

Федеральное агентство морского и речного транспорта

Морской государственный университет имени адмирала Г. И. Невельского

С. А. Горчакова, С. Б. Малышко, В. В. Тарасов

ОБРАБОТКА РЕЗАНИЕМ

Учебное пособие

Рекомендовано Дальневосточным региональным отделением
научно-методического объединения по образованию
в области эксплуатации водного транспорта (ДВ РОУМО)
для студентов и курсантов морских специальностей вузов региона

Владивосток
2018

УДК 621. 91(075.8)
ББК 34.5

Горчакова, С. А. Обработка резанием [Текст] : учеб. пособие / С. А. Горчакова, С. Б. Малышко, В. В. Тарасов. – Владивосток : Мор. гос. ун-т, 2018. – 84 с.

Изложены основы обработки металлов резанием на металлообрабатывающих станках, включая обработку деталей на токарных, сверлильных, фрезерных и шлифовальных станках. Является частью комплекса учебных пособий по дисциплинам «Технология конструкционных материалов» и «Материаловедение и технология конструкционных материалов».

Разработано в соответствии с требованиями ПДНВ и государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования РФ.

Предназначено для выполнения лабораторных работ студентами и курсантами технических специальностей.

Ил. 28, табл. 8, библиогр. 10 назв.

УДК 621. 91(075.8)
ББК 34.5

Рецензенты:

Т. Е. Коршунова, канд. техн. наук, доцент
Дальневосточного государственного технического
рыбохозяйственного университета

Е.В. Ружицкая, канд. техн. наук, доцент Дальневосточного
федерального университета

© Горчакова С. А., Малышко С. Б., Тарасов В. В., текст, 2018

© Морской государственный университет

им. адм. Г.И. Невельского, издание, 2018

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ	4
1. Инструментальные материалы	6
1.1. Инструментальные стали	6
1.2. Твёрдые сплавы.	10
1.3. Минералокерамика.	12
1.4. Сверхтвёрдые материалы	13
2. Токарно-винторезные станки.	18
2.1. Режим резания при точении.	18
2.2. Станки токарной группы	19
2.3. Токарные резцы.	22
2.4. Приспособления для закрепления заготовок.	26
3. Обработка заготовок на токарно-винторезных станках.	29
3.1. Общие положения	29
3.2. Обтачивание конических поверхностей	32
3.3. Нарезание резьбы	35
3.4. Точность геометрических параметров деталей	38
4. Обработка заготовок на сверлильных станках	42
4.1. Режим резания при сверлении	42
4.2. Сверлильные станки.	42
4.3. Виды сверлильных работ	44
4.4. Приспособления к сверлильным станкам	48
5. Обработка заготовок на фрезерных станках	51
5.1. Режим резания при фрезеровании	51
5.2. Фрезерные станки	51
5.3. Типы фрез	54
5.4. Приспособления для закрепления заготовок	58
6. Обработка заготовок на шлифовальных станках	60
6.1. Абразивный инструмент	60
6.2. Основные схемы шлифования	62
6.3. Станки шлифовальной группы	64
7. Выбор и расчёт элементов режима резания	76
Список использованной литературы	83

Введение

Обработка резанием является одной из основных завершающих операций производственного цикла. Механическая обработка поверхностей заготовок на металлообрабатывающих станках позволяет достигнуть высоких показателей точности деталей. С увеличением мощности и быстроходности современных машин требования к этим показателям непрерывно повышаются. Чтобы максимально использовать возможности технологических процессов механической обработки, важно понимать физико-механические основы обработки резанием. Для рационального выбора металлообрабатывающего оборудования, инструмента и приспособлений требуется знание возможностей имеющихся способов механической обработки. Умение грамотно произвести расчёт режима резания обеспечивает высокую производительность и качество обработки.

Пособие предназначено для освоения сущности физико-механических процессов обработки резанием и может быть использовано при выполнении лабораторных и практических работ на аудиторных занятиях, при прохождении учебной практики в научно-образовательном технологическом центре МГУ им. адм Г. И. Невельского, при выполнении расчётно-графических заданий во внеаудиторное время. В пособие включены теоретические сведения по разделу «Обработка резанием» дисциплины технология конструкционных материалов (ТКМ), порядок выполнения лабораторных работ, справочные данные, вопросы для самоконтроля.

Пособие даёт представление о сущности технологического процесса механической обработки для того, чтобы научиться самостоятельно разрабатывать технологический процесс механической обработки деталей в соответствии с предъявляемыми требованиями к точности обработки деталей. Изучение ТКМ наряду с другими общепрофессиональными дисциплинами необходимо для соответствия будущего профессионала – дипломированного специалиста и бакалавра – требованиям ПДНВ и ФГОС ВО РФ.

В соответствии с предъявляемыми требованиями выпускник, освоивший программу, должен обладать необходимыми общекультурными и профессиональными компетенциями. К числу таких компетенций

относятся фундаментальные знания естественнонаучных дисциплин для решения технологических задач, умение осуществлять рациональный выбор способов получения изделий, владение навыками технической эксплуатации производственного оборудования.

