

Министерство образования и науки Российской Федерации

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ПЕТРА ВЕЛИКОГО

**ТЕХНОЛОГИЯ КОНСТРУКЦИОННЫХ
МАТЕРИАЛОВ
ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ**



Санкт-Петербург
2017

УДК 620:621.9 (075.8)

Т 384

Рецензенты:

Доктор технических наук, профессор Балтийского государственного
технического университета «ВОЕНМЕХ» им. Д. Ф. Устинова *Д. В. Васильков*

Кандидат технических наук, доцент Санкт-Петербургского
государственного политехнического университета *В. Н. Кудрявцев*

Авторы:

В. И. Никифоров, Ю. М. Барон, В. С. Кобчиков, М. Т. Коротких,
В. С. Медко

Технология конструкционных материалов. Лабораторный практикум: учеб. пособие / В. И. Никифоров, Ю. М. Барон, В. С. Кобчиков, М. Т. Коротких, В. С. Медко, М. М. Радкевич; под ред. В. И. Никифорова. – СПб., 2017. — 262 с.

Приведены материалы, раскрывающие содержание и методику проведения лабораторных работ и упражнений по изучению методов обработки заготовок резанием и обработке с применением электрофизических и электрохимических технологий.

Предназначено для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлениям укрупнённой группы бакалавров 150000 «Машиностроение» при изучении дисциплины «Технология конструкционных материалов». Пособие может быть использовано также в системах непрерывного профессионального образования.

© В. И. Никифоров, Ю. М. Барон, В. С. Кобчиков и др., 2017

© Санкт-Петербургский политехнический университет
Петра Великого, 2017

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	4
1. Токарные работы, назначение и устройство токарно-винторезного станка	12
2. Способы обработки конических поверхностей на токарно-винторезном станке	29
3. Фрезерные работы, назначение и устройство вертикально-фрезерного станка	43
4. Фрезерование многогранников и канавок венца зубчатого колеса с помощью универсальной делительной головки	63
5. Сверление, зенкерование и развёртывание отверстий на радиально-сверлильном станке	73
6. Токарный резец, его части и элементы	87
7. Экспериментальное определение зависимости главной составляющей силы резания P_z при точении от элементов режима резания	95
8. Назначение и устройство токарно-револьверного станка	105
9. Назначение и устройство токарно-револьверного автомата	123
10. Гибкий производственный токарный модуль на базе станка с числовым программным управлением модели 16А20Ф3.....	139
11. Фрезерование венцов зубчатых колес методом обкатки на зубофрезерном станке	151
12. Шлифование заготовок на плоскошлифовальном станке и шлифовальный инструмент	168
13. Назначение режима резания при точении	192
14. Металлорежущие инструменты: виды, части и геометрические параметры	204
15. Экспериментальное определение технико-экономических показателей прошивания отверстий на электроэрозионном станке	212
16. Определение зависимостей технологических характеристик электрохимической обработки плоской поверхности заготовки от плотности тока	241
Библиографический список.....	253
Приложения	254
Приложение 1. Классификация металлообрабатывающих станков ..	255
Приложение 2. Условные обозначения в кинематических схемах ...	257
Приложение 3. Таблицы ориентировочного соответствия обозначений характеристик шлифовальных кругов по ГОСТ Р 52381-2005 и ранее действовавшим стандартам.....	261

ВВЕДЕНИЕ

В учебных планах, реализуемых в образовательных учреждениях высшей школы, важнейшими и основополагающими в становлении выпускников как специалистов широкого профиля являются общепрофессиональные дисциплины. Среди этих дисциплин первичной в области технологической подготовки студентов выступает дисциплина «Технология конструкционных материалов». Эта дисциплина с тем или иным изменением в наименовании входит в большинство учебных планов подготовки бакалавров и специалистов образовательной области «Техника и технологии».

Цель дисциплины «Технология конструкционных материалов» в традиционном её содержании состоит в формировании компетентности выпускника в области характеристик и назначения конструкционных материалов, технологических методов получения и обработки заготовок, а также следующих обобщённых знаний и умений:

— знания конструкционных материалов и их свойств, технологических методов получения заготовок и их обработки с целью изготовления изделий заданных форм, размеров и качества поверхностного слоя, физико-химических основ и параметров технологических методов, областей их применения, технологического оборудования и инструментов;

— умения осуществлять выбор технологического метода получения заготовки и её обработки в зависимости от марки конструкционного материала, заданных характеристик заготовки и детали; назначать припуск на обработку и проектировать заготовку по заданному чертежу детали, читать и изображать технологические схемы, выбирать технологическое оборудование и инструмент для получения и обработки заготовок.

Глубина и степень фундаментальности сформулированных цели и задач для разных направлений подготовки или специальностей будущего специалиста могут широко варьироваться.

Учебное пособие «Технология конструкционных материалов. Лабораторный практикум» содержит методические указания по содержанию, организации и методике проведения занятий в лабораториях и учебных мастерских механического профиля по технологическим методам обработки заготовок резанием и обработки электрофизическими и электрохимическими методами.

При этом понятие *технологический метод* рассматривают в данном контексте как совокупность правил, определяющих последовательность и содержание действий при изготовлении или ремонте изделия, установленных безотносительно к его наименованию, типоразмеру или исполнению.

Перечень видов практических занятий, используемых при изучении дисциплины «Технология конструкционных материалов» и реализованных в представленном практикуме, включает лабораторные работы и связанные с ними упражнения.

Лабораторные работы предназначены для углублённого изучения научно-теоретических основ дисциплины «Технология конструкционных материалов», элементов технологических систем, в рамках которых реализуется обработка заготовок технологическими методами точения, фрезерования, сверления, развёртывания, шлифования, методами электроэрозионной и электрохимической обработки.

Выполняя эти работы, студенты изучают металлообрабатывающее оборудование разной степени универсальности и автоматизации, имеющее электромеханический и гидравлический приводы, станки для обработки лезвийными и абразивными инструментами. Некоторые лабораторные работы выполняются исследовательскими методами, что направлено на овладение студентами современными методами и умениями экспериментирования с применением разнообразной технологической оснастки.

Представленные в пособии практические работы структурно унифицированы. Они содержат цель и задачи занятия, его теоретические основы, являющиеся дополнениями к теоретическому материалу лекций по учебной дисциплине «Технология конструкционных материалов», методику проведения работы, индивидуальные задания и содержание отчёта.

Технологические методы получения и обработки заготовок реализуются в рамках определённой технологической системы. В связи с этим при постановке практических занятий материал изучения охватывает все элементы технологической системы, в том числе оборудование, инструмент, технологическую оснастку, среду обработки, характеристики заготовки и изготавливаемой детали.

Формирование умений в области технологических методов получения заготовок и их обработки возможно только на основе углублённой самостоятельной работы студента. В связи с этим каждая представленная в пособии работа предусматривает при наличии общей части определённую

самостоятельную работу студента, осуществляемую при подготовке к занятию, при выполнении индивидуального задания и при составлении отчёта. В ходе самостоятельной работы студент может расширить свои знания путем использования основной [6, 7] и дополнительной литературы [1–5], приведённой в разделе «Библиографический список».

Учебное пособие рекомендуется для студентов, обучающихся по направлениям подготовки и специальностям образовательной области «Техника и технологии». В то же время его можно использовать и при подготовке специалистов других групп направлений подготовки и специальностей высшего образования. К ним можно отнести педагогические специальности, ориентированные на подготовку педагогов в области техники и технологии в системах среднего профессионального образования; инженерно-экономические специальности, ряд направлений подготовки и специальностей сельскохозяйственного профиля и других образовательных областей, в рамках которых готовятся специалисты для применения и ремонта используемой в данной отрасли техники и механосборочных технологий.

В содержании учебного пособия нашел отражение опыт, накопленный кафедрой «Технология конструкционных материалов и материаловедение» Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого (СПбПУ). При создании пособия использованы особенности методологии преподавания дисциплины, сложившиеся в СПбПУ в результате разработок известных отечественных ученых Н. Н. Саввина, Я. Г. Усачева, А. И. Челюсткина, А. М. Вульфа, Л. С. Мурашкина, В. Г. Подпоркина, М. А. Шатерина.

Авторы выражают искреннюю признательность рецензентам доктору технических наук, профессору Д. В. Василькову и кандидату технических наук, доценту В. Н. Кудрявцеву за конструктивные замечания и предложения, высказанные при прочтении рукописи книги.

Характеристики точности размеров и шероховатости поверхности детали

Механизмы машин и приборов состоят из соединённых различными способами узлов и деталей. Конструкции их соединений должны обеспечить точность взаимного расположения и перемещений узлов и деталей друг относительно друга, надёжность эксплуатации изделия, простоту его

ремонта. Поэтому к характеристикам соединений различных типов предъявляют разные требования. В одних случаях необходимо получить подвижное соединение деталей с определённого размера зазором между ними, например, вала с отверстием какого-либо изделия. В других — неподвижное соединение с натягом, который создаётся, если диаметр вала изготовлен больше диаметра отверстия в соединяемой с валом детали.

Наличие зазоров или натягов в соединениях и их значения определяются через соотношения размеров сопрягаемых поверхностей и *точность размеров*. Точность размера — степень соответствия действительного, определённого измерением значения размера, к его заранее установленному чертежом значению. Точность характеризуется отклонением действительного размера от номинального размера. *Номинальный размер* — это размер детали, получаемый в результате расчётов на прочность, жёсткость, износостойкость или назначаемый из конструктивных и технологических соображений.

При изготовлении деталей абсолютно точно номинальный размер выполнить невозможно. *Действительные размеры*, полученные при обработке, всегда имеют отклонения от номинальных размеров. Эти отклонения называют *погрешностями обработки*. При изготовлении партии деталей действительные размеры деталей получаются разными, имеется разброс этих размеров. Разброс действительных размеров неизбежен, но при этом должна обеспечиваться работоспособность в соединении любой детали из партии. Это требует, чтобы действительные размеры годных деталей находились в некоторых допустимых пределах, называемых *наибольшим и наименьшим предельными размерами*. Алгебраическую разность между предельным и номинальным размером называют *отклонением*. Соответственно наличию наибольшего и наименьшего предельных размеров существуют *верхнее и нижнее отклонения* размера от номинального.

Разность между наибольшим и наименьшим предельными размерами детали называют *допуском*. Допуск на конкретный размер детали является мерой точности этого размера. С уменьшением допуска повышается требуемая точность размера и наоборот. Допуски на изготовление детали назначает конструктор, руководствуясь условиями работы, размерами и технологическими возможностями изготовления детали. При этом различные технологические методы получения и обработки заготовок характеризуются определённой достигаемой экономически оптимальной точностью.

Поэтому задание того или иного допуска на размер детали обуславливает выбор применения соответствующего технологического метода обработки заготовки.

В соответствии со стандартом ГОСТ 25346-89 «Основные нормы взаимозаменяемости. ЕСДП. Общие положения, ряды допусков и основных отклонений» установлены ряды допусков, соответствующие одному уровню точности для всех номинальных размеров. Такие ряды называют *квалитетами точности*. Всего существует 20 квалитетов точности, которые обозначают порядковыми номерами, возрастающими с увеличением допуска: 0,1; 0; 1; 2; ...; 18. В машиностроении обычно используют 5-14-й квалитеты точности. Сокращенно допуск по конкретному квалитету точности обозначают латинскими буквами *IT* и номером квалитета, например *IT8*.

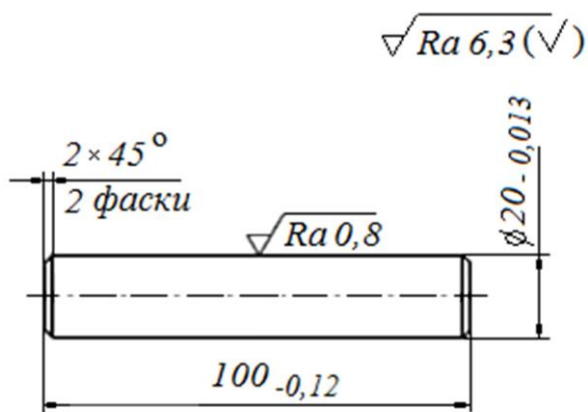


Рис. В.1. Простановка размеров и параметров шероховатости на чертеже детали

Допуск на изготовление того или иного размера на чертеже не проставляют. Он вычисляется по указанным на чертеже наибольшему и наименьшему отклонениям размера от его номинального значения (рис. В.1).

Предельные отклонения могут указываться на чертеже буквенно-цифровым кодом, например *15h8*. В этом коде первые цифры соответствуют значению номинального

размера, следующая за ними буква указывает поле (место) расположения допуска относительно номинального размера, а цифра (число) характеризует квалитет точности, т. е. величину допуска на номинальный размер. Для перевода таких кодов в цифровые значения существуют специальные таблицы.

Предельные отклонения размеров указывают на чертежах и в виде числовых значений. При этом нулевые отклонения не проставляют.

В тех случаях, когда размер или размеры детали выполняются с относительно низкой точностью ни буквенно-цифровой код, ни отклонения на эти размеры не ставят.

Для указания предельных отклонений размеров с неуказанными допусками внизу чертежа дают ссылку на ГОСТ 30893.1-2002 в виде «Общие допуски по ГОСТ 30893.1 – m», по которому и следует определять отклонения. Возможна простановка ссылки и в виде надписи типа: «Общие допуски по ГОСТ 30893.1: $H14$, $h14$, $\pm IT14/2$ ». В этом случае буквенно-цифровые индексы $H14$, $h14$, $\pm IT14/2$ обозначают, что размеры, у которых не проставлены отклонения, выполняются по 14-му качеству точности ГОСТ 25346-89. При этом для охватываемых размеров (валов) отклонения следует выполнять по значению, соответствующему буквенно-цифровому коду $h14$, охватывающих (отверстий) размеров — по $H14$, прочие размеры должны иметь симметричные отклонения, соответствующие значениям кода $\pm IT14/2$.

Реальная поверхность детали, полученная в процессе обработки заготовки, отличается от идеальной геометрической поверхности детали, изображенной на чертеже. Она всегда имеет микронеровности различной формы и высоты в виде микровыступов и микровпадин с небольшими расстояниями между ними. Эта совокупность неровностей представляет собой *шероховатость поверхности*. Данную характеристику поверхности принято определять по её профилю, который образуется в сечении поверхности перпендикулярной к ней плоскостью (рис. В.2).

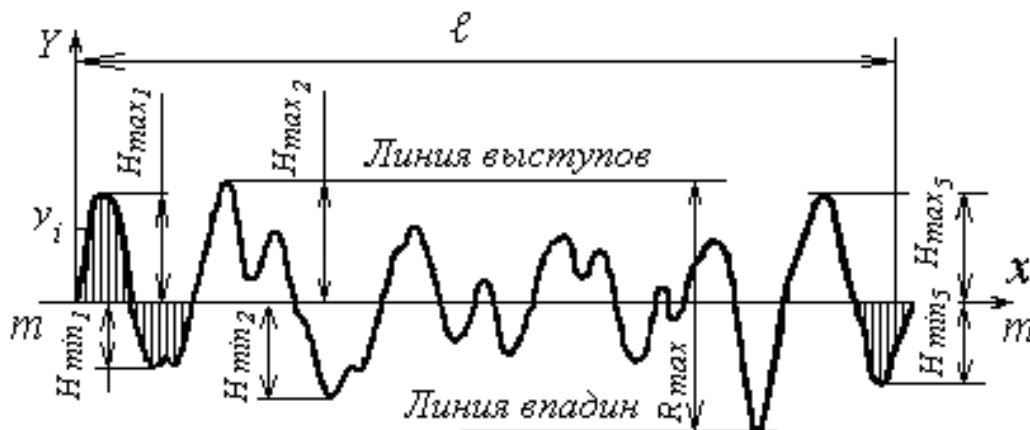


Рис. В.2. Профиль шероховатости поверхности и его характеристики

Получаемый профиль рассматривают на некоторой длине l базовой линии, используемой для выделения неровностей и количественного определения их параметров. В качестве базовой линии принимают *среднюю линию профиля* — линию $m-m$. Выступы и впадины профиля представляют собой части профиля, ограниченные контуром реальной поверхности

и средней линией профиля. Шероховатости оценивают на любом участке обработанной поверхности, который имеет длину не менее базовой длины ℓ .

ГОСТ 25142-82 «Шероховатость поверхности. Термины и определения» устанавливает шесть основных параметров шероховатости. Из них в машиностроении наибольшее распространение получили высотные критерии Rz и Ra .

Высота поверхности профиля по десяти точкам Rz (мкм) представляет собой сумму средних абсолютных значений высот пяти наибольших выступов профиля и пяти глубин наибольших впадин профиля в пределах базовой длины ℓ :

$$Rz = \frac{1}{5} \left(\sum_{i=1}^5 |H_{i_{\max}}| + \sum_{i=1}^5 |H_{i_{\min}}| \right). \quad (\text{B.1})$$

Значения величин Rz находятся в пределах 0,025...1600 мкм.

Среднее арифметическое отклонение профиля Ra (мкм) определяют как среднее арифметическое абсолютных значений отклонений профиля от средней линии профиля в пределах базовой длины ℓ :

$$Ra = \frac{1}{\ell} \int_0^{\ell} |y(x)| dx, \quad (\text{B.2})$$

где $y(x)$ — расстояние между любой точкой профиля и средней линией $m-m$.

Значения величин Ra находятся в пределах от 0,08 до 100 мкм, а отношение параметров Rz и Ra характеризуется примерным равенством $Rz \approx 4Ra$.

Для характеристики шероховатости поверхности на чертежах в соответствии с ГОСТ 2.309-73 используют один из знаков, представленных на рисунке В.3.

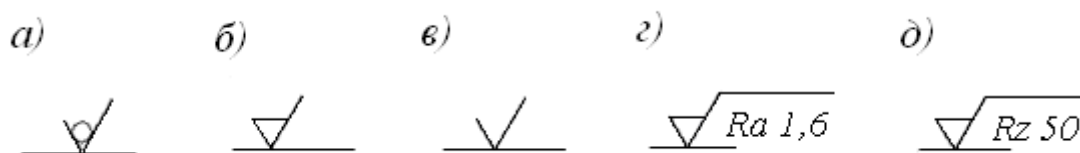


Рис. В.3. Обозначение шероховатости поверхностей, полученных:

- a — литьем, ковкой, прокатом и т. д., т. е. без удаления материала; $б$ — удалением слоя материала резанием; $в$ — не устанавливаемым способом обработки; $г, д$ — установленным способом и параметром обработки

Требования к шероховатости поверхности устанавливаются исходя из функционального назначения детали конкретного изделия и её конструктивных особенностей. От шероховатости поверхности во многом зависят износостойкость детали, точность и прочность сопряжения деталей в соединении, контактная жёсткость, коррозионная стойкость и усталостная прочность.

Качество поверхности детали помимо её шероховатости определяется также наличием или отсутствием трещин, структурой приповерхностных слоев материала, наличием в нём пластических деформаций и остаточных напряжений. Чем более ответственной является деталь, тем выше требования к её точности и качеству обработанных поверхностей. В связи с этим выбор тех или иных методов изготовления детали определяется не только требованием обеспечения заданной точности, но и соответствующей шероховатостью её поверхностей. Однако здесь, как и в случае назначения той или иной точности размера детали, не следует необоснованно стремиться к низкой шероховатости её поверхностей, поскольку это увеличивает трудоёмкость изготовления и стоимость детали.

1. ТОКАРНЫЕ РАБОТЫ, НАЗНАЧЕНИЕ И УСТРОЙСТВО ТОКАРНО-ВИНТОРЕЗНОГО СТАНКА

Цель работы: знания видов токарных работ, режущих инструментов и приспособлений, устройства и назначения токарно-винторезного станка модели 16К20; умения выбирать способ токарной обработки в зависимости от формы и размеров обрабатываемой поверхности и выполнять простейшие расчёты, необходимые для наладки станка.

Общие сведения

Металлорежущие станки токарной группы предназначены для получения на деталях цилиндрических, конических, винтовых, фасонных и плоских (торцовых) поверхностей. На них выполняют точение наружных и растачивание внутренних поверхностей заготовок, подрезание торцов, отрезание, сверление, зенкерование и развёртывание отверстий, нарезание резьбы и другие виды работ. При этом обеспечивается точность размеров не лучше 6 качества точности и шероховатость поверхностей с параметром Ra до 0,63 мкм. Для выполнения указанных работ в качестве режущих инструментов на станках этой группы используют резцы различных типов, свёрла, зенкеры, зенковки, развёртки, метчики и плашки.

Виды токарных работ и режущий инструмент¹

Точение наружной цилиндрической поверхности. При точении наружной цилиндрической поверхности также, как и при всех других видах токарных работ, главное вращательное движение резания D_2 совершает заготовка. Движение подачи D_5 выполняет инструмент, которым является токарный резец, перемещающийся вдоль оси заготовки. Для точения наружной цилиндрической поверхности применяют проходной прямой (рис. 1.1, а), проходной отогнутый (рис. 1.1, б) или проходной упорный (рис. 1.1, в) резцы.

Отогнутые резцы удобны при точении поверхностей заготовок, расположенных вблизи кулачков патрона. Проходные упорные резцы

¹ Методы точения конических поверхностей рассмотрены в работе 2 «Способы обработки конических поверхностей на токарно-винторезном станке».

используют для точения небольших уступов и обработки цилиндрических поверхностей на нежёстких валах.

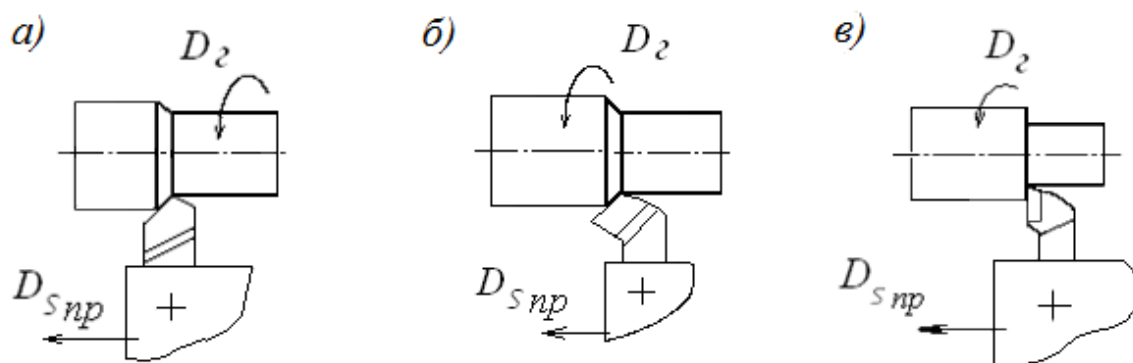


Рис. 1.1. Схемы точения наружной цилиндрической поверхности:
a — проходным прямым, *б* — проходным отогнутым, *в* — проходным упорным
 резцами

Подрезание торцов. Торцовые поверхности заготовки обрабатывают подрезными резцами (рис. 1.2, *a*), осуществляющими движение поперечной подачи $D_{S_{non}}$. Часто для этих целей применяют проходные отогнутые резцы, имеющие более массивную режущую часть по сравнению с подрезными резцами и допускающие более производительные режимы резания (рис. 1.2, *б*).

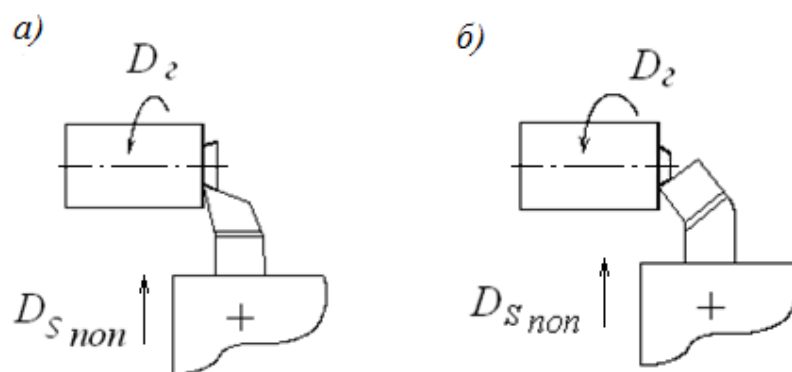


Рис. 1.2. Схемы подрезания торцов подрезным прямым (*a*)
 и проходным отогнутым (*б*) резцами

Подрезают торцовые поверхности с движением поперечной подачи резца $D_{S_{non}}$ от периферии к центру или от центра к периферии. Первый вариант обеспечивает удобство установки резца на заданный линейный размер детали и точный замер её длины на участке обработки. В то же время подрезание торцов валов и высоких уступов предпочитают производить движением подачи от центра к периферии. Этот способ позволяет

получать лучшую точность формируемой плоской поверхности уступа, хотя и требует предварительного врезания резца в заготовку в продольном направлении.

Точение наружных канавок и отрезание. Для точения канавок (рис. 1.3, а), а также для отрезания (рис. 1.3, б) используют соответственно канавочные и отрезные резцы, осуществляющие при резании движение поперечной подачи $D_{S\text{non}}$.

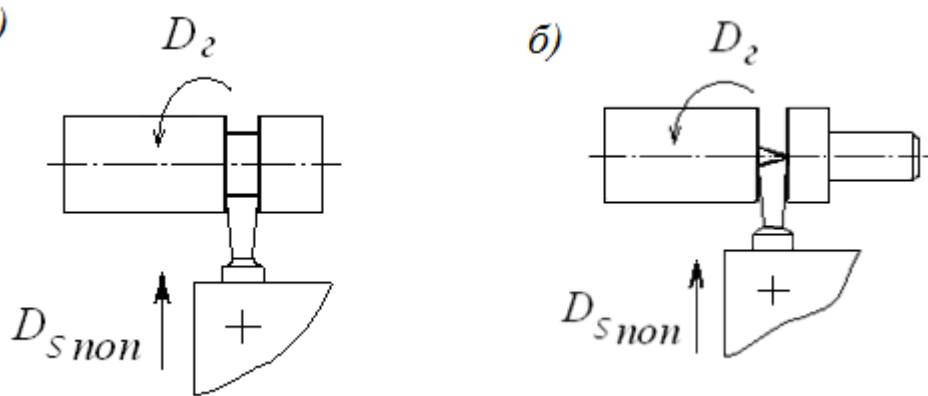


Рис. 1.3. Схемы точения канавки (а) и отрезания (б)

Точение узких канавок осуществляют за один рабочий ход резца, а широких — несколькими рабочими ходами, последовательно переставляя резец из одного положения в другое вдоль оси заготовки после точения резцом узкой канавки.

Резцы для точения канавок, а также отрезные резцы следует устанавливать так, чтобы их режущая кромка располагалась строго на уровне оси центров станка. Это особенно важно при работе отрезным резцом. Расположение резца выше или ниже оси центров может привести к его поломке.

Точение фасонных поверхностей.

К фасонным поверхностям, изготавливаемым на токарных станках, относят поверхности вращения, имеющие сложный наружный контур. Такие поверхности могут иметь, например, рукоятки различной формы, маховики с фасонным ободом, шаровые (сферические) и подобные им детали.

Короткие (неширокие) фасонные поверхности можно получать фасонными резцами (рис. 1.4). Токарный фасонный резец

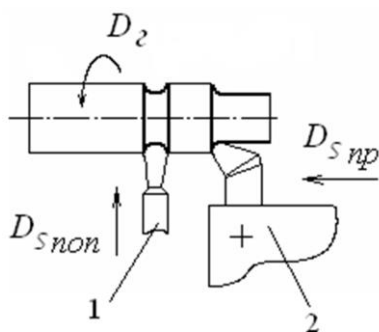


Рис. 1.4. Схемы точения фасонных поверхностей:

- 1 — фасонной канавки;
- 2 — галтели

при движении с поперечной подачей $D_{S_{non}}$ снимает широкую стружку. Это может вызвать вибрации обрабатываемой заготовки и резца. Поэтому данным методом выполняют точение фасонных поверхностей шириной до 60 мм с малыми подачами и пониженными скоростями резания. Длинную фасонную поверхность обрабатывают проходным резцом, перемещающимся по криволинейной траектории сочетанием продольного и поперечного движений механической подачи (схема обработки не приведена).

Обработка отверстий. Для получения отверстий на токарных станках применяют свёрла. Увеличение диаметра имеющегося в заготовке отверстия и повышение точности его размера осуществляют расточными резцами, а также зенкерами и развёртками. Тот или иной инструмент выбирают в зависимости от вида заготовки, требуемой точности обработки, размеров и параметров шероховатости обработанного отверстия.

При сверлении отверстий на токарных станках заготовка, закреплённая в патроне, совершает вращательное движение, а сверло, установленное в задней бабке станка, получает движение продольной подачи $D_{S_{np}}$ (рис. 1.5).

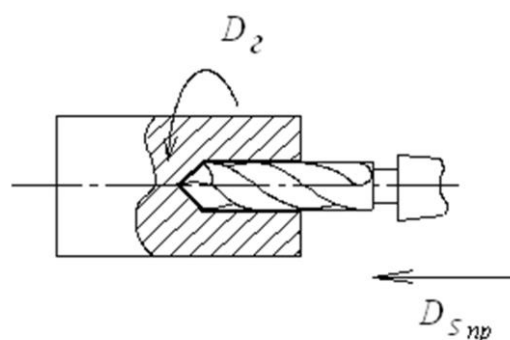


Рис. 1.5. Схема сверления отверстия

Растачивание отверстия (рис. 1.6, а, б) — операция более сложная, чем точение наружных поверхностей, так как размер поперечного сечения резца должен быть меньше диаметра отверстия, а вылет резца из резцедержателя несколько больше длины растачиваемого отверстия.

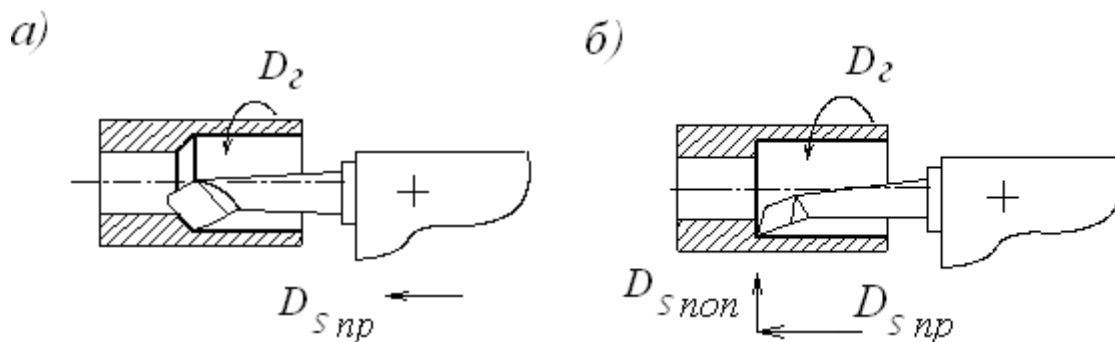


Рис. 1.6. Схемы растачивания сквозного отверстия (а) и отверстия с уступом (б)

При растачивании отверстия значительной длины возможен изгиб резца и сильные вибрации. В связи с этим растачивание отверстий на токарных станках с помощью расточных резцов применяют в тех случаях, когда диаметры отверстий большие или когда сверление и зенкерование не обеспечивают необходимой формы уступов обработанных поверхностей внутри отверстия.

Растачивание сквозных отверстий осуществляют проходными расточными резцами с движением продольной подачи D_{Snp} . Глухие и ступенчатые поверхности растачивают упорными расточными резцами. Для получения торцевой поверхности внутри отверстия расточному резцу в конце его продольного хода сообщают движение поперечной подачи D_{Snon} (см. рис. 1.6, б).

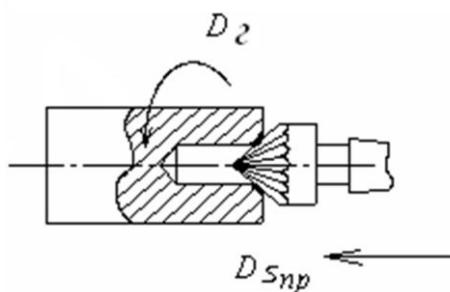


Рис. 1.7. Схема зенкования фаски в отверстии

Для получения на внутреннем отверстии конической фаски небольшой длины в качестве инструмента часто используют зенковку (рис. 1.7).

Для получения на внутреннем отверстии конической фаски небольшой длины в качестве инструмента часто используют зенковку (рис. 1.7).

Нарезание резьбы. Резьба представляет собой винтовую канавку определённого профиля, прорезанную на цилиндрической или конической поверхности. Резьбы подразделяют на ряд групп:

- по расположению на детали – на наружные и внутренние;
- по форме исходной поверхности, на которую наносится резьба – на цилиндрические и конические;
- по направлению винтовой канавки – на правые и левые;
- по форме профиля – на треугольные, прямоугольные, трапециевидальные, круглые;
- по числу заходов – на одно- и многозаходные;
- по назначению – на крепёжные и ходовые.

На токарных станках резьбу нарезают посредством вращения заготовки (главное движение резания) и поступательного перемещения (движение подачи) режущего инструмента. Таким способом можно осуществлять изготовление всех типов резьбы, в том числе таких видов крепёжной резьбы, как метрическая, дюймовая и трубная резьбы.

Наиболее распространённым инструментом, используемым для нарезания резьбы (наружной и внутренней) на токарно-винторезных станках, является резьбовой резец (рис. 1.8).

За каждый оборот заготовки резец должен получать продольное перемещение (подачу), равное шагу резьбы. Таким образом, скорость продольного перемещения резца точно согласуется с шагом нарезаемой резьбы и частотой вращения заготовки.

Резьбовыми резцами нарезают в основном резьбу крупных размеров, резьбу повышенной точности или строго соосную с другими поверхностями детали. Будучи универсальным, этот способ в то же время малопроизводителен. Поэтому им следует пользоваться лишь в случаях, когда другие способы изготовления резьбы применить нельзя.

У резцов, используемых для нарезания наружной и внутренней резьбы, угол профиля и форма вершины должны строго соответствовать аналогичным характеристикам резьбы.

При нарезании на токарных станках наружной резьбы небольших размеров используют плашки, а для внутренней — метчики. Шаг нарезанной на заготовке резьбы при этом получается такой же, как шаг резьбы на режущем инструменте.

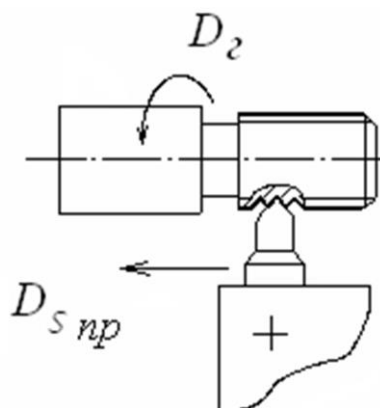


Рис. 1.8. Схема нарезания наружной резьбы резцом

Устройство токарно-винторезного станка модели 16К20

Токарно-винторезные станки относят к группе универсальных станков, предназначенных для эксплуатации в условиях единичного и мелкосерийного производств. Эти станки имеют практически однотипную компоновку, примером которой может служить компоновка узлов и частей станка модели 16К20 (рис. 1.9).

Модель станка содержит в зашифрованном виде краткую информацию о станке. Первая цифра в соответствии с государственной классификацией металлообрабатывающего оборудования, приведённой в приложении 1, указывает на номер группы, к которой принадлежит станок. Цифра «1» в модели станка 16К20 говорит о том, что данный станок относят

к станкам токарной группы. Вторая цифра модели характеризует номер типа станка в рамках группы. Соответственно данным таблицы приложения 1 станок 16К20 принадлежит к шестому типу станков токарной группы — токарным и токарно-винторезным станкам. Буква между цифрами (в модели станка 16К20 буква «К») указывает на то, что станок по отношению к предыдущей модели станков данной группы и типа модернизирован. Последние две цифры модели в виде числа «20» характеризуют высоту расположения оси шпинделя над направляющими станины (высоту центров) равную 200 мм. Это означает, что диаметр заготовки, обрабатываемой на станке 16К20, не может превышать 400 мм.

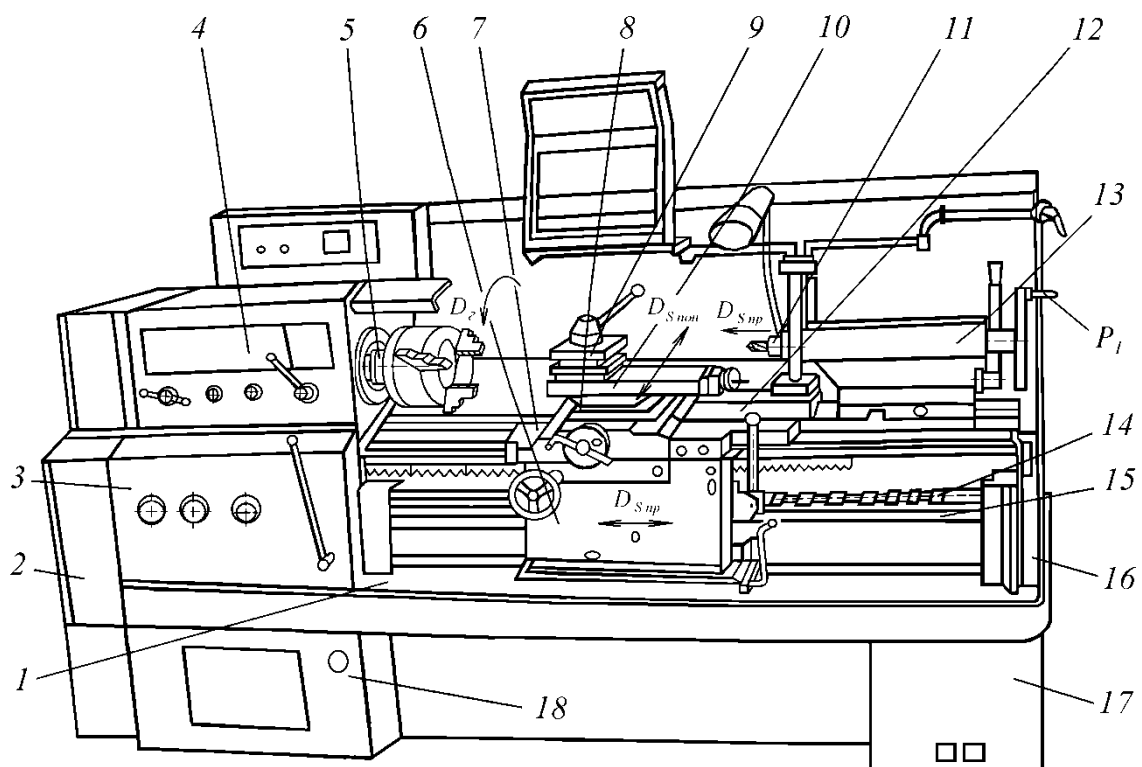


Рис. 1.9. Общий вид токарно-винторезного станка модели 16К20

Основными частями станка являются станина 1, передняя бабка 4, шпиндель 5, суппорт 12, фартук 6, коробка подач 3, гитара сменных зубчатых колёс 2, задняя бабка 13, механизм быстрого перемещения суппорта 16.

Станина 1 установлена на правой 17 и левой 18 тумбах. Она служит для монтажа и обеспечения точного взаимного расположения на ней основных узлов и частей станка. Станина снабжена направляющими, по которым перемещаются суппорт и задняя бабка.

Передняя бабка 4 предназначена для размещения в ней коробки скоростей, с помощью которой изменяют частоту и направление вращения шпинделя 5.

На правый конец шпинделя, являющегося пустотелым валом, устанавливают различные приспособления для закрепления заготовки. На рисунке 1.8 таким приспособлением является трёхкулачковый самоцентрирующий патрон.

Суппорт 12 станка состоит из продольных 7 и поперечных 8 салазок, верхнего суппорта 10 и четырёхпозиционного поворотного резцедержателя 9. В резцедержателе устанавливают и закрепляют резцы, которым вместе с суппортом сообщают движения продольной и (или) поперечной подач.

Коробка подач 3 предназначена для изменения скоростей продольного и поперечного движений продольных 7 и поперечных салазок 8 суппорта соответственно, с которыми она соединена с помощью ходового винта 14 и ходового вала 15. Передачу вращательного движения выходного вала коробки подач к механизмам суппорта через ходовой винт используют только при нарезании резьбы. Для выполнения всех других видов токарных работ движение от коробки подач к суппорту поступает через ходовой вал.

Гитара сменных зубчатых колёс 2 является звеном передачи движения от шпинделя станка к коробке подач. Она представляет собой механизм, состоящий из нескольких зубчатых колёс, соединённых в зубчатые передачи. Заменяя одни зубчатые колёса гитары другими, можно изменять скорость подачи суппорта. Используют наладку гитары сменных зубчатых колёс при нарезании резьбы повышенной точности или резьбы с нестандартным шагом.

Фартук 6 предназначен для размещения в нём механизмов, обеспечивающих преобразование вращательного движения ходового вала 15 или ходового винта 14 в прямолинейное поступательное движение суппорта.

Заднюю бабку 13 используют в качестве дополнительной опоры заготовки при изготовлении валов с отношением длины к диаметру заготовки более четырёх, а также для закрепления свёрл, зенкеров, развёрток, метчиков при обработке в заготовке центрального отверстия и плашек. Этим инструментам, устанавливаемым в выдвигаемую пиноль задней бабки 11, вращением маховика с рукояткой P_1 (см. рис. 1.9) сообщают движение

подачи при обработке отверстий, расположенных по оси вращения заготовки.

В коробке 16 установлены электродвигатель и клиноременная передача привода быстрого перемещения суппорта 12 в продольном направлении и поперечных салазок 8 в поперечном направлении. Привод используется для сокращения непроизводительных затрат времени на вспомогательные передвижения суппорта. Вращение от электродвигателя привода (на рисунке не показан) через клиноременную передачу поступает непосредственно на ходовой вал 15.

Токарные приспособления

Для установки и закрепления заготовок на токарных станках используют различные приспособления (рис. 1.10). К основным типам приспособлений относят: двух-, трёх- и четырёхкулачковые патроны, цанговые и поводковые (рис. 1.10, *г*) патроны, центры (рис. 1.10, *б*, *в*), люнеты. Патроны закрепляют на шпинделе станка, а центры устанавливают в пиноли задней бабки или в отверстиях шпинделя станка.

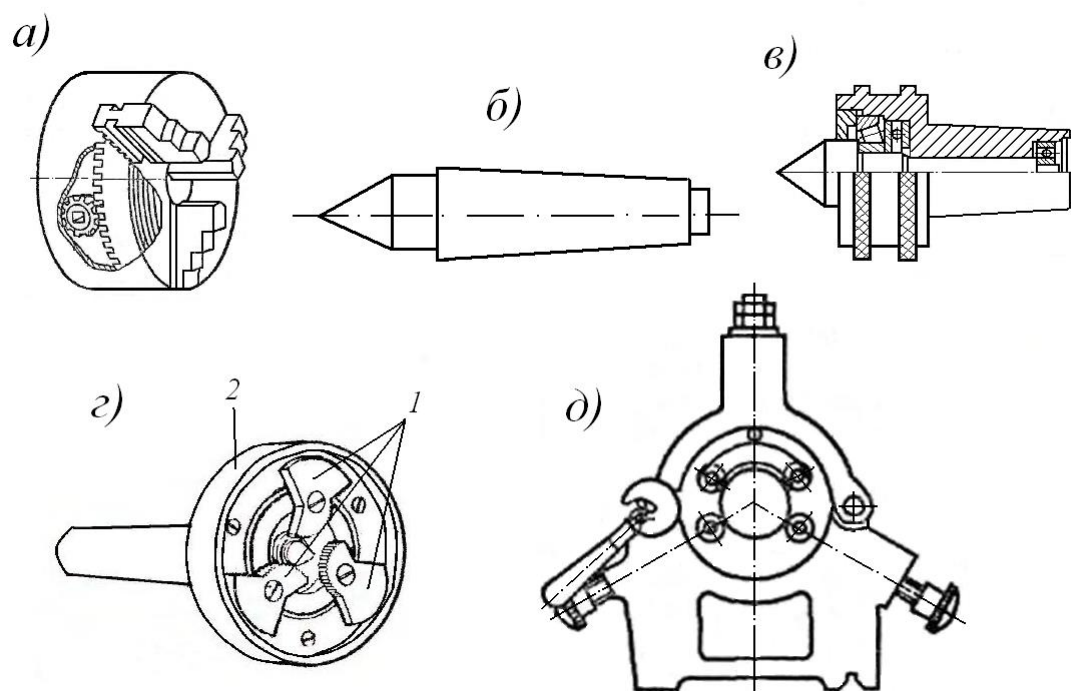


Рис. 1.10. Приспособления к токарным станкам:

а — трёхкулачковый самоцентрирующий патрон; *б* — центр упорный;
в — центр вращающийся; *г* — поводковый патрон; *д* — люнет неподвижный

Кулачковые патроны подразделяют на самоцентрирующие, обеспечивающие при закреплении заготовки, имеющей цилиндрическую поверх-

ность (наружную или внутреннюю), совпадение её оси с осью центров станка, и простые, не реализующие эту функцию.

Самоцентрирующие патроны в большинстве случаев изготавливают трёхкулачковыми (рис. 1.10, *a*), реже — двухкулачковыми. Патроны этого типа удобны в работе, так как все кулачки, закрепляющие заготовку, перемещаются по радиальным пазам к центру или от центра одновременно и синхронно друг с другом. При использовании самоцентрирующих патронов значительно сокращается время на установку заготовки.

Простые (не самоцентрирующие) патроны изготавливают обычно четырёхкулачковыми. Каждый кулачок в них перемещается своим винтом независимо от остальных. Это позволяет устанавливать и закреплять в патронах заготовки цилиндрической и не цилиндрической форм.

При обработке на токарных станках длинных и нежёстких заготовок применяют люнеты. Люнеты подразделяют на неподвижные (рис. 1.10, *д*), закрепляемые на станине станка, и подвижные, устанавливаемые на суппорт. Неподвижный люнет при обработке заготовки не меняет своего положения относительно станины станка. Подвижный люнет, используемый при продольном точении, перемещается вместе с суппортом. Обработку заготовок несимметричных форм осуществляют с использованием планшайб, угольников, оправок и других специальных приспособлений.

Наладка токарно-винторезного станка

Наладкой называют подготовку технологического оборудования и технологической оснастки к выполнению определённой технологической операции (ГОСТ 3.1109-82). Наладка токарно-винторезного станка 16К20 на обработку заготовки включает: установку режущих инструментов и приспособления, наладку режима резания для инструментов и наладку инструментов на выполняемые размеры.

Установка и закрепление резца. Перед точением нужно правильно установить резец в резцедержателе. Вершину резца следует устанавливать на высоте оси центров станка. Для этого применяют прокладки (не больше двух), помещая их под опорной поверхностью резца. Положение вершины резца по высоте центров проверяют подводкой его к вершине конуса предварительно выверенного по высоте центра, установленного в пиноли задней бабки.

При установке резца необходимо обеспечить, чтобы его выступающая часть была бы возможно короче — не больше 1,5 высоты его стержня. При большем вылете резец может вибрировать, а обработанная поверхность в таком случае получится негладкой, со следами вибраций.

Продольная ось резца должна быть перпендикулярна или параллельна (для расточных резцов) оси центров станка. Для этого тело (державку) резца нужно прижать боковой стороной к вертикальной стенке резцедержателя.

Закрепление резца в резцедержателе должно быть надёжным и прочным, поэтому резец закрепляют не менее чем двумя болтами, которые равномерно и туго затягивают.

Установка и закрепление заготовки. Для установки и надёжного закрепления круглых заготовок с отношением длины заготовки к её диаметру до четырёх используют трёхкулачковые самоцентрирующие патроны. Заготовки большей длины устанавливают в трёхкулачковых самоцентрирующих патронах с поджимом задним центром, установленным в отверстии пиноли задней бабки, либо в центрах с использованием поводкового патрона (рис. 1.10, *з*), закрепляемого на шпинделе станка. Для обеспечения такого закрепления на заготовке с двух сторон должны быть предварительно сделаны центровые отверстия. С целью уменьшения износа центра, устанавливаемого в пиноль задней бабки, его конец, исполненный в виде конуса, делают вращающимся (вращающийся центр, рис. 1.10, *в*).

Вращение на заготовку при установке в поводковом патроне (рис. 1.10, *з*) передаётся через три поворачивающихся сектора 1, закреплённых на корпусе 2. Поворот секторов, происходящий под действием силы резания, обеспечивает заклинивание заготовки и её неизменное положение относительно вращающегося корпуса. Недостатком такого патрона является образование вмятин на заготовке в месте закрепления при больших силах резания.

Короткие заготовки некруглой формы устанавливают на специальном приспособлении, называемом планшайбой, или в четырёхкулачковом патроне. Прутки и длинные заготовки небольших диаметров обычно пропускают через сквозное отверстие шпинделя, выдвигая их на требуемую длину с последующим закреплением в трёхкулачковом или цанговом патроне.

Наладка режима резания. К элементам режима резания относят скорость главного движения резания v (м/мин), подачу S и глубину резания t (мм).

Скорость главного движения резания v определяют как расстояние, проходимое точкой режущей кромки инструмента относительно заготовки в единицу времени. При точении скорость резания v (м/мин) рассчитывают по формуле

$$v = \pi D n / 1000, \quad (1.1)$$

где D — наибольший диаметр обрабатываемой поверхности заготовки 1 (рис. 1.11), мм; n — частота вращения заготовки, об/мин.

Подачей S называют расстояние, проходимое инструментом относительно заготовки в направлении движения подачи D_s за единицу времени. На токарных станках при установке значения подачи с помощью рукояток коробки подач за единицу времени принимают время одного оборота заготовки. Такую подачу называют *подачей за один оборот заготовки* и обозначают S_0 (мм/об).

Глубиной резания t считается расстояние между обрабатываемой 1 и обработанной 2 поверхностями заготовки.

В соответствии с обозначениями, данными на рисунке 1.11, глубина резания определяется по формуле

$$t = (D - d) / 2, \quad (1.2)$$

где D и d — соответственно диаметры обрабатываемой и обработанной поверхностей.

Установку режима резания на станке осуществляют, руководствуясь заданными или выбранными по справочникам значениями элементов режима резания, следующим образом.

По заданному или выбранному значению скорости главного движения резания v рассчитывают частоту вращения шпинделя $n_{расч}$ по формуле

$$n_{расч} = 1000v / \pi D. \quad (1.3)$$

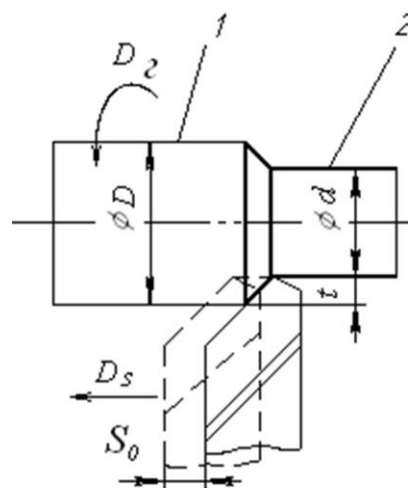


Рис. 1.11. Схема точения

Вслед за этим выбирают по таблице станка, расположенной на лицевой стороне передней бабки, частоту вращения шпинделя $n_{см}$, выполнив условие $n_{см} \leq n_{расч}$, и устанавливают рукоятки коробки скоростей в положения, соответствующие этому значению.

Наладка подачи инструмента заключается в установке рукояток на коробке подач станка в положения, обеспечивающие значение подачи S_0 , которое равно или меньше расчетного значения подачи.

Для получения при обработке заданного по чертежу диаметра детали, резец необходимо установить на глубину резания t , рассчитанную по формуле (1.2). На токарных станках для выполнения наладок на размер около каждого маховика (рукоятки) для перемещения суппортов предусмотрены круговые шкалы — лимбы. Поворот маховика (рукоятки) на одно деление шкалы соответствует перемещению соответствующего суппорта на расстояние, равное цене деления, указанное на лимбе шкалы. Например, на станке 16К20 цена деления лимба поперечной подачи резца равна 0,05 мм.

При установке расчетной глубины резания t нужно:

- сообщить заготовке вращательное движение;
- вращением маховика движения продольной подачи и рукоятки винта движения поперечной подачи вручную подвести резец к наружной поверхности вблизи правого торца заготовки так, чтобы его вершина коснулась обрабатываемой поверхности заготовки;
- установить момент касания и отвести резец от заготовки вправо вне контакта с заготовкой;
- вращением рукоятки винта поперечной подачи, используя лимб винта поперечного движения, переместить резец на глубину резания немного меньшую, чем расчетная глубина резания t ;
- обточить заготовку с ручной подачей на длине 3...5 мм и отвести резец вправо, затем остановить станок и измерить диаметр полученной поверхности;
- переместить резец рукояткой поперечной подачи на расстояние, соответствующее половине значения разности между получившимся и требуемым диаметрами;
- включить механическую подачу резца и обточить заготовку.

Последовательность выполнения работы

1. Ознакомьтесь с видами токарных работ, режущим инструментом и приспособлениями для закрепления заготовки по демонстрационным стендам.

2. Изучите устройство и назначение токарно-винторезного станка модели 16К20.

3. Проследите за выполнением на станке учебным мастером следующих токарных работ: точение цилиндрической поверхности, подрезание торца заготовки, сверление отверстия, нарезание резьбы резцом, разрезание заготовки.

4. Получите и выполните индивидуальное задание по разработке последовательности изготовления представленной в задании детали и эскизов технологических переходов.

5. Составьте отчет по индивидуальному заданию.

Содержание отчета

1. Название работы.
2. Характеристика станка 16К20: наименование, модель, технологические возможности, части и узлы станка.
3. Виды движений узлов станка (в виде таблицы 1.1).

Таблица 1.1

Узлы станка и параметры их движений

№ п/п	Движущийся узел	Вид движения	Назначение движения	Размерность движения на станке

4. Номер, формулировка и исходные данные индивидуального задания (таблица 1.2).

Задание: «Разработать последовательность изготовления детали, нарисовать технологические эскизы для каждого из переходов обработки; привести данные о параметрах режима резания при наладке станка и используемой технологической оснастке».

4.1. Чертеж детали по индивидуальному заданию (таблица 1.2).

Примечание. На чертеже указываются размеры и шероховатость обработанных поверхностей (по форме Приложения к данной работе).

Таблица 1.2

Индивидуальные задания

№ п/п	Эскиз детали	Размеры детали, мм					Элементы режима резания		
		L	l_1	l_2	d_1	d_2	d_3	S_0 , мм/об	v , м/мин
1		60	28	35	42	38	40	0,28	70
2		60	26	30	40	36	38	0,32	75
3		60	24	28	38	34	36	0,35	80
4		60	26	30	36	32	34	0,45	85
5		60	24	30	34	30	32	0,55	90
6		50	28	32	44	42	40	0,28	70
7		50	26	30	42	40	38	0,32	75
8		50	24	28	40	38	36	0,35	80
9		50	26	30	38	36	34	0,45	85
10		50	24	28	36	34	32	0,55	90
11		70	18	52	42	20	40	0,28	70
12		70	25	50	40	18	38	0,32	75
13		70	20	48	38	16	36	0,35	80
14		70	25	50	36	14	34	0,45	85
15		70	22	48	34	14	32	0,55	90
16		55	10	15	30	20	22	0,28	70
17		55	10	15	30	18	20	0,32	75
18		55	15	20	30	22	24	0,35	80
19		55	15	20	36	24	26	0,45	85
20		55	10	18	30	20	22	0,55	90

Примечания. 1. Заготовка — пруток (во всех заданиях). 2. Припуск на ϕd_1 равен 5 мм. 3. Общие допуски по ГОСТ 30893.1: $H14, h14, \pm IT14/2$.

4.2. Последовательность обработки заготовки и эскизы технологических переходов с указанием получаемых размеров и шероховатости обработанных поверхностей (по форме Приложения к работе 1).

Примечания. Последовательность обработки дается в виде перечня переходов с указанием названия действия в повелительном падеже и выполняемых размеров.

На технологическом эскизе необходимо:

— начертить заготовку в рабочем положении и резец в конце рабочего хода; контур заготовки дается в том виде, в каком она получается в конце данного перехода;

— выделить поверхности, изготавливаемые на данном переходе, утолщёнными чёрными линиями;

— проставить получаемые на данном переходе размеры; ставятся только те размеры, которые получаются на данном переходе;

— указать стрелками главное движение резания и движение подачи резца.

4.3. Перечень применяемых при изготовлении детали приспособлений, режущих и измерительных инструментов.

4.4. Расчеты, необходимые для наладки станка на обработку цилиндрической поверхности (по указанию преподавателя), в том числе:

— расчет параметров режима резания $n_{расч}$, t по формулам (1.2; 1.3);

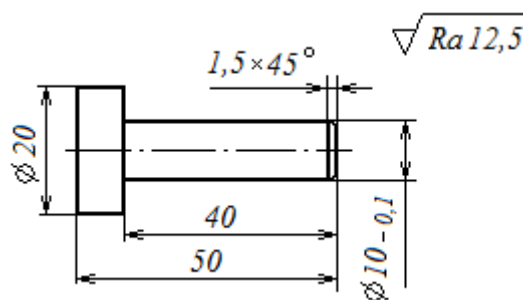
— выбор по паспортным данным станка 16К20 $n_{ст}$, $S_{0ст}$, значения которых являются ближайшими наименьшими значениями к расчетным ($n_{ст} \leq n_{расч}$; $S_{0ст} \leq S_{0расч}$);

— расчет фактической скорости резания v_f , соответствующей выбранному станочному значению $n_{ст}$.

Приложение к работе 1

Пример оформления фрагмента отчета «Чертеж детали и технологические эскизы»

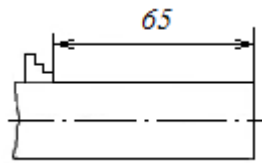
4.1. Чертеж детали



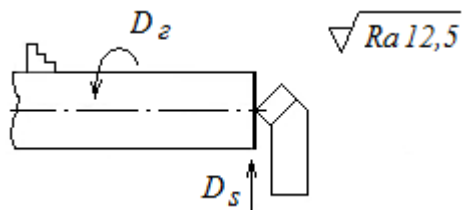
Общие допуски по ГОСТ 30893.1: $H14$, $h14$, $\pm IT14/2$

4.2. Последовательность изготовления детали «Заготовка болта» и эскизы обработки

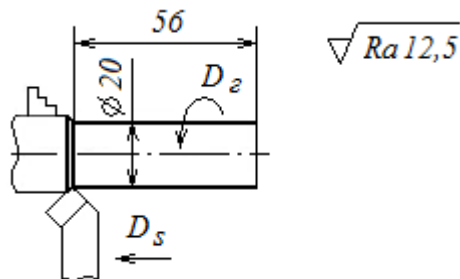
1). Установить и закрепить заготовку.



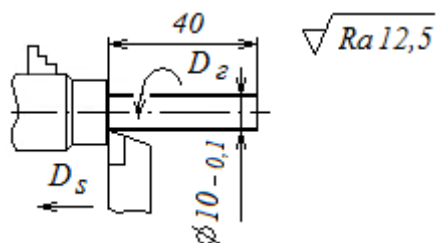
2). Подрезать торец «как чисто».



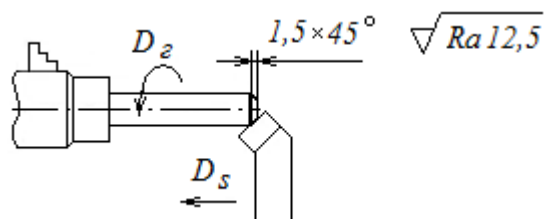
3). Точить поверхность, выдерживая размеры $\varnothing 20$ и длину 56.



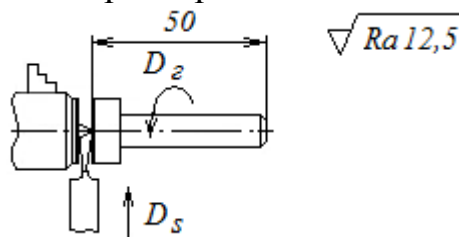
4). Точить поверхность, выдерживая размеры $\varnothing 10_{-0,1}$ и 40.



5). Точить фаску $1,5 \times 45^\circ$.



6). Отрезать заготовку, выдерживая размер 50.



7. Раскрепить и снять деталь.

2. СПОСОБЫ ОБРАБОТКИ КОНИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ НА ТОКАРНО-ВИНТОРЕЗНОМ СТАНКЕ

Цель работы: знания характеристик конических поверхностей, технологических методов их обработки, основ наладки токарно-винторезного станка на обработку конических поверхностей; умения выбирать метод токарной обработки конической поверхности в зависимости от её размеров, выполнять расчеты, необходимые для наладки станка.

Общие сведения о конических поверхностях

В машиностроении, наряду с цилиндрическими поверхностями, широко применяются детали с коническими поверхностями, представленными в виде наружных конусов или в виде конических отверстий. Например, упорный центр токарного станка имеет два наружных конуса, из которых один служит для установки и закрепления его в коническом отверстии шпинделя (см. рис. 1.10, б); наружный конус для установки и закрепления имеют также сверло, зенкер, развертка и т. д.

Конус представляет собой геометрическое тело, поверхность которого получается вращением прямой линии (образующей), расположенной наклонно к оси вращения тела.

Точка пересечения образующей с осью конуса называется *вершиной*, а плоскости, перпендикулярные к его оси — *основаниями*. Различают полный и усечённый конусы. Полный конус расположен между основанием и вершиной, усечённый — между двумя основаниями (большим и меньшим).

Конус характеризуется следующими элементами: диаметрами большего D и меньшего d оснований, длиной l , конусностью и уклоном.

Конусность называют отношение разности диаметров двух поперечных сечений конуса к расстоянию между ними. Конусность на чертеже может быть указана в градусной мере и в процентах. *Уклон* — отношение разности радиусов двух поперечных сечений конуса к расстоянию между ними. Уклон характеризуется на чертеже углом уклона $\alpha/2$.

Для характеристики полного конуса достаточно знать два элемента: диаметр основания и длину; для усечённого конуса — три элемента: диаметры большего и меньшего оснований и длину. Вместо одного из указан-

ных элементов может быть задан уклон, угол уклона $\alpha/2$ или конусность. В этом случае для определения недостающих размеров пользуются формулами.

Для машиностроительной промышленности стандартами предусмотрен ряд конусов, которые принято называть нормальными. Среди них наибольшее распространение получили: инструментальные конусы Морзе семи номеров (от 0 до 6) с конусностью примерно 1:20; конусы отверстий насадных развёрток и зенкеров с конусностью 1:30; конусные отверстия под конические штифты с конусностью 1:50, конусные отверстия для конической резьбы, конусность которых равна 1:16.

При изготовлении конических поверхностей, также как и цилиндрических, необходимо выдержать все требования, предъявляемые к точности обработки: размеры, правильную форму, заданное расположение к другим поверхностям детали и шероховатость в соответствии с техническими условиями рабочего чертежа. Особое требование, характерное для таких поверхностей, — точность формы в продольном направлении, которая обеспечивается прямолинейностью образующей конуса и расположением её к оси под нужным углом наклона.

Методы точения конических поверхностей. Получение конической поверхности на заготовке методом точения на токарном станке осуществляют одним из следующих способов: с помощью широкого резца (рис. 2.1, а); поворотом верхнего суппорта (рис. 2.1, б) или смещением корпуса задней бабки (рис. 2.1, в).

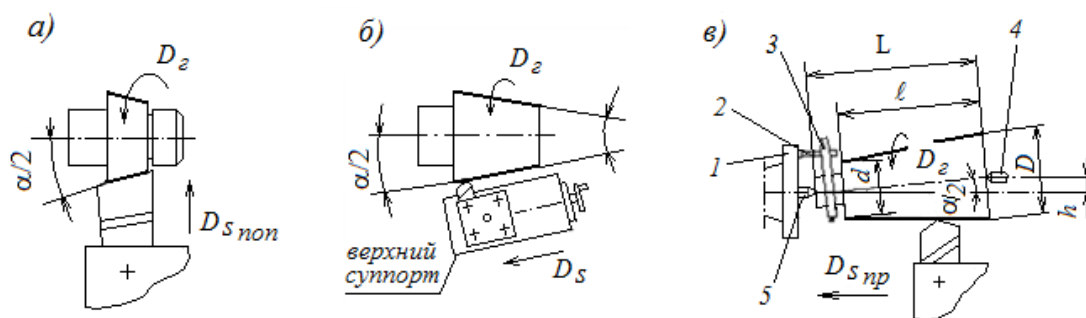


Рис. 2.1. Схемы точения конических поверхностей:

а — широким резцом; б — поворотом верхнего суппорта;

в — смещением корпуса задней бабки

Точение конической поверхности широким резцом (см. рис. 2.1, а). Конические поверхности (наружные и внутренние) с небольшой высотой конуса (не более 15...20 мм) обрабатывают широким резцом с углом 30

в плане, соответствующем углу уклона конуса. Движение подачи резца может быть продольным или поперечным. Применять более широкие резцы (до 80 мм) можно лишь на особо жёстких станках и заготовках, если это не вызывает вибраций резца и обрабатываемой заготовки.

Обработка конической поверхности поворотом верхнего суппорта (см. рис. 2.1, б). Для точения на токарных станках коротких наружных и внутренних конических поверхностей нужно повернуть верхний суппорт относительно оси станка под углом уклона конуса $\alpha/2$. При таком способе движение подачи производят обычно вручную — вращением рукоятки винта верхнего суппорта. Это необходимо, чтобы при вращении заготовки вершина резца перемещалась параллельно образующей конуса.

Если угол уклона конуса задан по чертежу, то верхнюю часть суппорта поворачивают на заданный угол, используя деления, нанесённые на диске поворотной части суппорта.

Если указаны большой D и малый d диаметры конуса, а также длина конической части детали ℓ , то угол поворота суппорта определяют по формуле

$$\alpha/2 = \arctg[(D - d)/2\ell]. \quad (2.1)$$

Недостатки этого способа точения конических поверхностей заключаются в том, что:

— обработка выполняется при ручном движении подачи; это снижает производительность труда и увеличивает шероховатость обработанной поверхности;

— точению подлежат только сравнительно короткие конические поверхности длиной не более 140 мм в связи с ограниченной длиной хода каретки верхнего суппорта.

Точение конической поверхности поперечным смещением корпуса задней бабки (см. рис. 2.1, в). Для получения конической поверхности этим способом заготовку устанавливают в центрах, используя передний 5, задний 4 центры станка и поводковый патрон, обеспечивающий передачу вращения со шпинделя станка на заготовку. Поводковый патрон, представленный на рисунке 2.1, в, состоит из планшайбы 1, поводка 2 и хомута 3, закрепляемого на левом необрабатываемом конце заготовки.

Перед установкой заготовки положение оси центров станка изменяют путем сдвига корпуса задней бабки, а вместе с ним и заднего центра 4,

в поперечном направлении. Корпус задней бабки смещают, ориентируясь на деления, нанесённые на торце её опорной плиты, и риску на торце корпуса задней бабки.

