарезанному участку резьбы. Используя приспособления для вращения инструмента 2 (рис. 1.6, *г*, *д*), на токарных станках осуществляют фрезерование резьбы 1.

Обработка внутренних поверхностей. На рис. 1.7 показаны способы обработки внутренних поверхностей: растачивание цилиндрической поверхности 1 (рис. 1.7, *а*) с продольной подачей резца 2; прорезание канавки 1 прямоугольного или фасонного профиля с поперечной подачей (рис. 1.7, *б*), сверление и развертывание отверстий 1 (рис. 1.7, *в*) инструментом

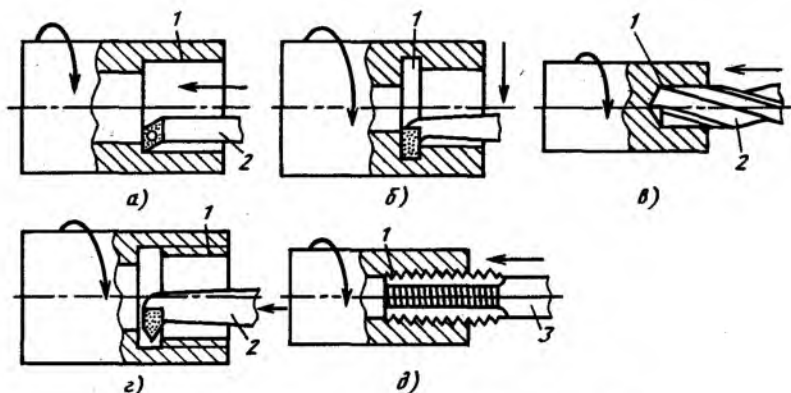


Рис. 1.7. Точение внутренних поверхностей

2 с продольной подачей; нарезание резьбы 1 резцом 2 (рис. 1.7, *г*) и метчиком 3 (рис. 1.7, *д*).

Другие виды обработки. На токарных станках обрабатывают поверхности путем пластического деформирования поверхностных слоев металла: накатывание рифлений 1 (рис. 1.8, *а*) роликом 2 и обкатывание поверхности 1 гладким роликом 2 (рис. 1.8, *б*) для ее упрочнения и уменьшения шероховатости (вместо шлифования).

На токарных станках осуществляют обработку поверхностей, требующую сложных кинематических связей рабочих органов станка. К таким способам обработки можно отнести точение по копиру и методом двух подач. Для получения заданного профиля требуется согласованное движение инструмента по двум координатам (см. рис. 1.5, *б*, *в*): продольного по координате Z и поперечного по координате X перемещений.

Продольное профильное точение (рис. 1.9, *а*) требует трех согласованных между собой движений: вращения шпинделя с заготовкой 1, продольного перемещения суппорта с инструментом

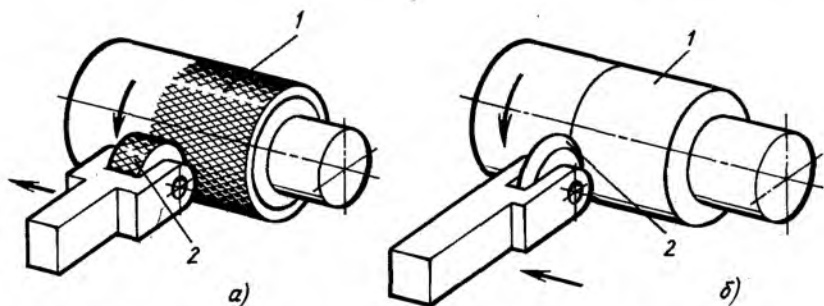


Рис. 1.8. Токарная обработка поверхностным пластическим деформированием

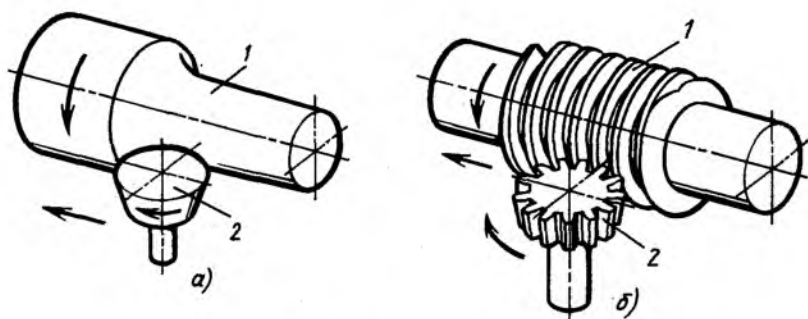


Рис. 1.9. Точение вращающимся инструментом

и вращения инструмента 2, в процессе которого он как бы катится по обрабатываемой поверхности. Если инструмент имеет сложный профиль, то он позволяет обработать поверхность такого же профиля. Так, на рис. 1.9, б показана схема нарезания резьбы червяка 1 долбяком 2, выполненным в виде зубчатого колеса с режущими зубьями. Долбяк установлен на суппорте, и при продольной подаче ему сообщается вращательное движение. В результате обкатного движения зубья долбяка нарезают модульную резьбу червяка.

Некруглые детали получают путем сообщения инструменту 2 качательного (рис. 1.10, а) движения, согласованного с вращением заготовки 1. Суппорту 3 (рис. 1.10, б) с инструментом 2 может сообщаться при этом и продольная подача. Аналогично

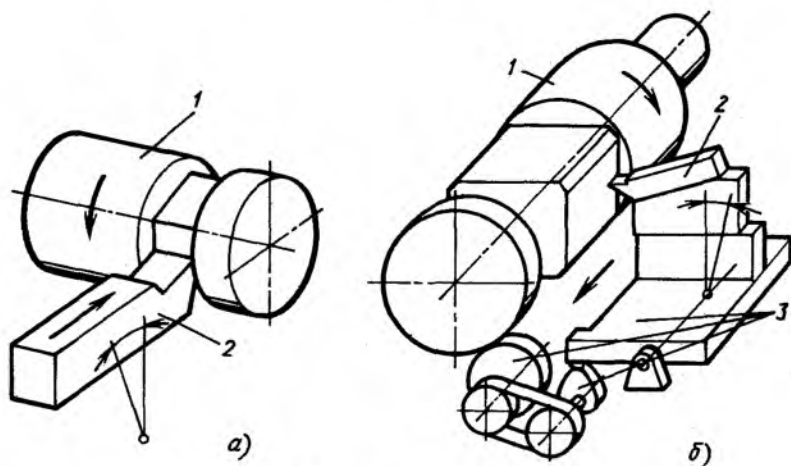


Рис. 1.10. Точение некруглых деталей:

1 — заготовка; 2 — инструмент; 3 — механизм дополнительного движения инструмента

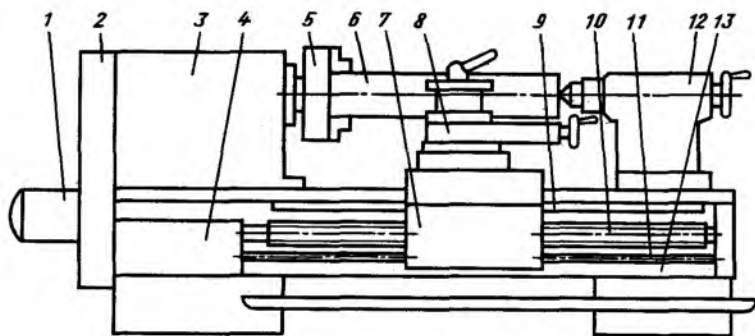


Рис. 1.11. Компоновка токарно-винторезного станка

может выполняться некруглый торцовый паз и другие некруглые поверхности.

Компоновка токарно-винторезных станков. На рис. 1.11 показана компоновка токарно-винторезного станка. Заготовка 6 устанавливается в патрон шпинделя 5 и поддерживается центром задней бабки 12. Для вращения заготовки служат электродвигатель 1 и механизм привода главного движения, размещенные в передней бабке 3. Привод главного движения может сообщать заготовке различную частоту вращения. Резцы закрепляют в резцедержателе верхнего суппорта 8, который может поворачиваться вокруг вертикальной оси. В верхнем суппорте размещен механизм ручного перемещения верхних салазок, который может использоваться для точения конусных поверхностей.

Суппорт 7 перемещается в продольном направлении по направляющим станины 13 с помощью ходового валика 11 или рейки 9, с которой шестерня механизма продольной подачи соединена с помощью ходового винта 10 или разъемной гайки. В суппорте имеется также механизм поперечной подачи, передающий движение от ходового валика к винту поперечных салазок суппорта.

Различные величины подач получают с помощью переключения зубчатых колес с разным числом зубьев, размещенных в коробке подач 4 и связанных передач 2 со шпинделем. К выходному валу коробки подач подключается ходовой валик или ходовой винт, используемый для нарезания резьбы. Таким образом в токарно-винторезных станках осуществляется кинематическая связь механизма продольного и поперечного перемещения со шпинделем станка.

Токарно-винторезный станок 16К20 отличается жесткой конструкцией, высокой точностью и надежностью в работе.

Техническая характеристика станка 16K20

Наибольший диаметр заготовки, мм:	
над станиной	400
над поперечным суппортом	220
Наибольший диаметр прутка, мм	50
Расстояние между центрами, мм	710; 1000 1400; 2000
Наибольшая длина обработки, мм	640; 930; 1330; 1930
Частота вращения шпинделя, мин ⁻¹	12,5—1600
Подача, мм/об:	
продольная	0,05—2,8
поперечная	0,025—1,4
Нарезаемая резьба:	
метрическая, шаг, мм	0,6—112
дюймовая, число витков на 1"	56—0,26
модульная, шаг в модулях	0,5—112
питчевая, шаг в питчах	56—0,25
Мощность главного электродвигателя, кВт	10

Кинематическая схема станка показана на рис. 1.12. От электродвигателя *Д1* через клиноременную передачу *148/268* вращение передается на входной вал *II* коробки передач станка. Муфта *М1* на этом валу позволяет получить через двойной блок зубчатых колес *56/34* или *51/39* прямое вращение вала *III* или через зубчатые колеса *50/21* и *36/38* — обратное вращение. Через блок зубчатых колес *29/47*, *21/55* или *38/38* вал *IV* получает шесть частот вращения в прямом направлении (соответствует вращению шпинделя против часовой стрелки) и три частоты вращения — в обратном. С вала *IV* через двойной блок зубчатых колес *60/48* или *30/60* шпиндель *VII* получает двенадцать высоких частот вращения (либо шесть — в обратном направлении).

Двенадцать низких частот вращения шпинделя передаются через валы *IV* и *VI* перебора с помощью двойного блока зубчатых колес *45/45* или *15/60* и зубчатых передач *18/72* и *30/60*. Для включения этой цепи зубчатое колесо $z=60$ двойного блока сцепляется с зубчатым колесом $z=30$ вала *VI*.

На высоких частотах вращения шпинделя группа зубчатых колес на валах *V* и *VI* не участвует в передаче мощности от двигателя на шпиндель, что повышает динамические свойства привода главного движения, т. е. уменьшается время разгона шпинделя и его торможения, уменьшаются вибрации и повышается долговечность станка. Всего на шпиндель передается 22 частоты вращения, так как две частоты совпадают.

Частота вращения шпинделя, мин⁻¹:

минимальная:

$$n_{\min} = 1460 \frac{148}{268} \frac{51}{39} \frac{21}{55} \frac{17}{60} \frac{18}{72} \frac{30}{60} = 12,5;$$

максимальная:

$$n_{\max} = 1460 \frac{148}{268} \frac{56}{34} \frac{38}{38} \frac{60}{48} = 1600.$$

Аналогично могут быть определены другие промежуточные частоты вращения. Перемещение суппорта при нарезании резьбы, при продольной или поперечной подаче осуществляется по кинематической цепи механизма подач. От шпинделя VII вращение передается валу VIII через зубчатые колеса 60/60. Для увеличения шага нарезаемой резьбы или подачи используется звено увеличения шага: вращение снимается с вала IV через зубчатые колеса 45/45, что позволяет увеличить подачу (или шаг нарезаемой резьбы) в 4 или 16 раз. Далее через колеса 30/45 или цепочку реверса 30/25/45, гитару сменных зубчатых колес a/b и c/d вращение передается на приемный вал X коробки подач.

Через колеса 28/38 и зубчатые передачи 28/28, 28/35, 30/25 или 42/30 вал XII и черз муфту M4 вал XIII получают четыре частоты вращения, используемые при нарезании метрических и модульных резьб. Дюймовые резьбы нарезаются через кинематическую цепь 28/38, муфту M3 и колеса 30/33. Вращение выходному валу XV передается через различные комбинации включения зубчатых колес на валах XIII, XIV и XV.

Настройка коробки подач на выбранную подачу или шаг нарезаемой резьбы производится перемещением блока зубчатых колес $z=18$ и $z=28$ и включением муфт M2, M3, M4 и M5. Муфта M5 передает вращение на ходовой винт XIX для нарезания резьб, а при отключенной муфте M5 через зубчатые колеса 23/40, 24/39, муфту обгона M6 и колеса 28/35 — на ходовой валик XVI для работы с продольной и поперечной подачами.

С ходового валика XVI зубчатыми колесами 30/32/32/30 через муфту M7, червячную передачу 4/21 вращение сообщается зубчатому колесу $z=36$. Продольное перемещение суппорта осуществляется через зубчатые колеса $z=41$, муфты M8 или M9, зубчатые передачи 17/66 на реечную шестерню $z=10$. Для поперечного перемещения суппорта вращение от колеса $z=36$ передается через зубчатые колеса $z=36$, муфты M10 или M11, зубчатые передачи 34/29/16 на винт поперечных салазок XXI с шагом 5 мм.

Ускоренные продольные или поперечные перемещения суппорта осуществляются от двигателя D2, связанного с ходовым валиком клиноременной передачей 85/127. Муфта обгона M6 не препятствует быстрому вращению валика от включенных зубчатых колес в коробке подач.

Направление подачи и быстрых перемещений суппорта определяется включением одной из четырех муфт M8 ... M11, управляемых одной рукояткой. Для включения необходимой подачи рукоятку наклоняют в соответствующую сторону, а нажимом кнопки на торце рукоятки включают двигатель быстрых перемещений.

В некоторых модификациях станка 16K20 подача верхнего суппорта также механизирована: от зубчатого колеса $z=29$ враще-

ние снимается колесом $z=18$ на вал XX и через зубчатые передачи 20/20, 20/23/30/28/30 и 20/20 передается на ходовой винт XXII верхнего суппорта.

Обработка деталей на токарном станке. Пример обработки вала. Зацентровка заготовки 1 (рис. 1.13, а) может быть выполнена на токарном станке в трехкулачковом патроне (рис. 1.13, б), показанном условным обозначением по ГОСТ 31107-81. Центровочное сверло 2 закреплено в сверлильном патроне, вставленном в конус пиноли задней бабки. Подача сверла или другого осевого инструмента осуществляется, как правило, вручную путем вращения маховика задней бабки. После зацентровки одного конца вал переустанавливается и центруется с другого. Дальнейшая обработка ведется в центрах.

Вал устанавливается на жесткий передний центр и вращающийся задний. Крутящий момент передается хомутиком и поводковым патроном, которые указаны также условными обозначениями. Предварительно все ступени заготовки вала протачиваются проходным резцом 3. Кроме того, в четырехпозиционном резцедержателе установлены подрезной 4 (для точения в упор и подрезки торцов), радиусный 5 и отрезной или канавочный 6 резцы, позволяющие обработать галтель (переходную поверхность) второй ступени вала и канавку для выхода шлифовального круга на первой ступени вала. После переустановки вала обрабатывают его с другой стороны (рис. 1.13, г).

Четыре позиции резцедержателя были полностью использованы при наладке предыдущего установка, поэтому приходится переналаживать станок, т. е. заменять радиусный резец 5 резцовым 7.

Повернув верхнюю часть суппорта на необходимый угол, вращением рукоятки верхнего суппорта протачивают коническую шейку проходным резцом, затем обрабатывают поверхность под резьбу и прорезают канавку для выхода резца при нарезании резьбы. Для обработки резьбовой поверхности производят настройку коробки подач и за несколько рабочих ходов нарезают резьбу на крайней ступени вала.

Из примера видно, что при изготовлении деталей на токарно-винторезных станках много времени затрачивается на установку и снятие заготовки, на выполнение вспомогательных и ручных работ. Из-за погрешности установки резцедержателя после его

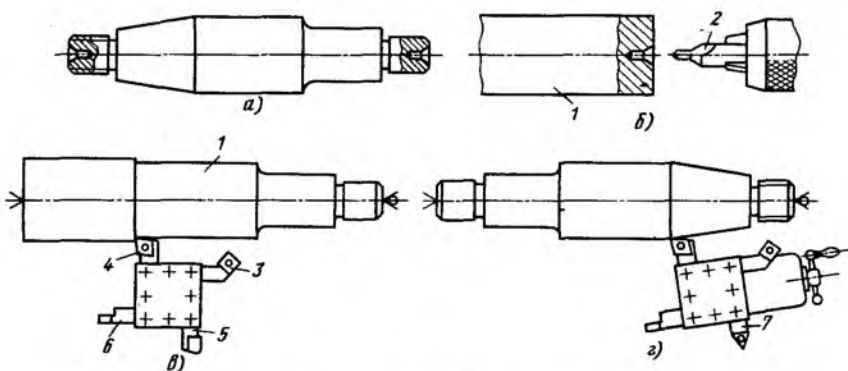


Рис. 1.13. Схема обработки вала на токарно-винторезном станке:

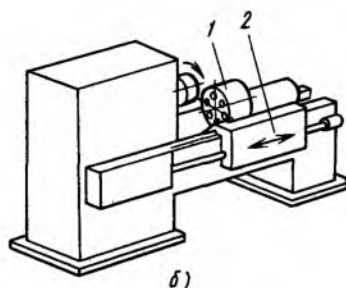
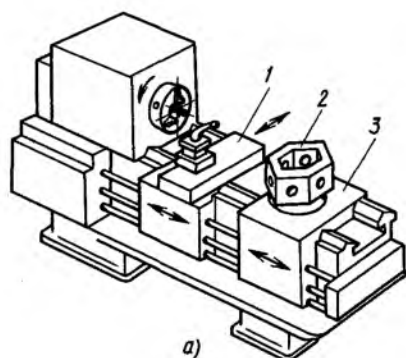
а — обрабатываемый вал; б — центровка вала; в — обработка одной стороны вала; г — обработка второй стороны вала

поворота при смене инструмента возникает значительная погрешность положения резцов, что вынуждает для обеспечения заданной точности диаметральных размеров производить пробную обработку ступеней и по результатам их измерения корректировать положение резца. Часто доля основного времени, т. е. времени, затраченного на обработку, составляет одну четверть и менее времени выполнения операции. Кроме того, для выполнения перечисленных выше работ необходима высокая квалификация рабочего.

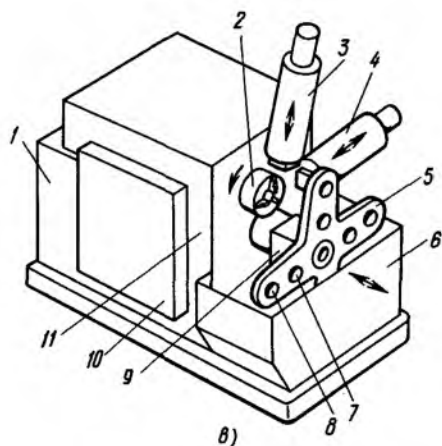
2. ТОКАРНО-РЕВОЛЬВЕРНЫЕ СТАНКИ

Токарно-револьверные станки предназначены для обработки коротких деталей при закреплении штучных заготовок в патроне или изготовлении их из прутка, пропущенного через центральное отверстие шпинделя. У них отсутствует задняя бабка. Свое название станки этого типа получили от примененной на них инструментальной револьверной (поворотной) головки, в которой крепят державки с резцами, сверлами, зенкерами или развертками и др. Путем поворота револьверной головки и ее продольного перемещения инструмент последовательно, один за другим, вводится в зону обработки. На токарно-револьверном станке при обработке как внутренних, так и наружных поверхностей широко используется мерный режущий инструмент (сверла, зенкеры, развертки, расточные блоки) и резцы, закрепленные в державках и настроенные на определенные размеры. Благодаря большому числу установленных инструментов, скорости их смены и отсутствию необходимости в пробных рабочих ходах обработка деталей типа втулок или дисков оказывается намного производительней, чем на токарно-винторезных станках. Вместе с тем на наладку станка, включая установку инструментов и их настройку на размер, требуется затратить значительное время, поэтому применение токарно-револьверных станков целесообразно в серийном производстве при большой партии заготовок.

Компоновки токарно-револьверных станков. На рис. 1.14 представлены некоторые типы токарно-револьверных станков. Токарно-револьверный станок с вертикальной осью поворота шестигранной револьверной головки 2 (рис. 1.14, а) позволяет обрабатывать крупногабаритные заготовки. Револьверный суппорт 3 может перемещаться в продольном направлении. Кроме револьверной головки, на станке имеется суппорт 1 с поперечными салазками и четырехпозиционным резцедержателем, как на токарно-винторезном станке, что дает возможность эффективно обрабатывать как внешние и торцовые поверхности с поперечного суппорта, так и внутренние — с револьверного.



б)



в)

Рис. 1.14. Компоненты токарно-револьверных станков

Станок такого типа 1Е365Б позволяет обрабатывать заготовки диаметром до 500 мм (над поперечным суппортом до 330 мм) с частотой вращения шпинделя от 24 до 1500 мин⁻¹. Большой диапазон подач (продольных от 0,05 до 3,2 мм/об и поперечных от 0,025 до 1,6 мм/об), высокая точность обработки (7—8-й квалитет точности), быстрые вспомогательные перемещения суппортов (7,5 м/мин) и большой комплект приспособлений для крепления инструмента обеспечивают высокую производительность и широкие технологические возможности этого станка.

В станках с горизонтальной осью поворота револьверной головки (рис. 1.14, б) поперечный суппорт обычно отсутствует. Ось поворота револьверной головки 1 находится ниже оси вращения шпинделя. Так как револьверный суппорт 2 имеет только продольное перемещение, для осуществления поперечной подачи инструмента при подрезке торцов, проточке канавок и других работ предусмотрен не только поворот револьверной головки из одной

позиции в другую, но и механический привод плавного поворота головки для осуществления поперечной подачи.

В торце револьверной головки имеется от 12 до 16 гнезд для инструмента. Станки данного типа обычно оборудованы оснасткой для точения деталей из прутка. Например, станок 1Г340 или 1Г340П позволяет обрабатывать детали из прутка диаметром до 55 мм или с подающей цангой до 40 мм. При работе с патроном наибольший диаметр заготовки равен 200 мм, 16 гнезд для державок инструмента в револьверной головке, большая мощность двигателя (свыше 10 кВт), большой диапазон частот вращения шпинделя (от 56 до 2500 мин⁻¹) и подачи (0,035—1,6 мм/об) позволяют эффективно обрабатывать заготовки деталей различной сложности.

Широкое распространение получили револьверные станки с осью поворота револьверного суппорта, оснащенного крестовой головкой, параллельной оси вращения заготовки. На рис. 1.14, в приведена компоновка токарно-револьверного полуавтомата 1М425, предназначенного для обработки деталей из литых и кованных заготовок в патроне.

Токарно-револьверный станок 1М425 (см. рис. 1.14, в) может выполнять ряд последовательных операций токарной обработки: точение внешних и растачивание внутренних поверхностей, сверление, зенкерование, развертывание отверстий, подрезание торцов, прорезание канавок и отрезку.

В станине 11 расположен механизм привода главного движения и подачи. На передней стенке станины расположена панель управления станком 10. В центральной части станины под шпинделем 2 размещен револьверный суппорт с револьверной головкой 5. Два поперечных суппорта (вертикальный 3 и горизонтальный 4) крепятся к торцовой части станины на кронштейне. Двигатель привода и гидравлический насос расположены в задней части станины. На станине размещен и электрошкаф 1. Образующаяся при обработке стружка сыпается в поддон 6 и отводится конвейером в бункер.

Станок отличается компактностью и удобством наладки, так как зона обработки доступна для наблюдения и настройки инструмента. Гидросистема станка обеспечивает плавную бесступенчатую регулировку подач, быстрый холостой ход суппортов, надежный зажим заготовки, переключение муфт зубчатых колес в коробке скоростей шпинделя и другие важные функции. Полуавтоматический цикл работы станка требует участия рабочего лишь при переустановке заготовок и наблюдении за нормальным протеканием процесса обработки.

Техническая характеристика станка 1М425

Класс точности	Н
Наибольший диаметр заготовки, мм	250
Наибольшая длина заготовки, мм	175

Размеры станка (длина \times ширина \times высота), мм 2570 \times 2500 \times 2200
 Масса станка, кг 4750

Шпиндель

Диаметр отверстия, мм 52
 Частота вращения шпинделя, мин⁻¹ 63—1600

Револьверный суппорт

Револьверная головка Крестообразная
 Число упоров 4
 Величина регулировки хода суппорта упорами, мм 90
 Ход, мм 240
 Скорость подачи, мм/мин 10—400
 Переключение продольных подач Автоматическое

Горизонтальный и вертикальный поперечные суппорты

Число упоров 1
 Величина регулировки хода суппортов упорами, мм 140
 Ход, мм 140
 Скорость подачи, мм/мин 10—200
 Переключение частот вращения шпинделя Автоматическое

Кинематическая схема станка 1М425 показана на рис. 1.15. Привод главного движения осуществляется через четырехходовую коробку передач. Вращение от двухскоростного электродви-

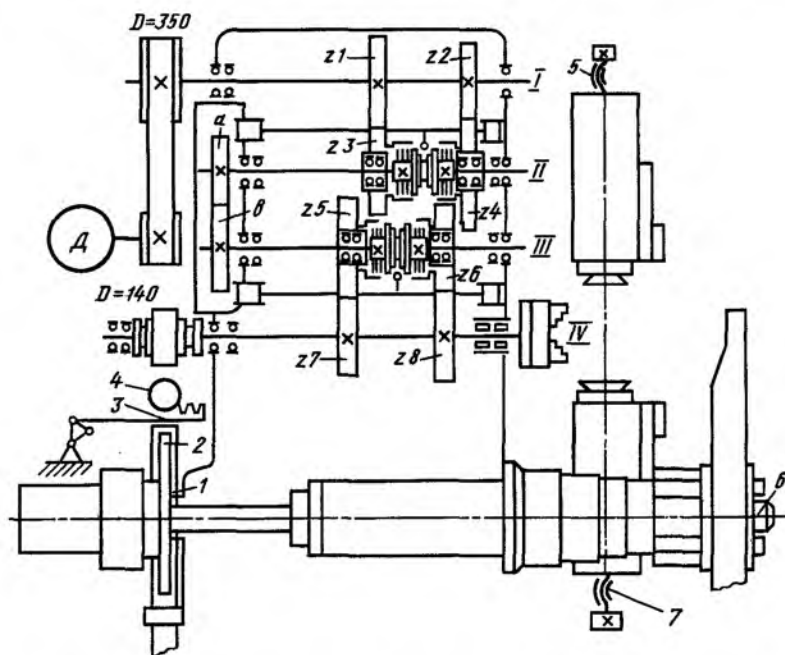


Рис. 1.15. Кинематическая схема токарно-револьверного полуавтомата 1М425

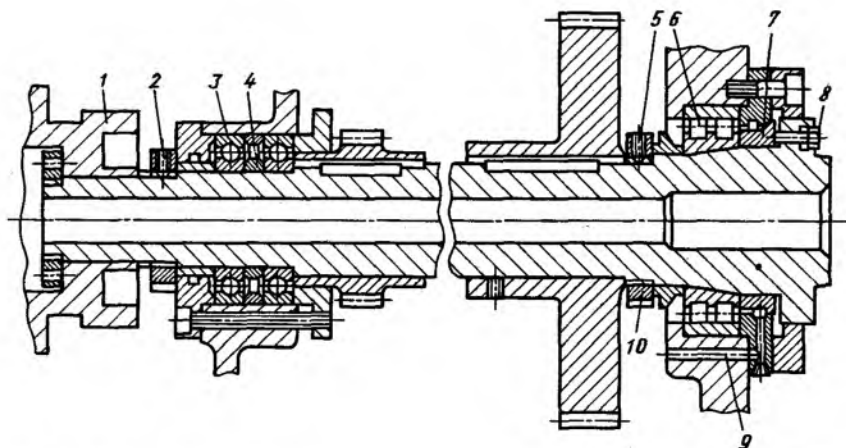


Рис. 1.16. Шпиндель с опорами токарно-револьверного полуавтомата 1М425

гателя Д с частотой вращения 1460 и 730 мин⁻¹ передается на первый вал коробки, с которого через зубчатые передачи $z1/z3$ или $z2/z4$ (необходимая передача включается фрикционной муфтой) и сменные зубчатые колеса a/b поступает на вал III. С вала III вращение передается на шпиндель IV через передачу $z5/z7$ или передачу $z6/z8$. Переключение передач производится фрикционными муфтами, управляемыми гидроцилиндрами.

Таким образом, при установленной паре сменных зубчатых колес шпинделю можно сообщить четыре частоты вращения. Путем изменения частоты вращения двигателя и замены сменных зубчатых колес a и b получается 15 ступеней частот вращения шпинделя, разбитых на четыре группы по четыре ступени (одна частота вращения повторяется).

Ходовые винты 5 и 7 используют для настройки величины хода поперечных суппортов. Зубчатое колесо 1, сидящее на оси револьверного суппорта 6, и рейка 2, перемещающаяся от гидроцилиндра, поворачивают револьверный суппорт с револьверной головкой в следующую позицию. Команда на поворот револьверного суппорта подается при его отводе в крайнее правое положение. Подвод и рабочая подачи суппорта осуществляются гидроцилиндром. При движении суппорта вперед на участке быстрого подвода кулачками включаются гидроцилиндры, управляющие фрикционными муфтами переключения частоты вращения шпинделя, и шпинделю сообщается одна из четырех частот вращения, на которой будет выполняться данный рабочий ход. Величина рабочей подачи устанавливается дросселем, управляемым через рычажную систему, рейку 3 и зубчатое колесо 4 от регулируемого кулачка.

Передняя опора шпинделя станка 1М425 (рис. 1.16) установлена на двухрядном роликовом подшипнике 6 с коническим посадочным отверстием внутреннего кольца, что позволяет регулировать зазор в подшипнике передней опоры путем осевого перемещения внутреннего кольца подшипника по конической шейке шпинделя с помощью гайки 10. В отрегулированном положении гайка стопорится винтами 5, а со стороны переднего конца шпинделя кольцо подшипника закрепляется винтами 8 через втулку 7. Масло, проникающее в зазор передней опоры шпинделя, отводится в коробку передач через отверстие 9 во фланце и корпусе коробки. При эксплуатации станка необходимо периодически проверять зазор в подшипнике, который должен быть в пределах 0,01—0,015 мм.

Задняя опора шпинделя имеет два шариковых радиально-упорных подшипника 3, зазор в которых регулируется размерами колец между наружными и внутренними кольцами подшипников. Для регулировки зазора необходимо разобрать заднюю опору и шлифовать кольцо 4, уменьшив его толщину. После сборки гайкой 2 внутренние кольца подшипников прижимают настолько, насколько позволяет толщина кольца между ними. На заднем конце шпинделя закреплен фланец 1 для гидроцилиндра механизма зажима заготовки.

Револьверный суппорт состоит из четырехгранного барабана и четырехлучевой револьверной головки 5 (см. рис. 1.14, в), соединенных болтами. Револьверная головка крепится на коническую поверхность центрального стержня, являющегося штоком гидроцилиндра продольного перемещения головки. Крайние отверстия 8 револьверной головки используют для фиксации ее положения и увеличения жесткости технологической системы при обработке. Отверстия 7 и плоская их поверхность, обращенная в сторону шпинделя, служат для крепления сверл, зенкеров и державок с инструментом для обработки отверстий и торцов. Инструмент для обработки внешних поверхностей заготовки устанавливается на плоскости 9 барабана суппорта.

Корпус гидроцилиндра выполняет роль цилиндрической направляющей барабана. В нем размещен золотник управления продольным перемещением револьверного суппорта: в конце хода регулируемый упор нажимает на золотник, переключая гидросистему на быстрый возврат револьверного суппорта в исходное положение. Кулачки, включающие в конце быстрого подвода суппорта рабочую подачу и регулирующие ее величину, а также кулачки, переключающие золотники управления частотой вращения шпинделя, размещаются на барабане.

Вертикальный и горизонтальный суппорты используют для обработки внешних поверхностей с поперечной подачей: подрезки торцов, проточки канавок, снятия фасок и др. В суппорте роль подвижного элемента выполняет гидроцилиндр, торец которого

выполнен в виде ласточкина хвоста для крепления инструментальных державок. Шток гидроцилиндра с поршнем неподвижен и жестко связан с корпусом суппорта. Масло от гидросистемы подводится по отверстиям в штоке.

Станок комплектуется трехкулачковым самоцентрирующим клиновым патроном с гидроприводом, конструкция которого рассмотрена в гл. 2. Гидроцилиндр привода патрона с распределительной муфтой крепится к фланцу на заднем конце шпинделя. Чтобы предотвратить внезапное открепление заготовки в случае неисправности гидросистемы в линии зажима заготовки имеются датчик давления, отключающий все электродвигатели станка при падении давления ниже 1,2—1,4 МПа, и гидроаккумулятор, поддерживающий необходимое давление, пока двигатели не остановятся.

Обработка деталей на токарно-револьверном станке. Рис. 1.17 иллюстрирует наиболее характерные операции, выполняемые на токарно-револьверных станках. Торец заготовки фланца 1, установленной в трехкулачковый патрон, подрезается (рис. 1.17, а) резцом 2, закрепленным в поперечном суппорте на станке с вертикальной осью поворота револьверной головки (см. рис. 1.14, а). На рис. 1.17, б приведены эскиз и цикл движений револьверной головки при зенкерование центрального отверстия в заготовке фланца. Цикл движений включает в себя быстрый подвод (БП), рабочий ход (РХ) (сплошная линия) и быстрый отвод (БО) головки в исходное положение. Аналогично выполняются сверление, развертывание и растачивание.

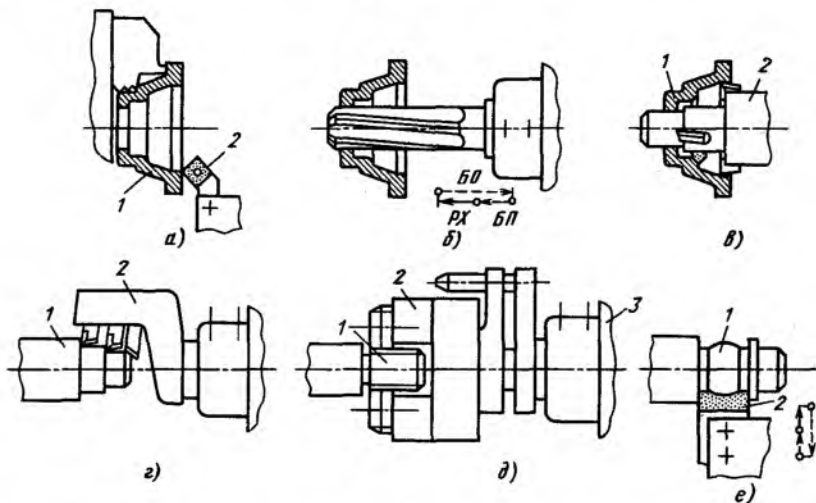


Рис. 1.17. Примеры выполнения операций на токарно-револьверных станках

Для повышения производительности revolverных станков часто применяют способ совмещения нескольких рабочих ходов, обрабатывая заготовку одновременно несколькими инструментами. Например, несколько соосных отверстий разного диаметра могут быть расточены резцами, закрепленными в одной расточной оправке 2 (рис. 1.17, в). Направляющая часть оправки входит перед началом обработки в ранее обработанное отверстие заготовки 1 (может быть использована направляющая втулка в установочно-зажимном приспособлении), благодаря чему жесткость технологической системы повышается, а следовательно, повышается и точность обработки. Подобная операция может быть выполнена на токарно-револьверном станке любого типа.

Обтачивание внешних цилиндрических поверхностей 1 с продольной подачей (рис. 1.17, г) производится инструментом, закрепленным в державке 2, которая устанавливается в revolverную головку. Резцы настраивают на необходимый размер, и обработка поверхностей ведется с продольной подачей. На станках с вертикальной осью поворота revolverной головки, имеющих, кроме revolverного, второй суппорт, внешние поверхности можно точить резцами, закрепленными в четырехпозиционном резцедержателе, как на токарно-винторезном станке.

В токарно-револьверных станках отсутствует ходовой винт, с помощью которого осуществляется точная кинематическая связь перемещения инструмента с вращением заготовки, поэтому на них резьбу нарезают с помощью резьбонарезных головок 2 (рис. 1.17, д) или плашек, установленных в одном из гнезд revolverного суппорта 3.

В начале обработки revolverный суппорт подает резьбонарезную головку. При этом величина подачи регулируется самой нарезаемой резьбой 1. Поэтому механическая подача revolverного суппорта при нарезании резьбы устанавливается несколько меньшей, чем шаг нарезаемой резьбы, а резьбонарезной инструмент крепится к державке с зазором.

На рис. 1.17, е показано точение фасонной поверхности 1 резцом 2 соответствующего профиля с поперечной подачей.

Другие станки токарной группы. Для обработки крупногабаритных заготовок небольшой длины используют *лоботокарные станки* с укороченной станиной и без задней бабки или *карусельные станки*, отличающиеся от них вертикальным расположением оси шпинделя. На карусельном станке на горизонтальной плоскости планшайбы (рис. 1.18) устанавливать и выверять тяжелую заготовку удобнее (например, крупномодульного зубчатого колеса), чем на лоботокарном станке.

Кarusельные станки с небольшим диаметром планшайбы 1 (рис. 1.18, а) имеют одну стойку 4 и два суппорта: верхний 3 с поворотной головкой и боковой 6. На верхнем суппорте крепится инструмент для обработки торцовых и внутренних поверхностей

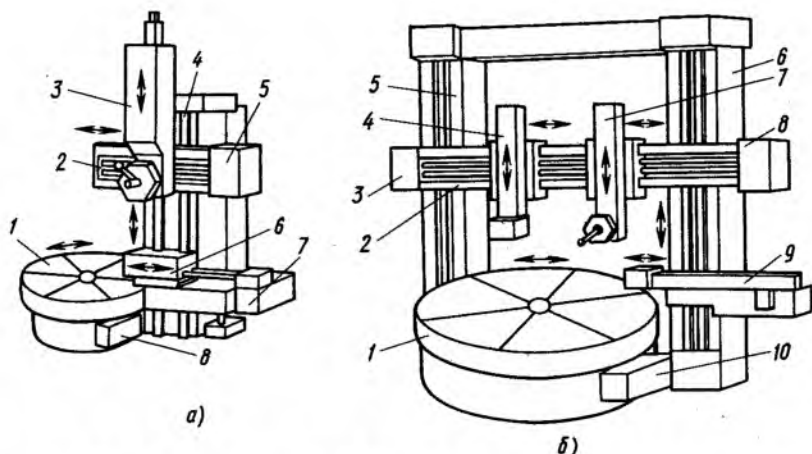


Рис. 1.18. Одностоечный (а) и двухстоечный (б) карусельные станки

заготовки. Суппорт размещается на траверсе 2 с горизонтальными направляющими. Для сообщения вертикальному суппорту вертикального и горизонтального движений служит коробка подач 5. Боковой суппорт с коробкой подач 7 служит для крепления инструмента, обрабатывающего в основном наружные поверхности. Коробка скоростей шпинделя 8 размещена в станине.

Карусельные станки крупных размеров (рис. 1.18, б), как правило, имеют две стойки 5 и 6, обеспечивающие высокую жесткость траверсе 2, несущей два вертикальных суппорта 4 и 7. Независимые движения подачи суппортам обеспечивают коробки подач 3 и 8. Боковой суппорт 9 размещен на вертикальных направляющих стойки. В нижней части корпуса станка, под планшайбой 1, встроена коробка скоростей 10 шпинделя. Диаметр планшайбы крупных карусельных станков может достигать 25 м и более.

Для высокопроизводительной обработки деталей типа валов в крупносерийном или массовом производстве используют гидрокопировальные многорезцовые токарные полуавтоматы. На

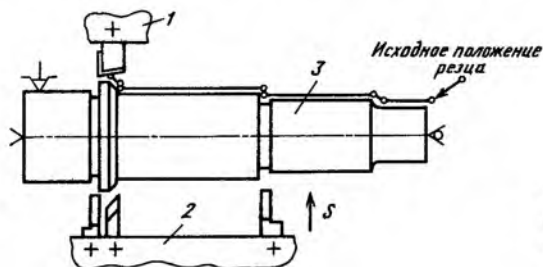


Рис. 1.19. Схема наладки токарного гидрокопировального полуавтомата для обработки ступенчатого вала

рис. 1.19 показана наладка станка при обработке заготовки ступенчатого вала. В этих станках имеется два суппорта, один из которых 1 (продольный) предназначен для крепления резца, обрабатывающего по копиру диаметральные размеры всех ступеней одного конца вала 3, а второй 2 (поперечный) — для резцов, осуществляющих подрезку торцов и прорезку канавок.

Высокая жесткость станка позволяет обработать по копиру диаметральные размеры ступенчатого вала с точностью до 9-го качества и выше. Малое время переналадки станка позволяет эффективно применять его не только в крупносерийном и массовом производствах, но и в мелкосерийном. Компоновка станка с наклонными направляющими способствует лучшему отводу стружки. Такой станок рассчитан на возможность его встраивания в автоматические линии.