Предложенные в пособии темы лабораторных работ входят в программы учебных дисциплин «Технология конструкционных материалов» и «Материаловедение и технология конструкционных материалов».

Электронная версия учебного пособия находится на сайте www.msun.ru.

1. ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Цель работы: изучить классификацию, маркировку, основные свойства и область применения инструментальных материалов.

Свойства инструментальных материалов. Инструментальные материалы применяют для изготовления различных инструментов, включая измерительные, режущие и штамповые.

Режущая часть инструментов при работе подвергается истиранию, тепловым воздействиям и силовым нагрузкам. Поэтому инструментальный материал должен обладать высокой твёрдостью, теплостойкостью, износостойкостью, достаточной прочностью и ударной вязкостью.

Твёрдость инструмента должна значительно превышать твёрдость материала обрабатываемой заготовки. Теплостойкость (красностойкость) – это свойство материала сохранять необходимую твёрдость при высокой температуре. От теплостойкости зависит допустимая скорость резания, так как под воздействием высокой температуры при резании твёрдость инструмента снижается и может оказаться недостаточной для осуществления резания. Ударная вязкость необходима для инструментов ударного действия, например для штампов.

К инструментальным материалам относятся стали, твёрдые сплавы, минералокерамика и сверхтвёрдые материалы.

Таблица 1.1

Свойства инструментальных материалов

Инструментальный материал	Твёрдость	Теплостойкость, °С	Скорость резания, м/мин
Углеродистая сталь	<i>HRC</i> 60–62	200...250	15...18
Легированная сталь	<i>HRC</i> 62–64	250...300	15...25
Быстрорежущая сталь	<i>HRC</i> 62–65	600...630	100
Твёрдые сплавы	<i>HRA</i> 74–86	1000	800
Минералокерамика	<i>HRA</i> 91–93 (<i>HV</i> 22500)	1400	1500
Кубический нитрид бора	<i>HV</i> 90700	1300	1000
Алмаз синтетический	<i>HV</i> 98700	800	800
Алмаз природный	<i>HV</i> 100 000	800	

Свойства инструментальных материалов и допустимые скорости резания в зависимости от их теплостойкости приведены в табл. 1.1.

1.1. Инструментальные стали

Углеродистые инструментальные стали. Углеродистые стали производят качественными У7, У8, ... У12 и высококачественными У7А, У8А, ... У12А.

Углеродистые стали маркируют буквой У (углеродистая); следующая за ней цифра (У7, У8 и т. д.) показывает среднее содержание углерода в десятых долях процента. Буква А в конце марки (У10А) указывает, что сталь высококачественная.

Пример. Сталь марки У8А – это углеродистая инструментальная сталь, высококачественная, среднее содержание углерода составляет 0,8 %, основа – железо.

Оптимальное содержание углерода определяется особенностями работы инструмента, так как стали с большим количеством углерода обладают большей твёрдостью и меньшей ударной вязкостью. Стали У10 (У10А) ... У12 (У12А) имеют высокую твёрдость и износостойкость; их применяют для изготовления измерительного и режущего инструмента (фрезы, зенкеры, свёрла, ножовки, напильники и т. д.).

Стали У7 (У7А) ... У9 (У9А), обладающие более высокой ударной вязкостью, применяют для инструментов, подвергающихся ударным нагрузкам: деревообрабатывающий инструмент, зубила, штампы.

Таблица 1.2

Применение углеродистых инструментальных сталей (ГОСТ 1435–99)

Марка стали	Твёрдость после закалки <i>HRC</i> , не менее	Примерное назначение
У7, У7А	63	Инструмент для обработки дерева, зубила, молотки, отвертки, плоскогубцы, штампы и др.
У8, У8А У8Г, У8ГА У9, У9А	63	Инструмент для обработки дерева, калибры и др.

У10, У10А У11, У11А	63	Напильники, шаберы, штампы, калибры, игольная проволока и др.
У12, У12А	64	Напильники, ручные метчики, бритвенные лезвия, гравировальный инструмент и др.

Твёрдость углеродистых сталей составляет *HRC* 60-62, теплостойкость 200...250° С, допустимая скорость резания до 15...18 м/мин. Область применения данных сталей приведена в табл. 1.2.

Легированные инструментальные стали. Легированные стали (9ХС, 6ХВГ и т. д.) маркируют цифрой, показывающей среднее содержание углерода в десятых долях процента. Если содержание углерода ~ 1 %, то цифра чаще всего отсутствует. Буквы означают легирующие элементы, а следующие за ними цифры – содержание (в целых процентах) соответствующего легирующего элемента. Отсутствие цифры после буквы означает, что массовая доля этого легирующего элемента равна примерно 1,0 % (но не более 1,8 %).