При таком расположении заготовки на станке ось её вращения будет не параллельна направлению перемещения резца (см. рис. 2.1, в), а обработанная поверхность заготовки окажется конической.

Величину поперечного смещения корпуса задней бабки определяют по следующей формуле:

$$h = L(D - d)/2\ell, \quad (2.2)$$

где h — величина смещения оси корпуса задней бабки в направлении перпендикулярном оси шпинделя, мм; D — диаметр большого основания конуса, мм; d — диаметр малого основания конуса, мм; L — полная длина заготовки, мм; ℓ — длина конической части заготовки, мм.

Обработку конусов методом поперечного смещения корпуса задней бабки применяют на заготовках большой длины (валах), используя при этом автоматическую подачу суппорта.

К недостаткам этого способа относят:

- невозможность растачивания конических отверстий;
- ограниченную область применения даже при точении наружных поверхностей, так как этим методом можно обработать только пологие конусы, для которых величина смещения корпуса задней бабки составляет не более 10 мм;
- смещение осей центров, располагающихся в центровых отверстиях заготовки, друг относительно друга, что приводит к неравномерному износу центровых отверстий и служит причиной брака при вторичной установке заготовки в этих же центровых отверстиях. Устранить неравномерный износ центровых отверстий можно, если применить специальные шаровые центры, имеющие на коническом участке вместо конической вершины небольшую шаровую поверхность.

При всех способах точения конических поверхностей резцы следует устанавливать строго на уровне высоты центров станка. В противном случае возможен брак, так как образующая конуса может получиться криволинейной.

Измерение размеров конических поверхностей. Наружные диаметры заготовок измеряют штангенциркулями с точностью отсчёта 0,1 и 0,05 мм

или микрометром с точностью отсчёта 0,01 мм. Диаметры заготовок, изготовленных с заданными отклонениями, в условиях крупносерийного и массового производств проверяют предельными скобами.

Годность конических поверхностей изделия можно определять поэлементно или комплексно. Первый метод применяют преимущественно при изготовлении конусов невысокой точности. В этом случае каждый элемент конической поверхности измеряют отдельно штангенциркулем, угломером или проверяют шаблоном. Для измерения углов уклона $\alpha/2$ или конуса α пользуются универсальным угломером. Он предназначен для измерения наружных углов в пределах от 0 до 180°.

Комплексным методом пользуются при изготовлении деталей с точными сопрягаемыми коническими поверхностями. Такую проверку выполняют коническими калибрами-втулками и пробками, позволяющими определить точность одного из диаметров и формы конуса. При проверке конического отверстия калибр-пробку вводят в отверстие детали легким нажимом руки. Если диаметр конуса выполнен в пределах допуска, торец детали должен располагаться между контрольными рисками калибра.

Степень взаимного прилегания поверхностей отверстия и калибра проверяют методом «на краску». Для этого на коническую поверхность калибра мелом наносят три продольные линии по окружности примерно на равном расстоянии. Затем калибр конической частью плотно вводят в коническое отверстие и проворачивают. По характеру истирания линий судят о годности детали. Форма конической поверхности считается правильной, если меловые линии истираются равномерно по длине. Точность наружного конуса проверяется калибром-втулкой аналогично.

Технология изготовления детали и технологическая документация

Изготовление детали на конкретном металлорежущем станке реализуют в виде специальным образом организованной последовательности действий рабочего и движений узлов станка по обработке различных поверхностей заготовки. Совокупность этих действий называют технологической операцией, а сами действия — переходами. Переходы подразделяют на технологические и вспомогательные.

Технологическим переходом называют законченную часть технологической операции изготовления детали, выполняемую одними и теми же

средствами технологического оснащения (станок, приспособление, инструмент) при постоянных технологических режимах и установке (закреплении заготовки). Изменение обрабатываемой поверхности, применение другого инструмента или режима резания соответствуют введению в технологию изготовления детали нового технологического перехода.

Вспомогательным переходом называют законченную часть технологической операции изготовления детали, не сопровождающуюся изменением формы, размеров и шероховатости поверхности, но необходимую для выполнения технологического перехода. К таким переходам относят действия по установке и снятию заготовки, замене режущего инструмента, измерению полученных размеров и ряд других работ оператора или движений узлов оборудования. В технологических документах, описывающих последовательность изготовления детали, вспомогательные и технологические переходы нумеруют последовательно друг за другом арабскими цифрами.

Важнейшими технологическими документами, на основе которых осуществляют наладку станка и выполнение технологической операции, являются маршрутная и операционная карты и карта эскизов, в которых представлены последовательность, схемы переходов, режимы обработки, приспособления и инструмент. Разработку таких документов осуществляют технологи. В учебном процессе при выполнении практических работ и при разработке технологических процессов используется упрощенная технологическая документация, соответствующая уровню изучаемого материала и названная далее как «Технологическая карта последовательности изготовления детали».

Содержание работы

Работа включает: изучение методов обработки конических поверхностей, выбор способов токарной обработки поверхностей конкретной заготовки и разработку технологической карты изготовления детали заданной формы и размеров для единичного производства, подготовку отчёта.

Последовательность выполнения работы

1. Изучите виды токарных работ, режущий инструмент и приспособления для закрепления заготовки (см. работу 1 пособия). Ознакомьтесь с материалами демонстрационных стендов.

2. Изучите по пособию устройство и назначение токарно-винторезного станка модели 16К20 (см. работу 1 пособия).

3. Проследите за выполнением на станке учебным мастером следующих токарных работ: точение конической поверхности широким резцом и поворотом верхнего суппорта.

4. Получите индивидуальное задание для самостоятельной работы (таблица 2.1) по разработке последовательности и эскизов изготовления детали методами токарной обработки и выбору технологической оснастки.

Выполните перечисленные далее действия.

4.1. Начертите эскизы заготовки и детали с контуром заготовки и обозначьте на эскизе детали арабскими цифрами обрабатываемые поверхности.

Примечание: На эскизе детали (таблица 2.1) обрабатываемые поверхности выделены утолщёнными линиями. Контур заготовки на эскизе показан пунктирной линией. Пример представления задания в отчёте дан на рисунке 2.2.

4.2. Для каждой из обрабатываемых поверхностей выберите способ токарной обработки, а для обработки конической поверхности — конкретный метод обработки (см. рис. 2.1), режущий инструмент и приспособление.

4.3. С помощью преподавателя составьте последовательность обработки заготовки и запишите её в виде технологических и вспомогательных переходов.

4.4. Начертите эскизы технологических переходов обработки заготовки и представьте их последовательность в виде технологической карты изготовления детали. В таблице 2.2 дан пример разработки последовательности изготовления детали, выполненный применительно к заданию, представленному на рисунке 2.2.

4.5. Выполните расчёты, необходимые для наладки станка на обработку конической поверхности с углом конуса α (определите n_{cm} , S_{ocm}), используя формулы (1.1; 1.2; 2.1; 2.2), и опишите процесс наладки.

Исходные при расчётах значения элементов режима резания для обработки конической поверхности представлены в трёх правых столбцах таблицы 2.1.

4.6. Определите число рабочих ходов i , необходимых для удаления припуска при обработке конической поверхности. Значение i рассчитывают по формуле (2.3) в тех случаях, когда толщина припуска на сторону превышает указанное в задании значение глубины резания t .

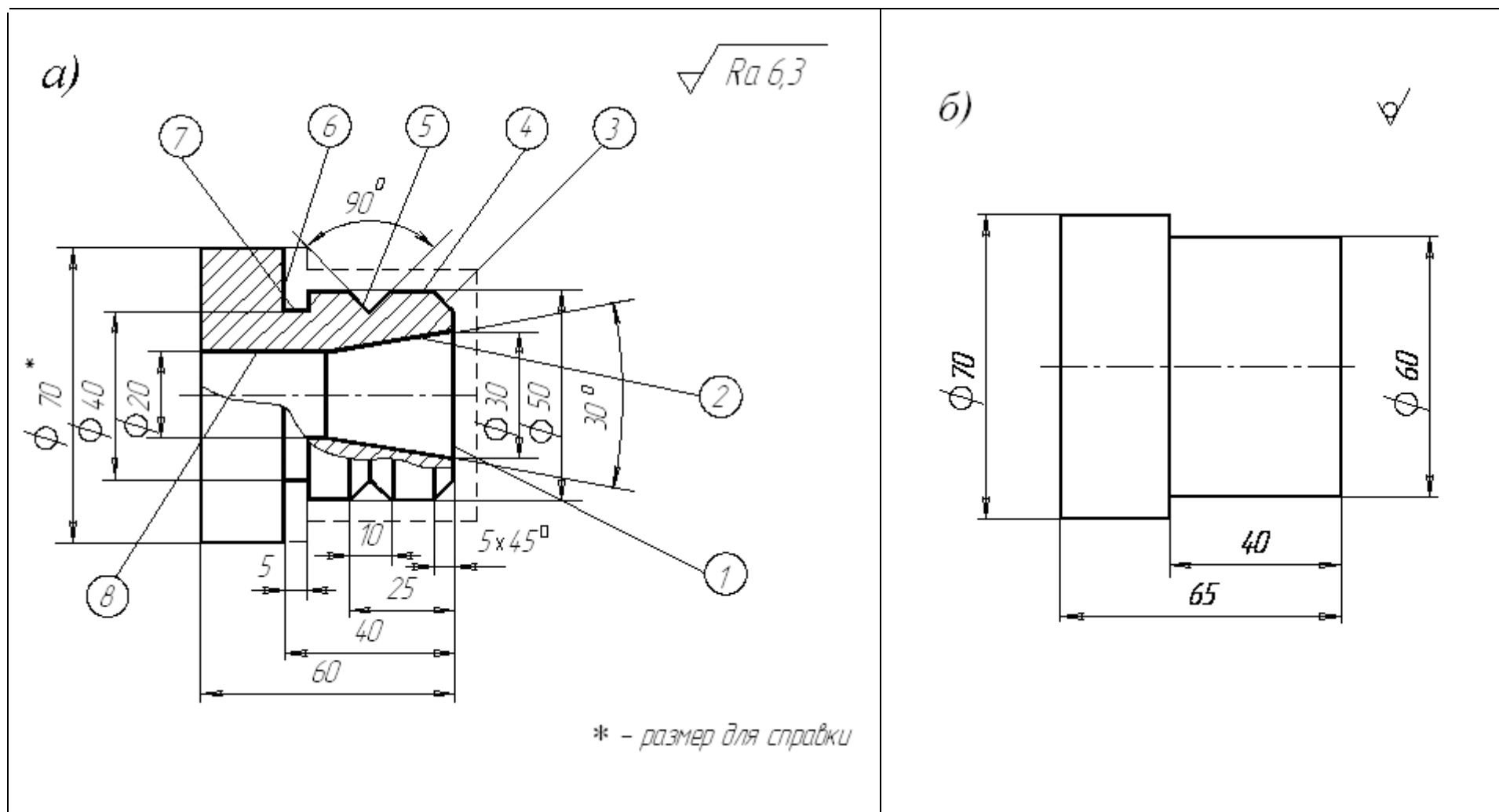
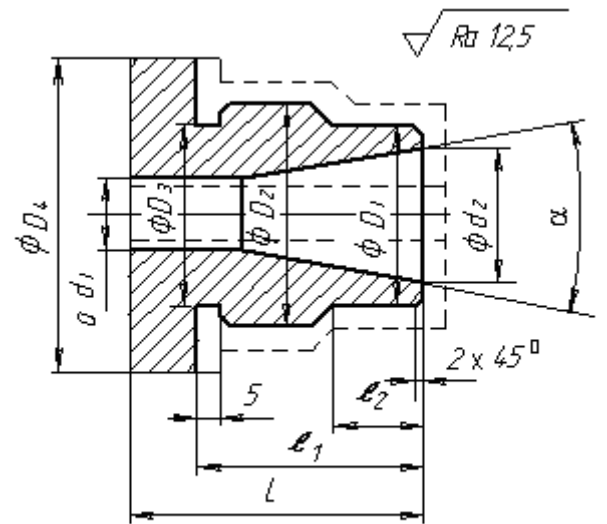


Рис. 2.2. Чертежи детали с нумерацией обработанных поверхностей (а) и заготовки (б)

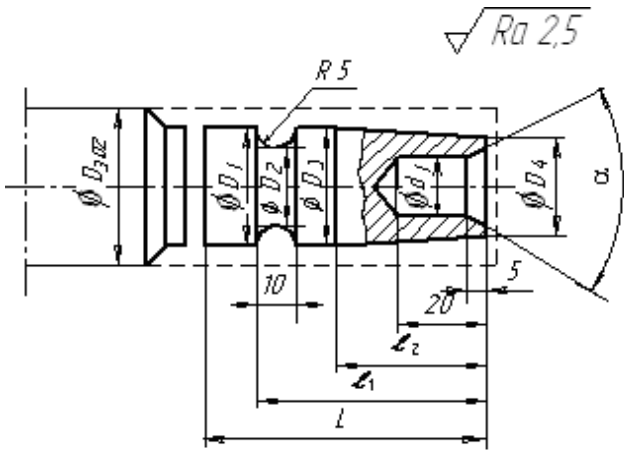
Таблица 2.1

Индивидуальные задания

№ п/п	Эскиз детали с припусками на обработку	Размеры детали										Элементы режима резания		
		L , мм	ℓ_1 , мм	ℓ_2 , мм	D_1 , мм	D_2 , мм	D_3 , мм	D_4 , мм	d_1 , мм	d_2 , мм	α , град.	t , мм	v , м/мин	S_o , мм/об
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	 <p>Припуск на обработку 5 мм.</p>	120	100	40	60	70	60	100	40	50	10	1,5	200	0,15
2		100	80	40	150	160	150	200	120	140	90	2,0	170	0,30
3		60	45	20	140	150	140	180	105	120	20	2,5	170	0,30

№ п/п	Эскиз детали с припусками на обработку	Размеры детали									Элементы режима резания		
		L , мм	ℓ_1 , мм	ℓ_2 , мм	D_1 , мм	D_2 , мм	D_3 , мм	D_4 , мм	α , град.	M_1	t , мм	v , м/мин	S_{01} , мм/об
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
4		500	380	60	110	60	40	140	10	$M50$	2,5	220	0,20
5		250	180	30	55	30	20	70	20	$M25$	2,0	200	0,17
6		380	280	40	70	60	40	90	3	$M50$	1,5	200	0,15

Продолжение табл. 2.1

№ п/п	Эскиз детали с припусками на обработку	Размеры детали									Элементы режима резания		
		L , мм	ℓ_1 , мм	ℓ_2 , мм	D_1 , мм	D_2 , мм	D_3 , мм	D_4 , мм	d_1 , мм	α , град.	t , мм	v , м/мин	S_o , мм/об
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
7	 <p>Диаметр заготовки $D_{3из} = D_1 + 4$ мм.</p>	100	70	35	80	50	70	50	30	90	2,0	220	0,12
8		190	135	75	80	60	70	50	30	60	1,5	250	0,10
9		110	80	55	80	40	50	40	20	118	1,0	200	0,15

Окончание табл. 2.1

№ п/п	Эскиз детали с припусками на обработку	Размеры детали											Элементы режима резания		
		L , мм	ℓ_1 , мм	ℓ_2 , мм	ℓ_3 , мм	D_1 , мм	D_2 , мм	D_3 , мм	d_1 , мм	d_2 , мм	α , град.	M_1	t , мм	v , м/мин	S_o , мм/об
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
10	<p>Припуск на обработку 4 мм.</p>	95	70	60	10	80	125	150	40	60	90	$M50$	–	190	0,15
11		95	70	60	30	80	110	150	50	70	20	$M60$	–	180	0,20
12		100	75	60	5	110	170	210	80	100	120	$M90$	–	170	0,25

$$i = |D_{заг} - d|/2t, \quad (2.3)$$

где $D_{заг}$ — диаметр заготовки или диаметр обработанной поверхности перед выполнением перехода обработки конической поверхности, d — диаметр наименьшего (для внутренней конической поверхности — наибольшего) основания конуса детали. Полученную по формуле (2.3) цифру округляют до целого значения в большую сторону.

Содержание отчёта

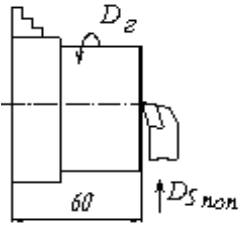
1. Наименование работы.

2. Номер, формулировка и исходные данные индивидуального задания (см. таблицу 2.1).

Индивидуальное задание: «Разработать последовательность токарной обработки заготовки детали «_____», выбрать технологическую оснастку, режим обработки и подготовить технологическую карту».

Таблица 2.2

Технологическая карта последовательности изготовления детали «Втулка» на токарно-винторезном станке модели 16К20

Но- мер пе- ре- хода	Номер обраба- тываемой по- верхно- сти	Содержание перехода	Эскиз перехода	Режущий инструмент	Приспо- собление
1	2	3	4	5	6
1		Установить и закрепить заготовку			Трехку- лачковый самоцен- трирую- щий па- трон
2	1	Подрезать то- рец заготовки в размер 60		Подрезной резец	

Продолжение табл. 2.2

1	2	3	4	5	6
3	4, 6	Точить поверхность $\varnothing 50$ на длину 40		Прходной прямой упорный резец	То же
4	8	Сверлить отверстие $\varnothing 20$		Спиральное сверло $\varnothing 20$	Втулка переходная
5	3	Точить фаску $5 \times 45^\circ$.		Прходной отогнутый резец	
6	7	Точить канавку $\varnothing 40$ и шириной 5		Канавочный резец	
7	5	Точить канавку с углом 90° .		Фасонный резец	
8	2	Расточить коническую поверхность с углом 30° .		Расточной проходной резец	
9		Раскрепить и снять деталь.			

3. Чертежи детали (с указанием размеров поверхностей, подлежащих обработке, по примеру рисунка 2.2, *а*) и заготовки (см. рис. 2.2, *б*).

4. Последовательность изготовления детали в виде технологической карты (по примеру, представленному в таблице 2.2). Технологические эскизы переходов могут быть выполнены вне таблицы 2.2.

5. Выбор метода обработки конической поверхности (с аргументацией выбора), типа режущего инструмента и описание наладки станка на её обработку.

6. Расчёты для наладки станка на обработку конической поверхности:

— определение частоты вращения шпинделя станка $n_{расч}$ по формуле (1.2) и выбор $n_{ст}$;

— расчёт числа рабочих ходов i , необходимых для удаления припуска при обработке конической поверхности, по формуле (2.3);

— расчёт числа делений по лимбу станка k , на которое следует повернуть винт поперечного перемещения салазок суппорта при установке резца на заданную глубину резания;

— расчёт угла поворота верхнего суппорта $\alpha/2$ по формуле (2.1) или величины смещения задней бабки h по формуле (2.2).

3. ФРЕЗЕРНЫЕ РАБОТЫ, НАЗНАЧЕНИЕ И УСТРОЙСТВО ВЕРТИКАЛЬНО-ФРЕЗЕРНОГО СТАНКА

Цель работы: знания видов фрезерных работ, типов фрез и фрезерных приспособлений, устройства и назначения вертикально-фрезерного станка; умения разрабатывать последовательность и рисовать схемы фрезерования поверхностей заготовки, выбирать технологическую оснастку и выполнять расчёты, необходимые для наладки станка.

Общие сведения

Фрезерование является одним из распространённых технологических методов обработки резанием плоских и фасонных поверхностей, прямых и винтовых канавок, сложных поверхностей типа «зубья зубчатых колёс», «шлицы», «шпоночная канавка». При этом обеспечивается точность размеров не лучше 9–10 квалитетов точности и шероховатость поверхностей с параметром Ra до 2,5 мкм. Фрезерование выполняют на станках фрезерной

группы многолезвийными режущими инструментами — фрезами. Группа фрезерных станков включает консольные вертикально-фрезерный, горизонтально-фрезерный и широкоуниверсально-фрезерный станки, бесконсольные фрезерные, продольно-фрезерные, копировально-фрезерные и другие типы станков (приложение 1).

К основным типам фрез, используемым на этих станках, относят цилиндрические, концевые, торцовые, дисковые, отрезные, фасонные и специальные фрезы.

Виды фрезерных работ и типы фрез

Схемы выполняемых методом фрезерования работ и типы используемых фрез представлены на рисунке 3.1 применительно к обработке заготовок на вертикально-фрезерном и горизонтально-фрезерном станках.

При фрезеровании главное вращательное движение резания D_2 придают фрезе. Движение подачи D_5 выполняет заготовка, перемещающаяся относительно фрезы.

Фрезерование горизонтальных, вертикальных и наклонных плоскостей. Для обработки горизонтальных плоскостей в качестве режущих инструментов чаще всего используют цилиндрические и торцовые фрезы. Схемы обработки таких поверхностей представлены соответственно на рисунках 3.1, *а*, *б*.

Цилиндрическими фрезами обрабатывают плоские поверхности шириной B до 180 мм в основном на горизонтально-фрезерных станках. Эти фрезы могут быть с прямыми и винтовыми зубьями. Фрезы с винтовыми зубьями работают плавно, с примерно постоянными силами резания, что обеспечивает их более широкое распространение в производстве по отношению к фрезам с прямыми зубьями. Прямозубые цилиндрические фрезы используют чаще всего для обработки узких плоскостей, где преимущества фрез с винтовыми зубьями незначительны.

Торцовыми фрезами обрабатывают плоскости с большей шириной, чем цилиндрическими фрезами. В соответствии с ГОСТ 26595-85 выпускают торцовые фрезы диаметром до 500 мм. При торцовом фрезеровании в резании участвует большее число зубьев, что обеспечивает их плавную работу даже при небольших значениях ширины фрезерования B . Ось торцовой фрезы устанавливают перпендикулярно к изготавливаемой плоскости

детали. Жёсткость закрепления фрез этого типа также более высокая, чем цилиндрических фрез, что позволяет применять при торцовом фрезеровании более производительные режимы резания.

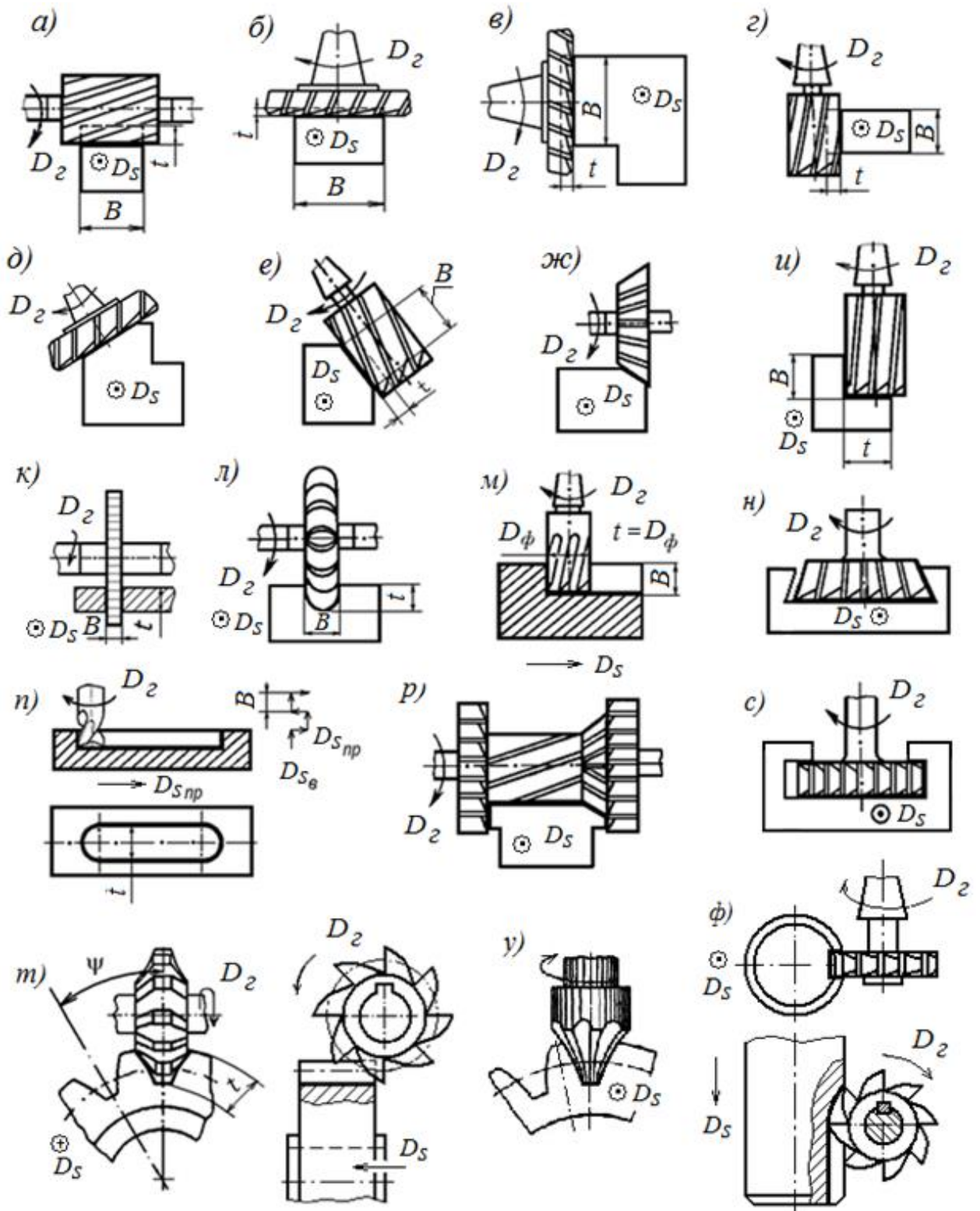


Рис. 3.1. Виды фрезерных работ

Вертикально расположенные плоскости фрезеруют торцовыми и концевыми фрезами в соответствии со схемами, приведёнными на рисунках 3.1, *в*, *г*. Концевые фрезы изготавливают диаметром до 80 мм.

Фрезерование наклонных плоскостей выполняют торцовыми, концевыми и угловыми фрезами (рис. 3.1, *д*, *е*, *ж*). При фрезеровании поверхностей этого типа торцовой или концевой фрезой требуется повернуть головку шпиндельного узла станка с закреплённой в нём фрезой на угол наклона плоскости или наоборот — обеспечить соответствующий угол поворота заготовки.

Фрезерование фасонных поверхностей. Фрезерование фасонной поверхности вызывает большие сложности, чем обработка плоскости, так как для этого необходима специально изготовленная фасонная фреза. Профиль такой фрезы в поперечном сечении соответствует фасонному профилю поверхности изготавливаемой детали (рис. 3.1, *л*, *т*, *у*). Для обеспечения удобства фрезерования поверхностей данной формы в чертежах деталей преимущественно используют фасонные поверхности открытого типа, образующими которых являются прямые линии.

На станках с числовым программным управлением для фрезерования фасонных поверхностей часто используют концевые фрезы с закругленной торцовой поверхностью. Рабочие движения узлов станка осуществляются в таком случае по командам специально разрабатываемой управляющей программы.

Разрезание. Разрезание заготовки осуществляют дисковыми отрезными фрезами в соответствии со схемой, представленной на рисунке 3.1, *к*. Заготовку при отрезных работах закрепляют в тисках так, чтобы фреза располагалась как можно ближе к губке тисков, но не задевала за неё. Изготавливают отрезные фрезы шириной до 28 мм.

Фрезерование модулей поверхностей. Модулем поверхностей называют сочетание нескольких поверхностей на детали, возможно, разного вида, предназначенных для выполнения определённой служебной функции. К модулям поверхностей относят уступы, пазы различной формы, сложные фасонные поверхности типа «канавка венца зубчатого колеса», шлицевые и более сложные поверхности.

На рисунке 3.1, *и* представлена схема фрезерования уступа на заготовке концевой фрезой. Этим способом получают уступы небольших размеров. Поверхности такого типа можно обработать и дисковыми фрезами.

Модуль поверхностей, представляющий сочетание поверхностей с линейными образующими, рационально в условиях серийного и массового производств фрезеровать набором фрез по схеме, данной на рисунке 3.1, *р*.

Фрезерование прямолинейных и винтовых пазов и канавок осуществляют дисковыми и концевыми фрезами в соответствии со схемами, представленными на рисунках 3.1, *л*, *м*, *ф*. Пазы и канавки лучше фрезеровать дисковыми фрезами, так как они имеют большую прочность, чем концевые, а потому обеспечивают работу с большими скоростями резания и подачами. При этом фасонные пазы фрезеруют фасонными дисковыми фрезами. Концевые фрезы по отношению к дисковым фрезам характеризуются также и меньшей жёсткостью. Этими инструментами можно фрезеровать пазы шириной до 50 мм. Применение концевых фрез особенно эффективно при обработке пазов в труднодоступных местах.

Пазы типа «ласточкин хвост» (рис. 3.1, *н*) фрезеруют за два перехода. При первом переходе изготавливают паз прямоугольной формы концевой фрезой с оставлением припуска на дальнейшую обработку. На втором переходе используют специальную одноугловую фрезу типа «ласточкин хвост», которая последовательно фрезерует сначала одну наклонную плоскость паза, а затем — другую. Этот же принцип используют и при изготовлении Т-образных пазов (рис. 3.1, *с*).

Шпоночные пазы невысокой точности, открытые с одной стороны, можно фрезеровать с помощью концевых фрез на вертикально-фрезерных станках в соответствии со схемой, представленной на рисунке 3.1, *м*. Точные по размерам и расположению на детали закрытые шпоночные пазы фрезеруют на фрезерно-шпоночных станках специальными шпоночными фрезами за несколько рабочих ходов по схеме, изображённой на рисунке 3.1, *п*. При этом способе заготовке периодически придают вертикальное движение подачи $D_{S\epsilon}$ в направлении к шпинделю, где закреплена фреза, что обеспечивает врезание фрезы в заготовку на 0,1...0,3 мм, а затем движением продольной подачи D_{Snp} фрезеруют паз на всю длину. Дальнейшую обработку осуществляют аналогичными циклами до достижения заданной глубины паза.

Одним из распространённых и сложных видов фрезерования является изготовление зубьев зубчатых колёс. Выполняется эта операция различными способами, две схемы реализации которых даны на рисунках 3.1, *т*, *у*.

В качестве инструментов при обработке по данной схеме используют дисковую (рис. 3.1, *т*) и пальцевую (рис. 3.1, *у*) модульные фрезы, профиль которых в поперечном сечении соответствует профилю канавки венца зубчатого колеса. Этот метод формирования профиля обрабатываемой поверхности называют методом копирования.

После фрезерования первой канавки заготовку поворачивают на угол ψ , соответствующий угловому шагу одного зуба, и фрезеруют вторую канавку. Таким способом последовательно изготавливают весь зубчатый венец.

Назначение и устройство вертикально-фрезерного станка

Вертикально-фрезерные консольные станки характеризуются вертикально расположенным шпинделем, служащим для установки на нем фрезы и передачи ей главного вращательного движения (рис. 3.2).

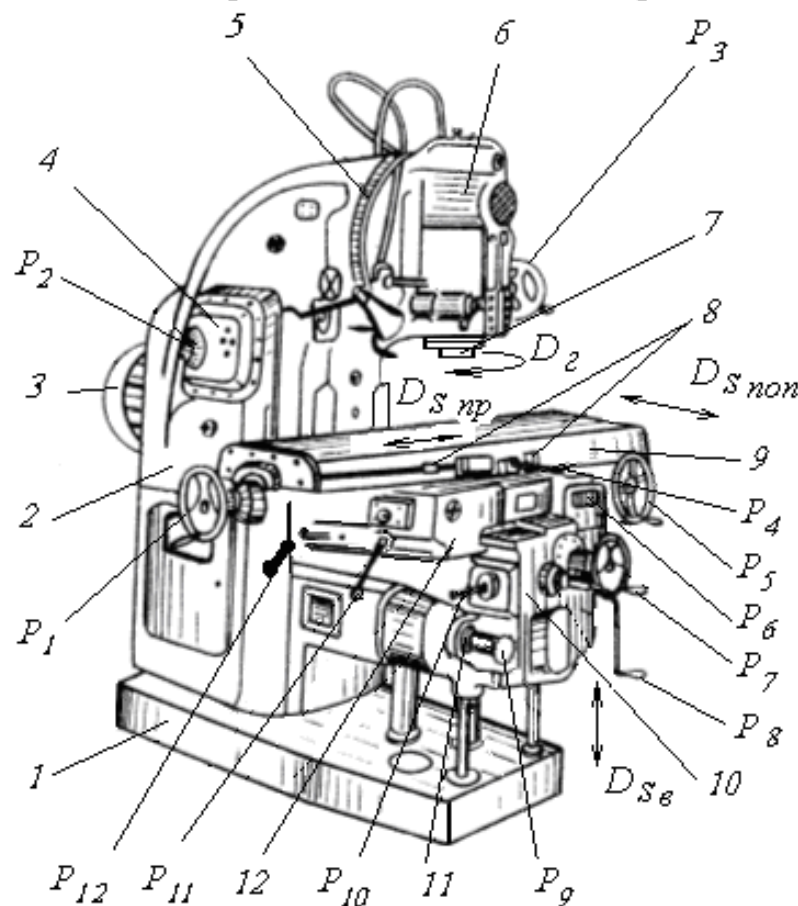


Рис. 3.2. Общий вид вертикально-фрезерного станка

Это делает их более удобными при выполнении многих фрезерных работ по отношению к другому широко известному типу консольных

фрезерных станков — горизонтально-фрезерному станку. Вертикально-фрезерные станки предназначены для выполнения большинства представленных на рисунке 3.1 работ в условиях единичного и мелкосерийного производств. К основным таким работам относят фрезерование плоскостей (горизонтальных, вертикальных) (рис. 3.1, б, г), уступов (рис. 3.1, и), пазов (рис. 3.1, м, н, с) с использованием концевых и торцовых фрез. С помощью специальных устройств (вспомогательных инструментов) на вертикально-фрезерных станках могут использоваться дисковые, отрезные, фасонные фрезы (рис. 3.1, у), позволяющие фрезеровать на цилиндрических и торцовых поверхностях пазы различной формы и разрезать заготовки.

В некоторых моделях вертикально-фрезерных станков фрезу можно устанавливать под заданным углом к вертикали путем поворота узла станка, называемого шпиндельной головкой. Это дает возможность фрезеровать наклонные плоскости (рис. 3.1, д, е). Таким станком является вертикально-фрезерный станок, представленный на рисунке 3.3.

По направляющим станины в вертикальном направлении может перемещаться консоль 10 (вертикальное движение подачи $D_{S\delta}$), внутри которой размещена коробка подач 11, позволяющая устанавливать заданное значение скорости перемещения заготовки (движение подачи). На горизонтальных направляющих консоли расположены поперечные салазки 12 и продольный стол 9. Перемещение поперечных салазок по направляющим консоли обеспечивает движение поперечной подачи заготовки D_{Snon} , устанавливаемой непосредственно на столе станка или в специальном приспособлении. Продольную подачу заготовки реализуют перемещением стола станка по направляющим поперечных салазок маховиками P_1 или P_5 .

Фрезерные приспособления

В процессе фрезерования заготовка должна быть надёжно закреплена на столе станка в положении, обеспечивающем выполнение требуемых размеров, формы изготавливаемой поверхности и расположения её относительно других поверхностей детали. Закрепление должно быть достаточно прочным и жёстким, чтобы противостоять силам резания, возникающим при обработке. Чаще всего с этой целью применяют прихваты (прижимные планки), машинные тиски, упоры и универсальную делительную головку.

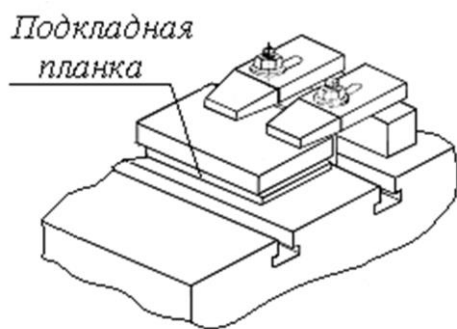


Рис. 3.3. Крепление заготовки прихватами

Простейшим видом крепёжных приспособлений являются прихваты, которые при помощи болтов прижимают заготовку либо к поверхности стола, либо к особым планкам, которые подкладывают под заготовку (рис. 3.3). Квадратные головки болтов при этом вводят в Т-образные пазы стола станка.

Для закрепления заготовок широко применяют также машинные тиски с двумя параллельными губками, у которых одна из губок неподвижна. В зависимости от того, как должна быть установлена заготовка по отношению к фрезе, используют простые (рис. 3.4, а), поворотные (рис. 3.4, б) и универсальные (рис. 3.4, в) машинные тиски.

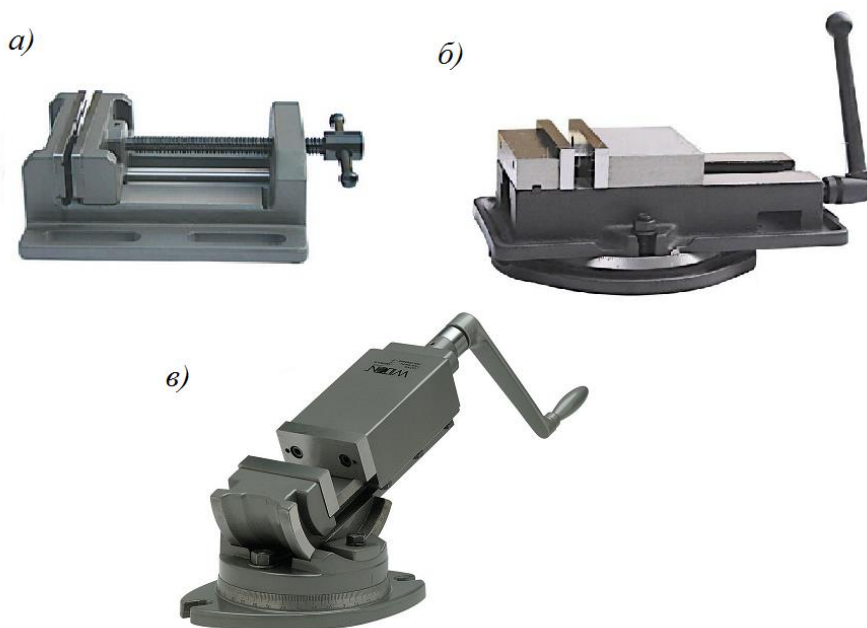


Рис. 3.4. Типы машинных тисков:
а — простые, б — поворотные, в — универсальные

Поворотные тиски обеспечивают возможность поворота заготовки без её раскрепления вокруг вертикальной оси, а универсальные — вокруг вертикальной и горизонтальной осей. Углы поворота устанавливают по цифрам, указанным на круговых шкалах основания тисков. Тиски закрепляют

на столе станка при помощи болтов, головки которых вводят в Т-образные пазы стола.

Назначение, устройство и принцип работы универсальной делительной головки будут рассмотрены в работе 4.

Установка и закрепление фрезы на станке

Способ закрепления фрезы на станке зависит от ее конструкции и размеров, а также от характера работы, выполняемой фрезой.

Фрезы с коническим хвостовиком, размер которого совпадает с размерами конического гнезда шпинделя станка, вставляют хвостовиком в шпиндель и закрепляют в нем посредством затяжного винта (шомпола). Это самый простой способ закрепления фрезы на вертикально-фрезерном станке.

Если размер конуса хвостовика фрезы меньше размера конуса гнезда шпинделя, то прибегают к переходным втулкам 4 (рис. 3.5). Наружный конус такой втулки соответствует гнезду шпинделя 3 станка, а внутренний — хвостовику фрезы 6. Переходную втулку с вставленной фрезой устанавливают в шпиндель. Для прочного удержания фрезы служит натяжной винт (шомпол) 2, который пропускается через отверстие полого шпинделя, ввинчивается в резьбовое отверстие хвостовика фрезы и закрепляется гайкой 1.

Торцовые фрезы, работающие зубьями, расположенными на торцовой поверхности, закрепляются на концевых оправках. На рис. 3.6 показана концевая оправка 1. Конический конец оправки вставляют в коническое гнездо шпинделя станка. Фрезу надевают на цилиндрическую часть оправки и закрепляют болтом 3. Чтобы фреза не проворачивалась на этой части оправки при резании, на оправке установлена шпонка 2.

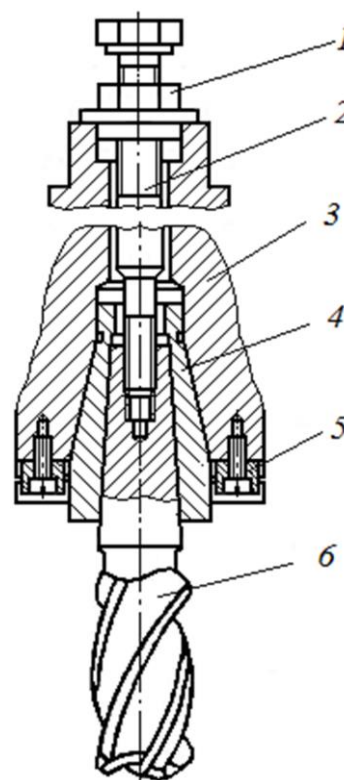


Рис. 3.5. Способ крепления концевой фрезы

Аналогичным способом могут устанавливаться на вертикально-фрезерных станках дисковые фрезы и другие типы фрез, имеющие центральное посадочное отверстие (см. рис. 3.1. *ф*).

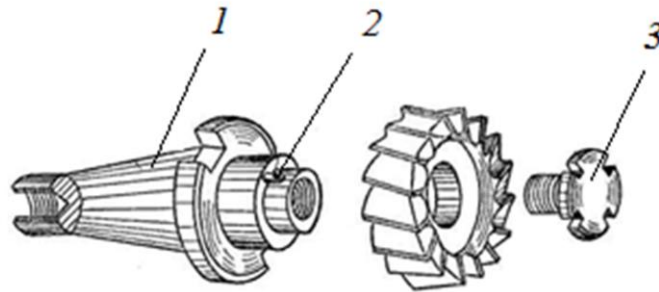


Рис. 3.6. Концевая оправка

Расчёт и наладка режима резания

Элементами режима резания при фрезеровании являются: скорость главного движения резания v , подача заготовки S , глубина резания t и ширина фрезерования B .

Скорость главного движения резания v равна окружной скорости точек режущих кромок лезвия фрезы, наиболее удалённых от оси фрезы. При известной частоте вращения фрезы $n_{фр}$ скорость резания v (м/мин) определяют по формуле

$$v = \pi D_{фр} n / 1000, \quad (3.1)$$

где $D_{фр}$ — диаметр фрезы, мм (рис. 3.7, *а*); n — частота вращения фрезы, об/мин.

Скорость резания выбирают по справочнику в зависимости от обрабатываемого материала, геометрических параметров инструмента, его материала и других условий фрезерования.

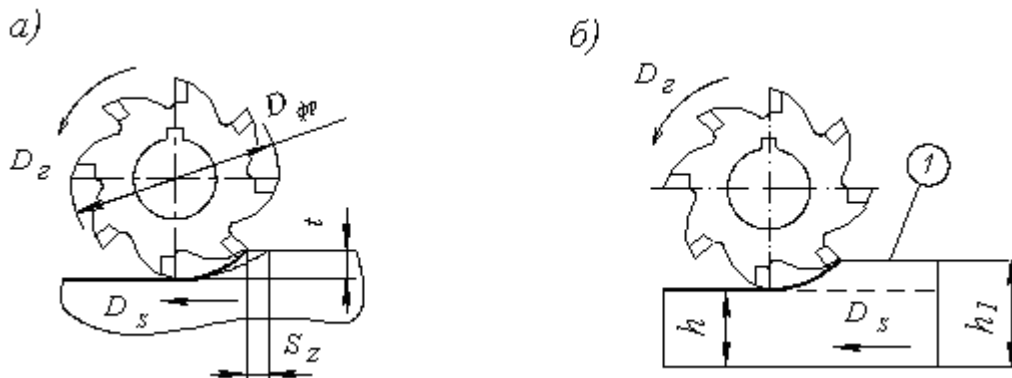


Рис. 3.7. Схема фрезерования (*а*) и схема размерной наладки фрезы (*б*)

Наладку станка на выбранную скорость главного движения резания v осуществляют в следующей последовательности:

— рассчитывают частоту вращения шпинделя $n_{расч}$ по формуле $n_{расч} = 1000v/\pi D_{фр}$;

— выбирают по табличным данным станка частоту вращения шпинделя, выполняя условие $n_{см} \leq n_{расч}$;

— устанавливают рукоятки коробки скоростей в положения, обеспечивающие выбранное значение $n_{см}$.

Подача S — величина перемещения заготовки относительно фрезы в единицу времени. Подачу выбирают, исходя из прочности обрабатываемого материала и режущего инструмента, глубины резания и требований к шероховатости обработанной поверхности.

При фрезеровании различают три вида подач:

— минутную подачу S_m (мм/мин), которая соответствует величине перемещения стола с заготовкой за минуту;

— подачу на оборот S_o (мм/об), равную перемещению стола с заготовкой за один оборот фрезы;

— подачу на зуб S_z (мм/зуб), которая равна перемещению стола с заготовкой за время поворота фрезы на угловой шаг её зубьев (рис. 3.7, а). Подачу на зуб S_z назначают по справочнику. Она является исходной для расчёта S_o и S_m по формулам (3.2) и (3.3).

$$S_o = S_z z_{фр}, \quad (3.2)$$

$$S_m = S_z z_{фр} n. \quad (3.3)$$

Исходя из принятой частоты вращения шпинделя $n = n_{см}$, числа зубьев фрезы $z_{фр}$ и подачи на зуб S_z по формуле (3.3) рассчитывают минутную подачу. На станке устанавливают ближайшее меньшее значение минутной подачи $S_{мсм}$, которое выбирают из таблички, расположенной на коробке подач станка.

Глубиной резания t называют расстояние между обрабатываемой и обработанной поверхностями заготовки по нормали к обработанной поверхности (см. рис. 3.1). Установку фрезы на необходимую глубину резания t (для схемы, представленной на рисунке 3.7, а) при фрезеровании осуществляют с помощью лимба, расположенного на рукоятке вертикального перемещения консоли станка.

Для установки глубины резания t следует:

- сообщить фрезе вращательное движение;
- подвести заготовку до касания обрабатываемой поверхности с фрезой вращением рукояток продольной, поперечной и вертикальной подач;
- установить «0» на лимбе механизма вертикального перемещения заготовки;
- отвести рукояткой продольного перемещения стола станка заготовку от фрезы;
- переместить консоль с заготовкой на глубину резания t поворотом рукоятки вертикальной подачи на k делений по лимбу, определив k по формуле $k = t/a$, где a — цена деления лимба;
- включить механическую подачу стола и фрезеровать поверхность заготовки.

Размерная наладка станка ставит целью получение в процессе обработки заданного на детали размера h (рис. 3.7, б). При обработке заготовки за один рабочий ход её нужно проводить в следующей последовательности:

- измерить на заготовке размер h_1 ;
- установить и закрепить заготовку в приспособлении;
- сообщить фрезе вращательное движение;
- подвести фрезу до касания с обрабатываемой поверхностью l заготовки вращением рукояток продольной, поперечной и вертикальной подач;
- установить «0» на шкале лимба механизма вертикального перемещения консоли;
- отвести заготовку от фрезы;
- вращением рукоятки вертикальной подачи переместить стол с заготовкой на глубину резания немного меньшую, чем расчетная глубина резания $t = h_1 - h$;
- фрезеровать поверхность заготовки ручным движением подачи на длину 3...5 мм, после чего отвести стол в исходное положение;
- выключить вращение шпинделя n_{cm} и дождаться полной остановки шпинделя с фрезой;
- измерить полученный размер h' и переместить стол в направлении увеличения глубины резания на расстояние, равное разности между полученным h' и требуемым h размерами;
- включить вращение шпинделя и механическую подачу стола, фрезеровать поверхность заготовки.

Последовательность выполнения работы

1. Изучите виды фрезерных работ, элементы режима резания при фрезеровании, режущий инструмент и приспособления для закрепления заготовки. Ознакомьтесь с этими элементами технологической системы по демонстрационным стендам.

2. Изучите устройство и назначение вертикально-фрезерного станка.

3. Проследите за выполнением на станке учебным мастером далее приведенных работ.

Управление фрезерным станком. Пуск и остановка электродвигателя станка. Включение и выключение привода главного движения и привода движений подач (рабочей и ускоренной). Установка заготовок на столе с помощью прихватов и в тисках. Установка и закрепление фрезы. Управление движением стола (ручное и автоматическое).

Фрезерование горизонтальных и вертикальных плоскостей, уступов. Фрезерование горизонтальных и вертикальных плоскостей на заданную глубину резания с механической подачей стола при установке заготовки в тисках. Фрезерование уступов. Проверка обработанных поверхностей штангенциркулем.

Фрезерование пазов и разрезание заготовок. Фрезерование открытых и закрытых пазов на горизонтальных поверхностях. Разрезание. Контроль полученных размеров.

Практическая работа. Изготовление детали по заданным чертежом параметрам и технологической карте (табл. 3.1), определяющей последовательность изготовления детали «Брусок» в условиях единичного производства.

5. Проконтролируйте размеры изготовленной детали.

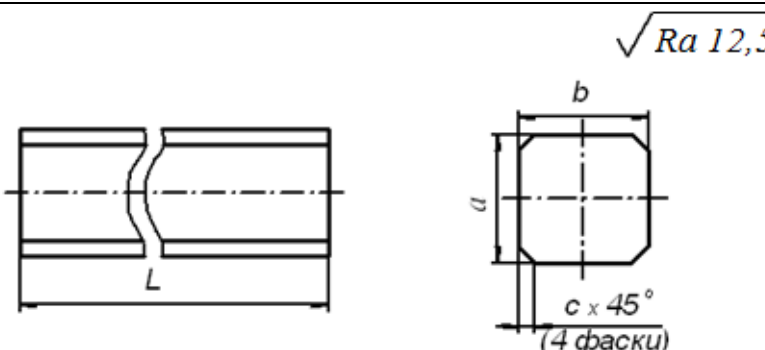
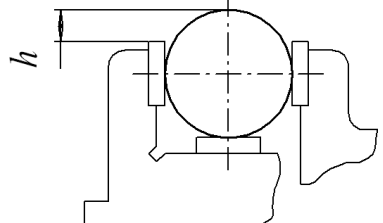
Содержание отчета

1. Наименование работы.

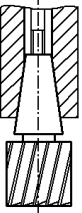
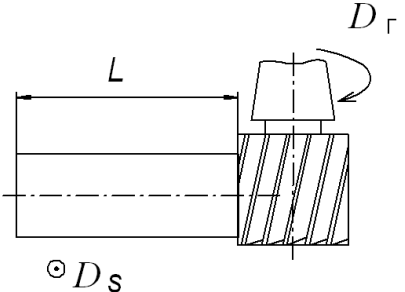
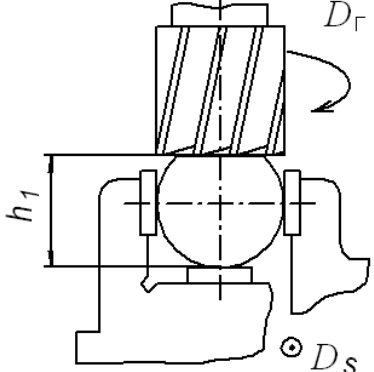
2. Номер, формулировка индивидуального задания (см. табл. 3.1):

«Изучить назначение и устройство фрезерного станка, последовательность изготовления детали «Брусок», установить заданные и расчетные параметры режима фрезерования и перечень оснастки для одного из технологических переходов».

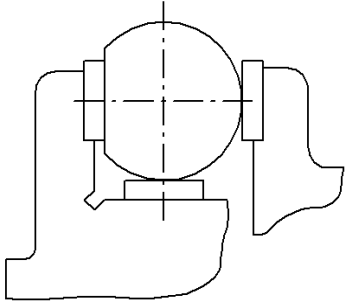
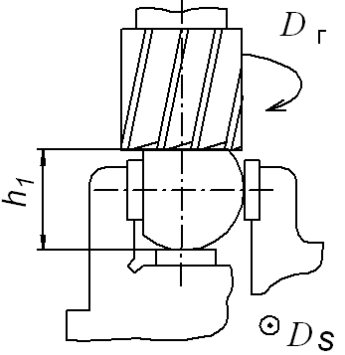
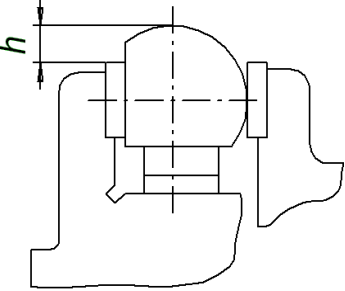
Технологическая карта изготовления детали «Брусок»

Чертеж детали «Брусок»				Обозначение размера	Размер, мм		
					Варианты заданий		
							1
Заготовка: диаметр D , длина L , материал – Сталь Ст. 3				a	$30_{-0,2}$	$30_{-0,2}$	$20_{-0,15}$
				b	$30_{-0,2}$	$20_{-0,15}$	$20_{-0,15}$
				c	5	4	3
				$D \times L$	45×120	45×120	30×120
№ п/п	Наименование перехода	Эскиз перехода	Оборудование	Инструмент: режущий, вспомогательный	Приспособления	Режим резания	Измерительный инструмент
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Установить и закрепить заготовку, выдерживая размер h		Вертикально-фрезерный, модель 6Р10	–	Машинные тиски, подкладки		Штангенциркуль, 0–160 мм

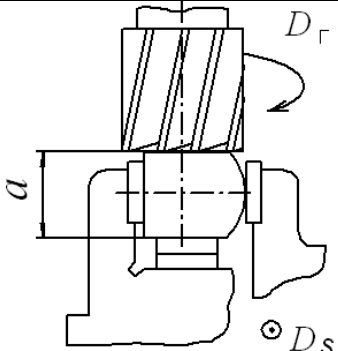
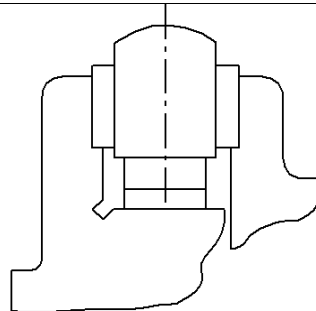
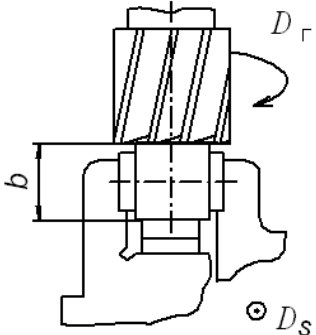
Продолжение табл. 3.1

1	2	3	4	5	6	7	8
2	Установить и закрепить фрезу		Вертикально-фрезерный станок модели 6Р10	Концевая фреза, Р6М5, переходная втулка, натяг			
3	Фрезеровать торец заготовки, выдерживая размер L		Вертикально-фрезерный станок модели 6Р10	--/--	Машинные тиски, подкладки	$v = 12$ м/мин; $t = 1,5$ мм, $S_z = 0,1$ мм/зуб; число рабочих ходов – i ;	Штангенциркуль 0–160 мм
4	Фрезеровать плоскость, выдерживая размер h_1		Вертикально-фрезерный станок модели 6Р10	--/--	--/--	$v = 12$ м/мин; $t = 1,5$ мм, $S_z = 0,1$ мм/зуб; число рабочих ходов – i ;	Штангенциркуль 0–160 мм

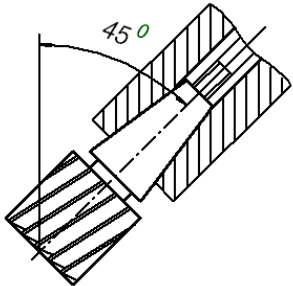
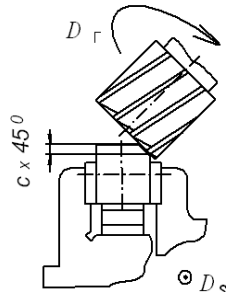
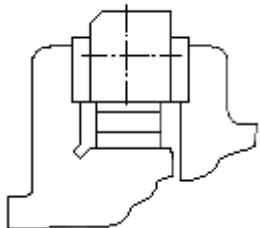
Продолжение табл. 3.1

1	2	3	4	5	6	7	8
5	Раскрепить заготовку, повернуть на 90° , закрепить заготовку		Вертикально-фрезерный станок модели 6Р10		Машинные тиски, подкладки		
6	Фрезеровать вторую грань заготовки, выдерживая размер h_1		Вертикально-фрезерный станок модели 6Р10	Концевая фреза, Р6М5, переходная втулка, натяг	Машинные тиски, подкладки	$v = 12$ м/мин; $t = 1,5$ мм, $S_z = 0,1$ мм/зуб; число рабочих ходов – i	Штангенциркуль 0–160 мм
7	Раскрепить заготовку, повернуть на 90° , закрепить заготовку, выдерживая размер h		Вертикально-фрезерный станок модели 6Р10		Машинные тиски, подкладки		Штангенциркуль 0–160 мм

Продолжение табл. 3.1

1	2	3	4	5	6	7	8
8	Фрезеровать третью грань заготовки, выдерживая размер a		Вертикально-фрезерный станок модели 6Р10	Концевая фреза, Р6М5, переходная втулка, натяг	Машинные тиски, подкладки	$v = 12$ м/мин; $t = 1,5$ мм, $S_z = 0,1$ мм/зуб; число рабочих ходов – i	Штангенциркуль 0–160 мм
9	Раскрепить заготовку, повернуть на 90^0 , закрепить заготовку		Вертикально-фрезерный станок модели 6Р10		Машинные тиски, подкладки		
10	Фрезеровать четвертую грань заготовки, выдерживая размер b		Вертикально-фрезерный станок модели 6Р10	Концевая фреза, Р6М5, переходная втулка, натяг	Машинные тиски, подкладки	$v = 12$ м/мин; $t = 1,5$ мм, $S_z = 0,1$ мм/зуб; число рабочих ходов – i	Штангенциркуль 0–160 мм

Продолжение табл. 3.1

1	2	3	4	5	6	7	8
11	Повернуть шпиндельную головку на 45°		Вертикально-фрезерный станок модели 6P10	Концевая фреза, P6M5, переходная втулка, натяг			
12	Фрезеровать фаску в размер $c \times 45^\circ$		Вертикально-фрезерный станок модели 6P10	Концевая фреза, P6M5, переходная втулка, натяг	Машинные тиски, подкладки	$v = 12$ м/мин; $t = 1,5$ мм, $S_z = 0,1$ мм/зуб; число рабочих ходов – i	Штангенциркуль 0–160 мм
13	Раскрепить заготовку, повернуть на угол 45° , закрепить заготовку.		Вертикально-фрезерный станок модели 6P10		Машинные тиски, подкладки		

Окончание табл. 3.1

1	2	3	4	5	6	7	8
18–22	Повторить переходы 15–16, фрезеровать оставшиеся три фаски, выдерживая размеры $c \times 45^\circ$		Вертикально-фрезерный станок модели 6Р10	Концевая фреза, Р6М5, переходная втулка, натяг	Машинные тиски, подкладки	$v = 12$ м/мин; $t = 1,5$ мм, $S_z = 0,1$ мм/зуб; число рабочих ходов – i ;	Штангенциркуль 0–160 мм
23	Раскрепить, снять деталь, контролировать размеры						Штангенциркуль 0–160 мм

3. Исходные данные индивидуального задания.
4. Наименование и характеристика вертикально-фрезерного станка: наименование, модель, технологические возможности, части и узлы станка.
5. Виды движений узлов фрезерного станка (по форме таблицы 3.2).

Таблица 3.2

Узлы фрезерного станка и параметры их движений

№ п/п	Движущийся узел	Вид движения	Назначение движения	Размерность движения на станке

6. Чертеж изготавливаемой детали «Брусок» (см. таблицу 3.1).
7. Эскиз технологического перехода (по заданию преподавателя) с указанием получаемого размера, отклонений и шероховатости обработанной поверхности.
8. Расчет частоты вращения шпинделя $n_{ст}$ и подачи в минуту S_m , устанавливаемых на станке при выполнении заданного преподавателем перехода, по формулам (3.1) – (3.3) и числа рабочих ходов i .
9. Перечень применяемых при выполнении технологического перехода приспособлений, режущих, вспомогательных и измерительных инструментов.
10. Результаты контроля размеров изготовленной детали, представленные в форме таблицы 3.3, и выводы по результатам измерений.

Таблица 3.3

Результаты измерения детали «Брусок»

Размер	a , мм	b , мм	c , мм
по чертежу			
действительный			

4. ФРЕЗЕРОВАНИЕ МНОГОГРАННИКОВ И КАНАВОК ВЕНЦА ЗУБЧАТОГО КОЛЕСА С ПОМОЩЬЮ УНИВЕРСАЛЬНОЙ ДЕЛИТЕЛЬНОЙ ГОЛОВКИ

Цель работы: знания устройства универсальной делительной головки (УДГ), способов поворота заготовки на равные или неравные углы (фрезерование многогранников и венцов зубчатых колес) с помощью УДГ, технологической карты для выполнения фрезерных работ; умения разрабатывать последовательность и рисовать схемы фрезерования поверхностей заготовки, выбрать технологическую оснастку и выполнять расчёты, необходимые для наладки УДГ.

Универсальная делительная головка

Одним из сложных видов работ, выполняемых на фрезерных станках, является последовательное фрезерование на заготовке нескольких поверхностей, расположенных под заданными углами друг к другу. Примером детали с такими поверхностями, выполненными в виде канавок, является зубчатое колесо, схемы фрезерования канавок которого представлены на рисунках 3.1, *т*, *у*.

Фрезерование очередной канавки или поверхности другой формы после изготовления предыдущей без раскрепления и снятия заготовки со станка требует поворота её на заданный между поверхностями угол ψ . С этой целью используют приспособление, называемое *универсальной делительной головкой* (рис. 4.1). Универсальные делительные головки (УДГ) значительно расширяют технологические возможности фрезерных станков, способствуют повышению как производительности, так и точности обработки.

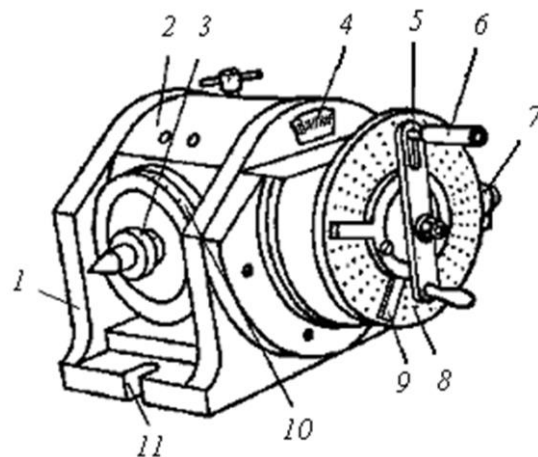


Рис. 4.1. Универсальная делительная головка

Применение делительных головок позволяет устанавливать обрабатываемую заготовку под заданным углом к плоскости стола станка,

выполнять её поворот на требуемый угол, обеспечивать непрерывное вращение заготовки с различной частотой при фрезеровании винтовых канавок.

Универсальные делительные головки используют при выполнении таких видов работ, как нарезание зубьев зубчатых колёс, фрезерование стружечных канавок у свёрл, развёрток, зенкеров, метчиков, фрез; фрезерование боковых граней болтов, гаек и т. п.

Устройство УДГ. Универсальная делительная головка состоит из неподвижного корпуса 1, на основании которого сделаны два паза 11 (один паз не виден), предназначенные для закрепления УДГ на столе станка. В корпусе 1 установлена поворотная часть 2, внутри которой находится шпиндель 3. Поворотная часть УДГ позволяет установить шпиндель 3 относительно горизонтальной плоскости под углом до 90° вверх и до 10° вниз. Отсчёт угла наклона положения шпинделя производят по шкале 4. На наружной поверхности переднего конца шпинделя имеется резьба, служащая для закрепления трёхкулачкового самоцентрирующего патрона. Внутренняя поверхность переднего конца шпинделя имеет конусное отверстие, в которое можно устанавливать приспособления типов «центр», «переходная втулка» и «цанговый патрон».

Поворот шпинделя вокруг его оси осуществляют вращением рукоятки 6 со стержнем 5, который предназначен для фиксации положения рукоятки относительно делительного диска 8. На этом диске выполнены делительные круги, представленные в виде отверстий одинакового диаметра, расположенных на равных расстояниях друг от друга. Отверстия предназначены для размещения в них конца стержня фиксатора. Количество отверстий на делительных кругах, расположенных с одной стороны используемого в данной лабораторной работе делительного диска, равно 16, 17, 19, 21, 23, 29, 30, 31 и с другой стороны — 33, 37, 39, 41, 43, 47, 49, 54.

Вращение от рукоятки 6 через систему механических передач с передаточным отношением $1/40$ поступает на вал шпинделя 3. Величину, обратную передаточному отношению N , называют характеристикой делительной головки ($N = 40$). Таким образом, число N соответствует числу оборотов рукоятки, необходимому для осуществления поворота шпинделя УДГ на 360° .

Поворот шпинделя вместе с заготовкой на равные или неравные углы, выполняемый с помощью УДГ, называют «делением». Определение угла поворота производят по лимбу *11* или с помощью делительного диска *8*. В связи с этим рассматривают три метода деления с помощью УДГ: непосредственное, простое и дифференциальное.

Непосредственное деление осуществляют поворотом шпинделя УДГ с закреплённой на нём заготовкой рукояткой *6*. При этом отсчёт угла поворота на УДГ, представленной на рисунке 4.1, ведут по лимбу *10*. Этот способ «деления», реализуемый на УДГ данного типа, не обеспечивает высокую точность угла поворота, которая определяется ценой деления лимба *10*.

В то же время современные УДГ с оптическими системами отсчёта угла поворота позволяют методом непосредственного деления осуществить поворот шпинделя с точностью до угловых секунд.

Простое деление реализуют в тех случаях, когда требуется обеспечить высокую точность углового расположения обрабатываемых поверхностей заготовки друг относительно друга.

Заготовку при использовании данного метода поворачивают на заданный угол α (заданную часть окружности) вращением рукоятки *6*. Требуемая точность углового расположения обработанных поверхностей достигается применением в процессе «деления» делительного диска *8* и проведением до обработки некоторых расчётов с последующей несложной наладкой УДГ.

Основная задача при расчётах состоит в определении числа оборотов n_p рукоятки *6*, которое следует сделать для поворота заготовки на заданный угол α . Это число определяют по формуле

$$n_p = N/z, \quad (4.1)$$

где z — часть полного оборота заготовки, соответствующая повороту её на заданный угол α : $z = 360/\alpha$. При фрезеровании многогранника значение z соответствует числу его граней.