В машиностроительном комплексе успешно используется еще ряд станков токарной группы: горизонтальные и вертикальные многошпиндельные автоматы и полуавтоматы, револьверные прутковые автоматы, затыловочные токарные станки и др. Однако наиболее перспективная группа станков — это станки с ЧПУ.

3. ТОКАРНЫЕ СТАНКИ С ЧПУ

Принцип числового программного управления. Системы управления ЧПУ (УЧПУ) позволяют задать программу работы станка в виде ряда чисел и букв, которыми кодируют технологические команды и команды на перемещение рабочих органов. Программа работы станка может быть записана на различных программоносителях.

На перфолентах каждая технологическая команда или числовая информация кодируется определенной комбинацией отверстий в одной или нескольких строках программоносителя. Для считывания такой информации обычно используются считывающие устройства с фотоэлементами. Свет попадает через отверстие на фотоэлемент, в результате чего на его выходе появляется импульс тока. Высокое быстродействие фотоэлектрического считывающего устройства позволяет считывать информацию во время движения программоносителя со скоростью до 1000 строк в секунду.

Для подачи команды на считывание в определенный момент, когда место пробивки кодирующих отверстий находится над соответствующими фотоэлементами, служит синхронизирующая дорожка, в которой отверстие пробивается в каждой строке. Прочитанные строчки одного кадра управляющей программы заносятся в запоминающее устройство УЧПУ; команды, записанные в кадре, расшифровываются и исполняются рабочими органами станка. Обработывая управляющие команды одного кадра

за другим, станок без участия рабочего производит обработку заготовки по программе.

Устройства ЧПУ на базе микроЭВМ позволяют вводить программу и корректировать ее, используя клавиатуру на пульте управления станком. В памяти ЭВМ может храниться несколько программ, что упрощает переналадку станка.

Таким образом, станок с ЧПУ работает по полуавтоматическому циклу. После того как станок настроен на обработку заданной детали, рабочий только устанавливает заготовки и снимает со станка обработанные детали, а также наблюдает за работой станка, получением размеров с заданной точностью и в случае необходимости поднастраивает инструмент с помощью соответствующего корректора.

Переналадка станка на обработку другой детали проста и занимает немного времени. Для этого вводят в систему управления станком новую управляющую программу, переналаживают или меняют установочно-зажимное приспособление и устанавливают соответствующий комплект инструментов. Таким образом, наряду с автоматизацией цикла обработки станок сохраняет гибкость универсального станка с ручным управлением. Вместе с тем станок с ЧПУ гораздо производительнее этого станка.

Автоматическое изменение величины и направления рабочей подачи, быстрое изменение частоты вращения шпинделя, смена инструмента, высокая скорость (до 10 м/мин) холостых перемещений — все эти действия производятся по командам, записанным в управляющей программе, что позволяет существенно сократить вспомогательное время на их выполнение. Высокая точность движения инструмента по запрограммированной траектории исключает надобность в пробных заходах с последующим измерением получаемых размеров и корректировкой положения резца.

Принцип действия УЧПУ рассмотрим на примере двух систем. В шагово-импульсной системе ЧПУ (рис. 1.20) записанное в виде комбинации отверстий на перфоленте 1 число преобразуется

интерполятором пульта управления станка в непрерывную последовательность электрических импульсов. Каждый импульс заставляет ротор шагового (дискретного) двигателя 3 повернуться на небольшой угол. Выходной вал шагового двигателя через гидроусилитель крутящего момента 4 поворачивает на этот же угол ходовой винт 5, в результате чего рабочий орган 6 станка перемещается.

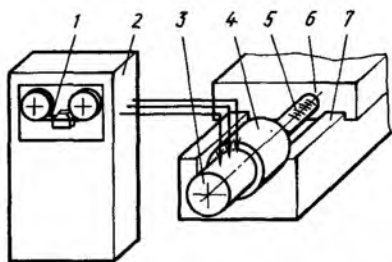


Рис. 1.20. Шагово-импульсная система ЧПУ

щается по направляющим 7 станины на величину, называемую дискретностью.

Результирующая величина перемещения рабочего органа определяется числом, закодированным на перфоленте, так как интерполятор, размещенный в пульте управления 2 станка, преобразует это число в непрерывную последовательность электрических импульсов, равномерно следующих один за другим. Число импульсов на выходе интерполятора соответствует закодированному на перфоленте числу. Таким образом, величина перемещения рабочего органа станка равна числу импульсов, умноженному на цену одного импульса. Например, если на перфоленте закодировать число 13500, то при цене одного импульса, равной 0,01 мм, рабочий орган переместится на 135 мм.

Так как управляющие электрические импульсы следуют один за другим с высокой частотой, то пульсирующее вращение ротора шагового двигателя становится почти равномерным с частотой вращения, определяемой частотой следования управляющих импульсов от пульта управления. Следовательно, скорость движения рабочего органа (рабочий или вспомогательный ход) зависит от частоты управляющих импульсов. Например, при частоте управляющих импульсов 300 имп/с и дискретности импульса 0,01 мм подача составит $300 \times 0,01 \times 60 = 180$ мм/мин. Частота импульсов задается интерполятором пульта управления в соответствии с кодом подачи на перфоленте 1 УП.

Небольшие размеры шагового двигателя, обусловленные требованием минимальной инерционности его ротора, не позволяют получить на выходном валу требуемый для механизма подачи крутящий момент, поэтому между шаговым двигателем и винтом механизма подачи станка встроен гидроусилитель крутящего момента 4, образующий вместе с шаговым двигателем электрогидравлический шаговый привод подачи станка.

С появлением низкоскоростных электрических двигателей на постоянных магнитах, обладающих широким диапазоном регулирования частоты вращения, большим крутящим моментом и высокой перегрузочной способностью, следящий привод подач практически вытеснил в современных станках шагово-импульсный.

На рис. 1.21 изображена схема импульсно-следающей системы ЧПУ с приводом на высокомоментном двигателе 3 постоянного тока. Записанное на программоносителе 1 число импульсов преобразуется интерполятором устройства ЧПУ 2 в непрерывную последовательность импульсов, которая направляется в реверсивный счетчик. Счетчик суммирует импульсы, поступившие на его первый вход. Наличие в счетчике определенного числа вызывает появление на выходе устройства управления соответствующего напряжения, пропорционального числу импульсов. Это

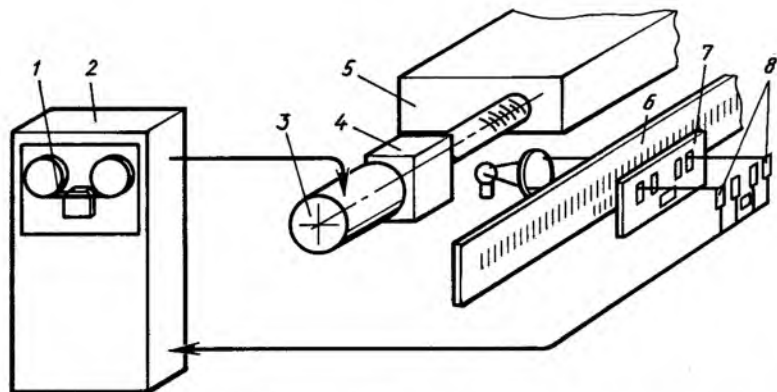


Рис. 1.21. Импульсно-следящая система ЧПУ на высокомоментных двигателях постоянного тока

напряжение управляет частотой вращения двигателя 3, который через редуктор 4 и передачу винт-гайка перемещает рабочий орган 5 станка.

Датчик обратной связи 8 выполнен на фотоэлементах. При движении рабочего органа подвижная линейка 6, связанная с ним непрозрачными участками, периодически перекрывает светлые участки шкалы измерительной линейки 7, в результате чего при движении рабочего органа фотоэлемент датчика обратной связи посылает в систему управления на второй вход реверсивного счетчика импульсы, которые вычитаются из суммы импульсов, находящихся в счетчике. В результате работы системы управления устанавливается равновесие между количеством вновь поступающих от устройства управления управляющих импульсов и импульсов обратной связи, что соответствует движению рабочего органа с запрограммированной скоростью.

Аналогичный принцип работы использован в импульсно-фазовой системе ЧПУ, где в качестве датчика обратной связи используется, как правило, индуктосин — линейный индуктивный датчик с точностью отсчета перемещений 0,02—0,03 мм.

Контурные и позиционные УЧПУ. В рассмотренных системах ЧПУ осуществляется непрерывное управление положением рабочего органа станка, что позволяет строго согласовать скорость движения по двум или трем координатам станка путем одновременного преобразования заданных по программируемым координатам перемещений с помощью интерполятора. Такие системы ЧПУ называют непрерывными или контурными, так как они позволяют запрограммировать движение рабочего органа по любой траектории и обработать поверхность с криволинейным контуром или коническую поверхность с заданным углом конусности.

В позиционных системах ЧПУ процесс управления приводом подачи заключается во включении и отключении его по достижении рабочим органом заданного положения. Так как требуемая точность регулирования скорости при движении рабочего органа система ЧПУ не обеспечивает, то практически невозможно согласовать перемещения по двум или более координатам. Для того чтобы обеспечить точную траекторию движения рабочего органа, приходится программировать перемещения по различным координатам поочередно, тогда инструмент движется по направлению, заданному направляющими станка. В этом случае на станке можно обрабатывать ступенчатые валики, втулки и другие детали, контур которых составлен из прямых, параллельных осям координат.

Для станков с позиционными системами ЧПУ в буквенно-цифровое обозначение станка вносятся буква Ф и цифра 2. Сочетание Ф3 используется для обозначения контурной системы ЧПУ, которой оснащен данный станок, например 16К20Ф3.

В процессе развития числового программного управления сменилось несколько поколений УЧПУ. Возможность разработки станков с ЧПУ была обусловлена развитием электроники и вычислительной техники. Промышленное освоение полупроводниковых элементов, а затем интегральных схем позволило разработать устройства ЧПУ станками высокой надежности при малых размерах.

Главным критерием отнесения УЧПУ к тому или иному поколению может служить элементная база, на которой он создается. Устройства первого поколения создавались из отдельных полупроводниковых элементов, которые вместе с резисторами и конденсаторами собирались на отдельных платах и компоновались в блоки. Каждый блок выполнял определенные функции, поэтому структура УЧПУ была жесткой, неизменяемой, а технологические возможности ограниченными. Конструктивно УЧПУ первого поколения выполнялось в виде одной или двух стоек, занимавших большую площадь. В качестве программносителя для таких устройств использовалась широкая (35 мм) магнитная лента или перфолента с пятью информационными дорожками.

Устройства второго поколения созданы на элементах малой и средней интеграции, что позволило уменьшить размеры УЧПУ и усложнить реализуемые им функции. Структура УЧПУ осталась жесткой, неизменяемой, и компоновалась по блочному принципу, где каждый блок выполнял определенные функции.

К таким системам относятся УЧПУ типов Н22, Н33, Н55, П-33, «Размер-2» и др. В этих системах буквой Н обозначают системы с непрерывным управлением, т. е. контурные, а буквой П — позиционные. Числа за буквой указывают число управляемых координат и число из них одновременно управляемых.

Например, УЧПУ Н22-1М — это контурная система ЧПУ с двумя одновременно управляемыми координатами, предназна-

ченная для управления шагово-импульсным приводом подач (цифрой 2 после тире обозначают УЧПУ для управления следящим приводом подач). Устройства ЧПУ второго поколения рассчитаны на ввод программы, записанной международным стандартным кодом ISO—7bit на восьмидорожечной перфоленте. Контурные системы типа Н22, Н33 и другие имеют встроенный интерpolator.

Микропроцессорные УЧПУ. Широкое распространение получили УЧПУ на базе микроЭВМ типа «Электроника-60», «Электроника НЦ-03» и др. Эти ЭВМ, построенные на интегральных схемах, имеют небольшие размеры и значительный объем памяти, что позволяет разместить УЧПУ, например, в суппорте станка и хранить в его памяти несколько десятков программ. Функции, реализуемые с помощью системы CNC (компьютерное ЧПУ), определяются уже не только составом блоков УЧПУ, а программным обеспечением, заложенным в данное устройство ЧПУ.

Управляющая программа в таких устройствах может быть введена с помощью перфоленты, магнитной ленты или с клавиатуры на пульте управления станка с отражением вводимой информации или обрабатываемого кадра программы на экране дисплея. С помощью же клавиатуры можно в процессе контроля программы и ее отладки вносить соответствующие исправления, что придает гибкость оборудованию и возможность использования его в мелкосерийном производстве.

К числу таких устройств относятся УЧПУ «Электроника НЦ-31», 2С42, 2С85, 2Р22, 2М43 и «Размер-4». Модели серии 2С и 2Р, кроме основных управляющих функций (интерполяции, управление приводами станков, редактирование программ и их хранение), выполняют также функции диагностики системы с помощью заложенных в память ЭВМ испытательных программ, выявляющих неисправный блок УЧПУ.

Более совершенные модели УЧПУ серии МС и 3С, созданные на основе специализированных ЭВМ с использованием больших интегральных схем для управления станками, имеют в 2—4 раза больший объем памяти, что позволяет хранить библиотеку подпрограмм часто используемых циклов обработки, а также реализовать ряд других функций, например адаптивного управления, т. е. управления режимом обработки в зависимости от состояния режущего инструмента и заготовки.

Устройство и работа УЧПУ «Электроника НЦ-31». Рассматриваемое микропроцессорное контурное устройство типа CNC предназначено для оперативного ввода, расчета и редактирования управляющих программ, автоматического управления станком при работе от программы и ручного управления с клавиатуры пульта.

УЧПУ оснащено цифровой индикацией величин перемещений рабочих органов и других параметров режима обработки. Оно

позволяет корректировать введенные в его память программы, выполнять технологические и вспомогательные команды, осуществлять смещение начала отсчета координат станка, производить обработку заготовок типа тел вращения в метрической и дюймовой системе мер. УЧПУ «Электроника НЦ-31», наряду с автоматической работой по программе, дает возможность управления станком с клавиатуры пульта оператора и ручного перемещения суппорта по координатам Z в продольном направлении и X в поперечном направлении. Система отсчета координат — в абсолютных и относительных величинах, интерполяция — линейная и круговая.

Аппаратно-программное исполнение этой системы ориентировано главным образом на группу токарных станков, оснащенных следящим приводом подач и импульсными (обычно фотоэлектрическими) преобразователями. При использовании в токарных станках, встраиваемых в гибкие производственные системы (ГПС), УЧПУ оснащается дополнительным модулем. «Электроника НЦ-31» совмещает обычные функции отработки введенной управляющей программы и ее коррекции с функциями расчета управляющей программы на рабочем месте.

В УЧПУ предусмотрено три варианта ввода управляющей программы: с помощью набора команд на клавиатуре, с кассеты внешней электронной памяти и по каналу связи от ЭВМ, осуществляющей общее управление группой станков. Программное обеспечение УЧПУ позволяет работать в режиме «обучения», в котором запоминаются движение всех рабочих органов станка, осуществляемые путем управления ими квалифицированным оператором или наладчиком вручную при обработке заготовки первой детали из партии. Эти движения преобразуются в команды управления и формируются системой ЧПУ в кадры управляющей программы, которая заносится в память УЧПУ. Обработка последующих заготовок осуществляется уже по этой программе.

В состав устройства входят следующие модули (рис. 1.22): главный 4 и вспомогательный 5 процессоры, блоки внешней 3 и оперативной 6 памяти, пульт оператора 10, адаптер каналов и таймеров 1, контроллер автоматики 2, контроллер импульсных преобразователей 8 и контроллер привода 9. Блоки УЧПУ подключены к магистральному каналу связи 7, построенному по принципу общей шины (ОШ). Контроллеры УЧПУ связаны с соответствующими приводами или элементами управляющей системы станка 11.

Процессоры 4 и 5, оперативное запоминающее устройство, емкостью 4К слов, адаптер магистралей и таймер составляют вычислительную часть УЧПУ «Электроника НЦ-31». Процессор устройства содержит в своем составе постоянное запоминающее устройство объемом 8К слов, в котором хранятся программы,

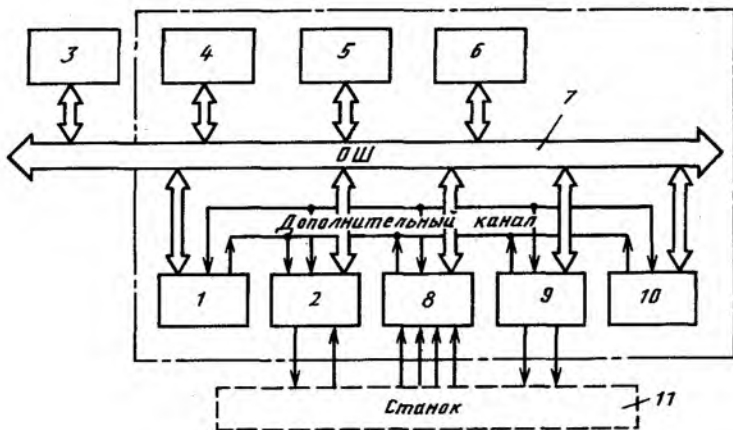


Рис. 1.22. УЧПУ «Электроника НЦ-31»

осуществляющие преобразование входной информации (команд управляющей программы, команд оператора при вводе программы и др.) в соответствии с алгоритмами.

В результате работы процессора и в зависимости от режима работы УЧПУ формируются кадры управляющей программы (при вводе программы с клавиатуры) или коды команд управления механизмами станка. Постоянное программное обеспечение заносится в память при изготовлении УЧПУ, и доступ к нему со стороны внешних устройств исключен.

Оперативное запоминающее устройство используется для хранения управляющих программ обработки заготовок и промежуточных результатов, необходимых для работы вычислительной части УЧПУ, которое связано по каналу связи с процессором.

Модули УЧПУ взаимодействуют между собой по магистрали связи типа общая шина, осуществляя либо обмен информацией (чтение или запись), либо передачу управления магистралью другому модулю. Обмен информацией производится 16-разрядными словами по запросам одного из ведущих модулей, которому в процессе работы требуется вызвать обмен с другим модулем или прервать работу другого модуля. Основными модулями являются процессорное устройство, контроллеры электроавтоматики и импульсных преобразователей, пульт оператора и адаптер каналов и таймеров. Запоминающие устройства и контроллер приводов участвуют в обмене информацией только по вызову одного из основных модулей.

Адаптер каналов связи и таймер управляют дополнительным каналом связи радиального типа (в отличие от кольцевого по магистральному каналу), связывающим контроллеры и пульт оператора. При необходимости обмена информацией с каким-либо

из контроллеров или пультом оператора один из основных модулей посылает запрос на закрепление за ним магистрального канала связи и после разрешения формирует адрес ведомого модуля, по которому адаптер каналов связи образует радиальный канал связи между вызывающим и вызываемым модулями.

По окончании обмена информацией основной модуль освобождает магистральный канал связи. Дополнительный радиальный канал увеличивает функциональную гибкость УЧПУ и упрощает аппаратную часть в контроллерах и пульте оператора. Таймер реализует необходимый для работы станка отсчет интервалов времени. Максимальная длительность интервала 6,4 с при дискретности задания на отработку интервала времени 0,1 мс. Команда на отработку интервала времени может поступать в модуль от процессора.

Пульт оператора служит для ввода управляющих программ, их редактирования, подачи команд на работу по программе и управления станком в других режимах. На лицевой панели пульта размещены клавиши управления и устройства индикации параметров режима работы станка: величина подачи суппорта; номер вводимого (при вводе программы) или выводимого (при работе по программе) кадра управляющей программы; информация о содержании кадра программы и состоянии устройства ЧПУ.

Клавиши управления позволяют ввести команды режима работы УЧПУ и осуществлять оперативное управление при вводе программы, ее редактировании и отработке по отдельным шагам или в непрерывном (автоматическом) режиме. С пульта оператора можно ввести управляющую программу емкостью до 250 кадров, содержащих адрес величин перемещений по координатам X и Z , знак числа, величины перемещений из шести десятичных цифр и другую технологическую информацию.

Контроллер электроавтоматики обеспечивает необходимое согласование сигналов между УЧПУ и аппаратурой электроавтоматики станка. Кроме того, контроллер выполняет функцию сигнализации процессору состояния контактов исполнительных реле станка и кнопок, расположенных в силовой части электросхемы станка. Контроллер связан с электросхемой станка 16-ю выходными линиями, обеспечивающими включение или выключение реле электроавтоматики. Состояние ВКЛЮЧЕНО или ОТКЛЮЧЕНО на каждой из линий связи отражается на 16-разрядном регистре модуля. При выполнении программы любой из процессоров УЧПУ может послать на этот регистр необходимую информацию о включении или отключении соответствующих реле.

В свою очередь, станок связан с модулем 16-входными линиями, сигнализирующими о состоянии концевых и аварийных выключателей электросхемы станка. При использовании станка в составе ГПС сложность подачи управления электроавтоматикой возраста-

ет, поэтому для ГПС предусматривается применение программируемого командоаппарата, связанного по каналам связи электроавтоматики с УЧПУ.

В контроллере импульсных преобразователей предусмотрено четыре входа от измерительных импульсных преобразователей. Один из входов используется для подачи сигналов датчика от главного привода станка для обеспечения жесткой кинематической связи шпинделя с продольным перемещением суппорта при нарезании резьбы. Два входа служат для приема импульсных сигналов обратной связи от датчиков продольного и поперечного перемещений суппорта, а четвертый — для сигналов импульсного преобразователя электронного маховика ручного управления продольным или поперечным перемещением. Другая функция модуля заключается в преобразовании с помощью двоичного счетчика следующих друг за другом импульсов (унитарный код) в 16-разрядное двоичное число, которое считывается со счетчика процессором, после чего счетчик «обнуляется».

Контроллер привода подачи управляет частотой вращения двигателей подачи суппорта по осям Z и X. Код величины подачи, записанный в управляющей программе, модуль преобразует в аналоговый сигнал, величина которого пропорциональна этому коду. Диапазон изменения управляющего сигнала ± 10 В с дискретностью 5 мВ.

Все входы и выходы в УЧПУ «Электроника НЦ-31» имеют оптронную развязку с электрическими цепями станка. Модуль внешней памяти емкостью 4К слов расширяет объем оперативной памяти до 8К слов, а также позволяет вводить и выводить из УЧПУ управляющие программы и передавать их для использования на других станках. Модуль выполнен в виде кассеты с электронной памятью и внутренним аккумуляторным устройством, обеспечивающим при отключении кассеты от УЧПУ хранение записанной в блок информации в течение 100 ч.

Технологические возможности УЧПУ. УЧПУ «Электроника НЦ-31» имеет специализированное программное обеспечение, рассчитанное на выполнение основных видов токарных работ. Оно имеет подпрограммы для реализации обобщенных технологических инструкций по выполнению типовых циклов токарной обработки: циклов продольного и поперечного точения, многопереходной черновой токарной обработки, глубокого сверления с периодическим выводом сверла, проточки торцовых и цилиндрических канавок, нарезания резьбы. Для реализации этих функций вводятся значения необходимых параметров обработки, например глубина резания, диаметр обрабатываемой ступени заготовки вала и т. д. В УЧПУ специальные программы обеспечивают расчет траектории инструмента и формируют комплекс соответствующих управляющих команд в виде последовательности кадров программы обработки заготовки на станке.

Коррекция инструмента осуществляется путем повторного измерения положения его режущей кромки в режиме размерной привязки, в результате чего устройство управления автоматически формирует величины необходимой коррекции и заносит эти значения в соответствующую память корректоров. Дискретность величин коррекции положения инструмента соответствует дискретности соответствующих измерительных импульсных преобразователей обратной связи по осям Z и X . Хранящиеся в памяти значения коррекции могут быть выведены на экран или изменены соответствующими командами с пульта оператора.

В программном обеспечении УЧПУ имеется ряд диагностических программ, с помощью которых проверяется нормальная работа всех модулей. При обнаружении ошибок система УЧПУ останавливает отработку управляющих программ. УЧПУ «Электроника НЦ-31» выполнено в виде объединенного блока, монтируемого в вентилируемый отсек суппорта токарного станка, защищенный от попадания стружки, пыли и эмульсии.

Токарный станок 16K20T1 с ЧПУ выполнен на базе универсального станка 16K20 и имеет много конструктивных решений базовой модели. Станок оснащен микропроцессорным УЧПУ «Электроника НЦ-31», установленным в отсеке фартука станка, что обеспечивает удобство управления станком и наблюдения за процессом обработки заготовки и информации на пульте оператора. Станок 16K20T1 предназначен для токарной обработки в центрах и патроне наружных и внутренних поверхностей вращения заготовок различной сложности, в том числе имеющих криволинейную образующую и резьбовую поверхности.

Техническая характеристика станка

Наибольший диаметр заготовок при установке, мм:	
над станиной	400
над суппортом	215
Наибольшая длина обработки, мм	900
Диаметр отверстия в шпинделе, мм	53
Число одновременно управляемых координат	2
Частота вращения шпинделя, мин ⁻¹	22,4—2240
Подача суппорта, мм/об:	
продольная	0,01—2,8
поперечная	0,005—1,4
Максимальная скорость подачи суппорта, мм/мин:	
продольная	2000
поперечная	1000
Скорость быстрого перемещения суппорта, мм/мин:	
продольного	6000
поперечного	5000
Дискретность перемещения суппорта, мм:	
продольного	0,01
поперечного	0,005
Шаг нарезаемой резьбы, мм	0,01—40,959
Число позиций revolverной головки	6

Наибольшие размеры поперечного сечения резца, устанавливаемого в резцедержателе, мм	25 × 25
Мощность электродвигателя главного движения, кВт	11
Масса станка, кг	4000
Размеры станка (длина × ширина × высота), мм	3980 × 1700 × 1700

Компоновка станка 16K20T1 и его органы управления показаны на рис. 1.23. Компоновка — традиционная для универсальных токарных станков — с горизонтально расположенными направляющими для суппорта и задней бабки. Применение данной компоновки для станка с ЧПУ, несмотря на затрудненный отвод стружки, оправдывается удобством ручного управления станком при отладке введенных программ и работе в режиме «обучения», когда управляющая программа автоматически записывается при обработке первой детали из партии.

Станина 25 установлена на основании 26. В передней бабке 7 размещена трехступенчатая коробка скоростей для получения трех диапазонов частот вращения шпинделя, на конце которого установлен трехкулачковый патрон 9 с электромеханическим приводом 4. Двигатель главного движения расположен на задней стороне станины. Со шпинделем зубчатой передачей связан датчик резьбонарезания 3. Для перемещения суппорта 10 по направляющим станины служат привод 2 и ходовой винт 16 шариковой винтовой пары.

Привод винта поперечных салазок 12 находится с задней стороны суппорта. На поперечных салазках установлена шестипозиционная револьверная головка 11 с горизонтальной осью поворота, параллельной оси шпинделя. Задняя бабка 17 имеет электромеханический привод 21 пиноли. Пульт оператора с УЧПУ «Электроника НЦ-31» 24 размещен в суппорте и связан кабельной разводкой 22 с электроавтоматикой станка, размещенной в электрошкафах управления 5; 14 и 20.

Органы управления станком. К органам управления станком относятся: панель 6 на шкафу управления для включения электрооборудования станка и толчкового привода шпинделя; рукоятка 8 для переключения диапазона частот вращения шпинделя; панель 1, расположенная на суппорте; пульт оператора УЧПУ 24; кнопка 13 для аварийного отключения станка; рукоятка 15 ручного стопорения пиноли задней бабки; рукоятка 19 для зажима задней бабки на направляющих станины; панель 18 управления приводами; рукоятка 23 перемещения суппорта при наладке; ножная педаль 27 для управления приводом перемещения пиноли задней бабки и педаль 28 для управления электромеханическим приводом трехкулачкового патрона.

На панели (см. поз. 6 на рис. 1.23) шкафа управления станком (рис. 1.24) находятся: рукоятка 1 включения электрооборудования станка; кнопка 2 механической блокировки вводного автомата;

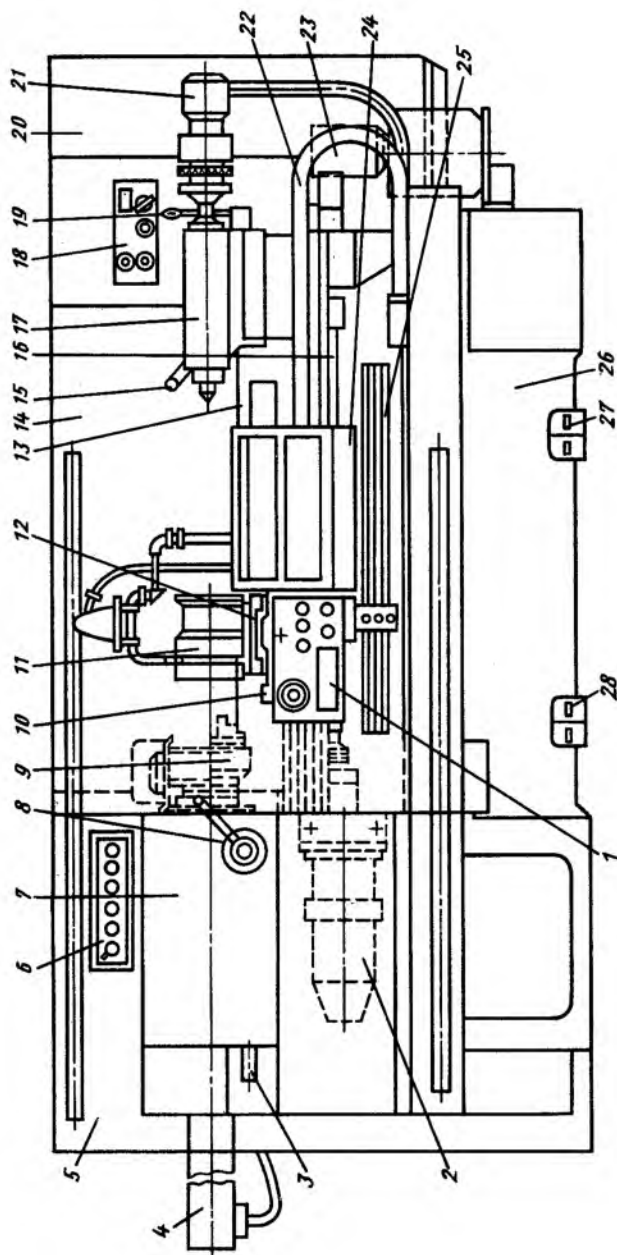


Рис. 1.23. Токарный станок 16K20T1 с ЧПУ

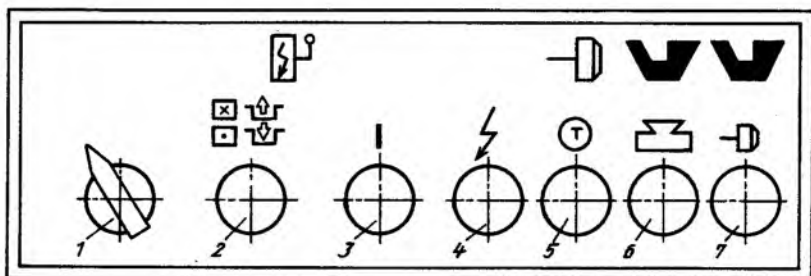


Рис. 1.24. Органы управления станком на панели шкафа управления

кнопка 3 включения электроавтоматики станка; кнопка 5 толчкового включения вращения шпинделя; кнопка 6 включения устройства для смазывания направляющих суппорта; контрольная лампа 4 индикации наличия напряжения и контрольная лампа 7 индикации нормального смазывания механизмов шпиндельной бабки.

Панель управления приводами, расположенная на шкафу электрооборудования (см. поз. 18 на рис. 1.23), имеет: две кнопки 2 и 3 (рис. 1.25) включения приводов подач; сигнализатор заземления 1, включенный в цепь управления напряжением 110 В, и переключатель 4 управления патроном и пинолью задней бабки. Его пять положений позволяют осуществлять четыре варианта механизированного крепления заготовки: в патроне с поджимом задним центром; в центрах (привод патрона отключен); в патроне с закреплением заготовки по внешнему диаметру и в патроне с закреплением ее по внутреннему диаметру (привод пиноли задней бабки отключен). Пятое положение — открепление детали.

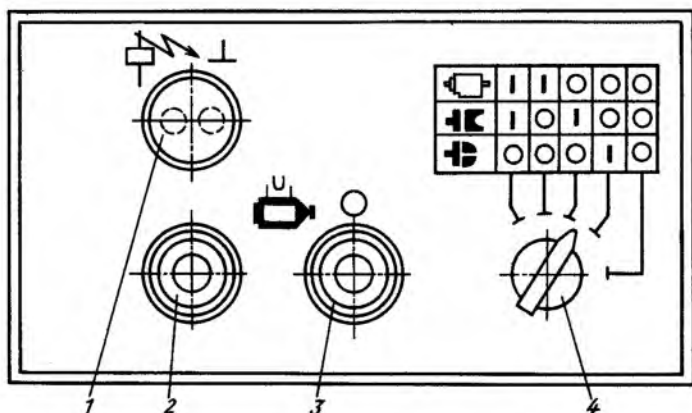


Рис. 1.25. Панель управления приводами станка

На панели управления, размещенной на суппорте (рис. 1.26) находятся: рукоятка 1 ручного управления перемещением суппорта при наладке станка; переключатель 4, с помощью которого отключается цепь ввода информации с пульта управления для предотвращения аварийных ситуаций во время работы станка; переключатель 5, управляющий режимом работы приводов подач и главного движения (остановка шпинделя и подачи, режим с вращением шпинделя и рабочий режим, разрешающий включение шпинделя и подачи); переключатель 6 подачи СОЖ; кнопка 2 схода суппорта с аварийного кулачка и лампочка 3 индикации вращения шпинделя.

Кинематическая схема станка 16К20Т1 показана на рис. 1.27. От электродвигателя главного движения Д1 вращение через клиноременную передачу 105/264 передается на входной вал I трехступенчатой коробки скоростей и далее через зубчатую передачу $z1/z2$ на вал II. Высшая ступень коробки скоростей станка передается с вала II на шпиндель V при включении зубчатых колес $z6/z10$, а средняя — через передачу $z7/z11$ блока зубчатых колес на шпинделе. Двигатель главного движения асинхронный частотно-регулируемый мощностью 11 кВт. За счет регулирования частоты вращения двигателя на высшей ступени коробки скоростей получается верхний диапазон частот вращения шпинделя от 160 до 2240 мин⁻¹. На средней ступени — второй диапазон частот — от 65 до 900 мин⁻¹. Низший диапазон частот вращения шпинделя (от 22,4 до 315 мин⁻¹) обеспечивается с помощью перебора: с вала II через зубчатые колеса

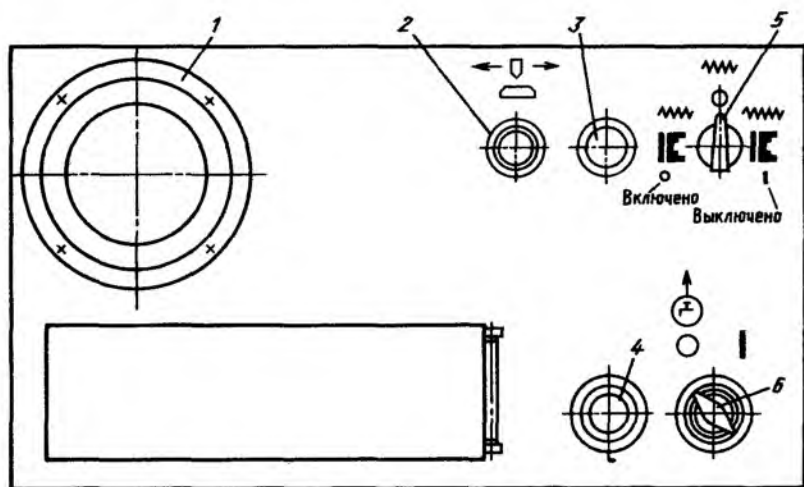


Рис. 1.26. Панель управления на суппорте станка

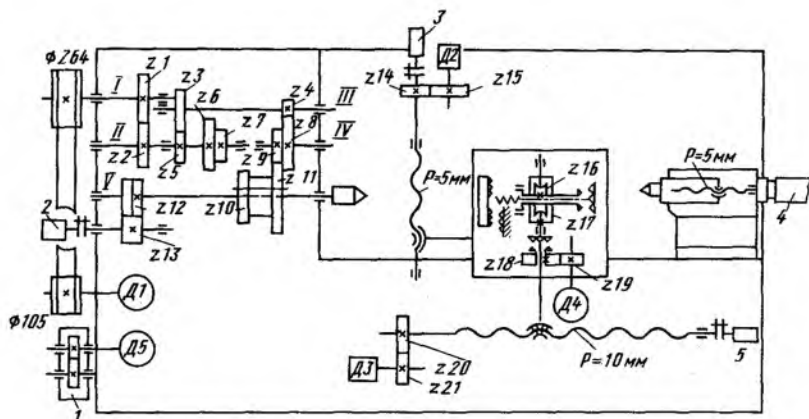


Рис. 1.27. Кинематическая схема станка 16K20T1

$z5/z3$ вращение передается на вал *III* и далее через передачи $z4/z8$ и $z9/z11$ — на шпиндель.

Привод продольного перемещения суппорта состоит из двигателя *Д3*, зубчатых колес $z21/z20$ и шариковой пары винт — гайка. Высокомоментный двигатель постоянного тока обеспечивает диапазон рабочих подач суппорта до 2000 мм/мин и скорость быстрых перемещений его 6000 мм/мин. Для контроля за перемещением служит импульсный датчик обратной связи *5*, связанный с ходовым винтом продольной подачи. Такой же датчик *2*, связанный со шпинделем зубчатыми колесами $z12/z13$, используется при резьбонарезании, обеспечивая жесткую электрическую связь шпинделя через УЧПУ «Электроника НЦ-31» с приводом продольной подачи.

Привод поперечной подачи имеет аналогичную структуру: от двигателя *Д2* через зубчатую пару $z15/z14$ приводится винт поперечного перемещения салазок суппорта. С винтом связан импульсный датчик обратной связи *3*. Регулируемый высокомоментный двигатель постоянного тока обеспечивает скорость подачи поперечных салазок до 1000 мм/мин и быстрые перемещения их со скоростью 5000 мм/мин.

Поворот револьверной головки производится от асинхронного двигателя *Д4* через зубчатые колеса $z19/z18$ и червячную передачу $z17/z16$. Двигатель *Д5* вращает зубчатые колеса шестеренного насоса *1* системы смазывания станка. Для зажима заготовки задним центром служит электромеханический привод *4*, вращающий винт пиноли задней бабки.

Конструктивные особенности станка. Шпиндель установлен на роликовых опорах качения. В передней опоре используется

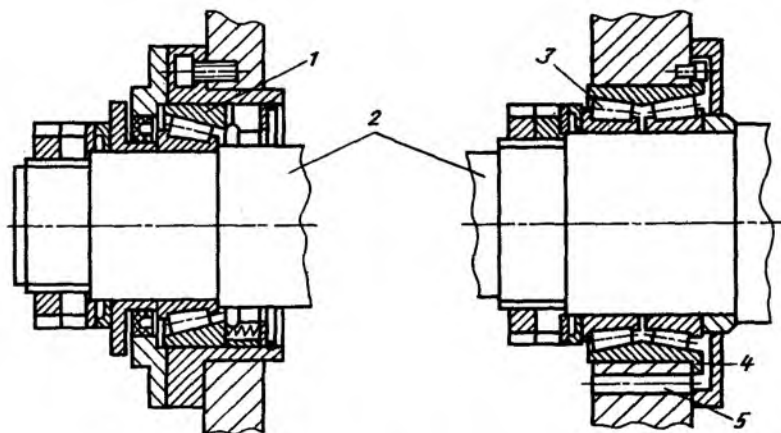


Рис. 1.28. Опоры шпинделя

двухрядный конический подшипник 3 (рис. 1.28) с малым углом конуса и буртом 4 на наружном кольце. В задней опоре шпинделя 2 применен однорядный конический роликовый подшипник 1 с малым углом конуса и пружинным поджимом кольца подшипника для устранения зазоров. Лишнее масло отводится из подшипниковой опоры по каналу 5 в корпусе передней бабки. На

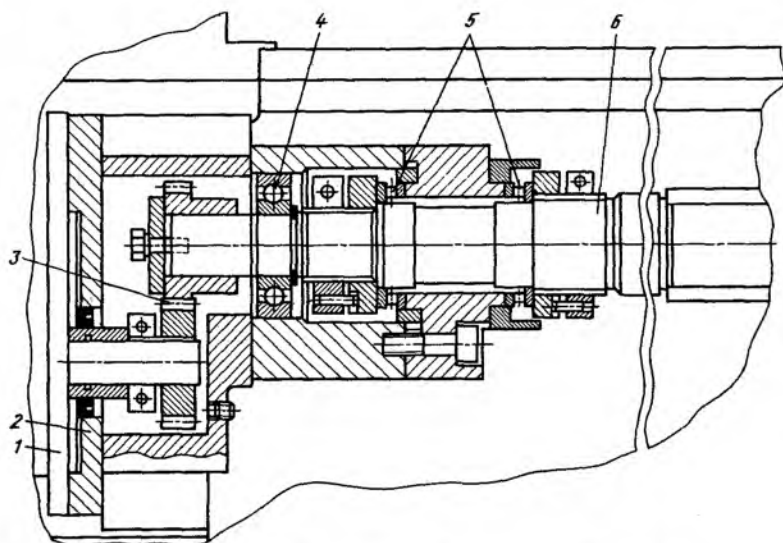


Рис. 1.29. Привод продольного перемещения суппорта

переднем конце шпинделя закреплен переходный фланец для установки патрона. Фланец центрируется коническим пояском шпинделя.