Из полученного по формуле (4.1) числа выделяют целую A и дробную a/b части:

$$n_p = N/z = A + a/b. \quad (4.2)$$

Таким образом, для поворота заготовки на $1/z$ часть рукояткой *6* нужно сделать A полных оборота и часть оборота, соответствующую значению простой дроби a/b .

Поворот заготовки на часть оборота осуществляют с использованием делительного диска. Для этого на диске находят тот круг с отверстиями, число которых m кратно знаменателю b дроби a/b , определяют множитель $k = m/b$ и умножают на этот множитель числитель и знаменатель, получая дробь ak/bk . Число в знаменателе bk , определённое таким образом, соответствует числу отверстий на выбранном круге делительного диска m , а числитель ak указывает, на какое число промежутков между отверстиями этого круга следует повернуть рукоятку УДГ для поворота заготовки на часть оборота, равную a/b (заданный угол α).

После этого расчёта осуществляют наладку УДГ. Суть её состоит в том, что рукоятку b устанавливают фиксатором на делительном круге с числом отверстий, равным m , а стержень — фиксатор вводят в одно из отверстий диска.

В процессе «деления» рукоятку делительной головки поворачивают на A полных оборота и дополнительно на часть оборота, равную произведению ak , которое определяется по числу промежутков между отверстиями делительного круга ($n_p = A + ak/m$). Количество промежутков ak устанавливают с помощью раздвижного сектора 9.

Дифференциальное деление. Дифференциальное деление применяют при необходимости поворота заготовки на заданный угол в том случае, когда метод непосредственного деления не обеспечивает требуемую точность углового расположения обработанных поверхностей, а возможность такого поворота простым методом не предусмотрена. Так, например, нельзя методом простого деления разделить окружность на 61, 79, 83, 97, 127 частей, т. е. на количество частей, выраженное числом, не имеющим множителей, равных или кратных количеству отверстий в делительном диске, применяемом при выполнении данной работы.

Методика выполнения деления этим методом в данной работе не рассматривается.

Установка и закрепление заготовки с помощью УДГ. При необходимости периодического поворота заготовки в процессе обработки её установка и закрепление на станке могут быть реализованы путем использования УДГ следующими способами (рис. 4.2):

- в центрах делительной головки и задней бабки (рис. 4.2, а);
- на оправке, установленной в центрах делительной головки и задней бабки (рис. 4.2, б);

— на оправке, установленной в коническом отверстии шпинделя делительной головки (рис. 4.2, в);

— в трёхкулачковом самоцентрирующем патроне, навёрнутом на резьбовой конец шпинделя делительной головки (рис. 4.2, г).

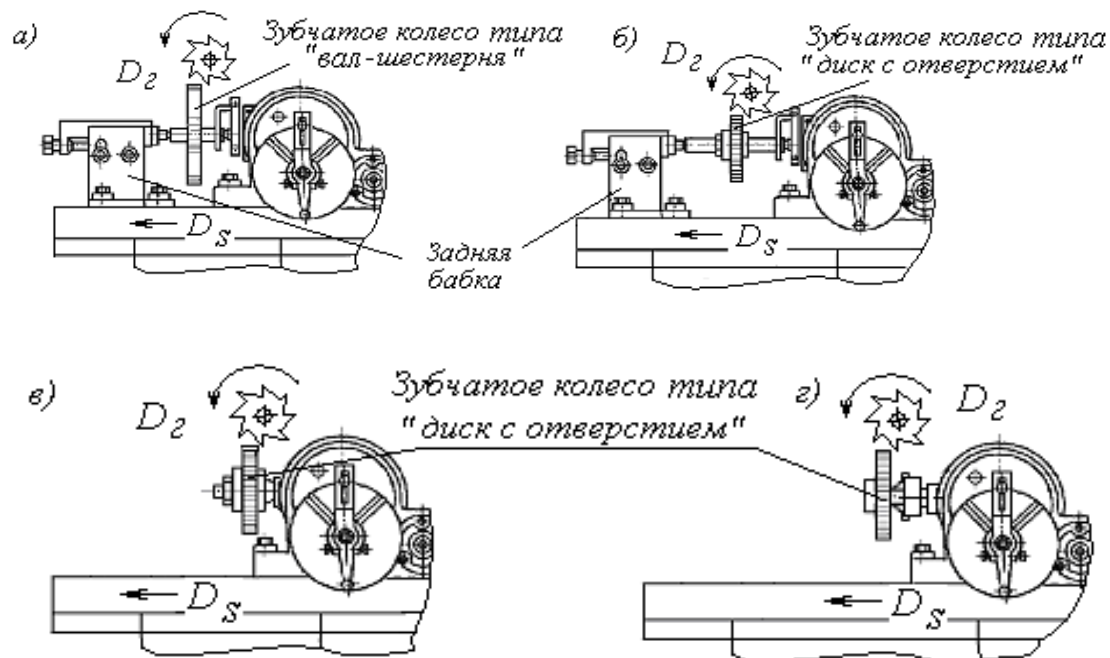


Рис. 4.2. Способы установки заготовки с использованием УДГ

После установки и закрепления фрезы и заготовки необходимо перемещениями консоли, поперечных салазок и продольного стола расположить заготовку относительно фрезы так, чтобы после обработки были выполнены требования чертежа по расположению на детали обработанной поверхности. Примеры такой установки при фрезеровании впадины зубчатого колеса показаны на рисунках 3.1, т, у.

Содержание работы

Лабораторная работа включает: изучение устройства и назначения УДГ, выбор схем фрезерования поверхностей заготовки при выполнении индивидуального задания, разработку последовательности обработки заготовки и оформление последовательности в виде технологического документа.

Последовательность выполнения работы

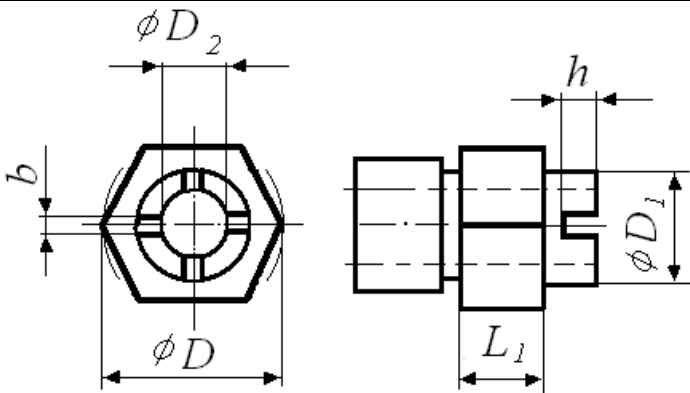
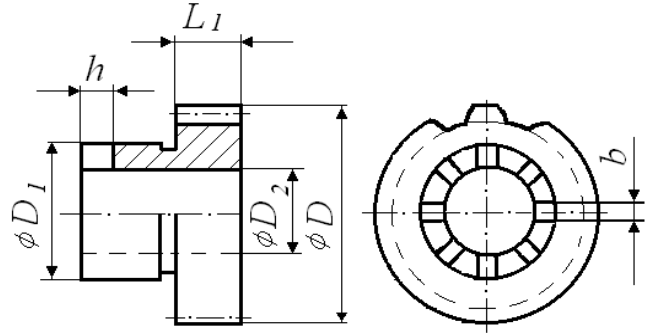
1. Изучите виды фрезерных работ, режущий инструмент и приспособления для закрепления заготовки. Ознакомьтесь с образцами инструментов и макетами фрезерования по демонстрационным стендам.

Таблица 4.1

Индивидуальные задания

Номер задания	Эскиз детали	Размеры детали, мм					Число граней (зубьев), z	Мо-дуль, m	Элементы режима резания		
		D	D_1	b	h	R			L_1, L_2	$v, \text{ м/мин}$	$S_z, \text{ мм/зуб}$
1		45	30	14	5,0	50	35	6	—	26	0,02
2		35	50	10	4,5	30	50	7	—	24	0,04
3		65	55	20	6,0	50	40	9	—	23	0,04
4		50	65	16	5,0	40	60	12	—	22	0,06
5		64	35	10	4,5	—	20	30	2	50	0,02
6		74	50	16	5,0	—	25	35	2,5	45	0,02
7		104	60	20	6,0	—	30	50	3	38	0,02
8		124	80	24	7,0	—	35	60	3,5	35	0,04

Окончание табл. 4.1

Номер задания	Эскиз детали	Размеры детали, мм						Число граней (зубьев), z	Мо-дуль, m	Элементы режима резания	
		D	D_1	D_2	b	h	L_1			v , м/мин	S_z мм/зуб
9		70	40	24	8	10	15	6	—	26	0,02
10		80	50	27	10	15	20	6	—	24	0,04
11		90	60	30	12	20	25	7	—	26	0,02
12		100	70	33	16	20	30	9	—	24	0,04
13		74	50	30	10	8	25	35	2,5	40	0,02
14		94	70	50	12	10	30	45	3	30	0,04
15		114	80	55	12	10	35	55	3	26	0,1
16		130	110	60	15	12	40	50	3,5	26	0,02

2. Изучите устройство и назначение УДГ.

3. Проследите за выполнением учебным мастером фрезерования многогранника на вертикально-фрезерном станке и прямых канавок венца зубчатого колеса на горизонтально-фрезерном станке.

4. Получите индивидуальное задание (таблица 4.1) для самостоятельной работы по составлению последовательности и схем изготовления выделенных на эскизах утолщенными линиями поверхностей детали методом фрезерования на вертикально-фрезерном станке, выбору технологической оснастки и выполнению расчетов для наладки УДГ.

5. Выполните перечисленные далее действия.

5.1. Найдите по рисунку 3.1 схемы фрезерной обработки, позволяющие осуществить фрезерование заданных поверхностей.

5.2. Выберите для обработки каждой из поверхностей детали тип фрезы и её параметры ($D_{фр}$ и $z_{фр}$) по таблице 4.2. Согласуйте Ваш выбор с преподавателем.

Таблица 4.2

Параметры фрез

№ п/п	Тип фрезы	Диаметр фрезы, $D_{фр}$, мм	Число зубьев фрезы, $z_{фр}$
1	Концевая фреза	6...18	4
2		20...30	5
3		32...40	6
4	Дисковая (дисковая модульная) фреза	50	10
5		65	10
6		80	12
7		100	14

5.3. Разработайте технологический маршрут фрезерной обработки заготовки и представьте его в форме таблицы 4.3.

5.4. Выполните расчёты по наладке станка и УДГ на обработку многогранника или зубчатого венца, определив $n_{ст}$, $S_{мст}$ по формулам (3.1) – (3.3). Рассчитайте (определите) глубину t и ширину фрезерования B , используя примеры простановки этих параметров, приведенные на рисунках 3.1 и 3.7, и соответствующие им значения, указанные в таблице 4.1.

5.5. Составьте последовательность действий рабочего при наладке вертикально-фрезерного станка и УДГ для изготовления детали Вашего задания.

Содержание отчёта

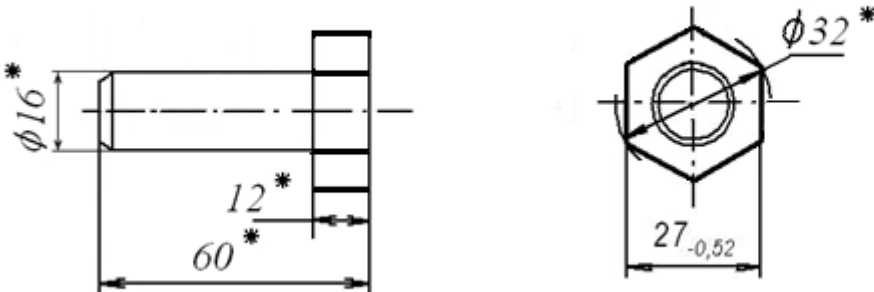
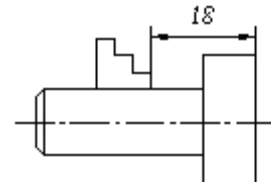
1. Наименование работы.

2. Номер, формулировка и исходные данные индивидуального задания (таблица 4.1).

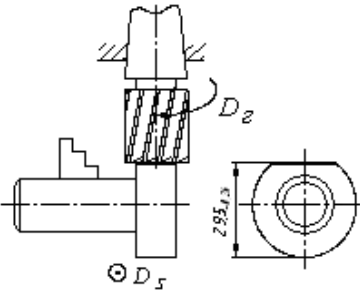
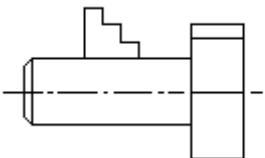
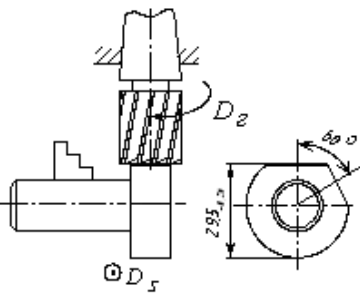
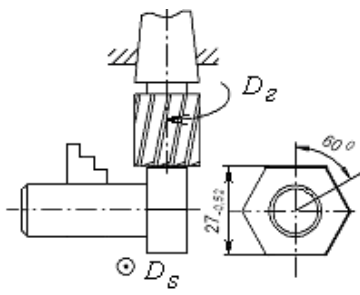
Индивидуальное задание: «Разработать последовательность фрезерной обработки заготовки детали «_____», выбрать технологическую оснастку и режим обработки, составить технологическую карту последовательности изготовления детали и выполнить расчеты по наладке УДГ».

Таблица 4.3

Технологическая карта последовательности фрезерной обработки заготовки детали «Болт»

Технологический эскиз		$\sqrt{Ra\ 6,3}$		
		* – размеры для справки		
№ п/п	Содержание перехода	Эскиз перехода	Режущий инструмент	Станок, приспособления
1	2	3	4	5
1	Установить и закрепить заготовку		Концевая фреза $D_{фр} = 30$ мм, $z_{фр} = 5$	Вертикально-фрезерный станок 6Р10, УДГ, трёхкулачковый самоцентрирующий патрон

Окончание табл. 4.3

1	2	3	4	5
2	Фрезеровать первую грань			Вертикально-фрезерный станок 6Р10, УДГ, трёхкулачковый самоцентрирующий патрон
3	Повернуть заготовку на угол 60°			
4	Фрезеровать вторую грань в размер 29,5_{-0,52}			
5–12	Повторить переходы 6 и 7, последовательно фрезеруя остальные грани шестигранника в размер 27_{-0,52}			
13	Раскрепить и снять деталь.			

3. Технологический эскиз обработки (по примеру таблицы 4.3) с указанием поверхностей, подлежащих обработке.

4. Технологическая карта последовательности фрезерной обработки.

5. Расчёты, необходимые для наладки станка на фрезерование многогранника или зубчатого венца.

5.1. Определение частоты вращения шпинделя станка $n_{см}$.

5.2. Расчёт S_m и выбор значения подачи $S_{мст}$.

5.3. Расчёт (определение) глубины резания t и ширины фрезерования B .

Примечание. Глубина резания t при фрезеровании канавки зубчатого венца равна $2,25 m$, где m — модуль зубчатого колеса.

5.4. Определение операционных размеров по переходам на эскизах обработки заготовки (при необходимости).

5.5. Расчёты для наладки УДГ.

Примечания. 1. Выполняются для фрезерования многогранника или зубчатого венца по формулам (4.1) и (4.2). 2. В конце расчетов указывается число оборотов рукоятки (полное и дробное), необходимое для поворота заготовки при переходе к обработке следующей грани многогранника или очередной канавки зубчатого венца.

6. Последовательность наладки станка и УДГ на фрезерование заготовки.

5. СВЕРЛЕНИЕ, ЗЕНКЕРОВАНИЕ И РАЗВЁРТЫВАНИЕ ОТВЕРСТИЙ НА РАДИАЛЬНО-СВЕРЛИЛЬНОМ СТАНКЕ

Цель работы: знания технологических методов обработки отверстий и видов осевых режущих инструментов, назначения и устройства радиально-сверлильного станка; умения назначать вид режущего инструмента в зависимости от заданной точности диаметра отверстия и шероховатости его поверхности, устанавливать на станке режимы сверления, зенкерования и развёртывания.

Общие сведения

Изготовление отверстий является распространённым видом механической обработки, выполняемым на сверлильных, расточных и токарных станках. К технологическим методам обработки отверстий относят сверление, зенкерование, развёртывание, зенкование и нарезание резьб метчиками (рис. 5.1).

Сверление — технологический метод обработки заготовок с целью получения глухих и сквозных отверстий в сплошном материале свёрлами

различных типов. Наиболее часто с этой целью применяют спиральные свёрла, которые позволяют сверлить отверстия в диапазоне диаметров от 0,1 до 80 мм (рис. 5.1, *а*). Точность просверленных отверстий в связи с малой жёсткостью инструмента, значительными осевыми силами резания и неуравновешенностью радиальных сил не высока и обычно соответствует 12–14 квалитетам точности. Высота микронеровностей профиля обработанной поверхности отверстия превышает значения по параметру Ra 6,3 мкм.

Применяя сверла, можно увеличить диаметр уже имеющегося отверстия. Такой вид обработки называют рассверливанием (рис. 5.1, *б*).

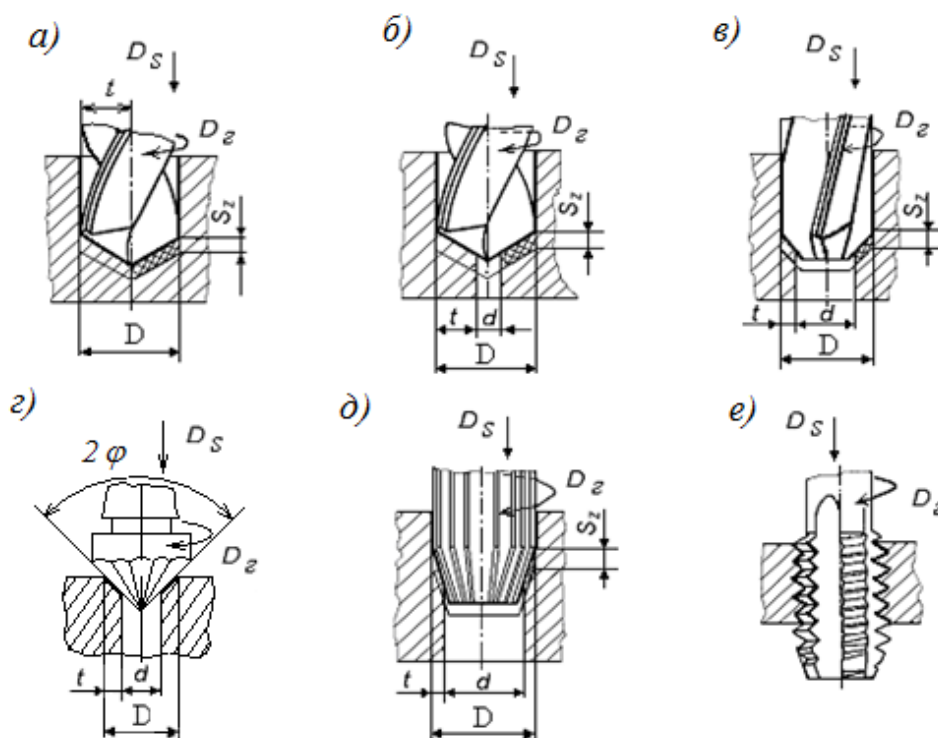


Рис. 5.1. Схемы сверления (*а*), рассверливания (*б*), зенкерования (*в*), зенкования фаски (*г*), развёртывания (*д*) и нарезания резьбы (*е*)

Зенкерование — метод обработки предварительно просверленного, штампованного или литого отверстия зенкером в целях достижения более правильной геометрической формы отверстия, прямолинейности оси, повышения точности и снижения шероховатости поверхности (рис. 5.1, *в*). Зенкерование обеспечивает 10–12 квалитеты точности обработки отверстия и шероховатость поверхности по параметру Ra в пределах 1,25...12,5 мкм. Этот технологический метод может быть использован для окончательной обработки или для получистовой обработки отверстия перед развёртыванием.

Зенкование — это обработка входной или выходной части отверстия с целью снятия фасок, заусенцев (рис. 5.1, *з*), а также образования углублений под головки болтов, винтов и заклепок. Инструменты, используемые для этой цели, называют зенковками.

Развёртывание — технологический метод чистовой обработки отверстий, обеспечивающий получение диаметра отверстия по 6–9 квалитетам точности и высоту неровностей профиля обработанной поверхности по параметру Ra до 0,32 мкм (рис. 5.1, *д*). Инструменты для развёртывания называются развертками. Развёртывание применяют для повышения точности и уменьшения шероховатости обработанных растачиванием или зенкерованием отверстий.

Режущие инструменты для обработки отверстий

Спиральное сверло (рис. 5.2, *а*) состоит из рабочей части ℓ_1 , шейки ℓ_2 , хвостовика ℓ_3 и лапки ℓ_4 . Рабочую часть сверла подразделяют на режущую ℓ_5 , несущую две главные 3, 4 и поперечную 9 режущие кромки инструмента, и на направляющую часть ℓ_6 .

Сверло имеет два режущих лезвия (пера), поверхности которых 5 и 6 являются винтовыми поверхностями стружечных канавок 7 и 8, имеющих угол наклона по отношению к оси ω . По этим поверхностям, прилегающим на небольшой длине к главным режущим кромкам и называемыми передними поверхностями режущих лезвий, в процессе сверления движется стружка.

На направляющей части сверла вдоль винтовой канавки расположены две узкие ленточки 1 и 2, обеспечивающие заданное направление движению сверла при резании. Пересечение перьев сверла формирует его вершину в виде поперечной режущей кромки 9.

Хвостовик ℓ_3 необходим для установки сверла в шпинделе станка и передачи крутящего момента от шпинделя станка к инструменту. Передача момента осуществляется в результате трения, возникающего в процессе резания между поверхностями наружного конуса инструмента и внутреннего конуса шпинделя станка под действием осевой силы. Лапка ℓ_4 , расположенная в конце хвостовика, служит только как упор для извлечения сверла из отверстия шпинделя.

Зенкер. По своей конструкции зенкеры бывают цельными и сборными, насадными и хвостовыми. На рисунке 5.2, *б* изображен цельный

хвостовой зенкер. Основными его элементами являются рабочая часть l_1 , состоящая из режущей l_5 и калибрующей l_6 частей, шейка l_2 , хвостовик l_3 и лапка l_4 . Хвостовой зенкер в отличие от спирального сверла имеет три или четыре режущих лезвия (зуба) с режущими кромками, расположенными на режущей части, и не содержит поперечной кромки.

Увеличение точности обработки отверстия, достигаемое зенкером, обеспечивается его большей, чем у сверла, жёсткостью и меньшей глубиной резания.

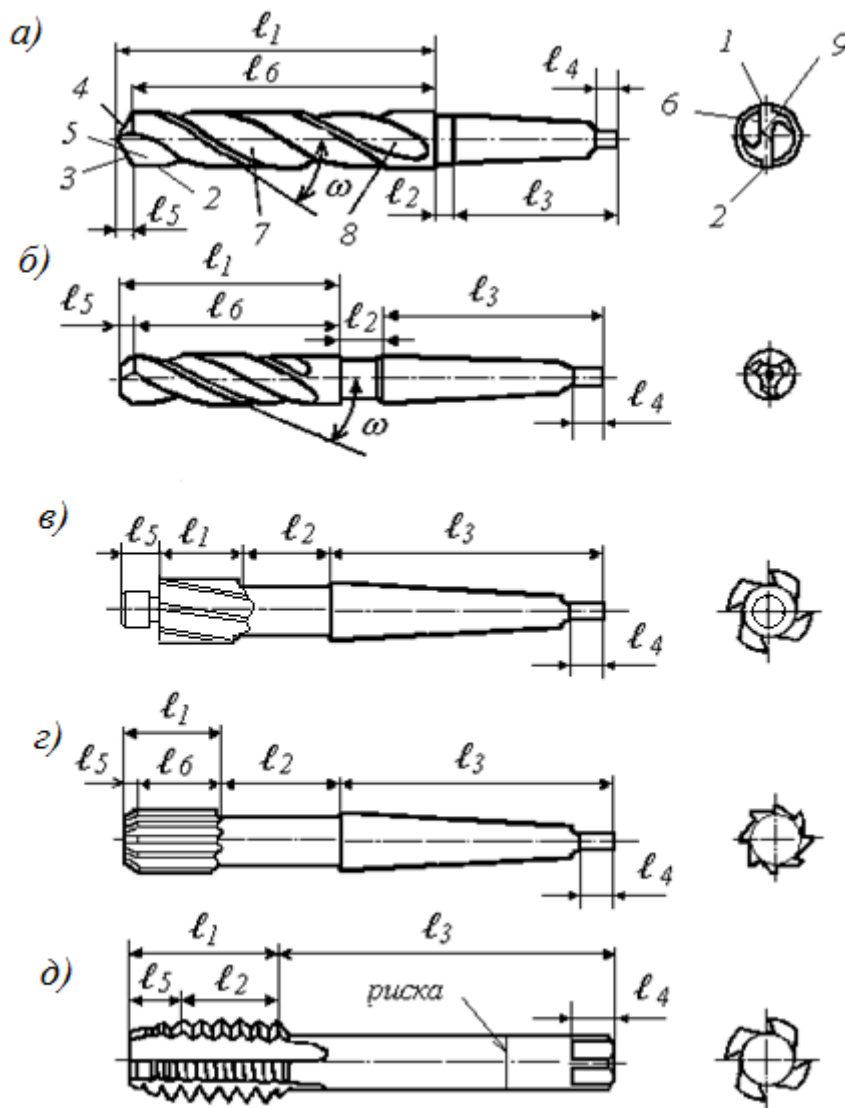


Рис. 5.2. Инструменты для обработки отверстий:

- a* — спиральное сверло с коническим хвостовиком; *б* — хвостовой зенкер;
- в* — зенковка цилиндрическая с цапфой; *г* — хвостовая машинная развёртка;
- д* — метчик

Зенковка. По форме режущей части зенковки подразделяют на конические (рис. 5.1, *з*) и цилиндрические (рис. 5.2, *в*).

Конические зенковки предназначены для снятия заусенцев в выходной части отверстия, для получения конусных углублений под головки потайных винтов, заклепок и центровых углублений при обработке деталей в центрах. Наибольшее распространение получили конические зенковки с углом конуса при вершине 2φ , равным 30, 60, 90 и 120 градусов.

Цилиндрические зенковки с торцовыми зубьями (рис. 5.2, *в*) применяют для обработки углублений под головки болтов, заклепок, шурупов, под плоские шайбы, а также для подрезания торцов, плоскостей бобышек, для выборки уступов и углов. Число зубьев у этих зенковок от 4 до 8. Конструктивными элементами зенковки, представленной на рисунке 5.2, *в*, являются рабочая часть l_1 , шейка l_2 , хвостовик l_3 и лапка l_4 .

Цилиндрические зенковки снабжают направляющими цапфами l_5 , входящими в ранее просверленные отверстия, что обеспечивает совпадение осей отверстия и цилиндрического углубления, образованного зенковкой.

Развёртка — инструмент для чистовой обработки отверстий. Основное отличие развёртки (рис. 5.2, *з*) от зенкера заключается в том, что развёртка имеет большее число режущих лезвий (зубьев), от 6 до 14, которые, срезая небольшие слои материала, обеспечивают повышенный по отношению к обработке зенкером квалитет точности диаметра отверстия.

Развёртки подразделяют на машинные и ручные. Ручные развёртки предназначены для обработки отверстий вручную. Машинные развёртки по способу установки на станке делят на хвостовые и насадные, по конструкции рабочей части — на цельные и сборные. Конструктивными элементами хвостовой развёртки, представленной на рисунке 5.2, *з*, являются рабочая часть l_1 , шейка l_2 , хвостовик l_3 и лапка l_4 . На рабочей части развёртки, также как у сверла и зенкера, выделяют режущую l_5 и калибрующую l_6 части.

Метчик (рис. 5.2, *д*) — инструмент, используемый для нарезания внутренней резьбы. Метчик представляет собой винт с прорезанными прямыми или винтовыми канавками, образующими режущие кромки. Метчики подразделяют на ручные и машинные. На рисунке 5.2, *д* изображён ручной метчик, предназначенный для нарезания резьбы вручную. Рабочая часть метчика l_1 имеет режущую l_5 и калибрующую l_2 части. Вращение

такого метчика осуществляют вручную с помощью приспособления – воротка, надеваемого на квадрат l_4 хвостовика l_3 . Ручные метчики изготавливают в комплектах по 2–3 инструмента, работающих последовательно от предварительного резбонарезания к достижению окончательных размеров резьбы. На хвостовике ручного метчика делаются риски. Число рисков указывает на номер метчика в комплекте.

Машинные метчики применяют для нарезания резьбы на станках. Конструктивно они отличаются от ручных параметрами режущей части, формой хвостовика, а также повышенными требованиями к точности изготовления. На хвостовой части машинного метчика делается кольцевая канавка, являющаяся отличительным внешним признаком метчиков данного типа. Кольцевая канавка является одним из элементов конструкции устройства, предохраняющего машинный метчик от выпадения из патрона, в котором он крепится на станке.

Назначение и устройство радиально-сверлильного станка

Радиально-сверлильные станки предназначены для выполнения всех видов сверлильных работ на крупногабаритных заготовках в условиях единичного и мелкосерийного производств. Станки этого типа характеризуются тем, что совмещение оси обрабатываемого отверстия и режущего инструмента осуществляют на нём перемещением шпинделя станка с инструментом относительно неподвижно закреплённой заготовки. Для этого станок имеет подвижную шпиндельную бабку, в которой закрепляют инструмент, а также механизмы, обеспечивающие вращение и движение подачи шпинделя.

На рисунке 5.3 представлен общий вид радиально-сверлильного станка. Станок имеет фундаментную плиту 1 с закреплённой на ней колонной 2. На колонну надета поворотная гильза 3, с которой соединена траверса 4. По горизонтальным направляющим траверсы перемещают шпиндельную головку 7, в которой расположены коробка скоростей и коробка подач.

Главное движение резания D_2 и движение подачи D_5 на станке реализуются соответственно вращением и осевым перемещением шпинделя 12. Источником этих движений служит электродвигатель 8. Шпиндель станка

может получать 18 различных частот вращения в пределах от 37,5 до 1900 об/мин и шесть значений подач в пределах от 0,1 до 1 мм/об.

Для изменения расположения шпинделя с инструментом относительно заготовки узлам станка придают вспомогательные (установочные) движения. К таким движениям относят: поворот траверсы 4 относительно оси колонны 3, подъем и опускание траверсы с помощью электродвигателя 5 и ходового винта 6, радиальные перемещения шпиндельной головки 7 вдоль траверсы.

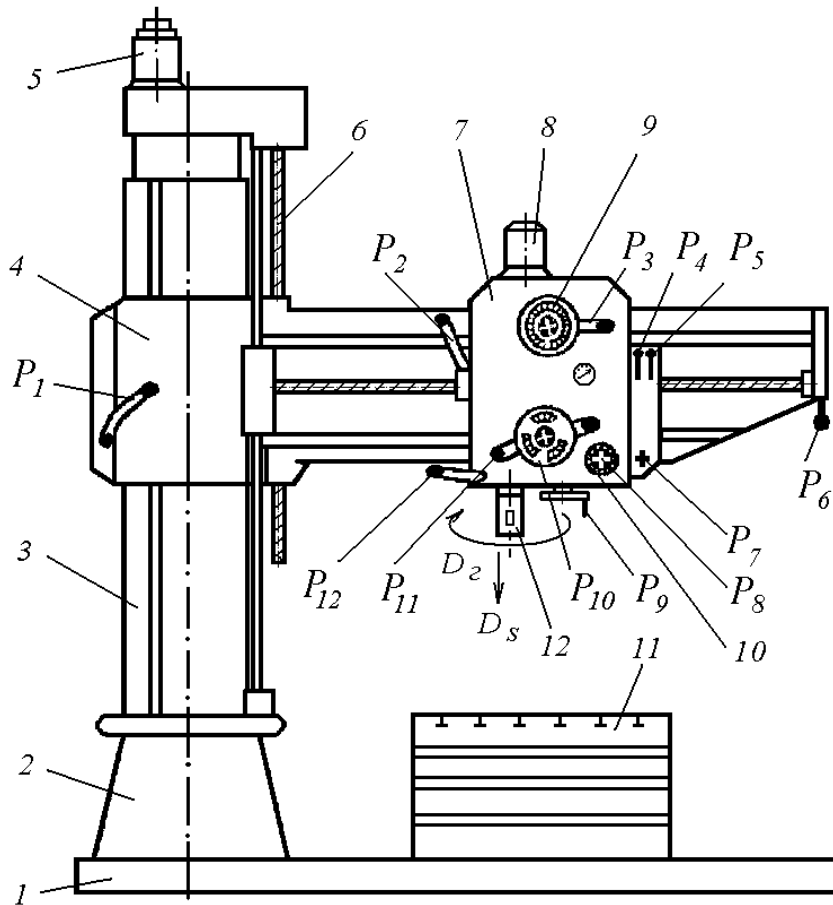


Рис. 5.3. Радиально-сверлильный станок

Автоматическое выключение движения подачи при достижении инструментом заданной глубины обрабатываемого отверстия осуществляется механизмом 10. До начала обработки этот механизм настраивают на заданную глубину отверстия рукояткой P_8 . Для этого нужно выполнить следующие действия:

- подвести рукояткой P_{11} инструмент до касания с заготовкой;
- освободить поворотом рукоятки P_8 против часовой стрелки кольцо механизма (лимб) с рисками;

— повернуть лимб до совпадения деления шкалы лимба, соответствующего заданной глубине отверстия, с неподвижной рисккой, нанесённой на корпусе шпиндельной бабки станка;

— закрепить лимб поворотом рукоятки P_8 по часовой стрелке.

Для установки и закрепления обрабатываемых заготовок станок имеет стол 11. При обработке особо громоздких и тяжёлых изделий последние устанавливаются и закрепляются непосредственно на фундаментной плите, снабжённой для этой цели Т-образными пазами, в которые заводят головки крепёжных болтов.

Станок оснащён рукоятками, служащими для настройки, перемещения и закрепления отдельных его узлов, а также устройством 9 для определения параметров режимов резания при заданном инструменте и материале обрабатываемой заготовки.

С помощью рукоятки P_1 траверсу закрепляют на колонне, а рукояткой P_2 фиксируют шпиндельную головку в заданном положении на траверсе. Рукояткой P_3 устанавливают значения подачи S_0 , а рукоятки P_4 , P_5 и P_{12} служат для установки заданной частоты вращения шпинделя 12. Рукояткой P_7 осуществляют включение, реверсирование направлений вращения шпинделя и перемещение траверсы вдоль колонны 3. Рукоятка P_{11} выполняет функцию быстрого ручного перемещения шпинделя вверх – вниз. С её помощью включают механическую подачу шпинделя с инструментом. Ручное движение подачи реализуют рукояткой P_9 . Маховиком P_{10} перемещают шпиндельную головку вдоль траверсы. Рукоятка P_6 предназначена для поворота траверсы вокруг колонны 3.

Выбор режима резания при обработке отверстий

Обработка отверстия на сверлильных станках совершается в результате двух движений: вращения инструмента вокруг его оси D_2 (главное движение резания) и осевого перемещения инструмента D_3 (движение подачи).

Элементами режима резания при обработке отверстия являются:

— скорость главного движения резания v (м/мин), вычисляемая по формуле

$$v = \pi D n / 1000, \quad (5.1)$$

где D — диаметр инструмента (сверла, зенкера, развёртки), мм; n — частота вращения шпинделя, об/мин;

— подача (величина перемещения инструмента) за один оборот S_o , мм/об.

$$S_o = S_z z, \quad (5.2)$$

где S_z — подача инструмента за время его поворота на одно режущее лезвие (зуб), мм/зуб; z — число режущих лезвий; при нарезании резьбы $S_o = S_p$, где S_p — шаг нарезаемой резьбы;

— глубина резания t , мм; при сверлении глубина резания равна половине диаметра сверла $t = D/2$; при рассверливании, зенкерования, развёртывании

$$t = (D - d)/2, \quad (5.3)$$

где D и d — диаметры обработанного и обрабатываемого отверстий соответственно.

Сверление отверстий диаметром более 30 мм в связи с возникающими значительными силами резания осуществляют в два перехода. На первом переходе сверлят отверстие порядка $(0,3 \dots 0,5)D$, на втором переходе осуществляют рассверливание полученного отверстия на заданный размер.

Значения элементов режима резания назначают в зависимости от марки обрабатываемого материала, технологического метода обработки, материала режущей части инструмента, диаметра инструмента и требований к обрабатываемому отверстию. При этом обычно пользуются справочными таблицами, номограммами или проводят расчёты по формулам теории резания.

На изучаемом радиально-сверлильном станке значения частоты вращения шпинделя и подачу при сверлении, зенкерования, развёртывании и нарезании резьбы выбирают с помощью специального устройства (рис. 5.4) следующим образом.

Диск 1 устройства устанавливают так, чтобы стрелка «А» находилась против заданного диаметра инструмента или ближайшего его значения. В колонке «Материал детали» находят материал обрабатываемой заготовки, а в секторе «Скорость резания» по этому материалу выбирают для нужного метода обработки рекомендуемую скорость резания. Значение скорости резания при зенкерования выбирают по сектору, содержащему данные для сверления.

На шкале «V» подвижной части диска 1 находят выбранную скорость резания, а напротив численного значения этой скорости — необходимую

частоту вращения шпинделя n (об/мин) и соответствующие положения рукояток P_4 , P_5 и P_{12} .

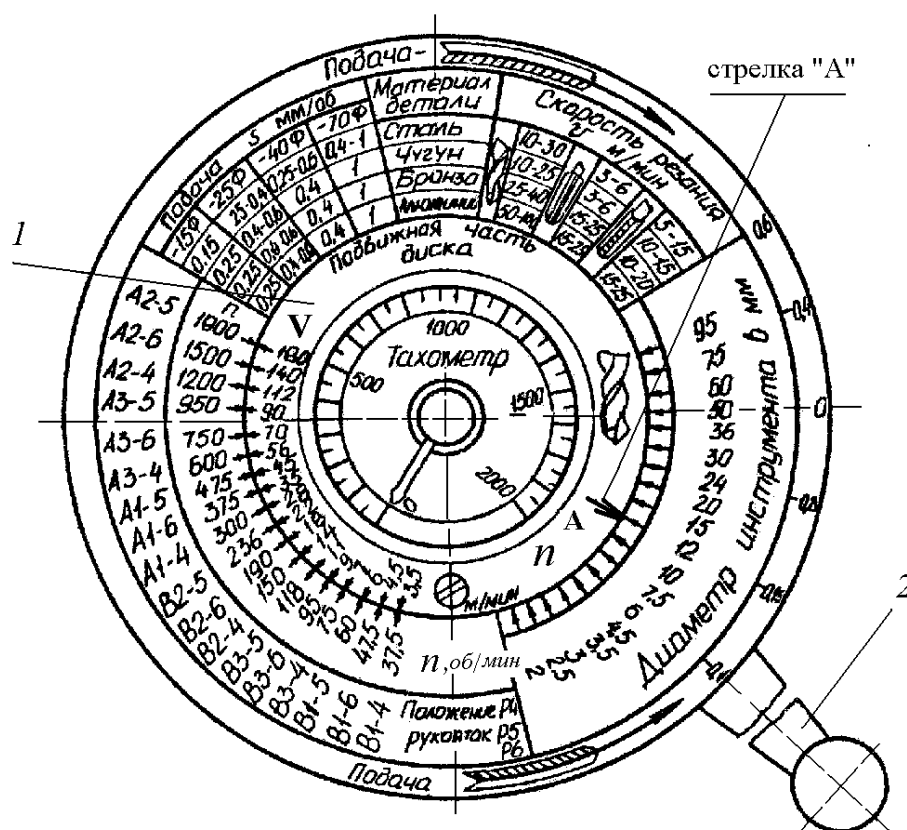


Рис. 5.4. Устройство для определения параметров режима резания

Подачу S_0 определяют по табличке «Подача» S (мм/об) на окружности устройства, соответствующей расположению заданного материала и диаметру инструмента. Устанавливают выбранное значение подачи рукояткой 2.

Значение глубины резания t при зенкерованием в зависимости от диаметра исходного отверстия и метода его получения принимают от 0,5 до 2 мм. Глубина резания при развёртывании имеет значительно меньшие значения и назначается в пределах 0,05...0,25 мм.

Методика проведения работы

В лабораторной работе предусмотрено изучение устройства станка и проведение эксперимента, по результатам которого оценивается точность размеров диаметров и шероховатость поверхности отверстий в обработанной заготовке после сверления, зенкерования и развёртывания. Для обеспечения возможности визуального осмотра обработанных поверхностей

и упрощения измерения параметров шероховатости заготовку изготавливают из двух образцов 1 и 2 (рис. 5.5).

При установке на станок эти образцы жёстко скрепляют между собой с помощью двух струбцин 3. Удерживаемую струбцинами заготовку закрепляют в машинных тисках на столе станка.

Первое отверстие в заготовке-образце (поз. 4, рис. 5.5) получают сверлением, второе (поз. 5) — сверлением и зенкерованием. Третье отверстие (поз. 6) сверлят, а затем зенкеруют и развёртывают. По окончании обработки заготовку со струбцинами снимают со станка, очищают отверстия от стружки и грязи и измеряют нутромером полученные диаметры.

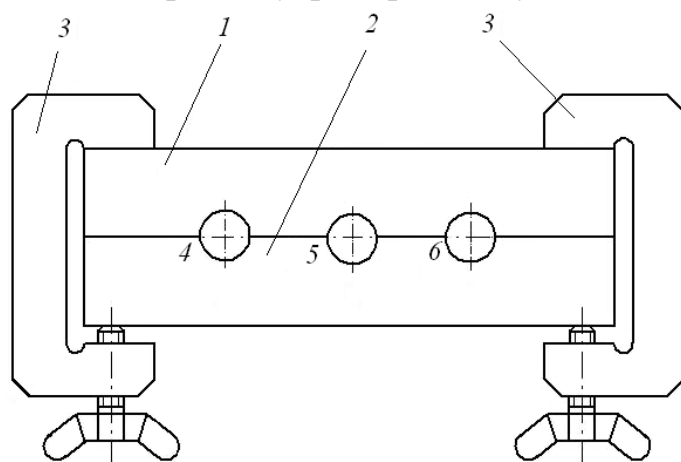


Рис. 5.5. Заготовка для проведения эксперимента

Нутромер является измерительным прибором относительного измерения. Перед экспериментом его настраивают «на ноль» по отверстию в эталонном кольце с известным значением диаметра отверстия $D_э$. Диаметр контролируемого отверстия на образце $D_к$ вычисляют по формуле:

$$D_к = D_э + C, \quad (5.4)$$

где C — показание на шкале нутромера, зафиксированное при измерении контролируемого отверстия.

Погрешностью обработки Δ будем считать разность между диаметром $D_к$ контролируемого отверстия и диаметром последнего использованного при обработке отверстия инструмента $D_и$:

$$\Delta = D_к - D_и. \quad (5.5)$$

Диаметры инструментов $D_и$ измеряют на специальном приспособлении. Оценку шероховатости поверхностей полученных отверстий осуществляют на профилемере MarSurf PS1 [1], определяя среднее значение

трёх измерений высоты шероховатости поверхности по параметру Ra для каждого образца. Все результаты измерений заносят в таблицу 5.1.

Достигнутый при обработке качество точности диаметра отверстия можно определить, сопоставив значение вычисленной погрешности с табличными значениями допустимых отклонений отверстий по ГОСТ 25346–89 «Основные нормы взаимозаменяемости. ЕСДП. Общие положения, ряды допусков и основных отклонений». Фрагмент ГОСТ 25346–89 приведён в таблице 5.2.

Таблица 5.1

Результаты эксперимента

№ п/п	Метод обработки	D_u , мм	D_k , мм	Погрешность обработки, Δ , мм	Квалитет точности	Ra , мкм
1	Сверление					
2	Зенкерование					
3	Развёртывание					

Таблица 5.2

Допускаемые отклонения размеров отверстий

Диаметры отверстий, мм	Отклонения, мкм	Квалитет точности							
		$IT7$	$IT8$	$IT9$	$IT10$	$IT11$	$IT12$	$IT13$	$IT14$
		Расположение основного отклонения поля допуска – H							
Св. 10 до 18	Верхнее	+18	+27	+43	+70	+110	+180	+270	+430
Св. 18 до 30		+21	+33	+52	+84	+130	+210	+330	+520
Св. 30 до 50		+25	+39	+62	+100	+160	+250	+390	+620
Св. 50 до 80		+30	+46	+74	+120	+190	+300	+460	+740
Нижнее отклонение для всех диапазонов диаметров отверстий равно «0».									

Последовательность выполнения работы

1. Изучите технологические возможности радиально-сверлильного станка, его устройство, методику выбора и наладки режима резания, а также инструмент, применяемый при обработке отверстий.

2. По полученным от преподавателя данным о материале заготовки и с учетом применяемых в эксперименте диаметров сверла, зенкера и развёртки

определите необходимые режимы резания при обработке заготовки каждым инструментом.

3. Проследите за наладкой станка учебным мастером и процессами сверления, зенкерования и развёртывания отверстий в заготовке.

4. Измерьте диаметры полученных после сверления, зенкерования и развёртывания отверстий, а также шероховатость их поверхностей. Данные занесите в таблицу 5.1. Определите качества точности отверстий, используя сведения таблицы 5.2.

5. Получите индивидуальное задание от преподавателя (таблица 5.3) по определению параметров режима резания и выполните наладку станка для обработки отверстия с выбранными режимами резания. Для этого нужно выполнить далее представленные пункты.

Таблица 5.3

Индивидуальные задания

№ п/п	$D_{отв}$, мм	Обрабатываемый материал	Ra , мкм	№ п/п	$D_{отв}$, мм	Обрабатываемый материал	Ra , мкм
1	$36^{+0,016}$	Бронза	0,63	11	$15^{+0,07}$	Сталь	2,5
2	$20^{+0,21}$	Чугун	12,5	12	$70^{+0,74}$	Чугун	6,3
3	$30^{+0,10}$	Сталь	6,3	13	$28^{+0,033}$	Бронза	0,63
4	$48^{+0,062}$	Алюминий	1,25	14	$50^{+0,062}$	Алюминий	1,25
5	$10^{+0,018}$	Сталь	0,32	15	$8^{+0,015}$	Сталь	0,32
6	$65^{+0,046}$	Чугун	0,63	16	$18^{+0,18}$	Чугун	6,3
7	$60^{+0,30}$	Бронза	6,3	17	$14^{+0,018}$	Бронза	0,32
8	$25^{+0,52}$	Алюминий	12,5	18	$40^{+0,10}$	Алюминий	2,5
9	$18^{+0,18}$	Сталь	6,3	19	$32^{+0,025}$	Сталь	0,63
10	$55^{+0,046}$	Чугун	0,63	20	$50^{+0,10}$	Чугун	6,3

5.1. Используя указанные в таблице 5.3 отклонения на номинальные размеры диаметров изготавливаемых отверстий, определите по таблице 5.2 качество точности диаметра отверстия.

5.2. Установите виды обработки и типы инструментов, которые требуется применить для получения отверстия указанной точности и шероховатости.

5.3. При необходимости использования для получения отверстия методов зенкерования и развёртывания определите требуемые диаметры инструментов $D_{и}$, ориентируясь на указанные в разделе «Выбор режима резания при обработке отверстий» значения рекомендуемых глубин резания.

5.4. Определите для принятого метода обработки отверстия по устройству для определения режима резания значения подачи S_0 , скорости резания v и расположения рукояток P_3, P_4, P_5, P_{12} , обеспечивающие установку назначенных параметров режима резания.

6. Составьте отчёт по работе.

Содержание отчёта

1. Название работы.
2. Цель и содержание эксперимента.
3. Условия проведения эксперимента: станок, материал заготовки, материалы и параметры режущих инструментов, измерительные приборы и их характеристики, режим обработки.
4. Результаты эксперимента (по форме таблицы 5.1).
5. Диаграммы достигнутых квалитетов точности обработки диаметров отверстий и шероховатости их поверхностей при различных методах обработки (по форме рисунка 5.6).

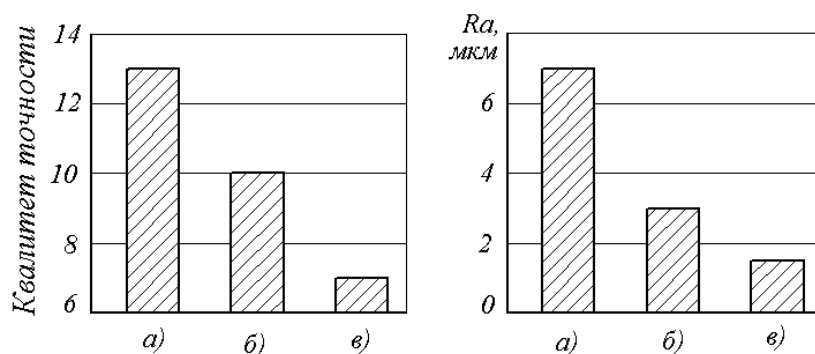


Рис. 5.6. Диаграммы достигнутых в эксперименте точности обработки и шероховатости поверхностей отверстий:

а — сверление; б — зенкерование; в — развёртывание

6. Выводы по эксперименту.
7. Номер, формулировка и исходные данные индивидуального задания (см. таблицу 5.3).

Формулировка индивидуального задания выполняется по следующему образцу: «Определить параметры режима резания и установить

положения рукояток станка, обеспечивающие выбранные скорости резания и подачи для инструментов, используемых при обработке отверстия».

8. Квалитет точности обрабатываемого отверстия, виды последовательно используемых для изготовления отверстия инструментов и их диаметры.

9. Режимы резания (t , v , S_0) и позиции расположения рукояток P_3 , P_4 , P_5 , P_{12} , обеспечивающие установку параметров режима резания по каждому выбранному инструменту.

6. ТОКАРНЫЙ РЕЗЕЦ, ЕГО ЧАСТИ И ЭЛЕМЕНТЫ

Цель работы: знания частей, конструктивных и геометрических элементов токарного проходного резца, их функций; умение определять значения углов резца с помощью настольного угломера.

Общие сведения

Токарные резцы являются наиболее распространёнными режущими инструментами, используемыми при металлообработке. Резцы применяют при продольном точении, подрезании торцов, отрезании, растачивании сквозных и глухих отверстий, обработке фасонных поверхностей, нарезании резьбы, а также при выполнении ряда других работ. С некоторым приближением можно считать, что резец составляет основу режущей части любого металлорежущего инструмента. Поэтому его изучение весьма важно для понимания сущности процесса резания.

Части и элементы токарного резца принято рассматривать в связи со схемой обработки, векторами скоростей главного движения резания и движения подачи, режимами резания и расположением резца относительно заготовки и её поверхностей: обрабатываемой 1 , обработанной 3 и поверхности резания 2 (рис. 6.1, *а*). Поверхность резания на заготовке располагается между обрабатываемой и обработанной поверхностями. Именно с этой поверхностью при резании происходит отделение стружки от основного материала.

На лезвии резца (см. рис. 6.1, *б*) различают следующие конструктивные элементы:

— переднюю поверхность δ , по которой при резании движется стружка;

— главную заднюю поверхность 3, контактирующую с поверхностью резания на заготовке;

— вспомогательную заднюю поверхность 5, обращённую к обработанной поверхности на заготовке;

— главную режущую кромку 4, образованную пересечением передней и главной задней поверхностей лезвия резца;

— вспомогательную режущую кромку 6, образованную пересечением передней и вспомогательной задней поверхностей резца;

— вершину резца 7, являющуюся местом пересечения главной и вспомогательной режущих кромок.

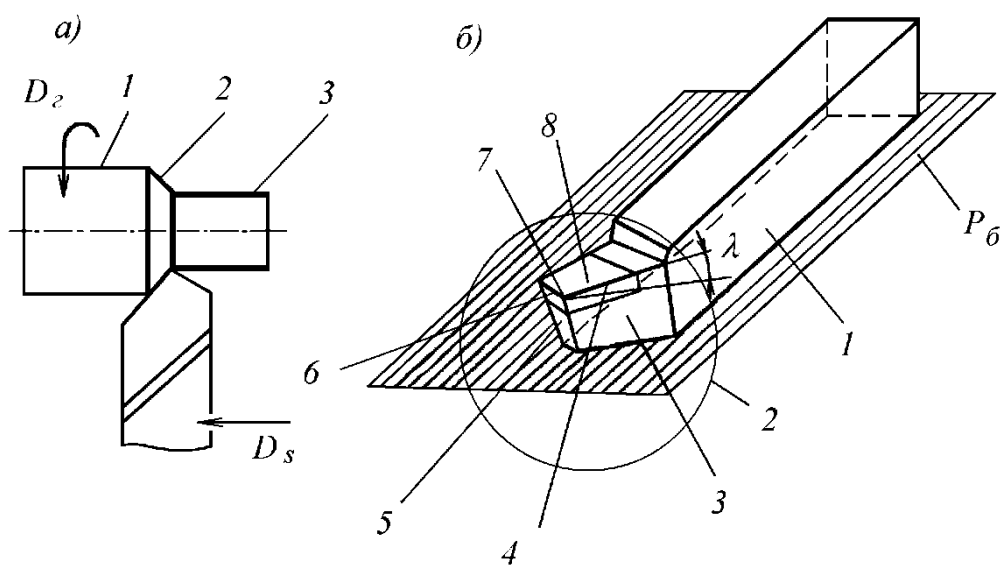


Рис. 6.1. Схема точения (а), токарный проходной резец (б)

Стержень резца 1 служит для его закрепления на станке. Для этого резец устанавливают плоскостью P_6 , называемой установочной (базовой) плоскостью, в резцедержателе станка и закрепляют двумя - тремя болтами.

Прочность, износ, стойкость, а в целом работоспособность резца, зависят от расположения поверхностей и кромок лезвия относительно друг друга и заготовки. Это расположение принято определять геометрическими элементами, т. е. углами наклона поверхностей и кромок резца в одной из трёх систем прямоугольных координат: инструментальной, статической и кинематической.

Инструментальную систему координат применяют для определения углов резца как материального тела при его изготовлении, переточке и контроле. В данной работе эта система не рассматривается.

Для определения угла наклона вспомогательной задней поверхности лезвия используют дополнительно к ранее перечисленным вспомогательную секущую плоскость P'_{τ_c} , проводимую через точку B вспомогательной режущей кромки перпендикулярно проекции этой кромки на основную плоскость P_{ν_c} .

Кинематическая система координат позволяет рассчитывать углы лезвия резца с учетом всех движений резания (D_2 и D_s), используемых при обработке заготовки. Начало координат этой системы также, как и статической, помещают в точку A главной режущей кромки. Плоскость резания в этой системе совмещают с векторной суммой скорости резания и скорости движения подачи.

Углы резца в данной работе рассматриваются в статической системе координатных плоскостей. Поэтому все они получили название статических углов. Для упрощения названия в дальнейшем слово «статический» будет опускаться.

В главной секущей плоскости P_{τ_c} определяют передний угол γ_c , главный задний угол α_c и угол заострения β_c .

Главный задний угол α_c — угол в главной секущей плоскости P_{τ_c} между главной задней поверхностью лезвия резца и плоскостью резания. Он служит для уменьшения трения между главной задней поверхностью резца и поверхностью резания на заготовке. Однако чрезмерное увеличение заднего угла приводит к снижению прочности лезвия. Поэтому обычно главный задний угол резца принимают в пределах 6...12 градусов. Для обработки вязких материалов и при точении с тонкими стружками применяют резцы с большими углами α_c . При резании твёрдых и хрупких материалов выбирают меньшие из ранее указанных значений главного заднего угла.

Передний угол γ_c — угол в главной секущей плоскости P_{τ_c} между передней поверхностью лезвия резца и основной плоскостью P_{ν_c} . Различают положительный передний угол (передняя поверхность направлена вниз от основной плоскости), угол равный нулю (передняя поверхность параллельна основной плоскости) и отрицательный передний угол (передняя поверхность направлена вверх от основной плоскости).

С увеличением переднего угла облегчается врезание резца в металл, уменьшается деформация срезаемого слоя, облегчается сход стружки, уменьшаются силы резания и расход энергии. Вместе с тем, увеличение переднего угла приводит к уменьшению прочности лезвия резца. Поэтому при использовании хрупких инструментальных материалов (металлокерамические твёрдые сплавы, минералокерамика, алмазы и др.) для повышения прочности и стойкости инструмента применяют нулевые и отрицательные передние углы, а при работе инструментом из быстрорежущих сталей, обладающих большей ударной вязкостью, — положительные передние углы (10...30 градусов).

Угол заострения β_c — угол в главной секущей плоскости P_{τ_c} между передней и главной задней поверхностями резца. Уменьшение угла β_c приводит к ослаблению лезвия и снижению прочности резца, а также к ухудшению отвода тепла из зоны режущих кромок.

Между рассмотренными тремя углами существует следующая зависимость:

$$\alpha_c + \beta_c + \gamma_c = 90^\circ . \quad (6.1)$$

Существенное влияние на процесс резания оказывает и **вспомогательный задний угол** α'_c , измеряемый во вспомогательной секущей плоскости P'_{τ_c} . Этот угол располагается между вспомогательной задней поверхностью резца и плоскостью, проходящей через вспомогательную режущую кромку перпендикулярно основной плоскости резца. Угол α'_c служит для уменьшения трения вспомогательной задней поверхности резца по обработанной поверхности заготовки. Обычно принимают $\alpha'_c = \alpha_c$.

Кроме отмеченных углов при изучении геометрических параметров режущего лезвия резца рассматривают углы в плане φ_c и φ'_c , угол при вершине ε_c , а также угол наклона главной режущей кромки λ_c .

Главный угол в плане φ_c — угол между проекцией главной режущей кромки на основную плоскость резца P_{ν_c} и направлением движения подачи D_s . С уменьшением угла φ_c увеличивается длина активной части режущей кромки, что улучшает отвод теплоты из зоны обработки и уменьшает износ инструмента. Однако при малых значениях угла φ_c возрастает отжим резца от заготовки и возникают вибрации, ухудшающие качество обрабо-

танной поверхности. Поэтому в зависимости от вида обработки, типа резца и жёсткости технологической системы угол φ_c обычно выбирают в пределах $30\dots90^\circ$.

Вспомогательный угол в плане φ'_c — угол между проекцией вспомогательной режущей кромки на основную плоскость P_{ν_c} и направлением, обратным направлению движения подачи D_s . Угол φ'_c служит для уменьшения трения вспомогательной задней поверхности резца по обработанной поверхности заготовки. Для проходных резцов, обрабатывающих жёсткие заготовки, угол $\varphi'_c = 5\dots10^\circ$, при обработке нежёстких заготовок его принимают в пределах $30\dots45$ градусов.

Угол при вершине ε_c — угол между проекциями главной и вспомогательной режущих кромок на основную плоскость P_{ν_c} .

Углы φ_c , φ'_c , ε_c связаны между собой зависимостью

$$\varphi_c + \varphi'_c + \varepsilon_c = 180^\circ. \quad (6.2)$$

Углом наклона главной режущей кромки λ_c называют угол, расположенный в плоскости резания P_{n_c} , между главной режущей кромкой и основной плоскостью P_{ν_c} . Этот угол считается положительным (см. рис. 6.1, б), когда вершина резца является нижней точкой режущей кромки относительно установочной плоскости P_δ ; отрицательным, когда вершина резца будет высшей точкой режущей кромки; равным нулю, если главная режущая кромка параллельна основной плоскости. Угол λ_c служит для отвода стружки в направлении к обработанной ($\lambda_c > 0^\circ$) или обрабатываемой ($\lambda_c < 0^\circ$) поверхности. Кроме того, положительный угол λ_c упрочняет вершину инструмента. Поэтому при черновой обработке и резании твёрдых материалов необходимо углу λ_c придавать положительные значения ($15\dots20^\circ$). При чистовой обработке для предотвращения царапания стружкой обработанной поверхности рекомендуют использовать резцы с отрицательными значениями угла наклона главной режущей кромки.

Методика измерения углов резца

Углы резца измеряют при помощи настольного угломера (рис. 6.3), базовыми частями которого являются основание 1 и стойка 2. По стойке вверх и вниз можно вручную передвигать сектор 4 с градусной шкалой.

На секторе укреплена поворотная пластина $б$ с указателем 5 . По расположению риски указателя на градусной шкале сектора 4 определяют значение измеряемого угла резца. Положение поворотной пластины на секторе 4 фиксируется винтом 7 .

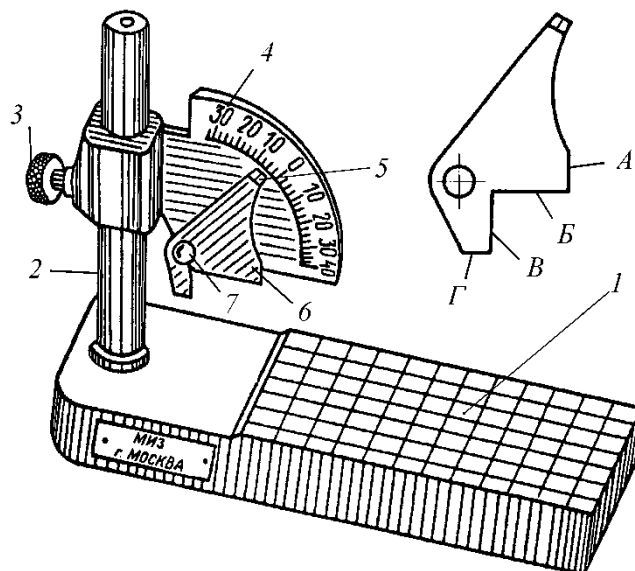


Рис. 6.3. Настольный угломер

При измерении углов γ_c , α_c и α'_c резец устанавливают базовой плоскостью P_b на основание 1 угломера. Поворотную пластину $б$ прикладывают «без просвета» в главной секущей плоскости (при измерении угла α'_c — во вспомогательной секущей плоскости) измерительными кромками A , B , B , Γ к той поверхности лезвия, от которой отсчитывается измеряемый угол.

Угол наклона главной режущей кромки λ_c определяют при аналогичной установке резца путём наложения поворотной пластины угломера $б$ непосредственно на эту кромку. Модуль значения угла определяют по положению риски указателя пластины 5 на градусной шкале сектора 4 . Знаки находят только для углов γ_c и λ_c по указанной ранее методике. Углы α_c и α'_c могут быть только положительными.

Для измерения углов φ_c и φ'_c резец размещают на основании угломера боковой плоскостью стержня, а сектор 4 устанавливают в положение основной плоскости P_{ν_c} . Поворотную пластину $б$ прикладывают при определении угла φ_c к главной задней грани лезвия, угла φ'_c — к вспомогательной задней грани.

Углы β_c и ε_c определяют расчётом по формулам (6.1) и (6.2).

Измеренные и рассчитанные значения статических углов справедливы для резца, который устанавливают на станок таким образом, что его вершина находится на уровне линии центров станка, а ось стержня перпендикулярна оси заготовки. Если вершина резца будет располагаться на станке выше или ниже линии центров, то базовая поверхность P_b (см. рис. 6.2) станет не параллельной статической основной плоскости P_{ν_c} . Поэтому действительные значения углов γ_c , α_c и α'_c будут отличаться от измеренных. В случае неперпендикулярности оси стержня резца к оси заготовки изменит своё расположение статическая плоскость резания P_{n_c} . Следовательно, полученные значения углов φ_c и φ'_c также будут не точны.

Содержание работы

Работа включает изучение частей и элементов (углов) токарного проходного резца, их функций в процессе резания, универсального угломера и определение с его помощью углов конкретного резца, а также подготовку отчёта.

Порядок проведения работы

1. Получите от преподавателя токарный проходной резец для измерения его углов.
2. Найдите на резце конструктивные элементы лезвия: переднюю поверхность, главную и вспомогательную задние грани, главную и вспомогательную режущие кромки, вершину резца.
3. Измерьте углы α_c , γ_c , α'_c , φ_c , φ'_c , λ_c в указанной последовательности. Вычислите значения углов β_c и ε_c . Результаты занесите в таблицу 6.1.

Таблица 6.1

Углы лезвия токарного проходного резца

Наименование угла	Обозначение угла	Измеренное значение угла, град.

Содержание отчета

1. Название работы.
2. Задание: «Найти на токарном проходном резце его части и конструктивные элементы, измерить углы резца».
3. Номер, полное наименование и назначение резца.
4. Вид резца в аксонометрии с обозначением угла λ_c и указанием элементов лезвия (по форме рисунка 6.1, б).
5. Проекция и сечения измеренного резца с указанием численных значений углов лезвия (по форме рисунка 6.2).
6. Результаты измерений и расчётов углов токарного проходного резца (по форме таблицы 6.1).

7. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ГЛАВНОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ СИЛЫ РЕЗАНИЯ P_z ПРИ ТОЧЕНИИ ОТ ЭЛЕМЕНТОВ РЕЖИМА РЕЗАНИЯ

Цель работы: знания формулы зависимости составляющих сил резания от элементов режима резания, методики экспериментального определения сил резания; умения находить зависимости составляющих сил резания от элементов режима резания экспериментальным методом, обрабатывать экспериментальные данные и анализировать полученные результаты.

Общие сведения

Работа резания затрачивается на совершение упругих и пластических деформаций материала в зоне стружкообразования, а также на преодоление сил трения в местах контакта инструмента с заготовкой и стружкой. Равнодействующую сил, действующих на режущий инструмент при обработке резанием, называют силой резания P . Знать её численное значение необходимо при проектировании и выборе станков (подбор станка по мощности), режущих инструментов (подбор поперечного сечения державки резца и станочных приспособлений).

Для выполнения этих работ инженеры пользуются известными справочными данными по силам резания, ограниченными, как правило, небольшим перечнем материалов и узким кругом условий их обработки.

В конкретных производственных условиях, как правило, обрабатываемый материал, конструкция и геометрические параметры инструмента, смазочно-охлаждающая жидкость или другие факторы отличаются от указанных в справочнике. В связи с этим возникает необходимость экспериментального нахождения силы резания.

Для практических расчётов и измерений силу резания P разлагают на три составляющие: главную (окружную) составляющую силы резания P_z , осевую составляющую P_x и радиальную составляющую P_y (рис. 7.1). Каждая из этих составляющих может быть вычислена с помощью эмпирической зависимости типа

$$P_i = C_{p_i} t^{x_{p_i}} S_o^{y_{p_i}} v^{n_{p_i}}, \quad (7.1)$$

где C_{p_i} — коэффициент, учитывающий физико-механические свойства материала и значения геометрических параметров инструмента; t — глубина резания, мм; S_o — подача резца за один оборот заготовки, мм/об; v — скорость главного движения резания, м/мин.

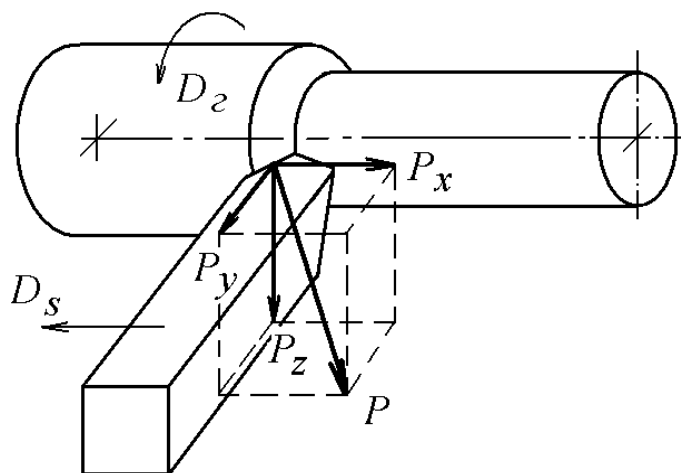


Рис. 7.1. Схема действия сил резания при точении

Коэффициент C_{p_i} и показатели степени x_{p_i} , y_{p_i} , n_{p_i} для P_x , P_y , P_z имеют разные числовые значения. Определение их и является основной задачей экспериментов по установлению зависимостей сил резания от элементов режима резания. Эти значения, подставленные в формулу (7.1), позволяют вычислить силу резания и её составляющие при любом заданном режиме резания.

В данной работе рассматривается методика экспериментального определения значений величин C_{P_z} , x_{P_z} , y_{P_z} , n_{P_z} , необходимых для получения зависимости главной составляющей силы резания P_z от элементов режима резания при точении. Зависимости сил P_x и P_y от элементов режима резания находят аналогичными к представленному далее способу.

Методика измерения сил резания

Составляющие силы резания измеряют непосредственно в процессе обработки с помощью динамометров различных конструкций. В данной работе для измерения главной составляющей силы резания P_z используется однокомпонентный динамометр, изготовленный в виде тензометрического резца, который закрепляют в резцедержателе токарного станка (рис. 7.3, а).

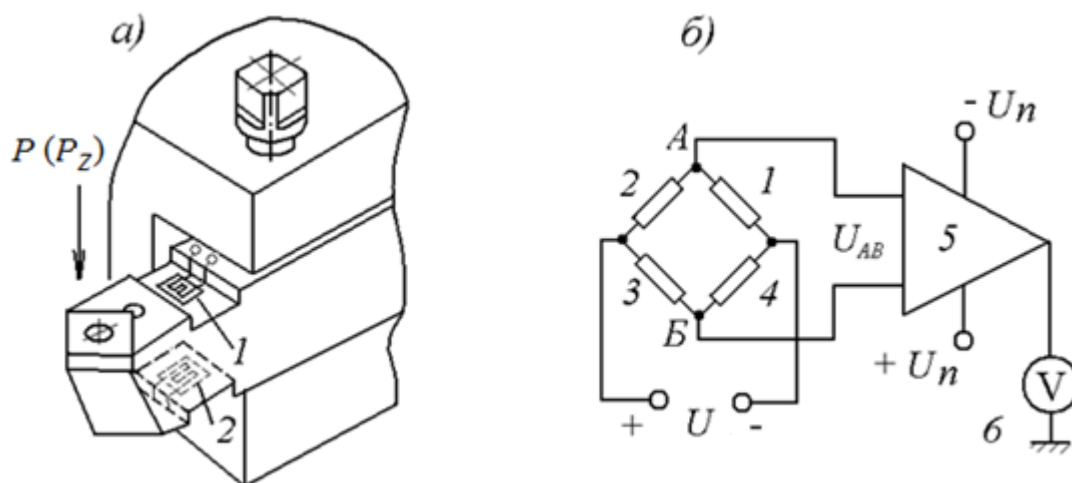


Рис. 7.3. Тензометрический резец (а), схема соединения датчиков резца (б)

Датчики 1 и 2 вместе с аналогичными резисторами 3 и 4, установленными на резце вне зоны деформации стержня, соединены в измерительный мост (рис. 7.3, б). Одна диагональ моста подсоединена к источнику питания U , вторая измерительная диагональ соединена с усилителем сигналов 5. В процессе резания под действием силы P_z происходит деформация датчиков 1 и 2, вызывающая изменение их сопротивления. В связи с этим в точках A и B моста возникает разность потенциалов U_{AB} , которая прямо пропорциональна деформации стержня резца и приложенной к нему силе P_z .

Возникший электрический сигнал подаётся на усилитель 5 и затем измеряется милливольтметром 6. Для перевода показаний прибора в единицы измерения силы, необходимо провести операцию его градуирования. Суть градуирования милливольтметра состоит в экспериментальном определении цены деления его шкалы в единицах измерения силы. При градуировании резец с наклеенными датчиками закрепляют в резцедержателе станка и нагружают силой P , имитируя воздействие на резец при резании силы P_z , постепенно увеличивая её значение на шкале кольцевого динамометра и фиксируя при каждом изменении силы показания милливольтметра 6.

Для нагружения резца в данной работе используется кольцевой динамометр, состоящий из стального закалённого кольца 2 с закреплённым в нём индикатором часового типа 3 (рис. 7.4, а).

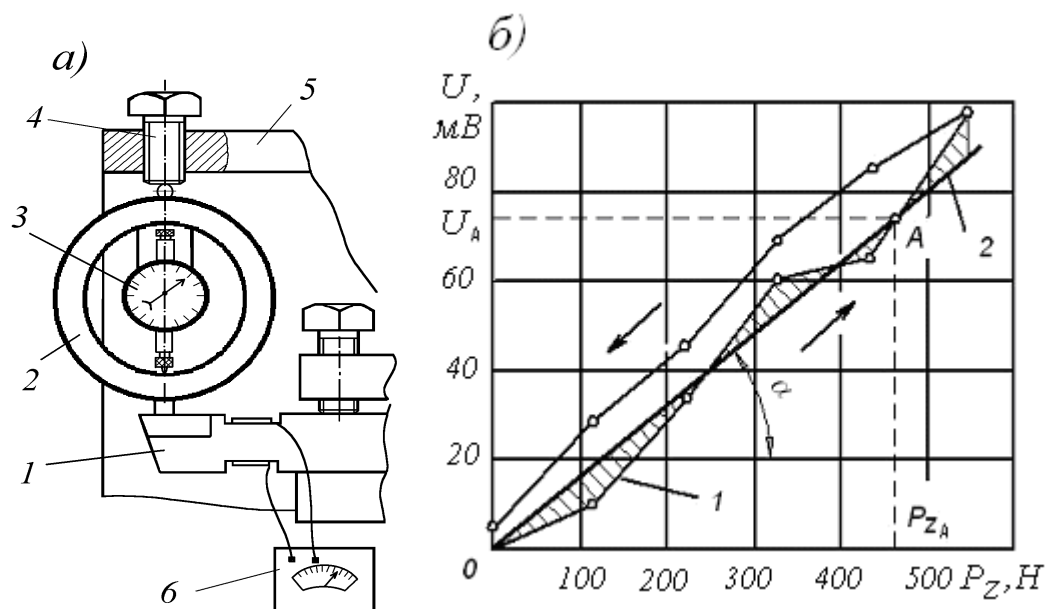


Рис. 7.4. Схема градуирования милливольтметра динамометра (а), градуировочный график (б)

Создание силы P (P_z) осуществляют ввинчиванием винта 4 в специальную стойку 5. При нагружении динамометра кольцо 2, передавая усилие P (P_z) резцу 1, упруго деформируется. Деформацию кольца, пропорциональную нагрузке, оценивают показаниями индикатора 3. Цена деления шкалы индикатора кольцевого динамометра равна 117 Н.

При градуировании необходимо выполнить следующие действия.

1. Произвести предварительное нагружение резца от нулевой до максимальной силы, а затем снять нагрузку (действия повторить один — два раза).

2. Установить индикаторы 3 кольцевого динамометра и милливольтметра 6 в нулевое положение.

3. Последовательно (через два деления индикатора динамометра) нагрузить систему вворачиванием винта 4 с регистрацией нагрузки и показаний милливольтметра. Результаты градуирования записать в таблицу 7.1.

Таблица 7.1

Данные градуирования милливольтметра

Номер измерения	Показание индикатора кольцевого динамометра, деления	Значение силы P (P_z), Н	Показание милливольтметра, U , мВ

4. Последовательно через одно деление индикатора произвести разгрузку резца с фиксацией показаний милливольтметра.

5. Провести обработку полученных результатов с целью определения цены деления милливольтметра k (Н/мВ). Для определения цены деления милливольтметра следует:

5.1. Построить градуировочный график $U = f(P_z)$ (см. рис. 7.4, б), считая силу P_z равной силе P . На данном графике экспериментальные точки следует соединить тонкой ломаной линией 1, а нагрузочную ветвь этой линии аппроксимировать прямой 2. Аппроксимирующая прямая должна проводиться таким образом, чтобы сумма положительных и отрицательных отклонений экспериментальных точек от линии была равна (зрительно) нулю.

Если некоторые экспериментальные точки лежат далеко от прямой, то это часто свидетельствует о грубых ошибках при проведении эксперимента и, в частности, соответствующих измерений. Поэтому, прежде чем проводить аппроксимацию, нужно из экспериментальных данных исключить грубые ошибки (промахи) или провести повторное нагружение резца и построение градуировочного графика.

5.2. Выбрать на аппроксимирующей прямой 2 нагрузочной ветви произвольно точку «А», определить для неё значения силы P_{zA} и показание милливольтметра U_A . По определённым значениям можно рассчитать новую цену деления k (Н/мВ) милливольтметра через отношение

$$k = P_{zA} / U_A. \quad (7.2)$$

Если милливольтметр не имеет установки на «0», то цену деления его шкалы определяют тангенсом угла наклона аппроксимированной прямой на градуировочном графике.

При последующих измерениях силы P_z непосредственно в процессе резания на регистрирующем приборе фиксируют показания в милливольттах, которое умножают на цену деления k и получают измеренное значение силы P_z в Ньютонах.

Методика экспериментального нахождения зависимости

$$P_z = C_{P_z} t^{x_{P_z}} S^{y_{P_z}} v^{n_{P_z}} \quad (7.3)$$

Для нахождения численных значений C_{P_z} , x_{P_z} , y_{P_z} , n_{P_z} методом однофакторного эксперимента проводят три серии опытов, в каждой из которых изменяют один из элементов режима резания (v , S_0 или t), а остальные два сохраняют постоянными. Например, в первой серии опытов принимают постоянными подачу S_0 и скорость главного движения резания v , а варьируют глубину резания t . В этих условиях зависимость (7.3) может быть приведена к виду

$$P_z = C'_{P_z} t^{x_{P_z}}. \quad (7.4)$$

При логарифмировании зависимость (7.4) преобразуется в уравнение прямой линии

$$\lg P_z = \lg C'_{P_z} + x_{P_z} \lg t, \quad (7.5)$$

где степенной показатель x_{P_z} выполняет роль коэффициента пропорциональности. Проведя точение с разными глубинами резания и измерив соответствующие значения P_z , строят график зависимости (7.5). Для построения графика может быть использована масштабная бумага с равномерной десятичной сеткой. В этом случае на осях графика откладывают логарифмы величин. Пример построения и оформления графика в логарифмических координатах дан на рисунке 7.5. Полученная на графике прямая соот-

ветствует зависимости (7.5), а тангенс угла её наклона α_t равен искомому показателю степени x_{p_z} в формуле (7.4). Для исключения ошибок при нахождении $tg\alpha_t$ рекомендуется при построении графика брать по обеим осям шкалы в одинаковом масштабе.

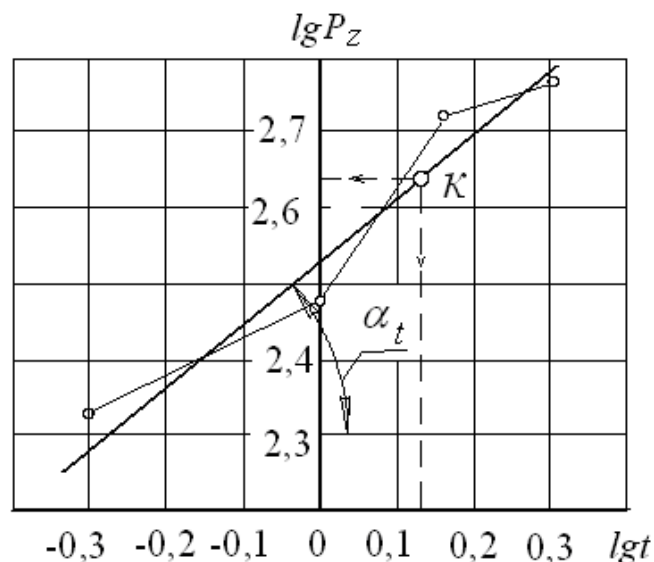


Рис. 7.5. График зависимости $lgP_z - lgt$

Во второй серии опытов в качестве варьируемого фактора принимают подачу S_0 (мм/об), а в третьей — скорость главного движения резания v . Выполнив аналогичные с первой серией опытов преобразования формул $P_z = f(S_0)$ и $P_z = f(v)$ по методике, использованной для обработки данных первой серии опытов, и построив по результатам экспериментов графики $lgP_z - lgS_0$ и $lgP_z - lgv$, можно определить показатели степени y_{p_z} и n_{p_z} искомой зависимости (7.3).

Коэффициент C_{p_z} этой зависимости (7.3) вычисляют следующим способом. На каждом из логарифмических графиков $lgP_z - lgt$, $lgP_z - lgv$, $lgP_z - lgS_0$ произвольно выбирают по одной точке K (см. рис. 7.5). Для каждой такой точки известны значения P_{z_k} , S_{0k} , t_k , v_k . Подставив их, а также ранее найденные значения x_{p_z} , y_{p_z} , n_{p_z} в уравнение (7.3), вычислением для каждого графика находят значения $C_{p_{z1}}$, $C_{p_{z2}}$, $C_{p_{z3}}$. По ним определяют среднюю арифметическую величину C_{p_z} .

Введя полученные численные значения C_{p_z} , x_{p_z} , y_{p_z} , n_{p_z} в уравнение (7.3), фиксируют искомый результат — зависимость составляющей

силы резания P_z от элементов режима резания при заданных условиях точения. Условия проведения и результаты эксперимента оформляют в виде таблицы 7.2.

Таблица 7.2

Условия и результаты экспериментов по определению сил резания

Но- мер опыта	Режим резания							U , мВ	P_z , Н	lgP_z
	n_{cm} , об/мин	v , м/мин	lgv	S_o , мм/об	lgS_o	t , мм	lgt			

Содержание работы

Лабораторная работа включает: изучение силовых характеристик процесса резания при точении, зависимости составляющих сил резания от элементов режима резания, методики экспериментального определения численных значений коэффициента C_{P_z} и степенных показателей x_{P_z} , y_{P_z} , n_{P_z} ; проведение эксперимента и определение зависимости главной (окружной) составляющей силы резания P_z от скорости резания, подачи и глубины резания при точении; выполнение индивидуального задания, оформление результатов работы в виде отчёта.

Порядок проведения работы

1. Зафиксируйте условия проведения эксперимента: модель и наименование станка, тип режущего инструмента, материалы заготовки и режущего инструмента, используемые приспособления и измерительные приборы.

2. Под руководством преподавателя установите уровни варьирования параметров v , S_o , t и определите необходимые значения частот вращения шпинделя станка n_{cm} по методике, представленной в работе 1, раздел «Наладка токарно-винторезного станка». Установите фактические значения скорости главного движения резания для каждого из уровней варьирования значений режима резания.

3. Проведите градуирование милливольтметра, занесите данные в таблицу 7.1, постройте градуировочный график и найдите цену деления шкалы регистрирующего прибора k по формуле (7.2).

4. Проведите эксперимент по измерению силы P_z при варьируемых t , S_0 , v ; результаты эксперимента представьте в форме таблицы 7.2.

5. Постройте логарифмические графики зависимостей и найдите с их помощью степенные показатели x_{P_z} , y_{P_z} , n_{P_z} искомой зависимости (7.3).

6. Рассчитайте коэффициент C_{P_z} .

7. Представьте преподавателю результаты экспериментов и расчётов в виде таблиц, графиков и итоговой формулы $P_z = C_{P_z} t^{x_{P_z}} S^{y_{P_z}} v^{n_{P_z}}$ с числовыми значениями найденных параметров.

8. Получите у преподавателя индивидуальное задание на расчет силы резания P_z для заданных параметров режима точения по экспериментально установленной формуле и по справочнику [5]; сопоставьте экспериментальные и справочные результаты расчетов.

Содержание отчёта

1. Название работы.

2. Условия проведения эксперимента и схема градуирования милливольтметра (см. рисунок 7.2, а).

3. Таблица результатов градуирования милливольтметра (по форме таблицы 7.1).

4. Градуировочный график и определение цены деления милливольтметра k .

5. Логарифмические графики $lgP_z — lgt$, $lgP_z — lgS_0$, $lgP_z — lgv$ с необходимыми построениями.

6. Расчет значений степенных показателей x_{P_z} , y_{P_z} , n_{P_z} и коэффициента C_{P_z} .

7. Искомая формула (7.3) с численными значениями экспериментально определённых степенных показателей и коэффициента C_{P_z} .

8. Индивидуальное задание (таблица 7.3): «Рассчитать для указанных в таблице 7.3 параметров режима точения значение силы P_z по экспериментально полученной формуле и по данным справочника [5], провести сопоставление полученных результатов и сделать выводы о качестве проведения эксперимента».

Таблица 7.3

Индивидуальные задания

№ п/п	Режим обработки		
	Скорость резания v , м/мин	Подача S_0 , мм/об	Глубина резания t , мм
1	100	0,20	1,00
2	105	0,25	1,25
3	110	0,30	1,50
4	115	0,35	1,75
5	120	0,40	2,00
6	125	0,45	2,25
7	130	0,50	2,50
8	135	0,55	2,75
9	140	0,60	3,00
10	145	0,20	1,25
11	150	0,25	1,50
12	155	0,30	1,75
13	160	0,35	2,00
14	165	0,40	2,25
15	170	0,45	2,50

8.1. Исходные данные.

Режим обработки: _____. Условия обработки: материал заготовки Сталь 45; обработка без СОЖ; материал резца Т15К6, $\varphi = 45^\circ$, $\lambda = 0^\circ$.

8.2. Расчет силы резания P_z по экспериментально полученной формуле зависимости P_z от параметров режима обработки.

8.3. Справочные данные [5]: C_{P_z} , x_{P_z} , y_{P_z} , n_{P_z} .

8.4. Расчет силы P_z по формуле (7.3) и справочным данным.

8.5. Сопоставительная таблица экспериментальных и справочных данных C_{P_z} , x_{P_z} , y_{P_z} , n_{P_z} и расчетов силы P_z (по форме таблицы 7.4).

Таблица 7.4

Сопоставительная таблица справочных и экспериментальных данных

Источник данных	C_{P_z}	x_{P_z}	y_{P_z}	n_{P_z}	P_z , Н
Эксперимент					
Справочник [5]					

9. Выводы о соответствии экспериментально полученной зависимости силы P_z от элементов режима резания и нормативной зависимости, представленной в работе [5].

8. НАЗНАЧЕНИЕ И УСТРОЙСТВО ТОКАРНО-РЕВОЛЬВЕРНОГО СТАНКА

Цель работы: знания о назначении и устройстве токарно-револьверного станка модели 1341, действий рабочего при его наладке на изготовление партии деталей, методики расчёта трудоёмкости обработки заготовки; умения экспериментально определять составляющие штучно-калькуляционного времени, рассчитывать коэффициент непроизводительных затрат времени на обработку и использовать его при выборе типа металлорежущего станка для обработки заготовок определённой по числу деталей партии.

Общие сведения

Токарно-револьверные станки применяют в серийном производстве для изготовления деталей сложной конфигурации из прутков и (или) штучных заготовок. Отличительной особенностью станков этого типа от токарных и токарно-винторезных станков является наличие продольного суппорта, несущего многопозиционную поворотную револьверную головку с вертикальной или горизонтальной осью вращения.

В гнёздах револьверной головки закрепляют резцы различных видов, можно также устанавливать свёрла, зенкеры, метчики и другие инструменты. Револьверная головка позволяет разместить в ней большее число режущих инструментов, чем число инструментов, устанавливаемых в резцедержателе токарно-винторезного станка. Смена инструментов в процессе обработки осуществляется поворотом револьверной головки из одной позиции в другую.

На токарно-револьверных станках можно выполнять почти все работы, свойственные станкам токарной группы: получать на деталях цилиндрические, конические, винтовые, фасонные и плоские (торцовые) поверхности. На станках этого типа выполняют обтачивание наружных и растачивание внутренних поверхностей заготовок, подрезание торцов, отрезание,

сверление, зенкерование и развёртывание отверстий, нарезание резьбы и другие виды работ. При этом обеспечивается точность размеров не лучше 8-го качества точности и шероховатость поверхностей с параметром Ra до 1,25 мкм.

Устройство и назначение основных узлов токарно-револьверного станка модели 1341

Внешний вид и основные узлы токарно-револьверного станка, представленного в лабораторной работе моделью 1341, показаны на рисунке 8.1.

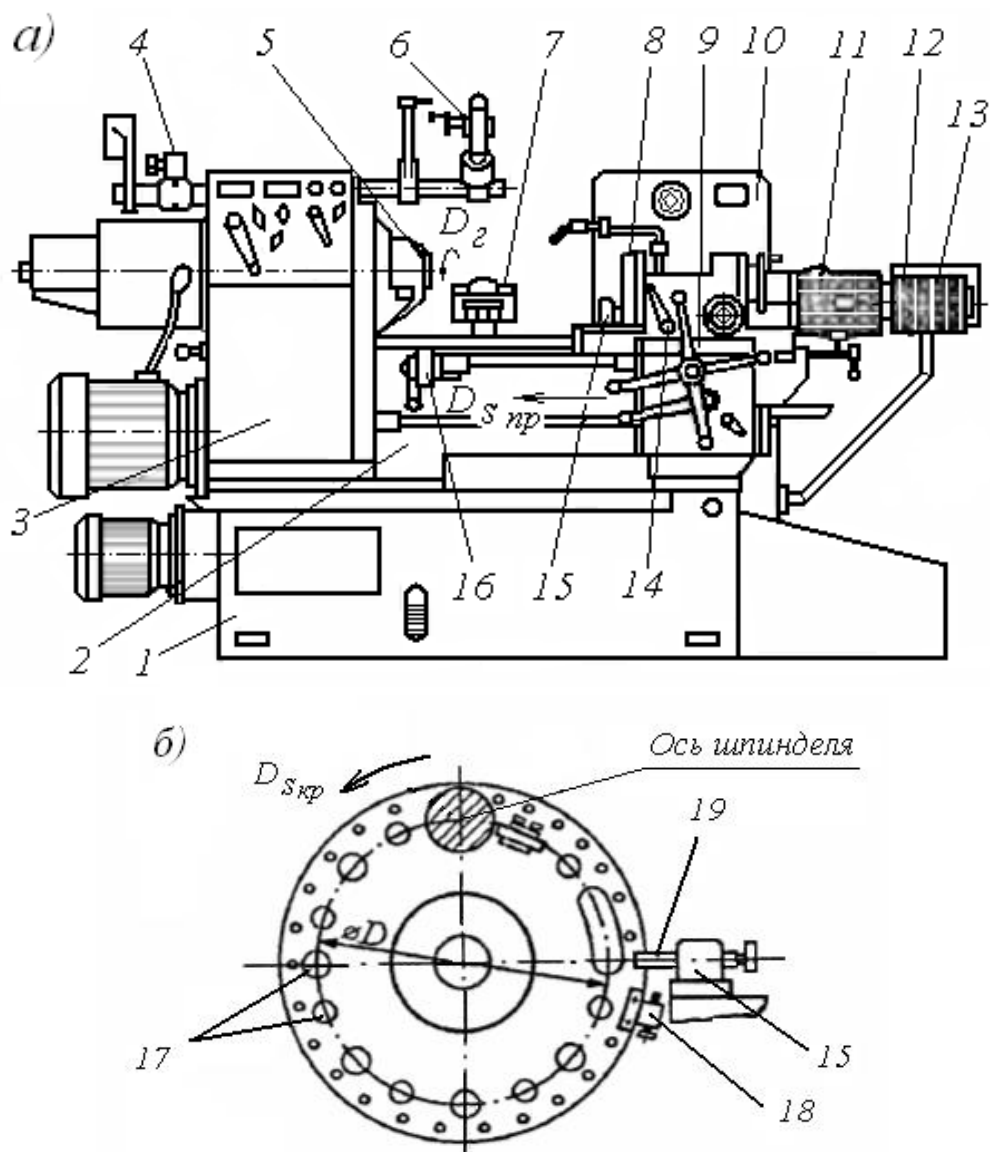


Рис. 8.1. Токарно-револьверный станок модели 1341 (а)
и его револьверная головка (б)

Станок имеет горизонтальную ось вращения револьверной головки. На нём можно обрабатывать как прутковые, так и штучные заготовки. Максимальный диаметр заготовки в форме прутка равен 40 мм, штучной заготовки — 400 мм.

Станина станка состоит из основания 1 и верхней части 2, на которой закреплены: передняя бабка 3 с расположенными в ней коробкой скоростей и шпинделем 5, электрошкаф 10, кронштейн 7 с копирной линейкой для точения конусов, командоаппарат 12 для автоматического изменения частоты вращения шпинделя и величины подачи инструмента.

На продольных направляющих верхней части станины находится суппорт 9, несущий револьверную головку 8, имеющую горизонтальную ось вращения, задний барабан упоров 11 и барабан 13 с переставными кулачками. Кулачки путём их размещения при наладке станка в определённых позициях обеспечивают требуемые последовательности переключения и необходимые значения частоты вращения шпинделя 5 станка и подачи суппорта 9 для каждого из инструментов, установленных в револьверной головке.

Здесь же, на станине, расположен ограничитель круговой подачи 15 (рис. 8.1, а, б), обеспечивающий выключение кругового движения револьверной головки. На левой части станины станка закреплён передний барабан упоров 16.

Рабочими движениями на станке являются: вращение шпинделя (главное движение резания D_2), движение продольной подачи суппорта D_{Spr} и круговое движение подачи револьверной головки D_{Skp} вокруг горизонтальной оси вращения (используется при необходимости создания поперечных движений подачи D_{Snon} режущего инструмента (рис. 8.1, б)).

Резьбонарезные работы на станке выполняют метчиками и плашками, устанавливаемыми в револьверной головке, а также резьбовой гребёнкой, закрепляемой на механизме приклоне б. Этот механизм обеспечивает прижатие резьбовой гребёнки к заготовке и сообщает инструменту движение в продольном направлении с подачей, равной шагу нарезаемой резьбы.

В условиях серийного производства токарно-револьверный станок модели 1341 обладает более высокой производительностью, чем близкий по мощности и характеристикам обрабатываемых заготовок токарно-винторезный станок. Достигается это следующими особенностями конструкции станка.

Револьверная головка 8 на своей торцовой поверхности имеет 16 отверстий (гнезд) 17 (рис. 8.1, б), оси которых лежат на окружности с диаметром D . Верхняя точка этой окружности находится на высоте оси шпинделя станка. В каждом гнезде револьверной головки с помощью вспомогательного инструмента (резцовых державок, переходных втулок, сверлильных патронов) можно закрепить один или несколько инструментов. Все инструменты устанавливаются в револьверной головке при наладке станка на обработку партии заготовок. Из-за большого числа инструментов наладка станка занимает довольно много времени. Однако это позволяет изготавливать сложные по форме детали без смены инструментов и сократить непроизводительные затраты времени. По этой же причине использование станка при обработке малых партий заготовок оказывается невыгодным.

На станке модели 1341 необходимость в затратах времени на подналадку и контроль получаемых размеров при переходе от обработки одной заготовки к другой отпадает. Это достигается наличием на станке устройств с упорами и установкой (наладкой) упоров в заданное положение при подготовке станка к работе. Упоры расположены на заднем барабане упоров 11, переднем барабане 16, на револьверной головке 18 (рис. 8.1, а, б). В систему упоров входит и ограничитель круговой подачи 15 с выдвижным пальцем 19. Каждому гнезду 17 револьверной головки с режущим инструментом соответствует в системе упоров один или два (при поперечном движении инструмента) упора, которые при наладке станка устанавливаются так, что обеспечивают повторение выполнения этим инструментом одного или нескольких размеров на каждой заготовке изготавливаемой партии.

Упоры заднего барабана упоров 11 служат для автоматического отключения движения продольной подачи револьверного суппорта. Это необходимо для обеспечения заданных продольных размеров на обрабатываемой заготовке при выполнении переходов по точению наружных или внутренних поверхностей и работе осевым инструментом. Диаметральные размеры, получаемые продольным точением, обеспечивают наладкой вылета резцов из резцовых державок.

Передний барабан упоров 16 фиксирует положение продольного суппорта (расположение инструмента относительно заготовки в продольном направлении) при резании инструментами, работающими с движением

круговой подачи (подрезание торца, точение канавок или фасонных поверхностей, разрезание заготовки). При выполнении конкретного перехода к соответствующему упору барабана 16 суппорт подводится вручную. Для выключения движения круговой подачи и получения при этом заданного диаметрального размера канавки или фасонной поверхности служат регулируемые упоры 18, которые устанавливаются на револьверной головке (рис. 8.1, б).

Сокращение затрат времени непосредственно на снятие стружки при работе на токарно-револьверном станке достигается также применением многоинструментных державок (рис. 8.2), обеспечивающих одновременную обработку нескольких поверхностей заготовки за один рабочий ход суппорта.

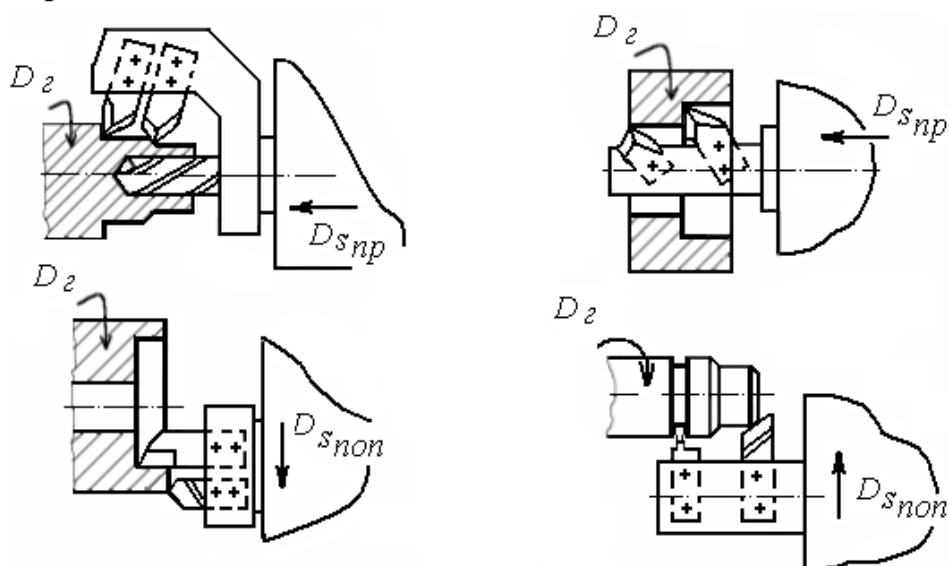


Рис. 8.2. Многоинструментные наладки

Время обработки на переходе с одновременным использованием нескольких инструментов определяют по длительности обработки самой протяжённой в направлении движения подачи обрабатываемой поверхности. Параметры режима резания в этом случае назначают по наиболее нагруженному инструменту.

Экономия затрат времени на токарно-револьверном станке по отношению к обработке заготовок на токарно-винторезном станке достигается и тем, что изменение частоты вращения шпинделя и скорости подачи для выполнения последующих переходов производится одновременно со сменой режущего инструмента за счёт совместного поворота револьверной головки и закреплённого на ней командоаппарата 12 с барабаном 13.

На этом барабане при наладке станка путём определённой расстановки кулачков набирают программу переключения частот вращения шпинделя и величин подачи.

Частоты вращения шпинделя и скорости подач на станке 1341 разделены на два диапазона. На технологических переходах, где требуется перейти с одного диапазона на другой, затраты времени увеличиваются, поскольку такое переключение, выполняемое вручную переключателем на пульте управления передней бабки станка, требует по отношению к автоматическому переключению некоторого дополнительного времени.

Изложенные выше особенности конструкции станка, направленные на повышение производительности обработки в условиях серийного производства, привели к ограничению его технологических возможностей по отношению к аналогичным характеристикам токарно-винторезного станка. Так, из-за отсутствия задней бабки здесь невозможна обработка валов в центрах, ограничена длина обрабатываемых заготовок, нельзя изготавливать длинные конические поверхности. В связи с отсутствием ходового винта и кинематической цепи резьбовых подач исключена возможность нарезания на станке точной резьбы и резьбы с глубоким профилем.

Наладка токарно-револьверного станка

Для осуществления процесса обработки заготовки на любом металлорежущем станке необходимо произвести его наладку. Наладкой называют процесс подготовки технологического оборудования и технологической оснастки к выполнению определённой технологической операции (изготовлению партии деталей).

Наладка токарно-револьверного станка модели 1341 включает:

— установку на шпиндель станка 5 (см. рис. 8.1) приспособления для закрепления заготовки;

— расстановку, закрепление на револьверной головке 8 режущих и вспомогательных инструментов, в том числе и многоинструментных наладок (см. рис. 8.2);

— наладку режима резания для каждого технологического перехода; эта процедура заключается в расстановке кулачков 13 на барабане командоаппарата 12, где каждому гнезду револьверной головки соответствует

свой продольный паз с кулачками, в положения, обеспечивающие требуемые значения частот вращения шпинделя и продольных подач суппорта;

— установку инструментов на выполнение заданных диаметральных и линейных размеров путём регулирования положения резцов, расстановку и выверку упоров на барабанах 11, 16 и револьверной головке 18.

Затраты времени при работе на токарно-револьверном станке

Трудоёмкость технологической операции, выполняемой на металло-режущем станке любого назначения, оценивают штучно-калькуляционным временем $T_{шк}$ по формуле

$$T_{шк} = T_o + T_{всп} + T_{обс} + T_{отд} + T_{нз}/N, \quad (8.1)$$

где T_o — основное время, затрачиваемое непосредственно на резание; $T_{всп}$ — вспомогательное время, включающее время на установку и снятие заготовки (τ_1), подвод и отвод инструментов (τ_2), смену режущих инструментов (τ_3), изменение режима резания в процессе изготовления детали при переходе от одного технологического перехода к другому (τ_4), контроль выполняемых размеров (τ_5); $T_{обс}$ — время на обслуживание станка, связанное с заменой затупившегося инструмента, его подналадкой и уборкой станка от стружки; $T_{отд}$ — время отдыха рабочего; $T_{нз}$ — подготовительно-заключительное время, затрачиваемое на наладку станка к обработке всей партии заготовок, уборку станка и на ряд других процедур; N — количество заготовок в партии, обрабатываемых без переналадки станка.

Основное время обработки заготовки на станке T_o есть сумма затрат основного времени τ_{o_i} на всех k технологических переходах. Его определяют по формуле

$$T_o = \sum_{i=1}^k \tau_{o_i}, \quad (8.2)$$

где i — номер технологического перехода. Обработку одной и той же поверхности на черновом и чистовом режимах относят к разным технологическим переходам.

Основное время на отдельном i -м переходе определяют по формуле

$$\tau_{oi} = \frac{L_i}{S_{oi} n_{унi}}, \quad (8.3)$$

где L_i — длина пути инструмента на i -м переходе (для упрощения расчетов время врезания инструмента в заготовку и его перебега в данной работе не учитывается); S_{oi} — подача инструмента на i -м переходе, мм/об; $n_{унi}$ — частота вращения шпинделя на i -м переходе, об/мин.

Время на установку и снятие заготовки после обработки τ_l зависит от степени механизации и автоматизации перехода, быстродействия приспособления для закрепления заготовки, а также от массы заготовки.

Затраты времени на подвод инструмента к заготовке и отвод от неё (время τ_2) повторяются в каждом технологическом переходе. При расчётах суммарного времени на подвод и отвод инструментов следует учитывать, что на перемещение инструмента в поперечном и продольном направлениях затрачивается различное время.

Необходимость изменения скоростей рабочих движений, приводящая к затратам вспомогательного времени τ_4 , возникает при переходе от одного технологического перехода к другому в тех случаях, когда:

- имеет место значительное изменение диаметра обрабатываемой поверхности (изменяют $n_{ун}$);
- меняется тип режущего инструмента (изменяют $n_{ун}$ и S_o);
- осуществляется переход от черновой к чистовой обработке (изменяют S_o).

Суммарное вспомогательное время определяют по формуле

$$T_{всп} = \sum_{j=1}^5 \tau_j m_j, \quad (8.4)$$

где j — номер элемента затрат вспомогательного времени ($j = 1, 2, \dots, 5$); τ_j — вспомогательное время соответствующего технологического перехода, затрачиваемое на выполнение j -го элемента $T_{всп}$; m_j — число повторений j -го элемента затрат вспомогательного времени в течение всех k переходов технологической операции.

Время обслуживания станка $T_{обс}$ затрачивается на замену затупившихся инструментов и связанные с этим подналадки станка, а также на удаление стружки. Эту составляющую штучно-калькуляционного времени рассчитывают по формуле

$$T_{обс} = 0,1(T_o + T_{всн}). \quad (8.5)$$

Время регламентированного отдыха рабочего $T_{отд}$ зависит от условий работы и для механических цехов может быть принято равным

$$T_{отд} = 0,2(T_o + T_{всн}). \quad (8.6)$$

Подготовительно-заключительное время $T_{нз}$ существенно различается для станков различной степени автоматизации. В условиях серийного, мелкосерийного производства и при применении специализированных станков подготовительно-заключительное время рассчитывают по формуле

$$T_{нз} = \tau_6 + \tau_7 + \tau_8, \quad (8.7)$$

где τ_6 — время установки, выверки и закрепления на станке приспособления; τ_7 — время на установку режущих инструментов, включая установку упоров; τ_8 — время на установку на станке заданных режимов резания. При выполнении данной лабораторной работы будем считать, что $\tau_8 = 0,4\tau_7$.

Затраты на установку инструментов зависят от числа используемых на операции инструментов и их типов. Эти затраты рассчитывают по следующей формуле:

$$\tau_7 = \sum_{\varphi=1}^n m_{\varphi} \tau_{\varphi} \quad (8.8)$$

где φ — номер типа режущего инструмента, устанавливаемого в револьверную головку (резец, сверло, метчик и т. д.) ($\varphi = 1, 2, \dots, n$); m_{φ} — число устанавливаемых инструментов φ -го типа; τ_{φ} — время на первоначальную установку и наладку одного инструмента φ -го типа.

Составляющие непроизводительных затрат времени $T_{всн}$ и $T_{нз}$ определяют хронометрированием. Их средние значения для отдельных видов работ и типов станков можно найти и в справочной литературе.

Хронометрирование и расчёты элементов штучно-калькуляционного времени $T_{шк}$ позволяют вычислить его полное значение по формуле (8.1).

Выбор типа станка для обработки заготовки на основе расчёта штучно-калькуляционного времени

Токарно-револьверные станки относят к группе токарных станков (см. приложение 1), которая включает одно- и многошпиндельные токарные

автоматы и полуавтоматы, токарные, токарно-винторезные, токарно-револьверные, токарно-карусельные, сверлильно-отрезные, специальные и специализированные токарные станки. Общим признаком для всех станков токарной группы является единый тип главного движения резания — вращательное движение шпинделя станка с заготовкой.

При столь широком спектре станков токарной группы на большинстве из них выполняют аналогичные виды работ: точение цилиндрических, конических, фасонных поверхностей, подрезание торцов и уступов, разрезание, растачивание отверстий и др. (см. работу 1). Это обстоятельство определяет необходимость выбора технологом для изготовления конкретной детали того станка токарной группы, который позволил бы при равных параметрах мощности осуществить обработку партии заготовок с заданными конструктивными характеристиками и точностью в минимальное время и с оптимальными затратами машинного и ручного труда.

В решении этой задачи используют следующие общие правила выбора типа станка из группы токарных станков. В условиях единичного и мелкосерийного производств на рабочих местах используют универсальные станки, универсальную или унифицированную технологическую оснастку (приспособления, режущий инструмент, измерительные средства). В этих же условиях применяют и станки с числовым программным управлением (ЧПУ), которые обеспечивают возможность быстрой переналадки его рабочим - наладчиком с одного вида изготавливаемого изделия на другое или автоматическую переналадку по командам управляющей ЭВМ.

Среднесерийное и крупносерийное производства характеризуются значительным большим числом изготавливаемых в партии деталей, ограниченной их номенклатурой и соответственно большим временем загрузки конкретного типа оборудования изготовлением деталей всей партии. В данных условиях применяют специализированные и агрегатные металлорежущие станки, оснащённые как универсальными, так и переналаживаемыми приспособлениями. При переходе на изготовление других по конструкции деталей в условиях среднесерийного и крупносерийного типов производств требуется наладка технологического оборудования, а потому и значительные затраты подготовительно-заключительного времени $T_{пз}$.

При этом за счёт «передачи» станку выполнения ряда вспомогательных действий рабочего, обязательных при работе на универсальном оборудовании, сокращается вспомогательная составляющая $T_{всп}$ штучно-калькуляционного времени $T_{шк}$.

Для массового производства характерно выполнение одной и той же операции (изготовление детали) на одном рабочем месте непрерывно в течение длительного времени. В этих условиях целесообразно использовать высокопроизводительные агрегатные станки, многошпиндельные автоматы и полуавтоматы, автоматические линии и специальные станки.

Более точно выбор станка осуществляют на основе определения соотношения производительных и непроизводительных затрат времени при эксплуатации сравниваемых станков. Долю непроизводительных затрат времени $k_{нз}$ (%) вычисляют по формуле

$$k_{нз} = \frac{T_{шк} - T_o}{T_{шк}} \cdot 100. \quad (8.9)$$

Средние значения составляющих непроизводительных затрат времени $T_{всп}$ и $T_{нз}$ для отдельных видов работ и типов станков имеются в справочной литературе по нормированию операций обработки резанием. Для использования формулы (8.9) для выполнения индивидуальных заданий по лабораторной работе далее приводятся установленные на основе таких справочников усреднённые сведения по составу и методике определения видов затрат для токарно-винторезных станков и станков-автоматов.

Составляющие полной трудоёмкости при обработке заготовок на токарно-винторезных станках в мелкосерийном производстве имеют в среднем следующие значения: $T_{всп} = 2,5T_o$, $T_{обс} = 0,03(T_o + T_{всп})$, $T_{омд} = 0,05(T_o + T_{всп})$, $T_{нз} = 15T_o$. По статистическим данным непроизводительные затраты времени на токарно-револьверных станках ($T_{всп}$, $T_{нз}$) имеют меньшую долю от штучно-калькуляционного времени по сравнению с токарно-винторезными станками.

Долевое участие затрат времени в штучно-калькуляционном времени для крупносерийного и массового типов производств для станков автоматов и полуавтоматов имеет ещё более значимые отличия. Для станков разной степени автоматизации соотношения элементов производительных

и непроизводительных затрат разные. Для токарно-револьверного автомата модели 1A118, используемого в лабораторных работах, эти значения можно принять следующими: $T_{всп} = 0,3T_0$, $T_{обс} = 0,05T_0$, $T_{нз} = 240$ минут.

Приведённые ранее формулы и дополнительные справочные данные позволяют на основе расчёта значения коэффициента непроизводительных затрат определить для заданной партии заготовок тот тип токарного станка, который обеспечивает минимальное значение коэффициента $k_{нз}$.

Содержание работы

Работа включает: изучение токарно-револьверного станка модели 1341, его назначения, устройства и основ наладки, методики расчёта трудоёмкости обработки заготовки на станке; хронометрирование работ по наладке станка; расчёт $T_{шк}$ по индивидуальному заданию, определение коэффициента непроизводительных затрат времени на различных станках токарной группы при изготовлении партии деталей и подготовку отчёта.

Последовательность выполнения работы

1. Изучите устройство и назначение токарно-револьверного станка модели 1341.
2. Проследите за изготовлением учебным мастером детали на данном станке, рассмотрите последовательность работы основных узлов и механизмов станка. Разберите под руководством преподавателя действия рабочего по наладке станка на изготовление партии деталей.
3. Проведите с помощью учебного мастера хронометрирование работ по наладке токарно-револьверного станка и заполните полученными данными таблицу 8.1.

Таблица 8.1

Результаты хронометрирования элементов штучно-калькуляционного времени

Режущий инструмент	Элементы затраты времени на обработку, мин						
	τ_1	τ_2	τ_3	τ_4	τ_5	τ_6^*	τ_φ
Резец							
Сверло, зенкер							

Примечание. *Затраты времени на установку зажимного приспособления на шпинделе τ_6 имеют место при первоначальной наладке станка на обработку новой партии заготовок. Из-за трудностей воспроизведения замены приспособления во время лабораторной работы условимся считать, что $\tau_6 = 0,3 \tau_7$.

Подготовительно-заключительное время для выполнения операции на токарно-револьверном станке при $\tau_8 = 0,4 \tau_7$ определится по формуле:

$$T_{нз} = \tau_6 + \tau_7 + \tau_8 = 1,7 \tau_7. \quad (8.10)$$

4. Получите индивидуальное задание по выполнению расчёта штучно-калькуляционного времени и коэффициента непроизводительных затрат $k_{нз}$ при изготовлении заданной чертежом детали (таблица 8.3).

5. По данным индивидуального задания и результатам хронометрирования произведите расчёты всех составляющих штучно-калькуляционного времени на обработку заготовок на токарно-револьверном станке модели 1341 при размерах партии заготовок $N = 5, 20, 50, 100, 200, 2000$ штук по формулам (8.2) – (8.8). Заполните таблицу 8.2.

Таблица 8.2

Сводные данные для расчета трудоёмкости изготовления детали

Партия, N , штуки	Составляющие штучно-калькуляционного времени, мин						$T_{штк}$, мин	$k_{нз}$, %
	T_0	$T_{всп}$	$T_{отд}$	$T_{обс}$	$T_{шт}$	$T_{нз}/N$		
5								
20								
50								
100								
200								
2000								

6. Произведите расчёты штучно-калькуляционного времени $T_{штк}$ по формуле (8.1) и определите долю непроизводительных затрат времени $k_{нз}$ для представленной в таблице 8.3 технологической операции при разных партиях изготавливаемых деталей по формуле (8.9). Данные занесите в таблицу 8.2.

7. Постройте график зависимости $k_{нз} = f(N)$ и опишите характер полученной закономерности.

Таблица 8.3

Индивидуальные задания

Но- мер зада- ния	Партия, шт/год	Технологический эскиз	Номера техноло- гических перехо- дов, <i>i</i>	Содержание переходов, режущий инструмент	Режим обработки	
					<i>v</i> , м/мин	<i>S_o</i> , мм/об
1	1000		1	Подрезать торец 1; проходной отогнутый резец.	60	0,20
2	150		2	Точить поверхность 4; проходной отогнутый резец.	60	0,12
3	1800		3	Точить поверхность 2; проходной упорный резец.	60	0,12
4	25		4	Точить канавку 3; канавочный (отрезной) резец.	40	0,06
5			5	Отрезать деталь; отрезной резец.	25	0,06

Продолжение табл. 8.3

Но- мер зада- ния	Партия, шт/год	Технологический эскиз	Номера техноло- гических перехо- дов, <i>i</i>	Содержание переходов, режущий инструмент	Режим обработки	
					<i>v</i> , м/мин	<i>S</i> ₀ , мм/об
5	10		1	Подрезать торец 1; подрезной резец.	45	0,15
6	50		2	Точить поверхность 4; про- ходной отогнутый резец.	60	0,2
7	1500		3	Сверлить отверстие 3, спиральное сверло $\phi 18$.	20	0,2
8	200		4	Точить поверхность 2; проходной упорный резец.	60	0,1
			5	Отрезать деталь; отрезной резец.	15	0,06

Продолжение табл. 8.3

Номер задания	Партия, шт/год	Технологический эскиз	Номера технологических переходов, i	Содержание переходов, режущий инструмент	Режим обработки	
					v , м/мин	S_o , мм/об
9	300		1	Подрезать торец 1; подрезной резец.	30	0,15
			2	Точить поверхность 5; про- ходной отогнутый резец.	50	0,12
10	1500		3	Точить поверхность 2; проходной упорный резец.	50	0,12
			4	Сверлить отверстие 4; спиральное сверло $\phi 15$.	15	0,12
			5	Зенковать отверстие 3; зенковка $\phi 20$.	20	0,2
11	6		6	Точить фаску $1 \times 45^\circ$; проходной резец.	60	0,2
			7	Точить канавку шириной 3 мм; канавочный резец.	30	0,06
12	50		8	Отрезать деталь; отрезной резец.	20	0,06

Но- мер зада- ния	Пар- тия, шт/год	Технологический эскиз	Номера техноло- гических перехо- дов, <i>i</i>	Содержание переходов, режущий инструмент	Режим обработки	
					<i>v</i> , м/мин	<i>S</i> _о , мм/об
13	1300		1	Подрезать торец 1; проходной отогнутый резец.	40	0,12
			2	Точить поверхность 6, проходной отогнутый резец.	40	0,2
14	10		3	Сверлить отверстие 4; сверло $\phi 14,7$.	15	0,2
			4	Зенкеровать поверхность 4; зенкер.	20	0,12
15	100		5	Точить поверхность 2; проходной упорный резец.	60	0,12
			6	Точить канавку 5; канавочный (отрезной) резец.	40	0,06
16	250		7	Точить конус 3; фасонный (широкий) резец.	40	0,06
			8	Отрезать деталь; отрезной резец.	25	0,06

Примечания. 1. Заготовками для всех вариантов заданий являются прутки диаметром 40 мм.

2. Для операции, выполняемой на токарно-револьверном станке, ряд указанных в заданиях переходов по решению преподавателя могут быть объединены в сложные многоинструментные переходы.

8. Рассчитайте для указанной в индивидуальном задании партии заготовок значения составляющих штучно-калькуляционного времени при обработке заготовок на токарно-винторезном, токарно-револьверном станках и токарно-револьверном автомате по данным, приведённым в разделе «Выбор типа токарного станка для обработки заготовки на основе расчёта штучно-калькуляционного времени», определите $T_{шк}$ и заполните таблицу 8.4.

Для некоторого упрощения расчётов примите единую для всех рассматриваемых типов станков структуру технологической операции, представленную в виде технологических переходов в таблице 8.3.

Таблица 8.4

Сводные данные по значениям элементов штучно-калькуляционного времени для выбора типа станка ($N = \underline{\hspace{1cm}}$ шт)

Модель станка	Составляющие штучно-калькуляционного времени, мин						$T_{шк}$, мин
	T_o	$T_{всп}$	$T_{отд}$	$T_{обс}$	$T_{шт}$	$T_{нз}/N$	
16К20							
1341							
Токарно-револьверный автомат							

9. Определите долю непроизводительных затрат времени $k_{нз}$ для данной технологической операции, выполненной на станках различных типов, заполните таблицу 8.5.

Таблица 8.5

Значения коэффициента непроизводительных затрат

Модель станка	16К20	1341	Токарно-револьверный автомат
$k_{нз}$, %			

10. Выберите для индивидуального задания в качестве рекомендуемого тот тип станка токарной группы, который обеспечивает минимум непроизводительных затрат при изготовлении детали заданной партии.

Содержание отчёта

1. Наименование работы.
2. Номер, формулировка и исходные данные индивидуального задания.

Индивидуальное задание: «Провести хронометрирование работ, выполняемых при наладке токарно-револьверного станка модели 1341, рассчитать штучно-калькуляционное время на изготовление детали «_____», определить коэффициенты непроизводительных затрат для изготовления партии заготовок на станках токарной группы и выбрать тип станка, обеспечивающий минимальное значение коэффициента непроизводительных затрат».

3. Технологический эскиз операции (по форме эскиза таблицы 8.3).

4. Данные хронометрирования работ при наладке станка модели 1341 (по форме таблицы 8.1).

5. Последовательность переходов технологической операции (по данным таблицы 8.3).

6. Расчёты штучно-калькуляционного времени и коэффициента непроизводительных затрат для указанных партий заготовок на токарно-револьверном станке (по формулам (8.1) – (8.9)).

6.1. Сводная таблица затрат времени на обработку партий заготовок (по форме таблицы 8.2).

6.2. Расчёт штучно-калькуляционного времени при обработке для каждой из партий заготовок и доли непроизводительных затрат $k_{нз}$ (по форме таблицы 8.2).

6.3. График зависимости $k_{нз} = f(N)$.

7. Расчёт штучно-калькуляционного времени и коэффициента непроизводительных затрат при изготовлении партии деталей по индивидуальному заданию на станках токарной группы (таблица 8.4).

8. Выбор станка токарной группы для изготовления заданной партии деталей.

9. НАЗНАЧЕНИЕ И УСТРОЙСТВО ТОКАРНО-РЕВОЛЬВЕРНОГО АВТОМАТА

Цель работы: знания назначения и устройства токарно-револьверного автомата модели 1A118, его кинематической схемы, особенностей наладки станка и последовательности работы его механизмов; умения описать устройство станка и кулачковую систему управления его работой, читать кинематическую схему и разрабатывать последовательность работы узлов автомата при изготовлении конкретной детали.

Общие сведения

Токарно-револьверный автомат модели 1A118 предназначен для изготовления деталей из прутков круглого, квадратного и шестигранного профилей. Закрепление прутков осуществляют на станке с помощью цангового устройства.

На токарно-револьверном автомате можно изготавливать детали диаметром до 18 мм и длиной до 50 мм из стали, бронзы, латуни и других материалов. Станок позволяет выполнять все виды обработки на поверхностях вращения. При этом нарезание наружной и внутренней резьбы может осуществляться только плашками и метчиками.

Применяют токарно-револьверный автомат в условиях крупносерийного и массового типов производств. Станок работает по замкнутому технологическому циклу, обеспечивая безлюдную технологию обработки и автоматический переход к изготовлению следующей детали после завершения обработки предыдущей. Автоматическое управление работой станка в целом и его узлов обеспечивается настройкой кулачков, расположенных на управляющих валах станка.

Устройство токарно-револьверного автомата модели 1A118

Основными узлами и частями станка являются (рис. 9.1) основание 1, станина 12, шпиндельная бабка 4, шпиндель 7, передний 5 и задний 8 поперечные суппорты, вертикальный суппорт 6, револьверный суппорт 10, шестипозиционная револьверная головка 9, главный распределительный вал XII, вспомогательный управляющий вал VIII, электродвигатель 2. Внутри основания 1 размещены коробка скоростей, бак для смазочно-охлаждающей жидкости и электрошкаф.

На шпиндельной бабке 4 справа закреплён кронштейн с направляющими для вертикально перемещающегося суппорта 6. На суппорте устанавливают, как правило, отрезной резец, работающий с движением вертикальной подачи. Слева от шпиндельной бабки размещён кронштейн с механизмом перемещения прутка 3. Сам пруток располагают и закрепляют внутри шпинделя с помощью цангового патрона. Шпинделю вместе с прутком сообщают от коробки скоростей вращение, являющееся при работе главным движением резания.

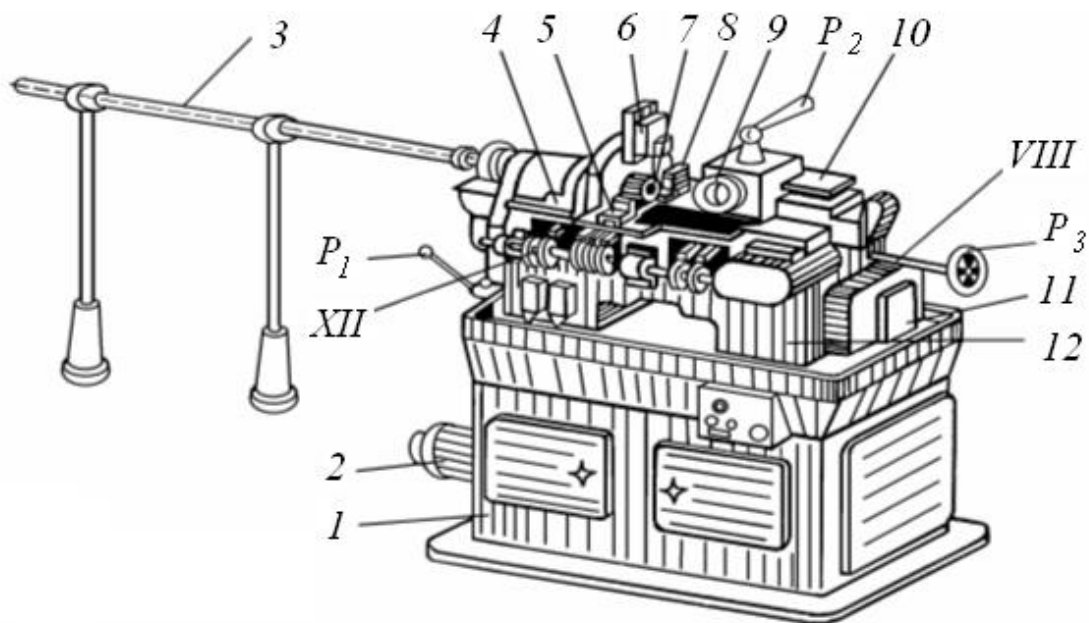


Рис. 9.1. Токарно-револьверный автомат модели 1A118

На суппортах 5 и 8 закрепляют режущие инструменты, работающие с движением поперечной подачи: фасонные круглые и призматические, канавочные и отрезные резцы, резцы для обработки коротких конических поверхностей, накатники и др. Инструменты, требующие при резании движения продольной подачи, устанавливают в гнезда шестипозиционной револьверной головки 9. Головка снабжена приводом автоматического поворота, обеспечивающим смену режущего инструмента, и механизмом её фиксации в положениях, обеспечивающих рабочие позиции для каждого закрепляемого в головке инструмента. Для вывода фиксатора из револьверной головки при наладке автомата с целью ручного её поворота используют рукоятку P_2 .

В одном из гнезд револьверной головки размещён механизм обгона и быстрого сверления. Его шпиндель, в котором крепят метчики, плашки и свёрла, имеет привод вращения. Механизм обгона используют при сверлении отверстий малых диаметров и для свинчивания резьбонарезного инструмента с нарезанной резьбы. В случае применения этого механизма для сверления отверстий диаметром менее 5 мм инструменту (сверлу) придаётся вращение в направлении обратном вращению заготовки. Это повышает скорость главного движения резания и производительность обработки. Для свинчивания резьбонарезного инструмента шпиндель механизма обгона

получает вращение в том же направлении, что и заготовка, но с большей частотой вращения.

Автоматическое управление последовательностью и режимами работы механизмов станка осуществляется от установленных на главном распределительном валу *XII* (рис. 9.1 и 9.2) кулачков *K₅*, *K₆* и *K₇* и переналаживаемых упоров на дисках *K₄*, *K₈* и *K₉*. Кулачки *K₅*, *K₆* и *K₇* через системы рычагов обеспечивают движения подачи соответственно вертикального, переднего и заднего суппортов. Установленный на валу *XI* кулачок *K₁₀* (рис. 9.2) управляет перемещениями револьверного суппорта.

Работа механизмов перемещения и закрепления прутка, поворота револьверной головки, включения вращения шпинделя механизма обгона и быстрого сверления осуществляется от быстроходного вспомогательного управляющего вала *VIII* (см. рис. 9.1 и 9.2) путем включения или выключения расположенных на нём муфт сцепления *M₂*, *M₃* и *M₄*. Управление включением муфт производится через систему рычагов от переналаживаемых упоров на дисках *K₄*, *K₈* и *K₉* главного распределительного вала *XII*.

Производительность автомата определяется частотой вращения главного распределительного вала *XII*. За один его оборот изготавливается одна деталь. Частоту вращения этого вала регулируют с помощью подбора зубчатых колёс гитары сменных зубчатых колёс *II* (см. рис. 9.1). Гитара располагается с правой стороны станины станка. Она связывает главный распределительный вал *XII* со вспомогательным управляющим валом *VIII*, размещённым сзади станины. Включение и выключение вспомогательного управляющего вала *VIII*, а вместе с ним и системы автоматического управления станком производят с помощью рукоятки *P₁*. При наладке станка вспомогательный управляющий вал *VIII* поворачивают вручную с помощью закреплённого на нём маховика *P₃*.

Кинематическая схема станка и устройство основных его механизмов²

Токарно-револьверный автомат 1A118 имеет электромеханический привод, состоящий из источника движения — электродвигателя *M*

² Условные обозначения на кинематической схеме соответствуют ГОСТ 2770–68 «Обозначения условные графические в кинематических схемах. Элементы кинематики» (приложение 2).

Для передачи исполнительным механизмам движений и согласования параметров этих движений в станке-автомате предусмотрены соответствующие кинематические цепи, состоящие из последовательно соединённых механизмов, в том числе различных типов передач. Проставленные у элементов передач цифры, обозначают: для зубчатой передачи — числа зубьев колёс, для червячной передачи — число заходов червяка (k) и число зубьев червячного колеса, для ременной передачи — диаметры шкивов, для цепной передачи — числа зубьев звёздочек. Числа зубьев сменных зубчатых колёс обозначены на схеме строчными буквами (без индексов и с индексами) a, b, a_1, b_1, c_1, d_1 и др.

Кинематическая цепь вращения шпинделя включает электродвигатель M и механизмы передачи движения от электродвигателя к шпинделю станка ($ШП$). Она предназначена для сообщения заготовке вращения, являющегося при обработке главным движением резания. Формула кинематической связи механизмов этой цепи может быть представлена в следующем виде:

$$M - I \begin{array}{l} \nearrow 22/60 - II - 27/55 \searrow \text{(механизм перебора)} \\ \hline \rightarrow M_5 - III - a/b - IV - 38/42 - V - \\ \leftarrow 157/110 \leftarrow \text{шпиндель (ШП)}. \end{array}$$

В автоматическом режиме работы при установленных на станке сменных зубчатых колёсах a и b с конкретными числами зубьев шпиндель станка может иметь одну из двух частот вращения. Переключение вращения шпинделя с одной частоты на другую происходит от упоров диска K_3 , расположенного на валу XII . Упоры в заданный технологическим процессом момент времени воздействуют на конечные выключатели «Е» и включают один из электромагнитов «А» или «В», управляющих работой фрикционной муфты M_5 . При включении муфты M_5 влево вращение от электродвигателя поступает на вал I и через муфту M_5 на вал III с неподвижно закреплённым на нём сменным зубчатым колесом a .

При включении муфты M_5 вправо в кинематическую цепь вводится механизм перебора, состоящий из двух пар зубчатых колёс $22/60$ и $27/55$. Вращение на вал III и зубчатую передачу a/b поступает от вала I через эти зубчатые передачи. Частота вращения шпинделя в случае включения механизма перебора уменьшается в 5,55 раза. Сменные зубчатые колёса a и b гитары скоростей, прилагаемые к станку, дают возможность изменять передаточное отношение зубчатой пары между валами III и IV и получать

восемь различных передаточных отношений. Это обеспечивает (с учётом возможности включения механизма перебора) 16 различных частот вращения шпинделя в диапазоне от 151 до 3895 об/мин.

Кинематические цепи подачи поперечных, вертикального и продольного суппортов (рис. 9.3) представляют собой кулачковые механизмы, преобразующие вращения дисковых кулачков в возвратно-поступательные движения соответствующих суппортов.

Движения поперечных (переднего и заднего) суппортов осуществляются от кулачков K_6 и K_7 (см. рис. 9.2). Схема работы механизма подачи переднего суппорта представлена на рис. 9.3, *a*. Возврат суппорта и силовой контакт нижнего ролика рычага P с кулачком осуществляется пружинной Π . Фасонная поверхность кулачка является своеобразной «записью» программы работы суппорта.

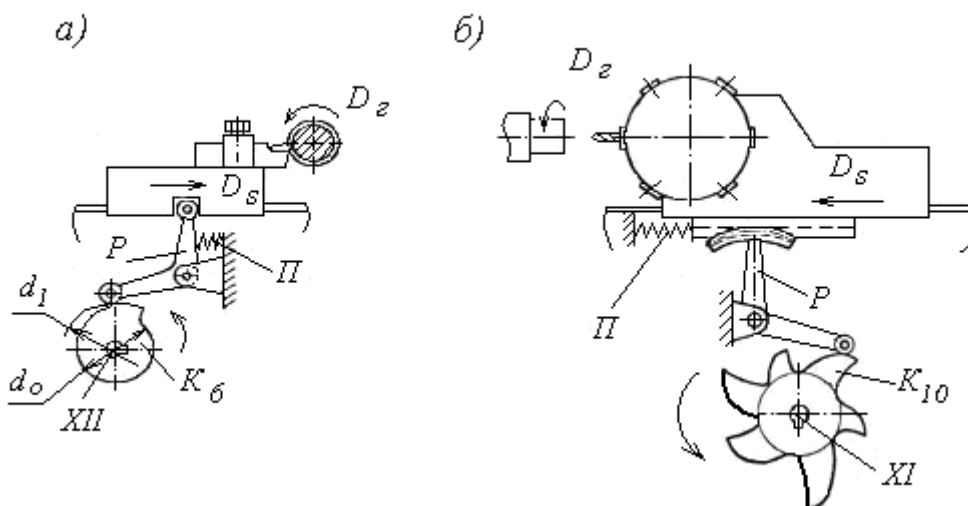


Рис. 9.3. Механизмы перемещений переднего (*a*) и револьверного (*б*) суппортов

При скольжении ролика по цилиндрическому участку кулачка диаметром d_0 суппорт остаётся неподвижным. Разность $(d_1 - d_0)/2$ восходящего участка определяет длину хода суппорта в направлении движения подачи D_s . Угол подъёма этого же участка определяет скорость движения подачи v_s . Отвод суппорта происходит при движении ролика по нисходящему участку кулачка. По такой же схеме работает и задний суппорт станка. Каждый поперечный суппорт один раз за цикл обработки подводится к заготовке. Поэтому кулачки K_6 и K_7 (см. рис. 9.2), управляющие поперечными суппортами, имеют по одному выступу.

Управление работой верхнего суппорта осуществляется аналогичным способом от кулачка K_5 .

Управляющий кулачок K_{10} револьверного суппорта может иметь до шести выступов (в соответствии с числом гнезд револьверной головки), занятых режущими инструментами (рис. 9.3, б). Разные скорости подач и пути перемещений для каждого из инструментов револьверной головки определяются формой соответствующих выступов кулачка K_{10} .

Определённая очерёдность вступления в работу суппортов обуславливается угловым расположением кулачков K_5, K_6, K_7, K_{10} на валах XII и XI друг относительно друга.