Привод продольного перемещения суппорта (рис. 1.29) выполнен на шариковой винтовой передаче диаметром 63 мм с шагом 10 мм. Винт 6 установлен на подшипниках качения 4. Для ходового винта, с помощью которого осуществляются расчетные перемещения как в прямом, так и в обратном направлении, важно обеспечить отсутствие осевого зазора в опорах, что достигается регулировкой упорных подшипников 5. С этой же целью предусмотрена возможность устранения зазора в зубчатой передаче 3 от двигателя 1 к винту 6 уменьшением ее межосевого расстояния путем смещения плиты 2 с установленным на ней двигателем. Подобную конструкцию имеет и задняя опора винта 6, на конце которого закреплена упругая муфта для соединения с приемным валиком кругового датчика обратной связи.

Привод поперечного перемещения каретки суппорта (рис. 1.30) имеет винт 1, сопряженный с шариковой гайкой каретки. Винт установлен на опорах качения 3. Осевые силы воспринимаются упорными подшипниками 2. Датчик 6 обратной связи соединяется с ходовым винтом упругой муфтой 5. Зазор в зубчатой передаче 4 устраняется уменьшением ее межосевого расстояния смещением плиты 7 с установленным на ней двигателем 8.

Шестипозиционная револьверная головка (рис. 1.31) размещается на поперечных салазках суппорта. Ее ось поворота располагается параллельно оси шпинделя, что уменьшает размеры

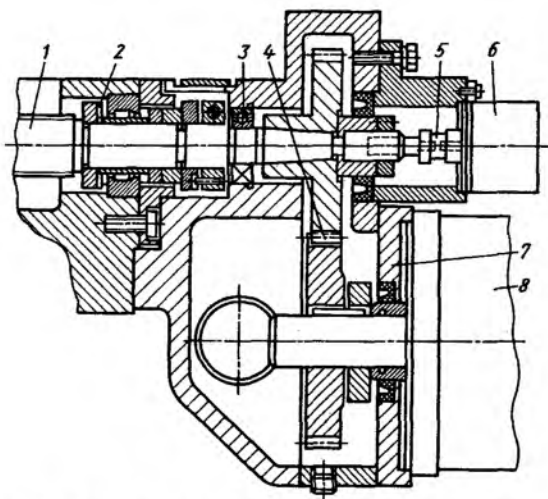


Рис. 1.30. Привод поперечного перемещения каретки суппорта

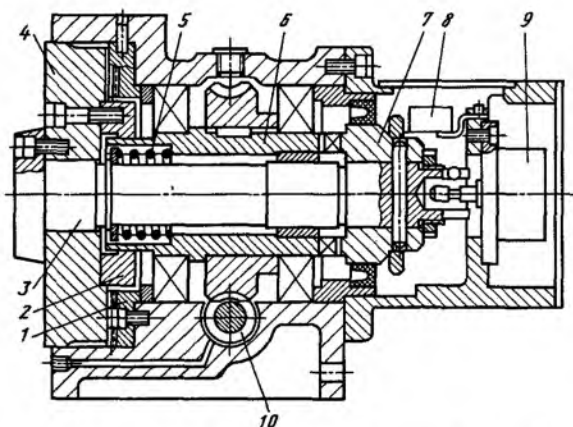


Рис. 1.31. Револьверная головка станка 16K20T1

головки и время на смену инструмента, так как при повороте револьверной головки для работы новым инструментом головку необходимо вывести из зоны обработки на минимальное расстояние. В инструментальной головке можно закрепить шесть резцов-вставок или три инструментальных блока. Инструментальная головка съемная и крепится к поворотной части 4 плоскозубчатой муфты, которая центрируется кольцом 2.

При повороте револьверной головки от электродвигателя через червячную передачу 10 начинает поворачиваться кулачковая муфта 6 со скошенными зубьями на правом торце. Кулачки правой половины муфты 7 входят в пазы ее левой половины, и вал 3 под действием пружины 5 смещается влево, расцепляя половины 1 и 4 плоскозубчатой муфты.

При дальнейшем вращении двигателя вместе с муфтой 6 поворачивается и вал, пока не будет достигнуто запрограммированное положение инструментальной головки. В этот момент фиксатор удерживает в нужном угловом положении поворотную часть плоскозубчатой муфты, а двигатель начинает вращаться в обратном направлении. Кулачки муфты 6 скользят по скосам кулачков половины муфты 7, связанное с валом 3, и отводят его вправо, сжимая пружину 5.

Кулачки поворотной части плоскозубчатой муфты 4 входят во впадины неподвижной половины 1 муфты и надежно фиксируют револьверную головку. Конечный выключатель 8 отключает двигатель в зажатом положении револьверной головки. Датчик 9 отсчитывает номер позиции головки. Для наладочного поворота револьверной головки вручную на червяке предусмотрена шестигранная головка.

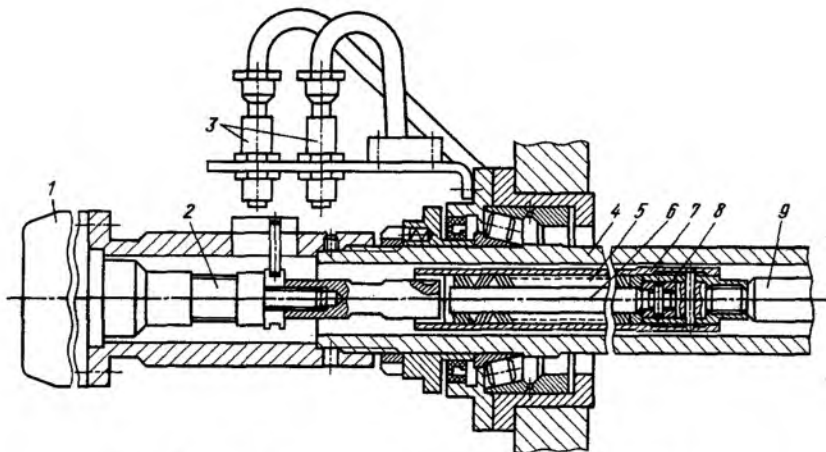


Рис. 1.32. Электромеханический привод самоцентрирующего патрона

На станке 16К20Т1 используется трехкулачковый клиновой патрон с механизированным приводом. Электромеханический привод патрона (рис. 1.32) крепится на заднем конце шпинделя

4. Асинхронный двигатель 1 с гайкой на якоре при своем вращении перемещает в продольном направлении винт-шток 2 и связанную с ним тягу 6 с закрепленной штифтом на его конце втулкой 8.

Втулка через пакет тарельчатых пружин 5 перемещает полую тягу 7, внутри которой находятся тарельчатые пружины, и связанную с ней тягу 9, передающую силу зажима от электромеханического привода к патрону. Сила зажима регулируется настройкой бесконтактных путевых выключате-

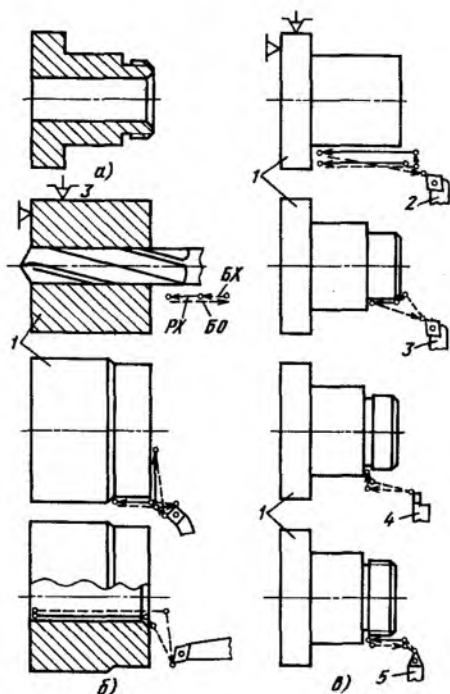


Рис. 1.33. Технологический процесс обработки заготовки втулки на токарном станке с ЧПУ:

а — втулка; б — схема обработки с одной стороны; в — схема обработки с обратной стороны

лей 3, отключающих двигатель при закреплении заготовки, когда величина сжатия пакета тарельчатых пружин достигнет нужного значения.

Обработка деталей на станке с ЧПУ. На рис. 1.33 показан пример построения технологического процесса обработки заготовки втулки (рис. 1.33, а) на токарном станке с ЧПУ. Штучная заготовка, полученная отрезкой из проката, зажимается в трехкулачковый патрон и обрабатывается со стороны большего диаметра втулки (рис. 1.33, б): сверлится центральное отверстие, после смены инструмента резцом 2 подрезается торец и протачивается наибольший диаметр фланца, а затем расточным резцом 3 растачивается отверстие. Рабочий ход (*РХ*) обозначен на рис. 1.33 сплошной линией, быстрые хода — штриховой (*БХ* и *БО*). Снятие фаски производится перед обработкой отверстия расточным резцом.

После обработки партии заготовок станок переналаживается для обработки другой стороны заготовки 1 (рис. 1.33, в). Она закрепляется за наружный диаметр фланца в трехкулачковый самоцентрирующий патрон с незакаленными кулачками, расточенными по диаметру фланца. Сначала делают черновую обработку резцом 2, затем подрезают торец фланца, обрабатывают чистовым резцом 3 цилиндрические поверхности, в том числе поверхность под резьбу, резцом 4 прорезают канавки для выхода шлифовального круга и резьбового резца 5, а затем нарезают резьбу.

Для выполнения ряда операций могут быть использованы подпрограммы программирования типовых циклов токарной обработки. Например, используя показанную методику черновой обработки, за несколько рабочих ходов можно создать программный модуль, для которого входными параметрами будут диаметр заготовки, диаметр поверхности после обработки (или описание контура детали), длина обработки и максимальная глубина резания.

УЧПУ «Электроника НЦ-31» позволяет создать такой модуль и хранить его в памяти. По исходным данным ЭВМ системы управления станком рассчитывает траекторию движения инструмента. Такие модули создают для часто встречающихся типовых циклов обработки, в том числе для нарезания резьбы за несколько рабочих ходов, что позволяет сократить трудоемкость подготовки управляющих программ для станков с ЧПУ. Вместо громоздкого расчета траектории движения инструмента вводится несколько обобщенных инструкций.

ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ ТОКАРНЫХ СТАНКОВ

1. ТОКАРНЫЕ САМОЦЕНТРИРУЮЩИЕ ПАТРОНЫ

С развитием технологии механической обработки на металлорежущих станках в первую очередь интенсифицируется процесс резания. Новые инструментальные материалы, обладающие высокими режущими свойствами, мощные, жесткие станки позволяют работать на высоких скоростях резания с большими подачами и глубинами резания. В этих условиях все большее значение приобретает рациональное применение соответствующих приспособлений.

Назначение приспособлений. Приспособления к металлорежущим станкам позволяют уменьшить вспомогательное время на установку заготовки на станок и ее снятие после обработки, чем повышают производительность труда. Поэтому приспособления должны быть быстродействующими, оснащенными механизированными приводами.

Приспособления к металлорежущим станкам позволяют повысить точность обработки, для чего должны быть правильно выбраны технологические базы, обеспечивающие координацию заготовки относительно рабочих органов станка, и надежное крепление заготовки, исключающее ее смещение или деформацию при обработке.

Приспособления к станкам позволяют расширить их технологические возможности, т. е. появляется возможность осуществить такой вид обработки, который без данного приспособления выполнить невозможно. Особая роль принадлежит приспособлениям для станков с ЧПУ, так как их высокая стоимость требует интенсивного и эффективного использования, что практически невозможно без применения соответствующих приспособлений.

Виды приспособлений. В зависимости от серийности выпускаемых деталей применяют универсальные, наладочные и специальные приспособления. Универсальность, т. е. пригодность для крепления большого числа типоразмеров заготовок, является одним из важных свойств установочно-зажимного приспособления. Чем универсальнее приспособление, тем меньше нужно приспособлений, тем меньше затраты на оснастку, тем реже возникает необходимость в смене приспособления на станке, следовательно,

уменьшается подготовительно-заключительное время, требуемое для установки и выверки приспособления. Вместе с тем универсальные приспособления обычно имеют более сложную конструкцию и, как следствие, обеспечивают меньшую точность и жесткость крепления заготовки. В единичном и мелкосерийном производстве обычно используют приспособления, обладающие наибольшей универсальностью.

В серийном производстве находят применение *наладочные* приспособления, используемые для обработки определенного типа деталей и требующие при изготовлении другой партии деталей некоторой переналадки.

Специальные приспособления, предназначенные для крепления лишь одного типоразмера детали, могут применяться лишь в массовом и крупносерийном производстве.

На станках токарной группы обычно применяют приспособления следующих типов: патроны для крепления заготовок по наружным и внутренним цилиндрическим поверхностям, поводковые патроны и центра для установки заготовок типа валов, оправки для крепления заготовок по внутренним поверхностям и планшайбы для крепления по торцовым поверхностям заготовок типа фланцев, колец или другой, более сложной формы.

Крепление токарных приспособлений. Приспособления для установки заготовок крепят к шпинделю станка, который может быть выполнен резьбовым и фланцевым. На резьбовые концы (рис. 2.1, а) приспособление навинчивается на резьбовую часть до упора в торец буртика, а центрируется цилиндрическим пояском, выполненным с предельными отклонениями по $h6$. Для предотвращения свинчивания патронов и других приспособлений при резком торможении шпинделя используют различные устройства, например сухари, крепящиеся к фланцу приспособле-

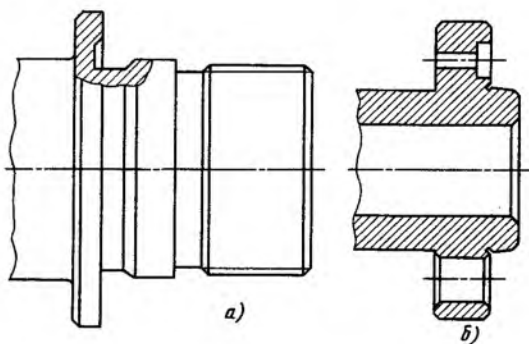


Рис. 2.1. Резьбовой (а) и фланцевый (б) концы шпинделей токарных станков

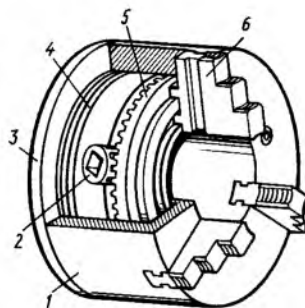


Рис. 2.2. Самоцентрирующий трехкулачковый патрон

ния винтами и удерживающие за буртик шпинделя фланец от смещения.

При установке приспособления на фланцевый конец (рис. 2.1, б) центрирование осуществляется коническим пояском. Отверстия во фланце шпинделя выполняют резьбовыми для крепления переходного фланца болтами со стороны приспособления или гладкими для крепления приспособлений, имеющих резьбовые отверстия в переходном фланце.

Самоцентрирующие патроны. Для крепления заготовок на токарных станках широко используют двухкулачковые и трехкулачковые (реже четырехкулачковые) самоцентрирующие патроны. Центрирование заготовки в них достигается одновременным перемещением в радиальном направлении зажимающих кулачков. На рис. 2.2 представлена конструкция универсального трехкулачкового патрона, которым оснащают токарные станки различных моделей. Кулачки 6 перемещаются в пазах корпуса 1 патрона. Одновременное сближение всех трех кулачков осуществляется с помощью диска 5. На торце диска выполнена резьба в виде архимедовой спирали, которая входит в зацепление с зубьями рейки на задней поверхности кулачков. Так как радиус каждого из участков архимедовой спирали при повороте диска на определенный угол изменяется на одну и ту же величину, соответственно на одну и ту же величину перемещаются кулачки, центрируя и зажимая заготовку детали.

Для вращения диска служат три конические шестерни 2 с квадратными гнездами. Шестерни сцепляются с большим коническим зубчатым колесом, нарезанным на обратной стороне диска. От осевого смещения диск удерживается крышкой 4. На шпинделе патрон закреплен с помощью фланца 3. Кривизна архимедовой спирали в различных точках разная, поэтому поверхность контакта зубьев кулачков со спиралью мала. Для уменьшения износа и сохранения высокой точности патрона его детали подвергают закалке и шлифуют.

При обработке деталей в патронах стремятся обработать ответственные поверхности (как наружные, так и внутренние) без перезакрепления заготовки и с одного установа, тогда соосность этих поверхностей выдерживается с наибольшей точностью. Однако во многих случаях конструкция детали требует обработки наружных и внутренних точных поверхностей с двух сторон, за два установа, т. е. после точной обработки наружной поверхности она используется в качестве базы для крепления заготовки при обработке внутренних поверхностей или наоборот.

Чтобы обеспечить требуемый допуск соосности поверхностей, обрабатываемых на разных установках, на заключительном этапе обработки необходима высокая точность центрирования заготовки. В патронах точность центрирования зависит от точности изготовления и степени износа направляющих корпуса 1, кулачков,

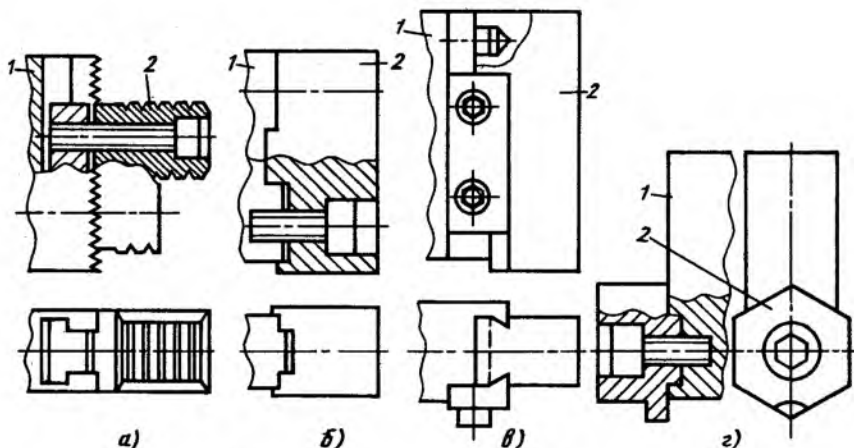


Рис. 2.3. Кулачки самоцентрирующих токарных патронов:

а — сборные; б — сборные с незакаленными накладными кулачками; в — сборные с фиксацией накладных незакаленных кулачков штифтом; г — универсальные сборные

и других деталей. Замена накладных кулачков 2 (рис. 2.3, а) также вносит дополнительные погрешности. Биение заготовок при их креплении в трехкулачковом самоцентрирующем патроне в зависимости от степени износа патрона и размера заготовки составляет 0,1... 0,5 мм.

Чтобы повысить точность крепления заготовок при выполнении чистовой обработки используют *накладные незакаленные кулачки*, растачиваемые на станке под определенные размеры установочных баз заготовки (рис. 2.3, б). С этой целью основными кулачками 1 зажимают короткую оправку, чтобы выбрать зазоры во всех сопряжениях, а затем растачивают рабочие поверхности накладных кулачков 2 на наибольший диаметр базовой поверхности заготовки. Конструкция крепления незакаленных кулачков с помощью сопряжения типа ласточкин хвост и контрольного штифта (рис. 2.3, в) позволяет вновь устанавливать накладные кулачки 2 с точностью до 0,02 мм и избежать повторного их растачивания.

Универсальные незакаленные кулачки (рис. 2.3, г) предназначены для быстрой переналадки с одного на другой типоразмер заготовки путем поворота в соответствующее положение шестигранных или круглых головок накладных кулачков 2, закрепленных на основных кулачках 1 и расточенных на нужный диаметр. Для точной фиксации головки при повороте служит шестигранный выступ на ее торце, входящий в соответствующее гнездо на основном кулачке.

Крепление заготовок в патроне. На рис. 2.4, а показана обработка короткого валика при креплении его консольно

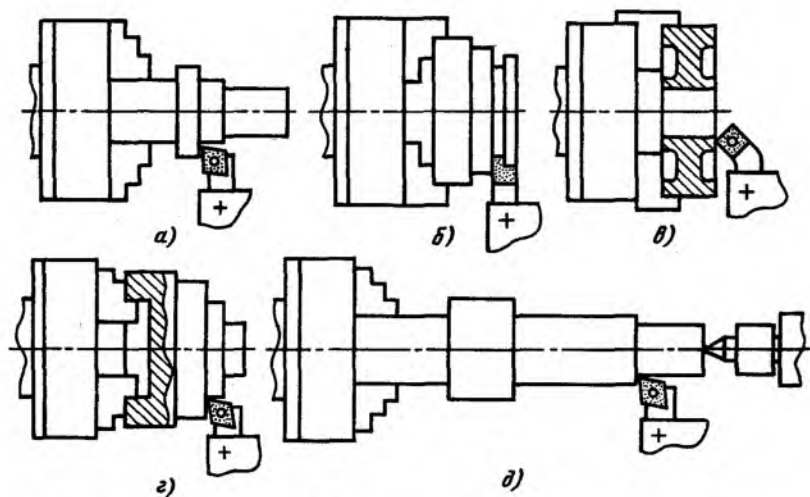


Рис. 2.4. Способы крепления в трехкулачковом самоцентрирующем патроне:
а — короткого валика; *б* — заготовок большого диаметра типа диска с кулачками и обратным расположением ступеней; *в* — заготовок зубчатого колеса; *г* — заготовок по внутреннему диаметру; *д* — заготовок с поджимом задним центром

в трехкулачковом самоцентрирующем патроне. Так как биение заготовки в постоянных закаленных кулачках может достигнуть 0,2—0,3 мм и более, все наиболее точные поверхности необходимо обточить с одного установа. Допустимый вылет заготовки до 3—5 диаметров.

Заготовки большого диаметра закрепляют в таком патроне с обратным расположением ступеней кулачков (рис. 2.4, б). При этом можно обрабатывать наружные поверхности, за исключением участка под кулачками, подрезать торцы и растачивать отверстия. Для осуществления этого способа установки патрон снабжается вторым комплектом кулачков или кулачки изготовляют сборными (см. рис. 2.3, а) с возможностью перестановки накладного кулачка и его крепления с помощью двух винтов.

При необходимости обработки двух соосных поверхностей с разных установов используют незакаленные кулачки, в которых погрешность крепления заготовок может быть уменьшена до 0,03—0,05 мм. На рис. 2.4, в показана обработка заготовки зубчатого колеса при установке ее в незакаленные кулачки по обработанному участку наружного диаметра и торцу.

Рис. 2.4, г иллюстрирует установку заготовки в закаленные кулачки по внутреннему диаметру, что позволяет обработать практически все наружные поверхности, торцы и поверхности отверстий, доступные для растачивания с открытой стороны. Этот способ установки может быть применен и для незакаленных

кулачков, обточенных на наименьший диаметр установочной поверхности.

Заготовки типа валов большой длины могут быть установлены в патрон с поджимом задним центром (рис. 2.4, *д*). Крепление заготовки получается более жестким, чем в центрах, но при обработке шеек вала с разных установов возникает радиальное их биение. Поэтому данная схема установки может быть использована при обработке точных диаметральных размеров с одного установа или при креплении в незакаленных расточенных на станке кулачках.

Конструкция четырехкулачкового патрона с независимым перемещением кулачков показана на рис. 2.5, *а*. В корпусе патрона 1 под радиальными пазми для перемещения кулачков в гнездах размещаются винты 2 с квадратными гнездами на торце для ключа. От осевого перемещения винты удерживаются сухарями 3. С винтом сопряжена винтовая поверхность кулачка 4, образующая полугайку. Поворачивая ключом винт 2, мы перемещаем в радиальном направлении связанный с ним кулачок 4 и зажимаем заготовку.

Последовательное крепление кулачками и необходимость выверки заготовки, т. е. регулировка отдельными кулачками положения ее оси относительно оси вращения шпинделя, требует больших затрат времени. Поэтому такой патрон с независимым перемещением кулачков используют для крепления некруглых заготовок или заготовок с большими погрешностями, например, полученных свободной ковкой. Большая поверхность контакта кулачка с резьбовой поверхностью винта позволяет передавать большие силы, чем в трехкулачковом самоцентрирующем патроне, поэтому таким патронам часто отдают предпочтение при обработке

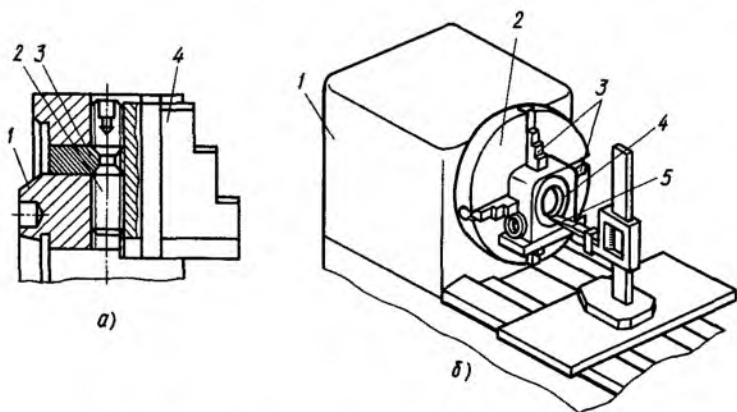


Рис. 2.5. Четырехкулачковый токарный патрон

крупных заготовок, где снимается стружка большого сечения и где надежному креплению заготовки уделяют особое внимание.

Четырехкулачковый патрон позволяет преднамеренно создать эксцентриситет заготовки при обработке эксцентрических поверхностей детали. Основные и присоединительные размеры патронов диаметром от 160 до 1000 мм регламентированы ГОСТ 3890—72.

На рис. 2.5, б показано использование четырехкулачкового патрона с независимым перемещением кулачков для крепления небольшого корпуса редуктора при растачивании отверстия под подшипники. Заготовка 4 устанавливается в патрон 2 токарного станка 1. К поверхности отлитого отверстия подводится игла 5 штангенрейсмуса, и положение заготовки регулируется отводом и поджимом соответствующих кулачков 3, пока ось отлитого отверстия не будет совмещена с осью вращения заготовки, после чего производится черновое и чистовое растачивание отверстия и подрезание его торца. Такая обработка может оказаться более производительной и эффективной, чем растачивание отверстий корпуса на более дорогом и, как правило, более загруженном расточном станке.

2. ТОКАРНЫЕ ПАТРОНЫ С МЕХАНИЗИРОВАННЫМ ПРИВОДОМ

Для сокращения времени на установку заготовки на станке, а также повышения точности и надежности ее крепления широко применяют механизированный привод к токарным патронам. Механизированные зажимные устройства обеспечивают постоянство сил зажима для всех деталей партии и облегчают труд рабочего при креплении заготовок на станке. Особенно важно быстро, точно и надежно закреплять заготовки на станках с ЧПУ и станках, работающих в составе ГПС.

В механизированных патронах сила зажима создается пневматическим или гидравлическим цилиндром, размещенным на заднем конце шпинделя. Цилиндр через центральное отверстие шпинделя соединен тягой с механизмом патрона, осуществляющим перемещение кулачков, которые зажимают установленную в патрон заготовку. Сжатый воздух (или жидкость) поступает во вращающийся во время обработки цилиндр с помощью специального устройства — муфты. Как правило, перемещение кулачков от механизированного привода составляет не более 5—10 мм, поэтому конструкция патрона должна позволять быстро перенастроить его при переходе от обработки одной партии заготовок к другой. Наибольшее распространение получили рычажные, клиновые и мембранные патроны.

Рычажный патрон. На рис. 2.6 показан токарный трехкулачковый патрон с механизированным рычажным приводом. Патрон может быть использован в мелкосерийном производстве, так как его

переналадка проста и обеспечивает крепление в патроне заготовок в широком диапазоне диаметров. В корпусе 5 патрона на центрирующей поверхности размещен диск 4, с одной стороны которого на торце имеется резьба по архимедовой спирали, а с другой стороны нарезан конический зубчатый венец.

С помощью резьбы три основных кулачка 6 могут перемещаться радиально в пазах корпуса. Ключом, вставленным в гнездо любой из трех конических шестерен 1, как в универсальном трехкулачковом патроне, можно одновременно перемещать в радиальном направлении три кулачка. Ползуны 8, также размещенные в корпусе, связаны с кулачками 6 сухарями 9, которые своей задней цилиндрической поверхностью входят в гнездо кулачков, а передней — в паз ползунов. Стержни 7, на которых сухари сидят по скользящей посадке, не позволяют сухарям поворачиваться, поэтому вместе с кулачками перемещаются и ползуны с закрепленными на них зажимными кулачками 10.

Крепление заготовки осуществляется от гидропривода, перемещающего тягу 2 с муфтой 3. Стержни с сухарями, образующие двуплечий рычаг, поворачиваются вокруг центра цилиндрической части сухаря, перемещают ползуны с кулачками к центру и зажимают заготовку.

Переналадка патрона данной конструкции проста и сводится к перемещению одновременно всех кулачков в нужное радиальное положение с помощью ключа. На эту операцию затрачивается не

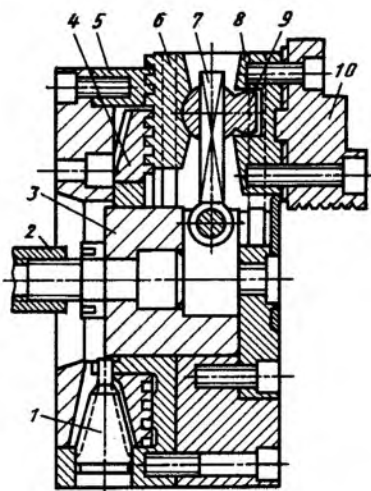


Рис. 2.6. Токарный переналаживаемый патрон с рычажным механизмом приводом

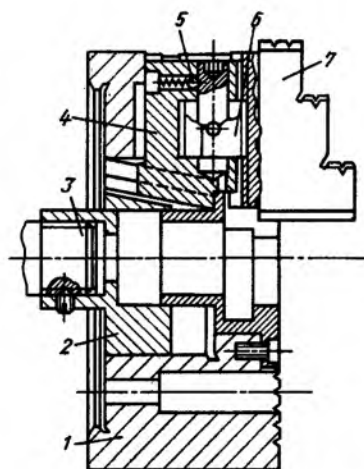


Рис. 2.7. Токарный быстропереналаживаемый клиновой патрон

больше времени, чем на крепление заготовки в обычном трехкулачковом патроне с немеханизированным приводом. Сила зажима заготовки зависит от положения сухарей на стержнях заготовки. При креплении заготовок большого диаметра она максимальна (до 120 кН). Из-за подвижных элементов, соединяющих ползуны с основными кулачками, погрешность центрирования заготовки большая, поэтому патрон используется на черновых операциях.

Клиновые патроны. Эксплуатация в промышленности токарных патронов различных типов показала, что клиновые патроны обеспечивают более высокую точность центрирования заготовки, чем рычажные. Принцип действия клиновых патронов основан на одновременном перемещении кулачков патрона с помощью осевого движения вперед втулки, которая имеет три клиновых пазов, сопрягающихся с клиновыми пазами на внутренних концах кулачков. Большая поверхность контакта прямолинейных клиновых пазов кулачка с пазами втулки обеспечивает высокую точность движения кулачков и ее сохранение при эксплуатации.

Для станков с ЧПУ, на которых обрабатываются небольшие партии деталей, важна возможность быстрой переналадки патрона. Одна из конструкций клинового быстропереналаживаемого патрона типа ПБК показана на рис. 2.7. Кулачки 4 перемещаются с помощью втулки 2. Быстрая переналадка каждого из кулачков 7 на требуемый размер производится при повороте винта 6 на 90° с помощью ключа. На части окружности винта резьба срезана, поэтому кулачок расцепляется с винтом и может быть легко заменен или передвинут в пазах корпуса 1 в радиальном направлении на необходимую величину.

При обратном повороте винта его резьба входит в зацепление с полугайкой, образованной резьбовой поверхностью кулачка 7, и фиксирует его в новом положении относительно основного кулачка 4. В рабочем положении винт удерживается шариковым фиксатором 5. Для отсчета положения кулачка на торце корпуса патрона нанесены кольцевые риски. Переналадка всех трех кулачков на другой диаметр закрепляемой заготовки занимает не более 2 мин.

Закрепление заготовки осуществляется с помощью гидравлического или пневматического привода, размещенного на заднем конце полого шпинделя и связанного штоком 3 с патроном. При осевом движении клина три основных кулачка 4 и связанные с ними кулачки 7 перемещаются в радиальном направлении и зажимают заготовку.

Применение для изготовления основных деталей высококачественных сталей с термообработкой до твердости HRC₆₀ повышает надежность, точность и долговечность патрона. В патроне типа ПБК-315 диаметром 315 мм можно закреплять заготовки диаметром от 12 до 310 мм при ходе кулачков (от механизиро-

Рис. 2.8. Мембранный патрон

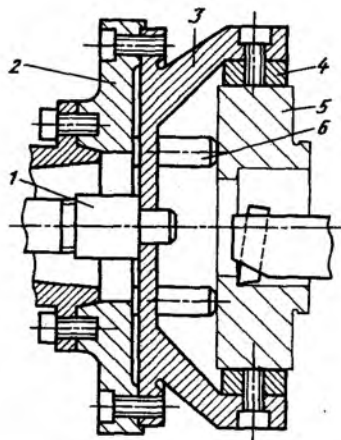
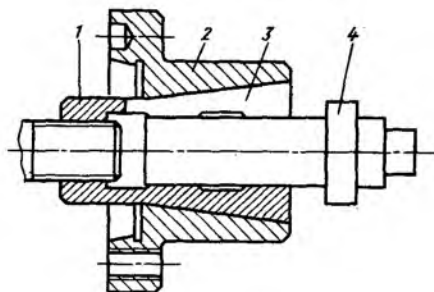


Рис. 2.9. Цанговый зажим



ванного привода) 6 мм и максимальной тяговой силе на штоке 50 000 Н.

Для станков с ЧПУ и ГПС разработаны конструкции патронов с автоматически переналаживаемыми на необходимый диаметр заготовки кулачками. В одной из таких конструкций патрона зубчатые клиновые рейки, перемещающие кулачки, имеют участок без зубьев, который дает возможность кулачкам выйти из зацепления с рейками.

Для переналадки патрона сначала программируется такая частота вращения шпинделя, чтобы под действием центробежных сил расцепленные с рейками кулачки разошлись до наибольшего диаметра. Затем частота вращения шпинделя снижается до минимальной и ролик, перемещающийся по программе, воздействует на внешние концы кулачков и сближает их до необходимого положения, после чего клиновые рейки перемещаются в исходное положение, входя в зацепление с кулачками.

Мембранные патроны. Еще более высокую точность центрирования заготовок обеспечивает мембранный патрон (рис. 2.8). Упругая мембрана 3 крепится к фланцу патрона 2 болтами. Мембрана имеет от трех до восьми кулачков со сменными губками 4. В некоторых конструкциях мембранных патронов кулачки крепятся к мембране болтами.

Для установки заготовки в патрон пневмопривод через шток 1 давит на мембрану и прогибает ее, в результате чего губки 4 патрона расходятся на 0,1—0,15 мм. Заготовка 5 устанавливается в разжатые губки до упора торцом в штифты 6, после чего пневмопривод отключается, мембрана стремится возвратиться в исходное состояние и губками 4 зажимает заготовку.

Заготовка удерживается во время обработки силами упругости мембраны, выполненной из стали 65Г или У7А и закаленной до

твердости HRC, 45—50. Большое число кулачков способствует центрированию заготовки с точностью 0,05 мм и выше. На рис. 2.8 показано растачивание отверстия, соосного с наружным диаметром заготовки зубчатого колеса. Из-за небольших сил крепления заготовки мембранные патроны используют на чистовых операциях при небольших сечениях снимаемой стружки.

При установке заготовок в мембранные патроны пневмопривод используется лишь для разведения кулачков, и поэтому работа с таким патроном безопасна. В случае внезапного падения давления в сети сжатого воздуха во время обработки заготовка продолжает надежно удерживаться в патроне упругими силами мембраны.

Цанги. При точении деталей из прутка или из штучных заготовок небольшого диаметра с точной (12-й квалитет точности и выше) наружной цилиндрической поверхностью для крепления заготовок широко применяют цанговые устройства.

Цанга 3 (рис. 2.9) представляет собой разрезную закаленную втулку из пружинящей стали с конической наружной поверхностью, сопрягающейся с внутренним конусом корпуса 2. Для крепления заготовки 4 тяга 1 перемещает цангу влево, коническая поверхность корпуса заставляет сжиматься лепестки цанги, которые и закрепляют заготовку. Точность центрирования заготовки в цанговом патроне зависит как от точности изготовления деталей патрона, так и от точности самой заготовки и составляет 0,05—0,1 мм.

3. ЦЕНТРЫ И ПОВОДКОВЫЕ ПАТРОНЫ

Обработка в центрах. Многие детали на токарных станках обрабатывают в центрах. Простота и единообразие способа установки для большой номенклатуры деталей, а также высокая точность установки заготовок как на предварительном, так и на окончательном этапах обработки способствуют его широкому применению. На рис. 2.10 показана схема обработки вала 4 при

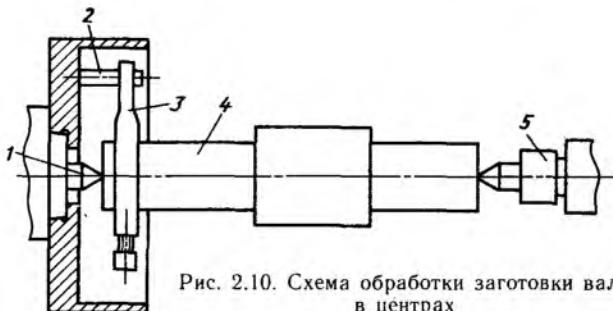


Рис. 2.10. Схема обработки заготовки вала в центрах

традиционной установке ее на жесткий передний центр 1 и вращающийся задний 5. Для передачи заготовке крутящего момента служит хомутик 3, ведомый пальцем поводкового патрона 2. После обработки всех ступеней правого конца заготовки она переустанавливается и обрабатывается с другого конца.

Этой схеме присущи три основных недостатка: 1) необходимость закрепления на левом конце заготовки поводка, что требует больших затрат ручного труда квалифицированного рабочего; 2) для полной обработки вала заготовку необходимо переустанавливать, что также требует затрат ручного труда; 3) базирование из-за погрешности глубины зацентровки на жесткий центр приводит к большим погрешностям положения заготовки по длине, что затрудняет настройку станка для автоматизированного получения линейных размеров вала.

Поводковые патроны. Первый недостаток устраняется применением конструкций поводковых патронов, не требующих применения хомутика. В этих патронах заготовка опирается на центр, а зажим кулачками используется только для передачи крутящего момента, поэтому они делаются плавающими, т. е. если один из кулачков упирается в поверхность заготовки и его движение прекращается, а другие кулачки продолжают движение, пока заготовка не будет зажата всеми кулачками с одинаковой силой.

Одна из конструкций такого патрона показана на рис. 2.11, где оправка 5 с заготовкой втулки 6 установлена в центрах. Для крепления оправки используется сила, передаваемая от пиноли задней бабки на передний центр 2, который перемещается влево и тянет за собой кольцо 3 с тремя закрепленными на осях рычажными кулачками 4. Задние концы кулачков, опирающиеся на коническое кольцо 1, раздвигаются, а передние — закрепляют цилиндрическую часть оправки или заготовки.

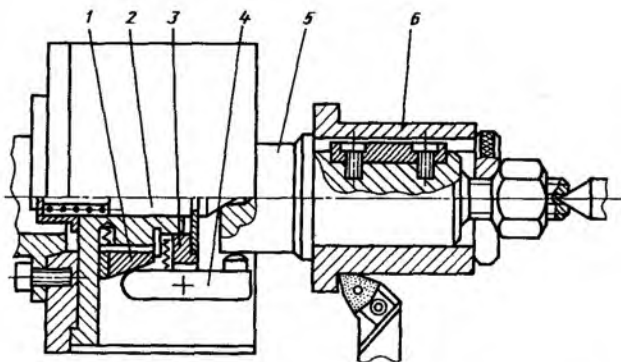


Рис. 2.11. Схема обработки втулки в центрах на оправке

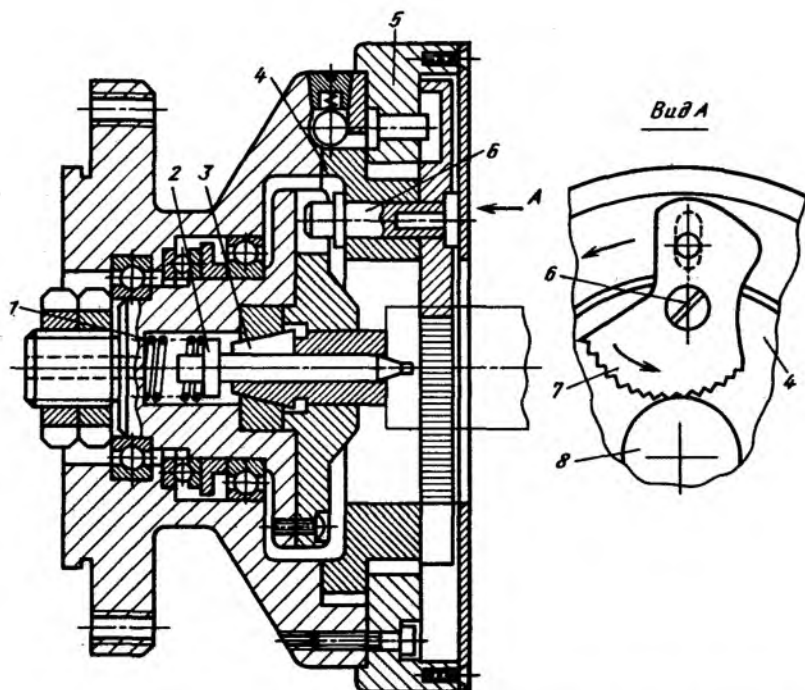


Рис. 2.12. Поводковый патрон с креплением заготовки силами резания

Опорное коническое кольцо установлено с достаточным радиальным зазором и поддерживается в среднем положении пружинами. Поэтому если один из кулачков упирается в поверхность заготовки, то при дальнейшем движении кольца задний конец кулачка давит на опорное кольцо и смещает его в радиальном направлении, ускоряя движение кулачков с противоположной стороны.