Кинематические цепи вращения вспомогательного управляющего и главного распределительного валов. Формула кинематических связей механизмов цепи привода вспомогательного управляющего вала $VIII$ записывается в следующем виде:

$$M - I - 22/60 - II - 33/51 - VI - 107/160 - VII - 34/50 - M_1 - VIII.$$

При включённом электродвигателе M вращение через ряд передач поступает на свободно сидящее на вспомогательном управляющем валу $VIII$ колесо 50. На вал $VIII$ вращение с этого колеса передаётся при включении рукояткой P_1 кулачковой муфты M_1 . Из формулы кинематических связей следует, что вспомогательный управляющий вал имеет постоянную частоту вращения, равную 150 об/мин.

Согласование частот вращения главного распределительного XII и вспомогательного управляющего $VIII$ валов осуществляют по приведённой ниже формуле их кинематических связей:

$$VIII - 45/67 - IX - a_1/b_1 - c_1/d_1 - X - 2/40 - XI - 38/38 - XII.$$

Гитару сменных зубчатых колёс в этой цепи, включающую две последовательно расположенные пары зубчатых колёс (a_1/b_1 и c_1/d_1), используют для настройки частоты вращения главного распределительного вала XII , определяемую длительностью автоматического цикла изготовления детали.

Включение вращения главного распределительного вала XII происходит одновременно с включением вспомогательного вала рукояткой P_1 .

Передаточное отношение гитары сменных зубчатых колёс $i_2 = \frac{a_1}{b_1} \cdot \frac{c_1}{d_1}$

при наладке станка находят из уравнения кинематического баланса цепи, приведённого далее в виде следующей формулы:

$$n_{зрв} = n_{врв} \cdot \frac{45}{67} \cdot i_2 \cdot \frac{2}{40},$$

где $n_{зрв}$ — частота вращения главного распределительного вала XII, об/мин; $n_{врв}$ — частота вращения вспомогательного распределительного вала VIII, об/мин.

Из формулы следует, что

$$i_2 = \frac{n_{зрв}}{n_{врв}} \cdot \frac{67}{45} \cdot \frac{40}{2}.$$

Входящую в данную формулу частоту вращения вспомогательного распределительного вала $n_{врв}$ (об/мин) определяют из уравнения кинематического баланса цепи вращения вспомогательного распределительного вала:

$$n_{врв} = 1420 \cdot \frac{22}{60} \cdot \frac{33}{51} \cdot \frac{107}{160} \cdot \frac{34}{50}.$$

Частоту вращения главного распределительного вала $n_{зрв}$ (об/мин) принимают равной $n_{зрв} = 1/T_u$, где T_u — период автоматического цикла станка, соответствующий расчётному времени изготовления одной детали, мин.

Кинематическая цепь перемещения и закрепления прутка. Данная кинематическая цепь предназначена для выдвижения прутковой заготовки через отверстие в шпинделе на заданную длину с последующим закреплением выдвинутого прутка. Реализация этих перемещений обеспечивается автоматической работой подающей и зажимной цанг.

Зажимная цанга служит для закрепления заготовки — прутка в период его обработки и раскрепления прутка после отрезания изготовленной детали для перемещения прутка в рабочую позицию с последующим изготовлением очередной детали. Перемещение прутка в новую позицию осуществляет подающая цанга.

Формула кинематических связей механизмов цепи имеет следующий вид:

$$VIII - M_3 - 42/42 - XIII \begin{cases} / & K_1 - \text{подающая цанга,} \\ \backslash & K_2 - \text{зажимная цанга.} \end{cases}$$

Включение цепи осуществляется автоматически упором на барабане K_8 (см. рис. 9.2) через однооборотную кулачковую муфту M_3 , расположенную на валу $VIII$. Муфта M_3 называется однооборотной, поскольку соединяет зубчатое колесо 42 с постоянно вращающимся валом $VIII$ только на время одного оборота вала. В течение этого оборота через передачу 42–42 происходит один оборот вала $XIII$ с кулачками K_1 и K_2 , управляющими соответственно подающей 1 и зажимной 2 цангами (рис. 9.4).

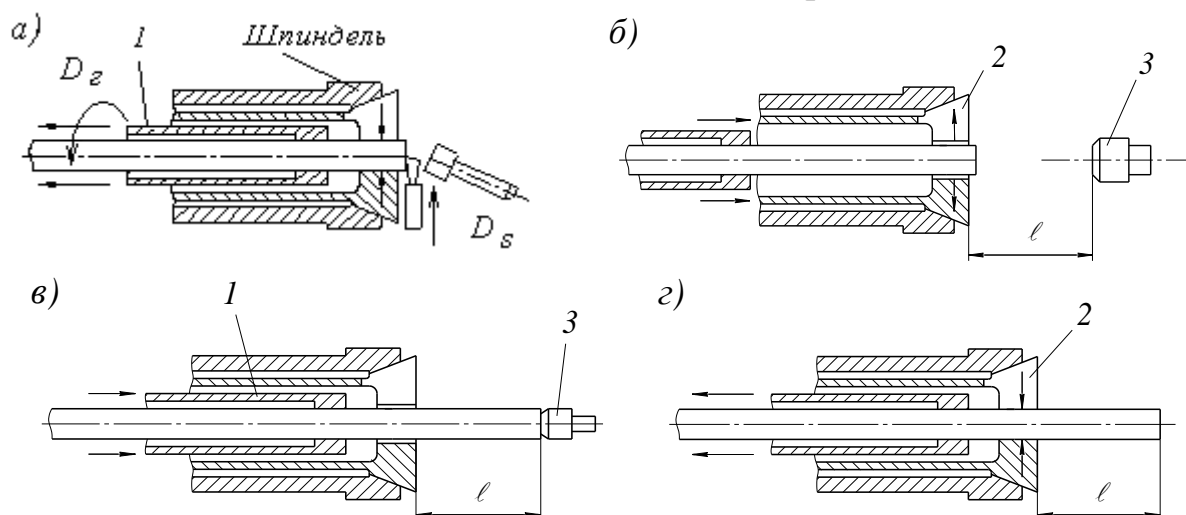


Рис. 9.4. Этапы работы механизма подачи и зажима прутка

Преобразование вращения вала $XIII$ в поступательное перемещение подающей и зажимной цанг происходит с помощью цилиндрических кулачковых механизмов K_1 и K_2 , на которых программы движений соответствующих цанг и согласование их действия во времени заданы формой (наклоном) канавок на цилиндрической поверхности кулачков. За время одного оборота вала $XIII$ последовательно происходит:

— отвод подающей цанги 1 влево во время отрезки готовой детали. Цанга 1 скользит по прутку, так как зажимная цанга 2 сжатыми лепестками удерживает пруток в неизменном положении (рис. 9.4, а);

— остановка вращения шпинделя;

— раскрепление зажимной цанги при её движении вправо одновременно с подводом револьверного суппорта с упором 3 в револьверной головке на расстояние l от торца цанги (рис. 9.4, б);

— движение подающей цанги 2 вместе с прутком вправо до касания прутком упора 3 (рис. 9.4, в);

— закрепление прутка зажимной цангой 2 при её движении влево (рис. 9.4, г);

— включение вращения шпинделя.

Кинематическая цепь вращения шпинделя механизма обгона и быстрого сверления начинается от вспомогательного распределительного вала VIII и заканчивается инструментальным шпинделем XIX, расположенным в одном из гнезд револьверной головки. В это гнездо устанавливают сверло, метчик или плашку.

Включение кинематической цепи обгона и быстрого сверления происходит с помощью рычага от переналаживаемого упора на диске K_4 , расположенного на главном распределительном валу XII. Рычаг включает однооборотную кулачковую муфту M_2 в тот момент, когда в рабочей позиции находится гнездо револьверной головки, несущее инструментальный шпиндель со сверлом или метчиком (плашкой). Муфта M_2 соединяет вращающийся вспомогательный распределительный вал VIII со звёздочкой 18 цепной передачи 18/11 на время одного оборота вала VIII. Вращение через цепную передачу поступает на вал XVI, а далее через систему механизмов на шпиндель механизма обгона и быстрого сверления XIX. Частота вращения шпинделя имеет постоянное значение ($n = 700$ об/мин).

Ниже приведена формула кинематических связей этой цепи:

VIII – M_2 – 18/11 – XVI – 43/30 – XVII – 21/15 – XX – 17/12 – XIX (инструментальный шпиндель).

Кинематические цепи продольного перемещения револьверного суппорта и поворота револьверной головки. За период автоматического цикла работы станка (время изготовления одной детали) револьверный суппорт может совершать до шести циклов движений. Каждый цикл включает: быстрый подвод суппорта к заготовке, движение продольной подачи суппорта (рабочий ход), быстрый отвод, поворот револьверной головки на 1/6 оборота и фиксацию её в этой позиции. Все эти движения во времени протекают в последовательности, определяемой конструкциями механизмов поворота револьверной головки и продольных перемещений револьверного суппорта, а также особенностями работы их приводов. Схема работы механизма продольных перемещений револьверного суппорта и устройство механизма поворота револьверной головки представлены на рисунках 9.3, б и 9.5.

Кинематическая цепь поворота револьверной головки I обеспечивает перемещение на рабочую позицию режущих инструментов, устанавливаемых с помощью державок в гнёзда (отверстия) револьверной головки, в заданной технологическим процессом последовательности. Срабатывание

цепи и поворот револьверной головки на $1/6$ часть окружности происходят после каждого отвода револьверного суппорта в исходное положение по командам упоров на барабане K_9 главного распределительного вала XII , включающих рычагом однооборотную муфту M_4 (см. рис. 9.2).

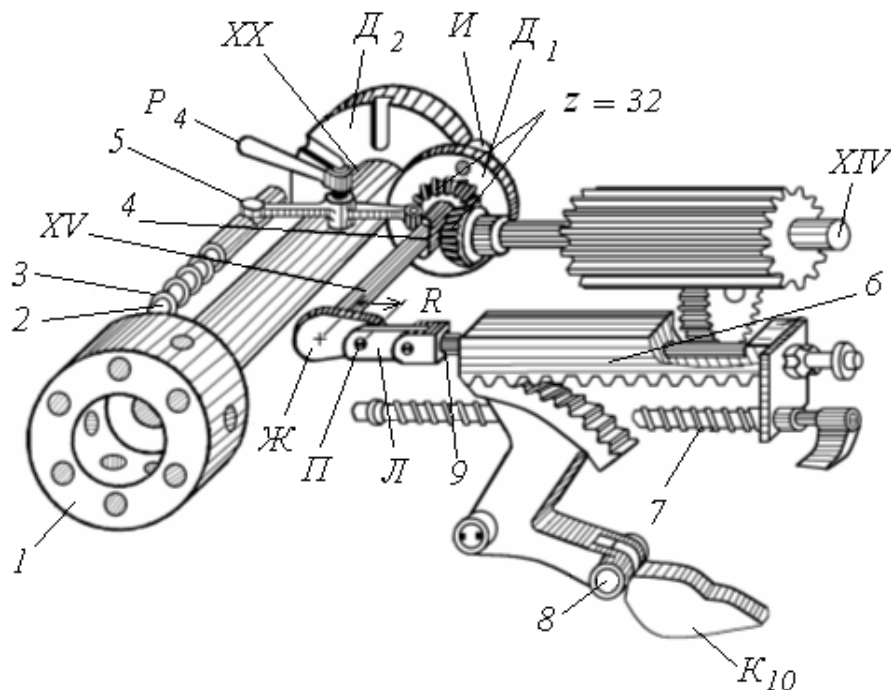


Рис. 9.5. Механизмы револьверной головки

При включении муфты M_4 вращение от вспомогательного управляющего вала $VIII$ через эту муфту поступает на зубчатое колесо 32, которое через зубчатые колёса 66/32 и 32/32 сообщает один оборот кривошипному валу XV (рис. 9.5). За первую половину оборота валика суппорт (при неподвижной рейке $б$) отойдет вправо на расстояние, равное удвоенному радиусу R , определяющему положение кривошипного пальца $П$ на эксцентрик $Ж$.

Одновременно торцовый кулачок 4 , действуя на двуплечий рычаг 5 , выводит фиксатор 2 из отверстия револьверной головки 1 . После этого палец $И$ диска D_1 входит в один из шести пазов диска D_2 и поворачивает револьверную головку на 60 градусов. Палец двуплечего рычага 5 , перемещаясь по кривой спада торцового кулачка 4 , освобождает фиксатор 2 , который под действием пружины 3 фиксирует револьверную головку на новой позиции. Кривошипный валик XV , продолжая вращаться, за время второй половины оборота переводит кривошип $Ж$ в крайнее правое положение, подготавливая выполнение следующего перехода.

Движение продольной подачи револьверный суппорт получает от кулачка K_{10} , расположенного на валу XI , по следующей кинематической цепи (см. рис. 9.2):

$VIII - 45/67 - IX - a_1/b_1 - c_1/d_1 - X - 2/40 - XI - K_{10} - \text{рычаг } 8 - \text{зубчатый сектор} - \text{рейка} - \text{револьверная головка (РГ)}$.

Во время рабочего хода револьверного суппорта звенья кривошипно-шатунного механизма ($L, П, Ж$) неподвижны и находятся в положении, указанном на рисунке 9.5. Рейка $б$ в этом случае оказывается жёстко связанной с валиком XV и с суппортом. Следовательно, при движении пустотелой рейки $б$ будет перемещаться суппорт с револьверной головкой.

Одновременно будет сжиматься пружина 7 , усилием которой ролик рычага 8 прижимается к кулачку K_{10} . По окончании рабочего хода ролик переходит с кривой рабочего хода кулачка K_{10} на кривую спада, и револьверный суппорт под действием пружины 7 отходит назад на величину спада кривой. После этого отхода включаются кинематические цепи быстрого отвода суппорта, поворота револьверной головки на $1/6$ оборота и быстрого подвода суппорта к начальной позиции, с которой начинается движение продольной подачи от кулачка K_{10} .

Формула кинематических связей этой цепи имеет следующий вид:
 $VIII - 32/66 - 66/32 - XIV - 32/32 - XV - D_1/D_2 - \text{револьверная головка (РГ)}$.

Наладка токарно-револьверного автомата

Наладка станка-автомата с кулачковой системой управления включает следующие действия: установку подающей и зажимной цанг, расстановку кулачков K_5, K_6, K_7 и K_{10} и упоров на дисках K_4, K_8 и K_9 управляющих валов; сборку гитар сменных зубчатых колёс в кинематической цепи вращения шпинделя (гитара колёс a/b на рис. 9.2) и цепи вращения главного распределительного вала (гитара колёс $a_1/b_1 - c_1/d_1$), закрепление режущих инструментов с державками на поперечных и вертикальном суппортах и в револьверной головке, а также их наладку на выполнение заданных размеров, изготовление двух - трех пробных деталей, их контроль на соответствие чертежу и подналадку автомата.

Для проведения наладки токарно-револьверного автомата необходимо выполнить комплекс технологических и конструкторских работ. Эти работы в конечном счете сводятся к разработке токарно-револьверной автоматной операции изготовления детали, расчету профилей управляющих

кулачков и вычислению времени цикла работы станка $T_{ц}$ (изготовление одной детали). С этой целью по чертежу изготавливаемой детали разрабатывают операционно-технологическую карту, в которой дается последовательность обработки с технологическими эскизами по переходам и режущими инструментами, назначаются режимы резания и определяется время обработки по переходам как технологическим, так и вспомогательным, разрабатывается циклограмма работы узлов станка. Пример разработки фрагмента последовательности работы узлов станка на данной операции, необходимый для разработки циклограммы, приведён в таблице 9.1.

Таблица 9.1

План токарно-револьверной автоматной операции (фрагмент)

<p>Эскиз детали (с припусками и напусками на обработку)</p>			
№ п/п	Этапы автоматического цикла	Действующий узел станка	Режущий инструмент
1	Поворот револьверной головки и установка упора в рабочую позицию	Револьверная головка	
2	Подвод	Револьверный суппорт	
3	Перемещение прутка до упора и его закрепление	Механизмы перемещения и закрепления прутка	
4	Быстрый отвод	Револьверный суппорт	
	Подвод	Задний суппорт	
5	Подрезание торца	То же	Подрезной резец
	Поворот	Револьверная головка	
6	Подвод	Револьверный суппорт	

№ п/п	Этапы автоматического цикла	Действующий узел станка	Режущий инструмент
7	Точение $d = 15$ мм	То же	Проходной резец
	Отвод	Задний суппорт	
8	И т. д.		
Завершает автоматический цикл выполнения операции отвод верхнего суппорта после разрезания заготовки отрезным резцом, закреплённым на этом суппорте, с получением готовой детали.			

Эти работы дают возможность перейти к проектированию управляющих кулачков. По окончании проектирования кулачки изготавливают в инструментальном цехе предприятия. Только после готовности кулачков можно приступить к непосредственной наладке автомата.

Содержание работы

Работа включает: изучение устройства и назначения токарно-револьверного автомата модели 1А118 и его узлов, механизмов, знакомства с кинематической схемой, составление последовательности работы узлов станка при изготовлении конкретной детали в соответствии с индивидуальным заданием, оформление этой последовательности в виде технологического документа (плана выполнения операции) и подготовку отчёта.

Порядок проведения работы

1. Изучите назначение и устройство токарно-револьверного автомата модели 1А118.

2. Проследите за изготовлением детали учебным мастером при работе станка в автоматическом режиме, обратите внимание на последовательность работы основных узлов и механизмов станка, опишите эту последовательность преподавателю.

3. Получите индивидуальное задание (таблица 9.2) и разработайте совместно с преподавателем план токарно-револьверной автоматной операции детали по этому заданию.

При разработке плана операции учтите следующие особенности работы токарно-револьверного автомата:

— допустимая ширина лезвия фасонного резца не должна превышать 6 мм;

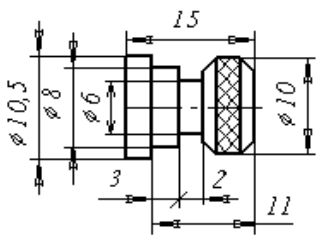
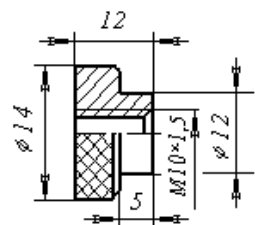
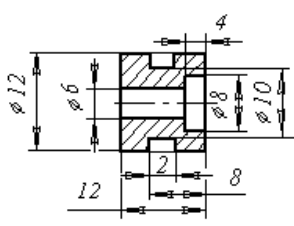
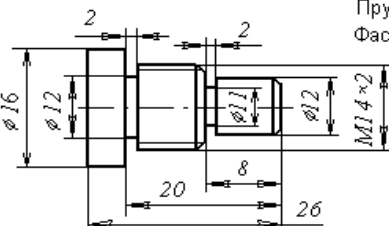
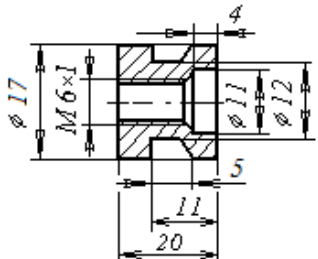
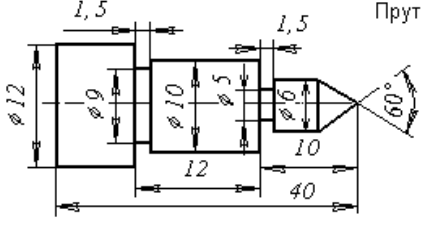
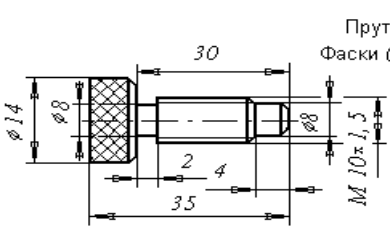
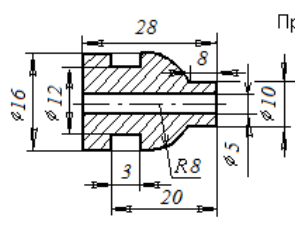
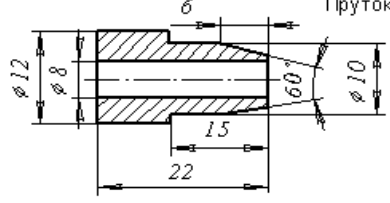
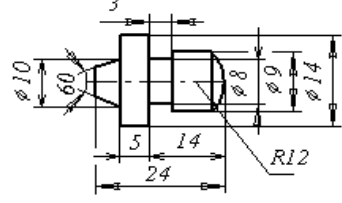
— допустимая глубина резания резцом не может быть более 2 мм;

— изготовление резьбового отверстия выполняют за три перехода: сверление, зенкование фаски, нарезание резьбы метчиком.

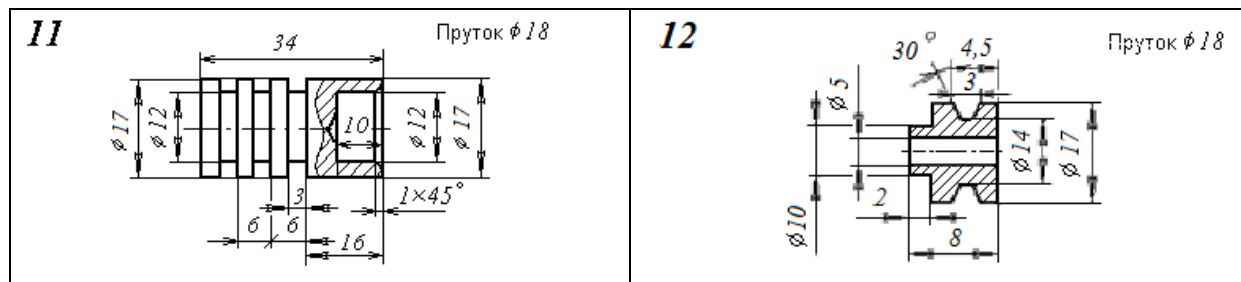
Одновременно реализуемые переходы указывайте в одной позиции (столбец № п/п, таблица 9.1) плана операции.

Таблица 9.2

Индивидуальные задания

<p>1</p>  <p>Пруток $\phi 12$ Фаски $1 \times 45^\circ$</p>	<p>2</p>  <p>Пруток $\phi 16$ Фаски $1 \times 45^\circ$</p>
<p>3</p>  <p>Пруток $\phi 14$</p>	<p>4</p>  <p>Пруток $\phi 18$ Фаски $1 \times 45^\circ$</p>
<p>5</p>  <p>Пруток $\phi 18$ Фаска $1 \times 45^\circ$</p>	<p>6</p>  <p>Пруток $\phi 14$</p>
<p>7</p>  <p>Пруток $\phi 16$ Фаски $0,5 \times 45^\circ$</p>	<p>8</p>  <p>Пруток $\phi 18$</p>
<p>9</p>  <p>Пруток $\phi 14$</p>	<p>10</p>  <p>Пруток $\phi 15$</p>

Индивидуальные задания



Содержание отчёта

1. Наименование работы.
2. Номер, формулировка и исходные данные индивидуального задания (таблица 9.2).
3. Фрагмент кинематической схемы станка, обеспечивающий работу заданного преподавателем механизма (узла); описание его работы: назначение, способ включения, способ изменения скорости движения узла, формула кинематических связей.
4. Эскиз детали и план токарно-револьверной автоматной операции её изготовления (по форме таблицы 9.1).

10. ГИБКИЙ ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ТОКАРНЫЙ МОДУЛЬ НА БАЗЕ СТАНКА С ЧИСЛОВЫМ ПРОГРАММНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ МОДЕЛИ 16A20Ф3

Цель работы: знания назначения и устройства гибкого производственного токарного модуля, основ работы числового программного управления модулем; умения находить составные части модуля, давать характеристику их работы и по заданной траектории движения режущего инструмента при изготовлении детали методом точения определять оперативное время на обработку.

Общие сведения

В решении задач повышения эффективности производства, улучшения качества продукции и условий труда рабочего особая роль отводится комплексной автоматизации производственных процессов. Для единичного

и мелкосерийного производств высшая степень автоматизации достигается в условиях работы гибкого автоматического производства (ГАП). ГАП — производственная единица (линия, участок, цех, завод), функционирующая на основе безлюдной технологии. Работа всех производственных ячеек гибкого автоматического производства координируется многоуровневой системой управления, которая обеспечивает быструю смену технологии изготовления изделия при замене объекта производства.

ГАП имеет в своём составе гибкие производственные модули, представляющие собой производственные комплексы, каждый из которых состоит из технологического оборудования, промышленного робота и ряда других обслуживающих устройств. Гибкий производственный модуль может работать в составе ГАП с централизованным управлением от общей ЭВМ либо автономно — по самостоятельной управляющей программе.

Состав и устройство гибкого токарного модуля

Гибкий токарный модуль, изучаемый в данной работе, является технологическим комплексом, состоящим из отдельных изделий (составных частей): токарного станка 1 с числовым программным управлением модели 16К20Ф3, промышленного робота 5, тактового стола 6, управляющих стоек 2 и 3 (для станка и робота), электрошкафа тактового стола 7 (рис. 10.1). На стойке 3 находится пульт 4 управления движениями робота 5.

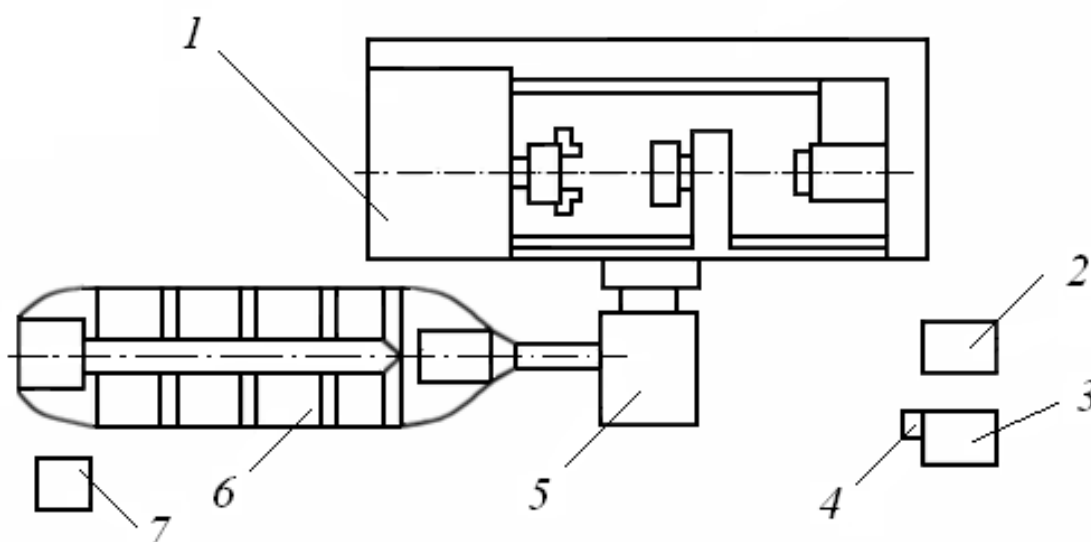


Рис. 10.1. Гибкий производственный токарный модуль

Гибкий токарный модуль на базе станка 16A20Ф3 предназначен для выполнения всех видов токарных работ на штучных заготовках с диаметрами до 250 мм и длинами до 500 мм. Его используют в мелкосерийном и единичном производствах, обеспечивая в этих условиях быструю переналадку с изготовления одного изделия на другое с помощью рабочего-наладчика или по командам управляющей ЭВМ.

Станок 1, робот 5 и тактовый стол 6 гибкого модуля имеют устройства числового программного управления (ЧПУ). Управление технологическим оборудованием с ЧПУ осуществляется от программноносителя, на который в закодированном виде записывают управляющую программу. Программа представляет собой последовательность команд, обеспечивающих выполнение заданного алгоритма функционирования оборудования в целом и отдельных его элементов.

Для обозначения станков с ЧПУ к основному цифровому индексу модели станка добавляется один из следующих индексов: Ф2, Ф3, Ф4, Ф5. Различие в индексе моделей станков характеризует различие систем ЧПУ по типу управления движениями рабочих органов. Индекс Ф2 присваивают станкам с позиционными системами ЧПУ, индекс Ф3 — станкам с контурными системами ЧПУ, индекс Ф4 — многоцелевым станкам с позиционными системами ЧПУ, индекс Ф5 — многоцелевым станкам с контурными системами ЧПУ.

Позиционная система ЧПУ (индекс Ф2) обеспечивает поочерёдное перемещение рабочих органов станка по направляющим из одной позиции в другую согласно заданным в программе координатам позиций. Такие системы применяют главным образом на расточных и сверлильных станках, для которых наиболее характерна работа по схеме: позиционирование рабочего узла (перемещение в заданную позицию) — рабочий цикл.

Контурная система ЧПУ (индекс Ф3) предназначена для одновременного согласованного управления скоростями и направлениями движений по направляющим двух или нескольких рабочих органов станка. Благодаря такому управлению инструмент можно перемещать по криволинейной траектории относительно заготовки, что необходимо при обработке сложных фасонных поверхностей. При этом выдерживается постоянная по контуру скорость движения рабочего органа станка. Контурная скорость есть геометрическая сумма продольной и поперечной подач в каждой точке контура. Контурными системами ЧПУ оснащают в первую очередь

токарные и фрезерные станки. Такая система управления использована на станке 16A20Ф3.

Структурные части гибкого токарного модуля работают согласованно по единой управляющей программе, состоящей из блоков подпрограмм для тактового стола, робота и станка. Каждый блок подпрограммы вступает в действие после сигнала о выполнении своей части программы предыдущим элементом токарного модуля. Модуль выполняет без участия оператора весь автоматический цикл обработки заготовки: перенос её с тактового стола на станок, обработку и возвращение детали на тактовый стол после завершения технологической операции. Далее тактовый стол автоматически подаёт в рабочую зону робота следующую заготовку. Затем цикл повторяется.

Исходной информацией для составления управляющей программы служит операционный эскиз с указанием размеров обрабатываемых поверхностей детали, требуемых показателей их точности и шероховатости. Составлению управляющей программы должна предшествовать разработка технологической операции. Она включает: выбор способа закрепления заготовки, назначение технологических переходов, выбор для каждого из переходов режущего инструмента, расчёт траектории движения инструмента, привязанной к определённой точке его режущего лезвия, и *опорных точек* на этой траектории; скоростей движения инструмента и заготовки на пути между соседними опорными точками.

Опорными точками траектории режущего инструмента называют точки, в которых изменяется направление его движения, форма траектории движения или скорость рабочего движения. Эти точки траектории на технологическом эскизе обозначают в соответствии с последовательностью движения инструмента арабскими цифрами, начиная с цифры «0». Расчет положения опорных точек траектории движения инструмента производят на основе установления *опорных точек детали* и особенностей конструкции режущих лезвий инструмента. На рисунке 10.2 приведена траектория движения резца при изготовлении ступенчатой поверхности детали, выполненная с допущением, что при вершине резца отсутствует радиус скругления.

Эта точка режущего лезвия резца принята в качестве точки, определяющей траекторию его движения при обработке. В связи с этим опорные точ-

ки детали и точки, определяющие траекторию движения вершины резца, приняты на рисунке одинаковыми.

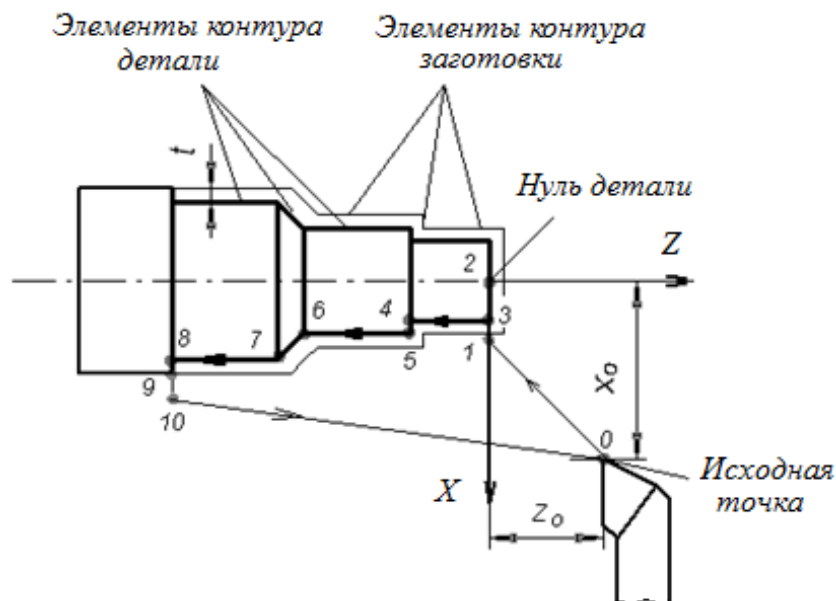


Рис. 10.2. Схема расположения опорных точек траектории движения резца

Для отсчёта перемещений рабочих органов на станке 16А20Ф3 принята система декартовых координат X , Y , Z с началом в точке, называемой *ноль станка*. Для удобства программирования конкретной технологической операции начало координат в управляющей программе отождествляют с обработанным торцом заготовки, называя эту точку на оси Z *нулём детали*. Ось Z совмещают с осью шпинделя, а ось X направляют от центра заготовки по радиусу. Для начала обработки инструмент перемещают в исходную точку, от которой далее и начинается расчёт его перемещений по траектории движения подачи и вспомогательных движений. На технологических эскизах индивидуальных заданий эта исходная точка обозначена цифрой «0».

Устройство токарного станка модели 16А20Ф3

Токарный станок 16А20Ф3 имеет традиционную для токарных станков компоновку (рис. 10.3). Станок состоит из основания 1, станины 2, шпиндельной бабки 4, задней бабки 11, суппорта 9 с поперечной кареткой 8 и восьмипозиционной револьверной головкой 7. Основание 1 станка, на котором смонтирована станина 2, оборудовано продольным конвейером 14, транспортирующим стружку. На этом же основании установлен промышленный робот. Заготовку закрепляют в патроне 6, снабжённом

электромеханическим приводом зажима 3, или в патроне 6 с поджимом центром пиноли 10 задней бабки, имеющей электромеханический привод осевого перемещения 13. Движение пиноли 10 осуществляют в автоматическом режиме по сигналу от системы управления промышленного робота или при нажатии ножной педали при установке заготовки вручную без участия робота.

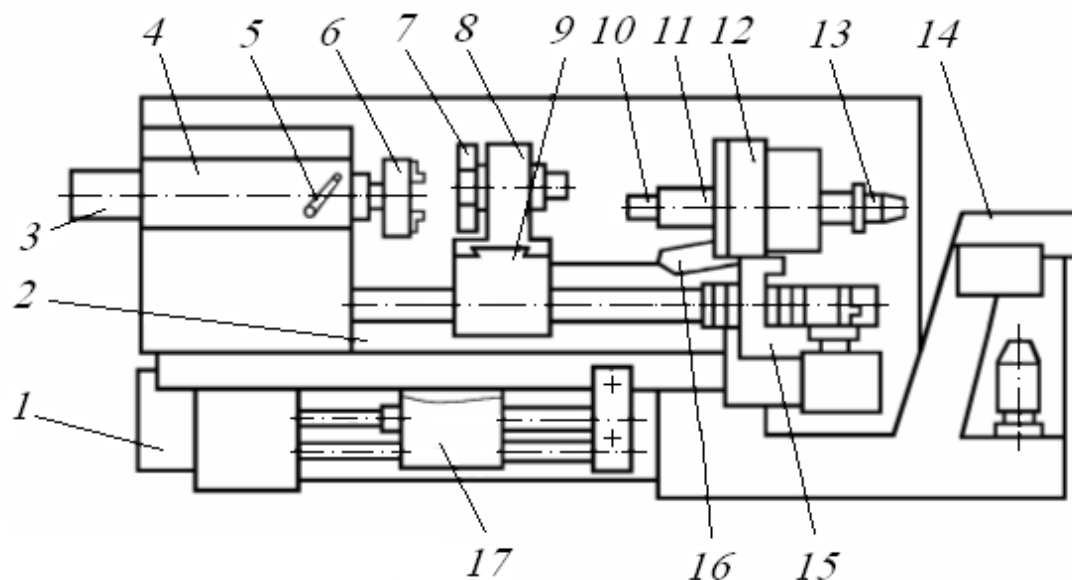


Рис. 10.3. Токарный станок модели 16А20Ф3

Шпиндель станка приводится во вращение двигателем постоянного тока через коробку скоростей, которая обеспечивает три диапазона частот вращения (20–345, 60–1000, 145–2500 об/мин). Переключение диапазонов частот осуществляется по сигналу управляющей программы или вручную рукояткой 5. В пределах каждого диапазона частоту вращения шпинделя можно изменять бесступенчато.

Продольное и поперечное перемещения суппорта 9 и каретки 8 (ускоренные движения и рабочие движения подачи) осуществляют от автономных исполнительных электродвигателей через передачи качения типа «винт — гайка». Подачи изменяют бесступенчато в диапазоне 0,5...30 мм/мин по командам управляющей программы.

Пульт управления станком и устройством ЧПУ 12 установлен на поворотной стойке 15, закреплённой на основании станка. На пульте имеются универсальная клавиатура 16 с латинским шрифтом, цифровая клавиатура, а также ряд клавиш для запуска управляющей программы и включения отдельных систем и механизмов станка. Пульт предназначен для ввода и корректировки управляющей программы, изменения рабочих характери-

стик станка, размерных и скоростных ограничений на выполнение конкретных технологических переходов и для включения и выключения механизмов станка (поворота револьверной головки, зажима и разжима заготовки, выдвижения пиноли).

На рисунке 10.4 представлена схема управления движением суппорта по направляющим станины (движение продольной подачи).

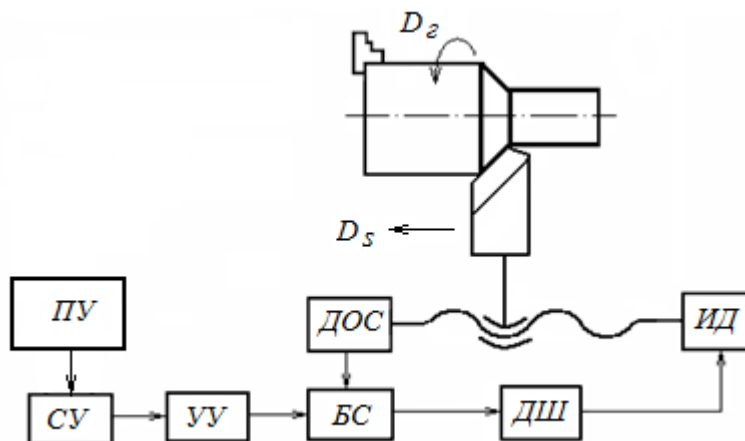


Рис. 10.4. Схема управления продольным движением суппорта станка модели 16А20Ф3

Сигналы набранной на клавиатуре пульта управления (ПУ) управляющей программы через считывающее устройство СУ поступают в устройство управления УУ, а затем через блок сравнения БС, дешифратор и усилитель ДШ к исполнительному двигателю ИД. Датчик обратной связи ДОС измеряет действительное перемещение рабочего органа и направляет сигнал в блок сравнения БС. В этом блоке сигналы обратной связи сопоставляются с сигналами от устройства СУ. При расхождении сигналов на выходе из блока БС появляется сигнал, который через усилитель ДШ направляют к исполнительному двигателю ИД. Соответственно этому сигналу происходит перемещение рабочего органа в нужном направлении. Как только рассогласование исчезает, сигналы на выходе блока БС прекращаются.

Управление движениями других исполнительных узлов станка 16А20Ф3 осуществляют по аналогичным схемам.

Назначение, устройство и система управления промышленного робота М10П6201

Входящий в состав гибкого токарного модуля промышленный робот М10П6201 является автоматической многодвигательной машиной (мани-

пулятором), снабжённой ЧПУ (рис. 10.5). Робот выполняет двигательные функции, аналогичные функциям руки человека: перенос заготовки с тактового стола на станок, установку заготовки в патрон, возвращение обработанной заготовки на тактовый стол, переустановку заготовки в патроне.

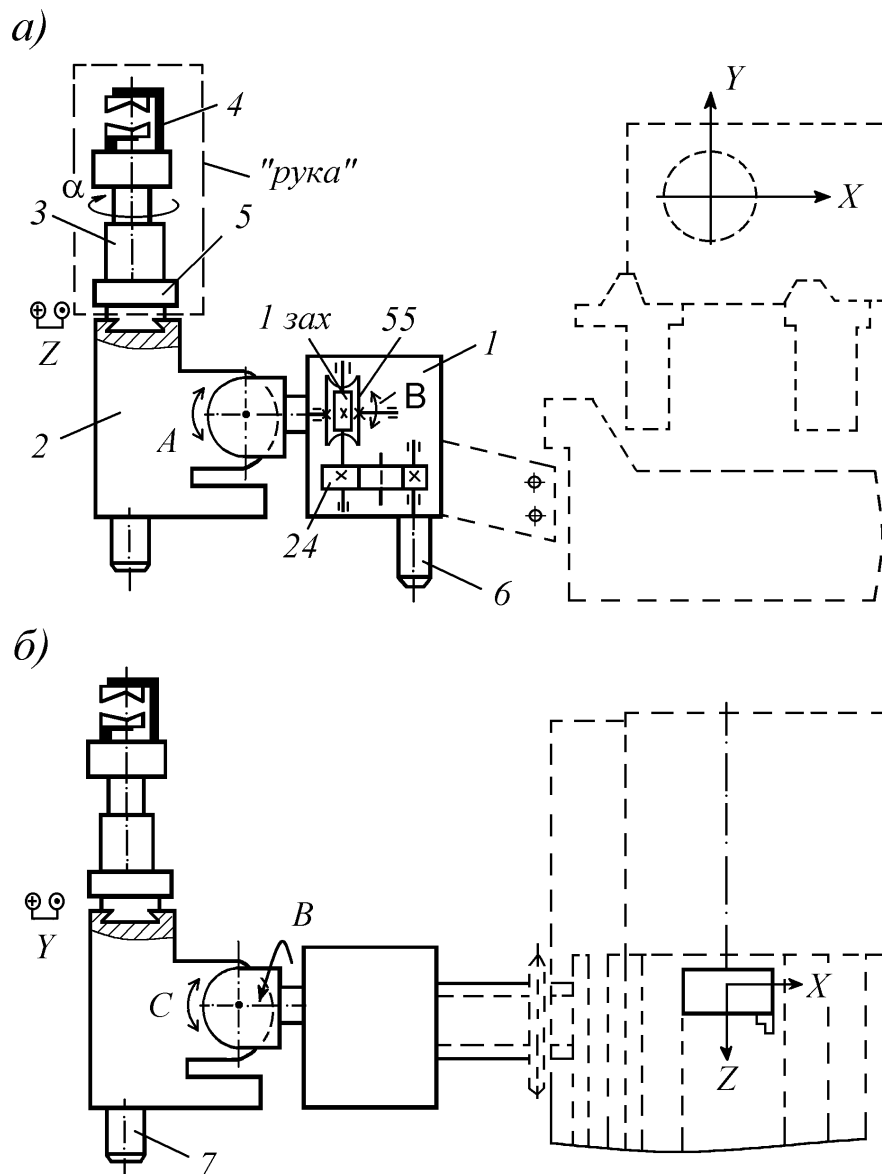


Рис. 10.5. Промышленный робот модели М10П6201

Основными частями робота являются: основание 1, закрепляемое на станине станка; узел 2 поворотов *руки* робота, блок 3 поворота устройства захвата 4; каретка 5 поступательного перемещения захвата. Захват заготовки 4 робота обладает шестью степенями свободы перемещения: четыре степени свободы обеспечиваются поворотом захвата по координатным направлениям A, B, C, α и две — поступательными перемещениями вдоль осей Y и Z.

Повороты по координатным направлениям A , B , C и перемещения руки робота по осям Y , Z осуществляют автономными приводами с электродвигателями постоянного тока 6, 7. Для поворотов «руки» (по углу α) предусмотрены пневмодвигатель и фиксатор угловых положений устройства захвата через каждые 90° . На виде сверху (см. рис. 10.5, б) узел 2 поворотов руки робота повернут на 90° .

Система управления роботом содержит устройство формирования команд, устройство ввода программы и пульт ручного управления. Устройство формирования команд управляет приводами манипулятора и вырабатывает команды управления пинолью задней бабки станка, патроном, защитным ограждением станка и перемещением тактового стола.

Управление роботом возможно в трёх режимах: «обучение», «повторение», «редактирование». При режиме «обучение» робот по командам оператора с пульта управления занимает нужную позицию, а данные об этой позиции автоматически вводятся в память устройства ЧПУ. На этом же этапе оператор вводит в память данные о скоростях перемещений и последовательности выполнения функций захвата заготовки, перемещений пиноли станка, зажима и разжима патрона, подвода и отвода защитного ограждения станка. Режим «повторение» используют для работы робота при многократном выполнении заданной технологической операции. Режим «редактирование» предусмотрен для возможности исправления, замены или ввода новых данных в управляющую программу робота.

Содержание работы

Работа включает: изучение устройства и назначения гибкого токарного модуля и его составных частей, рассмотрение последовательности работы частей модуля и разработку траектории движения резца при изготовлении конкретной детали, определение технико-экономических параметров обработки: режима резания для каждого из участков заготовки и времени на цикл работы резца в соответствии с индивидуальным заданием; подготовку отчёта.

Порядок проведения работы

1. Изучите назначение и устройство гибкого токарного модуля.
2. Проследите за демонстрацией учебным мастером работы модуля в режимах «обучение» и «повторение».

3. Получите индивидуальное задание для определения времени на обработку заготовки на гибком токарном модуле и выполните по заданию следующие действия (таблица 10.1).

3.1. Составьте и опишите последовательность работы частей и узлов гибкого токарного модуля в течение цикла изготовления детали.

3.2. Нарисуйте схему обработки заготовки с указанием траектории движения резца, опорных точек траектории и направлений движений резца на каждом из участков траектории (по примеру рис. 10.2).

3.3. Рассчитайте для каждого обрабатываемого участка заготовки частоту вращения шпинделя (об/мин) по формуле

$$n_i = 1000v/\pi D_i, \quad (10.1)$$

где i — участок траектории резца, обозначаемый двумя цифрами, соответствующими номерам опорных точек начала и конца участка, например, 0 – 1, 1 – 2, ..., 9 – 0 (рис. 10.2); D_i — диаметр заготовки на i -м участке траектории.

3.4. Определите минутную подачу S_m (мм/мин) для каждого из участков обработки $S_{m_i} = S_0 n_i$. Для конических участков заготовки по неизменному для всех участков обработки значению контурной (суммарной) подачи S_0 рассчитайте значения продольной S_{np_i} и поперечной S_{non_i} подач.

3.5. Вычислите основное время τ_{oi} для каждого из участков траектории движения резца, на котором осуществляется обработка, по формуле

$$\tau_{oi} = L_i / S_{m_i}, \quad (10.2)$$

где L_i — длина i -го участка траектории движения резца.

3.6. Вычислите вспомогательное время $T_{всп_i}$ для участков подвода и отвода резца, которые резец проходит на ускоренном ходу, приняв, что движения по осям Z и X осуществляются одновременно со скоростями: продольного перемещения $v_{np_i} = 2000$ мм/мин, поперечного перемещения $v_{non_i} = 1000$ мм/мин. Для этого рассчитайте время, необходимое для перелома резца из исходного в конечное положения участка траектории раздельно по каждой координате (Z и X) с учётом значения приращения координаты на i -м участке траектории, по формуле

$$\tau_i = \ell_i / v, \quad (10.3)$$

Таблица 10.1

Индивидуальные задания

Но- мер зада- ния	Эскиз детали с припусками на обработку	Размеры детали, мм						При- пуск, Z, мм	Элементы режима резания		
		D_1	D_2	D_3	L_1	L_2	L_3		L_4	v , м/мин	S_0 , мм/об
		1		50	40	20	20		20	100	20
2	50	35		20	40	10	20	10	4,0	40	0,6
3	50	45		25	20	10	20	5	3,0	40	0,8
4	80	60		30	30	15	80	10	1,0	50	0,3
5	40	30		18	30	10	100	10	2,0	60	0,5
6		50	40	30	20	5	20	30	2,0	30	0,3
7		80	55	40	5	8	30	10	3,0	40	0,6
8		70	60	20	10	10	20	35	2,4	80	0,1
9		40	20	15	10	5	15	10	4,0	70	0,2
10		100	90	50	30	2	20	5	2,0	50	0,4

где ℓ_i — приращение координаты по оси (Z или X) на i -м участке траектории, v — скорость движения резца в направлении соответствующей оси (v_{np_i} или v_{non_i}). За $\tau_{всп_i}$ примите наибольшее из рассчитанных двух значений τ_i .

3.6. Представьте полученные данные в форме таблицы 10.2.

Таблица 10.2

Расчётные характеристики обработки

Уча- сток траек- тории	L_i , мм	Контур- ная подача, S_o , мм/об	n_i , об/мин	Минутная подача, мм/мин		τ_{o_i} , мин	Скорости вспомога- тельных дви- жений резца, мм/мин		$\tau_{всп_i}$, мин
				S_{np_i}	S_{non_i}		v_{np_i}	v_{non_i}	
0 – 1									
1 – 2									
2 - 3									
...									

3.7. Рассчитайте оперативное время обработки $\tau_{оп}$ по формуле

$$\tau_{оп} = \sum \tau_{o_i} + \sum \tau_{всп_i}. \quad (10.4)$$

Содержание отчёта

1. Название работы.
2. Номер, формулировка и исходные данные индивидуального задания (таблица 10.1).

Индивидуальное задание: «Установить и записать последовательность работы составных частей токарного производственного модуля при изготовлении детали (по индивидуальному заданию), установить и нарисовать траекторию движения резца, рассчитать по каждому её участку значения элементов режима резания, основное τ_{o_i} или вспомогательное $\tau_{всп_i}$ время».

3. Эскиз обработки заготовки в соответствии с индивидуальным заданием (таблица 10.1).

4. Последовательность работы составных частей гибкого токарного модуля при обработке заготовки (по форме таблицы 10.3).

**Последовательность работы составных частей
гибкого токарного модуля**

№ п/п	Названия составных частей токарного модуля	Действие, выполняемое составной частью модуля
1		
2		
...		

5. Технологический эскиз траектории движения резца с указанием опорных точек траектории (по форме рисунка 10.2).

6. Расчёты, схемы и таблицы, указанные в п. 3 раздела «Порядок проведения работы».

11. ФРЕЗЕРОВАНИЕ ВЕНЦОВ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС МЕТОДОМ ОБКАТКИ НА ЗУБОФРЕЗЕРНОМ СТАНКЕ

Цель работы: знания методов нарезания венцов зубчатых колёс, назначения, устройства и кинематической схемы зубофрезерного станка модели 5310; умения читать кинематическую схему станка и подбирать сменные зубчатые колёса гитары скоростей, гитар цепей движений обкатки и подачи при нарезании прямозубого зубчатого колеса.

Зубчатые колёса: виды и параметры колёс

Зубчатое колесо — основная деталь зубчатой передачи, имеющая форму диска с зубьями на цилиндрической или конической поверхности, служащими для зацепления с зубьями другого зубчатого колеса (рис. 11.1), рейки или винта.

Зубчатые колёса в зубчатых передачах обычно используются парами с разным числом зубьев z с целью преобразования вращающего момента и числа оборотов валов на входе и выходе передачи. Колесо, к которому извне подводится вращающий момент, называется *ведущим*, а колесо, с которого момент снимается, — *ведомым*. В отличие от ременной фрикционной передачи в зубчатой передаче проскальзывание невозможно, поэтому передаточное число, а значит и частота вращения ведомого вала всегда

постоянны. Профиль боковой поверхности зубьев колёс, как правило, имеет эвольвентную форму. Такой профиль позволяет зубьям при вращении колес обкатываться друг по другу, отчего зубчатая передача работает плавно, с небольшими потерями энергии на трение.

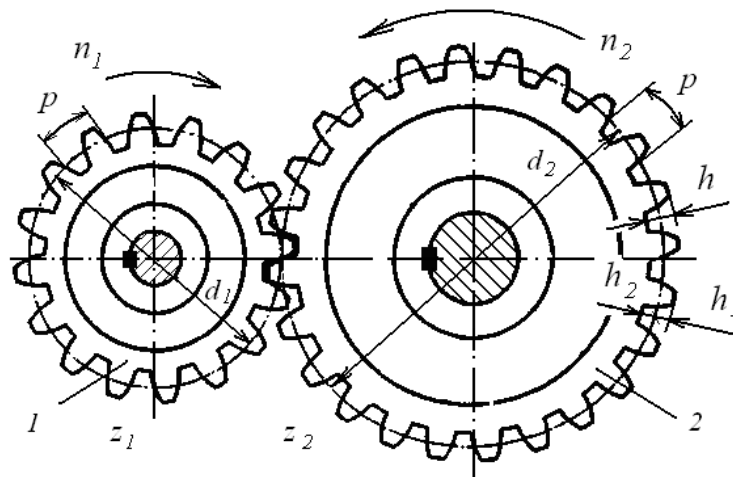


Рис. 11.1. Зубчатая цилиндрическая передача с наружным зацеплением

Согласованное вращение зубчатых колёс 1 и 2 можно представить как вращение двух касающихся окружностей d_1 и d_2 (см. рис. 11.1), которые катятся одна по другой без скольжения. Это позволяет распространить на зубчатую передачу основные кинематические закономерности фрикционной передачи и представить передаточное число i зубчатой передачи в виде следующих соотношений:

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{d_1}{d_2} = \frac{z_1}{z_2}, \quad (11.1)$$

где n_1 и n_2 — частоты вращения колёс 1 и 2 ; d_1 и d_2 — начальные окружности зубчатых колёс 1 и 2 , для стандартных зубчатых колёс их называют делительными окружностями; z_1 и z_2 — числа зубьев соответственно колёс 1 и 2 .

К параметрам эвольвентного зубчатого колеса относят также: модуль колеса m , шаг зубьев p , диаметр окружности выступов D_1 , диаметр окружности впадин D_2 ; высоту зуба h ; высоту головки зуба h_1 ; высоту ножки зуба h_2 .

Модулем зацепления m называется линейная величина в π раз меньшая окружного шага p . Модуль измеряется в миллиметрах и вычисляется по формуле:

$$m = p/\pi. \quad (11.2)$$

Колёса в зубчатой передаче имеют одинаковый модуль. Самый главный параметр зубчатого колеса стандартизирован и определяется из прочностного расчёта зубчатых передач. Чем больше нагружена передача, тем выше значение модуля. Через модуль выражаются все остальные параметры колеса. Для зубчатого колеса принимаются: высота головки зуба $h_1 = m$; высота ножки зуба $h_2 = 1,25 m$. Отсюда получаем, что высота зуба $h = 2,25 m$.

При известных модуле зубчатого колеса и числе зубьев диаметры делительной окружности и диаметр окружности выступов определяются соответственно по формулам (11.3).

$$d = m \cdot z; \quad D_1 = m(z + 2). \quad (11.3)$$

В зависимости от относительного положения геометрических осей ведущего и ведомого валов различают (приложение 2):

— зубчатые передачи с цилиндрическими колёсами, применяемыми при параллельных осях валов. Цилиндрические колёса могут быть с внешним и внутренним зацеплением;

— передачи с коническими колёсами, применяемые при пересекающихся осях валов;

— передачи с винтовыми и гипоидными колёсами и червячные передачи, используемые при скрещивающихся в пространстве осях валов.

Зубчатые колёса изготавливают с прямыми, косыми и шевронными зубьями (см. приложение 2). Косозубые и шевронные колеса обеспечивают более плавный ход передачи, так как в зацеплении одновременно находится большее число пар зубьев по сравнению с прямозубой передачей.

Методы нарезания венцов зубчатых колёс

Образование зубчатого венца колеса удалением материала режущим инструментом на цилиндрической, конической или плоской поверхности выполняют фрезерованием, строганием, долблением, протягиванием, шевингованием и шлифованием. При этом формообразование профиля боковых поверхностей зубьев может осуществляться двумя методами: копированием (рис. 11.2) и обкаткой (рис. 11.3).

Метод копирования, реализуемый пальцевой (рис. 11.2, *a*) и дисковой (рис. 11.2, *б*) модульными фрезами, характеризуется тем, что процесс фрезерования осуществляют режущим инструментом, профиль режущей

кромки которого соответствует профилю канавки зубчатого венца нарезаемого колеса.

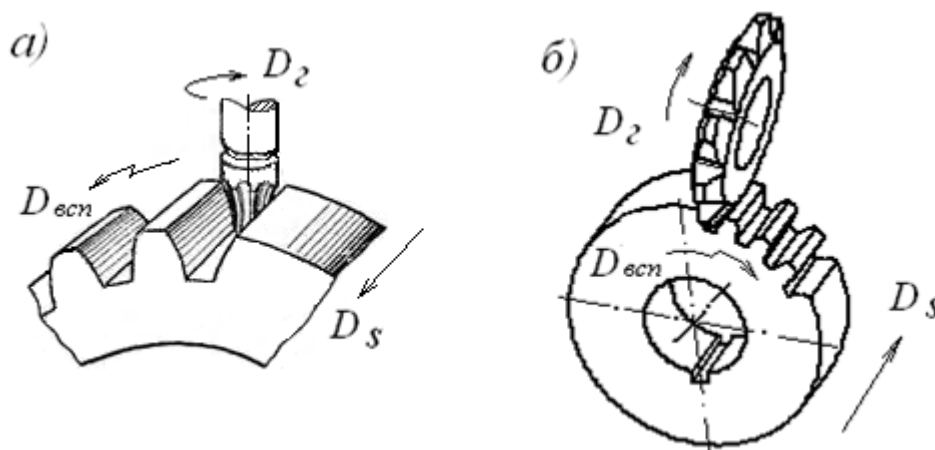


Рис. 11.2. Схемы обработки венцов зубчатых колёс методом копирования

При изготовлении зубчатых колёс методом обкатки нарезаемому колесу и зуборезному инструменту сообщают кинематически согласованные движения, совокупность которых воспроизводит движения звеньев зубчатой, реечной или червячной передачи. В связи с этим боковая поверхность зуба на венце заготовки образуется как огибающая последовательных положений режущих кромок инструмента в их движении относительно заготовки зубчатого колеса.

Нарезание зубчатого венца методом обкатки осуществляют различными технологическими способами, в том числе: зубодолблением (рис. 11.3, а, б), зубофрезерованием (рис. 11.3, в), зубостроганием (рис. 11.3, г).

Наибольшее распространение в промышленности получило изготовление венцов зубчатых колёс методом зубофрезерования. Этим методом можно нарезать венцы цилиндрических зубчатых колёс с прямыми (рис. 11.3, в) и винтовыми (рис. 11.4, а) зубьями, а также венцы червячных колёс (рис. 11.4, б).

Режущим инструментом в представленных схемах является червячная модульная фреза, которая представляет собой винт с одно- или многозаходной трапецеидальной резьбой и несколькими наклонными стружечными канавками, служащими для образования режущих лезвий и размещения стружки.

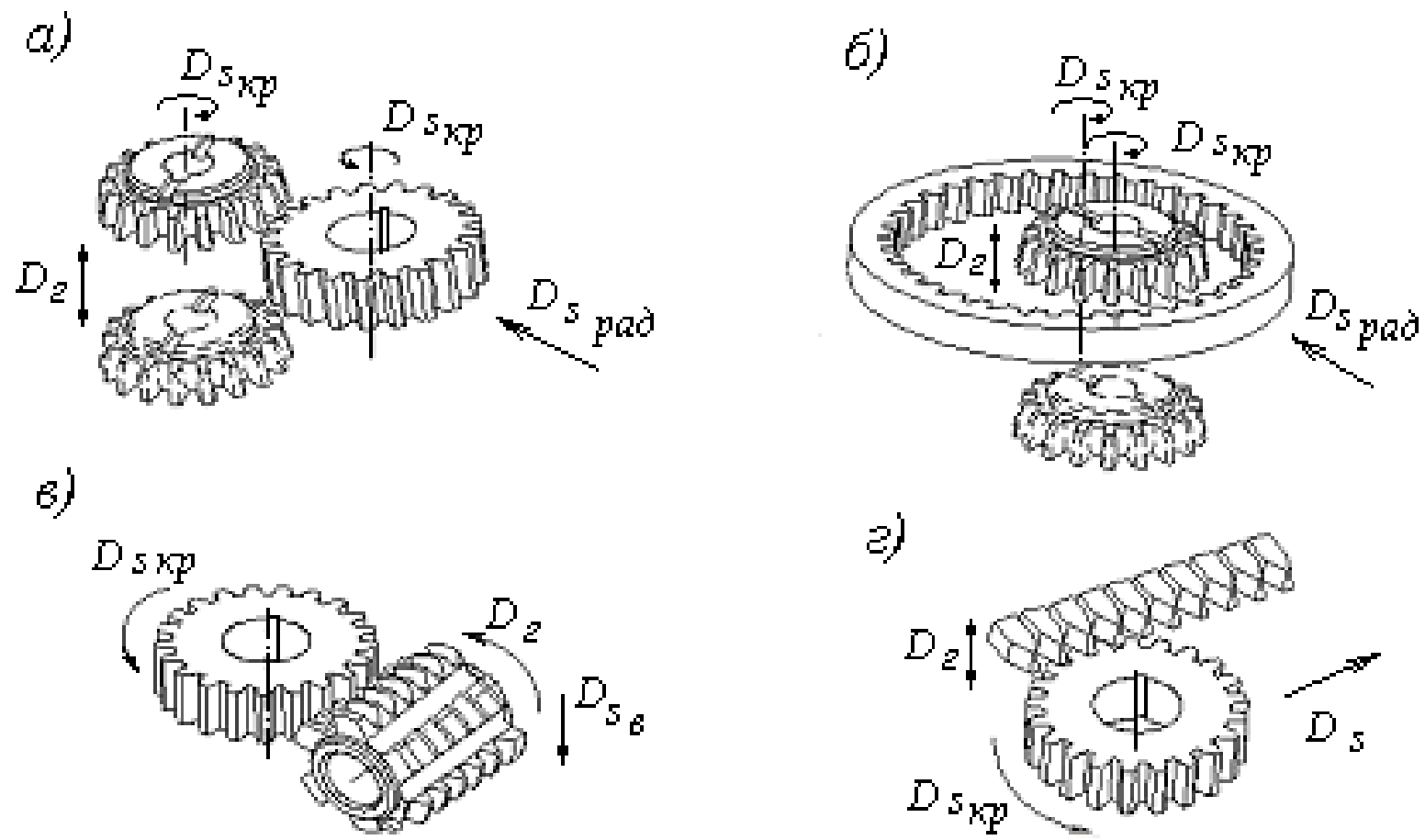


Рис. 11.3. Схемы обработки венцов зубчатых колёс методом обкатки

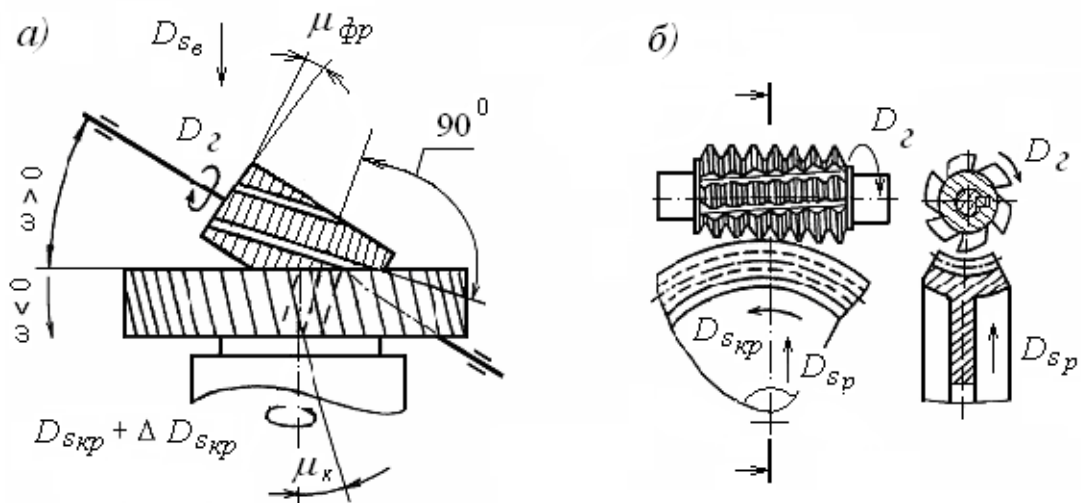


Рис. 11.4. Схемы фрезерования венцов цилиндрического косозубого (а) и червячного (б) зубчатых колёс

Главным движением резания при зубофрезеровании методом обкатки является вращение фрезы D_2 . Заготовка при реализации данного метода совершает вращательное (круговое) движение D_{Skp} с частотой вращения n_0 (об/мин), рассчитываемой при нарезании прямозубых зубчатых колёс (рис. 11.3, в) по формуле

$$n_0 = n_\phi k/z, \quad (11.4)$$

где n_ϕ — частота вращения фрезы, об/мин; k — число заходов фрезы, z — число зубьев нарезаемого зубчатого колеса.

При изготовлении цилиндрических (прямозубых и винтовых) колёс по методу обкатки фрезе наряду с главным движением резания D_2 сообщают движение вертикальной подачи D_{S_e} , направленное вдоль оси заготовки. Введение этого движения обеспечивает нарезание зубьев на всей ширине венца. Для получения винтовых зубьев заготовке помимо движений обкатки (согласованных по частоте вращения фрезы и заготовки) и вертикальной подачи фрезы D_{S_e} необходимо сообщить дополнительное вращение ΔD_{Skp} (см. рис. 11.4, а). Скорость его должна быть согласована с вертикальной подачей S_e следующим образом: при опускании фрезы на шаг винтовой впадины зубчатого колеса заготовка должна дополнительно повернуться на один оборот.

При нарезании цилиндрических зубчатых колёс фрезу устанавливают так, чтобы передняя поверхность её лезвия, образованная пересечением

стружечной канавкой витка фрезы, в зоне резания была перпендикулярна направлению впадины нарезаемого колеса. В связи с этим шпиндель станка, на котором закрепляют червячную фрезу, поворачивают на угол ω , определяемый направлениями и углами подъёма витков фрезы μ_ϕ и наклона зубьев изготавливаемого колеса μ_κ . При принятом на рисунке 11.4, а направлении положительных значений углов ω значение этого угла определяют по формулам, приведённым в таблице 11.1.

Таблица 11.1

Формулы определения угла поворота червячной фрезы

№ п/п	Направление подъёма витков фрезы	Направление наклона зуба колеса	Формула определения угла ω
1	правое	правое	$\omega = \mu_\phi - \mu_\kappa$
2	правое	левое	$\omega = \mu_\phi + \mu_\kappa$
3	левое	правое	$\omega = -\mu_\phi - \mu_\kappa$
4		левое	$\omega = -\mu_\phi + \mu_\kappa$

Примечание. Направление углов подъёма витков фрезы и наклона зуба колеса (правое или левое) определяют по правилам правого и левого буравчика.

Нарезание венцов червячных зубчатых колёс зубофрезерованием (метод обкатки) имеет свою специфику по отношению к изготовлению цилиндрических колёс. Движение вертикальной подачи фрезы D_{S_ϕ} в этом случае отсутствует. Угол наклона оси фрезы ω принимают равным нулю. Фрезу устанавливают так, что её ось располагается на середине венца колеса. Заготовке при резании сообщают движение радиальной подачи D_{S_p} (рис. 11.4, б). К особенностям этого способа следует отнести и то, что червячная фреза по своим размерам (диаметру), профилю режущих кромок и числу заходов должна соответствовать червяку, в зацеплении с которым будет работать изготавливаемое зубчатое колесо.

Назначение зубофрезерного станка модели 5310 и его основные узлы

Зубофрезерный станок модели 5310 предназначен для нарезания цилиндрических прямозубых и винтовых, а также червячных колёс методом обкатки. При чистовом фрезеровании червячной фрезой достигается седьмая

— восьмая степени точности зубчатого венца и шероховатость поверхностей зубьев по параметру $Ra = 6,3 \dots 1,6$ мкм. Станок применяют в условиях серийного производства при нарезании зубчатых колёс диаметрами от 60 до 180 мм с модулями от 1 до 4 мм. Внешний вид зубофрезерного станка показан на рисунке 11.5.

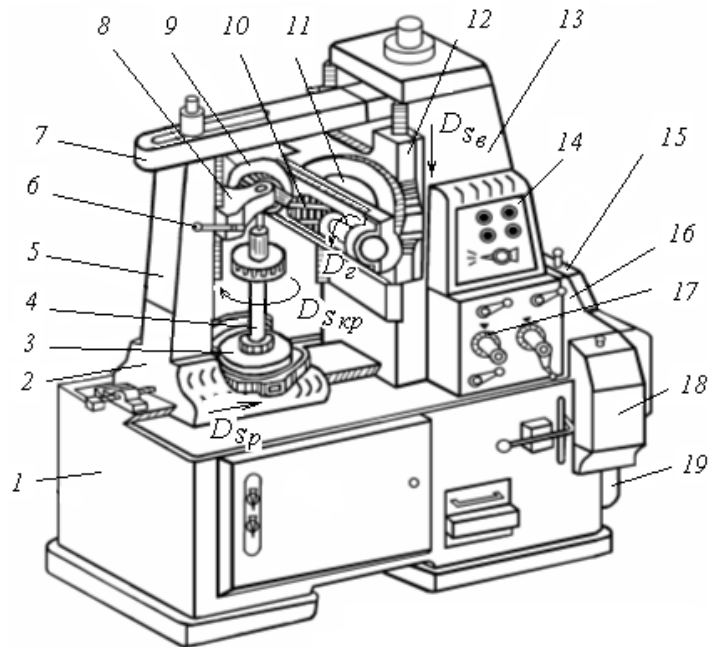


Рис. 11.5. Внешний вид зубофрезерного станка модели 5310

Станок имеет сборную станину, состоящую из основания 1 и вертикальной стойки 13. На горизонтальных направляющих станины размещены салазки 2, несущие на себе круглый вращающийся стол 3 и стойку 5 с опорным кронштейном 8. Заготовку устанавливают на оправке 4, нижний конец которой центрируют и закрепляют в отверстии стола 3, а верхний конец — в опорном кронштейне 8. Кронштейн крепится на стойке 5 рукояткой 6.

На вертикальных направляющих стойки 13 находится фрезерный суппорт 12 с поворотной частью 11, в которой смонтирован шпиндель 9. Фрезу 10 устанавливают на двухопорной оправке, закрепляемой в отверстии шпинделя и на подшипниковой опоре поворотной части 11. На передней стенке стойки 13 расположены пульта управления станком 14 и 17. Стойки 5 и 13 соединены сверху балкой 7, обеспечивающей станку повышенную жёсткость.

На внешних поверхностях станины установлены устройства, называемые гитарами сменных зубчатых колёс и служащие для наладки частоты

вращения фрезы (гитара главного движения резания 19), скоростей вертикального перемещения суппорта и радиального перемещения салазок с заготовкой (гитара подач 16), частот вращения стола с заготовкой (гитара обкатки 15) и дополнительного вращения заготовки (гитара дифференциала 18).

Привод, кинематическая схема и кинематические цепи зубофрезерного станка модели 5310

На металлорежущих станках заготовке и инструменту сообщают вполне определённые, согласованные между собой движения. С этой целью в конструкции любого станка предусмотрен привод.

Привод станка состоит из источника или нескольких источников движения и совокупности механизмов, передающих движения исполнительным узлам станка, на которых крепят заготовку и инструмент. Структурно привод подразделяют на ряд кинематических цепей. Каждая кинематическая цепь состоит из последовательно соединённых механизмов, образующих кинематические пары и передающих движение от начального звена кинематической цепи к конечному звену. Привод зубофрезерного станка модели 5310 имеет пять основных кинематических цепей.

Кинематические цепи станка на чертеже представляют в виде кинематической схемы. Кинематической схемой называют условное изображение на плоскости механизмов, валов, отдельных деталей и источников движения, приведённое в последовательности их кинематических связей и вписанное в контуры основной проекции станка или его узлов. Для вычерчивания таких схем пользуются условными обозначениями деталей и механизмов по ГОСТ 2.770–68 «Единая система конструкторской документации. Обозначения условные графические в схемах. Элементы кинематики», выдержки из которого представлены в приложении 2.

Для изменения скоростей движения исполнительных узлов, направлений их движений и для установления точных соотношений между скоростями или перемещениями одновременно участвующих в работе узлов в кинематические цепи вводят механизмы наладки, называемые коробками скоростей, коробками подач или гитарами сменных зубчатых колёс.

На рисунке 11.6 приведена кинематическая схема зубофрезерного станка модели 5310. Рассмотрим представленные на этой схеме кинематические цепи станка.

Кинематическая цепь главного движения резания. Эта цепь обеспечивает вращение фрезы. Начальным звеном кинематической цепи является главный электродвигатель станка M_1 , конечным звеном — шпиндель (вал VII), на котором крепится фреза.

Через клиноременную передачу со шкивами диаметрами $d_1 = 90$ мм и $d_2 = 180$ мм, установленными неподвижно соответственно на валу электродвигателя M_1 и валу I , вращение от вала электродвигателя подаётся на вал I . С вала I через цилиндрические зубчатые колёса с числами зубцов 30 и 50 вращение поступает на вал II , a . Отсюда вращение передаётся либо через сменные зубчатые колёса A' и B' , либо через механизм реверса 40/40 и сменные зубчатые колёса A и B на вал III ³.

С вала III через расположенные на валах IV , V и VI три конические зубчатые передачи 24/24 (две передачи) и 17/17 с общим передаточным отношением равным 1, вращение передаётся на вал VI .

Далее через пару прямозубых цилиндрических колёс 20 – 60, вращение поступает на шпиндель станка VII и на фрезу. Рассмотренную кинематическую цепь представляют в виде формулы кинематических связей её механизмов:

$$M_1 - 90/180 - I - 30/50 - II_a \begin{cases} \nearrow 40/40 - II_b - A/B \\ \searrow A'/B' \end{cases} III - \\ - 24/24 - IV - 24/24 - V - 17/17 - VI - 20/60 - VII \text{ (шпиндель)}.$$

Частоту вращения шпинделя, зависящую от числа зубьев сменных зубчатых колёс A (A') и B (B'), а также от передаточных отношений других механизмов, связывающих электродвигатель и шпиндель станка, рассчитывают путём решения уравнения кинематического баланса цепи главного движения по формуле:

$$n_{шп} = n_{дв} i_{гс} i'_{цгд}, \quad (11.5)$$

где $n_{шп}$ — частота вращения шпинделя станка, об/мин; $n_{дв}$ — частота вращения вала электродвигателя M_1 , об/мин; $i_{гс}$ — передаточное отношение гитары скоростей ($i_{гс} = A/B$); $i'_{цгд}$ — передаточное отношение всех механизмов цепи главного движения без механизмов гитары скоростей.

³ Буквы A , B , A' , B' обозначают числа зубьев колёс, указанных этими индексами на кинематической схеме (см. рис. 11.6).

В кинематической цепи главного движения резания механизмом наладки, обеспечивающим заданную скорость резания, является гитара скоростей, передаточное отношение i_{zc} которой можно ступенчато варьировать путём подбора парных зубчатых колёс A и B или A' и B' (отношения чисел зубьев колёс A/B и A'/B' равны). Такой подбор осуществляют на основе определения передаточного отношения i_{zc} колёс из уравнения кинематического баланса (11.5) путем подстановки в уравнение

$$i_{zc} = \frac{A}{B} = \frac{n_{шп}}{n_{дв} i'_{цгд}}$$

значения $i'_{цгд}$, рассчитанного по кинематической схеме, частоты вращения вала двигателя и частоты вращения шпинделя (определённой по заданной скорости резания). Следующим действием является подбор таких колёс A и B из прилагаемого к станку набора зубчатых колёс, чтобы выполнялось условие их сцепляемости: сумма чисел их зубьев ($A + B$) должна быть равна 65.

Условие сцепляемости получено исходя из того, что расстояние между осями валов II и III (II_a и III) гитары скоростей на станке постоянно и не может быть изменено. В связи с этим сумма чисел зубцов колёс A и B (A' и B') также должна быть постоянной.

Кинематическая цепь движения обкатки. Эта цепь служит для согласования частот вращения фрезы (n_f) и заготовки (n_o) по условию, представленному формулой (11.4). Начальным звеном цепи обкатки является шпиндель станка, конечным — стол, на оправке которого крепится заготовка.

Формула кинематических связей цепи обкатки имеет следующий вид:

VII (шпиндель) – 60/20 – VI – 17/17 – V – 24/24 – IV – 24/24 – III – 50/50 – дифференциал – $VIII$ – 42/42 – IX – a/b – c/d – X – 1/72 – стол станка.

В кинематической цепи обкатки механизмом, обеспечивающим установку требуемой частоты вращения заготовки, является гитара обкатки (передачи a/b и c/d). Передаточное отношение этой гитары i_{zo} можно ступенчато варьировать путём подбора (выбора числа зубьев) её сменных зубчатых колёс a , b , c , d в соответствии с уравнением

$$i_{zo} = (a/b) \cdot (c/d) = 24k/z. \quad (11.6)$$

Кинематическая цепь движения вертикальной подачи фрезы. Эта цепь обеспечивает вертикальное перемещение суппорта вместе с фрезой с заданным значением вертикальной подачи (S_g , мм/оборот заготовки). Начинается цепь со стола станка 3 (см. рис. 11.5), реализующего вращение заготовки, и заканчивается винтовой передачей, располагающейся в суппорте 11 и обеспечивающей преобразование вращения винта XIX (см. рис. 11.6) в поступательное перемещение фрезерного суппорта.

Формула кинематических связей механизмов этой цепи имеет следующий вид:

стол – 72/1 – X – 2/18 – XI – a_1/b_1 – c_1/d_1 – XII – M_3 – XIII – 55/44 – 21/21 – XVI – 16/16 – XVII – 4/20 – M_4 – XVIII – M_5 – 4/24 – XIX – фрезерный суппорт.

Ускоренное вертикальное перемещение фрезерного суппорта для подвода инструмента к заготовке создаётся электродвигателем M_2 при выключенной кулачковой муфте M_3 .

Кинематическая цепь движения радиальной подачи стола. Эта цепь обеспечивает радиальную подачу стола с заготовкой при нарезании червячных зубчатых колёс. Исходным звеном цепи является стол с заготовкой, а конечным — винт XXIII радиального перемещения салазок со столом.

Скорость поступательного движения стола согласовывают с частотой его вращения (вращения заготовки) путём выбора радиальной подачи S_p (мм/оборот заготовки).

Формула кинематических связей механизмов этой цепи имеет следующий вид:

стол – 72/1 – X – 2/18 – XI – a_1/b_1 – c_1/d_1 – XII – M_3 – XIII – 55/44 – 21/21 – XVI – 16/16 – XVII – 4/20 – M_4 – XVIII – 20/10 – XX – шарнир – XX' – 4/20 – XXI – 20/10 – XXII – 20/25 – XXIII – салазки стола.

Ускоренный подвод и отвод салазок стола осуществляют через кинематическую цепь, связывающую салазки с электродвигателем M_2 через винтовую передачу (винт XXIII).

В кинематических цепях вертикальной и радиальной подач наладку значений подач осуществляют с помощью одной гитары сменных зубчатых колёс. Начальным звеном в этих цепях является стол станка с заготовкой. Конечные звенья цепей радиальной и вертикальной подач представ-

лены разными механизмами. При расчёте по кинематическим цепям значений подач используют следующие уравнения кинематического баланса:

$$S_v = 1_{об\ заг} \cdot i_{2n} i'_{цвн} t_{вв}, \quad (11.7)$$

$$S_{рад} = 1_{об\ заг} \cdot i_{2n} i'_{црп} t_{рв}, \quad (11.8)$$

где i_{2n} — передаточное отношение гитары подач; $i'_{црп}$, $i'_{цвн}$ — передаточные отношения цепей радиальной и вертикальной подач без механизма гитары подач; $t_{вв}$ и $t_{рв}$ — значения шагов ходовых винтов соответственно вертикальной и радиальной подач станка.

Кинематическая цепь дополнительного вращения заготовки ($\Delta D_{Скр}$). Цепь «включают» в работу только при нарезании зубчатых венцов с винтовыми зубьями. Начальным звеном данной цепи является фрезерный суппорт с фрезой (движение вертикальной подачи), а конечным — стол станка с заготовкой (дополнительное вращение).

Формула кинематических связей механизмов цепи имеет следующий вид:

фрезерный суппорт – XIX – 24/4 – M₅ – XVIII – M₄ – 20/4 – XVII – 16/16 – XVI – 21/21 – 44/55 – XIII – a₂/b₂ – c₂/d₂ – XIV – 2/40 – M₇ – дифференциал – VIII – 42/42 – IX – a/b – c/d – X – 1/72 – стол.

Здесь a_2 , b_2 , c_2 , d_2 — зубчатые колёса гитары дифференциала с передаточным отношением $i_{2\partial} = (a_2/b_2) \cdot (c_2/d_2)$.

Механизм дифференциала (рис. 11.7) предназначен для суммирования на валу VIII, а в конечном итоге на столе с заготовкой, частот вращательных движений, обеспечиваемых кинематическими цепями обкатки и дополнительного вращения заготовки, что необходимо при нарезании цилиндрических колёс с винтовыми зубьями.

Дифференциал состоит из четырёх конических зубчатых колёс z_1 , z_2 , z_3 , z_4 , водила I, червячного колеса 2, червяка 3 и сменных кулачковых муфт M_6 и M_7 . При нарезании прямозубых зубчатых венцов дифференциал «выключают», для чего сменную муфту M_6 сдвигают влево, жёстко соединяя водило I с валом VIII. Муфта M_7 с вала VIII при этом снимается. Поэтому вращение от вала III через зубчатую передачу 50/50 сообщается свободно сидящему на валу VIII колесу z_1 . С помощью муфты M_6 вал VIII, водило I, колесо z_2 и колёса z_3 и z_4 (сателлиты) соединяются так, что они остаются неподвижными относительно друг друга и могут поворачиваться

2. Изучите устройство и кинематическую схему станка.
3. Проследите за изготовлением учебным мастером на станке венца зубчатого колеса.
4. Получите от преподавателя индивидуальное задание (таблица 11.2).

Таблица 11.2

Индивидуальные задания

Но- мер п/п	Зубчатое колесо		Червячная фреза		Режим резания	
	z	m , мм	D_f , мм	направление витков	v , м/мин	S_s , мм/об заготовки
1	38	1,75	55	правое	21	2,6
2	41	1,25	50	левое	34	4,0
3	33	2	55	правое	19	2,4
4	70	1	50	левое	52	4,2
5	17	2,5	65	правое	15	2,0
6	30	2,25	60	левое	38	1,6
7	22	2,75	65	правое	14	1,8
8	37	1,5	55	левое	46	3,8
9	58	1	50	правое	27	3,2
10	35	1,75	55	левое	40	3,6
11	28	2	55	правое	18	2,4
12	46	1,5	55	левое	45	3,7
13	36	1,25	50	правое	24	3,0
14	29	2,5	65	левое	50	4,0
15	21	2,75	65	правое	13	1,8

Примечания: 1. К станку прилагаются наборы зубчатых колёс с числами зубьев: для настройки гитары скоростей — 20, 23, 27, 30, 35, 38, 42, 45; для настройки гитары обкатки и гитары подач (один общий набор) — 20 (2 шт), 23, 24, 25 (2 шт), 30, 33, 34, 35, 37, 40, 41, 43, 47, 48, 50, 53, 55, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 65, 67, 70, 71, 73, 80, 83, 85, 89, 90, 92, 95, 97, 98, 100.

2. Число заходов червячной фрезы $k = 1$.

5. Выполните следующие расчёты, необходимые для наладки станка на изготовление указанного в таблице прямозубого цилиндрического колеса.

5.1. Определите необходимую частоту вращения фрезы $n_{расч}$ по заданному режиму резания, используя формулу:

$$n_{расч} = 1000v/\pi D_f. \quad (11.9)$$

5.2. Подберите из прилагаемых к станку (см. примечание 1 к таблице 11.2) сменные зубчатые колёса гитары скоростей A и B , выполнив соотношение $A/B \leq \frac{n_{расч}}{142}$ и условие сцепляемости колёс: $A + B = 65$.

5.3. Напишите структурную формулу кинематической цепи главного движения резания для заданного варианта задания.

5.4. Рассчитайте действительные частоту вращения фрезы n_{ϕ} и скорость главного движения резания v_{∂} , используя уравнение кинематического баланса цепи главного движения резания (11.5) и формулу (11.9).

5.5. Подберите сменные зубчатые колёса a , b , c , d гитары обкатки из набора колёс (приложение 1 к таблице 11.2) по формуле

$$i_{zo} = (a/b) \cdot (c/d) = 24k/z.$$

После того, как передаточное отношение сменных зубчатых колёс гитары определено и подобраны зубчатые колёса с реализующими это отношение числами зубьев, необходимо проверить возможность установки выбранных зубчатых колёс на валы гитары обкатки. Такую проверку называют проверкой колёс на сцепляемость. Необходимость её проведения связана с тем, что зубчатые колёса должны разместиться в отведённом для гитары обкатки пространстве и не упираться при их установке во втулки соседних валов.

Сцепляемость колёс гитары обкатки обеспечивается при выполнении следующих условий:

$$140 \geq a + b \geq 80; \quad 175 \geq c + d \geq 94; \quad c + d \geq b + 24.$$

5.6. Подберите сменные зубчатые колёса гитары подач по формуле

$$i_{zn} = (a_1/b_1) \cdot (c_1/d_1) = (3/10)S_{\phi}, \quad (11.10)$$

где S_{ϕ} — вертикальная подача фрезы, мм/об заготовки.

Примечание. В случае отсутствия в наборе сменных зубчатых колёс (см. Примечание 1 к таблице 11.2) таких колёс, которые обеспечивают точное выполнение формулы (11.10) и получение заданного значения подачи S_{ϕ} , допускается выбор сменных колёс, при котором фактическое значение подачи $S_{\phi\phi}$ будет меньше заданного (не более, чем на 15 %): $S_{\phi\phi} \leq S_{\phi}$. В этом случае после подбора колёс следует рассчитать фактическую $S_{\phi\phi}$, используя формулу (11.10).

Выбранные колёса гитары подач проверьте на выполнение следующих условий сцепляемости:

$$a_1 \leq 75; \quad 143 \geq a_1 + b_1 \geq 83; \quad 200 \geq c_1 + d_1 \geq 94;$$
$$a_1 + b_1 \geq c_1 + 24; \quad c_1 + d_1 \geq b_1 + 24; \quad a_1 + b_1 + c_1 + d_1 \geq 235.$$

5.7. Определите глубину фрезерования t и расчётный диаметр заготовки $D_{заг}$ по формулам: $t = 2,25m$; $D_{заг} = m(z + 2)$, где m — модуль зубчатого колеса.

Округлите значение глубины резания по точности, соответствующей цене деления лимба винта радиального движения стола станка.

Содержание отчёта

1. Название работы.
2. Номер, формулировка и исходные данные индивидуального задания (таблица 11.2).

Индивидуальное задание: «Подобрать зубчатые колёса гитар скорости главного движения, обкатки и вертикальной подачи, необходимые для наладки станка на изготовление указанного в задании прямозубого цилиндрического колеса».

3. Схема зубофрезерования по форме рисунка 11.4, a (выполняется с учетом типа колеса и направления витков фрезы, указанного в индивидуальном задании).

4. Расчёты, приведённые в п. 5 раздела «Порядок выполнения работы».

12. ШЛИФОВАНИЕ ЗАГОТОВОК НА ПЛОСКОШЛИФОВАЛЬНОМ СТАНКЕ И ШЛИФОВАЛЬНЫЙ ИНСТРУМЕНТ

Цель работы: знания назначения и устройства плоскошлифовального станка модели 3Г71М, принципа работы его гидропривода, характеристик и маркировки шлифовальных кругов; умения выбирать режим шлифования плоскости и шлифовальный круг для заданного материала заготовки и конкретных условий шлифования.

Общие сведения о шлифовании

Шлифованием называют технологический метод обработки поверхностей, при котором режущим инструментом является абразивный

(шлифовальный) круг, а удаление припуска осуществляется микроцарапанием и истиранием обрабатываемой поверхности твёрдыми и острыми абразивными зёрнами, расположенными на рабочей поверхности круга.

Главным движением резания D_z при шлифовании является вращение шлифовального круга, осуществляемое с высокой скоростью. Благодаря этому над каждой элементарной площадкой обрабатываемой поверхности в единицу времени проскальзывает огромное число абразивных зёрен. Отдельное зерно удаляет микроскопический объём материала, а суммарная масса удалённого припуска оказывается достаточной для определения шлифования как высокопроизводительного метода обработки заготовок. Кроме главного движения резания при шлифовании заготовке или шлифовальному кругу придают одно или несколько движений подачи D_s с целью распространения процесса на всю обрабатываемую поверхность и для удаления заданного припуска.

Шлифование используют как на обдирочных технологических операциях, характеризующихся удалением больших припусков, так и на чистовых операциях с получением высокоточных и высококачественных поверхностей. Точность получаемых размеров зависит от конструкции и жёсткости станка. Шлифованием можно получить размеры по 5–8-му квалитетам точности. Шероховатость шлифованной поверхности после чернового шлифования по параметру Ra составляет 1,25...2,5 мкм, после чистового шлифования — 0,2...1,2 мкм. После прецизионного (тонкого) шлифования можно получить шероховатость поверхности Ra не менее 0,1 мкм.

Шлифование осуществляют на станках шлифовальной группы. Их различают по форме изготавливаемых поверхностей, например, плоскошлифовальные, круглошлифовальные, внутришлифовальные, зубошлифовальные станки.

Устройство плоскошлифовального станка 3Г71М

Плоскошлифовальный станок 3Г71М (рис. 12.1) предназначен для шлифования на заготовках плоскостей, открытых прямолинейных пазов и уступов.

Основными узлами станка являются станина 1 с вертикальной стойкой 9, поперечный стол 2, продольный стол 3 и шлифовальная головка 7, несущая шпиндель со шлифовальным кругом 6. Станок оснащён насосной

станцией 12 для подачи в зону обработки смазочно-охлаждающей жидкости (СОЖ) и очистки поверхности заготовки. В состав насосной станции входят отстойник и магнитный сепаратор для очистки СОЖ от продуктов разрушения абразивного круга и стружки.

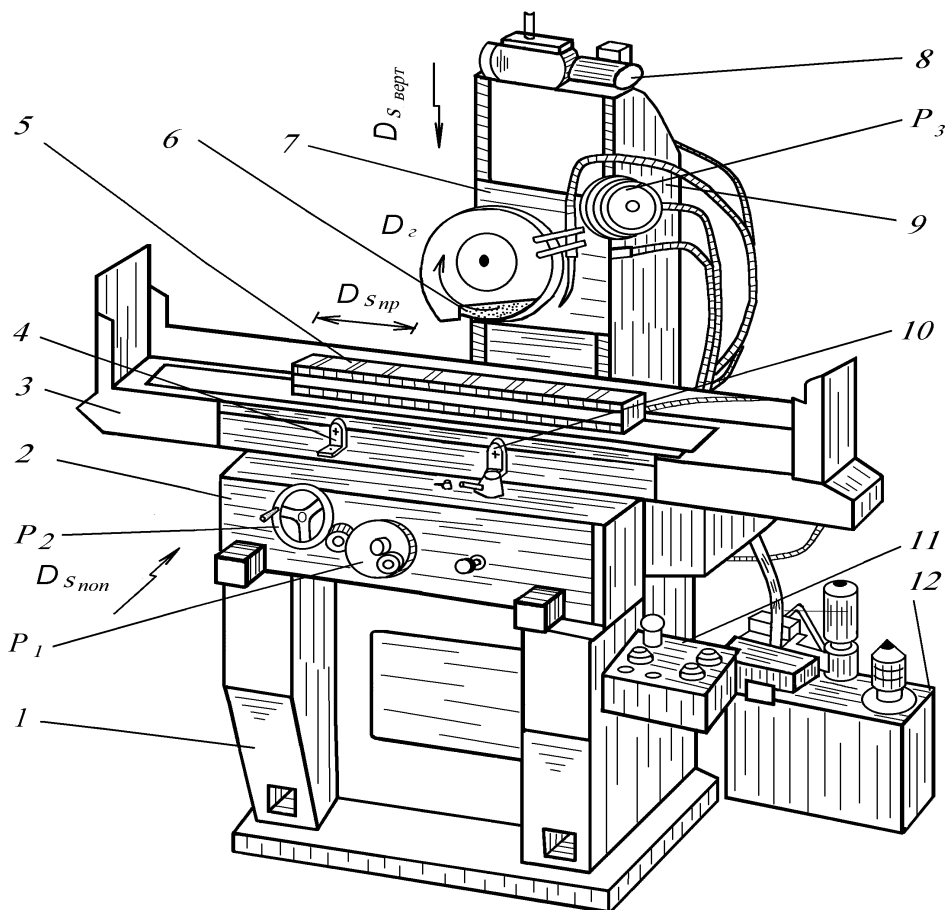


Рис. 12.1. Плоскошлифовальный станок модели 3Г71М

Главным движением резания D_2 на станке является вращение шпинделя с постоянной частотой $n = 2740$ об/мин. Продольная подача D_{Snp} (м/мин) осуществляется возвратно-поступательным движением стола 3, а поперечная подача D_{Snon} (мм/ход) реализуется прерывистым поступательным движением поперечного стола 2. Движения подач столов станка 2 и 3 осуществляются с помощью гидропривода. Перемещения поперечного и продольного столов можно осуществлять автоматически (от гидропривода) или вручную маховиками P_1 и P_2 .

Вертикальное перемещение шлифовальной головки 7 в направлении к заготовке выполняется вручную с помощью маховика P_3 и использования нониуса с ценой деления 0,001 мм. Перемещение шлифовальной

головки вверх для сокращения затрат времени при переналадках станка выполняется ускоренно с помощью электродвигателя 8.

Станок обеспечивает высокое качество обработанных поверхностей. Для получения малой высоты шероховатости и исключения волнистости обработанной поверхности на станке предусмотрен ряд конструкторских решений, снижающих вибрации во время шлифования. В кинематической цепи электродвигатель — шпиндель исключены промежуточные механизмы, а ротор асинхронного двигателя главного движения резания смонтирован непосредственно на шпинделе станка. В приводах подач механические передачи заменены гидравлическими, не возбуждающими вибраций. Шлифовальный круг закрепляют на шпинделе с помощью оправки, конструкция которой позволяет производить балансировку круга и исключить вибрации, вызываемые дисбалансом круга относительно оси вращения шпинделя.

Гидропривод станка обеспечивает бесступенчатое изменение продольной подачи в пределах $S_{np} = 5 \dots 20$ м/мин и ступенчатое изменение поперечной подачи в пределах $S_{non} = 0,3 \dots 4,2$ мм/ход стола. Реверс продольного стола 3 выполняется автоматически по командам от упоров 4 и 10, расстояние между которыми устанавливают при наладке длины хода стола.

Для закрепления ферромагнитных заготовок (конструкционные стали, чугуны) в комплекте станка предусмотрена электромагнитная плита 5. При её включении заготовка притягивается к плите, а возникающие в контакте «заготовка — плита» силы трения удерживают её в процессе шлифования. Для надёжного закрепления опорная поверхность заготовки должна быть плоской и предварительно обработанной.

Включение и выключение систем станка осуществляют кнопками и тумблерами, расположенными на пульте управления 11.

Устройство гидропривода станка

Гидравлический привод станка состоит из лопастного насоса, поршневого гидродвигателя продольной подачи, лопастного гидродвигателя поперечной подачи, управляющей, регулирующей и предохранительной гидроаппаратуры, бака с рабочей жидкостью (минеральным маслом), фильтров рабочей жидкости и маслопроводов.

Устройство, основы и особенности работы гидропривода плоскошлифовального станка рассмотрим на примере создания возвратно-поступательного движения подачи продольного стола. Схема этой части гидропривода представлена на рисунке 12.2.

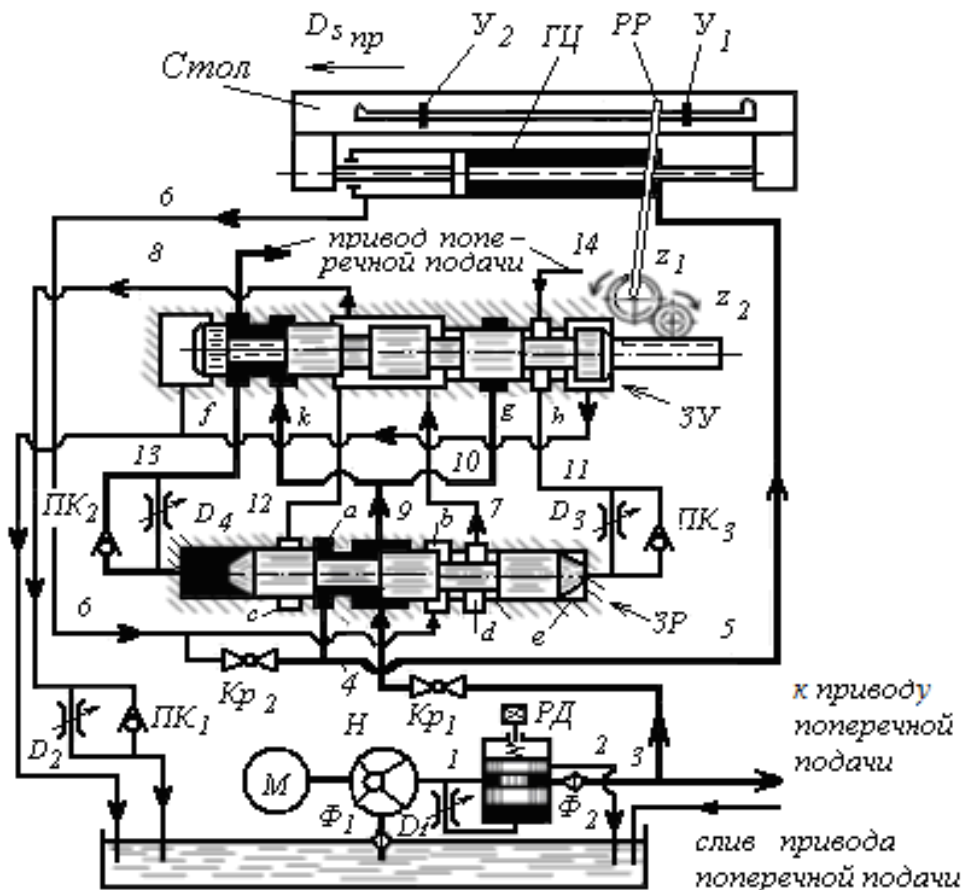


Рис. 12.2. Фрагмент схемы гидропривода плоскошлифовального станка

При выполнении продольной подачи стола гидропривод станка работает следующим образом. Асинхронный электродвигатель M вращает ротор лопастного насоса H , который нагнетает масло в гидросистему станка под давлением из бака через фильтр грубой очистки Φ_1 , трубопровод 1 , регулятор давления $РД$ и фильтр тонкой очистки Φ_2 . Регулятором давления $РД$ устанавливают заданное давление масла в гидросистеме, которое в дальнейшем автоматически поддерживается пружиной на этом уровне.

При повышении давления в системе по случайным причинам плунжер регулятора перемещается вверх под давлением масла в нижней полости, открывая маслу проход в трубопровод 2 . Избыточный объем масла сливается в бак, восстанавливая заданное давление в системе. При снижении

давления ниже нормы плунжер регулятора $PД$ перемещается вниз, уменьшает проходное сечение в трубопровод 2, в связи с чем объём сливаемого масла снижается. При этом уровень давления в системе восстанавливается.

Для обеспечения плавности работы регулятора $PД$ в систему встроены дроссель D_1 . Дроссель — устройство с регулируемым поперечным сечением отверстия, позволяющее изменять объём протекающего через это отверстие масла. Дроссель D_1 создает дополнительное гидравлическое сопротивление на пути масла в нижнюю полость $PД$ и из неё, смягчая тем самым резкие срабатывания регулятора и скачки давления в системе.

Для включения продольной подачи открывают кран Kp_1 и закрывают кран Kp_2 (краны управляются одной рукояткой одновременно). При открытом кране Kp_1 масло из трубопровода 3 поступает в среднюю расточку золотника реверса $ЗР$. Далее через кольцевую канавку a , трубопроводы 4 и 5 оно попадает в правую полость поршневого гидродвигателя — гидроцилиндр $ГЦ$. Поршень гидродвигателя под давлением масла двигается влево, сообщая поступательное движение столу станка в том же направлении. Из левой полости гидроцилиндра масло сливается в бак, проходя при этом через трубопровод 6, канавки b и d золотника реверса $ЗР$, трубопровод 7, среднюю полость золотника управления $ЗУ$, трубопровод 8 и дроссель D_2 . С помощью регулируемого дросселя D_2 изменяют расход масла, сливаемого из гидроцилиндра $ГЦ$, и таким образом изменяют скорость продольной подачи стола станка. Рукоятка дросселя D_2 находится на верхней плоскости поперечного стола.

Предохранительный клапан $ПК_1$ отрегулирован на критическое давление масла в системе. При превышении критического значения происходит срабатывание клапана. При этом открывается дополнительный проход для слива масла в бак и предотвращается аварийная ситуация.

Движение стола в левую сторону будет продолжаться до тех пор, пока упор $У_1$, закреплённый на столе станка, не набегит на рычаг реверса $РР$. Поворот рычага через зубчатые колёса z_1 , z_2 и зубчатую рейку, выполненную на плунжере золотника управления $ЗУ$, вызывает перемещение плунжера в крайнее левое положение. При этом проход для масла между канавками f и k золотника $ЗУ$ прекращается и открывается проход между канавками g и h .

Теперь масло из средней расточки золотника реверса $ЗР$ через трубопроводы 9, 10, канавки g и h , трубопровод 11, дроссель D_3 поступает

в правую полость e золотника реверса и через трубопровод 14 в привод поперечной подачи. Тем самым подается своеобразная «команда» на перемещение золотника реверса $3P$ влево и на выполнение поперечной подачи стола станка. Обе «команды» выполняются в момент реверса продольной подачи стола.

Плунжер золотника $3P$ под давлением масла справа перемещается в крайнее левое положение. В результате проход для масла от насоса H из центральной расточки золотника $3P$ в канавку a будет закрыт, а в канавку b — открыт. Кроме того, канавки a и c соединятся, а b и d разъединятся.

При этом положении плунжера золотника реверса масло из бака будет поступать по магистрали «Бак — Φ_1 — H — трубопровод 1 — $PД$ — Φ_2 — трубопровод 3 — средняя расточка $3P$ — канавка b — трубопровод 6 » в левую полость гидроцилиндра $ГЦ$. Шток гидродвигателя вместе со столом станка начнет перемещаться вправо. Масло из правой полости гидроцилиндра будет сливаться в бак через трубопроводы 5 и 4 , канавки a и c золотника $3P$, трубопровод 12 , центральную расточку $3У$, трубопровод 8 , дроссель D_2 .

Стол будет двигаться вправо до тех пор, пока закреплённый на нём упор $У_2$ не повернёт рычаг реверса PP , который через зубчатые колёса z_1 и z_2 и зубчатую рейку переместит плунжер золотника управления $3У$ в крайнее правое положение. Далее весь цикл, описанный выше, повторится, а стол начнёт перемещаться влево.

Регулируемые упоры $У_1$ и $У_2$ устанавливают на боковой стенке продольного стола при наладке станка, определяя тем самым длину продольного хода и моменты его реверсов.

Для перемещения продольного стола вручную маховиком P_2 (см. рис. 12.1) гидросистему отсоединяют от напорного трубопровода 3 , закрывая кран Kp_1 и открывая одновременно кран Kp_2 . При этом масло свободно переливается из одной полости гидроцилиндра $ГЦ$ в другую через трубопроводы 5 и 6 , не препятствуя перемещениям стола. Поскольку насос H при закрытом кране Kp_1 продолжает работать, в трубопроводе 1 повышается давление. Плунжер регулятора давления $PД$ поднимается вверх, и весь объём масла, нагнетаемого насосом H , через полость $PД$ и трубопровод 2 сливается в бак.

Переливные клапаны $ПК_2$ и $ПК_3$ совместно с дросселями D_3 и D_4 участвуют в управлении скоростями срабатывания золотника реверса

при прямом и обратном продольных ходах стола. Так, например, при поступлении масла в полость e золотника реверса при смещении золотника управления $ЗУ$ влево клапан $ПК_3$ открывает дополнительный проход для более быстрого заполнения этой полости и ускорения смещения плунжера золотника влево. При обратном ходе стола и смещении плунжера золотника вправо клапан $ПК_3$ автоматически закрывается, а скорости удаления масла из полости e и смещения золотника $ЗР$ в этом направлении определяются наладкой дросселя D_3 . Аналогично работают клапан $ПК_3$ и дроссель D_4 по отношению к левой полости золотника реверса.

Характеристики и маркировка шлифовального круга

Шлифовальный круг представляет собой твёрдое тело, в котором абразивные зёрна равномерно распределены по объёму и соединены в единый режущий инструмент с помощью связующего материала (связки). Поры внутри материала круга, заполненные воздухом, на рабочей (режущей) поверхности круга выполняют функцию стружечных канавок на рабочей поверхности. Они также могут служить каналами для подвода смазочно-охлаждающей жидкости к зоне резания через инструмент.

Информация об изготовителе, составе, форме, марке абразивного материала, размерах и свойствах круга (зернистости, твёрдости, структуре круга, его связке и точности) в своей совокупности называется *характеристикой круга*. Характеристику в закодированном виде маркируют на одной из поверхностей круга, наносят на наклеенные на круг этикетки и на упаковочной таре. На кругах, предназначенных для шлифования с высокими скоростями, дополнительно рисуют цветные полосы на торце круга: *жёлтую* — для скорости до 63 м/с; *красную* — для скорости до 80 м/с; *зелёную* — для скорости до 100 м/с; *синюю и желтую* — для скорости до 125 м/с.

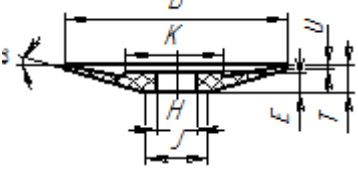
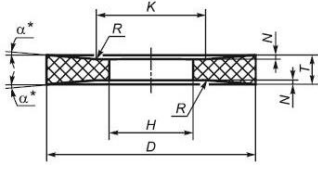
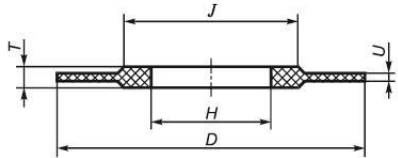
Круги с разными характеристиками обладают разными эксплуатационными свойствами. От правильного выбора характеристик круга зависят: возможность шлифования заданного материала заготовки, возможность шлифования заданной формы поверхности, производительность удаления припуска, шероховатость получаемой поверхности, дефекты её поверхностного слоя (прижоги, микротрещины), стойкость круга, способность круга сохранять первоначальную форму.

Тип и размеры круга. В ГОСТ Р 52781-2007 «Круги шлифовальные и заточные. Технические условия» предусмотрено 39 типов кругов. В таблице 12.1 показаны примеры основных типов, их названия, обозначения размеров и области применения. Выбор типа и размеров круга (D , H и T) зависит от форм заготовки и шлифуемой поверхности, типа и модели станка. Размеры круга D , H и T назначают в соответствии с паспортом шлифовального станка.

Таблица 12.1

Примеры абразивных кругов разных форм

Форма круга			Вид шлифования
Тип	Эскиз	Название	
1		Круг прямого профиля (ПП)	Круглое наружное, бесцентровое, внутреннее, плоское
3		Круг с коническим профилем (ЗП)	Зубошлифование, заточка режущего инструмента
4		Круг с двухсторонним коническим профилем (2П)	Резьбошлифование
5		Круг прямого профиля с одной выточкой (ПВ)	Круглое наружное, бесцентровое, внутреннее, плоское
6		Круг чашечный цилиндрический (ЧЦ)	Плоское, торцовое
11		Круг чашечный конический (ЧК)	Плоское, торцовое, заточка режущих инструментов

Форма круга			Вид шлифования
Тип	Эскиз	Название	
14		Круг тарельчатый (Т)	Зубофрезерование, заточка режущих инструментов
21		Круг с двухсторонней выборкой	Для шлифования пазов
39		Круг с двухсторонней ступицей	Для резки материалов

Материалы абразивных зёрен. Для производства зёрен шлифовальных кругов используют:

- традиционные абразивы – электрокорунд и карбид кремния;
- микрокристаллический корунд, полученный по специальной химической технологии;
- сверхтвёрдые материалы – алмаз и кубический нитрид бора (эльбор). Круги с алмазными и эльборовыми зёрнами отличаются по типу и формам от кругов, представленных в таблице 12.1. Они также имеют иные, чем круги с традиционными абразивами, обозначения. В лабораторной работе предусмотрен выбор абразивных кругов из традиционных абразивов, и именно для них далее приводится информация. Характеристики кругов из сверхтвёрдых материалов приведены в учебнике [6].

Материал абразивных зёрен выбирают в зависимости от вида, марки, свойств обрабатываемого материала и от вида операции шлифования: черновая, чистовая или отделочная.

Электрокорунд. Основу электрокорунда, выплавляемого в электропечах, составляет оксид алюминия Al_2O_3 . Электрокорундовые материалы используют для шлифования всех марок сталей как незакалённых, так и закалённых до высокой твёрдости, цементированных, азотированных сталей и жаропрочных сплавов.

В зависимости от химического состава электрокорунды производят нескольких видов:

электрокорунд нормальный (марки 13А, 14А). Нормальный электрокорунд содержит 93...96 % корунда и обладает повышенной прочностью при шлифовании с ударными нагрузками;

электрокорунд белый (марка 25А). Этот вид электрокорунда химически более чистый, чем нормальный электрокорунд, к тому же он характеризуется более острыми, но более хрупкими зёрнами белого цвета, чем электрокорунд нормальный. Белый электрокорунд содержит 98...99,5 % корунда;

электрокорунд хромистый (марка: 92А). Хромистый электрокорунд легирован хромом и выпускается в нескольких разновидностях: розовый (содержание хрома менее 0,5 %) и рубиновый (содержание хрома 2...3 %). Этот абразивный материал обладает повышенной ударной прочностью, что позволяет применять его при интенсивных режимах шлифования;

монокорунд (марки 29А, 67А). Зёрна монокорунда отличаются по форме от других видов электрокорунда тем, что представляют собой монокристаллы с гладкими гранями и острыми вершинами. Используется монокорунд для кругов, применяемых при шлифовании труднообрабатываемых легированных сталей и сплавов;

электрокорунд хромотитанистый (марка 95А). Этот электрокорунд легирован хромом и титаном; он обладает повышенной ударной прочностью и стойкостью по отношению к хромистому электрокорунду и применяется для изготовления кругов с повышенной стойкостью и работающих при интенсивных режимах шлифования;

электрокорунд циркониевый (марки 28А, ZF, ZS). Прочность легированного цирконием электрокорунда в 5...10 раз больше, чем прочность других видов электрокорундов. Круги из этого материала применяют при силовом обдирочном шлифовании проката, отливок, поковок;

микросталлический корунд. Этот вид абразивного материала выпускают с марками SG и «Кубитрон». Зёрна микросталлического корунда состоят из субмикросталлических кристаллов с размером менее 1 мкм (для сравнения — зерно электрокорунда состоит из кристаллов с размерами 5...20 мкм). В отличие от электрокорунда износ зёрен микросталлического корунда происходит не образованием площадки износа, а выкраши-

ванием микрокристаллов с образованием новых острых вершинок. Это обеспечивает длительное сохранение высокой режущей способности инструмента, увеличение его стойкости между правками, в 7...9 раз меньший износ круга и более высокую производительность. Вместе с тем, этот материал значительно дороже традиционных электрокорундов.

Карбид кремния SiC является более твёрдым, но и более хрупким абразивным материалом, чем электрокорунд. Его зерна выдерживают меньшие ударные нагрузки, что ограничивает область применения карбида кремния как по обрабатываемым материалам, так и по режимам шлифования. К разновидностям карбида кремния относят *зелёный карбид кремния* (марка 64С) и *чёрный карбид кремния* (марки 54С). Их различают по цвету материала.

Карбид кремния используют при шлифовании титановых сплавов, твёрдых сплавов, серого чугуна, цветных сплавов на основе меди и алюминия. Шлифование сталей абразивом из карбида кремния возможно лишь при лёгких режимах. Области применения обоих видов карбида кремния отличаются незначительно. Зеленый карбид кремния обеспечивает меньшую шероховатость поверхности и лучшую режущую способность при обработке мягких и вязких сплавов — алюминиевых, титановых, медных и др. Черный карбид кремния менее хрупкий, чем зеленый карбид кремния, что позволяет применять его при шлифовании на более интенсивных режимах.

Дополнительные рекомендации по применению электрокорундов и карбидов кремния помещены в таблице 12.2.

Таблица 12.2

Области применения традиционных абразивных материалов

Обрабатываемый материал	Абразивный материал	
	Электрокорунд	Карбид кремния
Углеродистые и низколегированные стали (закаленные и незакаленные)	+	—
Инструментальные закаленные стали	+	—
Подшипниковая сталь	+	—
Нержавеющие стали	+	—
Жаропрочные сплавы	+	—
Титановые сплавы	—	+

Обрабатываемый материал	Абразивный материал	
	Электрокорунд	Карбид кремния
Цветные сплавы на основе меди и алюминия	—	+
Твердые сплавы	—	+
Чугун серый	—	+
Резиновые и полимерные покрытия	+	+

Зернистость порошковых абразивных материалов. Под «зернистостью» понимают условное числовое обозначение, характеризующее размер абразивных зёрен основной фракции порошка.

Используемые для изготовления кругов порошковые абразивные материалы по размеру зёрен подразделяют на *фракции* (диапазоны размеров). Фракцию, содержащую наибольшее количество (% по массе) зёрен, называют основной.

Абразивные материалы делят на *шлифовальные порошки*, размеры зерен у которых находятся в пределах от 4750 до 45 мкм, и *микрошлифпорошки* и *тонкие микрошлифпорошки* (в дальнейшем «микрпорошки») — с размерами зерен от 63 до 3 мкм.

Для изготовления абразивного инструмента, а также для использования абразивных порошков при обработке свободным абразивным зерном в соответствии с ГОСТ Р 52381-2005 изготавливают шлифовальные порошки зернистостями от F4 до F220. Конкретные значения зернистости абразивных порошков, величины размеров зерен основной фракции, приведены в таблице 12.3.

Таблица 12.3

Зернистость абразивных порошков

Обозначение зернистости по ГОСТ Р 52381-2005	Размер основной фракции, мкм	Обозначение зернистости по ГОСТ Р 52381-2005	Размер основной фракции, мкм
F4	4750	F10	2000
F5	4000	F12	1600
F6	3350	F14	1400
F7	2800	F16	1250
F8	2360	F20	1000

Обозначение зернистости по ГОСТ Р 52381-2005	Размер основной фракции, мкм	Обозначение зернистости по ГОСТ Р 52381-2005	Размер основной фракции, мкм
F22	850	F70	200
F24	800	F80	180
F30	630	F90	150
F36	500	F100	120
F40	425	F120	100
F46	400	F150	80
F54	320	F180	60
F60	250	F220	50

Зернистость микропорошков в соответствии с ГОСТ 3647-80 обозначается буквой «М» и цифрами, указывающими размер абразивных зерен основной фракции в микрометрах (от М63 до М5). В таблице 12.4 приведены выпускаемые отечественной промышленностью абразивные микропорошки, размеры их основных фракций и примерное международное обозначение зернистости этих порошков в соответствии со стандартом FERA 42D.

Таблица 12.4

Зернистость абразивных микропорошков

Обозначение зернистости по ГОСТ 3647-80	Размер основной фракции, мкм	Обозначение зернистости по стандарту FERA 42D	Обозначение зернистости по ГОСТ 3647	Размер основной фракции, мкм	Обозначение зернистости по стандарту FERA 42D
М63	63-50	F230	М14	14-10	F500
М50	50-40	F240	М10	10-7	F600
М40	48-28	F280	М7	7-5	F800
М28	28-20	F360	М5	5-3	F1000
М20	20-14	F400			

Микропорошки с зернистостью М7 и М5 для изготовления шлифовальных кругов не применяют. Они используются в качестве свободного абразива и для изготовления абразивных брусков и лент.

Выбор зернистости абразивного круга определяется требуемой шероховатостью шлифованной поверхности и видом шлифования (таблица 12.5). Указанные в таблице 12.5 рекомендации относятся к кругам

на керамической связке и к шлифованию закаленной стали. При обработке материалов меньшей твердости (незакаленная сталь, цветные сплавы) следует использовать круги на одну – две позиции зернистости меньше.

Таблица 12.5

Рекомендации по выбору зернистости круга

Вид шлифования	Шероховатость поверхности Ra , мкм	Зернистость круга
Обдирочное	2,5...5,0	F24 – F16
Черновое (предварительное)	1,25...2,5	F46 – F30
Чистовое (окончательное)	0,2...1,25	F90 – F54
Тонкое	0,025...0,2	F400 (M20) – F100

Твёрдость круга характеризует способность связки удерживать абразивные зёрна от вырывания их с рабочей поверхности круга в процессе шлифования под действием силы резания. По степени твёрдости абразивный инструмент подразделяют на ряд групп (таблица 12.6).

Таблица 12.6

Группы твердости абразивных кругов

Группы твердости	ГОСТ Р 52587-2006	Группы твердости	ГОСТ Р 52587-2006
Весьма мягкий	F	Средне твердый	O
	G		P
Мягкий	H		Твердый
	I	R	
	J	S	
Средне мягкий	K	Весьма твердый	T
	L		U
Средней	M	Чрезвычайно твердый	V, W X, Y, Z
	N		

Твёрдость круга выбирают в зависимости от свойств обрабатываемого материала, припуска на обработку и жёсткости шпиндельного узла станка. Так, при назначении твёрдости круга учитывают следующее основное правило: чем твёрже обрабатываемый материал, тем мягче должен быть круг. Это правило не распространяется на весьма мягкие и вязкие материалы и сплавы (алюминий, медь, свинец, латунь и др.). Их лучше обрабатывать мягкими кругами (F, G, H, I, J).

При выборе твердости круга нужно руководствоваться и рядом следующих положений:

— на предварительных операциях применяют более твердые круги, чем на чистовых;

— при шлифовании неровных, прерывистых поверхностей применяют более твердые инструменты, чем при шлифовании ровных поверхностей;

— при шлифовании без применения СОЖ используют более мягкие круги, чем с применением охлаждения;

— шлифование фасонных поверхностей с целью сохранения исходной формы рабочей поверхности требует применения кругов с повышенной твердостью.

Структура абразивного инструмента. Структура абразивного инструмента характеризует соотношение объемов, занимаемых в круге абразивными зёрнами, связкой и порами. Эта характеристика инструмента регламентируется номером структуры. Различают плотные (1–4), средние (5–8), открытые (9–12) и высокопористые (13–18) структуры. Чем выше номер структуры, тем меньше режущих абразивных зёрен находится на рабочей поверхности инструмента, но тем лучше условия для размещения стружки в его порах и подвода смазочно-охлаждающей жидкости через них к зоне резания. При более открытой структуре создаются благоприятные условия для микрорезания абразивными зёрнами и размещения микростружки, что повышает стойкость абразивного инструмента.

Структуру круга выбирают в зависимости от марки обрабатываемого материала и значения припуска. Выбор номера структуры зависит также от вида шлифования, характера обрабатываемой поверхности и типа связки. Рекомендации по выбору структуры круга помещены в таблицу 12.7.

Таблица 12.7

Области применения кругов с разной структурой

Номер структуры	Тип структуры	Область применения
0...4	Закрытая (плотная)	1...3 — изготовление инструментов на бакелитовой и керамической связках для шлифования с малым съёмом металла, например, шлифование колец подшипников, доводочные работы; для изготовления ведущих кругов бесцентрового шлифования;

Номер структуры	Тип структуры	Область применения
		3...4 — профильное шлифование, шлифование, с большими подачами и переменной нагрузкой, отрезные работы.
5...8	Средняя	5...6 — круглое наружное, бесцентровое, плоское шлифование периферией круга; 7...8 — плоское шлифование торцом круга, внутреннее шлифование, шлифование зубчатых колес, резьбошлифование, заточка инструмента.
9...12	Открытая	9...10 — шлифование и заточка инструмента, оснащенного твердым сплавом; 10...12 — профильное шлифование мелкозернистыми кругами (резьбошлифование); 9..16 — обработка вязких металлов, а также металлов, склонных к прижогам и образованию шлифовочных трещин.
13...18	Высокопористая	Обработка мягких и вязких материалов (красной меди, алюминия, пластмассы, дерева, резины, кожи и т. п.)

Связка шлифовального круга. Назначение связки состоит в соединении зёрен абразивного материала в единое целое тело, сохранение формы круга, удержание зёрен при шлифовании от вырывания с поверхности круга, предотвращение разрыва круга центробежными силами и силами резания. В производстве шлифовальных кругов используют керамические, органические и металлические связки. В состав связки кроме непосредственно связующих материалов, могут входить наполнители, служащие для придания инструменту дополнительных физико-механических и эксплуатационных свойств.

Для изготовления шлифовальных кругов используют органические и неорганические связки. К органическим связкам относят бакелитовые, вулканитовые, глифталевые, эпоксидные, поливинилформалевую и полиэфирную связки. Из неорганических связок широкое применение получили керамическая, магнезиальные и силикатные связки. Существует множество

различных конкретных составов связки, для обозначения которых производители во многих случаях используют свои фирменные обозначения.

Вид и марку связки выбирают, исходя из назначения операции шлифования, формы и шероховатости обрабатываемой поверхности (профильная, прерывистая), требуемой точности размеров.

Керамические связки (общее обозначение V) изготавливают из глины, полевого шпата, кварца и ряда других веществ путём их тонкого измельчения, и смешивания в определённых пропорциях. Как правило, при этом к обозначению добавляются дополнительные буквы или цифры. Керамические связки обладают высокой прочностью, обеспечивая шлифование при скорости резания до 80 м/с, и теплостойкостью (1000...1100 °С). Связки этой группы характеризуются высокой прочностью соединения с абразивными зёрнами, поскольку при изготовлении круга образуются химические соединения материалов связки и зёрен. Керамические связки отличаются высокой жёсткостью, что обеспечивает высокую точность размеров и формы изготовленных деталей. Кроме того, они дают возможность изменения пористости круга в широких пределах.

Достоинствами керамических связок являются также устойчивость к воздействию воды и веществ, содержащихся в смазочно-охлаждающей жидкости, низкая склонность к адгезии с обрабатываемым материалом, высокая теплостойкость. Названный комплекс положительных свойств обусловил их широкое применение при обработке заготовок из широкого перечня материалов и для разных видов шлифования.

Негативными свойствами керамических связок являются хрупкость и низкая теплопроводность. Из-за хрупкости керамические связки не рекомендуется использовать при грубом шлифовании поверхностей с неравномерным припуском, при интенсивном шлифовании прерывистых поверхностей, при значительных изгибающих нагрузках, например, при разрезании заготовок тонкими кругами высотой менее 3...4 мм и вышлифовке винтовых стружечных канавок.

Круги на керамической связке изготавливают, в основном, со структурами 5–8.

Магнезиальная связка состоит из каустического магнезита и хлористого магния. Эта связка не приводит к высокому нагреву обрабатываемой поверхности, но имеет пониженную прочность и гигроскопична. Применяется

при сухом шлифовании, когда нельзя подвергать обрабатываемую поверхность сильному нагреву.

Силикатовая связка представляет собой жидкое стекло $\text{Na}_2\text{O}(\text{SiO}_2)_n$ в смеси с окисью цинка, мелом, пластической глиной и другими составляющими. Она обладает достаточной прочностью, водо- и щёлочеустойчивостью, обеспечивает легкое самозатачивание круга, мало выделяет теплоты при шлифовании, круги успешно работают без охлаждения. Негативные свойства силикатовой связки: низкая прочность закрепления абразивных зерен (зёрна выкрашиваются при малом затуплении), круги не могут длительно сохранять форму рабочей поверхности, а потому не могут быть использованы для обработки фасонных поверхностей. Силикатовую связку применяют для кругов при шлифовании материалов, не допускающих нагрева обрабатываемой поверхности.

Органические связки изготавливают на основе фенольных, эпоксидных, полиамидных смол, а также каучука. В кругах из традиционных абразивов широко применяют бакелитовую, вулканитовую, глифталевою и эпоксидно-каучуковую связки.

Прочность органических связок ниже, чем керамических. Для шлифования и отрезки со скоростями (80...100 м/с) круги на этих связках упрочняют сеткой из стеклоткани либо металлическими кольцами. От керамических связок органические связки отличаются упругостью, а в ряде случаев эластичностью. Упругость связок позволяет использовать круги на их основе для грубого шлифования заготовок с неравномерным припуском, а при использовании наиболее эластичных связок (глифталевой, эпоксидно-каучуковой) — для прецизионного шлифования с получением шероховатости Ra до 0,1 мкм. Пористость кругов на органических связках значительно ниже, чем на керамических.

Недостатком органических связок является низкая теплостойкость (220...300 °С) и невысокая стойкость при воздействии воды и щелочей, содержащихся в смазочно-охлаждающей жидкости.

Бакелитовая связка (обозначение В), состоящая в основном из искусственной фенолформальдегидной смолы, является наиболее распространённым представителем органических связок (более 40 % всех абразивных инструментов). Бакелитовая связка используется для изготовления

высокоскоростных кругов, применяемых в литейных и обдирочных цехах для обдирки отливок, удаления окалины и дефектов со слитков, для отрезных кругов и для кругов, работающих с ударными нагрузками. К положительным свойствам этой связки относят высокую ударную прочность и прочность на сжатие, эластичность и меньшую чувствительность к ударам, лучшую самозатачиваемость, меньший нагрев и меньшую опасность прижога обрабатываемой поверхности. В то же время бакелитовая связка характеризуется невысокой теплостойкостью (250...300°), пониженной химической стойкостью по отношению к СОЖ, содержащим щелочные растворы. Круги, изготовленные на бакелитовой связке, склонны к быстрому изнашиванию. Их изготавливают со структурами 1–4.

Вулканитовая связка (обозначение R) — смесь из синтетического каучука, подвергнутого вулканизации, серы, окиси магния, ускорителей вулканизации и наполнителей. Круги на вулканитовой связке используют для предварительного и чистового шлифования, полирования и доводки, резки металла, прорезки узких канавок. На вулканитовой связке можно изготовить очень тонкие круги (десятые доли миллиметра) при диаметрах до 150...200 мм.

Глифталевая связка (ГФ) представляет собой синтетическую смолу из глицерина и фталевого ангидрида. Отличается повышенной водостойкостью и упругостью. Круги на глифталевой связке применяют при тонком и отделочном шлифовании закаленных сталей для получения шероховатости с $Ra = 0,32...0,08$ мкм, а также на доводочных и полировальных операциях.

Классы неуравновешенности шлифовальных кругов. Неуравновешенность круга возникает из-за неоднородности плотности в пределах объёма круга, неточности его размеров и выражается в виде дисбаланса — смещения центра массы круга относительно оси его вращения. Неуравновешенность круга вызывает появление волнистости и ухудшение шероховатости шлифованной поверхности, а на высоких частотах вращения может привести к его разрушению. Неуравновешенность характеризуют тремя классами: 1, 2, 3. Чем меньше номер класса, тем меньше неуравновешенность круга. Классы неуравновешенности при изготовлении абразивных кругов лимитированы ГОСТ Р 52781-2007 (таблица 12.8).

Классы неуравновешенности абразивных кругов

Наружный диаметр круга D , мм	Классы неуравновешенности с предельной рабочей скоростью v , м/с		
	до 40	от 40 до 63	свыше 63
до 125	3	2	2
свыше 125 до 300	2	2	1
свыше 300 до 610	2	2	1
свыше 610	3	2	2

Характеристика абразивных кругов⁴. Характеристики круга указывают на поверхности круга или на упаковке (в случае кругов небольшого диаметра) в следующей последовательности:

Слово «Круг» — тип круга — размеры — материал абразивного зерна — номер зернистости — степень твёрдости — номер структуры — вид связки — допустимая скорость — класс неуравновешенности — ГОСТ_____.

Пример условного обозначения круга типа 1 (см. таблицу 12.1) с наружным диаметром $D = 300$ мм, высотой $T = 20$ мм, диаметром посадочного отверстия $H = 76,2$ мм, из белого электрокорунда марки 25А, зернистостью F60, твердостью К, номером структуры 6, на керамической связке V, с предельной окружной скоростью 40 м/с, 2-го класса неуравновешенности:

Круг 1 300×20×76,2 25А F60 К 6 V 40 м/с 2 кл. ГОСТ Р 52781-2007

Выбор и расчёт параметров режима плоского шлифования

Скорость резания при шлифовании v (м/с) определяют по формуле:

$$v = \pi D_{кр} n / 1000 \cdot 60, \quad (12.1)$$

где $D_{кр}$ — наружный диаметр шлифовального круга, мм; n — частота вращения круга (шпинделя станка), об/мин. Для плоскошлифовального станка модели 3Г71М $n = 2740$ об/мин.

⁴ Сведения по ориентировочному соответствию характеристик шлифовальных кругов по ГОСТ Р 52381-2005 и ранее действовавшим национальным стандартам представлены в приложении 3.

Значение продольной подачи выбирают в пределах $S_{np} = 5 \dots 20$ м/мин. Поперечную подачу S_{non} при черновом шлифовании ($Ra = 1,25 \dots 2,5$ мкм) принимают равной $(0,3 \dots 0,7) H_{кр}$, при чистовом ($Ra = 0,2 \dots 1,25$ мкм) шлифовании — $(0,2 \dots 0,3) H_{кр}$, где $H_{кр}$ — высота шлифовального круга, мм.

При удалении припуска Z (мм), превышающего допустимую глубину резания t , шлифование производят за несколько рабочих ходов. Одним рабочим ходом называют одноразовое шлифование всей обрабатываемой поверхности с глубиной резания t . Число ходов i определяют по формуле $i = Z/t$, округляя результат в большую сторону до целого числа. Глубину резания при черновом шлифовании назначают в пределах $0,02 \dots 0,15$ мм. При чистовом шлифовании глубину резания устанавливают в диапазоне значений от $0,005$ до $0,02$ мм.

Основное время при плоском шлифовании одной заготовки τ_0 (мин) вычисляют по формуле

$$\tau_0 = \frac{L \cdot B}{1000 S_{np} \cdot S_{non}} \cdot i, \quad (12.2)$$

где L — длина продольного хода стола, мм; B — ширина шлифования, мм. При шлифовании одной заготовки $L = \ell + 2y$, $B = b + H_{кр} + 5$, где ℓ — длина заготовки, мм; $y = 20 \dots 30$ мм — длина перебега стола; b — ширина заготовки, мм.

Если шлифование заготовки выполняют за два перехода (черновой и чистовой), осуществляемые с разными режимами резания, то основное время τ_0 определяют как сумму времени, затрачиваемого на черновое и на чистовое шлифование.

Содержание работы

Работа включает: изучение устройства и назначения плоскошлифовального станка модели 3Г71М, характеристик шлифовальных кругов, параметров режима шлифования и основ их выбора для конкретных условий работы; выбор характеристики шлифовального круга для заданных условий шлифования, назначение элементов режима плоского шлифования для обработки заготовки по индивидуальному заданию, подготовку отчёта.

Последовательность проведения работы

1. Изучите устройство станка и схему гидропривода продольной подачи стола.

2. Проследите за шлифованием заготовки учебным мастером и определите с помощью профилометра MarSurf PS1 [1] шероховатость поверхности заготовки до и после обработки.

3. Изучите характеристики шлифовальных кругов. По заданию преподавателя расшифруйте марку одного из кругов, расположенных на демонстрационном стенде. Определите его назначение.

4. Получите индивидуальное задание (таблица 12.9) и выполните следующие действия.

4.1. Определите вид шлифования (черновое или чистовое), рассчитайте скорость главного движения резания v , выберите глубину резания t и поперечную подачу $S_{\text{поп}}$. Продольную подачу $S_{\text{пр}}$ и высоту круга $H_{\text{кр}}$ задаёт преподаватель.

4.2. Рассчитайте основное время на шлифование заготовки τ_0 .

4.3. Выберите характеристику шлифовального круга согласно индивидуальному заданию.

Содержание отчёта

1. Название работы.

2. Эскиз назначенного по заданию преподавателя шлифовального круга, расшифровка его маркировки, область применения.

3. Номер, формулировка и исходные данные индивидуального задания (таблица 12.8).

Индивидуальное задание: «Назначить параметры режима плоского шлифования и характеристики шлифовального круга на основе расчётов и выбора из указанных в пособии данных».

4. Изображение заданного участка схемы гидропривода и описание его работы.

5. Выбор и расчёт параметров режима шлифования по индивидуальному заданию в последовательности, указанной в п. 4 раздела «Последовательность проведения работы».

6. Сведения о режиме шлифования и шероховатости поверхности заготовки до и после шлифования.