В самозажимном поводковом патроне (рис. 2.12) для крепления заготовки используют силы резания. Заготовка в радиальном направлении базируется на подпружиненный центр 2. При поджиме заготовки задним центром она смещается влево, сжимая пружину 1, пока торец не упрется в цангу 3, которая зажимает передний центр.

Для передачи крутящего момента служат кулачки 7 с криволинейной рифленой рабочей поверхностью. В момент включения шпинделя начинает вращаться кольцо 5. Так как кольцо 4 с осями 6 кулачков еще остается на месте, то кулачки поворачиваются на осях до соприкосновения рабочей поверхностью с поверхностью заготовки 8. Кольцо 4 выполнено плавающим

для выравнивания сил зажима всеми кулачками при биении поверхности заготовки.

В начале обработки под действием сил резания, стремящихся остановить заготовку, кулачки дополнительно поворачиваются вокруг осей *б* в направлении стрелки и рифленной поверхностью еще сильнее прижимаются к заготовке, заклинивая ее. Открепление вала после обработки происходит путем его поворота по инерции в направлении вращения при торможении шпинделя.

В этой конструкции поводкового патрона, помимо сокращения времени на установку и снятие заготовки, повышена точность ее базирования в осевом направлении, так как левый базовый торец у всех заготовок, обрабатываемых в патроне, занимает одно и то же положение независимо от глубины центрального отверстия.

Штырьковые и зубчатые поводковые патроны. Перспективна обработка валов с использованием штырьковых или зубчатых поводковых патронов, которые передают крутящий момент через торец, оставляя свободной для обработки наружную поверхность вала. В этом случае все ступени вала, включая и самую ближнюю к передней бабке, можно обработать с одного установа. Заготовка 4 (рис. 2.13) устанавливается в передний плавающий центр 2 и задний вращающийся 5. Она поджимается к штырькам 3 патрона 1 пинолью 6 задней бабки с гидроцилиндром 7. Гидроцилиндр создает и при обработке поддерживает необходимую силу прижима заготовки к штырькам патрона 1.

Благодаря способности самоустанавливаться штырьки прижимаются к торцу заготовки с одинаковой силой и участвуют в передаче крутящего момента, несмотря на возможные отклонения от перпендикулярности торца заготовки к оси центров. Такие патроны, имеющие подпружиненный передний центр, хорошо базируют заготовку в осевом направлении. Эти преимущества штырьковых и зубчатых патронов позволяют эффективно обрабатывать валы не только на универсальном оборудовании, но особенно на автоматизированных станках, в том числе на станках с ЧПУ и ГПС.

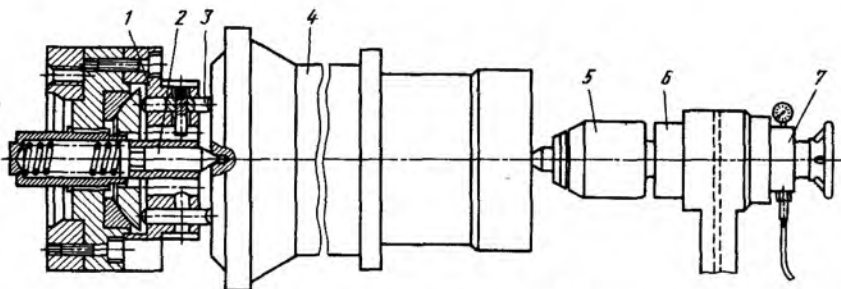


Рис. 2.13. Штырьковый поводковый патрон

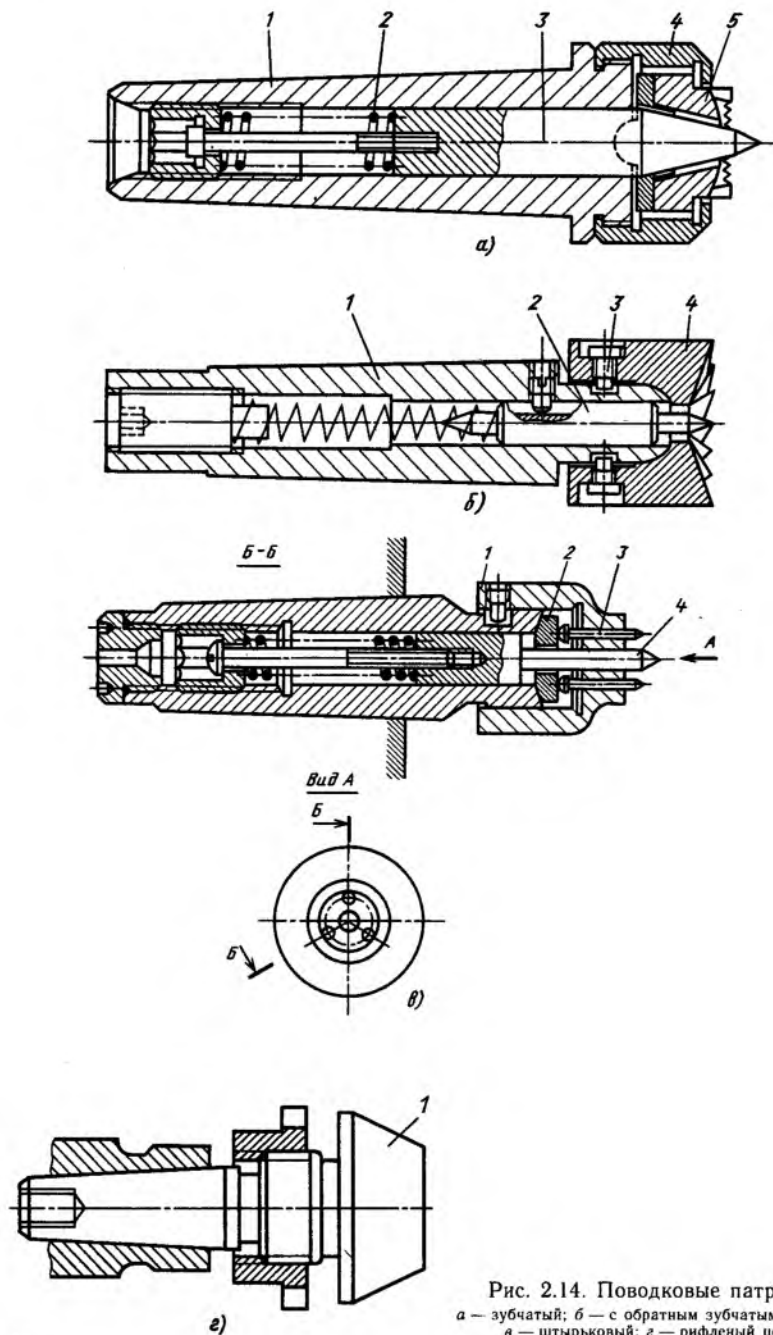


Рис. 2.14. Поводковые патроны:
 а — зубчатый; б — с обратным зубчатым конусом;
 в — штырьковый; г — рифленный центр

Зубчатый поводковый патрон (рис. 2.14, а) имеет подпружиненный плавающий центр 3 и зубчатый поводок 5, установленные в корпусе 1. Натяжение пружины 2 регулируется гайкой. Стакан 4 удерживает поводок, но с достаточным зазором, чтобы поводок, опираясь на шарнирное соединение с корпусом, мог самоустанавливаться по торцу заготовки. Для передачи крутящего момента на торце поводка имеются острые закаленные зубцы.

В поводковом патроне, показанном на рис. 2.14, б, зубцы на поводке 4 выполнены на поверхности с обратным корпусом, благодаря чему зубцы вращаются на наибольшем диаметре торца заготовки. Подпружиненный центр 2 помещается в корпусе 1. Крутящий момент передается поводку, опирающемуся на сферическую поверхность корпуса, через два винта 3. Патрон рассчитан на установку заготовок диаметром 10...60 мм.

На рис. 2.14, в приведена конструкция штырькового поводкового патрона. Закаленные штырьки 3, размещенные в отверстиях стакана 1, опираются на сферическую шайбу 2, дающую возможность штырькам самоустанавливаться по торцевой поверхности заготовки. Подпружиненный центр 4 ориентирует заготовку в радиальном направлении. При обработке полых деталей типа втулок или труб применяют рифленные передние центры 1 (рис. 2.14, г), передающие крутящий момент через кромку отверстия, выполняющего роль центрального.

4. ОПРАВКИ

Для крепления заготовок деталей типа втулок и дисков по точно обработанному ранее отверстию используют оправки различных типов.

Жесткие оправки. На рис. 2.15 показана жесткая консольная оправка для крепления заготовки зубчатого колеса при протачивании канавки. Оправка 1 устанавливается в конус шпинделя. На рабочую часть оправки устанавливается заготовка 2. Через промежуточную втулку 3 и быстросъемную шайбу 4 заготовка закрепляется в осевом направлении гайкой 5. От проворачивания при обработке заготовка удерживается силами трения по торцам. Несколько сменных втулок 3 разной длины позволяют применять оправку для установки различных заготовок, имеющих одинаковый диаметр центрального отверстия.

Оправки для более длин-

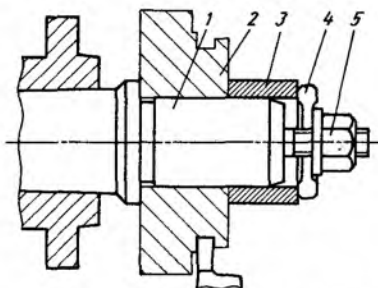


Рис. 2.15. Установка заготовки на жесткой оправке

ных деталей устанавливают в центра (см. рис. 2.11). Втулку, у которой необходимо обработать наружные цилиндрические и торцовые поверхности, закрепляют на оправке с помощью гайки и быстросъемной шайбы (см. рис. 2.15). Для передачи крутящего момента использован обработанный ранее в отверстии заготовки шпоночный паз. Шпонка закреплена на оправке винтами. Оправка устанавливается в поводковый патрон с подпружиненным центром и поджимается задним центром. Установка заготовки на оправку производится вне станка.

При использовании жестких оправок заготовки на них устанавливают с небольшим зазором. При закреплении этот зазор может распределиться по окружности неравномерно, что приводит к появлению погрешности соосности установочной базы и обработанных с этой базы поверхностей. Например, для отверстия заготовки диаметром 60 мм, выполненного по H7 и посадочной поверхности оправки g6, наибольшая величина зазора, а следовательно, и наибольшая возможная величина смещения составляет 0,059 мм, что соответствует допуску радиального биения лишь 8-й степени точности по ГОСТ 24643—81.

При высоких требованиях к соосности обрабатываемых поверхностей с центральным отверстием используют жесткие оправки с установкой на них заготовок с натягом либо разжимные оправки, в которых начальный зазор выбирается при креплении заготовки. Установка заготовок с натягом требует дополнительного оборудования для запрессовки оправок в отверстие заготовки перед обработкой и выпрессовки их после обработки.

Разжимные оправки. Значительно удобнее использовать разжимные оправки с ручным или механизированным приводом. *Оправка с разжимными клиновыми кулачками* представлена на рис. 2.16. Корпус 2 оправки крепится к фланцу шпинделя. Для посадочных диаметров менее 80 мм используют шпиндельные оправки с посадкой корпуса оправки в конус Морзе шпинделя. В трех пазах корпуса размещены кулачки 4, опирающиеся на клиновые лыски втулки 7. Кулачки прижимаются к опорной поверхности втулок кольцевыми пружинами 5. При осевом движении втулки она направляется винтом 8, входящим в продольный паз втулки.

Для повышения точности центрирования заготовки кулачки прижимаются к одному торцу паза пружинами. При движении влево втулки 7 с помощью тяги 1 пневмопривода, закрепленной во втулке пружинным кольцом 9, все три кулачка перемещаются одновременно в радиальном направлении, центрируя и зажимая заготовку 6. В осевом направлении положение заготовки фиксируется упором ее в базовый торец корпуса оправки или в торец промежуточного кольца 3.

Аналогичные конструкции шпиндельных и фланцевых оправок используют и при ручном зажиме заготовки. Ее крепление

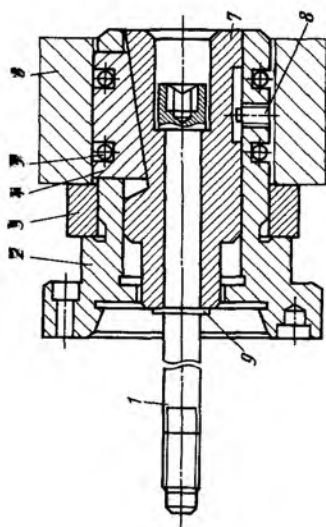


Рис. 2.16.
Кулачковая оправка.

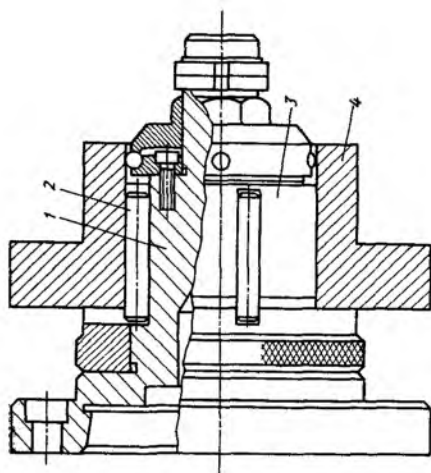


Рис. 2.17.
Роликовая оправка

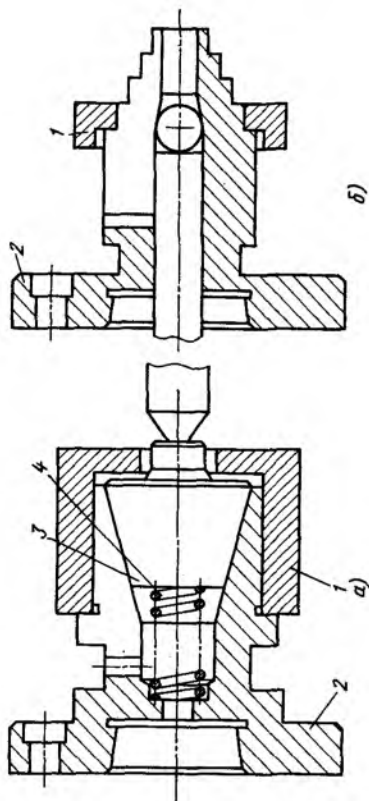


Рис. 2.18. Цанговые оправки с креплением заготовки пинолью задней бабки (а) и с механизированным приводом (б)

производят гайкой, навинчивающейся на шпильку, закрепленную в корпусе патрона в центре оправки. Гайка давит на торец втулки 7, и кулачки 4 закрепляют заготовку.

В роликовой оправке (рис. 2.17) с самозаклинивающимися роликами для крепления заготовки используют силы резания. Заготовка центрируется кольцом-сепаратором 3, установленным с минимальным зазором на корпусе 1. В прорезях кольца размещены три ролика 2, опирающихся на закаленные поверхности лысок корпуса. При повороте заготовки 4 по часовой стрелке ролики перекатываются по поверхности лысок и заклиниваются между корпусом и отверстием заготовки. Когда резец начинает снимать стружку и силы резания стремятся повернуть заготовку, ролики заклиниваются еще сильнее, предотвращая проворачивание заготовки.

Для открепления детали после обработки достаточно повернуть ее в обратном направлении, после чего деталь легко снимается с оправки. Простота конструкции и надежность крепления заготовки — несомненные преимущества данной конструкции, но большая погрешность центрирования заготовки, возможность небольших вмятин на опорной поверхности и трудность крепления втулок с небольшой толщиной стенок ограничивают применение таких оправок.

Простая конструкция шпиндельной *цанговой оправки* показана на рис. 2.18, а. Корпус оправки 2 имеет конус Морзе, которым он центрируется и удерживается в конусном отверстии шпинделя. Одновременно корпус выполняет роль зажимного элемента — цанги, для чего его посадочная часть имеет прорези. Заготовка 1, у которой подрезается торец и протачивается наружный диаметр, в осевом направлении базируется на упорный буртик.

Крепление заготовки осуществляется с помощью движения пиноли задней бабки. Задний центр давит на конус 3, который раздвигает лепестки цанги и закрепляет заготовку. Пружина 4 выталкивает конус при откреплении готовой детали после обработки. Данная конструкция может быть выполнена консольной с механизированным зажимом от пневмопривода с помощью тяги, проходящей внутри шпинделя, как показано на рис. 2.18, б, или с ручным креплением винтом.

Особенностью конструкции цанговой оправки, представленной на рис. 2.18, б, является ступенчатая посадочная поверхность, что позволяет использовать оправку в условиях мелкосерийного производства для крепления заготовок с различными посадочными диаметрами отверстий.

Высокой точностью центрирования заготовки и простотой конструкции отличаются *оправки с тарельчатыми пружинами* (рис. 2.19). Для уменьшения жесткости пружины она имеет чередующиеся радиальные прорезы со стороны внешнего и внутреннего диаметров. Если тарельчатую пружину надеть внутренним

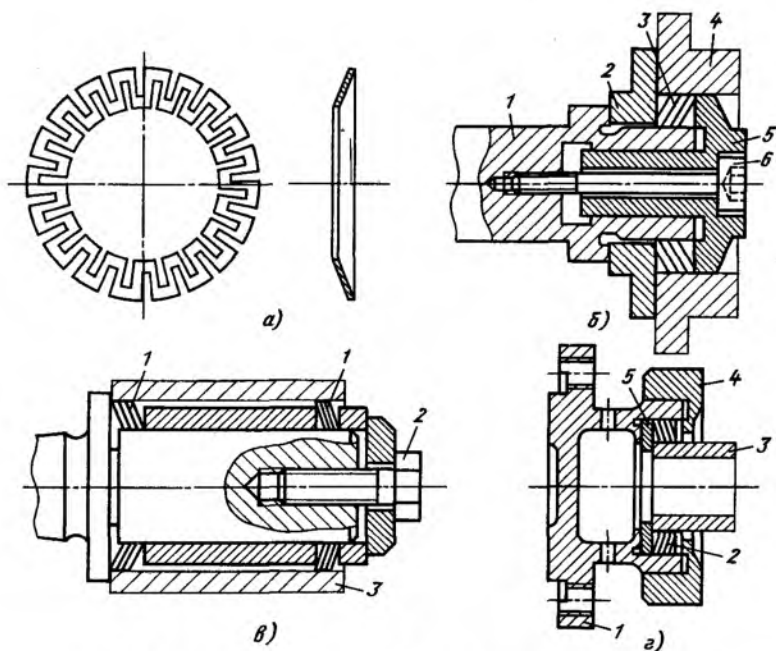


Рис. 2.19. Оправки и патроны с тарельчатыми пружинами:

а — тарельчатая пружина; *б* — консольная шпindelная оправка; *в* — оправка с двумя пакетами тарельчатых пружин для крепления длинных втулок; *г* — патрон с центрированием заготовки тарельчатыми пружинами

диаметром на оправку и сплющить, то ее внешний диаметр увеличится на 0,2—0,5 мм. Это свойство тарельчатых пружин используется для крепления заготовок в оправках.

На рис. 2.19, *б* показана конструкция консольной шпindelной оправки для крепления заготовки короткой втулки 4 или кольца. Чтобы равномерно распределить давление зажимного элемента 5 на весь периметр пакета тарельчатых пружин 3, нажимной элемент имеет направляющую цилиндрическую часть, входящую в центральное отверстие корпуса 1 оправки с минимальным зазором. При завинчивании винта 6 нажимной элемент сплюсшивает тарельчатые пружины в пакете, которые наружным диаметром центрируют и прижимают заготовку к сменному кольцу 2. Данная конструкция оправки с тарельчатыми пружинами часто выполняется с механизированным пневматическим или гидравлическим приводом.

В оправках с тарельчатыми пружинами важно правильно установить тарельчатые пружины, чтобы обеспечить прижим заготовки к базовому торцу оправки. В данной конструкции

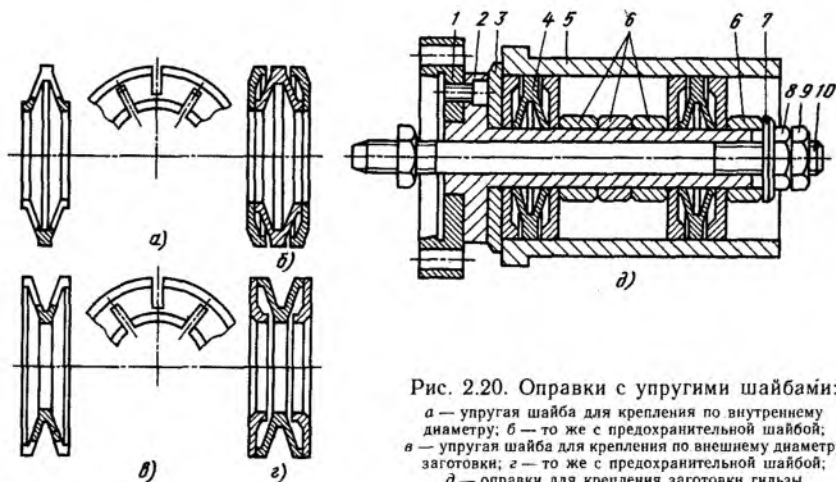


Рис. 2.20. Оправки с упругими шайбами:

- а — упругая шайба для крепления по внутреннему диаметру; б — то же с предохранительной шайбой; в — упругая шайба для крепления по внешнему диаметру заготовки; г — то же с предохранительной шайбой; д — оправки для крепления заготовки гильзы

в момент крепления внешние поверхности тарельчатых пружин приближаются к базовому торцу, прижимая к нему заготовку детали.

Оправка с двумя пакетами тарельчатых пружин 1 для крепления винтом 2 длинной втулки 3 приведена на рис. 2.19, в, а на рис. 2.19, г показана конструкция патрона, в котором использован описанный принцип для крепления втулки по наружному диаметру при растачивании внутреннего. Нажимная гайка 4 (рис. 2.19, г) при навинчивании на резьбовую часть корпуса 1 сжимает пакет тарельчатых пружин 2. Так как пружины внешним диаметром плотно входят в расточку корпуса, то при их сплющивании соответственно уменьшается внутренний диаметр пакета пружины, закрепляя заготовку 3 и прижимая ее торцом к упорному кольцу 5. Так как при закреплении диаметр тарельчатых пружин изменяется незначительно, точность предварительной обработки диаметра базовой поверхности заготовки должна быть не ниже 8-го качества.

В результате дальнейшего развития конструкции оправок и патронов были разработаны в качестве стандартных элементов подобных приспособлений *упругие шайбы* специальной конструкции. Упругая шайба (рис. 2.20, а, в) может быть представлена, как две тарельчатые пружины, направленные в разные стороны. В месте соединения выполнен опорный пояс для центрирования заготовки.

Прорезы, расположенные поочередно со стороны наружного и внутреннего диаметров для уменьшения жесткости упругой шайбы, могут быть выполнены лишь со стороны одного диаметра и могут совсем отсутствовать. В последнем случае для заданной

деформации упругой шайбы необходимо приложить значительно большую силу. Чтобы исключить деформацию шайб за пределами упругости, рекомендуется использовать их совместно с предохранительными шайбами, ограничивающими осевое сжатие упругих шайб (рис. 2.20, б, г). Упругие шайбы выполняют из стали 60С2А с термообработкой до твердости HRC₃, 48—52.

На рис. 2.20, д показана конструкция оправки для крепления гильзы при обработке ее наружной поверхности. Корпус 2 оправки крепится к переходному фланцу 1 для центрирования по фланцу шпинделя. На корпусе оправки последовательно установлены упорная шайба 3 для базирования заготовки 5 в осевом направлении, комплект 4 упругих и предохранительных шайб для центрирования одного конца заготовки, набор дистанционных колец 6, второй комплект упругих и предохранительных шайб для центрирования другого конца заготовки и концевое дистанционное кольцо.

При креплении заготовки сила от пневмоцилиндра передается через тягу 10, гайку 8 с контргайкой 9 и шайбу 7 на комплект зажимных элементов с дистанционными кольцами. После сборки оправка устанавливается на станок и ее посадочный диаметр обрабатывается в предварительно сжатом состоянии по 5 или 6-му качеству точности. Так как величина деформации шайб в радиальном направлении мала, то посадочный диаметр заготовки выполняется с точностью не ниже 8-го качества, а при диаметре до 35 мм — не ниже 7-го качества. В данной оправке единственной специальной деталью является корпус, остальные детали стандартизованы, что позволяет сократить сроки изготовления и снизить стоимость приспособления.

Оправки с гидропластом. Высокую точность центрирования заготовок обеспечивают *оправки и патроны с гидропластом* (рис. 2.21). Крепление заготовки 3 происходит при упругой деформации тонкостенной втулки 2 под действием большого давления

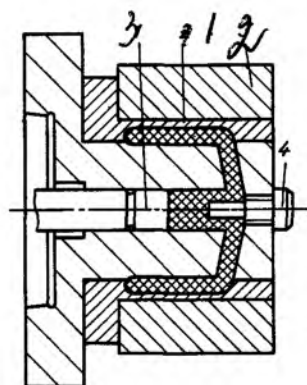
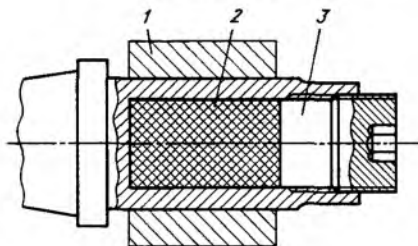


Рис. 2.21. Оправка с гидропластом

Рис. 2.22. Оправка с резиновым наполнителем



гидропласта, создаваемого плунжером 1, связанного тягой с пневмоприводом.

Гидропластмасса заливается в полость оправки в горячем состоянии. Винт 4 закрывает отверстие, через которое выходит воздух при заливке, а также служит ограничителем хода плунжера, чтобы не разорвать втулку 2 при случайном включении пневмопривода в отсутствие заготовки на оправке. Аналогично устроены патроны для крепления заготовок по наружной поверхности при обработке торцов и внутренних цилиндрических поверхностей.

Упругая втулка рассчитана на небольшие деформации, поэтому посадочный диаметр заготовки должен быть выполнен по 7—8-му качеству точности. При тщательном изготовлении приспособления биение обработанных поверхностей относительно посадочного диаметра не превышает 0,01—0,02 мм. Гидропластмассовые оправки и патроны рассчитаны на крепление одного типоразмера заготовки, поэтому их применение ограничивается условиями крупносерийного и массового производства.

По этому же принципу конструируют оправки и патроны с жидким наполнителем (масло, глицерин). Главное их отличие от рассмотренных выше гидропластмассовых заключается в необходимости надежного уплотнения резиновыми кольцами подвижного сопряжения плунжера с корпусом, в то время как залитая в горячем состоянии желеобразная гидропластмасса при зазоре 0,01—0,02 мм не требует дополнительного уплотнения.

Применяют также приспособления с цилиндрической упругой оболочкой, где в качестве наполнителя использована резина (резиновые стержни или кольца). Резина при сжатии механизированным (или ручным) приводом равномерно передает давление на упругую оболочку, деформируя ее. При этом заготовка центрируется и зажимается наружной поверхностью упругой втулки. На рис. 2.22 показана оправка с резиновым стержнем 2, который сдавливается плунжером 3 при креплении заготовки 1 в центрах.

Конструкция приспособления и его эксплуатации упрощаются благодаря отсутствию уплотнений. При креплении тонкостенных заготовок важно исключить их деформацию в радиальном направлении. На рис. 2.23 показаны результаты обтачивания тонкостенного стакана при его установке на разжимную



Рис. 2.23. Схема обработки тонкостенной втулки с радиальным креплением: а — зажатая необработанная заготовка втулки; б — зажатая обработанная втулка; в — форма втулки в свободном состоянии

кулачковую оправку. При креплении заготовки три кулачка деформируют заготовку (рис. 2.23, а). После обтачивания цилиндрическая форма наружной поверхности восстанавливается (рис. 2.23, б), но сама деталь находится в напряженном состоянии под действием сил зажима. После снятия детали со станка форма посадочной поверхности в значительной мере восстанавливается, а только что обработанная поверхность искажается, как показано на рис. 2.23, в.

Для уменьшения деформации нежестких в радиальном направлении заготовок необходимо использовать либо устройства с большой поверхностью контакта зажимных элементов и равномерным распределением сил по их поверхности (цанговые, гидропластные, с упругими шайбами и др.), либо учитывать значительно большую жесткость таких деталей в осевом направлении и крепить заготовку осевыми силами по торцовым поверхностям, например, на оправках с жестким центрирующим элементом (см. рис. 2.15) или на планшайбах.

5. ПЛАНШАЙБЫ И СПЕЦИАЛЬНЫЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ

Многие заготовки деталей типа колец, фланцев и втулок, имеющие малую жесткость в радиальном направлении, а также заготовки деталей сложной формы типа кронштейнов, небольших корпусов и рычагов не могут быть закреплены в самоцентрирующих патронах или в четырехкулачковых патронах с независимым перемещением кулачков. В этих случаях обработку ведут с использованием планшайб различного типа (гладких, с резьбовыми отверстиями, с радиальными и круговыми Т-образными пазами и др.).

Наладочные приспособления с планшайбами. На рис. 2.24 показаны наладочные приспособления, спроектированные для обработки деталей на токарных станках в серийном производстве. Для обработки заготовки кольца 4 (рис. 2.24, а) используется гладкая планшайба 2, которая крепится на переходной фланец 1 шпинделя. Опорная втулка 3 центрирует заготовку по наружному диаметру одной из ступеней. Крепление заготовки осуществляется с помощью прихватов 9 или с помощью центрального зажима, состоящего из винта 8, гайки 7 с шайбой 6 и быстросъемной шайбы 5. В этой конструкции может быть использован механизированный привод.

При установке на станок планшайба центрируется пояском на фланце 1, а опорная втулка центрируется по центральной втулке планшайбы 2 или выверяется с помощью индикатора при установке приспособления на станок по контрольному пояску, обработанному с одной установки с установочной поверхностью.

Способ крепления кронштейна на угольнике при растачивании отверстия приведен на рис. 2.24, б. На планшайбе 2,

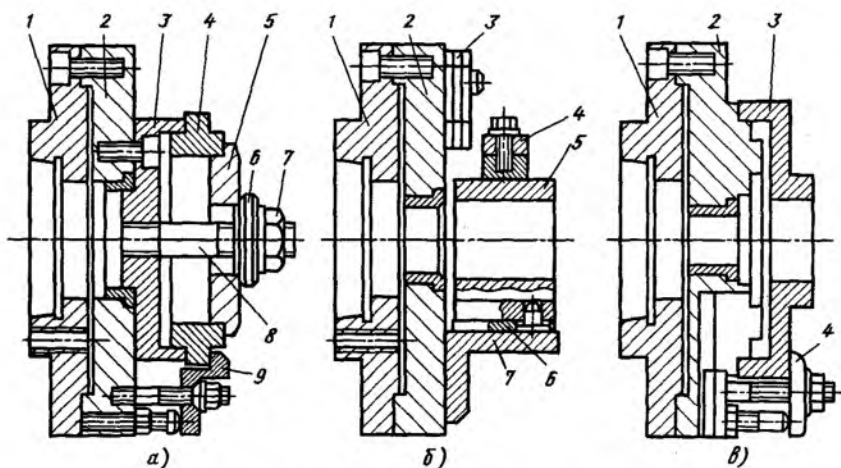


Рис. 2.24. Схема обработки с использованием планшайб:

а — с центрированием заготовки кольца опорной втулкой; б — растачивание отверстия в корпусе на угольнике; в — для обработки нескольких типоразмеров заготовок

сцентрированной пояском на переходном фланце 1 шпинделя, установлен угольник 7 с закаленной опорной пластиной 6 и двумя установочными штифтами. Заготовка 5 кронштейна крепится на угольнике откидной планкой 4. Внецентренная установка на планшайбе угольника с заготовкой и механизмом ее крепления создает значительную неуравновешенность, которая сказывается на точности обработки и долговечности шпиндельного узла. Это неуравновешенность устранена противовесом 3.

На рис. 2.24, в показано применение планшайбы 2 с несколькими концентрическими центрирующими поясками, что позволяет центрировать опорные втулки или заготовки по соответствующему наружному или внутреннему диаметру. Планшайба крепится к переходному фланцу 1, а заготовка 3 прижимается к планшайбе прихватами 4, установленными в радиальных Т-образных пазах планшайбы. Универсальность и простота такого способа крепления заготовок колец, фланцев и других деталей подобного типа позволяет использовать его в мелкосерийном производстве.

Приспособления для повышения производительности. Среди приспособлений, используемых на токарных станках, важное место занимают конструкции, позволяющие повысить производительность обработки и расширяющие технологические возможности станка, т. е. дающие возможность выполнить на станке такие работы, которые обычно требуют отдельной операции. Многообразие используемых с этой целью устройств не позволяет дать даже краткий их обзор, поэтому ниже приведены лишь некоторые примеры таких конструкций.

В производстве, где часто приходится обрабатывать конуса с малым углом, значительно облегчает настройку станка *сдвигаемый задний центр* (рис. 2.25). Каретка 2 с вращающимся центром 1 может перемещаться в поперечном направлении по направляющим корпуса 4 с помощью винта 3. Коническим хвостовиком корпус устанавливается в пиноль задней бабки. Необходимая величина смещения центра отсчитывается по шкале 5 каретки. Применение такого заднего центра исключает трудоемкий процесс смещения корпуса задней бабки с последующей его выверкой.

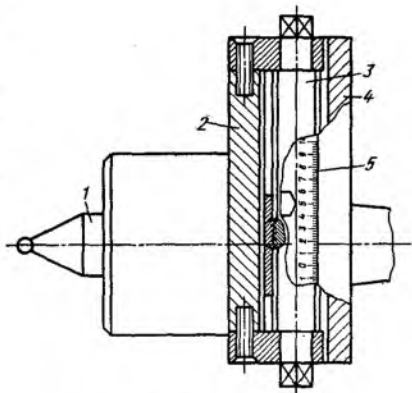


Рис. 2.25. Задний центр

В качестве примера оригинальной конструкции *цанговой оправки*, позволяющей осуществлять высокопроизводительную обработку деталей и переустановку заготовок без остановки станка, может служить приспособление для токарного станка, показанное на рис. 2.26. Цанговая оправка 3 закреплена винтом на вращающемся центре, установленном в пиноль задней бабки. Заготовка 2 свободно надевается на цангу, и пиноль задней бабки продвигается вперед, в зону обработки. Конус оправки 1, находящийся во вращающемся шпинделе, при соприкосновении с ним внутренней конической поверхности цанги увлекает во вращение цангу с заготовкой, одновременно раздвигая лепестки цанги. Для безопасной работы с подобным приспособлением нужно обеспечить достаточно большой ход пиноли, чтобы смену заготовки осуществлять возможно дальше от рабочей зоны с вращающимся шпинделем.

Значительное место среди приспособлений занимают копирующие устройства, которые позволяют осуществить движение

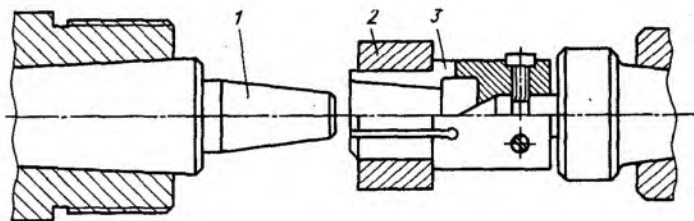


Рис. 2.26. Цанговая оправка для переустановки заготовок без остановки вращения шпинделя

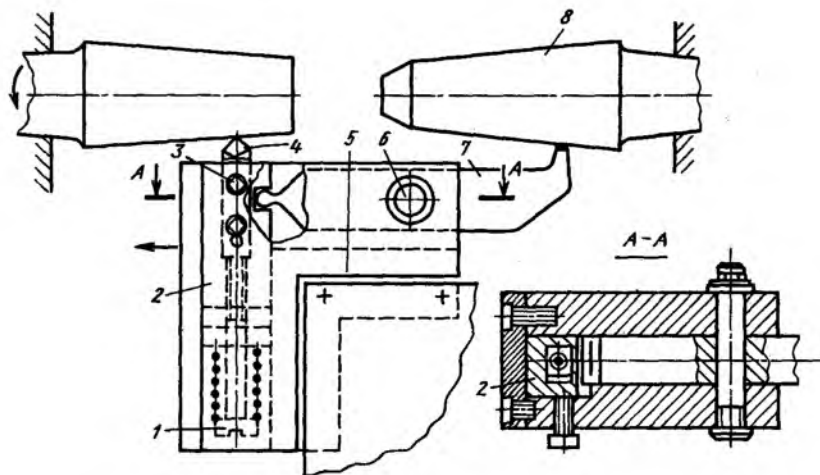


Рис. 2.27. Копировальное рычажное приспособление

инструмента (резца) под углом к оси заготовки, по радиусу или другой более сложной траектории. Таким образом на заготовке образуются конические, сферические и другие фасонные поверхности.

Необходимая траектория движения инструмента задается эталоном-копиром, по которому при продольной подаче суппорта скользит шуп, прижимающийся к копиру. Движения шупа передаются инструменту, который повторяет (копирует) траекторию шупа, обрабатывая поверхность вращающейся заготовки. Копировальное устройство позволяет обработать на токарном станке практически любую фасонную поверхность.

Одно из *копировальных приспособлений* показано на рис. 2.27. В корпусе-державке 5 приспособления установлен рычаг 7, который может качаться вокруг оси 6. Левый сферический конец рычага входит в паз ползуна 2 с закрепленным в нем винтами 3 резцом 4, а правый оснащен шупом. Пружина через регулировочный винт 1 прижимает шуп рычага к копиру 8, установленному в пиноли задней бабки. Корпус приспособления крепится в резцедержателе станка. При включении продольной подачи шуп рычага скользит по копиру, рычаг поворачивается и перемещает ползун с резцом в поперечном направлении.

В результате обработки на заготовке образуется коническая поверхность, являющаяся зеркальным отражением поверхности копира. Силы резания воспринимаются рычагом и передаются через шуп на копир, поэтому копир необходимо подвергать закалке. Благодаря простоте конструкции и наладки приспособле-

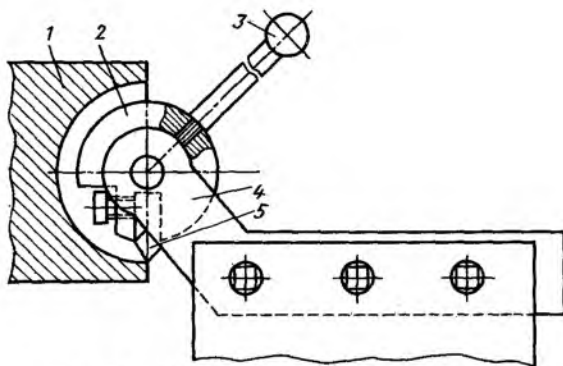


Рис. 2.28. Приспособление для растачивания сферических поверхностей

ние может быть эффективно использовано в мелкосерийном производстве.

На рис. 2.28 представлена другая конструкция простого приспособления для растачивания сферических поверхностей. В корпусе 4 приспособления с минимальным зазором установлен диск 2, выполняющий роль резцедержателя. Корпус приспособления закреплен в резцедержателе станка вместо расточного резца. При повороте диска рукояткой 3 осуществляется ручная круговая подача резца 5, обрабатывающего сферическую поверхность вращающейся заготовки 1.

Интересная конструкция осуществлена в патроне (рис. 2.29) для обработки многоосных заготовок: тройников, крестовин и др. Зажимные кулачки 2, размещенные в жестком корпусе 1, вынесены достаточно далеко вперед. Зажим заготовки 3 осуществляется от гидропривода. Механизм, также срабатывающий от гидропривода, может поворачивать кулачки с зажатой заготовкой на 90° (как показано стрелкой).

Таким образом, патрон позволяет за один установ обработать резцом 4 три цилиндрические поверхности детали 3, установленной в патрон заготовки. На станке с ЧПУ управление поворотом заготовки, так же как и сменой инструмента, осуществляется от программы. Применение данного патрона позволяет повысить производительность обработки

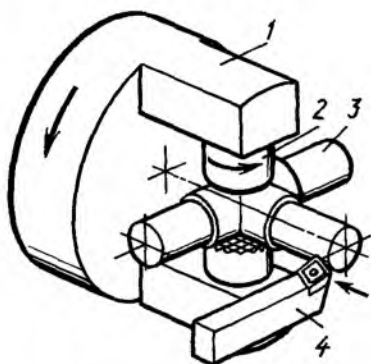


Рис. 2.29. Поворотный патрон для обработки многоосных заготовок

за счет сокращения времени на переустановку заготовки и повысить точность взаимного расположения осей.

Среди приспособлений, расширяющих технологические возможности станка, можно отметить сверлильные и фрезерные головки для токарных станков. Эти приспособления позволяют, не снимая заготовки вала, фланца и других деталей с токарного станка, просверлить отверстия по краям фланца, просверлить поперечное отверстие в обточенной цилиндрической поверхности или профрезеровать шпоночный лаз на валике.

Однако приспособления сложны по конструкции, так как они должны иметь шпиндель и электропривод к нему. Значительные размеры и масса затрудняют установку приспособлений на суппорт токарного станка — обычно их устанавливают вместо снятого резцедержателя с верхними салазками суппорта. Шпиндель токарного станка не имеет отсчетного устройства и фиксатора углового положения, в котором возникает необходимость при сверлении нескольких отверстий во фланце или фрезеровании шпоночных пазов. В результате оказывается проще и быстрее переустановить заготовку на сверлильный и фрезерный станки, чем производить комплексную обработку валика или фланца на токарном станке за одну операцию.

Многоцелевые токарные станки с ЧПУ снабжают устройством, обеспечивающим угловое программируемое движение шпинделя, и вращающимся инструментом, устанавливаемым в гнезда револьверной головки. В результате такой многоцелевой станок позволяет, наряду с обычными токарными операциями, осуществлять сверление радиальных отверстий, фрезерование пазов и другие операции, т. е. производить комплексную обработку деталей.

ТОКАРНЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ

1. ТОКАРНЫЕ РЕЗЦЫ

Применяемый для токарной обработки инструмент, его форма и размеры определяются технологическими требованиями. Основной вид инструмента — токарные резцы — применяют для обтачивания, растачивания, копировальной обработки, нарезания резьбы, прорезки канавок и отрезки, подрезки торца.

Токарный резец (рис. 3.1) состоит из головки 2 (рабочей части) и державки 1, служащей для крепления резца в резцедержателе. Головка резца образуется при заточке и имеет следующие элементы: переднюю поверхность 5, по которой сходит стружка; главную заднюю поверхность 3, обращенную к обрабатываемой поверхности; вспомогательную заднюю поверхность 4, обращенную к обработанной части заготовки.

Главная режущая кромка выполняет основную работу резания и образуется пересечением передней и главной задней граней резца. Пересечение передней и вспомогательной задней граней образует вспомогательную режущую кромку. Место пересечения главной и вспомогательной режущих кромок является вершиной резца.

Для повышения стойкости резца его вершину делают не острой, а либо скругляют по радиусу, который называют радиусом при вершине, либо делают дополнительную прямолинейную переходную режущую кромку. Совокупность углов, определяющих положение граней резца относительно координатных плоскостей, называется геометрией инструмента. Величина углов выбирается в зависимости от типа резца, материала резца и обрабатываемого материала с учетом условий работы. Для отсчета углов введены исходные плоскости: основная плоскость, плоскость резания, главная и вспомогательная секущие плоскости.

Основная плоскость параллельна продольной и поперечной подачам, и у токарных резцов она совпадает с опорной поверхностью резца. Плоскостью резания называется плоскость, касательная поверхности резания и проходящая через главную режущую кромку перпендикулярно основной плоскости. Главная секущая плоскость проводится перпендикулярно проекции главной режущей кромки на основную плоскость, вспомогательная секущая

Сечение по вспомогательной
секущей плоскости

Сечение по главной
секущей плоскости

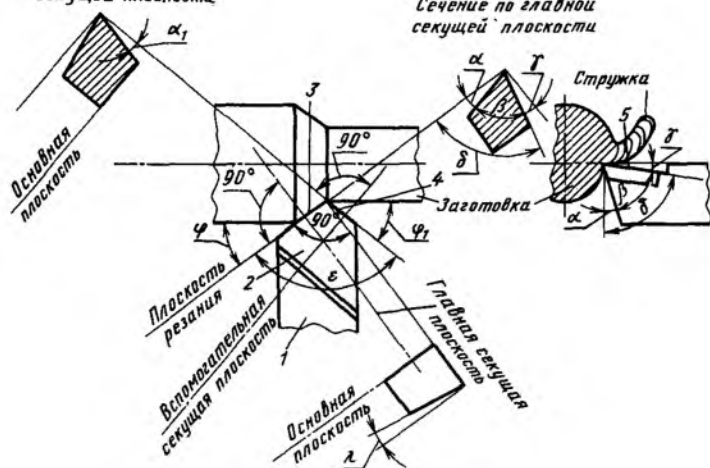


Рис. 3.1. Геометрия реза

плоскость — перпендикулярно проекции вспомогательной режущей кромки на основную плоскость.

Для определения положения трех плоскостей реза требуется шесть углов:

γ — **передний угол** — угол между передней гранью и основной плоскостью;

α — **главный задний угол** — угол между главной задней гранью и плоскостью резания (эти углы измеряются в главной секущей плоскости);

α_1 — **вспомогательный задний угол** — угол между вспомогательной задней гранью и плоскостью, проходящей через вспомогательную режущую кромку перпендикулярно основной плоскости (этот угол измеряют во вспомогательной секущей плоскости);

λ — **угол наклона главной режущей кромки** — угол между главной режущей кромкой и основной плоскостью (этот угол измеряют в плоскости резания);

ϕ — **главный угол в плане** — угол между проекцией главной режущей кромки на основную плоскость и направлением движения подачи;

ϕ_1 — **вспомогательный угол в плане** — угол между проекцией вспомогательной режущей кромки на основную плоскость и направлением, противоположным движению подачи (эти углы измеряют в основной плоскости).

Производные от перечисленных выше углы резца:

угол резания $\delta = 90^\circ - \gamma$;

угол заострения $\beta = 90^\circ - (\gamma + \alpha)$;

угол при вершине резца $\varepsilon = 180^\circ - (\varphi + \varphi_1)$ и др.

Наиболее существенно на процесс резания влияет **передний угол**. При положительном переднем угле резец имеет острый угол резания. При этом пластическая деформация металла и силы резания уменьшаются, но затрудняется теплоотвод и снижается прочность режущей части, так как она работает на изгиб и вероятность ее излома возрастает. При отрицательных значениях переднего угла угол резания становится тупым, пластическая деформация и силы резания увеличиваются, но улучшается теплоотвод и возрастает прочность режущей части, так как она работает на сжатие, что является более благоприятным видом нагружения.

Оптимальным передним углом будет такой, который обеспечивает благоприятные условия резания и достаточно высокую прочность режущей части. При обработке цветных металлов и сплавов $\gamma = 15 \dots 30^\circ$; при обработке труднообрабатываемых и закаленных материалов, при окалине или литейной корке на поверхности или неравномерности припуска $\gamma = 0 \dots -10^\circ$; при обработке углеродистых сталей $\gamma = 0 \dots 10^\circ$.

Задние углы служат для уменьшения трения между задними гранями и обработанной поверхностью и выбираются в пределах $\alpha = 6 \dots 10^\circ$. Проверка правильности заточки резца может производиться шаблонами; настольным, универсальным и маятниковым угломерами; инструментальным микроскопом и другими приборами.

Конструкция резцов определяется характером выполняемой технологической операции и материалом их режущей части.

Для обработки наружных цилиндрических поверхностей предпочтительно использовать проходные резцы (рис. 3.2, а, б, в, г), которые по направлению подачи разделяют на правые и левые.

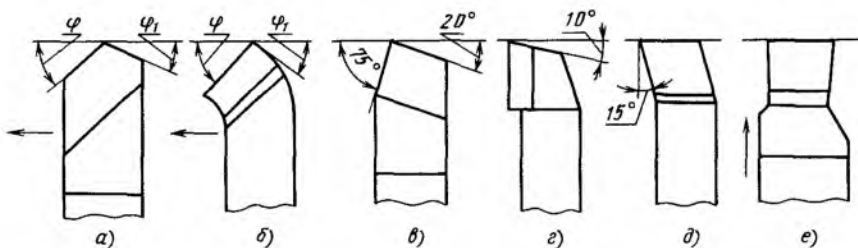


Рис. 3.2. Типы резцов:

а — проходной; б — проходной отогнутый; в, г — проходной упорный; д — подрезной; е — прорезной

Правые резцы работают при подаче справа налево, т. е. перемещаются к передней бабке станка. В основном применяют правые резцы, чтобы силы резания были направлены к более жесткой передней бабке.

Для обточки наружной поверхности и подрезки торца используют проходные отогнутые правые или левые резцы. Для обточки поверхности с одновременной подрезкой уступов применяют упорные проходные резцы (рис. 3.2, з).

Подрезка торцов выполняется при помощи правых или левых подрезных резцов (рис. 3.2, д), прорезка канавок — прорезными резцами (рис. 3.2, е), а отрезка деталей — отрезными резцами с радиальной подачей.

Обработка фасок на деталях производится проходными или фасочными резцами. Последние по конструкции могут быть односторонние (правый и левый фасочные резцы) и двусторонние. Растачивание отверстий может производиться резцами с отогнутыми головками.

Форма передней поверхности резцов зависит от обрабатываемого материала, его свойств и качества поверхности, жесткости технологической системы, механических свойств материала режущей пластины и от специальных требований — необходимости дробления или заивания стружки. Так, с увеличением твердости обрабатываемого материала при работе с ударами уменьшают передний угол, чтобы повысить прочность режущей части резца и его стойкость.

Нормальный процесс точения в значительной мере зависит от **правильной установки резца в резцедержателе**. Опорные поверхности резца и резцедержателя должны быть чистыми и ровными. Резец устанавливается с минимальным вылетом перпендикулярно линии центров и точно по их высоте. Для проверки правильности установки резца по высоте необходимо вставить центр (при обработке детали в центрах) в пиноль задней бабки и подвести вершину резца к вершине центра. Если вершина резца окажется ниже вершины центра, то под опорную поверхность резца подкладывают мерные прокладки.

Установка резца под углом к оси, отличным от 90° , или вывод на рабочую позицию другого резца, закрепленного в резцедержателе, производится поворотом резцедержателя против часовой стрелки на требуемый угол.

Применяемые при токарной обработке резцы классифицируют: **по конструкции головки** — прямые, отогнутые и оттянутые; **по способу изготовления** — цельные, сборные и составные, у которых рабочая часть из инструментального материала, а крепежная из обычных конструкционных углеродистых сталей; **по сечению стержня** — прямоугольные, круглые и квадратные; **по материалу** — быстрорежущие, твердосплавные, из углеродистой или легированной инструментальной стали.

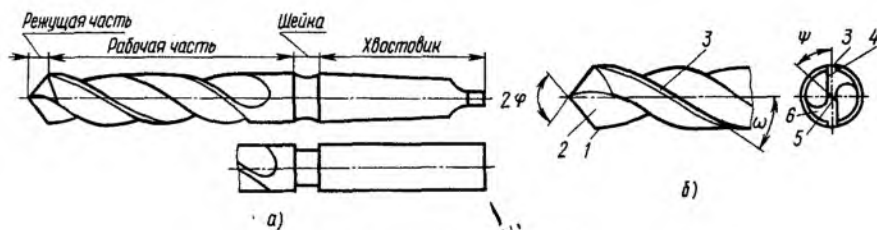


Рис. 3.3. Спиральные сверла

У составных резцов режущие пластины из быстрорежущей стали приваривают к державке резца. Твердые сплавы и минералокерамика почти вытеснили быстрорежущие стали при токарной обработке стали и чугуна. Если необходимо обработать нежесткую заготовку, то для уменьшения сил резания, устранения вибраций и наростов на резце кромка токарных резцов из быстрорежущей стали должна быть тщательно заточена.

Токарные резцы с пластинами из твердого сплава могут быть изготовлены способом напайки. Пластины напайвают на державки резцов электролитической медью, серебром или комбинированным припоем. Резцы с пластинами из твердого сплава выполняются в соответствии с ГОСТ 18878—73, 18879—73, 18874—73, 18885—73, 18882—73, 18883—73, 18884—73 и др.

Токарные инструменты с алмазными режущими кромками имеют державки квадратного, круглого и прямоугольного сечений. Кристалл алмаза впаивают в выемку державки. Кристаллы алмаза имеют малые размеры и повышенную восприимчивость к ударным нагрузкам, поэтому резцы с алмазными режущими кромками применяют в основном для тонкого отделочного точения металлов (кроме железа и его сплавов). Алмаз может вступать в химическую реакцию с железом и другими элементами, что вызывает налипание стружки на режущую кромку. Для устранения вибраций державку алмазного инструмента изготавливают из твердого сплава.

Для получения и обработки отверстий при токарной обработке деталей применяют **сверла, зенкеры, развертки и метчики**.

В зависимости от конструкции и назначения различают следующие типы **сверл**: спиральные, перовые, для глубокого сверления, центровочные, с пластинами из твердых сплавов и др. Наибольшее распространение имеют спиральные сверла. На рис. 3.3, а показаны спиральные сверла с коническим и цилиндрическим хвостовиками.

Сверло имеет две главные режущие кромки 4 (рис. 3.3, б), образованные пересечением передних винтовых поверхностей 2 канавок, по которым сходит стружка, с задними поверхностями 6, обращенными к поверхности резания; *поперечную режущую кромку* 5 (перемычку), образованную пересечением обеих задних

поверхностей, и две вспомогательные режущие кромки 1, образованные пересечением передних поверхностей с поверхностью ленточки 3.

Ленточка сверла обеспечивает направление сверла по обработанному отверстию при резании и представляет собой узкую полоску на его цилиндрической поверхности, расположенную вдоль винтовой канавки. Угол наклона винтовых канавок к оси сверла $\omega = 20...30^\circ$. На рис. 3.3, б обозначены основные углы сверла: $\varphi = 50...55^\circ$ — угол наклона поперечной режущей кромки (перемычки) и φ — угол при вершине.

Для повышения производительности и точности при обработке отверстий применяют **многолезвийный расточный инструмент — зенкер**, которым обрабатывают предварительно просверленные отверстия или отверстия, имеющиеся в отливках или поковках. Припуск при зенкеровании отверстий составляет 0,5—2 мм на сторону в зависимости от диаметра отверстий. По конструкции зенкеры бывают цельные и насадные (ими обрабатывают цилиндрические и конические отверстия).

Цельные зенкеры изготавливают диаметром до 32 мм и имеют три винтовые канавки, а следовательно, и три режущие кромки. Режущая, или заборная, часть выполняет основную работу резания. Калибрующая часть предназначена для калибрования отверстия и придания правильного направления зенкеру. Хвостовик служит для крепления зенкера в *пиноли задней бабки*. Главный угол в плане φ для зенкеров из быстродействующей стали равен $45...60^\circ$, а для твердосплавных зенкеров $60...75^\circ$. У зенкеров, изготавливаемых из быстрорежущей стали, при обработке стальных деталей передний угол $\gamma = 8...15^\circ$; при обработке чугуна $6...8^\circ$, цветных металлов и сплавов $25...30^\circ$. При обработке чугуна твердосплавным зенкером $\gamma = 5^\circ$, а при обработке стали $\gamma = 0...5^\circ$. Задний угол $\alpha = 8...10^\circ$. Угол наклона винтовой канавки $\omega = 10...25^\circ$.

Насадные зенкеры применяют для обработки отверстий диаметром до 100 мм. Эти зенкеры имеют четыре винтовые канавки, и, следовательно, четыре режущие кромки. Крепятся они при помощи оправки. Широко применяют зенкеры с припаянными пластинами из твердого сплава с механическим креплением ножей, оснащенных пластинами из твердого сплава. Конструкции зенкеров приведены на рис. 3.4: зенкер для обработки цилиндрических отверстий с уступом — цековка (рис. 3.4, а), зенковка (рис. 3.4, б), коническая зенковка (рис. 3.4, в), зенкер для зачистки торцовых поверхностей (рис. 3.4, г).

Для чистовой обработки отверстий применяют **многолезвийные размерные инструменты — развертки**. Различают ручные и машинные развертки (рис. 3.5, а, б), а по форме обрабатываемого отверстия — цилиндрические и конические. Число зубьев развертки от 6 до 16. Развертка состоит из рабочей части, шейки

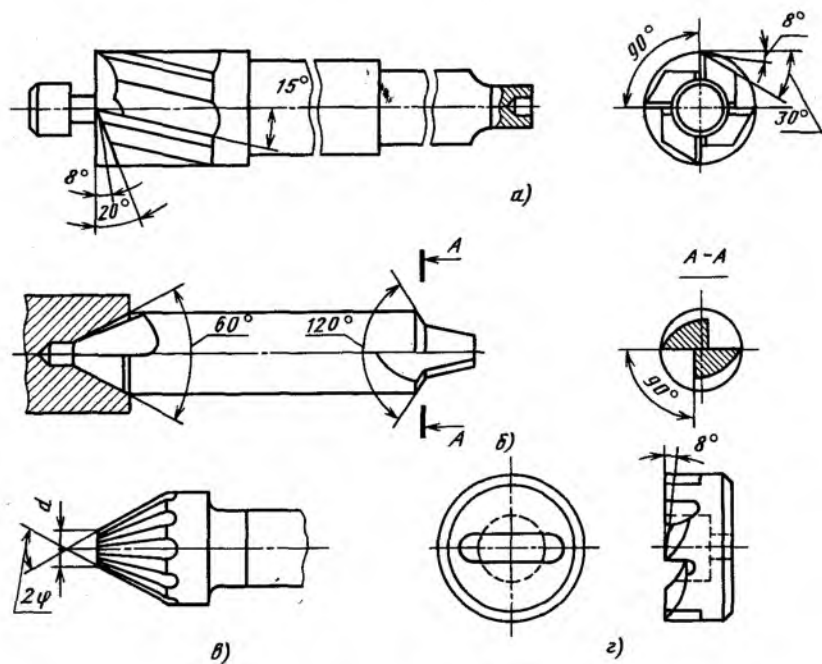


Рис. 3.4. Зенкеры

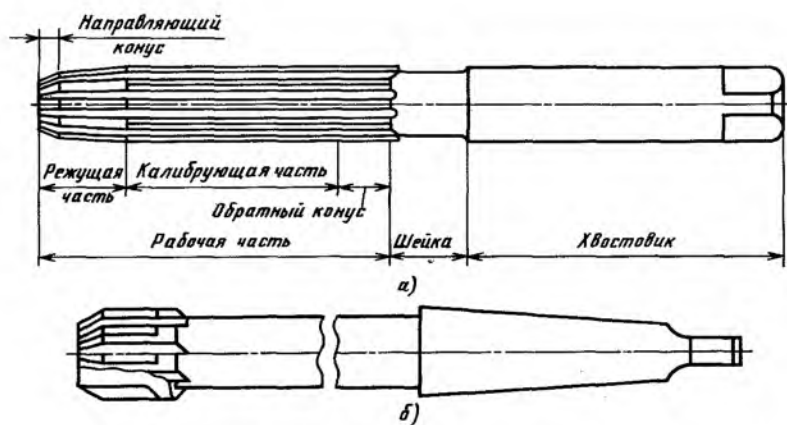


Рис. 3.5. Ручная (а) и машинная (б) развертки

и хвостовика. Хвостовик машинной развертки — конический (конус Морзе), у ручных разверток — цилиндрический с квадратом.

Рабочая часть развертки состоит из следующих элементов: направляющего конуса, облегчающего ввод развертки в отверстие, режущей и калибрующей части, а также обратного конуса.

Режущая часть выполняет основную работу резания. У ручных разверток длину режущей части делают больше, чем у машинных, с углом в плане 2° . Для машинных разверток при обработке чугуна он равен $8...12^\circ$, при обработке стали $24...30^\circ$.

Калибрующая часть длиной два-три диаметра обеспечивает прямолинейность оси и высокую точность обрабатываемого отверстия. Обратный конус служит для уменьшения трения развертки об обработанную поверхность. У разверток из быстрорежущей стали для чистовой обработки передний угол $\gamma=0$, у черновых $5...10^\circ$, у разверток твердосплавных $0...5^\circ$; задний угол $\alpha=6...10^\circ$.

Для нарезания или калибрования резьбы в отверстиях применяют **метчики**. Резьбу можно нарезать вручную, применяя ручные метчики, или на станках — машинные метчики. У машинных метчиков рабочая часть состоит из *заборной* l_1 и калибрующей l_2 частей (рис. 3.6). Заборная часть при нарезании сквозных отверстий составляет пять-шесть витков, при нарезании глухих отверстий — два витка. Калибрующая часть l_2 служит для зачистки, калибрования резьбы и обеспечения прямолинейности оси нарезаемой резьбы.

Для уменьшения трения калибрующая часть имеет незначительный обратный конус. *Хвостовая часть метчика* l_3 у ручных, а иногда и машинных метчиков выполнена квадратной длиной l_4 . Профиль канавки метчика оказывает влияние на нарезание резьбы и должен способствовать отводу стружки. Широкое распространение получили трех- и пятиканавочные метчики.

Передний угол метчика $\gamma=5...10^\circ$ для обработки стали, $0...5^\circ$ — для обработки чугуна, $10...25^\circ$ — для обработки цветных

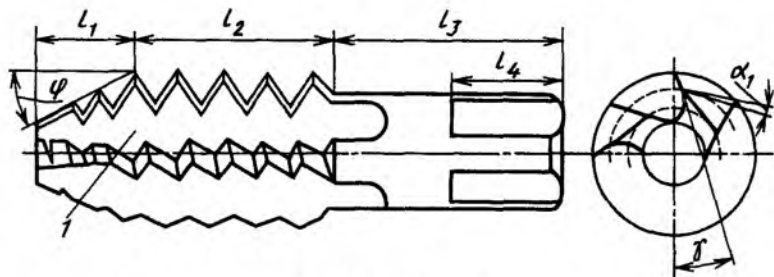


Рис. 3.6. Метчик

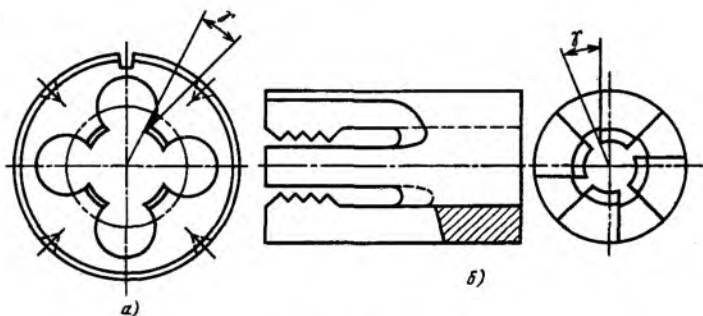


Рис. 3.7. Плашки

металлов и сплавов. Задний угол $\alpha=4...12^\circ$. Обычно метчики изготовляют с прямыми канавками I , параллельными его оси, но лучше отводится стружка метчиками с винтовыми канавками с углом наклона $\epsilon=8...15^\circ$, а иногда при обработке высокопрочных легированных сталей до 45° .

Плашки применяют для нарезания или калибрования наружных резьб за один рабочий ход. Широкое применение имеют круглые плашки (рис. 3.7, а) для нарезания резьб диаметром до 52 мм, которые могут быть трубчатыми (рис. 3.7, б) и раздвижными.

При нарезании резьбы для отвода стружки в плашке в зависимости от ее размеров выполняют от трех до восьми отверстий. *Режущая часть* плашки конусная. Длина *заборной части* составляет два-три витка резьбы. Для стандартных плашек угол $\gamma=15...20^\circ$. При нарезании резьб на станке плашка крепится в самоустанавливающемся плашкодержателе, который вставляют в пиноль задней бабки станка.

2. ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ ТОКАРНЫХ СТАНКОВ С ЧПУ

Для эффективной обработки на станке с ЧПУ большое значение имеет рациональное инструментальное обеспечение. Автоматические циклы обработки требуют высокой надежности системы инструментального обеспечения, что требует достаточно высокой точности изготовления державок, корпусов инструментов и самих инструментов.

Опыт эксплуатации токарных станков с ЧПУ показал, что типовой комплект режущего инструмента можно применять для обработки большинства машиностроительных деталей. Только незначительная часть деталей требует специфической технологии и изготовления специального инструмента.

Новый этап в инструментальном обеспечении станков с ЧПУ наступил с появлением **сменных многогранных пластин (СМП)**

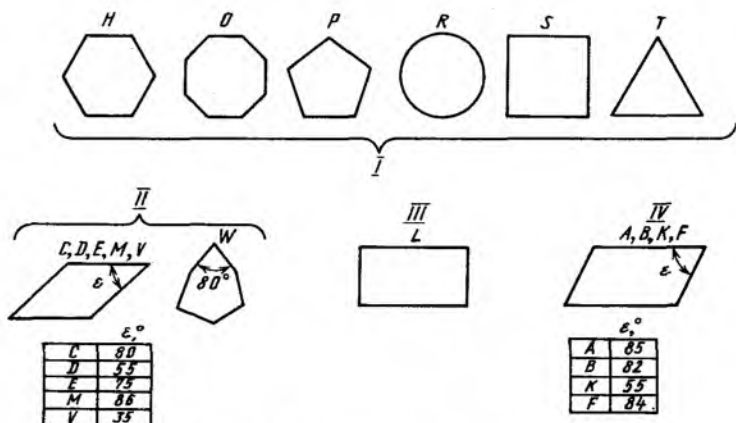


Рис. 3.8. Твердосплавные пластины

с неперетачиваемыми рабочими кромками. Согласно ГОСТ 19042—80 многогранные пластины разделяют на режущие, опорные и стружколомы. Режущие пластины используют для изготовления рабочей части инструмента, опорные служат опорой режущих пластин, обеспечивают их точное базирование и продолжительный срок службы державки. Стружколомы используют для дробления стружки.

Особенности и преимущества использования СМП следующие: возможна быстрая смена износившейся пластины или кромки; формирование передней грани осуществляется на стадии изготовления пластины, причем пластины готовы к использованию без доработок; исключены шлифовальные работы; пластины имеют невысокую стоимость. Таким образом, применение СМП ведет к уменьшению стоимости инструмента, повышению качества и надежности инструмента, сокращению количества заточного оборудования и числа рабочих-заточников.

СМП получили широкое применение в единичном и мелкосерийном производстве и доказали экономическую целесообразность оснащения ими станков с ЧПУ. СМП выполняют с острозаточенными режущими кромками, которые должны быть достаточно острыми для обработки вязких материалов и серого чугуна с малыми подачами. Для обработки с большими подачами режущие кромки скругляют или выполняют в виде фаски. Если режущая кромка затупляется, то режущую пластину поворачивают и в работу вводится новая режущая кромка. Поворотные режущие пластины (в зависимости от формы) имеют от двух до восьми готовых к работе режущих кромок. Изготавливают также двусторонние пластины, у которых соответственно числу граней увеличивается вдвое число рабочих кромок. После использования

режущая пластина возвращается для вторичной переработки. Таким образом, использование СМП способствует сокращению времени смены инструмента.

СМП различают по конструкции, размерам, точности изготовления и исполнению. В соответствии с ГОСТ 19042—80 введены буквы и цифры для обозначения формы, заднего угла, точности, отличительных признаков, размера, толщины, углов между режущими кромками, а также направление резания СМП (рис. 3.8).

По форме пластины можно разбить на четыре группы:

I. Равносторонние и равноугольные (правильный многогранник и круг) — *H, O, P, R, S, T*;

II. Равносторонние и неравноугольные (ромб, неправильный шестиугольник) — *C, D, E, M, V, W*;

III. Неравносторонние и равноугольные (прямоугольные) — *L*;

IV. Неравносторонние и неравноугольные (параллелограмм) — *A, B, K, F*.

В зависимости от заднего угла различают пластины с задним углом больше нуля и с задним углом, равным нулю. В этом случае требуемая величина заднего угла резца обеспечивается соответствующей установкой пластины в державке.

Пластины *U* и *M* квалитетов после спекания по боковым граням не обрабатывают. Пластины более высоких квалитетов *A...C* шлифуют со всех сторон. Для токарных работ с невысокими требованиями точности применяют более дешевые пластины квалитетов *U* и *M*, а для работ с повышенными требованиями к точности — пластины квалитетов *G*. В табл. 3.1 приведены допуски на размеры в плане *m* и толщину *S* пластин для различных квалитетов.

В зависимости от формы передней грани различают пластины: с плоской гранью — *N, A* и со стружколомающими канавками — *R, F, M*.

Пластины выполняют с отверстием для крепления — тип *A, M, G* и без отверстия — тип *N, R, F*.

Длина режущей кромки пластины *l* определяется без учета закругления вершины. Для круглых пластин указывается диаметр пластины, для неравносторонних — главная режущая кромка или самая длинная кромка. Для каждой формы

3.1. Допуск на размер пластины

Размер, мм	Квалитет точности							
	A	B	C	D	E	G	M	U
<i>m</i>	0,005	0,005	0,013	0,013	0,025	0,025	До 0,12	До 0,37
<i>S</i>	0,025	0,130	0,025	0,130	0,025	0,130	0,13	0,13

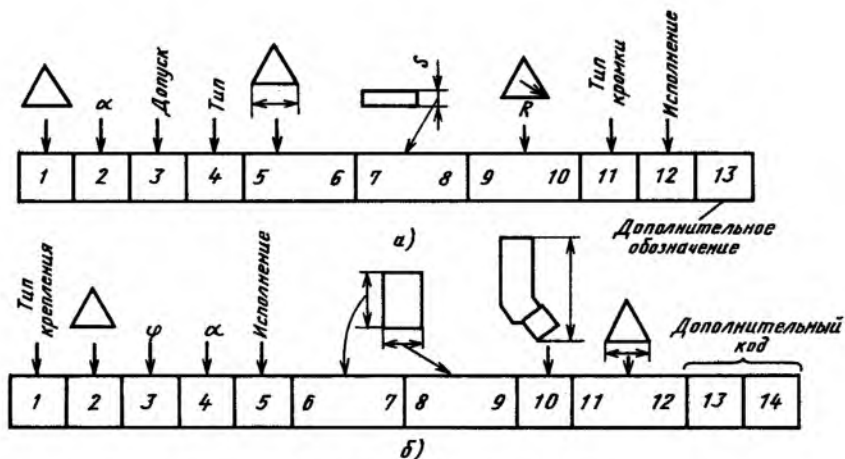


Рис. 3.9. Обозначения СМП

пластин ГОСТ устанавливает определенную длину режущей кромки. Так, для пластин формы *T* установлено четыре значения размера *l*, мм: 11; 16,5; 22 и 27,5. Для пластин формы *S* установлены размеры *l*, мм: 9,525; 12,7; 15,875; 19,05; 25,4 и т. д.

Регламентирована толщина пластин, мм: 3,18; 4,76; 6,35 и 7,93. Обозначение этой величины приводится без дробной части, при обозначении одной цифрой перед ней ставят нуль, например 4,76 мм — обозначение 04.

Для радиуса при вершине приняты следующие значения, мм: 0,4; 0,8; 1,2; 1,4; 2,4. В обозначении пластин радиус при вершине обозначают двухзначным целым числом в десятых долях мм (при одноцифровом обозначении впереди ставят нуль).

Различают три типа пластин по направлению резания: *R* — для правого резца; *N* — на выбор для правого или для левого резания; *L* — для левого резца.

При помощи принятой системы обозначений можно описать конструкцию и размеры СМП 13-разрядным кодом, 10 разрядов которого являются обязательными (рис. 3.9). Первые четыре разряда — буквы, обозначающие в следующей последовательности:

форму пластины, величину заднего угла, точность изготовления пластины и тип пластин. Далее через тире следует шесть цифр, обозначающих длину режущей кромки, толщину пластины и радиус при вершине (по две цифры). Тринадцатый разряд используется для дополнительных обозначений завода-изготовителя.

Например, треугольная пластина с нулевым задним углом класса точности *M*, отверстием, односторонними стружколомающи-

ми канавками и размерами $l=16,5$, $S=4,76$, $R=0,8$, имеющая режущие кромки с фаской правого исполнения, будет обозначаться TNMM — 160408T.

Опорные пластины обозначаются буквой О и стружколомы буквой С. Например, OTN — трехгранная опорная пластина без заднего угла, CGS — квадратный стружколом.

На таком же принципе для обозначения резцов с СМП построен 14-разрядный буквенно-цифровой код (рис. 3,9, б). Два разряда могут быть добавлены для обозначения типа инструмента в виде, принятом у изготовителя. Система кодирования СМП и конструкций резцов с ними упрощает разработку технологической документации и позволяет автоматизировать подготовку производства с помощью ЭВМ.

Дробление и удаление стружки из зоны резания представляет особую проблему для токарных станков с ЧПУ. В конструкции СМП предусматривают стружечные канавки. Для определения оптимальной формы стружечной канавки необходимо учитывать множество факторов: вид обрабатываемого материала, скорость резания, глубину резания, подачу и т. д.

Применяют также резцы со стружконаправляющей пластиной, которая создает уступ на передней грани (ширина уступа регулируется). Для бесступенчатого регулирования ширины

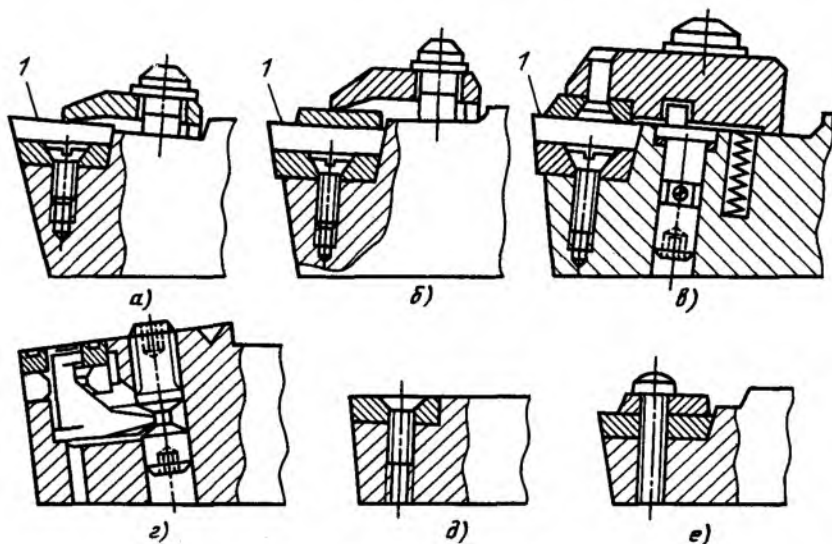


Рис. 3.10. Способы крепления пластин:

а — прижимным прихватом; б — со стружконаправляющей пластиной и прижимным прихватом;

в — эксцентриком и прижимной лапкой; г — поворотным рычагом для крепления пластины по

отверстии; д — крепление пластины винтом; е — крепление винтом режущей и стружколомающей пластины

стружконаправляющей ступени 1 применяется эксцентрик (рис. 3.10), а ступенчатое регулирование осуществляется при помощи рифлений. Для крепления режущих и стружконаправляющих пластин используют прижимные прихваты и лапки. Применяют также их крепление винтом, клином, клином-прихватом. Крепление пластин по отверстию осуществляется поворотным рычагом и винтом.

При обработке на токарных станках с ЧПУ принята **система кодирования режущего инструмента**, в соответствии с которой каждому виду инструмента, выполняющему определенные технологические переходы (один или несколько), присваивают цифровой код. При этом учитывают геометрические параметры и материал режущей части.

Ниже приведены основные виды режущего инструмента, входящие в типовой комплект для токарной обработки.

Код инструмента	Наименование инструмента
02	Подрезной левый черновой резец
03	Проходной » » »
04	Расточный подрезной для работы поперечными рабочими ходами резец
14	Проходной подрезной для черновых и чистовых работ резец
19	Спиральное сверло:
08	Ø 22
09	Сверло
15	Ø 21,5
21	Контурный левый чистовой резец
24	Контурный правый чистовой резец
85	Расточный черновой резец:
27	$D = 22$ мм
10	Расточный черновой резец:
48	$D = 50$ мм
07	Расточный контурный чистовой резец:
17	$D = 22$ мм
46	Резец расточный контурный чистовой:
50	$D = 50$ мм
31	Резец для наружных прямых канавок:
32	$b = 1,2$ мм (ширина канавки)
33	$b = 3$ мм
38	Резец для наружных угловых канавок:
86	$b = 2$ мм
51	Резец для внутренних прямых канавок:
52	$b = 1,4$ мм
57	Резец для внутренних угловых канавок:
58	$b = 2$ мм
74	Резец для торцовых канавок
5	Резец для наружных резьб
45	Резец для внутренних резьб
102	

В номенклатуру используемого инструмента входит также стандартный режущий инструмент (спиральные сверла, зенкеры,

метчики и др.). Сборные резцы с механическим креплением СМП из твердого сплава кодируют следующим образом: резцы с трехгранной пластиной — как подрезные, с четырехгранной — как проходные с главным углом в плане 45° , с пятигранной — как проходные с главным углом в плане 60° .

Твердосплавную СМП при затуплении одной режущей грани необходимо развернуть, введя в работу другую грань. При повороте пластины вершина режущей кромки может занять положение, отличающееся от предыдущего на величину до 0,2 мм. Для предотвращения брака при повороте пластины следует пользоваться соответствующими корректорными переключателями. При этом не требуется снимать резцовый блок со станка для поднастройки в приспособлении.

Долговечность одной державки позволяет работать с несколькими десятками пластин. Повышает долговечность резцов и применение твердосплавных опорных пластин под режущей пластиной. Твердосплавные опорные пластины устойчивы к истиранию стружкой. При износе их заменяют, что увеличивает срок службы державки.

Основными видами резцов с СМП, используемых для станков с ЧПУ, являются: проходные с опорными пластинами и механическим креплением трех-, четырех- и пятигранных СМП твердого сплава; копировальные с механическим креплением правильных трехгранных твердосплавных пластин с опорными пластинами; копировальные с механическим креплением параллелограммных СМП твердого сплава с опорными пластинами; расточные с механическим креплением трех- и четырехгранных СМП с опорными пластинами; канавочные для проточки наружных, внутренних и торцовых канавок с механическим креплением твердосплавных пластин специальной формы.

Первые три вида резцов используют для обработки наружных поверхностей. Перечисленным набором резцов можно обработать на станках с ЧПУ поверхности практически любых форм.

Срок работы пластины можно удлинить, если периодически производить доводку граней алмазным надфилем. Доводка граней и возможность поддерживать обрабатываемый размер в поле допуска с помощью корректоров положения повышают период стойкости каждой грани твердосплавной пластины, что делает применение сборных резцов на станках с ЧПУ чрезвычайно эффективным.

Работа каждой гранью ведется до полного износа, о котором можно судить как по невозможности получить в требуемых пределах размеры, геометрическую форму (конусность, овальность), шероховатость, так и по появлению высокочастотной вибрации, которая проявляется в виде сопровождающего резание звука, напоминающего свист.

Большое значение для достижения точности при работе на

станке с ЧПУ имеет правильность геометрической формы рабочей части резца. Например, резцы с трехгранной пластиной твердого сплава используют при одной и той же установке в блоке для проточки наружных цилиндрических поверхностей и подрезки торцов. Правильно располагая пластины относительно координатных осей станка, получают углы в плане $\varphi=95^\circ$ и $\varphi_1=5^\circ$ как при проточке, так и при подрезке торцов. Если же пластина будет смещена относительно правильного положения, то при подрезке торцов или при проточке угол φ получится малым, что отразится на качестве обработанной поверхности. Большое значение для получения качественной поверхности при обработке деталей сложных профилей имеет радиус закругления при вершине резца. Если радиус закругления при вершине будет иметь отклонения от заданной величины, то при обработке деталей будут получаться отклонения от требуемой формы в продольном сечении, причем величины погрешностей формы соизмеримы с величинами погрешностей в размерах радиуса при вершине резца.

3. НАСТРОЙКА ИНСТРУМЕНТА

Точность обработки в значительной мере зависит от точности настройки. Совокупность приемов выбора и обеспечения требуемой точности настройки носит название размерной настройки инструмента. Основные методы размерной настройки — метод пробных рабочих ходов и автоматического получения размеров на настроенных станках.

Размер заготовки x_{45} является результирующим (замыкающим) звеном размерной цепи (рис. 3.11):

$$x_{45} = x_{05} - x_{01} - x_{12} - x_{23} - x_{34},$$

где x_{05} — координата исходной точки O_0 от оси Z вращения заготовки; x_{01} — координата центра поворотной головки суппорта; x_{12} — расстояние от центра поворота головки до опорной плоскости резцедержателя; x_{23} — длина державки резца до оси штифта крепления СМП; x_{34} — размер установленной СМП от оси крепежного штифта до ее вершины.

Погрешность каждого из размеров является случайной величиной, поэтому вероятная величина погрешности настройки может быть определена квадратичным суммированием ее составляющих.

При настройке станка **методом пробных рабочих ходов** погрешность настройки компенсируется коррекцией положения резца по результатам измерения предварительно обработанного участка поверхности.

При работе **на предварительно настроенных станках**, в том числе и на станках с ЧПУ, заданные размеры должны получаться

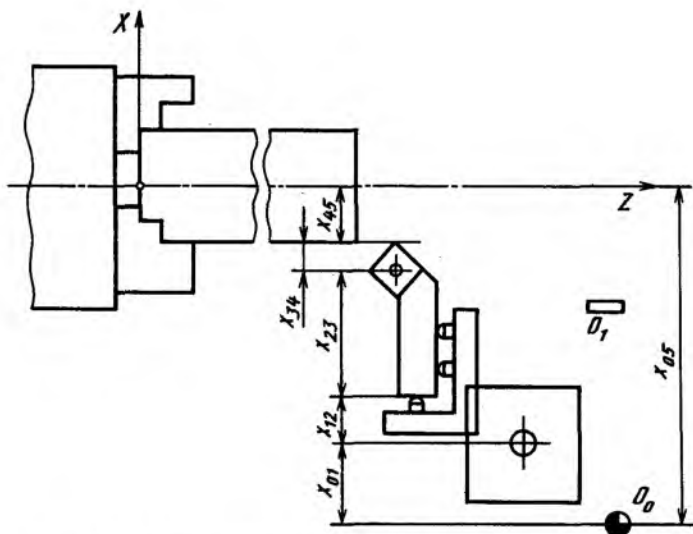


Рис. 3.11. Схемы настройки инструмента на станке с ЧПУ

автоматически, поэтому требования к точности настройки повышаются. Настройка инструмента вне станка обеспечивает высокую точность обработки, причем станок в это время не простаивает, занят обработкой. Однако у этого метода имеются недостатки: требуются устройства для настройки инструмента; не компенсируются ошибки позиционирования, поворота револьверной головки и т. д.