Таблица 12.9

Индивидуальные задания

Номер задания	Функция гидропривода	Диаметр круга $D_{кр}$, мм	Размеры обрабатываемой плоскости $\ell \times b$, мм	Припуск, Z , мм	Ra , мкм	Материал и твёрдость заготовки
1	Управление скоростью продольной подачи	150	130 × 65	0,30	2,5	Сталь 45, HB 220
2	Реверс продольного стола	190	400 × 125	0,25	1,6	СЧ30
3	Ход стола влево	160	75 × 75	0,10	0,8	9ХС, HRC ₃ , 60
4	Команда на поперечную подачу	260	350 × 110	0,05	0,2	P12, HRC ₃ , 66
5	Продольная подача вручную	120	50 × 30	0,03	0,1	T15K6, HRA 90
6	Регулирование давления в системе	160	100 × 50	0,25	1,6	БрАМц10-2
7	Ход стола вправо	170	170 × 80	0,15	1,25	АЛ1, HB 95
8	Слив масла из левой полости гидроцилиндра	270	360 × 60	0,05	0,2	P9K5, HRC ₃ , 65
9	Слив масла из правой полости гидроцилиндра	130	80 × 70	0,15	2,5	КЧ37-12
10	Работа золотника управления	170	250 × 100	0,10	0,8	У10А, HRC ₃ , 60
11	Работа золотника реверса	210	130 × 60	0,08	0,4	ВК8, HRA 88
12	Включение продольной подачи	180	210 × 100	0,35	3,2	08Х18Н10Т, HB190

13. НАЗНАЧЕНИЕ РЕЖИМА РЕЗАНИЯ ПРИ ТОЧЕНИИ

Цель работы: знание методики назначения режима резания; умение назначать режим резания при точении с использованием справочной литературы.

Общие положения

Режимом резания по ГОСТ 25762–83 «Термины, определения и обозначения основных параметров» называют совокупность численных значений скорости главного движения резания v , подачи S и глубины резания t .

Определение оптимального режима резания является одной из самых распространённых технологических задач в машиностроении. Это вызвано тем, что себестоимость обработки, расход инструмента, производительность труда существенно зависят от назначенного режима резания.

Режим резания прямо или косвенно влияет на все составляющие штучного времени $T_{шт}$ (см. работу 8). На основное (машинное) время T_o элементы режима резания оказывают непосредственное влияние. Так, увеличение любого из элементов режима резания снижает основное время, повышая производительность труда. На остальные структурные составляющие $T_{шт}$ элементы режима резания оказывают косвенное влияние через изменение стойкости инструмента T . Например, увеличение скорости резания снижает стойкость инструмента и соответственно этому увеличивает вспомогательное время, связанное с простоем оборудования.

Решение задачи оптимизации обработки сводится к отысканию режима резания, обеспечивающего для конкретных условий изготовления изделия наилучшее значение выбранного критерия оптимальности. Критерием оптимальности обычно служит одно из трёх технико-экономических требований: минимальная себестоимость обработки заготовки, минимальный расход режущего инструмента, максимальная производительность труда, т. е. минимальное основное время обработки.

Критерий минимальной себестоимости обработки приемлем для большинства операций обработки резанием, но его применение требует проведения большого объёма расчётных работ при подготовке производства и многочисленных сведений по исходной информации, зачастую известной не полностью. Выбор второго критерия — минимального расхода режущего инструмента — целесообразен в тех случаях, когда оборудование

на данной операции недогружено из-за недостаточной производительности на предшествующих операциях. Третий критерий оптимальности режима обработки, обеспечение максимальной производительности процесса, используют при проектировании тех операций, которые лимитируют по производительности последующие операции технологического процесса изготовления детали.

При оптимизации режима резания необходимо учесть все технологические и организационно-технические ограничения, накладываемые на параметры режима, и выразить эти ограничения аналитически или графически. Число таких ограничений достаточно велико. Важнейшими из них являются ограничения, накладываемые требованиями по качеству обработки заготовки (шероховатость поверхности, качество поверхностного слоя детали, точность размера и формы обрабатываемой поверхности), ограничения по производительности обработки, ограничения, связанные с характеристиками станка (мощность приводов, допустимые силы и момент сил, дискретные ряды частот вращения шпинделя n_{cm} и подачи S_o , ограничения, накладываемые инструментом: допускаемые нагрузки, глубина резания и др.).

Поэтому в общем случае исходными данными для расчёта режима резания являются [3, 5]:

- вид обработки;
- технологический эскиз операции с указанием выполняемых размеров, точности изготовления, требуемой шероховатости, способа установки и закрепления заготовки на станке;
- материал заготовки;
- исходное состояние обрабатываемой поверхности;
- размер припуска на обработку;
- модель станка, мощность его двигателя, допустимые крутящий момент $M_{кр}$ на шпинделе и осевое усилие движения подачи P_x ;
- размеры инструмента.

Последовательность назначения режима резания при точении

В теории резания металлов существуют различные методы оптимизации режимов резания. В данной работе поставленная задача реализуется *методом последовательного определения элементов режима резания.*

Сущность этого наиболее простого и распространённого метода оптимизации состоит в следующем. Основным ограничением экономического характера при реализации метода точения принимается стойкость резца T (мин). Определяется она по известной формуле [5]

$$T = \frac{C_T}{t^{x_T} S_o^{y_T} v^{n_T}} \quad (13.1)$$

В соответствии с этой формулой различия во влиянии элементов режима резания на стойкость инструмента определяются сопоставительными величинами показателей степеней при v , S_o , t . Их количественное соотношение, установленное значительным числом экспериментов, имеет следующий вид:

$$n_T > y_T > x_T.$$

Конкретные значения показателей определяются ограничениями на качество обработки, устанавливаемыми чаще всего по параметру шероховатости обрабатываемой поверхности Ra или Rz . Необходимая для их определения информация содержится в справочниках, например, работе [5].

Соотношения показателей степени при элементах режима резания определяют последовательность их назначения, так как из теории оптимизации известно, что выбор в первую очередь должен осуществляться с назначения параметра, влияние которого на искомую функцию наименьшее, в данном случае — с глубины резания t [3]. Вторым элементом режима резания назначают подачу S_o с учётом уже выбранной глубины резания. И только вслед за этим приступают к определению скорости резания v .

Для назначения v сначала по двум определённым элементам режима резания t и S_o устанавливают стойкость резца T на основе справочных таблиц. Затем, используя зависимость (13.1), производят расчёт допустимой скорости резания v (м/мин) по выведенной из этой зависимости формуле

$$v = \frac{C_v}{T^m t^{x_v} S_o^{y_v}} k_v, \quad (13.2)$$

где C_v — коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала, вида работы и толщины среза; m , x_v , y_v — показатели степени при значениях стойкости инструмента T , глубины резания t и подачи S_o , определяемые эмпирическим методом либо по справочникам.

Поправочный коэффициент на скорость резания k_v рассчитывают по формуле (13.3) как произведение частных поправочных коэффициентов, каждый из которых отражает отличие фактического значения одного из конкретных условий резания от использованного при экспериментальном определении значения коэффициента C_v . В формулу (13.3) включены важнейшие из них. Определяют поправочные коэффициенты по таблицам справочников, например, справочника [5].

$$k_v = k_{m_v} k_{n_v} k_{u_v} k_{\varphi_v} k_{T_v}, \quad (13.3)$$

где k_{m_v} — поправочный коэффициент на обрабатываемый материал ([5], табл. 1); k_{n_v} — поправочный коэффициент на состояние обрабатываемой поверхности, определяемое способом получения заготовки и наличием на её поверхности корки или загрязнений ([5], табл. 5); k_{u_v} — поправочный коэффициент на инструментальный материал ([5], табл. 6); k_{φ_v} — поправочный коэффициент на величину главного угла в плане резца φ ([5], табл. 18); k_{T_v} — поправочный коэффициент на значение принятой стойкости режущего инструмента T .

В целом расчёт режима резания включает в себя три этапа: отбор и анализ необходимой исходной информации, назначение оптимального сочетания элементов режима резания, проверочные расчёты. Основными видами действий при выполнении этих этапов являются:

- выбор типа режущего инструмента и его геометрических параметров;
- выбор инструментального материала и смазочно-охлаждающей жидкости;
- назначение глубины резания t ;
- назначение или расчёт подачи S_0 ;
- назначение или расчёт периода стойкости резца T ;
- расчёт скорости главного движения резания v ;
- расчёт составляющих силы резания P_z, P_x ;
- расчёт мощности привода и выбор металлорежущего станка или проверка режима резания по мощности привода и усилию подачи на заданном станке, имеющем мощность электродвигателя $N_{эл}$;

— корректировка скорости резания при недостаточной мощности станка.

Расчёт режима резания для каждого метода обработки имеет свои особенности. В данной работе рассмотрена методика назначения режима резания для обтачивания цилиндрической поверхности, растачивания отверстия и подрезания торца заготовки (рис. 13.1, а, б, в).

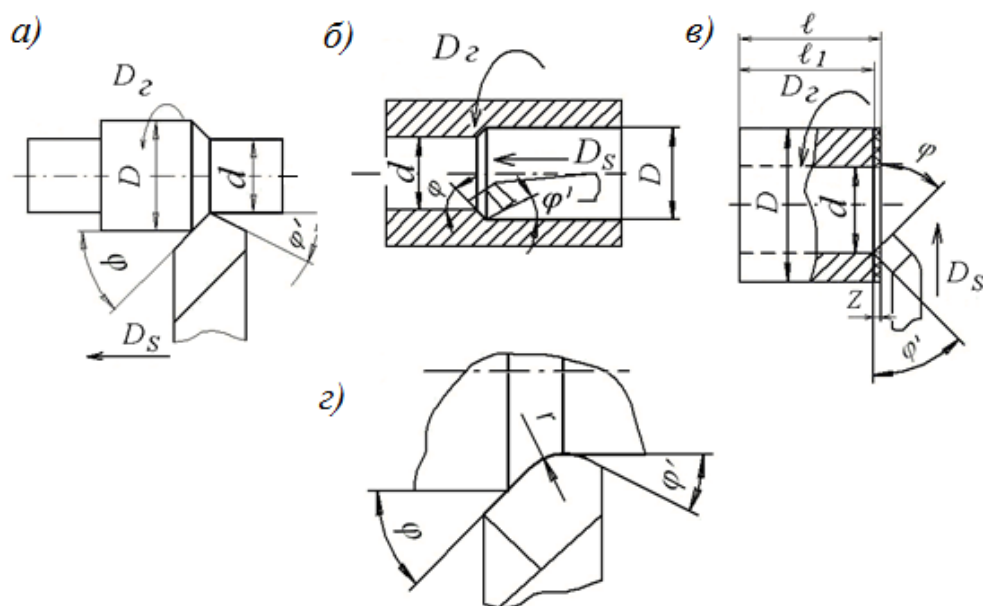


Рис. 13.1. Схемы токарных работ:

а — обтачивание цилиндрической поверхности; б — растачивание отверстия;
в — подрезание торца; г — радиус при вершине резца

Назначение глубины резания. Значение принимаемой глубины резания t зависит от места выполняемой операции в технологическом процессе изготовления изделия (этапы черновой, получистовой, чистовой обработки и тонкого точения) и заданных чертежом точности обработки и шероховатости обработанной поверхности.

При черновой обработке целесообразно весь припуск Z удалить за один рабочий ход. Однако если значение $Z/2$ превышает допустимую для конкретного станка глубину резания t_{max} , то удаление припуска осуществляют за несколько рабочих ходов, обозначаемое символом i .

Число рабочих ходов зависит, в первую очередь, от жёсткости технологической системы и характеристик обрабатываемого материала. На каждом последующем ходу следует назначать меньшую глубину резания, чем на предшествующем.

При получистовой и чистовой обработке припуск делят на части и удаляют его за несколько рабочих ходов: первый (или несколько начальных) рабочий ход выполняют с большей для данного вида обработки глубиной резания, последний рабочий ход — с меньшей глубиной резания. Конкретные значения t устанавливают, руководствуясь рекомендуемыми в таблице 13.1 данными.

Таблица 13.1

Рекомендации по назначению глубины резания

Вид точения	Точность обработки, квалитет	Шероховатость Ra , мкм	Глубина резания, t , мм
Черновое	12–14	более 12,5	5,0...8,0
Получистовое	9–11	6,3...12,5	2,0...5,0
Чистовое	7–8	1,25...6,3	0,5...2,0
Тонкое	5–6	0,32...1,25	0,05...0,2

При растачивании отверстий в связи с меньшей жёсткостью расточного резца, чем проходного, при назначении глубины резания следует принимать меньшие из указанных в таблице 2.1 значений и проверять возможность их использования по жёсткости примененного инструмента.

Выбор подачи S_0 . Подачу S_0 , то есть перемещение резца за один оборот заготовки, выбирают в зависимости от назначенной глубины резания и заданной шероховатости обработанной поверхности с учётом ряда ограничений.

Необходимые для принятия решения данные находят по рекомендациям справочников, отраслевых или заводских нормативов по резанию. Затем проверяют правильность назначения подачи по таким критериям, как:

- допустимое осевое усилие подачи станка (ограничивает значение силы P_x);
- допустимый прогиб резца;
- заданная шероховатость обработанной поверхности.

При черновом точении главными ограничениями величины подачи являются прочность и жёсткость державки резца, прочность слабых звеньев механизмов подачи станка, жёсткость обрабатываемой заготовки и ме-

тод её закрепления. Учёт этих ограничений осуществляют по таблицам, приведённым в справочниках (по типу таблицы 13.2).

Таблица 13.2

**Допустимые подачи при черновом точении сталей резцами
из быстрорежущей стали или твердого сплава**

Диаметр заготовки, D , мм	Размер державки резца, $b \times h$, мм	Подача S_o , (мм/об) при глубине резания t		
		до 3 мм	от 3 до 5 мм	от 5 до 8 мм
до 20	16 × 25	0,3...0,4	–	–
	25 × 25			
20...40	16 × 25	0,4...0,5	0,3...0,4	–
	25 × 25			
40...60	16 × 25	0,5...0,7	0,4...0,7	0,3...0,5
	25 × 40	0,6...0,9	0,5...0,8	0,4...0,7
60...100	16 × 25	0,6...0,9	0,5...0,7	0,5...0,6
	25 × 40	0,9...1,2	0,8...1,1	0,7...0,9

При получистовом и чистовом точении подачу выбирают по таблице 13.3 в зависимости от заданной шероховатости обработанной поверхности и радиуса при вершине резца r (см. рис. 13.1, z).

Таблица 13.3

**Допустимые подачи при чистовом и получистовом точении сталей
резцами из быстрорежущей стали или твёрдого сплава**

Параметр шероховатости поверхности, Ra , мкм	Радиус при вершине резца r , мм					
	0,4	0,8	1,2	1,6	2,0	2,4
	Подача S_o , мм/об					
0,63	0,07	0,1	0,12	0,14	0,15	0,17
1,25	0,1	0,13	0,165	0,19	0,21	0,23
2,5	0,144	0,20	0,246	0,29	0,32	0,35
6,3	0,25	0,33	0,42	0,49	0,55	0,60
12,5	0,35	0,51	0,63	0,72	0,80	0,87
50	0,47	0,66	0,81	0,94	1,04	1,14

Назначение периода стойкости T . При необходимости получения точных данных период стойкости определяют вычислением с помощью формул, известных из теории резания, в частности, формулы для опреде-

ления экономически оптимальной стойкости инструмента. Однако проведение такого расчёта требует наличия ряда экспериментально устанавливаемых данных, что усложняет всю процедуру назначения режима обработки.

В среднем экономически целесообразное значение стойкости резца T , определяемое по этим формулам, находится в пределах 30...60 минут.

Упрощённая методика предполагает возможность произвольного назначения стойкости инструмента в пределах или даже за пределами ранее указанных значений и учёт допускаемых при этом погрешностей путем расчёта скорости резания по формуле (13.2) с введением в эту формулу поправочного коэффициента k_{T_v} . Чаще всего при назначении режима резания принимают стойкость резца, равную 60 минут. Это связано с тем, что в таком случае поправочный коэффициент k_{T_v} равен 1,0 (таблица 13.4).

Таблица 13.4

Поправочные коэффициенты k_{T_v} на скорость резания в зависимости от принятой стойкости резца

Материал инструмента	Коэффициент k_{T_v} при периоде стойкости T , мин					
	30	45	60	90	130	200
Быстрорежущая сталь	1,1	1,05	1,0	0,9	0,8	0,75
Твёрдый сплав	1,15	1,05	1,0	0,9	0,85	0,8

Расчёт скорости резания. Поскольку значения t , S_o , T назначены или выбраны по справочнику, определены показатели степени при значениях стойкости инструмента m , x_v , y_v и коэффициент C_v , скорость резания можно вычислить с помощью зависимости (13.2).

После расчёта скорости резания необходимо по справочным данным определить частоту вращения шпинделя $n_{расч}$, выбрать ближайшую меньшую частоту вращения $n_{см}$ из имеющихся на станке значений ($n_{см} \leq n_{расч}$) и затем на основе этого значения произвести расчёт фактической скорости резания v_f на заданной технологической операции. Методика выполнения данных процедур представлена в работе 1.

Именно этими фактическими скоростью главного движения резания v_ϕ и частотой вращения шпинделя станка n_{cm} нужно оперировать в дальнейших расчётах. Эти расчёты направлены на выбор оборудования и осуществление проверки выполнения ограничений на режим резания.

Выбор оборудования и проверка выполнения ограничений на режим резания. Для реализации поставленных задач необходимо рассчитать силу резания и, в частности, её тангенциальную составляющую по формуле (см. работу 7):

$$P_z = C_{p_z} t^{x_{p_z}} S^{y_{p_z}} v^{n_{p_z}}. \quad (13.4)$$

Мощность резания $N_{рез}$ (Вт), затрачиваемую на создание главного движения резания, определяют по формуле

$$N_{рез} = P_z v_p. \quad (13.5)$$

Полученное из формулы (13.5) значение $N_{рез}$ определяет эффективную мощность станка. Исходя из этого значения, далее определяют мощность электродвигателя станка по формуле

$$N_{эл} = N_{рез} / k_\eta, \quad (13.6)$$

где k_η — коэффициент полезного действия станка, который принимают в диапазоне 0,8...0,9.

По определённом таким образом значению $N_{эл}$ осуществляют выбор металлорежущего станка или проводят проверку возможности использования имеющегося оборудования для обработки заготовки с выбранным режимом резания. Если значение мощности существующего станка N_{cm} меньше расчётного значения мощности $N_{эл}$, то необходимо либо выбрать для обработки более мощный станок, либо уменьшить параметры режима резания, установив на основе формул (13.5) и (13.6) то предельное значение скорости главного движения резания v , которое допустимо при обработке на данном станке.

Содержание работы

Работа включает: изучение основ выбора режима резания и назначение режима резания для одного из видов токарных работ по исходным данным индивидуального задания с использованием справочного пособия.

Последовательность выполнения работы

1. Изучите основы и последовательность назначения режимов резания при точении, используя сведения данной работы и справочников [3, 5].

2. Для конкретных условий обработки, определенных индивидуальным заданием (таблица 13.5), назначьте рациональные режимы резания в представленной далее последовательности действий.

Примечание. При выполнении работы перечень исходных данных для уменьшения числа проверочных расчётов сокращён.

2.1. Изучите представленные в задании данные.

2.2. Выберите тип токарного резца, нарисуйте схему обработки, согласно рисунку 13.1 с конкретными параметрами процесса, установленными в индивидуальном задании, и согласуйте её с преподавателем.

2.3. Установите число рабочих ходов i , необходимое для удаления припуска Z , используя предельные значения глубины резания, указанные в таблице 13.1.

2.4. Назначьте подачу S_0 (мм/об) по таблицам 13.2 и 13.3.

Примечание. Проверка выбранной подачи в данном упражнении не предусмотрена ни по одному из условий, приведённых в разделе «Последовательность назначения режима резания при точении».

2.5. Примите период стойкости режущего инструмента T равным 60 минутам.

2.6. Рассчитайте скорость главного движения резания $v_{расч}$ по формуле (13.2), определив по справочнику [5] поправочные коэффициенты на материал заготовки k_{m_v} , состояние обрабатываемой поверхности k_{n_v} , материал инструмента k_{u_v} и на значение главного угла в плане k_{ϕ_v} .

2.7. Определите частоту вращения шпинделя $n_{расч}$ по формуле (1.1) и откорректируйте её по табличным значениям частот вращения шпинделя токарно-винторезного станка модели 16К20, установив $n_{см} \leq n_{расч}$.

2.8. Определите действительную скорость резания $v_{ф}$.

2.9. Рассчитайте окружную составляющую силы резания P_z (по формуле (13.3)).

2.10. Определите эффективную мощность $N_{рез}$ и необходимую мощность электродвигателя $N_{эл}$ по формулам (13.5) и (13.6).

Индивидуальные задания

№ п/п	Вид обработ- ки	Материал заготовки	Заготов- ка: вид, <i>Ra</i> , мкм	Деталь: <i>Ra</i> , мкм	Материал инстру- мента	Параметры лезвия резца				Размеры заготовки, мм			
						φ , град	φ' , град	γ , град	r , мм	D	d	ℓ	ℓ_1
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	Точение	Сталь Ст3, $\sigma_s = 450$ МПа	Поковка	12,5	T5K10	45	45	-5	2	100	75	–	–
2	Растачи- вание	СЧ10, <i>HB</i> 160	Отливка с коркой	25	BK8	45	45	0	2	80	50	–	–
3	Подре- зание	Сталь 45, $\sigma_s = 680$ МПа	Прокат, пруток	6,3	T5K10	45	15	0	1,5	80	20	70	60
4	Точение	Сталь 45X, $\sigma_s = 750$ МПа	<i>Ra</i> 6,3	1,25	T15K6	60	10	-5	1,5	100	95	–	–
5	Растачи- вание	СЧ20, <i>HB</i> 240	Отливка без корки, <i>Ra</i> 6,3	0,8	BK8	90	20	0	1,5	60	35	–	–
6	Точение	Бр АЖ 9-4, <i>HB</i> 120	Отливка с коркой	6,3	BK6	45	45	10	2	90	60	–	–
7	Растачи- вание	Силумин АЛ2, <i>HB</i> 50	Отливка без корки	0,8	BK4	60	15	15	1,5	75	70	–	–

Продолжение табл. 13.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
8	Подреза- ние	Сталь 20, $\sigma_s = 500$ МПа	Прокат, пруток, обработан	3,2	P6M5	120	15	10	1,5	70	40	60	55
9	Точение	Сталь 12X18H9T	<i>Ra 3,2</i>	0,4	BK4	75	15	-5	2,0	80	75	–	–
10	Растачи- вание	Бр ОЦ-4-3, <i>HB 70</i>	Отливка без корки	1,25	BK6	45	15	10	0,5	80	60	–	–
11	Подреза- ние торца	Сталь Ст3, $\sigma_s = 500$ МПа	Предвари- тельное точение	6,3	T5K10	90	15	-5	1,5	100	80	60	55
12	Точение	Силумин АЛ2, <i>HB 50</i>	Отливка без корки	1,25	BK4	45	15	15	1,0	95	75	–	–
13	Растачи- вание	Сталь 38ХА, $\sigma_s = 680$ МПа	Прокат с просвер- ленным отверстием	0,8	T15K6	90	15	-5	1,5	75	70	–	–
14	Подреза- ние торца	Бронза Бр АЖ 9-4, <i>HB 120</i>	Пруток	3,2	P18	45	15	10	1,5	60	20	50	45
15	Точение	СЧ15, <i>HB 180</i>	Отливка с коркой	12,5	BK8	30	45	0	2,0	95	70	–	–

2.11. Сопоставьте мощность привода токарно-винторезного станка модели 16К20 ($N = 10$ кВт) и рассчитанное значение $N_{эл}$. Сделайте вывод о возможности и целесообразности реализации выбранного режима обработки на этом станке.

3. Произведите наладку токарно-винторезного станка модели 16К20 на выбранный режим обработки и совместно с учебным мастером осуществите точение поверхности заготовки на этом режиме.

Содержание отчёта

1. Номер, формулировка и исходные данные индивидуального задания.

Индивидуальное задание: «Назначить режим резания и осуществить проверку возможности его реализации на токарно-винторезном станке модели 16К20».

2. Схема обработки заготовки.

3. Назначение режима резания (выполнить в последовательности, представленной в п. 2 раздела «Последовательность выполнения работы», с краткими комментариями).

4. Назначенный режим обработки.

14. МЕТАЛЛОРЕЖУЩИЕ ИНСТРУМЕНТЫ: ВИДЫ, ЧАСТИ И ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ⁵

Цель работы: знание общих сведений о конструктивных и геометрических элементах металлорежущих инструментов; умение находить их на реальных инструментах и обозначать конструктивные и геометрические параметры на эскизах.

Общие сведения

Разнообразие технологических методов обработки заготовок резанием определяет наличие в промышленности широкой номенклатуры металлорежущих инструментов. К ним относят резцы, фрезы, свёрла, зенкеры, развёртки, метчики, плашки, протяжки и т. д. Режущий инструмент обеспечивает создание поверхности детали заданной чертежом формы и размеров путем отделения стружки от заготовки. Эффективность процесса

⁵ Работа может проводиться только после выполнения работы 6.

резания во многом определяется конструктивными и геометрическими характеристиками инструмента, маркой материала и его свойствами. Так, производительность и стоимость механической обработки существенно зависят от прочности лезвий режущего инструмента, термоустойчивости инструментального материала, формы и расположения режущих кромок.

Изучение различных типов металлорежущих инструментов позволяет глубже понять технологические возможности конкретных методов обработки резанием и определить факторы, обеспечивающие эффективность их применения.

Конструктивные и геометрические элементы металлорежущих инструментов

По внешнему виду металлорежущие инструменты различных групп существенно отличаются друг от друга. В то же время все они имеют рабочую и крепёжную части. Основу рабочей части любого инструмента составляет режущая часть, состоящая из одного или нескольких клинообразных элементов, служащих для проникновения в материал заготовки и отделения стружки. Эти элементы называют лезвиями.

Рабочая часть некоторых инструментов, кроме режущей, имеет и калибрующую часть. Последняя, удаляя незначительный, оставшийся после прохождения режущей части припуск, обеспечивает получение окончательной точности размеров и требуемое качество обработанной поверхности на детали.

По количеству лезвий режущие инструменты подразделяют на однолезвийные и многолезвийные. Примером однолезвийного металлорежущего инструмента может служить токарный проходной резец, части и элементы которого рассмотрены в лабораторной работе 6.

Для того чтобы режущий инструмент мог осуществлять резание, его лезвие должно быть определённым образом ориентировано относительно поверхностей заготовки (обрабатываемой, обработанной, поверхности резания (см. рис. 6.1, *a*) и вектора скорости резания v (см. рис. 6.2). В координатной системе, связанной с этими поверхностями, применительно к лезвию рассматривают геометрические параметры (углы) режущей части инструмента, получаемые заточкой, расположением лезвий на корпусе инструмента и положением самого инструмента на станке. Основными среди них являются: передний угол γ , главный задний угол α , угол

заострения β , главный и вспомогательный углы в плане φ и φ' , угол наклона главной режущей кромки λ (см. рис. 6.1; 6.2).

Лезвие инструмента образовано передней и задней (задними) поверхностями, которые в процессе резания находятся в контакте с заготовкой и (или) стружкой. С целью снижения сил трения высота шероховатости этих поверхностей по параметру Ra не должна превышать 0,16 мкм.

Передняя поверхность лезвия у многих инструментов является частью поверхности стружечной канавки. Размеры и форма последней выбираются такими, чтобы стружка, образованная за время непрерывного контакта лезвия инструмента с заготовкой, могла разместиться в объёме этой канавки. Рисунки некоторых инструментов со стружечными канавками приведены в заданиях 1, 2, 3, 6 и др. (таблица 14.1).

Если инструмент оснащён пластинками из инструментального материала, то их закрепляют на корпусе пайкой или механическим способом. Инструмент с механическим креплением режущих пластин называют сборным.

Режущий инструмент при установке на станок должен быть не только определённым образом ориентирован относительно заготовки, но и надёжно закреплён. Для реализации этой функции служит его крепёжная часть, выполняемая в виде призматического стержня, как у резца, конического или цилиндрического хвостовика, посадочного отверстия. С целью экономии дорогостоящих инструментальных материалов крепёжную часть инструмента часто изготавливают из конструкционной стали. Рабочую и крепёжную части инструмента в этом случае соединяют между собой с помощью сварки или пайки, а изготовленный по такой технологии инструмент называют составным. Примеры составных инструментов приведены в заданиях 1, 2, 8, 11, 14 (таблица 14.1).

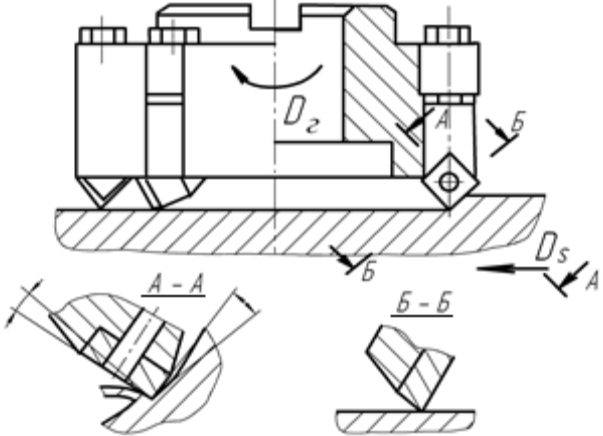
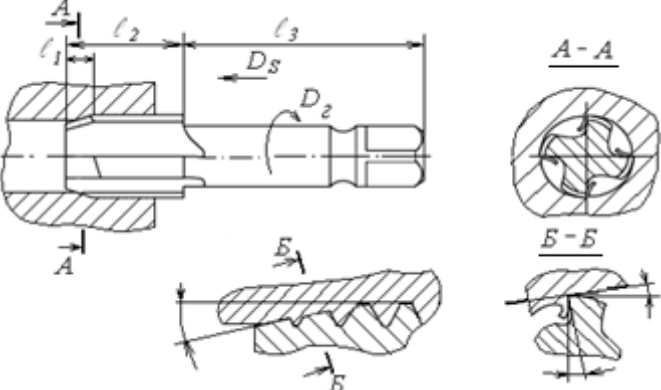
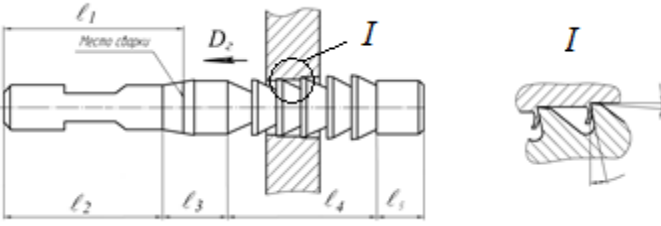
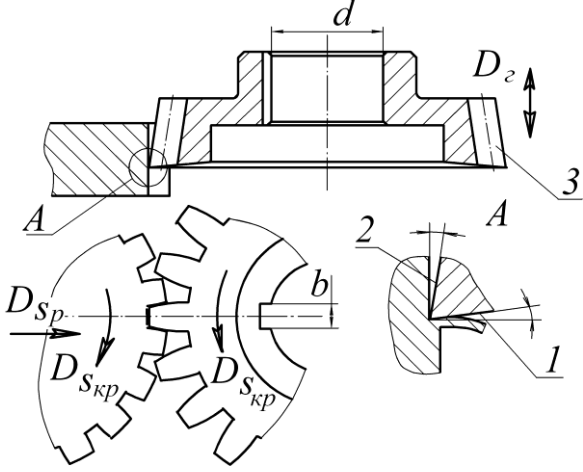
При изучении конструкции режущего инструмента и нахождении его конструктивных и геометрических параметров необходимо мысленно представить инструмент в процессе резания. При этом следует определить направление движений резания: главного движения D_z и движения подачи D_s . Это позволит найти и правильно обозначить на эскизе инструмента и его сечениях следы основной плоскости P_{ν_c} , плоскости резания P_{n_c} и главной секущей плоскости P_{τ_c} (см. рис. 6.2). Основы выделения и правила нахождения координатных плоскостей изложены в работе 6.

Индивидуальные задания

№ п/п	Вид инструмента. Дополнительное задание	Эскиз инструмента
1	2	3
1	<p>Сверло спиральное. Найти и обозначить вспомогательную секущую плоскость и углы α' и φ'.</p>	
2	<p>Зенкер спиральный. Найти и обозначить на эскизе угол φ.</p>	
3	<p>Развертка насадная. Найти и показать на эскизе угол φ.</p>	

1	2	3
4	<p>Сверло центровочное. Нанести на эскизе обозначения неуказанных углов.</p>	
5	<p>Резец круглый фасонный. Нанести на эскизе обозначения неуказанных углов.</p>	
6	<p>Сверло для глубокого сверления. Найти и обозначить вспомогательную секущую плоскость и углы α' и φ'.</p>	
7	<p>Фреза цилиндрическая. Нанести на эскизе обозначения неуказанных углов.</p>	

1	2	3
8	<p>Фреза концевая. Нанести на эскизе обозначения неуказанных углов.</p>	
9	<p>Фреза фасонная дисковая.</p>	
10	<p>Фреза дисковая трёхсторонняя. Найти и обозначить вспомогательную секущую плоскость и угол α'.</p>	
11	<p>Фреза грибковая. Нанести на эскизе обозначения неуказанных углов.</p>	

1	2	3
12	<p>Фреза торцовая. Найти и обозначить вспомогательную секущую плоскость и углы α' и φ'.</p>	
13	<p>Метчик. Нанести на эскизе обозначения неуказанных углов.</p>	
14	<p>Протяжка. Нанести на эскизе обозначения неуказанных углов.</p>	
15	<p>Долбяк. Нанести на эскизе обозначения неуказанных углов.</p>	

Содержание работы

Работа включает изучение общих сведений о конструктивных и геометрических параметрах металлорежущего инструмента, нахождение частей конкретного реального инструмента и указания этих частей и углов на эскизе режущего инструмента с использованием статической системы координат в виде принятых условных обозначений (см. работу 6); составление отчёта.

Последовательность выполнения работы

1. Актуализируйте знания о типах режущих инструментов по работе 6 и учебнику «Технология конструкционных материалов» [6, 7].

2. Получите у преподавателя для изучения реальный режущий инструмент. Определите по учебнику [6, 7] тип режущего инструмента и определите по таблице 14.1 номер задания, соответствующий полученному инструменту.

3. Нарисуйте на черновике эскиз инструмента и все приведённые в задании виды и сечения лезвия с элементами заготовки.

4. Определите положения и обозначьте следы координатных плоскостей P_{V_c} , P_{n_c} , P_{τ_c} в статической системе координат, используя показанные на эскизе движения резания (D_z , D_s).

Примечание. С целью упрощения рисунков индекс «с», характеризующий использование для определения углов инструмента статической системы координат, на эскизах таблицы 14.1 при обозначении координатных плоскостей и углов не указан. Можно этот индекс не указывать и при оформлении отчёта по индивидуальному заданию.

5. Найдите на инструменте режущую, рабочую и крепёжные части, а на заготовке — обрабатываемую, обработанную поверхности и поверхность резания; обозначьте их соответственно цифрами 1, 2, 3.

6. Найдите лезвия инструмента и определите их число, z .

7. Укажите и обозначьте на эскизе арабскими цифрами главную (главные) и вспомогательную (вспомогательные) режущие кромки.

8. В сечении инструмента главной секущей плоскостью P_{τ_c} обозначьте передний γ и главный задний α углы. Найдите, воспользовавшись определением, приведённым в работе 6, главный угол в плане ϕ и обозначьте его на эскизе.

9. Найдите и обозначьте цифрами поверхности стружечных канавок.

10. Для сборного и составного режущих инструментов найдите и обозначьте части, выполненные из инструментального материала (места пайки или сварки составного инструмента выделены на эскизах заданий).

11. Выясните по литературе и демонстрационным стендам лаборатории и опишите способ закрепления инструмента на станке, нарисуйте эскиз установки и закрепления инструмента.

Содержание отчёта

1. Наименование работы.

2. Номер и формулировка индивидуального задания.

Индивидуальное задание: «Определить наименование режущего инструмента, найти его части и указать на эскизе конструктивные и геометрические элементы».

3. Название и назначение режущего инструмента.

4. Эскиз инструмента с условными обозначениями составных частей, элементов лезвия и их расшифровкой текстом вне эскиза (в соответствии с пунктами раздела «Последовательность выполнения работы»).

5. Материал рабочей и крепёжной частей инструмента, особенности конструкции, способ крепления инструмента на станке.

6. Технологические возможности метода обработки данным инструментом (разновидности форм обработанных поверхностей, достижимая точность обработки и получаемая шероховатость поверхности).

15. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРОШИВАНИЯ ОТВЕРСТИЙ НА ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННОМ СТАНКЕ

Цель работы: знания назначения и устройства электроэрозионного станка Sure First ED-203, элементов режима электроэрозионной обработки, содержания и последовательности наладки станка на прошивание отверстий, достижимой точности размеров и шероховатости изготавливаемых поверхностей; умение обработки результатов экспериментов и расчёта технологических характеристик электроэрозионного прошивания отверстий.

Общие сведения

Процесс электроэрозионной обработки основан на явлении электрической эрозии, возникающей при прохождении часто повторяющихся электрических разрядов, создаваемых источником импульсов электрического напряжения, в зазоре δ_m между электродом-инструментом 1 и электродом-заготовкой 2, помещёнными в ванну 3 с диэлектрической жидкостью (рис. 15.1, а) [2].

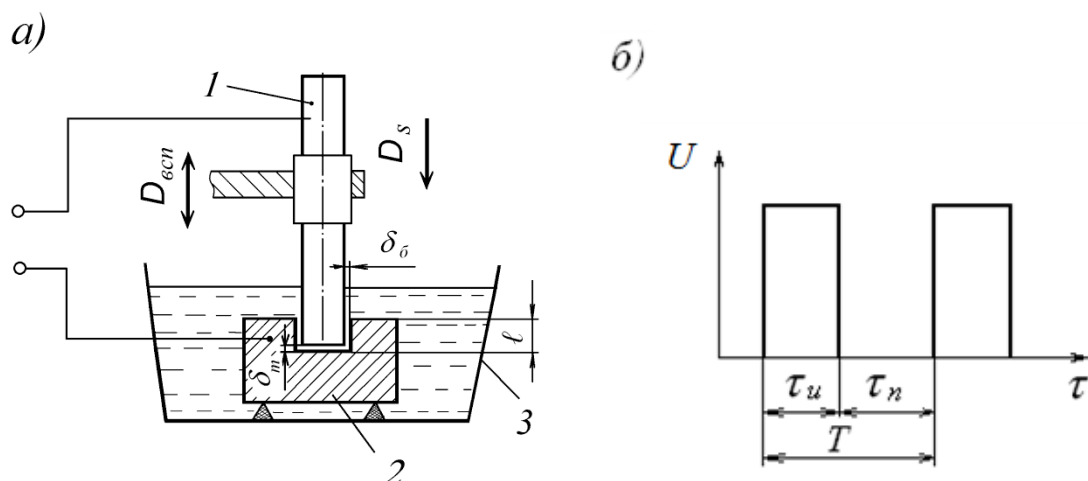


Рис. 15.1. Электроэрозионное прошивание отверстия:

а — схема электроэрозионного прошивания отверстия; б — форма импульсов электрического напряжения, подаваемого на электроды

Обработка происходит при поступательном движении D_s электрода-инструмента 1 в направлении заготовки 2, неподвижно закреплённой в ванне на столе станка. Когда торцовый зазор δ_m между электродом-инструментом и заготовкой становится меньше предельного, между ними происходит искровой разряд длительностью $\tau_u = 10^{-3} \dots 10^{-7}$ с. Так как объём искрового канала очень мал, а мощность импульса тока достаточно велика, температура в зоне обработки может достигать $10000 \dots 12000$ °С. Поэтому процесс разряда сопровождается интенсивным нагревом, локальным расплавлением металла на поверхностях электрода-инструмента и заготовки и выбросом его из межэлектродного промежутка. Выброс расплавленного металла происходит под действием высокого давления, образующегося при тепловом взрыве жидкости в зоне искрового разряда с образованием парового пузырька и последующего его «схлопывания». Большая частота следования разрядов обеспечивает величину общего удельного объёма

удаляемого материала достаточную, чтобы использовать данный метод для высокопроизводительной обработки заготовок.

Съём материала происходит преимущественно с одного из электродов, даже если материалы электродов одинаковы. Поэтому заготовку подключают к тому полюсу источника электрических импульсов, на котором эрозия интенсивнее. При малой длительности импульсов $\tau_u = 10^{-5} \dots 10^{-7}$ с большему тепловому воздействию подвергается анод, поэтому в качестве такового при этом режиме обработки используют заготовку. При длительности импульсов $\tau_u = 10^{-3} \dots 10^{-4}$ с большему тепловому воздействию подвержен катод. Соответственно заготовка в этих условиях должна быть катодом.

Подключение заготовки к положительному полюсу источника тока (аноду), а электрода-инструмента к отрицательному полюсу (катоде), называют *прямой полярностью*. Противоположный потенциал на электродах считают *обратной полярностью*.

Для интенсификации электроэрозионной обработки электрод-инструмент периодически поднимают вверх $D_{всп}$ на относительно большие расстояния с последующим подводом в рабочую позицию, что способствует удалению из зоны обработки отходов эрозии электродов.

Основными параметрами импульсов разрядного тока являются: длительность импульсов τ_u (с), (рис. 15.1, б), частота их следования f (Гц), скважность q и энергия импульса W_u (Дж). Импульсы следуют друг за другом с определённой периодичностью, характеризуемой длительностью паузы τ_n и периодом $T = \tau_u + \tau_n$.

Частота следования импульсов f обратно пропорциональна их периоду и определяется в зависимости от заданных длительности импульсов и пауз между ними по формуле

$$f = 1/(\tau_u + \tau_n). \quad (15.1)$$

Скважность импульсов q — параметр режима электроэрозионной обработки, характеризующий соотношение периода импульсного процесса T и длительности импульса τ_u :

$$q = T/\tau_u. \quad (15.2)$$

Энергия импульса W_u (Дж) определяется как произведение средней силы тока в межэлектродном промежутке I_{cp} (А), на среднее напряжение

U_{cp} (В), на электродах и длительность импульса τ_u (с). Рассчитывают энергию импульса по формуле

$$W_u = I_{cp} U_{cp} \tau_u. \quad (15.3)$$

При электроэрозионной обработке охватываемые размеры обрабатываемого контура заготовки получаются больше, а охватываемые — меньше, чем размеры электрода-инструмента (см. рис. 15.1, *a*) на величину бокового межэлектродного зазора δ_b , изменяющегося в зависимости от режима обработки в широком диапазоне значений: от 0,02 до 0,8 мм. Это обстоятельство необходимо учитывать при проектировании размеров электрода-инструмента и выборе режима обработки.

В процессе электроэрозионной обработки электрод-инструмент изнашивается, что приводит к погрешностям формы и размеров получаемых поверхностей. При прошивке сквозных отверстий эта погрешность может не влиять на точность формируемого размера диаметра, так как отверстие в конце обработки калибруется неизношенной частью инструмента. При обработке несквозных полостей искажённая вследствие износа форма электрода-инструмента копируется на заготовке. Поэтому при необходимости получения точных размеров полости последовательно применяют черновую, получистовую и чистовую обработку заготовки, для чего требуется иметь набор электродов с разными размерами и при переходе от чернового этапа к чистовому этапу провести смену не только электрода-инструмента, но и режима обработки.

Электроэрозионной обработке подвергаются только электропроводные материалы. Производительность и качество обработки практически не зависят от таких механических характеристик материала заготовки как твёрдость, предел прочности, предел текучести. Поэтому методом электроэрозионной обработки можно эффективно обрабатывать заготовки, подвергнутые различным видам упрочнения, металлокерамические твёрдые сплавы, труднообрабатываемые металлы и их сплавы.

Точность изготовления размеров деталей при электроэрозионной обработке во многом зависит от установленных полярностей электрода-инструмента и заготовки, а также режима обработки. При прямой полярности с $\tau_u = 10^{-5} \dots 10^{-7}$ с достигается точность размеров по 5–7 квалитетам точности. При прошивании сквозных отверстий на этих режимах погрешности обработки не превышают 0,03...0,05 мм, а на прецизионных станках

даже 0,01...0,02 мм. При обработке полостей погрешности обработки в этих условиях находятся в пределах 0,03...0,1 мм. Шероховатость поверхности на чистовых режимах обработки достигает по параметру Ra 1,25 мкм.

На обратной полярности с использованием $\tau_{и} = 10^{-3} \dots 10^{-4} \text{ с}$ точность размеров соответствует 9–14 квалитетам точности. Этот режим характеризуется высокой производительностью, значительной высотой микронеровностей, а потому используется для черновой обработки заготовок.

Назначение станка Sure First модели ED-203

Электроэрозионный станок модели Sure First ED-203 предназначен для получения полостей и отверстий в заготовках массой до 300 кг с максимальными габаритными размерами 500 × 250 × 220 мм (длина, ширина, высота) из материалов, проводящих электрический ток.

На данном станке имеется возможность широко варьировать режимы обработки и изменять полярности электродов, что позволяет осуществлять черновую обработку, обеспечивающую производительность съёма материала до 500 мм³/мин, и чистовую обработку, обеспечивающую 6–7 квалитеты точности и шероховатость поверхности Ra не ниже 1,25 мкм.

На станке можно выполнять такие операции, как:

- координатное прошивание цилиндрических отверстий в труднообрабатываемых резанием материалах с обеспечением точности межосевого расстояния сопряжённых отверстий до 0,03...0,05 мм;
- получение отверстий относительно большого диаметра методом кольцевой прошивки;
- прорезание узких пазов шириной от 0,15 мм и более;
- вырезание профильных заготовок из листового материала, разрезание пластинок из твёрдых сплавов;
- извлечение сломанного инструмента из обрабатываемой заготовки;
- обработку сложных поверхностей штампов;
- нанесение изображений на клейма и другие изделия.

Устройство станка Sure First ED-203

Внешний вид электроэрозионного станка Sure First ED-203 с указанием его основных узлов представлен на рисунке 15.2.

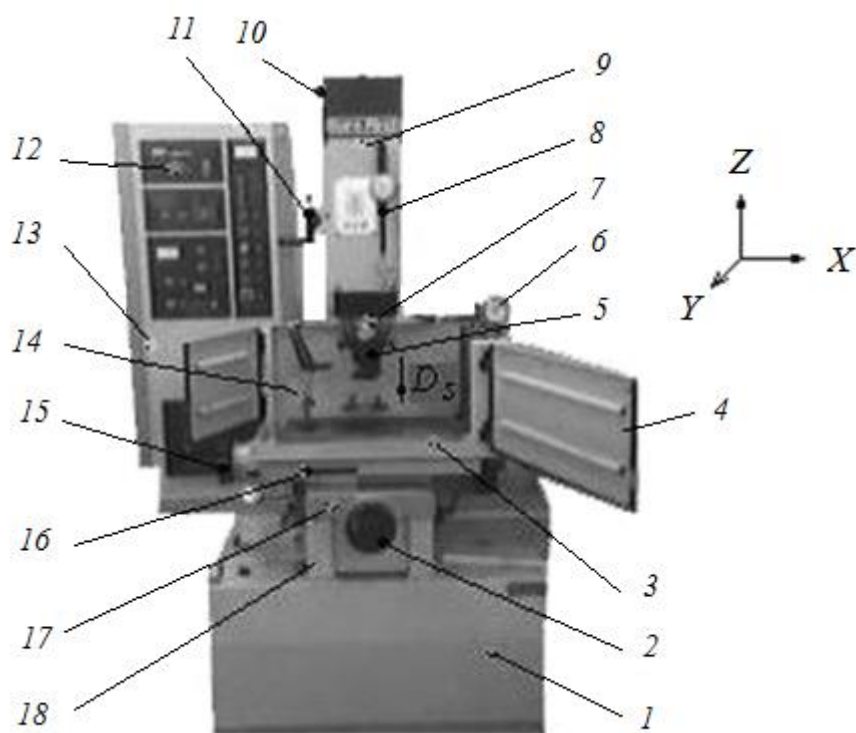


Рис. 15.2. Электроэрозионный станок модели Sure First ED-203

Станок устанавливается на фундамент основанием *1*, внутри которого расположен бак с диэлектрической жидкостью ёмкостью 260 литров. На основании станка смонтирована станина *18* с вертикальной колонной *10* и электрошкаф *13* с панелью управления *12*. На вертикальных направляющих колонны *10* установлена шпиндельная бабка *9*, перемещаемая по направляющим колонны с помощью маховика *11*. Внутри шпиндельной бабки расположена выдвижная пиноль *7*, имеющая возможность автоматического перемещения вверх и вниз с помощью кнопок пульта управления, расположенного на правой стороне шпиндельной бабки (на рисунке пульт не показан). На торцевой части пиноли закреплён патрон *5* для установки электрода-инструмента. Электрод-инструмент при обработке с помощью серводвигателя постоянного тока, размещённого в шпиндельной бабке, совершает движение вертикальной подачи D_s .

На верхних направляющих станины *18* расположены поперечные *17* и продольные *16* салазки. Они обеспечивают перемещение заготовки, закрепляемой на рабочем столе станка *3*, с помощью маховиков *2* и *15* соответственно по взаимно перпендикулярным направлениям *X* и *Y*. Цена деления лимбов поперечного и продольного перемещения салазок равна 0,01 мм.

Рабочий стол 3, имеющий габаритные размеры 500 × 250 мм (длина, ширина), размещён в рабочей ванне 14 с открывающейся створкой 4. В ванну насосом закачивается диэлектрическая жидкость. Подача жидкости в ванну 14 осуществляется через штуцер, подсоединённый к гидравлической системе станка.

В ванне станка смонтировано устройство для регулирования уровня диэлектрической жидкости, который при обработке должен быть выше обрабатываемой поверхности заготовки на 30...50 мм. Установку уровня диэлектрика осуществляют при наладке станка, исходя из высоты системы «приспособление — заготовка». Давление подаваемой в ванну жидкости можно контролировать по манометру 6 и регулировать при помощи специального клапана. Для контроля температуры диэлектрической жидкости используется устройство, которое автоматически отключает питание станка при температуре 55 °С.

Точность и качество выполненных на электроэрозионном станке работ в значительной степени зависят от точности установки и надёжности закрепления электрода-инструмента. Для реализации этих задач на станке предусмотрен патрон 5, устанавливаемый в пиноль шпиндельной бабки. Патрон обеспечивает возможность закреплённому в нём электроду-инструменту отклоняться от вертикальной оси на угол $\pm 10^\circ$ с помощью регулировочных винтов. Нижняя часть корпуса патрона может поворачиваться вокруг вертикальной оси и фиксировать малый патрон, а вместе с ним и электрод-инструмент в необходимом положении при выверке последнего. Более детально устройство и наладка патрона при установке электрода-инструмента будут рассмотрены в разделе «Наладка электроэрозионного станка Sure First ED-203 на прошивание отверстия».

Физическая модель электроэрозионной обработки характеризуется сложными, многоэтапными процессами, происходящими на электродах и в межэлектродном промежутке. В первую очередь к таким процессам относят съём материала с обрабатываемой поверхности заготовки и удаление образовавшихся отходов (шлама) из зоны обработки. Скорости протекания этих процессов и время их прохождения должны быть строго согласованы между собой. Нарушение согласования приводит к неустойчивости процесса электроэрозионной обработки из-за загрязнения зоны обработки отходами или к снижению производительности съёма материала.

Для реализации этого требования на станке Sure First ED- 203 специальной следящей системой проводится сбор информации о состоянии рабочей зоны и на основе этой информации осуществляется адаптивное управление электрическими и гидравлическими режимами работы станка с помощью сервопривода (следящего привода). Сервопривод станка Sure First ED-203 обеспечивает примерное постоянство в работе межэлектродного торцового зазора δ_m , являющегося управляемым параметром. Величина зазора существенно изменяется только в моменты периодического подъёма электрода-инструмента $D_{всп}$ (см. рис. 15.1, *a*) на расстояния от 0,5 до 15 мм с последующим подводом его в рабочую позицию, что обеспечивает интенсификацию удаления из зоны обработки продуктов эрозии электродов.

Важнейшим элементом сервопривода станка Sure First ED-203 является серводвигатель постоянного тока, обеспечивающий прерывистое поступательное движение электрода-инструмента в направлении движения подачи D_s в момент, когда межэлектродный зазор δ_m выйдет за пределы установленного оптимального диапазона его значений, определяемых режимом обработки.

Панель управления станком Sure First ED-203, расположенная на лицевой стенке электрошкафа 13 (см. рис. 15.2), представлена на рис. 15.3. Обозначенные на ней кнопки и рукоятки имеют следующие назначения:

1 — главный выключатель питания станка: позиция «0» – питание отключено, позиция «1» – питание включено;

2 — кнопка аварийного останова;

3 — кнопка выключения насоса для прокачки диэлектрической жидкости;

4 — кнопка включения насоса для прокачки диэлектрической жидкости;

5 — датчик уровня диэлектрической жидкости в ванне (включён или выключен);

6 — кнопка датчика контроля разряда. Если кнопка не нажата, то разряд между электродами не образуется до тех пор, пока диэлектрическая жидкость в ванне не дойдет до уровня, необходимого при электроэрозионной обработке с погружением заготовки в диэлектрик. Образование разряда прекратится, если уровень диэлектрической

жидкости в процессе обработки станет ниже требуемого положения. При нажатой кнопке разряд в межэлектродном промежутке образуется без погружения электродов в диэлектрическую жидкость;

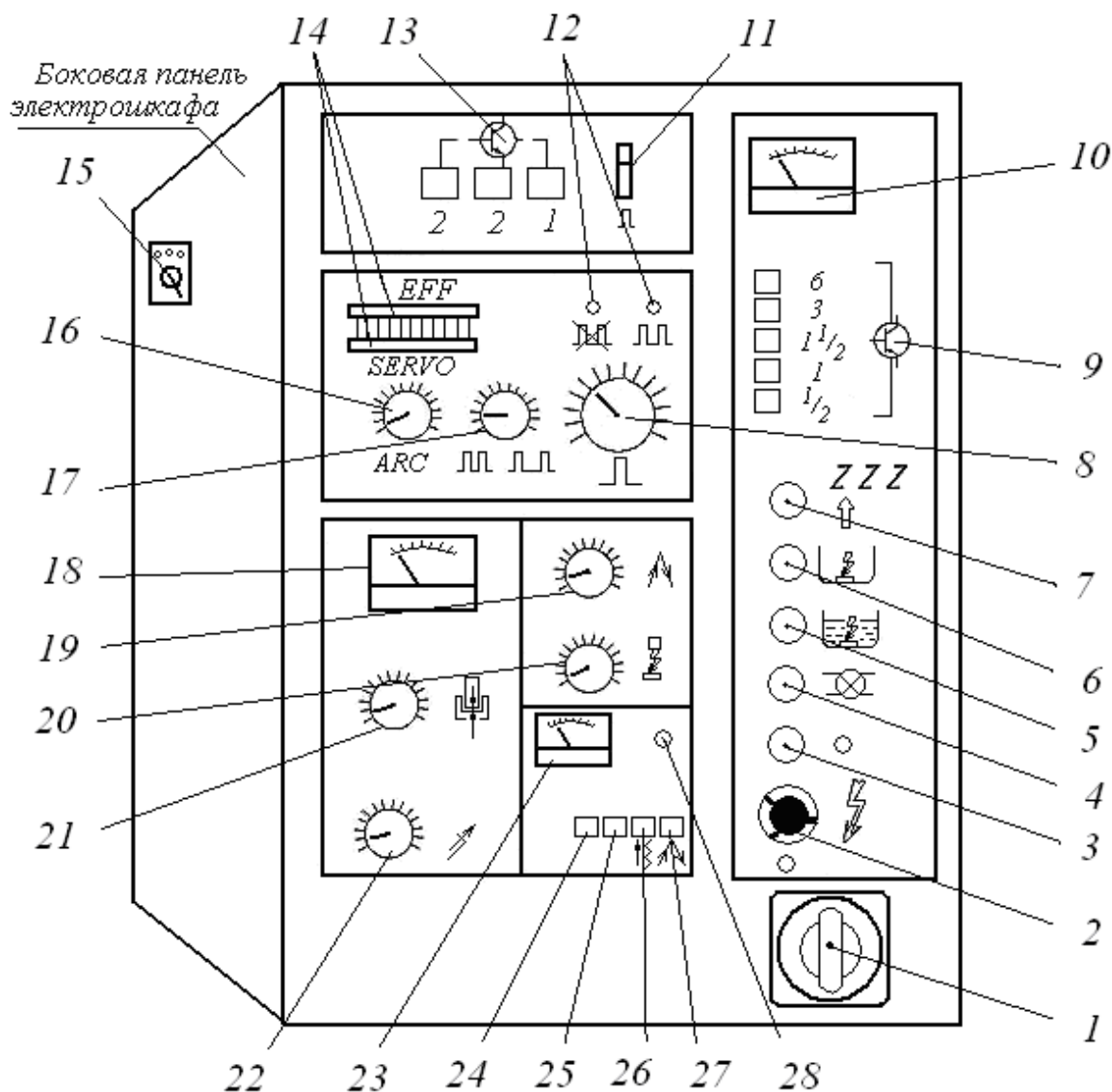


Рис. 15.3. Панель управления станка Sure First ED-203

7 — кнопка (выключатель) контроля автоматического останова. При не нажатой кнопке в тот момент, когда электрод-инструмент достигнет установленной глубины обработки, будет отключено питание разряда. После отключения питания пиноль шпиндельной бабки 8 (см. рис. 15.2) с электродом-инструментом отойдёт вверх. При включённой кнопке 7 в момент достижения электродом-инструментом заданной глубины обработки будет полностью отключено питание станка, автоматическое

движение подачи электрода-инструмента прекратится, а электрод-инструмент отойдет вверх;

8 — переключатель настройки длительности импульсов τ_u , устанавливаемой дискретно по значениям, указанным на шкале, в пределах от 1 мкс до 1200 мкс ($10^{-6} \dots 1,2 \cdot 10^{-3}$ с).

9 — кнопки установки силы тока I при низком напряжении U (40...60 В) на электродах. Значения силы тока, устанавливаемые при нажатии кнопок с цифрами, указанными на панели управления станка, приведены в таблице 15.1. Требуемое значение силы тока устанавливается нажатием одной или нескольких кнопок. Если ни одна из кнопок не нажата, то используется по умолчанию сила тока равная 0,5 А. Одновременное нажатие нескольких кнопок обеспечивает установку силы тока, равной сумме значений, указанных в таблице 15.1 для каждой из нажатых кнопок, и силы тока при не нажатых кнопках (0,5 А).

Таблица 15.1

Значение силы тока при нажатии кнопок панели для обработки с низким напряжением на электродах

Кнопка	½	1	1½	3	6
I_{cp} , А	1,25	2,5	3,75	7,5	15

10 — амперметр средних значений силы тока разряда I_{cp} в межэлектродном промежутке;

11 — переключатель диапазона напряжений U на электродах. Имеет две позиции: диапазон низкого напряжения (40...60 В) и диапазон высокого напряжения (около 300 В). Диапазон высокого напряжения используют для улучшения условий промывки межэлектродного промежутка при обработке и обеспечения стабильности прохождения разрядов;

12 — красный и зелёный светодиоды, указывающие на состояние работы станка и уровень эффективности электроэрозионного съёма материала. При нормальном состоянии работы станка зелёный светодиод (обозначение на панели – ЛЛ) включён. Эффективная обработка и нормальные условия протекания процесса соответствуют выключенному красному светодиоду (обозначение на панели – ЯЯ). Мигание этого светодиода указывает на низкую эффективность процесса, вызванную плохим удалением отходов из межэлектродного промежутка или нестабильностью искрового разряда. Включение красного светодиода связано с неисправностью

в системе работы станка или наличием контакта заготовки и электрода-инструмента;

13 — кнопки установки высокого напряжения U (до 300 В) на электродах. Силы тока, обеспечиваемые при нажатии кнопок 13, указаны в таблице 15.2.

Таблица 15.2

**Значения силы тока, соответствующие нажатым кнопкам
установки высокого напряжения**

Кнопка	1	2	2
I_{cp}, A	0,5	1	1

14 — светодиоды, указывающие при обработке в относительных единицах (от 0 до 100 %) уровень частоты разрядов (светодиод *EFF*) и чувствительности следящей системы станка к величине отклонения межэлектродного торцового зазора δ_m от установленного значения (светодиод *SERVO*). Низкий уровень частоты разрядов соответствует большой длительности импульсов τ_u . Установленная при наладке станка величина торцового зазора зависит от принятых электрических параметров режима обработки, в первую очередь от установленных силы тока I_{cp} и напряжения на электродах U_{cp} . Численное значение торцового зазора δ_m не устанавливается;

15 — переключатель полярности электродов. Имеет три позиции: нулевая, правая позиция — обратная полярность (заготовка — катод), левая позиция — прямая полярность (заготовка — анод);

16 — рукоятка регулировки чувствительности системы к созданию условий для прохождения электрического разряда между электродами. При нормальных условиях обработки эта рукоятка должна быть установлена в положение «2». Поворот рукоятки по часовой стрелке повышает чувствительность системы к началу образования электрического разряда, что не рекомендуется для чистовой обработки и обработки с силой тока I менее 5 А;

17 — переключатель настройки длительности перерывов между импульсами τ_n ;

18 — вольтметр, указывающий среднее значение напряжения на электродах U_{cp} ;

19 — рукоятка регулировки высоты периодического подъёма электрода-инструмента с целью удаления продуктов эрозии из межэлектродного промежутка и последующего подвода его в рабочую позицию. Высота подъёма может устанавливаться дискретно в диапазоне от 0,5 до 15 мм. Нормальное значение этой высоты находится в пределах 0,5...1,5 мм. Наибольшее значение подъёма электрода-инструмента соответствует положению рукоятки в позиции 1, наименьшее — в позиции 10;

20 — рукоятка регулировки времени периода подъёма и опускания электрода-инструмента (движение $D_{всн}$). Это время устанавливается дискретно в диапазоне от 0,5 до 10 с в соответствии с позициями рукоятки на панели электрошкафа. Напряжение между электродами в период подъёма – опускания устанавливается равным 100 В;

21 — рукоятка установки оптимального по величине искрового разряда в межэлектродном промежутке путём регулировки напряжения на электродах, а, соответственно, величины межэлектродного торцового зазора. Величина зазора при этом не контролируется. В условиях черновой обработки (Ra более 6,3 мкм) используется напряжение U в диапазоне 40...45 В. При чистовой обработке (Ra 3,2...1,25 мкм) напряжение на электродах устанавливают в диапазоне 50...60 В. Контроль напряжения осуществляют по вольтметру 18 в условиях прохождения рабочего процесса при установленном значении средней силы тока;

22 — рукоятка регулировки чувствительности системы к величине отклонения межэлектродного торцового зазора δ_m от оптимального установленного значения. Позволяет сохранить стабильный по величине межэлектродный зазор в процессе обработки, а, соответственно, высокую эффективность процесса. Более высокая, чем оптимальная, чувствительность может стать причиной нестабильности разряда, а низкая чувствительность может привести к плохой промывке межэлектродного промежутка и его заполнению продуктами эрозии электродов;

23 — индикатор чувствительности системы к величине отклонения межэлектродного торцового зазора δ_m ;

24 — кнопка включения режима автоматического опускания пиноли шпиндельной бабки 9 (см. рис. 15.2) с электродом-инструментом;

25 — кнопка блокировки пиноли от перемещений при выполнении специальных операций;

26 — кнопка включения быстрого перемещения пиноли шпиндельной бабки. Кнопка нажимается при установке глубины обработки с помощью устройства 8 (см. рис. 15.2);

27 — кнопка включения режима быстрого отвода и подвода электрода-инструмента;

28 — светодиод и зуммер, включающиеся в момент контакта заготовки и электрода-инструмента при установке глубины обработки с помощью устройства 8 (см. рис. 15.2).

Параметры режима электроэрозионной обработки и основы их выбора

Режимом электроэрозионной обработки называют совокупность численных значений регулируемых (устанавливаемых при наладке станка) параметров процесса, которые определяют технико-экономические показатели выполнения операции на станке.

Режим электроэрозионного формообразования на станке Sure First ED-203 включает три группы параметров: электрические, механические, гидромеханические.

Электрическими параметрами режима электроэрозионной обработки являются: напряжение на электродах U , их полярность (прямая или обратная), форма и частота прохождения импульсов f , время действия импульсов τ_u и время перерыва между импульсами τ_n , период действия импульсов T , скважность импульсов q , средняя сила тока I_{cp} в межэлектродном промежутке.

Механические параметры обработки включают: скорость подачи электрода-инструмента v_s , межэлектродные зазоры δ (боковой δ_b и торцовый δ_m), частоту и высоту периодического подъёма электрода-инструмента с последующим подводом его в рабочую позицию для интенсификации удаления из зоны обработки продуктов эрозии электродов.

Гидромеханические параметры режима обработки связаны с прокачкой диэлектрической жидкости через межэлектродный промежуток. В качестве диэлектрических жидкостей на станке Sure First ED-203 используют жидкости марок ESSO, CASTROL, CHEVRON, MENTOR, EDM 71, основу которых составляют жидкие масла и керосин. Диэлектрическая жидкость используется при обработке как охлаждающая среда и как

средство стимулирования искрового разряда. Она также вымывает продукты эрозии заготовки и электрода-инструмента из межэлектродного промежутка и образует электрический изолятор между заготовкой и электродом.

Диэлектрические жидкости высокой вязкости используют при черновой обработке, характеризующейся большими межэлектродными зазорами. При чистовой обработке, ставящей целью достижение низкой шероховатости обработанной поверхности и высокой точности размеров, используют диэлектрические жидкости с малой вязкостью.

К гидромеханическим параметрам обработки относят: рабочее давление жидкости, расход диэлектрика, скорость прокачки его через межэлектродный промежуток, температуру диэлектрика. Температура диэлектрической жидкости не должна превышать 55 °С. Если она выходит за этот предел, аварийная сигнализация автоматически выключает станок.

Выбор режима электроэрозионной обработки. Экспериментальными исследованиями в области электроэрозионной обработки выработан ряд зависимостей и практических рекомендаций по выбору режимов обработки, являющихся общими для электроэрозионного метода обработки вне зависимости от применяемого оборудования. Эти зависимости и рекомендации, устанавливающие связь между параметрами режима обработки и технико-экономическими показателями процесса, распространяются и на обработку заготовок на станке Sure First ED-203.

В соответствии с ними на выбор режима электроэрозионной обработки влияют:

— выходные параметры обработки, которыми чаще всего являются максимальная производительность процесса P_m (кг/мин) при условии получения заданной точности выполнения размеров и шероховатости обработанных поверхностей. Эти технико-технологические требования в своей совокупности или независимо друг от друга чаще всего и принимают в качестве критериев оптимизации режима обработки;

— марки материалов и физические характеристики заготовки и электрода-инструмента;

— площадь S (мм²) и глубина обработки ℓ (мм);

— вид и схема обработки;

— схема и параметры прокачки электролита через межэлектродный промежуток.