Настройку инструмента вне станка на специализированных участках проводят на основании карты наладки инструмента. В карте наладки указаны размеры x_0 и z_0 настроечной точки A инструмента (рис. 3.12).

Размерную настройку режущего инструмента вне станка производят с помощью оптических приборов. Рассмотрим устройство прибора БВ-2010 (рис. 3.13). Прибор монтируют на тумбе 1. На основании прибора размещены две взаимно перпендикулярные каретки — верхняя 3 (поперечная) и нижняя 2 (продольная). Каретки перемещаются на шариковых направляющих. На верхней каретке установлен кронштейн с проектором 4. Слева на основании укреплен кронштейн с устройством цифровой индикации. Точная установка координат каретки обеспечивается узлами микроподачи. На поверхности прибора крепится подставка, имитирующая установочное гнездо револьверной головки или суппорта. В нее устанавливают инструментальный блок с режущим инструментом. В качестве отсчетных систем

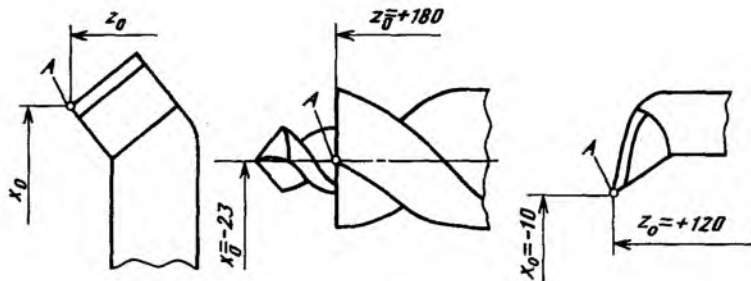
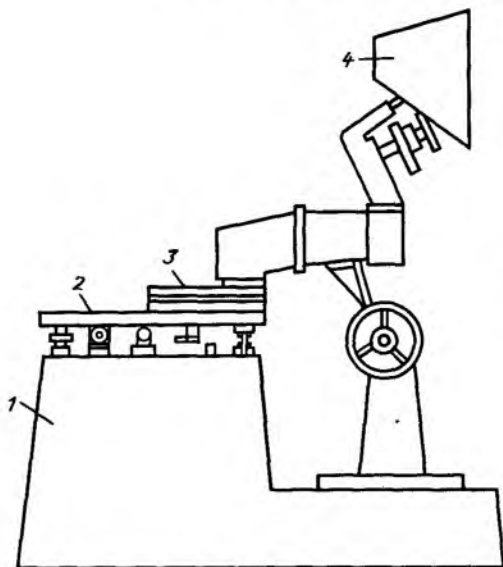


Рис. 3.12. Настроечные размеры инструмента

Рис. 3.13. Прибор БВ-2010 для настройки инструмента вне станка



используют устройства цифровой индикации с индуктивными датчиками линейных перемещений.

Режущий инструмент в блоке настраивают путем его перемещения регулировочными винтами до совмещения с перекрестием проектора по двум координатам в горизонтальной плоскости. Положение резца в вертикальной

плоскости при необходимости проверяют индикатором часового типа, который вместе со стойкой входит в комплект прибора. Прибор настраивают по контрольному инструментальному блоку, имеющему аттестованные размеры относительно баз.

Техническая характеристика прибора БВ-2010

Увеличение проектора, разность	30
Диаметр экрана проектора, мм	195
Расстояние от базовой поверхности основания до режущей кромки, мм	200
Расстояние от режущей кромки до оправы объектива проектора, мм	80
Дискретность отсчета перемещений по шкале, мм	0,001

Появились целые системы размерной настройки режущего инструмента вне станка, которые включают в себя оптический прибор с проектором и блоком цифровой индикации. Этот прибор

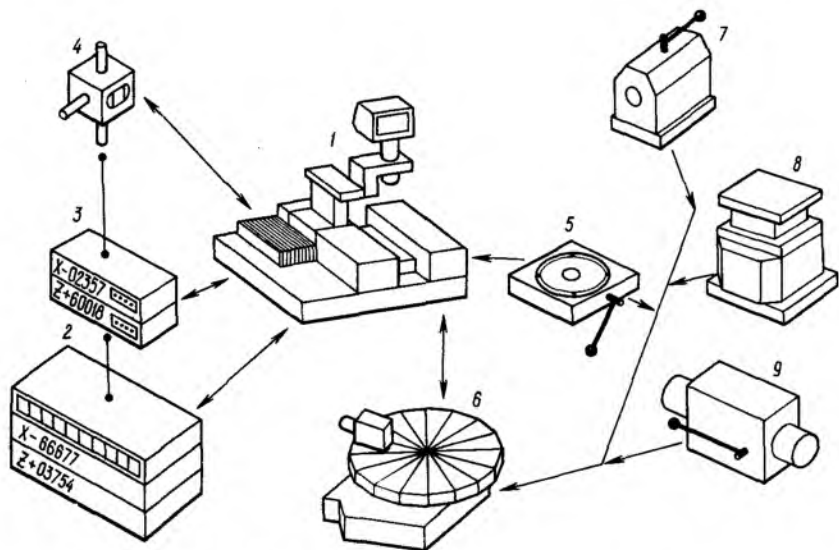


Рис. 3.14. Прибор настройки инструмента вне станка:

1 — универсальный прибор TRAVANT 350/4; 2 — электронно-цифровое устройство для отсчета координат; 3 — электронно-цифровое устройство с блоком декадных переключателей для установки начала координат; 4 — оптическое отсчетное устройство; 5 — универсальный поворотно-делительный стол для крепления и установки державок инструментов; 6 — магазин хранения устройств под установку и крепление державок для инструмента; 7 — крепление инструмента с цилиндрическим хвостовиком; 8 — крепление инструментов с призматической направляющей; 9 — шпиндельная бабка

оснащен револьверной головкой. Система может обслуживать десятки различных станков.

Прибор Microset EG-400 (ФРГ) предназначен для предварительной оптической настройки токарных резцов в быстросменных инструментальных блоках 7 и 8 (рис. 3.14). Точность настройки инструмента до 0,01 мм. Прибор имеет два исполнения: с устройством для цифрового отсчета со световым табло цифровой индикации 2 и 3 и с устройством для оптической системы отсчета 1.

При размерной настройке на станке его снабжают преобразователем для измерения положения вершины резца. Резец устанавливают в резцедержатель, а затем по заданной программе перемещают к датчику O_1 (см. рис. 3.11), который определяет погрешность положения вершины и автоматически вводит коррекцию в перемещение резца при позиционировании.

Возможно также автоматизированное применение метода пробных рабочих ходов, при котором резец по заданной программе перемещается к заготовке и снимает пробную стружку, далее происходит автоматическое определение действительного размера, сравнение его с заданными и автоматическая коррекция траектории инструмента.

МЕРОПРИЯТИЯ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОЙ РАБОТЫ НА ТОКАРНЫХ СТАНКАХ

1. ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ ТРАВМАТИЗМА ПРИ РАБОТЕ НА ТОКАРНЫХ СТАНКАХ

Защита от механических травм. Токарные станки, имеющие вращающийся с высокой частотой шпиндель с патроном и зажатой в нем заготовкой, движущийся суппорт, скорость продольного и поперечного перемещений которого может составлять 5—10 м/мин, являются источником повышенной опасности. Поэтому работа на них требует высокого профессионализма и строгого соблюдения комплекса технических, санитарно-гигиенических и правовых мероприятий, направленных на создание безопасных и здоровых условий труда.

Конструкции выпускаемых станкостроительной промышленностью станков должны отвечать требованиям, изложенным в ГОСТах. Требования безопасной работы на токарных станках изложены в соответствующих инструкциях, имеющихся на каждом предприятии. Без ознакомления с такой инструкцией **нельзя приступать к работе на станке.**

Одну из главных опасностей представляет **быстро вращающийся патрон** (или другое приспособление) с заготовкой. Выступающие кулачки или другие детали приспособления при неосторожном приближении к ним могут нанести серьезную травму. Особенно тяжелые травмы возникают при захватывании вращающейся заготовкой длинных волос или частей одежды, затянутых в рабочую зону станка потоком воздуха. Во избежание таких несчастных случаев необходимо, приступая к работе, тщательно осмотреть патроны и зажимные приспособления, обращая особое внимание на крепление всех деталей в приспособлении и самого приспособления на шпинделе. Приспособление не должно иметь выступающих частей, а в случае необходимости таковых нужно обезопасить работающего на станке от удара или захвата одежды ограждением, закрывающим вращающиеся части.

Конструкция защитного ограждения должна быть тщательно продумана. Если ограждение затрудняет работу на станке или мешает установке заготовки, то рабочий будет стремиться работать без ограждения, нарушая правила техники безопасности. На рис. 4.1 показана одна из конструкций защитного кожуха 1, закрывающего патрон 2 токарного станка. При смене заготовки

кожух откидывается назад поворотом его вдоль оси 3 за рукоятку (показано пунктиром). В откинутом положении кожух не мешает закреплению заготовки. Перед началом работы следует проверить состояние одежды, застегнуть манжеты рукавов и спрятать волосы под головной убор.

Защита от травм стружкой. Большую опасность при работе на токарных станках представляет стружка. При обработке вязких сталей может образоваться сливная, почти прямая с острыми краями стружка, движущаяся со скоростью 100 м/мин и более. Эта стружка может нанести глубокие порезы и опасна при попытке удаления ее вручную. Специальная заточка инструмента со ступенькой на передней грани резца или применение накладных стружкозавивающих или стружколомающих устройств заставляет стружку свиваться в спираль и периодически ломаться. Такая стружка легко ссыпается в приемник и не требует вмешательства рабочего для ее удаления.

Одним из способов стружколомания является периодическое кратковременное уменьшение подачи суппорта, в результате чего образуется утонение стружки, способствующее ее дроблению. Этот способ может быть осуществлен при автоматизации подготовки управляющих программ для станка с ЧПУ. В случае необходимости вмешательства рабочего для удаления стружки необходимо использовать специальные крючки с щитками, защищающими руку от порезов.

Мелкодробленая горячая стружка, разлетающаяся по сторонам, может нанести травму лица и глаз. При такой обработке специальные очки должны защищать глаза, но обычно очки ухудшают видимость зоны резания, поэтому эффективнее пользоваться откидывающимися прозрачными экранами, закрывающими зону резания со стороны оператора.

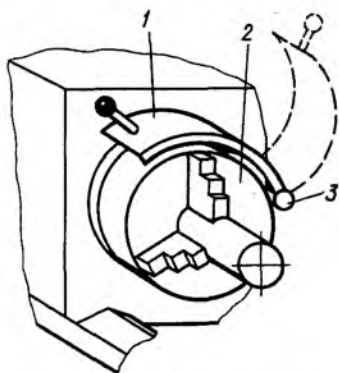


Рис. 4.1. Ограждение токарного патрона

2. БЕЗОПАСНОСТЬ ТРУДА ПРИ ОБСЛУЖИВАНИИ СТАНКОВ С ЧПУ И ГИБКИХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ МОДУЛЕЙ (ГПМ)

Особое внимание необходимо уделять вопросам безопасности труда при обслуживании автоматизированных станков, в том числе станков с ЧПУ. В станках с ЧПУ и других автоматизированных станках программируемые перемещения суппортов, смена инструмента поворотом револьверной головки или автооператором из ма-

газина осуществляются с высокими скоростями. Как правило, эти движения начинаются автоматически, неожиданно для оператора, поэтому они представляют большую опасность для рабочего, чем такие же движения на станках с ручным управлением.

Сбои в работе системы управления станком или не отлаженная управляющая программа могут привести к внезапным нарушениям нормального режима обработки, например к врезанию резца в заготовку или патрон. **Сломанный инструмент или вырвавшаяся заготовка** могут нанести тяжелую травму рабочему.

Чтобы предотвратить возможность травмирования оператора быстро движущимися рабочими органами в станках с ЧПУ и других автоматизированных станках, как правило, предусматривается ограждение, закрывающее рабочую зону станка и позволяющее наблюдать за процессом обработки через **прозрачный экран**. Ограждение блокирует при его перемещении включение главных механизмов станка, т. е. **не позволяет работать при открытой рабочей зоне станка**.

Еще **большую опасность представляют ГПМ**, включающие автоматизированный станок, как правило, с ЧПУ и промышленный робот (ПР), осуществляющий подачу заготовок от места складирования в рабочую зону и обратно. Перемещения рабочих органов ПР при загрузке и разгрузке выходят за пределы рабочей зоны станка.

Аварийные ситуации могут возникнуть вследствие сбоев в работе системы управления ПР или станка с ЧПУ, ошибочных действий оператора при наладке станка или ПР, нахождения человека на пути движения ПР в автоматическом режиме, в том числе вследствие неправильного размещения пульта управления станка в зоне действия ПР. Чем более полной является информация обслуживающего персонала о возможных ситуациях на ГПМ и ГПС, скомпонованных из технологических модулей, тем ниже травматизм на участке.

Безопасность при эксплуатации ГПС обеспечивается их рациональной планировкой, безопасной и безаварийной работой технологического оборудования, входящего в состав ГПС. Главная цель при обеспечении безопасности труда операторов — исключить нахождение человека в зоне действия автоматически движущихся механизмов ГПС.

Планировка ГПС должна предусматривать свободный, удобный и безопасный доступ обслуживающего персонала к технологическому и вспомогательному оборудованию, пульта управления этим оборудованием для его наладки и отключения при аварийных ситуациях. Важным фактором предупреждения травматизма является **хорошее освещение, обзор и яркая окраска наиболее опасных** движущихся рабочих органов ГПМ.

На рис. 4.2 представлены три варианта компоновки ГПМ, состоящего из токарного станка и ПР.

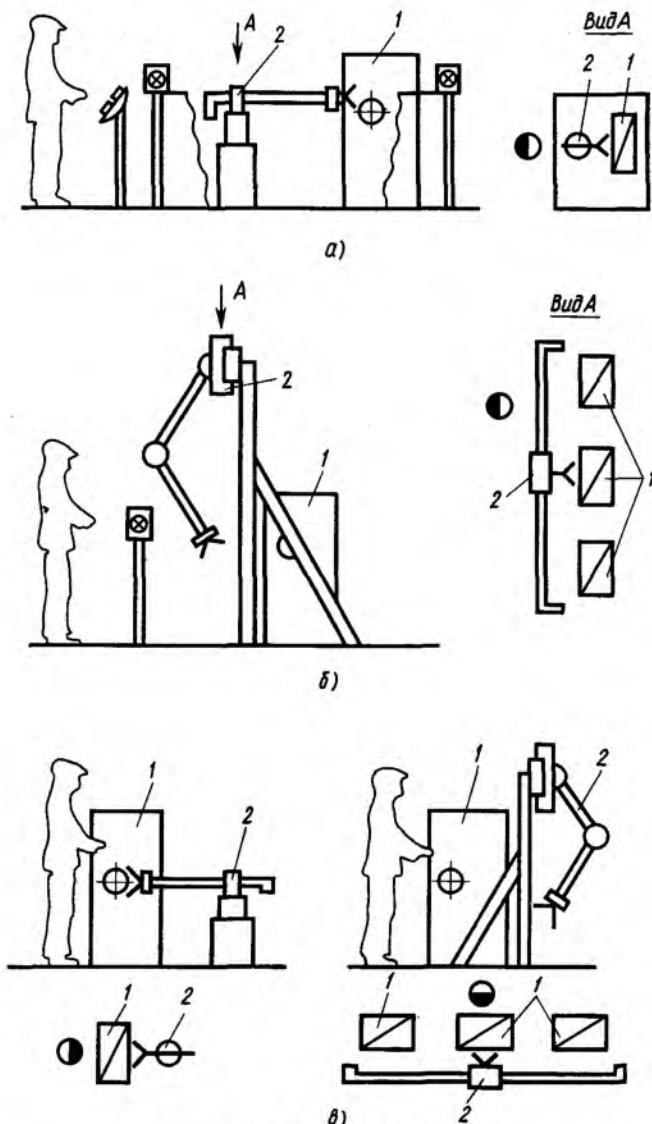


Рис. 4.2. Компонировка ГПМ:
1 — производственное оборудование; 2 — ПР

Первый вариант (рис. 4.2, а) характеризуется необходимостью нахождения оператора в зоне действия ПР при наладке станка. Рабочая зона ПР имеет ограждение со всех сторон, чтобы исключить нахождение человека в рабочей зоне робота во время автоматической работы ГПМ. Если рабочий откроет калитку

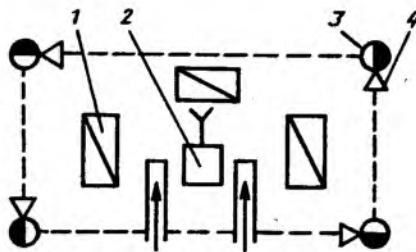


Рис. 4.3. Ограждение ГПМ световыми излучателями

ограждения и войдет в рабочую зону ПР, работа робота мгновенно блокируется, чем обеспечивается безопасность нахождения внутри ограждения обслуживающего персонала. При автоматической работе модуля оператор наблюдает и в случае необходимости управляет технологическим и транспортным оборудованием с пульта управления, вынесенного за пределы ограждения.

Во втором варианте (рис. 4.2, б) ПР может управлять несколькими станками. Он располагается со стороны доступа к рабочей зоне станка, поэтому оператор может находиться в пределах рабочей зоны ПР. Как и в предыдущем случае, основным средством обеспечения безопасности обслуживания модуля являются блокировочные устройства, останавливающие робот. Для ограждения рабочей зоны может быть использован световой луч с фотоэлектрическим датчиком.

Оба варианта не исключают полностью аварийных ситуаций, так как возможны отказы блокировочных устройств или их преднамеренное отключение.

В третьем варианте компоновки (рис. 4.2, в) рабочие зоны ПР и оператора находятся по разным сторонам станка и появление человека в рабочей зоне ПР происходит реже. Тем не менее надежная работа блокирующих устройств и в этом варианте обязательна.

Ограждение рабочей зоны ПР должно располагаться на удаление не менее 0,8 м и может быть выполнено с контактными, ультразвуковыми, светолокационными и другими датчиками. Разработана система светозащиты рабочей зоны ПР, выполненная по модульному принципу и обеспечивающая надежную защиту человека при любой компоновке ГПМ. Система состоит из световых излучателей и фотоприемников, размещенных на стойках, и блока логических преобразователей. Стойки излучателей и фотоприемников размещаются попарно в нужных участках рабочей зоны и реагируют на перекрытие светового луча человеком или каким-либо предметом, появившимся в рабочей зоне ПР.

Блок логических преобразователей определяет участок рабочей зоны, в который находится человек и формирует команду на торможение и остановку ПР при подходе к этому участку. Система светозащиты позволяет контролировать до 12 участков рабочей зоны ПР. Один из вариантов ограждения ГПС показан на рис. 4.3. Три станка 1 обслуживаются одним роботом 2. Стойки световых излучателей 3 и фотоприемников 4 установлены попарно, ограждая рабочую зону ПР.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТОКАРНЫХ СТАНКОВ

1. ГРУППОВОЙ МЕТОД ОБРАБОТКИ

Современная организация технологической подготовки производства основывается на применении **типовых** и **групповых** технологических процессов. Типовые процессы характеризуются общностью последовательности и содержания операций при обработке однотипных, т. е. однородных деталей, что позволяет внести элементы стандартизации в разработку технологических процессов и обрабатывать все детали одного типа по типовому и экономичному технологическому процессу.

Типовые технологические процессы целесообразно применять в крупносерийном и массовом производстве с устойчивой номенклатурой деталей. Однако при небольших партиях деталей и частой перенастройке оборудования групповая обработка является более производительной и экономичной. При организации групповой обработки не требуется конструктивного подобия объединяемых в группу деталей. Важно только, чтобы эти детали могли быть обработаны на станке с одной наладки (под наладкой станка понимается комплект настроенного для обработки инструмента, установочных приспособлений и др.).

На рис. 5.1, а приведены 10 деталей, которые могут быть обработаны на токарно-револьверном станке. Для каждой детали необходима своя инструментальная наладка, что требует больших затрат времени на частые переналадки станка. При групповой обработке проектируют общую наладку, которая позволяет обработать любую деталь данной группы.

С этой целью создают **комплексную деталь** (рис. 5.1, б), включающую в себя элементы 1...8 деталей, объединяемых в группу. Наладка для обработки комплексной детали более сложная, но дает возможность не переналаживать станок, пока не обработают все детали данной группы.

При компоновке группы заготовок учитывают следующие признаки: сходные поверхности, подлежащие обработке (цилиндрическая наружная или внутренняя, фаска, резьба и т. п.); точность и шероховатость обрабатываемых поверхностей; однородность материала заготовки; соразмерность заготовок,

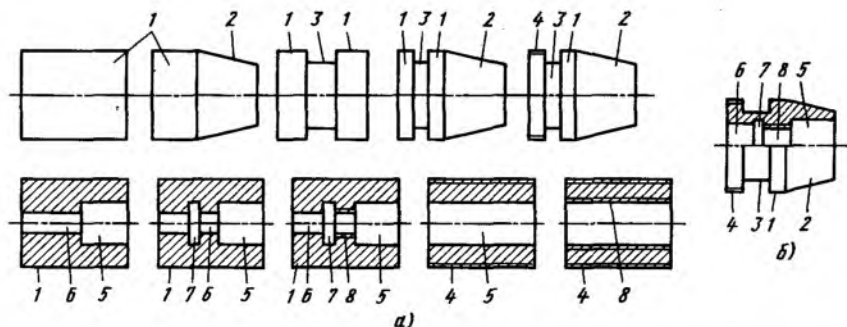


Рис. 5.1. Пример комплексной заготовки группы деталей:

1 — цилиндрическая поверхность; 2 — конус; 3 — канавка; 4 — наружная резьба; 5 — внутренняя цилиндрическая поверхность; 6 — отверстие малого диаметра; 7 — внутренняя канавка; 8 — внутренняя резьба

позволяющая их обрабатывать на одном и том же оборудовании в однотипных приспособлениях; серийность выпуска заготовок и трудоемкость их обработки.

Проектирование групповой обработки начинают с отбора заготовок, которые могут быть обработаны на одном оборудовании с применением однотипных приспособлений и инструмента.

При комплектовании группы проводят технико-экономический расчет: число деталей в группе не должно быть слишком малым, чтобы не было частых переналадок станка, но и не слишком большим, чтобы не усложнять наладку станка.

После уточнения состава группы проектируют комплексную деталь, устанавливают последовательность и содержание переходов групповой операции и разрабатывают наладку станка для обработки комплексной детали. После разработки наладки станка и уточнения содержания технологических переходов изготавливают оснастку, приспособления и инструмент.

При групповой обработке широко применяют переналаживаемые приспособления и другую оснастку, а также комбинированный инструмент, позволяющий обрабатывать несколько поверхностей, например резцы с несколькими режущими кромками.

Повышение производительности при групповой обработке происходит за счет: 1) применения высокопроизводительных приспособлений и оснастки; 2) перевода обработки заготовок единичного и мелкосерийного производства с менее производительных на более производительные станки (с токарного на револьверный); 3) сокращения подготовительно-заключительного времени на настройку и переналадку станка, затрат вспомогательного времени и повышения коэффициента использования станка;

4) создания в условиях мелкосерийного и серийного производства однотипных деталей групповых многопредметных поточных линий.

2. НОМЕНКЛАТУРА ДЕТАЛЕЙ ДЛЯ ОБРАБОТКИ НА ТОКАРНЫХ СТАНКАХ

Эффективное использование станков зависит от правильного подбора деталей для обработки. На одном и том же оборудовании может быть обработано множество деталей. Детали имеют различную форму, размеры, отличаются материалом, требуемой точностью обработки и др.

Если обрабатывать, например, деталь с криволинейным контуром на станке с ручным управлением (РУ), трудоемкость ее будет большой, в то время как обработка такой детали на станке с контурной системой ЧПУ осуществляется значительно эффективнее.

С другой стороны, обработка на таком станке простой детали экономически невыгодна, так как технологические возможности этого сложного и дорогого станка не используются. Поэтому на станках с ЧПУ целесообразно обрабатывать сложные детали, изготовление которых на станках с РУ связано с использованием дорогостоящей оснастки. Станки с ЧПУ имеют ряд преимуществ перед станками с РУ, но они не заменяют их полностью. Некоторые детали эффективно обрабатывать на станках с ЧПУ, а другие обрабатывать нецелесообразно.

Рассмотрим один из методов выбора оборудования для токарной обработки детали, в основу которого положено определение показателя сложности обработки. Объективным количественным критерием соответствия технологических возможностей оборудования B сложности данной детали C может служить трудоемкость обработки T :

$$T = \frac{C}{B\alpha},$$

где α — коэффициент соответствия выбранного оборудования характеру выполняемой работы.

Количественный критерий соответствия оборудования характеру выполняемой работы позволяет целесообразно распределить номенклатуру деталей для обработки по соответствующим станкам, а также использовать для такого анализа ЭВМ.

Каждую деталь принято рассматривать как объект проектирования и объект обработки. В связи с этим можно говорить о конструктивной и технологической сложности детали. Конструктивная сложность — сложность детали как геометрического объекта вне зависимости от способа ее обработки. Контур тела

вращения рассматривается состоящим из отрезков прямых, дуг окружности и др. Конструктивная сложность детали

$$c_k = an,$$

где n — число основных элементов контура детали; $a=0,02$ — коэффициент пропорциональности.

При определении конструктивной сложности не учитываются элементы, которые не могут быть обработаны на токарном станке: шпоночные и шлицевые пазы, зубчатые венцы, отверстия, оси которых не совпадают с осью детали, и т. д.

Технологическая сложность учитывает факторы, связанные с обработкой детали, и равна произведению конструктивной сложности на технологические коэффициенты:

$$c_r = c_k k_p k_m k_{исп} k_r,$$

где k_p — коэффициент, учитывающий размеры детали; k_m — коэффициент, учитывающий материал детали; $k_{исп}$ — коэффициент, учитывающий использование материала заготовки; k_r — коэффициент, учитывающий технологичность детали.

Технологический процесс обработки обычно содержит несколько операций, выполняемых на разных станках. Сложность обработки на одном станке

$$c = c_r k_n k_b,$$

где k_n — коэффициент полноты обработки; k_b — коэффициент вида обработки.

Коэффициент полноты обработки показывает, какая часть общего объема обработки выполняется на данной операции:

$$k_n = n_1 / n_2,$$

где n_1 — число элементов контура, обрабатываемых на данной операции; n_2 — общее число элементов.

Коэффициент k_b показывает вид обработки. Если черновая и чистовая обработка выполняются с одного установа, то $k_b=1$. Если указанные виды обработки выполняются на разных станках, то значение коэффициента менее единицы, а учитываются соответственно $k_{черн}$, $k_{чист}$, где $k_{черн}$ — доля черновой обработки в общей трудоемкости; $k_{чист}$ — доля чистовой обработки. Произведение $k_n k_b$ является коэффициентом концентрации обработки k_k на данной операции.

Эти коэффициенты получены путем сравнения трудоемкости обработки данной детали с трудоемкостью условной (базовой) детали, от которой деталь отличается по перечисленным параметрам. Например, отношение трудоемкости деталей различных размеров выражается отношением

$$k_p = (L + D) / (L_0 + D_0),$$

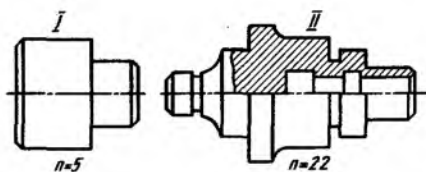


Рис. 5.2. Пример конструктивной сложности деталей:

n — число элементов контура детали

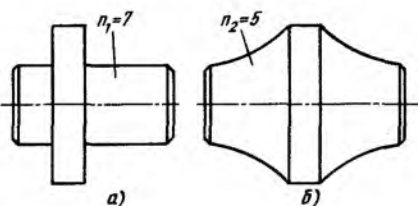


Рис. 5.3. Сравнение деталей по критерию φ

где L и D — длина и диаметр детали; L_0 и D_0 — длина и диаметр базовой детали.

Технологический коэффициент обрабатываемого материала k_n , учитывает изменение трудоемкости обработки различных материалов. Например, при обработке легированных сталей 35Г2, 40Г2, 45Г2 и 50Г2 $k_n=2$, т. е. трудоемкость обработки данных сталей возрастает в 2 раза по сравнению с обработкой стали 45. Таким образом, сложность обработки с учитывает конструктивную, технологическую сложность и коэффициент концентрации обработки на данной операции.

Чем выше конструктивная сложность, тем полнее используются технологические возможности станка с ЧПУ и тем выше эффективность обработки детали на нем. На рис. 5.2 показаны две детали различной конструктивной сложности. Наибольший эффект будет получен при обработке на станке с ЧПУ детали II. Деталь I целесообразно обрабатывать на обычном токарном станке.

Коэффициент концентрации обработки

$$k_n = k_n k_n = \frac{n_1}{n_2} k_n,$$

где k_n — коэффициент вида обработки.

При обработке на станках с ЧПУ стремятся к увеличению коэффициента концентрации, так как чем выше концентрация обработки, тем больше эффективность обработки детали на станке с ЧПУ.

Вопрос о целесообразности обработки детали на токарном станке с РУ, ЧПУ, в ГПМ может быть решен по критериям подбора, по оптимальной сложности обработки, по сравнительной трудоемкости обработки.

Наибольшее значение имеют три критерия c_k , k_k и φ :

$$\varphi = \frac{k_{py}}{k_{чпу}},$$

где k_{py} , $k_{чпу}$ — коэффициенты технологичности конструкции при обработке детали на станке с РУ и на станке с ЧПУ.

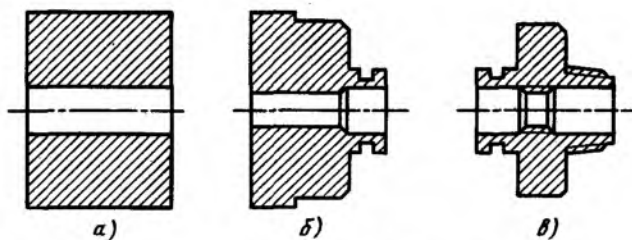


Рис. 5.4. Концентрации обработки:

а — заготовка; *б* — заготовка после обработки с одной стороны; *в* — готовая деталь

Обработку криволинейной поверхности на обычном токарно-винторезном станке произвести сложно, та же обработка на станке с ЧПУ просто выполняется. Обработка резьбовой поверхности резцом на станке с РУ требует нескольких минут, обработка резьбы на станке с ЧПУ требует значительно меньше времени и т. д. Вид обрабатываемой поверхности влияет на показатель сложности детали.

На рис. 5.3 показаны две детали, имеющие $n_1=7$ и $n_2=5$ основных элементов контура. Решающим условием для перевода обработки на станки с ЧПУ будет коэффициент ϕ . В первом случае $\phi=1$ (рис. 5.3, *а*), во втором $\phi=2,6$ (рис. 5.3, *б*). Более целесообразна обработка на станке с ЧПУ второй детали. Ее можно обработать и на токарном станке с РУ, но это связано с определенными трудностями. На рис. 5.4 показан пример обработки сложной детали за одну операцию с переустановкой на станке с ЧПУ, оснащенном восьмипозиционной револьверной головкой.

3. УПРАВЛЯЮЩИЕ ПРОГРАММЫ ДЛЯ ТОКАРНЫХ СТАНКОВ С ЧПУ

Управление станком с ЧПУ осуществляется с помощью команд, которые задают станку определенный порядок работы. При ручном управлении команды исходят от рабочего, который работает на данном станке. Рабочий осуществляет управление станком так, чтобы обработка проходила в соответствии с требованиями чертежа. Затем рабочий следит за ходом обработки и в случае необходимости корректирует свои действия в соответствии с ранее достигнутыми результатами.

Управляющая программа (УП). В станках с ЧПУ система управления выполняет многие функции станочника. Она подает команды, составляющие содержание УП: когда и в каком порядке пользоваться инструментами, на каких режимах резания работать, по какой траектории перемещать инструмент для достижения требуемой точности и размеров обрабатываемой детали.

Составление УП — один из главных этапов подготовки производства при использовании оборудования с ЧПУ. Технолог-программист составляет УП на основании чертежа и технологического процесса обработки. При этом технологическая информация кодируется и наносится на перфоленту. Перфоленту затем передают в цех или программа составляется в цехе на рабочем месте. Наладчику, оператору станков с ЧПУ необходимо хорошо знать процесс подготовки УП, легко читать ее на перфоленте и уметь при необходимости внести в нее исправления.

На основании чертежа детали получают *геометрическую информацию*, т. е. размеры элементов детали, координаты их расположения и т. д. В соответствии с заданной точностью, шероховатостью поверхностей и другими требованиями составляют технологический процесс и формируют *технологическую информацию* для каждого перехода (вид инструмента, частоту вращения шпинделя, подачу и т. д.).

На основе геометрической и технологической информации по каждому переходу составляют УП. Высокая стоимость станка с ЧПУ и большая трудоемкость подготовки УП для них требуют особенно тщательного решения вопросов подбора номенклатуры деталей, выбора рационального маршрута обработки, подбора режущего инструмента, режимов резания и т. д.

При определении последовательности обработки заготовки на токарном станке с ЧПУ следует также учитывать возможность концентрации обработки. Иногда целесообразно совмещать предварительную и окончательную операции в одну, так как станки с ЧПУ имеют повышенную жесткость и позволяют обеспечивать требуемую точность. Повышает производительность обработки применение поворотных патронов.

При разработке технологического процесса на станок с ЧПУ, устанавливая последовательность обработки, необходимо придерживаться принципа постоянства технологической базы. Способ базирования во многих случаях определяет порядок токарной обработки. Определяя последовательность операций, выбирают такую схему, которая обеспечит наиболее полную обработку детали с наименьшим числом установок и минимальным количеством требуемой для этого оснастки.

При подготовке УП следует учитывать и особенности процесса резания при обработке деталей на станках с ЧПУ. Особенностью токарной обработки на станках с ЧПУ является обработка криволинейных поверхностей. При этом изменяются: действительные углы в плане, силы резания, передний и задний углы инструмента.

При обработке криволинейного контура с уменьшением действительного угла в плане увеличивается ширина среза и сила P_z возрастает в 2—3 раза, сила P_y уменьшается и сила P_x увеличивается. Поскольку при обработке криволинейного контура

действительные углы в плане меняются, величина шероховатости обработанной на станке с ЧПУ поверхности также меняется. При разработке технологического процесса, рассчитывая точность обработки и другие параметры, следует учитывать указанные закономерности обработки криволинейных контуров.

Подготовку УП делят на ручное и автоматизированное программирование. При ручном программировании сбор и упорядочение информации, нанесение ее на программноноситель осуществляет технолог-программист.

При автоматизированной подготовке УП ЭВМ выполняет кодирование информации, определение траектории перемещений инструмента, выбор режимов резания и др. Автоматизированная подготовка УП может осуществляться у станка, оснащенного микропроцессорным устройством ЧПУ. Особенно перспективным является способ задания УП с клавиатуры устройства ЧПУ в режиме диалога с расчетом режимов резания и хода обработки детали по типовым технологическим циклам, имеющимся в памяти микроЭВМ.

Ручное программирование — трудоемкий процесс, его используют для подготовки УП для простых деталей. Ручное программирование состоит из следующих этапов: подготовки технологической информации, расчетно-аналитического, кодирования, записи программы, отладки и ее внедрения. Самым трудоемким является этап отладки и внедрения программы, составляющий 30 % времени программирования.

На этапе технологической подготовки УП ведется разработка операционной технологии, осуществляется выбор инструмента, выбор последовательности рабочих ходов и переходов, выбор режимов резания и др. В результате получают траекторию перемещения инструмента.

Расчетно-аналитический этап состоит в определении координат опорных точек траектории инструмента, таких, как точки пересечения прямых, сопряжения прямых с дугами и др. На траектории движения инструментов часто располагают технологические точки, в которых необходимо изменить режимы обработки (подачу, частоту вращения шпинделя).

Программа обработки детали записывается на бланке, который является основой для кодирования УП. Применяемая система ЧПУ определяет вид программноносителя. Так, в первых поколениях систем ЧПУ применялась запись УП на магнитной ленте в фазомодулированном или унитарном коде. В то же время получила распространение запись УП на пятидорожечной перфоленте в коде БЦК-5, а затем на восьмидорожечной перфоленте с использованием Международных стандартов кодирования информации (ISO). Кодирование информации осуществляется в соответствии с ГОСТ 20999—83.

УП записывается на программноносителе в виде последовательных кадров, представляющих собой законченные смысловые фразы на входном языке системы ЧПУ для кодирования технологической, геометрической и вспомогательной информации. Отдельные последовательности кадров для обработки участков заготовки объединяются в главы УП, каждая из которых начинается с главного кадра. Главный кадр — начальная информация об условиях обработки, с которой можно начинать или возобновлять работу станка по УП. Остальные кадры — изменение информации по отношению к главному кадру. Кадры состоят из слов, расположенных в определенном порядке, слова — из символов. Первый символ — буква, обозначающая адрес, а остальные — число со знаком.

Кадр содержит слово «Номер кадра» и одно или несколько информационных слов. К информационным словам относят слова: Подготовительная функция, Размерные перемещения, Функция подачи, Функция инструмента, Вспомогательная функция.

Слово «Номер кадра» служит для обозначения элементарного участка УП и является вспомогательной информацией. Номер кадра обозначается адресом N и целым десятичным числом. Обозначения адресов приведены ниже.

Символ адреса	Значение символа адреса
A, B, C	Угловые перемещения вокруг осей X, Y, Z
D	Угловое перемещение вокруг оси, третья функция подачи или функция коррекции инструмента
E	Угловое перемещение вокруг оси или вторая функция подачи
F	Функция подачи
G	Подготовительная функция
H	Не определен
I, J и K	Параметры интерполяции или шаги резьбы вдоль осей X, Y, Z
L	Не определен
M	Вспомогательная функция
N	Номер кадра
P и Q	Третьи функции перемещений, параллельных осям X и Y, или параметры коррекции инструмента
R	Перемещение на быстром ходу вдоль оси Z, или третья функция перемещения, параллельного оси Z, или параметр коррекции инструмента
S	Частота вращения шпинделя
T	Функция инструмента
U, V, W	Вторые функции перемещений, параллельных осям X, Y, Z
X, Y, Z	Перемещение по оси X, Y, Z

Символы, принятые для записи кадра, показаны ниже.

Символ	Наименование	Значение
ГТ	Табуляция	Символ, управляющий перемещением печати в следующую позицию на той же строке (предназначен для управления устройствами печати при распечатке УП)

ПС	Конец кадра	Конец УП
%	Начало УП	Начало УП (используется также для остановки носителя данных при обратной перемотке)
(Левая круглая скобка	Информация, следующая за этим знаком, не должна обрабатываться на станке
)	Правая круглая скобка	Информация, следующая за этим знаком, должна обрабатываться на станке
+	Плюс	Математический знак
—	Минус	То же
.	Точка	Десятичный знак
/	Пропуск кадра	Знак, обозначающий, что следующая за ним информация до символа «Конец кадра» может обрабатываться на станке в зависимости от положения переключателя на пульте ЧПУ; перед символами «Номер кадра» и «Главный кадр» знак действует на целый кадр УП
	Главный кадр	«Главный кадр» УП

Подготовительные функции, связанные с режимом работы станка и циклами обработки, приведены ниже.

Функция	Признак	Значение
G00	I	Позиционирование — перемещение на быстром ходу в заданную точку (ранее заданная подача не отменяется)
G01	I	Линейная интерполяция — перемещение с запрограммированной подачей по прямой к точке
G02; G03	I	Круговая интерполяция — движение по дуге, соответственно в отрицательном и положительном направлении с запрограммированной подачей
G04	—	Пауза — выдержка на определенное время
G06	I	Параболическая интерполяция — движение по параболе
G08	—	Разгон — плавное увеличение подачи до запрограммированного ее значения в начале движения
G09	—	Торможение в конце кадра — плавное уменьшение подачи до фиксированного значения при приближении к заданной точке
G17...G19	II	Плоскость обработки (XY, ZX, YZ) для функций круговой интерполяции, коррекции инструмента
G33...G36	I	Резьба — нарезание резьбы в соответствии с постоянными, увеличивающимися или уменьшающимися шагами
G40	III	Отмена коррекции инструмента, заданной функциями G41...G52
G41...G52	III	Коррекция инструмента
G53	IV	Отмена линейного сдвига, заданного одной из функций G54...G59
G54...G59	IV	Линейный сдвиг по осям X, Y и Z
G60...G61	V	Точное позиционирование
G62	V	Быстрое позиционирование
G80	VI	Отмена постоянного цикла, заданного одной из функций G81...G89
G81...G89	VI	Постоянные циклы — часто применяемые при обработке отверстий последовательности команд
G90	VII	Абсолютный размер — отсчет перемещений в абсолютной системе координат с началом в нулевой точке системы ЧПУ
G91	VII	Размер в приращениях — отсчет перемещений относительно предыдущей запрограммированной точки

G94...G95 VIII Единицы измерения подачи (мм/об и мм/мин)
 G96 Единицы измерения скорости резания — м/мин (скорость резания поддерживается автоматически)

Если в одном кадре необходимы несколько подготовительных функций, то их записывают в порядке возрастания номеров признаков. Слово «Функция подачи» записывается под адресом *F* после всех слов «Размерные перемещения».

Слово «Скорость» главного движения записывается с адресом *S* и определяет линейную скорость точки приложения инструмента или частоту вращения шпинделя. Слово «Функция инструмента» используется для указания инструмента и корректора. Слово «Вспомогательная функция» определяет команду исполнительному органу станка или ЧПУ. Коды вспомогательных функций приведены ниже.

Код функции	Наименование
M00	Программируемая остановка
M01	Остановка с подтверждением
M02	Конец программы
M03	Вращение шпинделя по часовой стрелке
M04	Вращение шпинделя против часовой стрелки
M05	Остановка шпинделя
M06	Смена инструмента
M07	Включение охлаждения № 2
M08	Включение охлаждения № 1
M09	Отключение охлаждения
M10	Зажим заготовки
M11	Освобождение заготовки
M12...M18	Не определены
M19	Остановка шпинделя в заданной позиции
M20...M29	Не определены
M30	Конец информации
M31...M47	Не определены
M48	Отмена команды M49
M49	Отмена ручной коррекции
M50...M99	Не определены

Для записи УП в руководстве конкретного станка приводится порядок записи формата, перечень и назначение всех реализуемых подготовительных и вспомогательных функций, таблицы кодов подач и главного движения, таблицы кодовых номеров позиций инструмента, перечень номеров корректоров с указанием их назначения и особенностей применения, пределы размерных перемещений по осям координат, перечень и номера подпрограмм, хранящихся в памяти ЧПУ. После кодирования информации УП имеет вид последовательности кадров и записывается на бланке (табл. 5.1).

Наиболее распространенным способом ввода программы в ЧПУ является ввод с помощью перфоленты. Запись УП на перфоленту производят путем перфорирования на ней кодовых отверстий.

5.1. Форма бланка УП

N	G	*	F	X	Z	± 45	P	M	S	T	Примечание

Цифрам, буквам и знакам соответствуют определенные сочетания отверстий в строке перфоленты. При записи УП на восьмидорожечной перфоленте в соответствии с Международным стандартом *ISO* первые семь дорожек предназначены для записи информации, а отверстия восьмой служат для контроля на четность (рис. 5.5).

В табл. 5.2 приведены обозначения букв, символов и знаков на перфоленте. Отверстием на перфоленте соответствует знак 1, отсутствие пробивки 0. При автоматической подготовке УП с использованием ЭВМ распечатку программ и подготовку

5.2. Запись на перфоленте буквенных, числовых и знаковых символов

Кодовая комбинация								Символ	Название символа
8	7	6	5	4	3	2	1		
0	0	0	0	0	0	0	0	Пусто	Пропуск строки
1	0	0	0	1	0	0	0	ВШ	Возврат на шаг
0	0	0	0	1	0	0	1	ГТ	Табуляция
0	0	0	0	1	0	1	0	ПС	Конец кадра
1	0	0	0	1	1	0	1	ВК	Возврат каретки
1	0	0	1	1	0	0	1	КН	Конец носителя
1	0	1	0	0	0	0	0	Пробел	Сдвиг каретки на шаг
1	0	1	0	0	1	0	1	%	Начало программы
0	0	1	0	1	0	0	0	(Левая круглая скобка
1	0	1	0	1	0	0	1)	Правая круглая скобка
0	0	1	0	1	0	1	1	+	Плюс
0	0	1	0	1	1	0	1	—	Минус
1	0	1	0	1	1	1	1	/	Пропуск кадра
0	0	1	1	0	0	0	0		Цифры
1	0	1	1	0	0	0	1	1	
1	0	1	1	0	0	1	0	2	
0	0	1	1	0	0	1	1	3	
1	0	1	1	0	1	0	0	4	
0	0	1	1	0	1	0	1	5	
0	0	1	1	0	1	1	0	6	
1	0	1	1	0	1	1	1	7	
1	0	1	1	1	0	0	0	8	
0	0	1	1	1	0	0	1	9	
0	0	1	1	1	0	1	0		Двоеточие — главный кадр

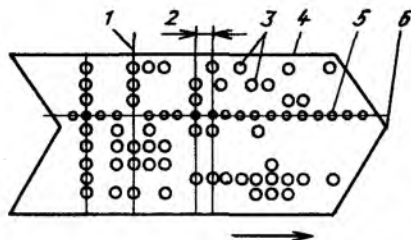
Кодовая комбинация								Символ	Название символа
8	7	6	5	4	3	2	1		
0	1	0	0	0	0	0	1	A	Буквы — символы адресов
0	1	0	0	0	0	1	0	B	
1	1	0	0	0	0	1	1	C	
0	1	0	0	0	1	0	0	D	
1	1	0	0	0	1	0	1	E	
1	1	0	0	0	1	1	0	F	
0	1	0	0	0	1	1	1	G	
0	1	0	0	1	0	0	0	H	
1	1	0	0	1	0	0	1	I	
1	1	0	0	1	0	1	0	J	
0	1	0	0	1	0	1	1	K	
1	1	0	0	1	1	0	0	L	
0	1	0	0	1	1	0	1	M	
0	1	0	0	1	1	1	0	N	
1	1	0	0	1	1	1	1	O	
0	1	1	0	0	0	0	0	P	
1	1	1	0	0	0	0	1	Q	
1	1	0	0	0	1	1	0	R	
0	1	1	0	0	0	1	1	S	
1	1	1	0	0	1	0	0	T	
0	1	1	0	0	1	0	1	U	
0	1	1	0	0	1	1	0	V	
1	1	1	0	0	1	1	1	W	
1	1	1	0	1	0	0	0	X	
0	1	1	0	1	0	0	1	Y	
0	1	1	0	1	0	1	0	Z	
1	1	1	1	1	1	1	1	3Б	Забой

перфоленты выполняет периферийное оборудование ЭВМ и контроль УП производится с помощью ЭВМ.

Ошибки в УП могут быть допущены как при задании исходных данных, так и при расчете и записи программы. Для выявления геометрических ошибок применяют различные графические устройства — графопостроители и дисплей. Изображение УП на дисплее высвечивается за доли секунды; они также позволяют упростить ввод исправлений в УП, для чего электронным карандашом, представляющим собой, как правило, фотодиод, подчеркивают изображение исправляемого элемента на экране и на клавиатуре набирают его новое значение.

Рис. 5.5. Фрагмент перфоленты:

1 — строка; 2 — шаг перфорации; 3 — кодовые отверстия; 4 — базовая кромка; 5 — отверстия для синхронизации; 6 — ведущая (транспортная) дорожка



5.3. Характеристики САП токарной обработки

Признак системы	Тип системы		
	САП-2	САПС 22/32	САПС-9
Язык программирования	В кодах ЭВМ	В кодах ЭВМ, ЯСК	ЯСК, ФОРТРАН
Способ задания информации	Текстовый	Текстовый	Текстовый
Программируемый геометрический элемент:			
прямая	+	+	+
окружность	+	+	+
наклонная плоскость	—	+	+
таблично заданная кривая	—	—	—
	ТЕХТРАН	СПС-ТАУ	СТОП-2
Язык программирования	ФОРТРАН	ЯСК	ФОРТРАН
Способ задания информации	Текстовый	Табличный	Текстовый или табличный
Программируемый геометрический элемент:			
прямая	+	+	+
окружность	+	+	+
наклонная плоскость	—	—	—
таблично заданная кривая	+	—	—

С увеличением количества станков с ЧПУ, внедряемых в производство, большое значение приобрело создание систем автоматического расчета УП на ЭВМ. К автоматизированным методам подготовки УП относятся: подготовка УП в технологическом бюро с автономной микроЭВМ, использование систем автоматического программирования на ЭВМ вычислительного центра завода и подготовка УП на станке.

С развитием систем ЧПУ изменяется соотношение количества программ, подготовленных тем или иным методом. Усиливается тенденция программирования у станка, а также использование для подготовки УП автономной микроЭВМ, установленной в технологическом отделе.

Расчет УП на универсальных ЭВМ сводится к разработке необходимого для этого программно-математического обеспечения. Системы автоматической подготовки (САП) УП создают также на базе автоматизированного рабочего места (АРМ) и микроЭВМ. В связи с развитием систем автоматического проектирования (САПР) создается возможность одновременно с чертежом проектировать технологию изготовления детали и получить УП на перфоленте или другом программноносителе.

САП делят на универсальные, рассчитанные на широкую группу станков, и специализированные, ориентированные на определенные модели станков. Универсальная САП должна быть

приспособлена к различным модификациям станков. Для этого универсальные системы строят из процессора и постпроцессора.

Процессор — часть системы, решающая общие для любого станка с ЧПУ задачи. Он выполняет геометрические и часть технологических расчетов. Процессоры имеют библиотеку с данными об инструментах, обрабатываемом материале, станках и т. д., что позволяет технологу-программисту сократить сведения, записываемые в исходные данные.

Постпроцессор решает задачи, связанные с переводом информации с языка ЭВМ на входной язык станка и его системы управления (табл. 5.3).

САП ТЕХТРАН широко применяется для подготовки УП. Достоинства системы — простота в обслуживании, гибкость, возможность расширения выполняемых функций. Для уменьшения объема оперативной памяти процессор и постпроцессор выполняют обработку данных по частям.

Процессор осуществляет ввод и трансляцию исходной программы на входном языке системы, выполняет заданные геометрические построения и рассчитывает траекторию движения инструмента. Результаты расчета выводятся в файл CLDATA. В случае отсутствия геометрических ошибок процессор формирует файл CLDATA-1, в котором содержатся геометрические и технологические данные, обрабатывает его, и на выходе формируется файл CLDATA-2, содержащий расчет траектории движения инструмента и технологическую информацию для постпроцессора. В системе ТЕХТРАН-Т использован специализированный технологический процессор для программирования обработки на токарных станках.

Постпроцессоры осуществляют чтение выходного файла процессора, контроль операторов постпроцессора, перевод геометрических данных в систему координат станка, проверку длины перемещений, расчет кодов подач, кодов частоты вращения шпинделя, формирование и вывод на печать и перфоленду УП. САП ТЕХТРАН комплектуется постпроцессорами для всех используемых станков с ЧПУ.

Для графического контроля УП постпроцессор формирует перфоленду для графопостроителей или выводит на экран траекторию перемещения инструмента.

Исходная программа описывается на входном языке САП. Программа представляет собой последовательность операторов и комментариев, описывающих алгоритм обработки деталей. Для записи программы используют буквы русского алфавита от А до Я, буквы латинского алфавита от А до Z, цифры от 0 до 9 и другие символы. Число представляется в виде последовательности цифр, среди которых может встретиться точка или буква Е. Точка отделяет целую часть числа от дробной, а буква Е — мантиссу числа от его порядка.

Тип геометрического элемента определяют служебные слова ТОЧКА, ПРЯМАЯ, ОКРУЖН, ВЕКТОР, МАТР, ПЛОСК. Геометрические элементы могут быть заданы различными способами. Так, существует 14 способов задания точки, например координатами, пересечением двух прямых и др. Для задания прямой могут быть использованы 14 способов, для окружности 16 и т. д.

```

1   ДЕТАЛЬ' ТОКАРНАЯ'
2   СТАНОК' 16K20 T1' 141
3   TЧ1=0,—76
4   ПРХ=ХПАР, 0
5   ПРХ=УПАР, 0
6   ПРЗ=УПАР, 13 0
7   ПР5=ХПАР, —20
8   ПР6=ТОЧКА (ПР5, ХКООРД, —35), 20
9   ПР7=ТЧ1,0
10  ПР8=ХПАР, —55
11  ПР9=ТОЧКА (ПРЗ, УКООРД, —35), 20
12  КР1=КАС, ПР6, ХБ, ТОЧКА (ПР8, ХКООРД, 30),
13  КОНТУР КД=ИЗ ТЧ1, УБ
14  ВПЕРЕД ПРУ
15  ВПРАВО ПР8
16  ВЛЕВО КР1
17  ВПЕРЕД ПР6: ПР5 НА ПР9
18  КОНКОН
19  КОНТУР КЗ=ИЗ ТЧ1, ХБ
20  ВПЕРЕД ПР7: ПР9
21  ВЛЕВО ПРЗ НА ПРХ
22  КОНКОН
23  ОПР=РАСТ (ТОЧКА (ПР7,ПРУ), ТОЧКА (ПР5,ПРУ))
24  ИЗ 200, —100
25  ВЫЗОВ'SY': OBDIPKA (III=1200, II=0,2, ЧПР=1, Т=5)
26  НАПРВ 0, 1, 0
27  БЫСТРО
28  ИДИ НА КД
29  ПОДАЧА ММОБ, 0,1
30  ВЛЕВО КД НА ПР7
31  БЫСТРО
32  ВТОЧКУ 200, —100
33  КОНЕЦ

```

Программы обработки деталей на токарных станках могут быть разработаны с использованием технологического процессора или без него, если необходимо реализовать технологические решения, отличающиеся от заложенных в алгоритм работы технологического процессора. Приведем текст программы токарной обработки, в которой не использованы средства технологического процессора. Часть программы оформлена в виде так называемого макроса (отдельного файла, в котором использованы циклы и условные операторы), что сокращает объем головной программы.

Строки программы содержат следующую информацию: 1 — заголовки программы; 2 — вызов подпроцессора (станок 16K20Т с ЧПУ «Электроника НЦ-31»); 3—12 — геометрические определе-

ния элементов, составляющих контур заготовки и детали; 13—18 — описание контура детали с оператором конца контура; 19—22 — описание контура заготовки; 23 — оператор присваивания (переменной ОНР присваивается значение припуска, равное расстоянию между прямыми ПР5 и ПР7); 24 — исходное положение инструмента; 25 — вызов макроса, в котором заданы частоты вращения шпинделя 1200 об/мин, подача 0,2 мм/об, глубина чистового и чернового рабочих ходов 1 и 5 мм соответственно; 26 — направление подхода к контуру детали; 27 — ускоренный ход; 28 — выход на контур детали для выполнения чистового рабочего хода; 29 — задание подачи на чистовую обработку; 30 — обход контура детали; 31 — ускоренный ход, 32 — возврат в исходную точку; 33 — ограничитель программы.

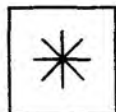
Оперативные системы управления типа CNC обеспечивают ввод, редактирование и автоматическое управление программ с пульта оператора. Для управления токарными станками применяется устройство ЧПУ «Электроника НЦ-31-01».

На рис. 5.6 показан пульт оператора, на котором имеются клавиши с соответствующими символами, индикаторы и сигнальные лампочки. Эти элементы для удобства работы объединены в группы (очерчены штриховыми рамками) по функциональному признаку.

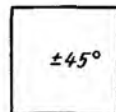
При наборе УП употребляются адреса команд: *N* — номер кадра; *X* и *Z* — поперечное и продольное перемещение резца; *P* — дополнительные геометрические параметры детали; *S* — частота вращения шпинделя; *T* — команда на выбор позиции поворотного резцедержателя; *F* — подача или шаг резьбы; *G* — подготовительная функция; *M* — вспомогательная функция. Кроме перечисленных при наборе программы и ввода ее в память ЧПУ, используется ряд дополнительных символов, смысловые значения которых приведены ниже.

**Изображе-
ние символа
на клавише**

Значение символа



Клавиша задания признака вхождения кадра в группу с одинаковым режимом работы ЧПУ в соответствии с командой по адресу *G*, заданной в первом кадре данной группы



Клавиша задания признака снятия фасок под углом 45°

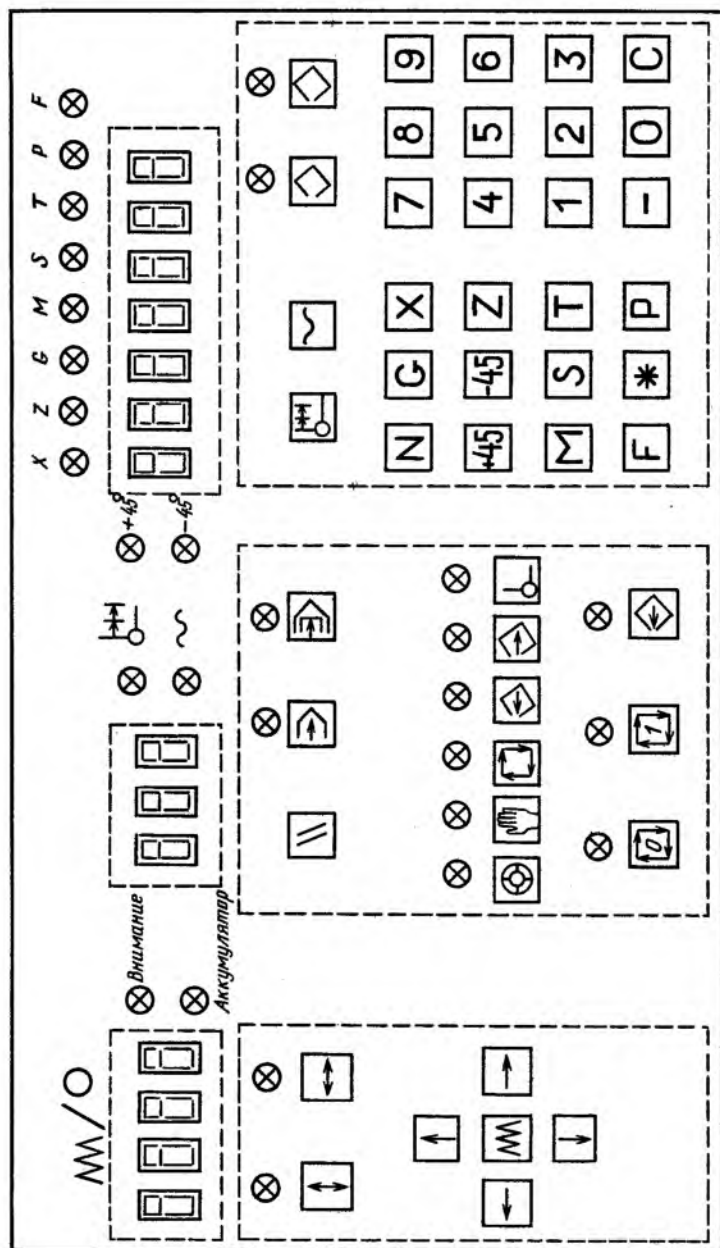
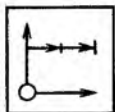
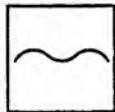


Рис. 5.6. Пульт оператора станка 16K20T



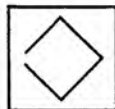
Клавиша задания относительной системы отсчета координат



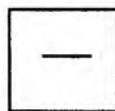
Клавиша задания признака ускоренного перемещения рабочего органа



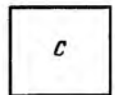
Клавиша разрешения на ввод и индикацию параметров системы управления



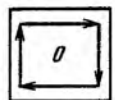
Клавиша разрешения на ввод в память новой информации (деблокировки)



Знак перед числовой частью



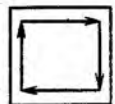
Сброс набранного на пульте буквенного адреса



Клавиша останова выполнения УП или отдельного цикла



Клавиша пуска рабочего цикла или УП в автоматическом режиме и выполнения команд в режимах «Ручной» и «Маховичок»



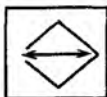
Клавиша управления в автоматическом режиме



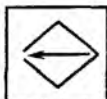
Клавиша управления режимом работы от маховичка



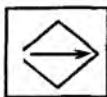
Клавиша перемещения в ручном режиме



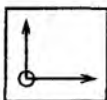
Клавиша для ввода в память ЧПУ кадров УП



Клавиша вывода, введенных в память УП кадров



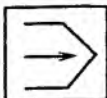
Клавиша задания режима ввода кадров УП



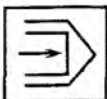
Клавиша включения режима размерной привязки инструмента к началу координат в исходной точке



Отмена состояния «Внимание» и команд, которые не должны дорабатываться до конца



Режим обработки программы без перемещения суппорта



Клавиша покадровой обработки УП



Поперечное направление и индикация положения по оси X от маховичка



Продольное направление и индикация положения по оси Z от маховичка



Клавиши перемещения в ручном режиме:



— X к' оси точения



+ X от оси точения



— Z к передней бабке

+ Z к задней бабке



Ускоренное перемещение рабочего органа (действует только совместно с одной из клавиш перемещения)

Настройка станка и ввод УП. Прежде всего выполняется размерная привязка каждого инструмента к системе координат станка методом пробных рабочих ходов с обработкой цилиндрических поверхностей и торцов с последующими измерениями фактически полученных размеров, которые учитываются при вводе в память ЧПУ координат исходных точек движения инструментов.

Ввод координат исходных точек по адресам X и Z в память системы осуществляется с использованием клавишей «Размерная привязка инструмента» и «Ввод в память ЧПУ кадров УП». Далее на пульте оператора набирается программа, предварительно составленная технологом-программистом на бланке. Режим ввода УП устанавливается нажатием клавиши «Ввод кадров УП». Затем нажимается клавиша «Деблокировка памяти» и набираются кадры УП.

После набора каждого кадра нажимается клавиша «Ввод в память ЧПУ кадров УП», в результате чего кадры последовательно вводятся в память. Последним вводится кадр с единственной командой M30, означающий конец программы

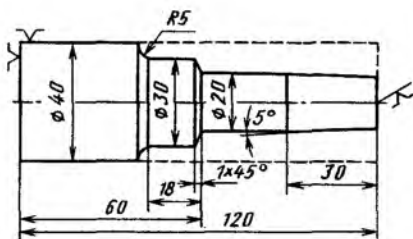


Рис. 5.7. Деталь для программирования обработки на станке 16K20T1

и вызов в нулевую зону для отработки другой программы, хранящейся в оперативном запоминающем ЧПУ.

Программа набирается на пульте оператора и хранится в электронной памяти устройства, постоянно питаемой от аккумуляторов. Программирование может быть в абсолютной и относительных системах отсчета, например:

1000 ~ — рабочий орган

станка должен выйти в точку с координатой по оси Z, равной 1000 дискрет (10 мм) на ускоренной подаче;

X2500 — рабочий орган станка выходит на диаметр, равный 25 мм на рабочей подаче, заданной в предыдущем кадре;

Z1000 (→) — рабочий орган движется вдоль оси Z на 10 мм на рабочей подаче.

Задание обработки фаски в 45°: X200+45°; X300—45°; 200+45° (знак + и — говорит о направлении движения рабочего органа вдоль той оси, которая не указана в кадре).

Для обработки конусной поверхности достаточно объединить два кадра, содержащих информацию по перемещениям вдоль осей X и Z, в группу. Для этого в первом из них необходимо ввести признак * — звездочка, например X — 200* Z100.

В подсистеме реализован ряд подготовительных функций, а также G25 — обращение к подпрограмме обработки; G31... G33 — группа циклов резьбонарезания; G70, G71 — группа однопереходных циклов; G72, G73 — цикл глубокого сверления; G74 — цикл обработки торцевой проточки; G75 — цикл обработки прямых наружных канавок; G77 — многопереходный цикл продольного и G78 поперечного снятия припуска; G92 — автоматическое смещение нулевой точки и т. д.

Наряду с кодами вспомогательных функций в системе приняты команды: M17 — возврат в основную программу из подпрограммы; M37 — режим обработки Зеркально по X; M38 — режим обработки Зеркально по Z и др. Ниже приведена программа обработки детали, представленной на рис. 5.7.

Номер кадра	Содержание	Примечание
0	M4	Включение главного привода с левым вращением шпинделя
1	T1	Команда на поиск инструмента (№ 1)
2	S5	Частота вращения шпинделя 500 об/мин
3	F35	Подача 0,35 мм/об
4	M8	Включение охлаждения

5	X3500 ~ *	Выход инструмента в исходную точку
6	Z12100	0,35 мм: 1 мм — от торца заготовки
7	Z4200	1-й черновой рабочий ход
8	X4100—45°	Фаска
9	Z12100	Выход инструмента поочередно по осям на ускоренной
10	X3000	подаче
11	X4200	1-й чистовой рабочий ход
12...14	G13*(→↗); X1000*; Z-500	Цикл обработки скругления 5 мм
15	Z12100	Выход инструмента
16	X2500	То же
17	Z6000	2-й черновой рабочий ход
18; 19	Z12100 ~ *; X2600	Выход инструмента
20	X2000	Ускоренный ход инструмента
21; 22	X2500*; Z9000	3-й черновой рабочий ход
23; 24	Z12100 ~ ; X1458	Выход инструмента
25	X2000*	2-й чистовой рабочий ход обработки конуса
27	Z6000	2-й чистовой рабочий ход — обработка цилиндра Ø 20
29	X3200—45°	Фаска 1×45°
30	M5	Выключение главного привода и охлаждения
31	X8000 ~ *	Отход инструмента
32	Z 12000	
33	M30	Конец программы

Микропроцессорные системы управления позволяют ввести УП с клавиатуры пульта управления в режиме диалога. Причем ввод УП может быть осуществлен во время работы станка по программе, записанной на перфоленте, мини-кассете или в электронной памяти. Ввод УП с пульта станка облегчает процесс программирования.

При работе системы управления в режиме диалога на экране дисплея высвечивается последовательность вопросов, на которые оператор отвечает нажатием определенных буквенных или цифровых клавиш. Эти вопросы могут также высвечиваться на экране в виде перечня (меню), из которого следует выбрать нужный вариант (режим «Вопрос-Ответ»).

Диалоговые системы ориентированы на определенную группу станков и характерную для этих станков технологию обработки. Существует два метода задания УП с помощью меню. По первому методу на поле экрана высвечивается перечень вопросника с присвоением каждой позиции порядкового номера. Выбор позиции осуществляется нажатием на пульте цифровой клавиши, соответствующей номеру строки.

По второму методу рядом с экраном дисплея размещается ряд кнопок. Напротив этих кнопок расположено поле дисплея, на котором высвечиваются сокращенные слова, обозначающие варианты обработки. Для выбора варианта обработки или режима работы надо нажать кнопку, которая находится напротив слова.

Достоинством этого метода является простота ввода УП. В некоторых диалоговых системах предусмотрена возможность контроля введенной программы — вычерчивание на дисплее контура детали и траектории движения инструмента.

В широко применяемом микропроцессорном ЧПУ «Электроника НЦ 31-01» возможен ввод циклов обработки с адресом *G* в режиме диалога. Ввод циклов, состоящих из последовательности кадров, — одна из наиболее трудоемких и часто используемых операций ввода; диалоговый режим позволяет упростить ввод УП и уменьшить число ошибок.

В диалоговом режиме буквенные адреса параметров обработки автоматически высвечиваются приглашением для ввода числовой части параметра и необходимых признаков. В приведенном ниже примере показан порядок ввода в диалоговом режиме циклов *G31* (многопереходный цикл резьбонарезания) и *G77* (многопереходный продольный черновой цикл). Подчернутые буквенные адреса и номера последующих кадров высвечиваются и вводятся автоматически, поэтому их набирать не нужно.

100	31	Вход в режим диалога для ввода цикла <i>G31</i>
101 \bar{X}		Параметр <i>X</i> опущен
101 \bar{Z}	1500	—
102 \bar{F}	10000	—
103 \bar{P}	150	—
104 \bar{P}	20	Система вышла из режима диалога
105 \bar{G}	77	Вход в режим диалога для ввода цикла <i>G77</i>
106 \bar{X}	250	—
107 \bar{Z}	—150	—
108 \bar{F}	30	—
109 \bar{P}	50	—
110 \bar{P}	30	Последний параметр в цикле и выход из режима диалога
111		Система готова для дальнейшего ввода

После конца ввода цикла его можно просмотреть в режиме индикации и исправить ошибку в любом параметре в режиме ввода. Недостатком диалоговых систем программирования является отсутствие универсальности в подходе к разработке УП.

Наряду с развитием диалоговых, оперативных систем подготовки УП у станка дальнейшее развитие получают системы программирования, работающие в комплексных системах автоматизированного проектирования и производства типа САД/САМ — комплексной системы, состоящей из подсистем, с помощью которых производится формирование цифровой модели детали, вычерчивание рабочих чертежей и эскизов на графопостроителях, проектирование технологического процесса и формирование УП. Такие системы позволяют сократить затраты и время на подготовку УП, повысить их качество и эффективность использования оборудования с ЧПУ за счет отсутствия брака в УП, сократить срок подготовки производства новых деталей.

ТОКАРНЫЕ СТАНКИ В СОСТАВЕ ГПМ И ГПС ДЛЯ ОБРАБОТКИ ТЕЛ ВРАЩЕНИЯ

1. ТРЕБОВАНИЯ К ОБОРУДОВАНИЮ, РАБОТАЮЩЕМУ В СОСТАВЕ ГПМ И ГПС

Создание станков с ЧПУ не в полной мере решает проблему автоматизации механообработки. Требуется участие человека в выполнении транспортных и складских операций, наладки, контроля, подготовки инструмента и оснастки, загрузки заготовок и т. д. В массовом производстве находят широкое применение автоматические линии, где автоматическая загрузка-разгрузка оборудования осуществляется автооператорами. В серийном производстве обработка деталей ведется партиями, требуется частая переналадка станков.

Автоматизация единичного, мелкосерийного и серийного производства стала возможна на основе применения в комплексе со станками с ЧПУ вспомогательного оборудования, управление которым также осуществляется на основе принципов числового программного управления с использованием микропроцессоров, мини-ЭВМ. Такие комплексы из оборудования с ЧПУ, переналаживаемого на выпуск широкой номенклатуры типовых деталей, функционирующих по принципу гибкой технологии, получили название гибких производственных систем (ГПС), основным элементом которых является гибкий производственный модуль (ГПМ).

Токарный ГПМ включает в себя токарный станок с ЧПУ типа CNC, промышленный робот для загрузки-разгрузки станка, накопители заготовок и обработанных деталей. В состав ГПМ входит и оборудование для контроля деталей — измерительные головки, щупы и измерительные машины.

Два или более ГПМ образуют ГПС. В соответствии с ГОСТ 26228-84 ГПС определяется как совокупность технологического оборудования и системы обеспечения его функционирования в автоматическом режиме, обладающая свойством автоматизированной переналадки при производстве деталей разной номенклатуры. Для обработки деталей типа тел вращения (валы, диски и т. п.) в составе ГПС применяют в основном токарные центровые, патронные и патронно-центровые станки с микропроцессорными ЧПУ.

В состав ГПС входят и сверлильно-фрезерные станки, в том числе обрабатывающие центры, что позволяет выполнить на ГПС до 75—80 % трудоемкости обработки деталей данного типа. С включением в ГПС шлифовальных и зубообрабатывающих станков с ЧПУ такие детали могут быть обработаны полностью.

Станки одинакового технологического назначения на ГПС должны быть одной модели. Благодаря этому достигается взаимозаменяемость станков, крепежной оснастки, инструмента и УП; упрощается обслуживание и ремонт оборудования; обеспечивается более полная загрузка его по времени.

К станкам в составе ГПС предъявляют требования: 1) обеспечение двухсменной работы в автоматическом режиме; 2) обработка в автоматическом режиме значительной номенклатуры деталей при максимальной концентрации операций; 3) возможность быстрой переналадки оснастки при изменении номенклатуры и типоразмеров обрабатываемых деталей и др.

Станки с ЧПУ, рекомендуемые для ГПС, должны поставляться с расширенными комплектами режущего и вспомогательного инструмента. Номенклатура режущего инструмента разрабатывается на основе анализа типовых деталяеопераций, подлежащих выполнению на станках этой ГПС. Комплект крепежной оснастки ГПС включает в себя оснастку для токарных и сверлильно-фрезерных работ.

Токарные станки ГПС рекомендуется оснащать трехкулачковыми механизированными клиновыми патронами различных типоразмеров с гидравлическими, пневматическими или электромеханическими приводами.

Для обеспечения бесперебойной работы станков при ремонте одного из патронов в комплект ГПС рекомендуется дополнительно включать запасной патрон с соответствующим комплектом кулачков. Для быстрой смены патронов необходимо обеспечить взаимозаменяемость их установки на станках.

Патроны оснащаются одним комплектом закаленных многоступенчатых сменных кулачков и комплектом мягких (незакаленных) кулачков. Патроны, позволяющие обрабатывать детали в центрах, оснащаются комплектом центров для установки на них заготовок с различными центровыми отверстиями.

В комплект крепежной оснастки могут быть включены консольные и центровые оправки, люнеты и пр. Для крепления деталей на столах сверлильно-фрезерной группы применяют различные виды оснастки: тиски для крепления валов при выполнении на них фрезерных, центровальных и сверлильных операций, приспособления с поворотным и неподвижным патроном для крепления деталей типа фланцев, комплекты сменных кулачков к патронам, угольники, плиты и др.

Загрузку заготовок на станок и съем обработанных деталей осуществляет промышленный робот. Станок оснащается тактовым

столом или накопителем заготовок другого типа. Контроль качества обрабатываемых деталей производится установленными на станке измерительными головками или на координатно-измерительной машине (КИМ) с ЧПУ.

Обычно предусматривается подключение станка с ЧПУ к транспортной системе, обеспечивающей подачу всего необходимого для его производительной эксплуатации. Ее назначение — транспортирование обработанных деталей, подача заготовок, требуемого инструмента и СОЖ, удаление стружки. Станок для ГПС оснащается устройствами автоматизированного активного контроля: размеров заготовки; введения необходимой коррекции в УП; поломки и износа инструмента; режимов резания, устройствами адаптивного управления, обеспечивающими его автоматическую подналадку.

Промышленные роботы (ПР) являются универсальным средством автоматизации производственных процессов. ПР могут осуществлять загрузку заготовок и разгрузку готовых деталей, контроль, смену инструмента и уборку стружки; обеспечивать установку и смену средств контроля в автоматическом режиме.

К ПР, работающим в составе ГПМ, предъявляются следующие требования: автоматическая перенастройка при смене обрабатываемых деталей по управляющим командам; соответствие характеристики ПР сложности выполняемых работ и совместимость ПР с другим оборудованием и системами управления.

В ГПМ механообработки возможно различное расположение оборудования: линейное, параллельное и др. В зависимости от конструкции ПР бывают (рис. 6.1): напольные (рис. 6.1, а, б), встроенные роботы и подвесные (рис. 6.1, в, г). Встроенный робот может быть присоединен к передней части токарного станка или расположен на передней бабке. Наибольшую грузоподъемность имеет подвесной робот. На фундаменте устанавливают две стойки с расположенной на них траверсой.

Межоперационные склады могут быть двух типов: 1) склады с пассивным хранением заготовок (контейнеры, поддоны, кассеты, магазины и др.); 2) склады с активным хранением заготовок (тактовые столы, конвейеры и др.).

Поддон — лист, плита или плоская коробчатая конструкция, на верхней поверхности которой в определенном порядке помещены заготовки. Последние вместе с поддоном хранятся и транспортируются в пределах ГПС.

Поддоны могут быть специального или универсального типа. В первом случае гнездо поддона повторяет форму заготовки. Такой поддон носит название кассеты (рис. 6.2, а). Во втором случае один и тот же поддон служит для размещения разных заготовок. В общем случае поддон имеет сетку Т-образных пазов или резьбовых отверстий и снабжен набором установочных, крепежных и разделительных элементов. Переналадка поддонов

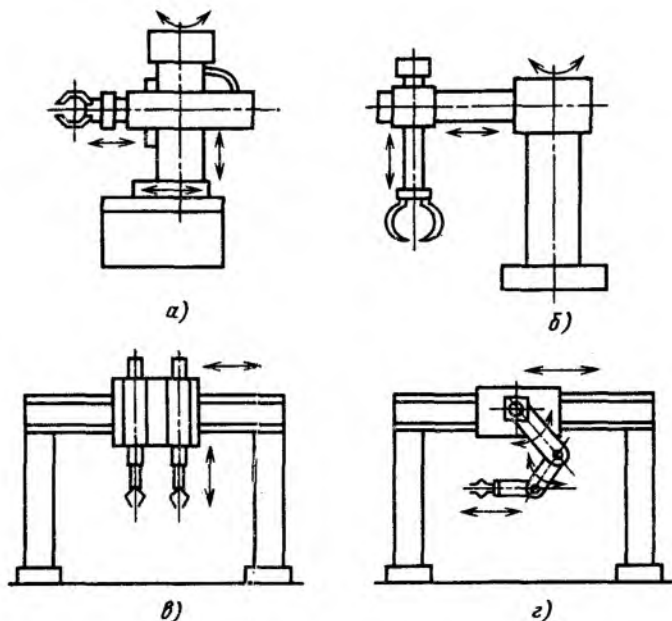


Рис. 6.1. Типы промышленных роботов, применяемых в ГПМ: напольного типа (а, б) портального типа (в, г)

заключается в такой установке различных элементов, чтобы обеспечить рациональное размещение заготовок.

Второй тип многооперационных складировующих устройств — тактовые столы (рис. 6.2, б) и конвейеры. Стол имеет привод периодического действия. На столе размещается определенное число заготовок. После разгрузки станка стол поворачивается на один шаг, очередная заготовка загружается на станок.

Тактовый стол поворотного типа применяется обычно при обработке крупногабаритных деталей. На рис. 6.2, в показан тактовый стол цепного типа (вид сверху). К цепному конвейеру крепят несущие лопасти, на которые устанавливаются заготовки. При перемещении на один шаг очередная заготовка поступает на позицию загрузки. Цикл загрузки является постоянным.

Эффективность работы ГПС из ГПМ токарной обработки во многом определяется конструкцией, степенью автоматизации, надежностью и гибкостью **транспортных средств**: автоматизированной транспортно-складской системой (АТСС) погрузки-выгрузки деталей и заготовок, автоматизированной системой инструментального обеспечения (АСИО).

АТСС предназначена для транспортирования с центрального склада заготовок в таре на приемные позиции ГПМ для

Рис. 6.2. Поддон (а) и так-
товые столы поворотного (б)
и цепного (в) типа

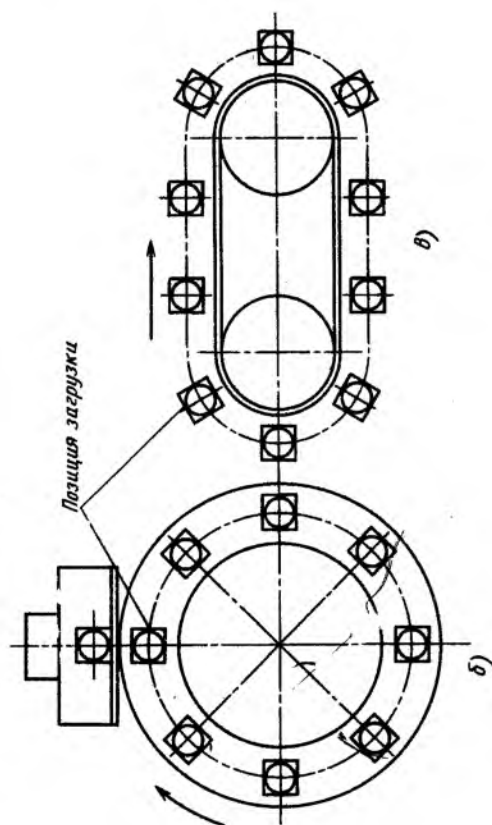
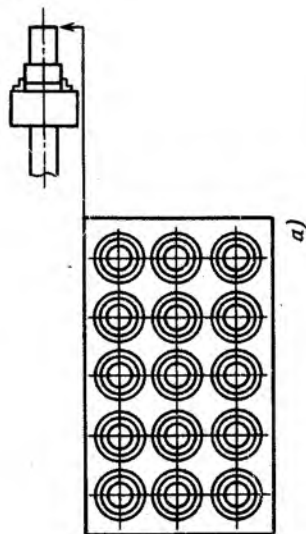


Рис. 6.3. Склады с автоматическим
складом-штабелером с одним (а) и
двумя (б) стеллажами

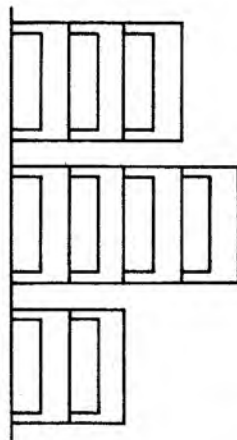
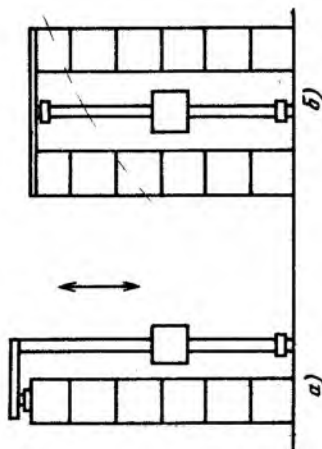


Рис. 6.4. Склад в виде контейнера-
накопителя

оперативного наполнения заготовками накопителей небольшой вместимости (тактовых столов) у станков.

Применяемые АТСС по компоновке могут быть прямоточными (линейными, разветвленными) и кольцевыми. АТСС могут выполняться в виде стеллажа-накопителя со штабелером (рис. 6.3) и в виде контейнера-накопителя (рис. 6.4).

В комбинированных АТСС, включающих стеллажи-накопители и контейнеры-накопители, операции по транспортированию тары с позиции накопителя на приемные позиции станков и обратно осуществляют самоходные тележки рельсовые (автооператоры) и безрельсовые (робокары). Применение робокар позволяет широко варьировать компоновки оборудования с различными транспортно-технологическими маршрутами обработки деталей. Траектория движения робокара задается кабелем, проложенным на глубине до 20 мм в полу цеха. Кабель, по которому пропускается переменный электрический ток, образует замкнутый контур. При этом создается магнитное поле с концентрическим расположением силовых линий, которое взаимодействует с витками катушек индуктивности, смонтированных на тележке. Электронное устройство рулевого управления тележки корректирует направления движения над кабелем. При разветвленных маршрутах программа движения (адресование) задается с пульта электронного устройства на самой тележке или с центрального пульта управления.