Приведём далее некоторые общие рекомендации по выбору режима электроэрозионной обработки.

В зависимости от требуемых точности выполнения размеров и значений параметров шероховатости обработанных поверхностей электроэрозионную обработку разделяют на черновую (предварительную), получистовую и чистовую (окончательную). Границы достигаемых при каждом виде обработки требуемых по чертежу параметров в данном случае, как и при других методах обработки, весьма условны. Так, к чистовой относят обработку, обеспечивающую 6–9-й качества точности размеров и шероховатость поверхности по параметру Ra не более 1,25...3,2 мкм. Черновая обработка, в свою очередь, характеризуется 12–14 качествами точности и высотой микронеровностей профиля обработанных поверхностей Ra равной 12,5 мкм и более. При назначении режимов чистовой, получистовой и черновой электроэрозионной обработки придерживаются следующих рекомендаций.

При чистовой электроэрозионной обработке необходимо осуществлять процесс с низкой энергией импульсов W_u , что обеспечивается применением небольших значений средней силы тока I_{cp} и выбором короткого времени действия импульсов τ_u (10^{-5} ... 10^{-7} с) с установкой на электродах прямой полярности. Средняя сила тока по паспортным данным станка Sure First ED-203 может изменяться в весьма широких пределах от 0,5 А до 130 А. Необходимость выбора прямой полярности связана с тем, что при малых длительностях импульсов съём металла происходит преимущественно с анода. Поэтому для обеспечения меньшего износа электрод-инструмента и обеспечения эффективного съёма материала с заготовки целесообразно применить прямую полярность, при которой заготовка является анодом, а электрод-инструмент — катодом.

При черновой обработке заготовки (Ra более 12,5 мкм) необходимо обеспечить большую производительность процесса. Это требует применения импульсов большой мощности (большие значения средней силы тока I_{cp}) и высокой продолжительности действия τ_u . С увеличением длительности разряда съём металла с катода становится выше, чем с анода. Именно поэтому при черновой обработке целесообразно устанавливать обратную полярность, при которой электрод-инструмент принимают анодом, а заготовку — катодом.

Получистовую обработку проводят, как правило, в режиме обратной полярности со средними по отношению к чистой и черновой видам обработки значениями плотности тока ρ_I (А/мм²).

Еще одной важной характеристикой обрабатываемой заготовки, влияющей на значения параметров режима обработки, является площадь обработки S (мм²). Зависимость производительности электроэрозионной обработки от площади обрабатываемой поверхности при постоянной средней силе тока I_{cp} носит экстремальный характер. При малых площадях обработки в межэлектродном зазоре создается обильная парогазовая фаза, которая значительно снижает производительность обработки. Повышение при тех же условиях обработки I_{cp} приводит к уменьшению этой фазы, а соответственно, к повышению производительности съёма материала. Но после достижения некоторого значения площади обработки, являющегося оптимальным в условиях принятых значений других параметров режима, дальнейшее её увеличение приводит к затруднённому удалению продуктов эрозии из межэлектродного промежутка, что вновь начинает снижать производительность обработки. При этом площадь обработки S , при которой достигается экстремум производительности, при изменении средней силы тока меняется также по экстремальной зависимости.

В соответствии с паспортными данными станка рекомендуемые значения силы тока в зависимости от обрабатываемой площади заготовки S можно определить через плотность тока $\rho_I = \frac{I_{cp}}{S}$ (А/мм²) по таблице 15.3.

Таблица 15.3

Рекомендуемые значения плотности тока

Материал электрода-инструмента	Полярность	Материал заготовки	Плотность тока, ρ_I , А/мм ²	
			Площадь обработки, S , мм ²	
			≤ 1500	> 1500
Медь	Обратная	Сталь	0,03	0,08...0,15
Медно-графитовая композиция	Обратная		0,03...0,08	0,08...0,12
	Прямая		–	0,06...0,18
Медно-вольфрамовая композиция	Обратная	Твёрдый сплав	–	0,05...0,07
	Прямая		–	0,15

Сложные зависимости между производительностью обработки по массе P_m (кг/мин), с одной стороны, и средней силой тока I_{cp} и площадью обработки S , с другой стороны, находят экспериментально и представляют применительно к каждой модели станка в виде номограмм или таблиц. В ходе таких экспериментов устанавливаются и другие зависимости технико-экономических параметров обработки от выбранного режима, в частности, достигаемые параметры точности обработки, шероховатости поверхности, глубины дефектного слоя и др.

Номограммы и таблицы, позволяющие непосредственно устанавливать оптимальные режимы обработки на электроэрозионном станке Sure First ED-203, отсутствуют. В связи с этим установку режима обработки при изготовлении каждой конкретной детали выполняют в два этапа.

На первом этапе проводят установку параметров режима обработки на пульте управления станка, руководствуясь общепринятыми рекомендациями, содержащимися в справочниках, например, в работе [4]. Второй этап содержит действия оператора по отладке режима обработки на основе визуальной и звуковой информации, поступающей с приборов панели управления в процессе изготовления первой детали с выходом на оптимальный режим.

В целом выбор режима обработки при заданных геометрических характеристиках детали и партии изготовления предполагает:

1. Выбор критерия оптимизации: производительности процесса по массе P_m (или по объёму P_v), шероховатости поверхности Ra , точности размеров (погрешности обработки).
2. Выбор марки материала электрода-инструмента и диэлектрической жидкости, схемы её поступления в зону обработки.
3. Выбор полярности напряжения на электродах (прямой или обратной).
4. Выбор средней силы тока I_{cp} (А).
5. Определение длительности импульса τ_u как функции заданной шероховатости обработки Ra .
6. Задание времени перерыва между импульсами тока τ_n .
7. Выбор напряжения на электродах U_{cp} , которое обеспечивает оптимальную величину межэлектродного зазора (конкретное значение зазора на приборах не устанавливается). Напряжение, используемое при черновой

обработке, может регулироваться в диапазоне 40...45 В, а при чистовой обработке — 50...60 В. Большие значения напряжения на электродах соответствуют более высоким требованиям к точности размеров и шероховатости обработанной поверхности.

8. Выбор высоты и времени подъема пиноли станка с электродом-инструментом из зоны обработки и возвращения её в исходную позицию. Время отвода – подвода может регулироваться в диапазоне от 0,5 до 10 с. Большие значения используются для обработки при использовании токов большой силы или при черновой обработке. Более короткое время подъема электрода-инструмента принимается при обработке с использованием токов малой силы (менее 3 А), при чистовой обработке или при прошивке глубоких отверстий. Обычная высота подъема электрода-инструмента устанавливается в пределах от 0,3 до 1,5 мм.

Наладка электроэрозионного станка Sure First ED-203 на прошивание отверстия

Для осуществления процесса обработки заготовки на электроэрозионном станке Sure First ED-203 необходимо произвести его наладку, т. е. подготовить станок к выполнению заданной технологической операции. Наладка станка на прошивание отверстия включает: установку и закрепление заготовки, определение диаметра электрода-инструмента $d_{эи}$, закрепление, выверку электрода-инструмента и размерную его наладку (установление в заданную позицию и на заданную глубину обработки); наладку режима обработки и систем обеспечения работы станка. Остановимся далее только на основных из перечисленных процедурах наладки.

Установка и закрепление заготовки

Для установки и закрепления заготовок на станке в единичном и мелкосерийном производствах применяют универсальные приспособления, а в серийном и массовом производствах — специальные приспособления. Перечень универсальных приспособлений, используемых на станке Sure First ED-203, соответствует перечню приспособлений этой группы, применяемых на фрезерных станках и описанных в работах 3 и 4. К ним относят прихваты, прижимные и опорные планки, машинные тиски, призмы для установки заготовок с цилиндрическими поверхностями, а также патроны различных типов.

Приспособления помимо задачи закрепления заготовки обеспечивают постоянство ориентации каждой из последовательно обрабатываемых заготовок изготавливаемой партии деталей относительно своих базовых поверхностей или поверхностей станка. В связи с этим такие приспособления проектируются применительно к определённой конструкции детали и соответствующего этапа её обработки в рамках технологического процесса.

Расчёт диаметра электрода-инструмента. Номинальный размер электрода-инструмента для прошивания круглого отверстия определяют по формуле

$$d_{эи} = d - 2\delta_{\delta}, \quad (15.4)$$

где $d_{эи}$ — диаметр электрода-инструмента, мм; d — диаметр отверстия, мм; δ_{δ} — боковой межэлектродный зазор, мм.

Экспериментально установлено, что величина бокового зазора δ_{δ} в наибольшей степени зависит от энергии импульса W_u или средней силы тока I_{cp} и частоты импульсов f , расхода жидкости через межэлектродный промежуток Q и размеров обрабатываемой поверхности. При заданном электрическом режиме боковой зазор достигает максимума в условиях работы без прокачки диэлектрической жидкости через межэлектродный промежуток и быстро уменьшается с вводом даже незначительной прокачки. Для его расчёта построены интерполяционные модели [5], приведённые далее в виде формул (15.5) и (15.6), рекомендуемых для расчёта межэлектродных зазоров при прошивании отверстия цилиндрическим электродом-инструментом без принудительной циркуляции рабочей жидкости через зазор.

На чистовых режимах δ_{δ} (мкм) определяется по формуле:

$$\delta_{\delta} = k(2,12 + 4,12I_{cp} - 0,0001f + 3,29q + 0,195U_{xx} + 39\rho_I + 0785\ell - 6,5I_{cp}\rho_I - 0,02I_{cp}\ell - 0,008I_{cp}U_{xx}). \quad (15.5)$$

На черновых и получистовых режимах δ_{δ} (мм) равен:

$$\delta_{\delta} = k \frac{2,8I_{cp}^{0,377} q^{0,039} (\ln \ell)^{0,25}}{(\ln f)^{1,65} U_{xx}^{0,117} \rho_I^{0,076}}, \quad (15.6)$$

где k — коэффициент, учитывающий сочетания материалов электрода-инструмента и заготовки; для сочетаний медь — сталь 45 $k = 1$, медь —

твёрдый сплав $k = 0,5$, угляграфит — сталь 45 $k = 0,7$; U_{xx} — напряжение холостого хода, В; f — частота импульсов, Гц; ρ_I — плотность тока, А/мм²; ℓ — глубина прошиваемого отверстия (полости), мм (см. рис. 15.1, а).

Установка и выверка электрода-инструмента. Точность и качество выполненных на электроэрозионном станке работ в значительной степени зависят от точности установки электрода-инструмента. С этой целью после закрепления электрода-инструмента в патроне производится его выверка, обеспечивающая перпендикулярность оси электрода-инструмента столу станка. Для закрепления и выверки электрода в конструкции станка предусмотрен специальный патрон (рис. 15.4), устанавливаемый в пиноль шпиндельной бабки.

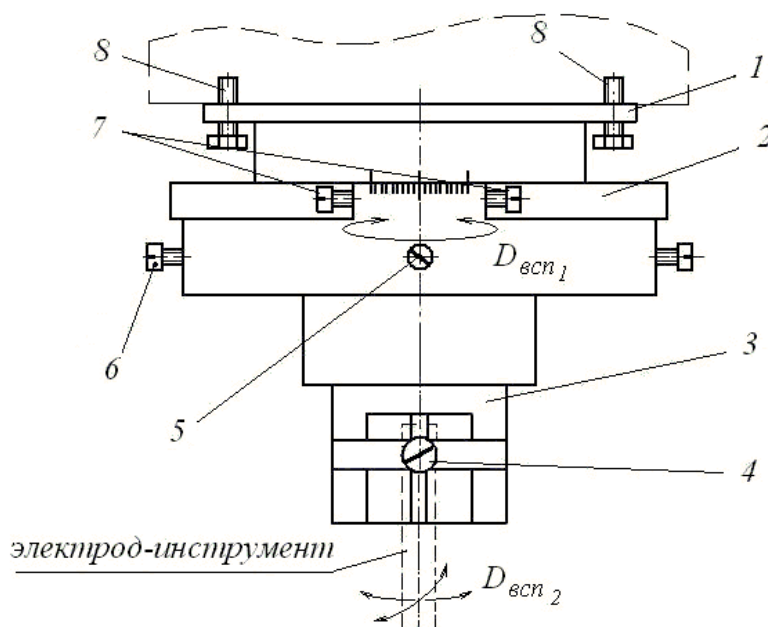


Рис. 15.4. Инструментальный патрон

Патрон крепится фланцем 1 к шпинделю станка при помощи болтов 8. К фланцу патрона присоединен поворотный корпус 2, имеющий возможность поворачиваться вокруг вертикальной оси патрона на угол $\pm 10^\circ$ (движение $D_{всп1}$) с помощью винтов 7. В поворотном корпусе установлен сферический шарнир, обеспечивающий возможность качания закреплённого на нём малого патрона 3, в котором при помощи винта 4 крепится электрод-инструмент. Четыре винта (поз. 5 и 6) позволяют совершать качание малого патрона в двух взаимно перпендикулярных плоскостях и фиксировать его в необходимом положении при установке и выверке электрода-инструмента (движения $D_{всп2}$).

Наладка электрода-инструмента на заданную глубину прошивания отверстия. Установку глубины прошивания отверстия или глубины полости в заготовке проводят на станке с помощью устройства, показанного на рисунке 15.5. Это устройство автоматически отключает движение подачи электрода-инструмента D_s при достижении заданной глубины.

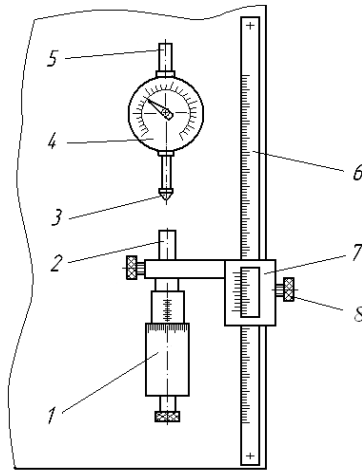


Рис. 15.5. Устройство для установки глубины обработки

Устройство закреплено на шпиндельной бабке 9 (см. рис. 15.2) станка и содержит следующие части: измерительную головку 1 с выдвижным роликом 2, индикатор 4 с наконечником 3, измерительную линейку с делениями 6, движок с нониусной шкалой 7, концевой выключатель 5. Измерительная линейка 6 имеет шкалу от 0 до 200 мм с ценой деления 1 мм, цена деления шкалы нониуса движка 7 равна 0,05 мм.

Для установки с помощью данного устройства заданной глубины обработки отверстия l необходимо:

— ослабить фиксирующий болт 8 движка 7 и отодвинуть движок вниз;

— опустить электрод-инструмент вниз до касания с заготовкой, выполнив следующие действия:

- нажать кнопку включения режима быстрого автоматического опускания пиноли шпиндельной бабки 26 (см. рис. 15.3) с электродом-инструментом,

- нажать кнопку 2 перемещения пиноли вниз, расположенную на панели с правой стороны шпиндельной бабки, для её быстрого перемещения (рис. 15.6),

- выключить выключатель контроля скорости движения пиноли (кнопка 26 на рис. 15.3), когда электрод будет рядом с заготовкой,

что обеспечит возможность придания пиноли низкой скорости опускания,

- нажать кнопку 2 (рис. 15.6) перемещения пиноли вниз на панели с правой стороны шпиндельной бабки для медленного перемещения пиноли и держать её нажатой до момента касания электрода-инструмента с заготовкой; в момент касания загорается светодиод и включается зуммер,

— поднять движок 7 устройства для задания глубины обработки (рис. 15.5) вверх до упора, перемещая плавно стержнем 2 вверх наконечник 3 индикатора 4;

— установить шкалу индикатора 4 по стрелке на «ноль»;

— переместить стержень 2 измерительной головки вниз на заданную глубину обработки l , производя при этом отсчет перемещения по индикатору 4 с ценой деления 0,01 мм, шкале линейки 6 и нониусу движка 7 или при помощи измерительной головки 1 (цена деления – 0,01 мм);

— закрепить движок 7 на линейке с помощью винта 8 (см. рис. 15.5).

Наладка режима обработки

Наладка режима обработки включает установку выбранных значений параметров режима и их корректировку при изготовлении первой пробной детали.

Перед наладкой режима обработки на станке должны быть выполнены следующие работы:

— установлена и закреплена заготовка на столе станка 3 (см. рис. 15.2);

— проверена работа гидравлической системы;

— ванна для электролита 4 должна быть заполнена до требуемого уровня, при этом кнопка датчика контроля разряда 6 (см. рис. 15.3) не должна быть нажата;

— установлена глубина обработки l ;

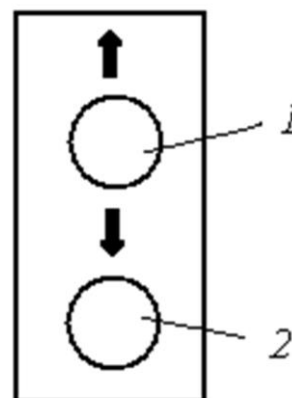


Рис. 15.6. Панель управления перемещением пиноли

— кнопка 7 контроля автоматического останова не должна быть нажата, её следует поставить в положение «OFF»;

— рукоятка 16 определения состояния электрической дуги должна стоять в позиции «2»;

— пиноль с электродом-инструментом должна быть отведена от заготовки с помощью кнопки управления перемещением пиноли 1 (см. рис. 15.6).

После выполнения этих процедур для наладки режима электроэрозионного прошивания нужно выполнить следующие действия.

1. Включить питание станка выключателем 1 (см. рис. 15.3), поставив его в положение «1».

2. Установить полярность напряжения на электродах с помощью переключателя 15.

3. Поставить переключатель диапазонов напряжения на электродах 11 в позицию низкого напряжения.

4. Установить кнопками 9 заданное значение средней силы тока I_{cp} .

5. Установить переключателем 8 длительности импульсов разряда заданное значение τ_u .

6. Установить рукояткой 17 длительность паузы (перерыва) τ_n между импульсами.

7. Поставить рукоятку 21 в позицию, соответствующую выбранному значению низкого напряжения U_{cp} на электродах.

8. Установить рукоятками 19 и 20 величину и время периодического отвода – подвода электрода-инструмента для удаления продуктов эрозии из зоны обработки.

9. Включить электропитание и подвести электрод-инструмент к заготовке.

10. Включить кнопкой 4 прокачку жидкости через ванну.

11. Включить кнопкой 2 (см. рис. 15.6) движение автоматической подачи шпиндельной бабки (электрода-инструмента) и вести визуальный и звуковой контроль хода процесса прошивания по приборам и светодиодам 12 и 14 пульта управления станком.

12. При выявлении нехарактерных шумов, при отсутствии постоянного ровного звука, нестабильности разряда или низкой производительности процесса произвести коррекцию режима обработки с помощью

рукояток отвода – подвода электрода-инструмента 19 и 20 и рукоятки установления величины межэлектродного зазора 21.

Содержание работы

Лабораторная работа включает: изучение назначения и устройства электроэрозионного станка марки Sure First модели ED-203, проведение экспериментов по определению технико-экономических показателей электроэрозионного прошивания отверстий; выполнение индивидуального задания и подготовку отчёта.

Порядок проведения работы

1. Изучите назначение и устройство станка.
2. Проследите за наладкой станка к электроэрозионному прошиванию отверстия учебным мастером при следующих исходных условиях обработки:
 - материал заготовки – сталь 45, HRC_9 45...48;
 - материал электрода-инструмента – медь;
 - рабочая жидкость – «Mentor-28» фирмы ESSO;
 - температура рабочей жидкости – 20 °С;
 - прокачка рабочей жидкости через межэлектродный промежуток не проводится; вымывание продуктов эрозии осуществляется в момент быстрого подъёма электрода инструмента на высоту $h = 2$ мм и времени подъёма – опускания $\tau_h = 2$ с (значения высоты подъёма и времени выдержки могут варьироваться по заданию преподавателя);
 - размеры прошиваемого сквозного отверстия: диаметр обработки d , мм (задаётся преподавателем), глубина обработки $\ell = 2,0$ мм.
3. Измерьте фактический диаметр электрода-инструмента $d_{эи}$ микрометром с точностью 0,01 мм. Занесите данные в протокол измерений, приведённый как «Приложение к работе 15» в разделе «Содержание отчёта».
4. Получите от преподавателя задание на исследование технико-технологических параметров электроэрозионной обработки и нахождению их зависимостей от режима обработки. Задаются значения средней силы тока I_{cp} , время действия импульсов τ_u и перерыва между импульсами τ_n , среднее напряжение на электродах U_{cp} .

Конкретные значения варьируемого параметра задаёт преподаватель. Задание фиксируется в протоколе измерений⁶ (приложение к работе 15).

5. Под руководством учебного мастера установите на станке режим обработки.

6. Проследите за работой учебного мастера по прошиванию трёх отверстий на установленных режимах обработки при принятых постоянных условиях обработки. Зафиксируйте время прошивания по каждому эксперименту τ_{oi} , среднюю силу тока I_{cp_i} и напряжения U_{cp_i} по приборам в каждом из экспериментов (i — номер эксперимента). Данные занесите в протокол измерений.

7. Измерьте диаметры прошитых отверстий d_i^o на инструментальном микроскопе с точностью 0,005 мм.

8. Измерьте шероховатость обработанных поверхностей отверстий по параметру Ra с помощью профилометра MarSurf PS1 на специально подготовленных образцах. Все полученные в экспериментах данные занесите в протокол исследования.

9. Рассчитайте по каждому эксперименту:

— теоретическое значение межэлектродного зазора δ_{oi}^m по формулам (15.5), (15.6) и теоретический номинальный размер отверстия после электроэрозионного прошивания d_i^m , используя формулу (15.4);

— погрешности диаметров изготовленных отверстий

$$\Delta d_i = |d_i^m - d_i^o|; \quad (15.7)$$

— объемную производительность (мм³/мин)

$$P_v = Sb/\tau_o, \quad (15.8)$$

где S — площадь поперечного сечения отверстия, мм²; b — толщина заготовки, мм; τ_o — время прошивания, мин.

— производительность по массе (кг/мин),

$$P_m = 10^{-9} P_v \rho, \quad (15.9)$$

где ρ — плотность материала заготовки (кг/м³);

⁶ Задание на исследование должно отвечать следующим требованиям:

– из указанных четырёх настраиваемых параметров режима обработки переменным параметром должен быть один (по заданию преподавателя); остальные три параметра в эксперименте, проводимой группой, должны быть постоянными.

— энергию импульса W_u (Дж) по формуле (15.3);

— удельный расход электроэнергии (Дж/кг)

$$w_m = 60W_{uf}/\Pi_m = 60I_{cp}U_{cp}/\Pi_m. \quad (15.10)$$

10. Экспериментально полученные значения межэлектродного зазора $\delta_{\bar{o}}$ сопоставьте со значениями, определёнными по формулам (15.5), (15.6).

11. Оформите исходные данные, результаты измерений и расчётов по форме таблиц 15.4 и 15.5.

Таблица 15.4

Режим обработки и результаты прошивания отверстий

Номер эксперимента	Режим обработки				Результаты эксперимента			Условия обработки
	I_{cp} , А	τ_u , с	τ_n , с	U_{cp} , В	τ_{oi} , мин	d_i^{∂} , мм	Ra_i , мкм	
1								$Ra_{черт}$, мкм d_{zu} , мм; h , мм; τ_h , с.
2								
3								

Таблица 15.5

Результаты экспериментов и расчётные данные

№ п/п	Боковой зазор, мм		Диаметр отверстия детали, мм				Ra , мкм	Π_m , кг/мин	Π_v , мм ³ /мин	W_u , Дж	w , Дж/кг
	$\delta_{\bar{o}_i}^m$	$\delta_{\bar{o}_i}^{\partial}$	d_i^m	$d_{cp_i}^{\partial}$	Δd_i	IT					
1											
2											
3											

12. Постройте графики зависимостей τ_o , Ra , Π_m , W_u , w , $\delta_{\bar{o}}$, Δd от варьируемого в экспериментах параметра режима обработки.

13. Выполните анализ полученных результатов, отметив преимущества и недостатки процесса электроэрозионного прошивания отверстий в сравнении с методами размерной обработки, параметры которых представлены в таблице 15.6.

Таблица 15.6

Характеристики методов обработки отверстий (диаметр 5...10 мм)

Метод обработки	Производительность по массе, P_{mv} кг/мин	Удельный расход электроэнергии, w_m , Дж/кг	Шероховатость, Ra , мкм	Точность диаметра отверстия, квалитет
Сверление	0,03–0,1	$1 \cdot 10^5$ – $5 \cdot 10^5$	6,3–12,5	12–14
Электрохимическое прошивание	0,001–0,005	$1 \cdot 10^6$ – $2 \cdot 10^6$	2,5–12,5	10–14

14. Выполните индивидуальное задание в соответствии с данными таблицы 15.7 и содержанием п. 4 следующего раздела и составьте отчёт.

Содержание отчёта

1. Название работы.

2. Техническая характеристика станка: модель, наименование, назначение, достижимые квалитеты точности и параметры шероховатости обработанных поверхностей.

3. Цель и содержание эксперимента.

Содержание эксперимента: «Провести электроэрозионное прошивание отверстий в заготовке, измерить размеры и шероховатость обработанных поверхностей, рассчитать технико-экономические характеристики процесса».

3.1. Условия проведения эксперимента: модель и наименование станка; материал, форма и диаметр электрода-инструмента, материал, твёрдость и толщина заготовки; марка диэлектрической жидкости, способ подачи диэлектрической жидкости в зону обработки, измерительная оснастка.

3.2. Требования к шероховатости поверхностей отверстия трёх заготовок по параметру Ra в областях чистовой, получистовой и чистовой обработки.

3.3. Выбранные значения параметров режима обработки.

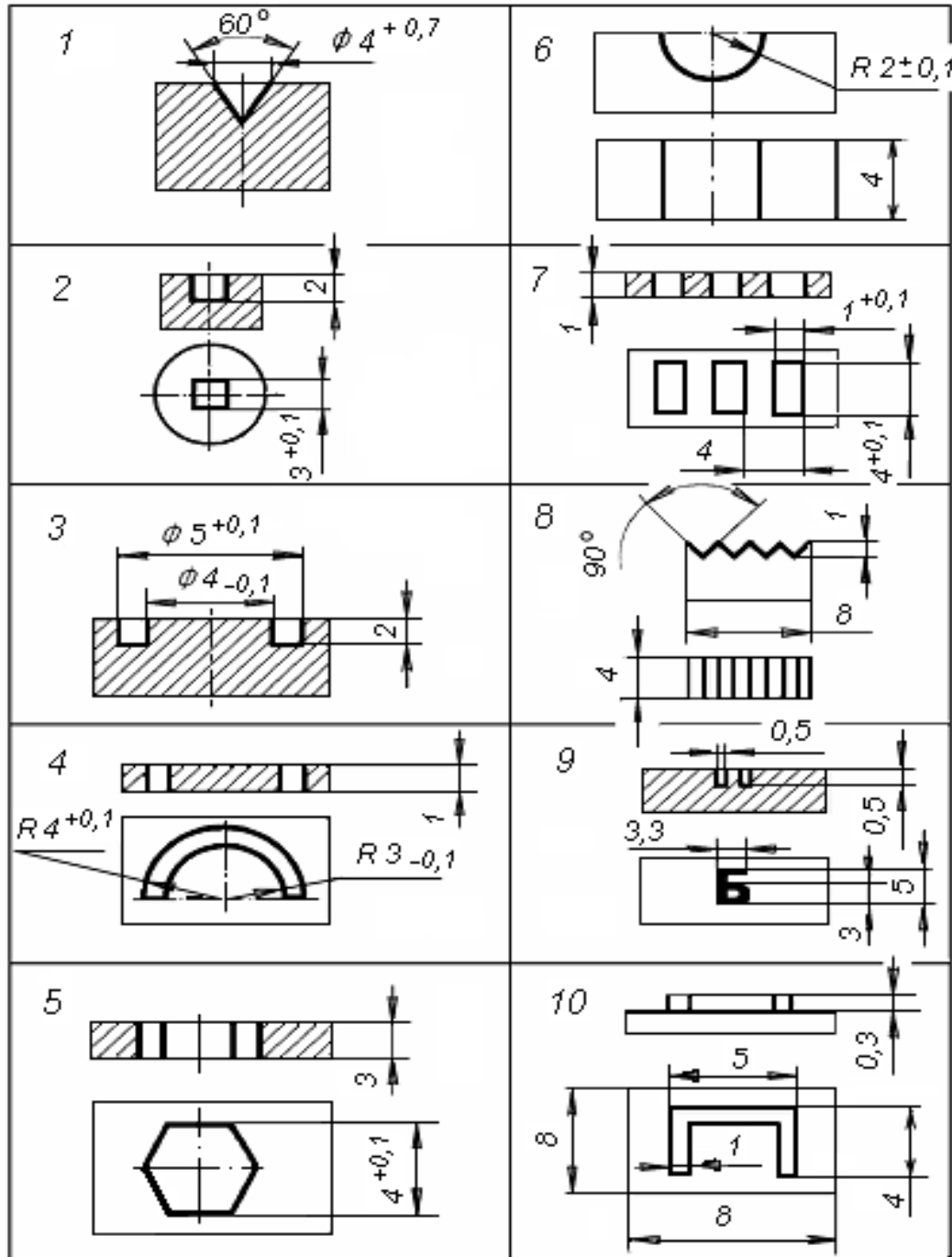
3.4. Результаты экспериментов в виде таблицы 15.4.

3.5. Расчет технико-экономических параметров электроэрозионной обработки и заполнение таблицы 15.5.

3.6. Результаты измерения диаметров и заполнение таблицы 15.5.

Таблица 15.7

Индивидуальные задания



Примечания. 1. Марка материала заготовки – сталь 45, HRC₃ = 45...48.
 2. Плотность материала $\rho = 8700 \text{ кг/м}^3$. 3. Шероховатость поверхности задаётся преподавателем в пределах Ra от 0,63 до 12,5 мкм.

3.7. Построение графиков зависимостей, указанных в п. 12 «Последовательность проведения эксперимента (индивидуально каждому студенту с охватом всех указанных в данном пункте графиков).

3.8. Выводы по результатам экспериментов.

4. Номер, формулировка и исходные данные индивидуального задания (таблица 15.7).

Индивидуальное задание: «Выбрать режим и рассчитать основное время электроэрозионной обработки заготовки».

4.1. Чертёж детали и указанные в задании характеристики процесса.

4.2. Схема электроэрозионной обработки заготовки.

4.3. Режим работы электроэрозионного станка.

4.4. Расчет основного времени обработки τ_0 (используются данные, полученные при проведении эксперимента).

4.5. Эскиз используемого для обработки электрода-инструмента.

5. Приложение. Протокол измерений (по далее приведённой форме).

Приложение
к работе 15

ПРОТОКОЛ ИЗМЕРЕНИЙ

к лабораторной работе «Назначение и устройство электроэрозионного станка марки Sure First модели ED-203»

Группа _____

Дата проведения эксперимента « ____ » _____ 201 ____ г.

1. Условия проведения эксперимента

1.1. Оборудование: _____

1.2. Рабочая среда: _____

1.3. Характеристики электрода-инструмента: _____

1.4. Материал заготовки: _____

1.5. Форма и размеры заготовки: _____

1.5. Постоянные элементы режима обработки: _____

1.7. Измерительные инструменты и приборы: _____

2. Таблица измерений

Таблица П.1

Результаты измерений экспериментальных образцов

Но- мер экс- пери- мента	Режим обработки					Результаты эксперимента									
	Ra , мкм	I_{cp} , А	τ_u , с	τ_n , с	U_{cp} , В	τ_{oi} , мин	d_{cpi}^{∂} , мм			d_{cp}^{∂}	Ra_i , мкм			Ra_{cp}^{∂}	
							Номер измерения				Номер измерения	Номер измерения			
							1	2	3			1	2		3
1															
2															
3															

Студент (студентка) _____

Преподаватель _____

16. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАВИСИМОСТЕЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ПЛОСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ ЗАГОТОВКИ ОТ ПЛОТНОСТИ ТОКА

Цель работы: знания физико-химических основ электрохимической обработки; умение экспериментальным методом устанавливать зависимости технологических характеристик электрохимической обработки заготовки от плотности тока для конкретных условий обработки.

Физико-химические основы электрохимической обработки

В основе электрохимической обработки (ЭХО) лежат окислительно-восстановительные процессы, протекающие на электродах, помещённых в электролит, при пропускании через электролит постоянного электрического тока [2]. В совокупности эти процессы называют *электролизом*. Электролитами при ЭХО являются водные растворы: солей (NaCl, NaNO₃,

Na₂SO₄, KCl и др.), кислот (HCl, H₂SO₄, HNO₃ и др.), щелочей (NaOH, KOH и др.).

В качестве примера далее рассмотрены процессы, проходящие при электролизе в водном растворе хлорной меди CuCl₂ с анодом из меди (рис. 16.1).

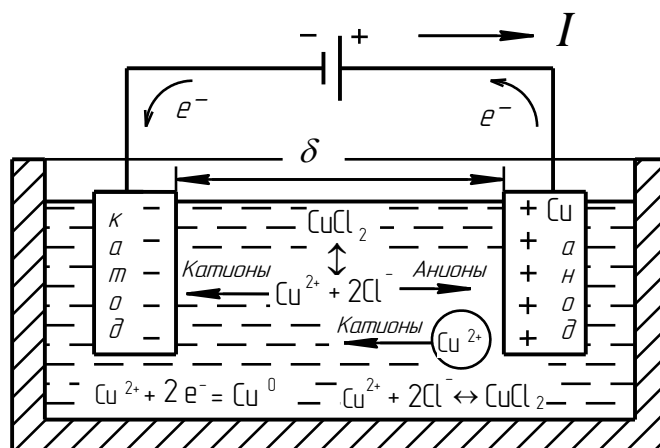


Рис. 16.1. Схема электролиза меди в растворе CuCl₂

В воде молекулы хлорной меди диссоциируют на ионы по следующей схеме: $\text{CuCl}_2 \leftrightarrow \text{Cu}^{2+} + 2\text{Cl}^-$. При создании на электродах от источника питания разности потенциалов анионы хлора начинают двигаться к аноду, а катионы меди — к катоду. Электрическая цепь (источник питания — электрод-катод — электролит — электрод-анод — источник питания) при этом замыкается. Источник питания начинает перемещать электроны с медного анода во внешнюю цепь. Атомы меди, отдав электроны, в виде ионов Cu^{2+} переходят в электролит. Происходит растворение материала анода.

Подошедшие к катоду катионы меди присоединяют электроны из внешней цепи и осаждаются в атомарном виде на катоде, формируя покрытие. Вышедшие из анода в раствор ионы меди восстанавливают в растворе исходную их концентрацию и под действием приложенного потенциала начинают двигаться к катоду. Фактически происходит перенос атомов меди с анода на катод.

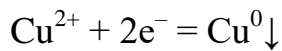
На катоде осуществляется процесс восстановления меди, т. е. присоединения электронов, а на аноде — окисления, т. е. отдача электронов.

В целом электролиз водного раствора CuCl₂ при медном аноде можно представить в виде следующей схемы:



Катод: $\text{Cu}^{2+}, \text{H}_2\text{O}$

Анод (Cu): $\text{Cu}, \text{Cl}^-, \text{H}_2\text{O}$



Физико-химические процессы, протекающие при электролизе, легли в основу электрохимических методов обработки заготовок. Так, растворение материала анода стало предпосылкой создания группы методов электрохимической размерной обработки, полирования, комбинированных методов, а осаждение металла на катоде стало основой получения электрохимических покрытий на заготовках.

Процессы, проходящие при электролизе на электродах и в растворе, зависят как от состава электролита, так и от материалов, из которых сделаны электроды. Основные соотношения, описывающие электролиз, установлены и сформулированы в 1833–1834 годах английским учёным М. Фарадеем. Согласно объединённому закону М. Фарадея масса вещества, окисленного на аноде и восстановленного на катоде m (кг), прямо пропорциональна количеству прошедшего через электролит электричества. Этот закон выражается следующей математической формулой:

$$m = k_{\text{эx}}q = k_{\text{эx}}I\tau, \quad (16.1)$$

где $k_{\text{эx}}$ — электрохимический эквивалент вещества, кг/Кл; q — количество электричества, Кл; I — сила тока, А; τ — время протекания процесса, с. Коэффициент $k_{\text{эx}}$ численно равен массе вещества в килограммах, растворённого (перемещённого с анода на катод) при $I = 1$ А за одну секунду.

Фактическая масса вещества, прореагировавшего при электрохимической обработке на аноде, всегда меньше массы, вычисленной по закону Фарадея. Это объясняется тем, что часть количества электричества тратится на побочные реакции на электродах, образование газов, прохождение вторичных реакций в электролите. Эту разницу оценивают коэффициентом *выхода по току* k_{η} :

$$k_{\eta} = m_{\text{ф}} / m, \quad (16.2)$$

где $m_{\text{ф}}$ — фактическая масса растворённого вещества, кг.

Значение k_{η} для разных процессов варьируется в широких пределах и зависит от условий, при которых реализуется процесс электролиза; загрязнений электролита продуктами реакций, температуры электролита, плотности тока и других параметров процесса.

С учётом значения k_η фактическую массу растворённого металла заготовки m_ϕ (кг) определяют по формуле

$$m_\phi = 60k_\eta k_{\text{эx}} I \tau_0, \quad (16.3)$$

где τ_0 — основное время электрохимической обработки, мин.

Ввиду большого числа факторов, влияющих на коэффициент k_η , найти его значение теоретическим путём не удаётся. Поэтому на практике *выход по току* определяют экспериментально через отношение

$$k_\eta = \frac{m_\phi}{m} = \frac{\rho_m S \Delta h}{6 \cdot 10^{10} k_{\text{эx}} I \tau_0}, \quad (16.4)$$

где ρ_m — плотность материала анода, кг/мм³; S — площадь анода, подлежащая обработке, мм²; Δh — толщина растворённого слоя металла анода, мм.

Скорость электрохимического растворения v_p в линейных единицах (мм/мин), может быть определена следующим образом:

$$v_p = \frac{\Delta h}{\tau_0} = 6 \cdot 10^{10} k_\eta \frac{k_{\text{эx}} I}{\rho_m S} = 6 \cdot 10^{10} k_\eta \frac{k_{\text{эx}}}{\rho_m} \rho_I, \quad (16.5)$$

где ρ_I — плотность тока, А/мм².

Непосредственные расчеты v_p по формуле (16.5) провести не удаётся, так как с увеличением плотности тока падает значение *выхода по току*. При этом наблюдается рост удельной энергоёмкости процесса, значение которой w_m (Дж/кг) рассчитывают по формуле:

$$w_m = 60IU \tau_0 / m_\phi, \quad (16.6)$$

где U — напряжение на электродах, В.

Из формулы (16.6) следует, что удельная энергоёмкость w_m процесса ЭХО с возрастанием силы тока I увеличивается. Росту w_m способствует ещё и то, что одновременно с ростом силы тока падает *выход по току*.

В лабораторной работе исследуются охарактеризованные выше зависимости технико-технологических характеристик ЭХО от плотности тока $k_\eta = f_1(\rho_I)$, $v_p = f_2(\rho_I)$, $w_m = f_3(\rho_I)$, которые для заданного в работе диапазона режимов электрохимической размерной обработки соответствуют типовым графикам, приведённым на рисунке 16.2.

Содержание работы

Работа включает изучение технологических характеристик и основных закономерностей электрохимической размерной обработки, проведе-

ние эксперимента с построением графиков зависимостей выхода по току, скорости анодного растворения и удельной энергоёмкости электрохимической обработки плоской поверхности заготовки от плотности тока и выполнение индивидуального задания.

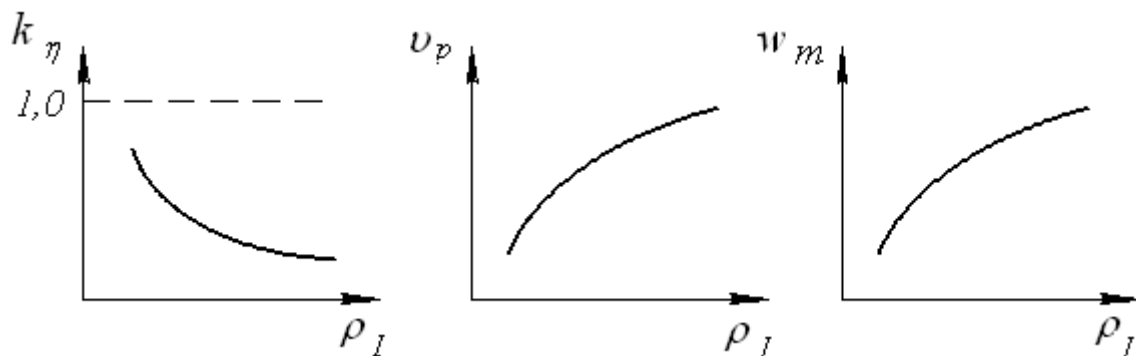


Рис. 16.2. Типовые графики зависимостей параметров электрохимического травления заготовки от плотности тока

Лабораторная установка ЭХТ-97

Эксперименты проводятся на лабораторной установке для электрохимической обработки ЭХТ-97 (рис. 16.3).

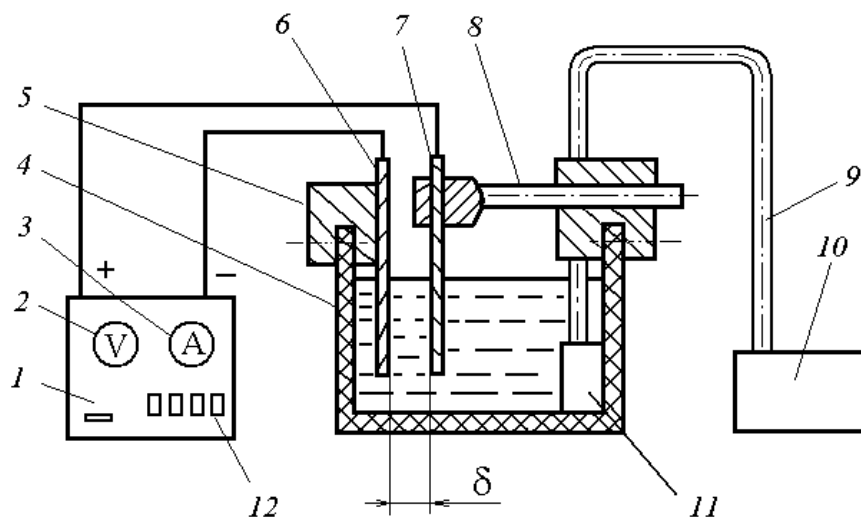


Рис. 16.3. Схема установки ЭХТ-97

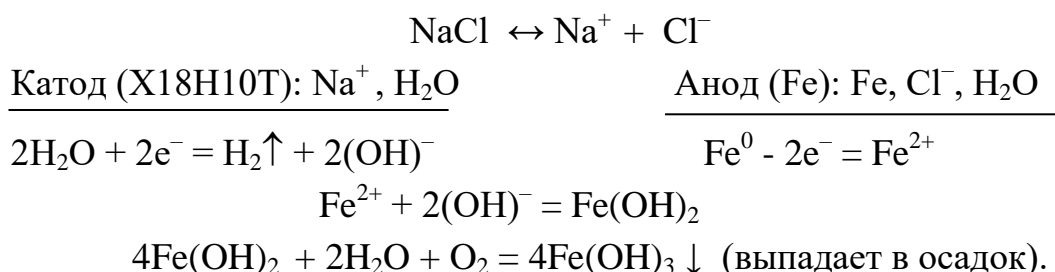
Основными частями установки являются емкость 4 для электролита, изготовленная из химически стойкого материала, источник тока 1, компрессор 10 и два кронштейна 5 и 8, закреплённые на стенке ёмкости 4. Источник тока 1 снабжён встроенными в него вольтметром 2 и амперметром 3, которые позволяют контролировать ступенчато изменяемые при пе-

реключении тумблеров 12 значения силы тока и напряжения на электродах 6 и 7, закреплённых соответственно на кронштейнах 5 и 8.

Ток от источника по гибким шинам подаётся на электроды 6 и 7, выполненные в виде пластин. Пластина 6, являющаяся катодом, изготовлена из нержавеющей стали X18H10T и закреплена при помощи кронштейна 5 на стенке ёмкости 4. Сама ёмкость заполнена 15 % водным раствором хлорида натрия.

Вторая пластина 7, представляющая анод, закреплена на противоположной стенке ёмкости 4 при помощи подвижного кронштейна 8, который даёт возможность изменять межэлектродный зазор δ и скорость анодного растворения материала v_p . Заготовка-анод, подвергаемая обработке, изготовлена в виде пластины из стали 45. Обработываемая плоскость пластины перед проведением опыта шлифуется с шероховатостью поверхности по параметру Ra в пределах 0,8...0,4 мкм. Обратная сторона пластины и боковые поверхности для предохранения их от травления покрыты электроизоляционной водостойкой эмалью ПКЭ-19.

Далее в виде схемы даны физико-химические процессы электролиза в созданной для проведения эксперимента технологической системе «электролит — электроды» при прохождении через электролит электрического тока.



Из представленных уравнений следует, что на поверхности заготовки-анода, обращённой к катоду, в результате окислительной реакции происходит растворение железа, что и составляет основу обработки плоской поверхности заготовки-анода 7.

Для эффективного удаления продуктов анодного растворения из межэлектродного промежутка электролит перемешивают потоком воздуха, подаваемого в ёмкость 4 по гибкому трубопроводу 9 от компрессора 10. С целью предотвращения образования больших воздушных пузырей и выплескивания электролита из ёмкости конец трубопровода 9 снабжен рассеивателем пузырей 11.

Последовательность выполнения работы

1. Изучите теоретические основы электрохимической размерной обработки.

2. Ознакомьтесь с устройством и процедурами подготовки к работе лабораторной установки ЭХТ–97.

3. Совместно с преподавателем разберите представленные в начале работы формулы химических реакций, протекающих в технологической системе при электрохимической размерной обработке.

4. Получите у учебного мастера заготовку для эксперимента — пластинку, изготовленную из стали 45.

5. Измерьте штангенциркулем размеры рабочей зоны пластинки, микрометром — толщину h заготовки и профилометром MarSurf PS1 — шероховатость обрабатываемой поверхности по параметру Ra , по три измерения каждого параметра. Полученные значения занесите в таблицу П.1 протокола измерений, форма которого представлена в приложении к данной работе.

6. Установите заготовку в емкость с электролитом — 15 % водным раствором соли NaCl, выдержав заданное преподавателем значение межэлектродного зазора δ (в пределах 3...10 мм).

7. Проведите обработку заготовки в течение 5 минут при заданном преподавателем значении силы тока I и установившемся значении напряжения U . После травления измерьте толщину образца h и шероховатость поверхности Ra профилометром MarSurf PS1. Результаты измерений занесите в таблицу П.2 протокола измерений.

8. Повторите дважды (в таблице П.2 — эксперименты 2 и 3) на этом же образце перечисленные в пунктах 5, 6, 7 действия, увеличивая каждый раз значение силы тока I , и занесите измеренные данные в таблицу П.2 (эксперименты 2 и 3) протокола измерений.

9. Вычислите значения плотности тока в каждом эксперименте по формуле $\rho_I = I/S$ (А/мм²) результаты расчётов занесите в таблицу 16.1.

10. Рассчитайте и занесите в таблицу 16.1 значения коэффициентов выхода по току для каждого эксперимента. Для этого:

— вычислите толщину Δh удалённого за 5 минут обработки слоя материала по каждому эксперименту по формуле $\Delta h = h_1 - h_2$, в которой индексы 1 и 2 обозначают номера измерений (таблица П.2);

— рассчитайте массу m_{ϕ} (кг) удалённого слоя по формуле:

$$m_{\phi} = 10^{-9} \rho_m S \Delta h;$$

— используя формулу (16.4) и данные таблицы 16.2, определите значения коэффициента выхода по току k_{η} .

Таблица 16.1

Результаты расчётов

Номер эксперимента	$\rho_I,$ А/мм ²	$\Delta h,$ мм	$m_{\phi},$ кг	k_{η}	$v_p,$ мм/мин	$\Pi_m,$ кг/мин	$w_m,$ Дж/кг
1							
2							
3							

11. Рассчитайте производительность по массе $\Pi_m = m_{\phi}/\tau_o$ (кг/мин) и удельную энергоёмкость процесса обработки w_m (Дж/кг) по формуле (16.6) при различных значениях плотности тока. Результаты расчётов занесите в таблицу 16.1.

Таблица 16.2

Плотность и электрохимические эквиваленты некоторых сплавов [5]

№ п/п	Материал	$\rho_m,$ кг/м ³	$k_{\text{эx}},$ кг/Кл
1	2Х13	7750	$2,58 \cdot 10^{-7}$
2	5ХНМ	7800	$2,86 \cdot 10^{-7}$
3	ВК8	14350	$3,10 \cdot 10^{-7}$
4	T15K6	11000	$2,75 \cdot 10^{-7}$
5	T5K10	12200	$3,05 \cdot 10^{-7}$
6	30ХГСА	7850	$2,88 \cdot 10^{-7}$
7	38ХНМЮА	7710	$2,83 \cdot 10^{-7}$
8	Д1	2800	$0,93 \cdot 10^{-7}$
9	BT16	4680	$1,79 \cdot 10^{-7}$
10	BT22	4500	$1,72 \cdot 10^{-7}$
11	ЭИ-893	8800	$2,64 \cdot 10^{-7}$
12	X18H9T	7900	$2,76 \cdot 10^{-7}$

Примечание. В экспериментах используются образцы из стали 45, имеющей $k_{\text{эx}} = 2,69 \cdot 10^{-7}$ кг/Кл, $\rho_m = 7800$ кг/м³.

12. Постройте графики экспериментально полученных зависимостей анодного *выхода по току*, скорости анодного растворения и удельной энергоёмкости процесса от плотности тока: $k_{\eta} = f_1(\rho_I)$, $v_p = f_2(\rho_I)$, $w_m = f_3(\rho_I)$. Нанесите на построенные графики тонкими линиями типовые графики соответствующих зависимостей, представленные на рисунке 16.2. Охарактеризуйте степень совпадения полученных результатов с теоретическими зависимостями электрохимической обработки заготовок.

13. Постройте график зависимости шероховатости обработанной поверхности заготовки от плотности тока $Ra = f(\rho_I)$.

14. Рассчитайте по предложенным преподавателем параметрам производительность по массе P_m для процесса концевое фрезерование заготовки и сопоставьте полученные данные с производительностью электрохимической размерной обработки.

15. Получите у преподавателя индивидуальное задание (таблица 16.3).

Выполните по индивидуальному заданию следующие действия:

— нарисуйте схему обработки заготовки и эскиз рабочей части применяемого электрода-инструмента с необходимыми видами и (или) сечениями;

— рассчитайте площадь поверхности S , подлежащую обработке;

— пользуясь данными, приведёнными в таблице 16.3, определите необходимую для выполнения обработки плотность тока ρ_I (А/мм²) по формуле

$$\rho_I = \frac{v_p \rho_m}{6 \cdot 10^{10} k_{\text{эx}} k_{\eta}} ;$$

— определите силу тока I , обеспечивающую скорость анодного растворения $v_p = 0,05$ мм/мин, по формуле $I = \rho_I S$; анодный выход по току k_{η} примите равным среднему значению, полученному в экспериментах;

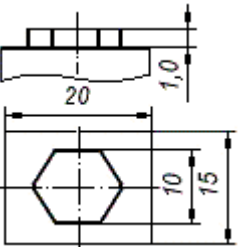
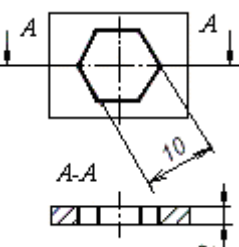
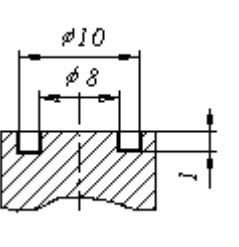
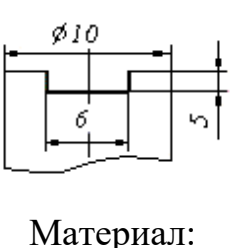
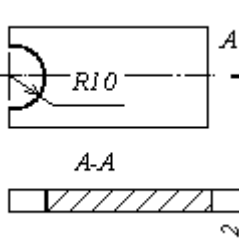
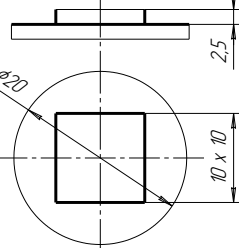
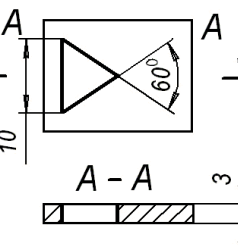
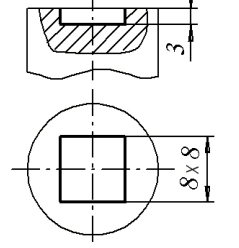
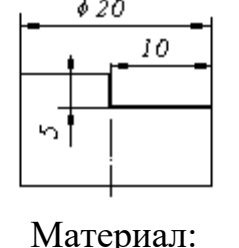
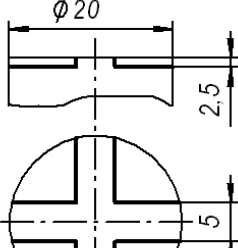
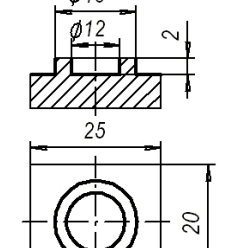
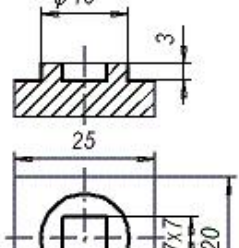
— рассчитайте время τ_0 электрохимической обработки заготовки.

Содержание отчёта

1. Наименование работы.

2. Условия проведения эксперимента: материал и размеры заготовки, размеры её рабочей зоны, значение межэлектродного зазора δ , состав и концентрация электролита, измерительные приборы и инструменты.

Индивидуальные задания

№ п/п	Операционный эскиз	№ п/п	Операционный эскиз	№ п/п	Операционный эскиз
1	 Материал: 2Х13	5	 Материал: 30ХГСА	9	 Материал: ЭИ-893
2	 Материал: Сталь 40Х	6	 Материал: Т5К10	10	 Материал: ВТ16
3	 Материал: 5ХНМА	7	 Материал: Т15К6	11	 Материал: 38ХМЮА
4	 Материал: ВК8	8	 Материал: Сталь 40ХН	12	 Материал: Д1

3. Таблица результатов эксперимента по форме таблицы П.2 протокола измерений.

Расчёты, перечисленные в пунктах 9–11 раздела «Последовательность выполнения работы», и таблица результатов (по форме таблицы 16.1).

4. Графики зависимостей: $k_{\eta} = f_1(\rho_I)$, $v_p = f_2(\rho_I)$, $w_m = f_3(\rho_I)$, $Ra = f_4(\rho_I)$.
5. Сопоставление производительности электрохимической обработки заготовки (по эскизу индивидуального задания) с производительностью её обработки указанными преподавателем методом и режимом обработки.
6. Выводы.
7. Номер, формулировка, исходные данные индивидуального задания (таблица 16.3) и эскиз детали.
Индивидуальное задание: «Определить силу тока, необходимую для травления заготовки и рассчитать основное время обработки».
8. Расчёты силы тока I , обеспечивающей $v_p = 0,05$ мм/мин, и основного времени обработки τ_0 .
9. Приложение. Протокол измерений (по далее приведённой форме).

Приложение
к работе 16

ПРОТОКОЛ ИЗМЕРЕНИЙ

к лабораторной работе «Определение зависимостей технологических характеристик электрохимической обработки плоской поверхности заготовки от плотности тока»

Группа _____

Дата проведения эксперимента « ____ » _____ 201 ____ г.

1. Условия проведения эксперимента

1.1. Оборудование: _____

1.2. Рабочая среда: _____

1.3. Характеристики электрода-инструмента: _____

1.4. Материал, форма и размеры заготовки: _____

1.5. Режим обработки: _____

1.6. Межэлектродный зазор, δ , мм _____

1.7. Измерительные инструменты и приборы: _____

2. Таблицы измерений

Таблица П.1

Исходные измерения толщины пластины и шероховатости обрабатываемой поверхности

Номер пластины	Ширина рабочей зоны, b , мм	Толщина заготовки, h , мм			Ra , мкм					
		Номер измерения			h_{cp}	Номер измерения			Ra_{cp}	
		1	2	3		1	2	3		

Таблица П.2

Результаты эксперимента

Номер эксперимента																	
1						2					3						
Номер измерения	τ_0 , мин	I , А	U , В	h , мм	Ra , мкм	Номер измерения	τ_0 , мин	I , А	U , В	h , мм	Ra , мкм	Номер измерения	τ_0 , мин	I , А	U , В	h , мм	Ra , мкм
1	0					1	0					1	0				
2						2						2					

Студент (студентка) _____

Преподаватель _____

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Никифоров В. И. Профилометр MarSurf PS1. Измерение параметров шероховатости поверхностей деталей. — СПб.: Изд-во Политехн. унта, 2009. — 22 с.
2. Никифоров В. И. Электрохимические и электрофизические технологии в машиностроении. Электроэрозионные, химические и электрохимические методы обработки: учеб. пособие. — СПб.: Изд-во Политехн. унта, 2013. — 303 с.
3. Островский В. И. Теория резания металлов. Расчёт оптимальных режимов резания. — Л.: СЗПИ, 1980. — 68 с.
4. Справочник по электрохимическим и электрофизическим методам обработки / Под ред. В. А. Волосатова. — Л.: Машиностроение, 1988. — 719 с.
5. Справочник технолога-машиностроителя в 2-х т. Т. 2 / Под ред. Л. Г. Косиловой и А. Г. Мещерякова. — М.: Машиностроение, 1985. — 496 с.
6. Технология конструкционных материалов: Учебник для вузов / Под ред. Ю. М. Барона. — СПб.: Питер, 2015. — 512 с.
7. Технология конструкционных материалов: Учебник / Под общей ред. А. М. Дальского. — М.: Машиностроение, 2005. — 592 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Классификация металлообрабатывающих станков

Группа станков		Типы станков									
наименование	шифр	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
		Токарные	1	Автоматы и полуавтоматы			револьверные	сверлильно-отрезные	карусельные	токарные, токарно-винторезные и лобовые	многорезцовые, копировальные
специализированные	одношпиндельные			многошпиндельные							
Сверлильные и расточные	2	–	насто-льно- и вертикально-сверлильные	Полуавтоматы		координатно-расточные	радиально-сверлильные	горизонтально-расточные	алмазно-расточные	горизонтально-сверлильные	разные сверлильные и расточные
				одношпиндельные	многошпиндельные						
Шлифовальные, полировальные, доводочные, заточные	3	–	круглошлифовальные	внутришлифовальные	обдирочно- и торцовошлифовальные	специализированные шлифовальные	–	заточные	плоскошлифовальные	притирочные, полировальные, хонинговальные	разные с абразивным инструментом
Электрофизические и электрохимические, комбинированные	4	–	–	светолучевые	–	электрохимические	–	–	электроэрозионные, ультразвуковые прошивочные	анодно-механические отрезные	–


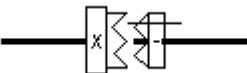

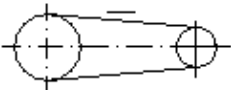
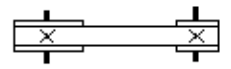

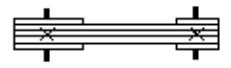
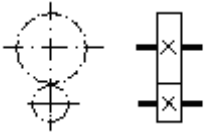
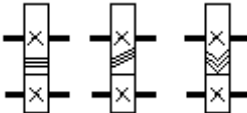
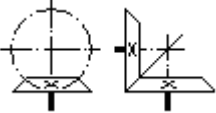
Группа станков		Типы станков									
наименование	шифр	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Зубо- и резьбообра- батывающие	5	резьбо- нарезные	зубодол- бёжные для ци- лин- дрических колёс	зубо- нарезные для кони- ческих колёс	зубофре- зерные для цилиндри- ческих ко- лёс и шли- цевых ва- лов	для наре- зания чер- вячных колёс	для обра- ботки торцов зубьев колёс	резьбо- фре- зерные	зубо- отделоч- ные, про- верочные, обкатные	зубо- и резь- бошли- фоваль- ные	разные зубо- и резьбо- обрабаты- вающие
Фрезерные	6	–	верти- кально- фрезерные консоль- ные	фрезерные непрерыв- ного дей- ствия	–	копиро- вальные и гравиро- вальные	верти- кально- фрезерные бескон- сольные	продоль- но- фрезерные	консоль- ные ши- роко- универ- сальные	горизон- тальные консоль- ные	разные фрезерные
Строгаль- ные, долбёжные, протяжные	7	–	продольные		попереч- но- строгаль- ные	долбёж- ные	протяж- ные горизон- тальные	протяжные верти- кальные для		–	разные строгаль- ные
		односто- ечные	двухсто- ечные	внутрен- него про- тягивания				наружно- го про- тягивания			
Разрезные	8	–	отрезные, оснащённые			правиль- но- и бес- центрово- обдироч- ные	пилы			–	–
			резцом	абразив- ным кругом	гладким диском		ленточные	дисковые	ножовоч- ные		
Разные	9	–	опиловоч- ные, тру- бо- и муф- тообраба- тывающие	пило- насека- тельные	правиль- но- и бес- центро- вооб- дирочные	–	для испы- тания инстру- ментов	делитель- ные машины	баланси- ровочные	–	–

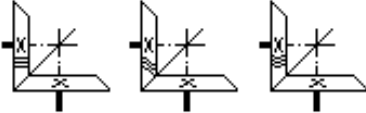
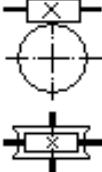
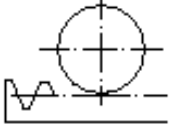
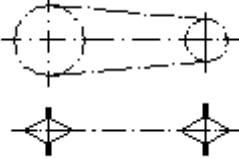
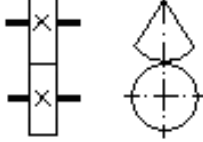

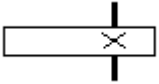

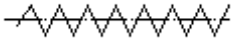
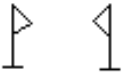
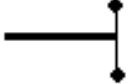
УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ В КИНЕМАТИЧЕСКИХ СХЕМАХ⁷

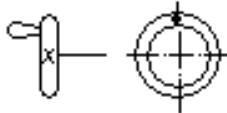

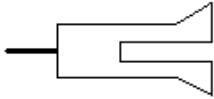
№ п/п	Наименование детали, механизма	Условное обозначение
1	Вал	
2	Подшипники скольжения и качения на валу (без уточнения типа):	
	– радиальные	
	– упорные	
3	Подшипники качения радиальные на валу	
4	Соединения детали с валом:	
	– неподвижное соединение	
	– кинематическая пара вращательная (свободное для вращения)	
	– кинематическая пара поступательная (подвижное без вращения)	
5	Муфты неразъёмные (неуправляемые) для соединения двух валов:	
	– глухая	

⁷ 1. Приведены условные обозначения только тех механизмов и устройств, которые использованы в лабораторных работах при изображении кинематических схем.

2. Условные обозначения ГОСТ 2770-68 «Обозначения условные графические в кинематических схемах. Элементы кинематики», отмеченные символом «*», с целью создания доступности восприятия даны упрощённо.

№ п/п	Наименование детали, механизма	Условное обозначение
	– компенсаторная (с шарниром)	
6	Муфты сцепления механические: – кулачковая односторонняя * – фрикционная двухсторонняя *	 
7	Передачи ремнём: – плоским ремнём – клиновидным ремнём	   
8	Передачи зубчатые (цилиндрические) между параллельными валами: – внешнее зацепление (общее обозначение без уточнения типа) – то же, с прямыми, винтовыми и шевронными зубьями	 
9	Передачи зубчатые между пересекающимися валами и конические: – общее обозначение без уточнения типа зубьев	

№ п/п	Наименование детали, механизма	Условное обозначение
	– с прямыми спиральными и круговыми зубьями	
10	Передача червячная с цилиндрическим червяком	
11	Передачи зубчатые реечные: общее обозначение без уточнения типа зубьев	
12	Передачи цепные	
13	Передача зубчатым сектором (без уточнения типа)	
14	Передача винтовая	
15	Кулачки: – плоский вращающийся	
	– барабанный цилиндрический	
16	Пружина цилиндрическая сжатия	
17	Упоры	
18	Маховик	

№ п/п	Наименование детали, механизма	Условное обозначение
19	Маховичок	
20	Конец вала под съёмную рукоятку	
21	Патрон цанговый	

**Таблицы ориентировочного соответствия характеристик
шлифовальных кругов по ГОСТ Р 52381-2005 и ранее
действовавшим стандартам**

Таблица П3.1

Обозначения зернистости абразивных порошков

Размер основной фракции, мкм	Обозначение зернистости		Размер основной фракции, мкм	Обозначение зернистости	
	ГОСТ Р 52381-2005	ГОСТ 3647-80		ГОСТ Р 52381-2005	ГОСТ 3647-80
4750	F4	—	500	F36	50
4000	F5	—	425	F40	—
3350	F6	—	400	F46	40
2800	F7	—	320	F54	32
2360	F8	—	250	F60	25
2000	F10	200	200	F70	20
1600	F12	160	180	F80	—
1400	F14	—	150	F90	16
1250	F16	125	120	F100	12
1000	F20	100	100	F120	10
850	F22	—	80	F150	8
800	F24	80	60	F180	6
630	F30	63	50	F220	5

Таблица П3.2

Степени твердости абразивных кругов

Степени твердости	ГОСТ Р 52587-2006	ГОСТы 18118, 19202, 21323 (утратили силу)
Весьма мягкий	F	BM1
	G	BM2
Мягкий	H	M1
	I	M2
	J	M3
Средне мягкий	K	CM1
	L	CM2
Средний	M	C1
	N	C2

Окончание табл. ПЗ.2

Степени твердости	ГОСТ Р 52587-2006	ГОСТы 18118, 19202, 21323 (утратили силу)
Средне твердый	О	СТ1
	Р	СТ2
	Q	СТ3
Твердый	R	T1
	S	T2
Весьма твердый	T, U	BT
Чрезвычайно твердый	V, W, X, Y, Z*	CT

Примечание. * Буквы обозначают увеличение твердости в заданном диапазоне.

Таблица ПЗ.3

Обозначения связок шлифовальных кругов

Вид связки	ГОСТ Р 52587-2006 (общее обозначение)	Утратившие силу обозначения марок связок
Керамическая	V	КО, К1, К2, К3, К5, К8
Бакелитовая	B	Б, Б1, Б2, Б3, Б4
Вулканитовая	R	В, В1, В2, В3