В самоходных тележках с бортовой ЭВМ траектория движения задается светоотражающей полосой, нанесенной на пол участка, а ее считывание осуществляется с помощью электронно-оптических датчиков инфракрасного диапазона.

Роботизированная тележка оснащена загрузочным устройством, выполненным в виде стола, в верхней части которого расположен толкатель. Когда тележка останавливается у рабочей позиции, детали, находящиеся на тележке, выгружаются с помощью толкателя. Для загрузки тележки используется толкатель, установленный на рабочей позиции.

АСИО должна выключать: контроль поступающего режущего и вспомогательного инструмента; его комплектацию и размерную настройку в сборе с приспособлением для его крепления; доставку настроенного инструмента к станкам; наблюдение за состоянием инструмента при обработке деталей и его своевременную замену.

Автоматическая смена инструмента на станках может осуществляться заменой инструментального магазина и отдельных инструментов в магазине. Автоматическая замена магазина производится на станках одновременно со сменой номенклатуры детали, что позволяет заранее подготовить необходимый инструмент и расположить его в магазине в определенной последовательности. Время смены магазина инструментов входит в подготовительно-заключительное время изготовления партии

деталей. Недостатком этого способа являются потери времени на переустановки, потребность дополнительных производственных площадей, необходимых для размещения склада магазинов инструментов.

Автоматизированная система смены инструментов в магазине станка лишена этих недостатков, так как во время работы станка можно подавать инструмент для очередной детали. При этом подготовительно-заключительное время, связанное со сменой инструмента, минимально.

Контроль размеров в ГПМ осуществляют измерительными головками с шаровыми наконечниками. Головку устанавливают вместо инструмента и задают необходимые перемещения по программе. Головка фиксирует все отклонения измеряемой поверхности от номинального положения. Она может быть использована для контроля правильности установки заготовки и положения режущей кромки инструмента.

Для контроля правильности установки детали на станке используют пневмоизмерительные устройства. Датчики давления срабатывают, если зазор между соплом и поверхностью детали превышает 0,2 мм. Автоматизация закрепления на токарных станках осуществляется применением патронов с механизированным приводом.

Во избежание попадания стружки и СОЖ на системы управления, в загрузочные механизмы и устройства необходимо предусматривать защиту зоны резания. В подавляющем большинстве токарных станков с ЧПУ полностью ограждают зону обработки.

Удаление стружки связано прежде всего с необходимостью предварительного ее дробления. К основным способам дробления относятся кинематический, применение стружколомов на режущем инструменте, подбор соответствующих режимов резания и геометрии инструмента. На станках с ЧПУ используется программное прерывание подачи. Стружколомы для дробления витой стружки представляют собой пневматические вибраторы, колеблющиеся с амплитудой 0,4 мм и частотой 20 — 40 Гц в направлении подачи. Раздробленная стружка смывается СОЖ.

Эти способы обладают недостатками. Кинематический и программный способы снижают стойкость инструмента; стружколомы и вариация режимов резания малоэффективны при обработке коррозионно-стойкой и жаропрочной сталей. Эффективное дробление возможно при оптимальном сочетании этих способов. Удаление стружки за пределы станка достигается за счет его компоновки — вертикального и наклонного расположения направляющих станины, применения шнековых, скребковых и других конвейеров.

В ГПС различают входной, межоперационный и выходной контроль. Входной контроль должен установить соответствие

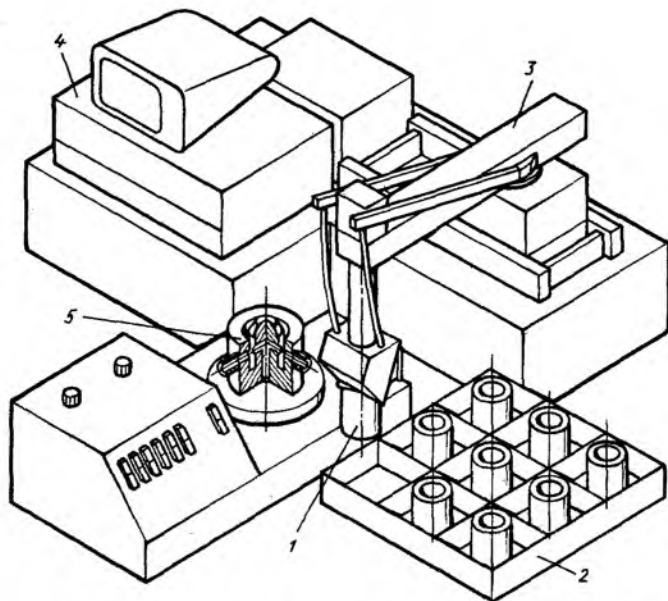


Рис. 6.5. Схема контроля размеров измерительным роботом

поступающих заготовок требованиям их обработки в ГПС. Для автоматического захвата заготовки роботом, зажима ее в приспособлении и правильной укладки на поддоне допуски на размеры, параллельность и перпендикулярность поверхностей должны быть достаточно высокими. Практически этого можно достичь: 1) повышением точности оборудования и техпроцессов заготовительного производства; 2) введением предварительной обработки заготовок перед ГПС. Выходной контроль должен установить соответствие обработанной детали чертежу и ТУ.

КИМ с ЧПУ, имеющие автоматические загрузочно-разгрузочные устройства и автоматическую смену измерительных головок, образуют модуль. КИМ можно разделить на консольные, бесконсольные, порталные и мостовые.

Контроль размеров в ГПМ может проводиться также промышленным роботом «Электроника НЦ ТМ-01», оснащенным пневматическими средствами порогового контроля (рис. 6.5), позволяющими контролировать диаметры деталей тел вращения с точностью до нескольких микрометров. Рука ПРЗ переносит деталь 1 со станка на контрольную позицию 5. После измерения робот 3 укладывает деталь в поддон 2, а результаты измерения фиксируются в памяти ЭВМ. В случае необходимости система управления 4 роботом останавливает работу ГПМ.

Износ и поломку инструмента контролируют одним из трех способов: измерением силы резания при обработке; измерением износа инструмента контактными или бесконтактными способами.

В первом случае состояние инструмента контролируется по данным измерения силы резания с помощью датчиков, встроенных в суппорт станка под револьверной головкой. Датчик представляет собой пьезоэлемент, соединенный с электронным преобразователем. Датчик за 2 мс фиксирует изменение силы резания вследствие поломки инструмента и выдает сигнал в управляющее устройство о прекращении подачи.

Система управления ГПС имеет многоуровневую структуру. В *нижний уровень* входят микропроцессорные устройства управления оборудованием (ГПМ, ПР и др.). *Средний уровень* составляет мини-ЭВМ. Каждая из них управляет несколькими единицами оборудования и обменивается информацией с ЭВМ нижнего уровня. Функциями ЭВМ среднего уровня являются: координация работы оборудования, оптимизация циклов и процессов, учет результатов функционирования системы, составление УП. *Верхний уровень* — большая универсальная ЭВМ, связанная с автоматизированной системой управления производством.

Применение на нижнем уровне автоматизированных модулей с гибкой перестраиваемой технологией, ЧПУ типа CNC обеспечивает существенное повышение надежности всей системы за счет полного исключения перфоленты как программносителя при вводе управляющих программ и передачи управляющих сигналов от ЭВМ по проводам, минуя считывающее устройство ЧПУ. Микропроцессорные системы ЧПУ позволяют унифицировать аппаратные средства ЧПУ для различных групп станков. Так, ЧПУ, специализированным для токарной группы станков, является «Электроника НЦ-31». Им оснащают токарные станки различных типоразмеров, в том числе встраиваемые в ГПС.

2. ГПМ И ГПС ДЛЯ ОБРАБОТКИ ТЕЛ ВРАЩЕНИЯ

В ГПМ для обработки тел вращения применяют встроенные и автономные роботы, обслуживающие один или несколько станков. На рис. 6.6 показан ГПМ со встроенным роботом и накопителем кассет. Плоские кассеты размещаются друг над другом и выдвигаются тактовым механизмом на стол в позицию захвата ПР. После обработки детали вновь устанавливают в эти же приспособления и затем накопитель с готовыми деталями загружается в тележку.

На рис. 6.7 показан модуль, выполненный на базе токарного станка с ЧПУ. Станок имеет механизированные приводы зажимных патронов, ограждения и соответствующие датчики для получения сигналов о состоянии оборудования, наличии заготовок и т. д.

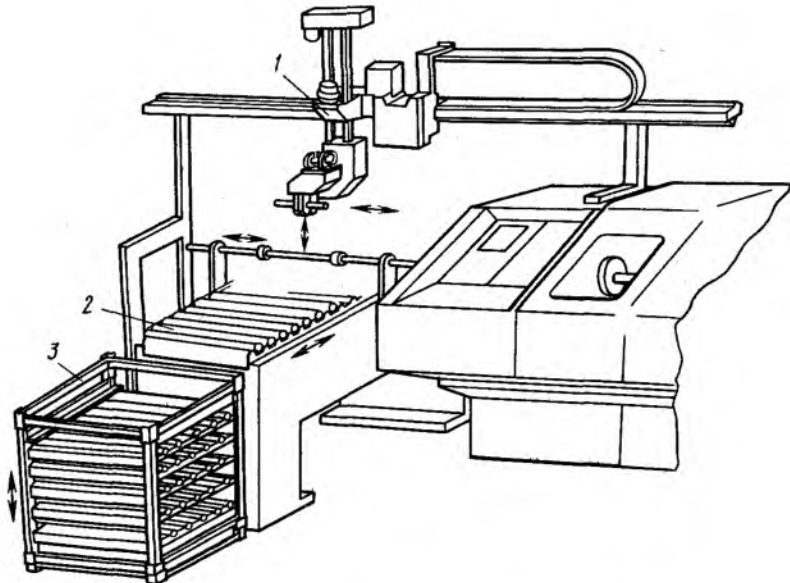


Рис. 6.6. ГПМ со встроенным роботом и накопителем кассет:

1 — порталный робот; 2 — автоматизированный накопитель кассет; 3 — кассета на вспомогательном столе

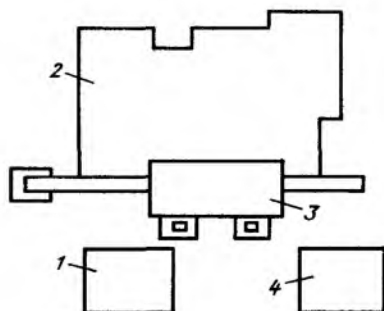


Рис. 6.7. ГПМ на базе токарного станка с ЧПУ:

1 — тара для заготовок; 2 — токарный станок 1П420ПФ40 с ЧПУ; 3 — робот порталного типа СМ 40Ф280; 4 — тара для деталей

В состав ГПМ для токарной обработки штучных заготовок в автоматическом режиме в условиях мелкосерийного и серийного многономенклатурного производства входят полуавтомат 1П426ФЗ, промышленный робот М20Ц.48.01 и стол тактовый СТ-350. На полуавтомате можно производить обточку, расточку, сверление, зенкерование, развертывание, обточку и расточку канавок, подрезку торцов, обработку резьб резцом, обработку конических и криволинейных поверхностей. Полуавтомат снабжен конвейером для удаления стружки. ГПМ целесообразно применять при повторяющихся партиях деталей в количестве 100—5000 шт. с временем обработки партии 1—50 смен.

ПР осуществляет автоматическую загрузку полуавтомата заготовками и съем обработанных деталей. Полуавтомат

выполняет автоматическую обработку заготовки по УП. Тактовый стол служит магазином заготовок и накопителем обработанных деталей. Зона действия рук робота ограждена.

ГПМ работает по следующему циклу: 1) захват рукой заготовки с тактового стола; 2) перенос заготовки в патрон полуавтоматом; 3) зажим заготовки в патроне; 4) отвод руки; 5) закрытие экрана ограждения полуавтомата; 6) обработка заготовки по УП от ЧПУ, в процессе которой рука берет следующую заготовку с позиции тактового стола и перемещается в исходное положение (перед экраном полуавтомата); 7) открытие экрана ограждения; 8) подвод руки к детали; 9) разжим патрона; 10) отвод руки разгрузки с обработанной деталью; 11) загрузка детали.

Стружкоконвейер при работе станка удаляет стружку из зоны обработки в тару. Автоматизация цикла обработки заготовок дает возможность одному оператору обслуживать три ГПМ.

Технологическая характеристика ГПМ

Размер обрабатываемых заготовок, мм	40—200
диаметр	30—100
длина	20
Наибольшее рабочее перемещение револьверного суппорта, мм:	
продольное	500
поперечное	330
Диаметр зажимного патрона, мм	250
Расстояние между гранями револьверной головки, мм	350
Частота вращения шпинделя (регулирование бесступенчатое), мм ⁻¹	12,5—2500
Скорость рабочей подачи револьверного суппорта, мм/мин:	
продольная	1—6000
поперечная	0,5—3000
Дискретность задания перемещения револьверного суппорта, мм:	
продольного	0,01
поперечного	0,005
Скорость быстрых перемещений револьверного суппорта, м/мин:	
продольных	10
поперечных	5
Мощность электродвигателя привода главного движения, кВт	30
<i>ПР</i>	
Грузоподъемность на одну руку, кг	20
Число рук	2
Число захватов	2
Число степеней подвижности без учета движения губок захватов	9
Наибольший ход каретки, мм	3500
Наибольший ход рук, мм	630
Угол поворота, °:	
рук	27
шпинделей рук	90 или 180
захватов	90
Наибольшая скорость линейных перемещений, м/с:	
каретки	1,2
выдвижения рук	0,5

Наибольшая скорость угловых перемещений, градус/с:	
поворота рук	30
поворота шпинделей	90
Точность позиционирования каретки, мм	± 1
<i>Тактовый стол</i>	
Тип	Пластиначтый
Число пластин	12
Грузоподъемность одной пластины, кг	20
Время поворота на одну позицию, с	20
Точность позиционирования пластин, мм	± 1
Мощность электродвигателя, кВт	0,55
Размеры тактового стола, мм	3040×960×1870

ГПС токарной обработки предназначена для автоматизированной обработки деталей типа тел вращения, имеющих наружные и внутренние цилиндрические, торцовые поверхности со ступенчатым и криволинейным профилем и резьбой. ГПС включает: два ГПМ токарной обработки, созданных на базе станков 1П340Ф30 и роботов «Электроника НЦ ТМ-01», АТСС; систему управления; систему визуального контроля; систему автоматизированного проектирования технологических процессов и УП.

ГПМ обеспечивает снятие кассет с заготовками с автономного транспорта обработку деталей, укладку их в кассеты и погрузку на платформу автономного транспорта в автоматическом режиме. Обеспечивается обработка заготовок со следующими характеристиками:

Максимальный диаметр, мм	150
Максимальная длина обработки, мм	100
Максимальная масса заготовки, кг	3

Токарно-револьверный станок 1В340Ф3 оснащен крестовым суппортом с вертикальной осью револьверной головки, позволяющим производить все виды токарной обработки. Конструкция восьмипозиционной револьверной головки обеспечивает высокую жесткость и быстродействие фиксации.

Робот «Электроника НЦ ТМ-01» имеет пять степеней подвижности и двухкистевой схват и обеспечивает выбор заготовок из кассеты по координатам X и Y с перемещением до 300 мм вдоль каждой и перенос заготовки в зону обработки с подъемом по оси Z до 160 мм, съем обработанных деталей, установку заготовок в патрон, укладку обработанных деталей в кассету.

Устройство смены кассет дает возможность автоматизировать прием или выдачу их с автотранспортным средством (АТС) и ориентацию кассет на станке относительного робота.

Система управления ГПС выполнена на базе мини-ЭВМ СМ-1420 и осуществляет: 1) получение сменно-суточного задания от автоматизированной системы управления производством (АСУП) или от оператора, хранение в течение суток; 2) обмен

информацией и УП с системами управления ГПМ токарной обработки и АТСС; 3) создание и ведение информационной модели роботизированного склада и архива УП; 4) хранение информации о состоянии оборудования и систем управления.

Система визуального контроля предназначена для наблюдения за ходом протекания операций АТСС и процессов механической обработки ГПМ. Выполнена она на базе стандартных телевизионных установок ПТУ-46 и ПТУ-52.

Подготовка техпроцессов для ГПС осуществляется посредством системы автоматизированного проектирования технологических процессов (САПР ТП). В функции человека входят чтение чертежа и формирование технологического маршрута с указанием геометрических данных обрабатываемых деталей.

Подготовка УП реализуется системой автоматизированного проектирования, которая обеспечивает взаимодействие технолога с системой в режиме диалога с помощью видеотерминала, а также расчет управляющих программ для ГПС. Применение САПР УП сокращает сроки подготовки УП в 2—3 раза по сравнению с обычными методами и снижает трудоемкость подготовки УП в 3—5 раз.

ГПС оснащена также системой диагностики инструмента при резании с использованием датчиков износа инструмента.

ГПС типа АСВ (автоматизированные системы обработки тел вращения) служит для черновой и чистовой обработки тел вращения в условиях серийного и мелкосерийного производства (табл. 6.1).

На ГПС типа АСВ обрабатывают заготовки диаметром до 500 и длиной до 1000 мм, а также мелкие корпусные детали. АСВ состоят из токарных и многооперационных станков с контурной системой ЧПУ. Число станков от 3 до 15.

ГПС типа АСВ представляют собой унифицированные комплексы станков с ЧПУ, инструмента, вспомогательной и крепежной оснастки, межстаночных транспортно-накопительных, перегрузочных и вспомогательных устройств, обслуживаемых ЭВМ.

В состав ГПС входят: 1) станки с ЧПУ — токарные полуавтоматы и станки сверлильно-фрезерной группы, в том числе обрабатывающие центры (могут быть включены также шлифовальные, зубообрабатывающие и другие станки с ЧПУ); 2) комплекты инструмента и вспомогательной оснастки; 3) комплект оснастки для базирования и крепления заготовок; 4) транспортно-накопительная система для оперативного хранения и доставки к рабочим местам обрабатываемых деталей, а также при необходимости инструмента и оснастки, и удаления стружки от станков; 5) вспомогательное оборудование для инструментальной и приемосдаточной секций, включая устройства для настройки инструмента и оснастки вне станка, стеллаж для хранения

6.1. Техно-экономические показатели ГПС

Параметр	Тип ГПС					
	АСВ201	АСВ21	АСВ22	АСВ25	АСВ26	АСВР01
Размер деталей, мм (диаметр × длина)	500 × 500	250 × 750	250 × 750	320 × 1000	570 × 345	400 × 1400
Квалитет	6—14	6—9	6—9	6—9	7—8	7
Число наименований деталей в год	500	240	300	150	50	30
Годовой выпуск деталей, шт.	66 000	78 000	58 000	65 000	60 000	15 275
Число станков в ГПС	15	10	12	10	12	3
Занимаемая производственная площадь, м ²	740	678	795	500	610	117,2
Коэффициент сменности оборудования	1,2—2,8	1,2—2	1,8—2	1,8—2	—	2
Коэффициент загрузки станков с ЧПУ	0,55	0,6	0,55	0,52	0,6	0,85
Число операторов в две смены	32	24	28	26	34	2
УВК	СМ1406	М6000	М600	СМ1	СМ1420	—

режущего инструмента и оснастки и др.; б) УВК на базе ЭВМ типа М6000, СМ1 или СМ4 для выполнения оперативно-производственного планирования и учета.

Область наиболее эффективного применения ГПС данного типа — мелкосерийное производство. Заготовками для обрабатываемых деталей служат прокат, поковки, штамповки и отливки. Обрабатываемый материал — сталь, чугун, алюминиевые и цветные сплавы.

На ГПС выполняют предварительные и окончательные токарные операции: обработка ступенчатых и криволинейных наружных, внутренних, торцовых поверхностей, резьбонарезание, сверление, зенкерование, развертывание отверстий, фрезерование лысок, пазов, контуров и т. п.

Структуру ГПС типа АСВ можно разделить на комплекс оборудования, включающий станки с ЧПУ, роботы и КИМ (рис. 6.8), и комплекс систем, обеспечивающих автоматическую работу оборудования. В ГПС применен секционный принцип компоновки.

Кроме токарных и сверлильно-фрезерных секций, в состав ГПС в его типовом исполнении включены секции: наладки и комплектации инструмента, приема-сдачи и ОТК, электропитания и автоматического манипулятора (трансманипулятора), удаления стружки, а также диспетчерское отделение, межстаночный конвейер, вспомогательные средства для транспортирования грузов.

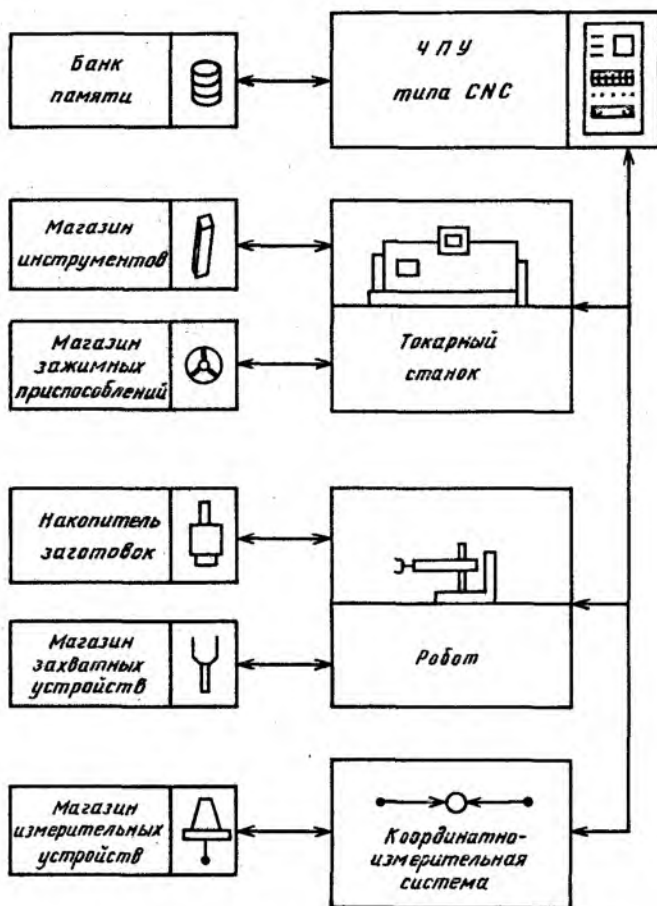


Рис. 6.8. Комплекс оборудования и систем ГПС

Для хранения инструмента и оснастки в инструментальной секции применяют вращающиеся приводные стеллажи. В секции также имеются: два оптических прибора для настройки инструмента на размер, приемные столы, две ручные тележки и другое оборудование.

Секция приема-сдачи и ОТК предназначена: для приема заготовок, временного их хранения и накопления тары с заготовками; для отправки заготовок на механическую обработку к станкам и выдачи готовой продукции заказчику или полуфабрикатов для производства операций вне участка, контроля деталей и заготовок.

Предусмотренная для подвоза и вывоза заготовок площадь

позволяет производить загрузку тары на приемные столы и их выгрузку с помощью цехового крана и электро- и автопогрузчика. Межстаночный напольный тележечно-цепной конвейер предназначен для межоперационного накопления, транспортирования и доставки на рабочие места тары с заготовками, деталями, оснасткой, а также для вывоза стружечных емкостей от станков. Конструкция конвейера позволяет одновременно применять тары различных размеров в зависимости от размеров и величины партии обрабатываемых деталей; транспортировать заготовки и инструмент, крепежную оснастку и стружку; наблюдать за грузами; осуществлять прямую доставку грузов к рабочим местам без промежуточного хранения.

Автоматический манипулятор предназначен для автоматической перегрузки и транспортирования тары, инструментальных спутников от конвейера на приемные столы у рабочих мест и обратно.

Трансманипулятор — самоходная тележка с поворотной платформой и выдвижными каретками для груза. Его тележка с поворотной платформой движется по рельсам. Для безопасности тележка оснащена световой сигнализацией и подпружиненными обрезиненными бамперами, которые отключают привод тележки при наезде на препятствие.

Секция удаления стружки служит для перегрузки стружечных емкостей от станков на конвейер и обратно посредством гидроукладчика.

Централизованный сбор стружки, временное ее накопление и сортировка по виду металла происходят в секции сбора. В секции имеются два манипулятора-кантователя и три контейнера для стружки.

Для транспортирования и временного хранения инструмента, оснастки, приспособлений, заготовок и стружки используют поддоны, инструментальные спутники, ящичную тару и стружечные емкости.

Груз, подаваемый на конвейер из секций приема-сдачи, наладки и комплектации инструмента, устанавливается на поддоны, использование которых позволило применять тары различных типоразмеров.

Инструментальные спутники используют для транспортирования в них оснастки, а также сопроводительной технической документации, включая перфоленту, измерительного инструмента.

Секционное построение позволяет комплектовать ГПС станками различного назначения, количество которых зависит от номенклатуры обрабатываемых деталей и их годового выпуска. Такой принцип построения позволяет также сократить объем проектно-конструкторских работ и уменьшить сроки освоения производственных мощностей.

Станки располагают попарно и перпендикулярно конвейеру, что позволяет одному трансманипулятору обслуживать четыре станка,

обеспечивая погрузку и доставку на рабочие места тары с заготовками, инструментом и оснасткой. Использование на ГПС универсального адресного конвейера позволяет обеспечить кратчайшую транспортную связь между рабочими местами, а его секционное построение позволяет в зависимости от производственных условий без дополнительных специальных решений увеличить или уменьшить длину конвейера.

Типовое решение компоновки ГПС с односторонним двухрядным расположением станков разработано с учетом размещения его в цеховом пролете шириной 18 м. Возможен вариант компоновки с односторонним однорядным расположением станков в цеховом пролете шириной 12 м.

Применение технологических процессов и средств их осуществления в ГПС основано на типизации технологических маршрутов, способов базирования и крепления обрабатываемых заготовок, схем обработки каждого вида переходов, последовательности выполнения переходов, инструментов и оснастки, режимов резания, приспособлений и элементов их оснащения для базирования и крепления заготовок, групп станков с ЧПУ в соответствии с их назначением.

В качестве типизированных операций приняты: 1) на токарном станке с ЧПУ — предварительная, окончательная, совмещенная обработка; 2) на сверлильно-фрезерном станке с ЧПУ — предварительное сверление центрального отверстия с фрезерованием торца или без него, сверление, зенкование, цекование, резьбонарезание, фрезерование лысок, пазов, контуров и т. д.

Сочетание этих технологических операций, выполняемых в логической последовательности, образует так называемые опорные технологические маршруты. Формирование их производится системой технологической подготовки на ЭВМ на основе данных чертежа заготовки и указаний технолога.

Опорный технологический маршрут служит базой для формирования производственного маршрута в системе оперативно-производственного планирования путем добавления к нему производственных операций (прием заготовок, технический контроль и т. д.).

Опыт эксплуатации ГПС показывает, что особое значение приобретает внедрение систем обеспечения надежности работы станков, реализуемых путем контроля выполнения команд и некоторых параметров по сигналам, поступающим в процессе отработки УП от установленных на станке датчиков и измерительной системы.

Дальнейшее расширение возможностей ГПС будет достигаться за счет включения в их состав шлифовальных, зубообрабатывающих и других станков с ЧПУ. Это же относится к оборудованию для выполнения заготовительных операций, мойки, сборки, консервации, упаковки и т. д.

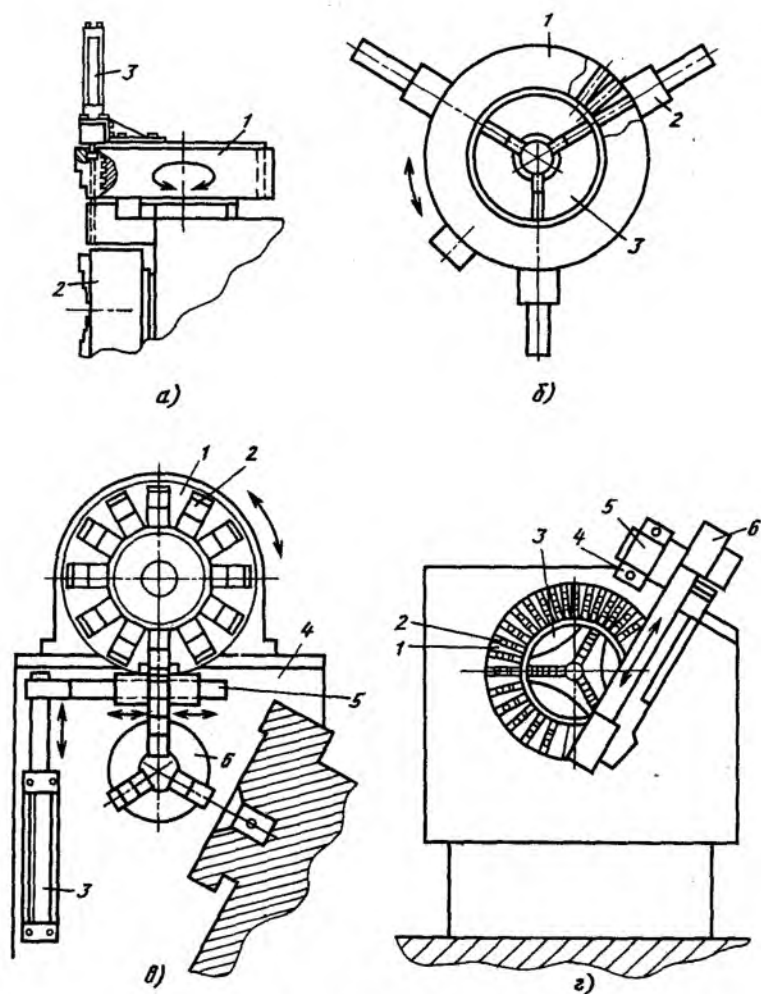


Рис. 6.9. Устройства для смены кулачков в патроне:

а — с магазином дискового типа; *б* — с магазином кольцевого типа; *в* — с магазином на передней бабке; *г* — кольцевой магазин

При переналадке станков с ЧПУ на выпуск различных деталей применяются устройства для автоматической смены кулачков в патроне. Устройство, оснащенное магазином 3 дискового типа с вертикальной осью поворота, показано на рис. 6.9, *а*. Кулачки 2 автоматически заменяются автооператором 1. На рис. 6.9, *б* три автооператора 2 одновременно извлекают из патрона 3 три кулачка

и устанавливают их в свободные гнезда кольцевого магазина 1. Затем магазин поворачивается на требуемый угол и автооператоры устанавливают в патрон из магазина новые кулачки.

На верхней плоскости передней бабки 4 (рис. 6.9, в) устанавливается устройство с магазином 1 дискового типа и горизонтальной осью вращения. Захваты 5 перемещаются приводом 3 к патрону 6 и обратно, вынимая кулачок из патрона и перенося его в свободное гнездо магазина. Затем магазин поворачивается в требуемую позицию, захват вынимает кулачок 2 из магазина и устанавливает его в патрон.

На рис. 6.9, г револьверная головка 5 установлена на поперечной каретке 6 суппорта. Каретка с револьверной головкой осуществляет функции автооператора. Кольцевой магазин 2 расположен около патрона 3. Кулачки 1 установлены в пазах магазина. В каждом кулачке имеются отверстия, в которые входит палец 4 во время смены инструмента. Палец установлен в одной из позиций револьверной головки; в остальных позициях установлены инструменты.

Работа ГПС — трехсменная: наладку и подготовку к работе (комплектование и входной контроль заготовок; настройка, контроль состояния и комплектование инструмента и оснастки; проверка и корректировка УП и др.) производят в дневную смену; в вечернюю и ночную смены ГПС работает автоматически под наблюдением дежурного персонала.

Создание ГПС типа АСВ позволяет повысить коэффициент использования оборудования, а следовательно, снизить количество дорогостоящего оборудования, и, что

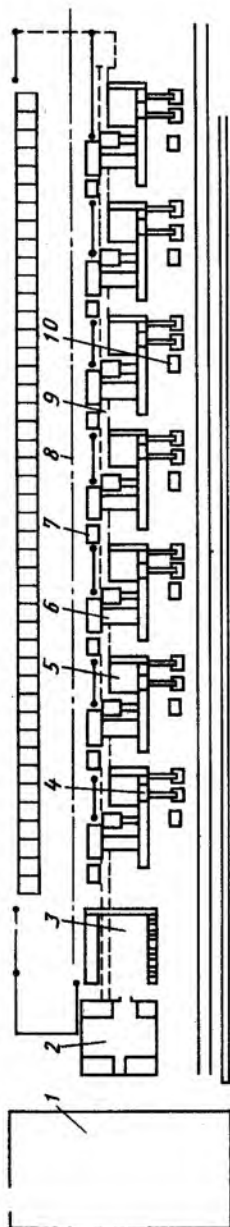


Рис. 6.10. Схема ГПС АСВ-31

важно, создаются предпосылки для полной автоматизации производственного цикла.

АСВ-31 предназначена для обработки деталей типа муфт, барабанов, дисков, колец (12 наименований; материалы деталей — стали 38ХС, 40Х и др.). Размеры деталей: диаметр 160—400 мм, длина 20—140 мм и масса до 40 кг.

ГПС занимает площадь 390 м² и включает в себя: семь ГПМ; АТСС; семь приемосдаточных секций; секции технического контроля; отделения для настройки инструмента; УВК; системы стружкоудаления.

Семь ГПМ 5 (рис. 6.10) расположены в один ряд. Параллельно им расположен стеллажный склад 8, обслуживаемый краном-штабелером 11. Каждый станок обслуживается подвесным роботом 4. Приемопередающее устройство 6 служит для транспортирования заготовки со склада на станок и обратно. Система стружкоудаления 9 транспортирует стружку от станочных модулей в бункер. Слева расположены машинный зал 1 с УВК на базе ЭВМ М6000, устройство управления транспортно-накопительной системой 2 на базе микроЭВМ «Электроника-60», приемосдаточная секция 3. Справа расположен участок подготовки инструмента, от которого инструмент доставляется на приемные столы для инструмента 7. Каждый ГПМ снабжен пультом ввода-вывода информации 10.

На ГПС занято 7 основных и 3 вспомогательных рабочих. Коэффициент загрузки участка 0,85; коэффициент сменности 2; средняя длительность цикла 2,49 дня.

ГПМ состоит из токарного полуавтомата 1П756ДФ398, робота СМ80Ц2503, приемопередающего устройства деталей — тактового стола на автоматизированной тележке, приемного стола для инструмента и конвейера для уборки стружки.

Приемопередающее устройство обеспечивает: передачу тары с деталями из зоны разгрузки штабелера в зону работы манипулятора; поворот тары с деталями на требуемый угол; перемещение тары с деталями.

Манипулятор позволяет вести загрузку и выгрузку заготовок диаметром до 400 мм в автоматическом цикле. Максимальная грузоподъемность манипулятора 80 кг.

Секция технического контроля предназначена для входного контроля заготовок, операционного контроля, контроля готовой продукции и инструмента. Система стружкоудаления представляет собой двухшнековый конвейер, имеющий электромеханический привод.

Автоматизированная транспортно-накопительная система (АТНС) представляет собой линию, расположенную вдоль ГПС. АТНС предназначена для хранения, транспортирования и распределения заготовок, готовых деталей, инструмента при параллельной работе станков с ЧПУ и включает: четырехъярусный склад-

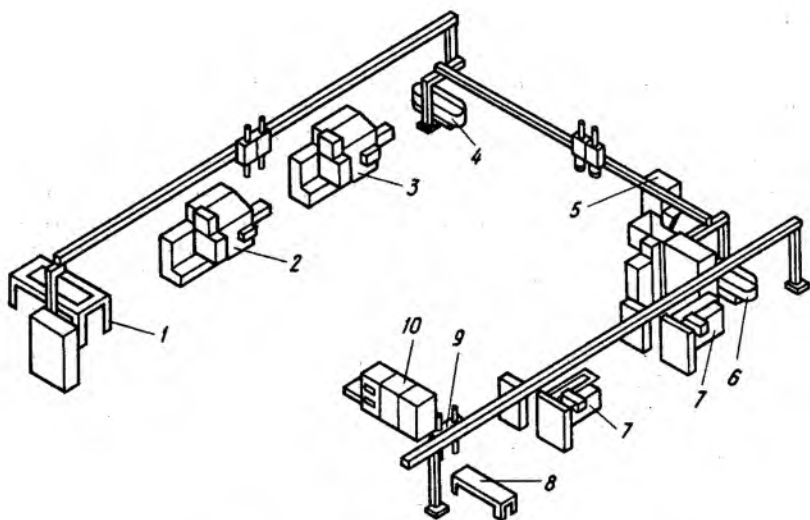


Рис. 6.11. ГПС:

1 — прижимной стол; 2 и 3 — токарные станки с ЧПУ; 4 и 6 — укладчик; 5 — горизонтальный многооперационный станок; 7 — шлифовальные станки с ЧПУ; 8 — разгрузочный стол; 9 — автоматический погрузчик; 10 — ЧПУ

стеллаж на 176 ячеек, кран-штабелер грузоподъемностью 5 кН, систему управления транспортом.

Заготовки поступают на ГПС в цеховой таре в приемосдаточную секцию. Здесь она с помощью стрелового краноманипулятора устанавливаются в тару в ориентированном положении и загружаются в склад-стеллаж краном-штабелером. В дальнейшем передача тары с деталями, установка на станки и снятие деталей со станков осуществляется автоматически.

Система управления ГПС построена по двухуровневой схеме. Основными составными частями комплекса технических средств системы управления ГПС являются: комплекс технических средств на базе микроЭВМ «Электроника-60»; устройства ЧПУ станков; пульты ввода-вывода цифровой информации (ПВВИ); аппаратура съема, первичной обработки и отображения дискретной информации; устройства связи, которые обеспечивают оперативный обмен устной информацией между производственным персоналом.

Программное обеспечение (ПО) АСУ делится на две части. Первая часть ПО выполняет функции проектирования, заполнения и распечатки различных данных. Во вторую часть ПО входят подсистемы: 1) организационно-экономического управления; 2) управления материальными потоками; 3) управления базами данных; 4) диалоговая подсистема; 5) подсистема управления вводом-выводом дискретной информации; 6) подсистема управления вычислительным процессом.

На рис. 6.11 показана ГПС, на которой производится обработка валов двигателей $\varnothing 25\text{—}55$ мм и длиной 260—650 мм. Оборудована ГПС:

1. Два токарных станка с ЧПУ. Расстояние между центрами 650 мм, частота вращения главного привода 2500 мин⁻¹. Имеется кулачковый патрон с большим диапазоном захвата. Производится автоматическое измерение параметров инструмента.

2. Горизонтальный многооперационный станок для обработки шпонок. Имеется автоматический инструментальный магазин на 18 инструментов и устройство для закрепления заготовок с тарельчатым приводом и делительным механизмом.

3. Два круглошлифовальных станка с ЧПУ (расстояние между центрами 1000 мм). На этих станках ведут шлифование цапф. Для закрепления заготовок установлен кулачковый патрон с большим диапазоном захвата. Имеется устройство для автоматического контроля геометрических параметров деталей.

Транспортная подсистема включает три порталных робота со скоростью перемещения 1 м/с. Управление осуществляется от мини-ЭВМ. Для ввода заготовок в систему и для вывода готовых деталей имеется два конвейера.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Блюмберг В. А., Зазерский Е. И. Справочник токаря. Л.: Машиностроение, 1981. 406 с.
2. Батов В. П. Токарные автоматы и полуавтоматы. М.: Машиностроение, 1982. 191 с.
3. Семинский В. К., Тригуб Д. И. Пособие по повышению квалификации токаря. Киев: Техника, 1981. 229 с.
4. Семинский В. К. Приспособления и инструменты для токарных работ. 2-е изд. Киев: Техника, 1979. 157 с.
5. Справочник по технологии резания металлов/Под ред. Г. Шпура, Т. Штеферле. М.: Машиностроение, 1985. 346 с.
6. Лейцингер В. Н., Антипов В. И. Токарные станки с ЧПУ на микропроцессорах. М.: НИИМаш, 1981. 44 с.
7. Гибкое автоматическое производство/Под ред. С. А. Майорова. Л.: Машиностроение, 1983. 376 с.
8. Гибкие производственные комплексы/Под ред. П. Н. Белянина и В. А. Лещенко. М.: Машиностроение, 1984. 384 с.
9. Дерябин А. Л. Программирование технологических процессов для станков с ЧПУ. М.: Машиностроение, 1984. 224 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
Глава 1	
Токарные станки	
1. Универсальные токарно-винторезные станки.	4
2. Токарно-револьверные станки.	16
3. Токарные станки с ЧПУ.	25
Глава 2	
Приспособления для токарных станков	
1. Токарные самоцентрирующие патроны.	46
2. Токарные патроны с механизированным приводом.	52
3. Центры и поводковые патроны.	56
4. Оправки.	61
5. Планшайбы и специальные приспособления.	69
Глава 3	
Токарные инструменты	
1. Токарные резцы.	75
2. Инструмент для токарных станков с ЧПУ.	83
3. Настройка инструмента.	90
Глава 4	
Мероприятия по обеспечению безопасной работы на токарных станках	
1. Предупреждение травматизма при работе на токарных станках.	94
2. Безопасность труда при обслуживании станков с ЧПУ и гибких производственных модулей (ГПМ).	95
Глава 5	
Эффективность использования токарных станков	
1. Групповой метод обработки.	99
2. Номенклатура деталей для обработки на токарных станках.	101
3. Управляющие программы для токарных станков с ЧПУ.	104
Глава 6	
Токарные станки в составе ГПМ и ГПС для обработки тел вращения	
1. Требования к оборудованию, работающему в составе ГПМ и ГПС.	123
2. ГПМ и ГПС для обработки тел вращения.	131
Список литературы.	144

« МАШИНОСТРОЕНИЕ »

50 коп.