Буквенные обозначения легирующих элементов: В – вольфрам *W*, Г – марганец *Mn*, Д – медь *Cu*, М – молибден *Mo*, Н – никель *Ni*, С – кремний *Si*, Т – титан *Ti*, Ф – ванадий *V*, Х – хром *Cr*.

Пример. Сталь марки ХВГ – это инструментальная легированная сталь, содержит ~ 1,0 % углерода *C*, ~ 1,0 % хрома *Cr*, ~ 1,0% вольфрама *W*, ~ 1,0% марганца *Mn*, основа – железо *Fe*.

Высокая твёрдость и износостойкость определяются содержанием углерода. Легирование используют главным образом для повышения прокаливаемости, а также для сохранения мелкого зерна, прочности и вязкости.

Твёрдость легированных сталей составляет *HRC* 62-64, теплостойкость не превышает 250...300 °С, допустимая скорость резания составляет 15...25 м/мин.

Низколегированные стали Х, В2Ф, 13Х и др. применяют для слесарных инструментов (плашек, развёрток, метчиков, шаберов, зубил и др.).

Таблица 1.3

Применение легированных инструментальных сталей (ГОСТ 5950–2000)

Марка	Твёрдость	Примерное назначение
-------	-----------	----------------------

стали	<i>HRC</i> , не менее	
13X	61	Гравировальный инструмент, шаберы
X	60	Зубила, строгальные и долбежные резцы
9XC	63	Свёрла, развёртки, метчики, плашки
X12BMФ	61	Холодные штампы, волокни
4X5MФ1C	48	Пресс-формы для литья под давлением
XBG	61	Измерительный и режущий инструмент

Среднелегированные стали ХВСГФ, 9XC, ХBG и другие служат для изготовления развёрток, фасонных резцов, свёрл малого диаметра, концевых фрез, протяжек, метчиков. К штамповым относятся стали Х12МФ, Х12Ф1, 7Х3, 4ХМФС, 5ХНМ, 5ХНВ, 3ХЗМЗФ и др. Область применения легированных сталей приведена в табл. 1.3.

Быстрорежущие стали. Быстрорежущие стали (P18, P6M5 и др.) маркируют буквой P. Следующее за ней число указывает среднее содержание вольфрама (в процентах) – главного легирующего элемента быстрорежущих сталей, обеспечивающего высокую теплостойкость. Быстрорежущие стали содержат около 1 % углерода, в марках его содержание обычно не указывают. Легирующие элементы и их содержание маркируют так же, как в легированных сталях.

Пример. Сталь марки P6M5 – это быстрорежущая инструментальная сталь, содержит 6 % вольфрама *W*, 5 % молибдена *Mo*, около 1 % углерода *C*, основа – железо *Fe*.

Твёрдость быстрорежущих сталей составляет *HRC* 62-65, теплостойкость 600...630 °C, допустимая скорость резания до 100 м/мин.

Таблица 1.4

Применение быстрорежущих сталей (ГОСТ 19265–73)

Марка стали	Твёрдость <i>HRC</i> , не менее	Обрабатываемый материал
P18	63	Легированные конструкционные стали
P6M5	64	Легированные конструкционные стали
P9K5	64	Нержавеющие стали и жаропрочные сплавы, а также стали повышенной твердости
P6M5Ф3	65	Чистовая и получистовая обработка углеродистых и легированных конструкционных сталей

P6M5K5	65	Черновая и получистовая обработка улучшенных легированных и нержавеющей сталей
P12Ф3	64	Чистовая обработка аустенитной стали и материалов, обладающих абразивными свойствами

Находят применение также безвольфрамовые быстрорежущие стали, например сталь марки 11M5Ф.

Область применения быстрорежущих сталей приведена в табл. 1.4.

1.2. Твёрдые сплавы

Твёрдые сплавы представляют собой материалы, состоящие из зёрен тугоплавких карбидов (WC , TiC , TaC), соединённых металлической связкой. Различают вольфрамовые (основа WC) и безвольфрамовые (основа TiC) твёрдые сплавы.

К вольфрамовым сплавам относятся три группы сплавов в зависимости от состава карбидной основы:

- вольфрамовые BK3, BK6...BK25, система $WC - Co$;
- титановольфрамовые T30K4...T5K10, система $WC - TiC - Co$;
- титанотанталовольфрамовые TT7K12...TT8K6, система $WC - TiC - TaC - Co$.

Безвольфрамовые твёрдые сплавы (ТН20, КТН16) состоят из карбида титана TiC (или карбонитрида титана) и никелевой связки.

В однокарбидных сплавах группы BK буква K означает кобальт Co , цифра показывает его содержание в процентах, основа – содержание карбида вольфрама WC .

Пример. Сплав марки BK20 содержит 20 % Co + 80 % WC .

Особомелкозернистая структура (ОМ) способствует повышению износостойкости материала. К таким сплавам относятся марки BK6-ОМ, BK10-ХОМ. Двухкарбидные твёрдые сплавы группы ТК содержат карбиды вольфрама WC и титана TiC и называются титановольфрамовыми. В группе ТК цифры после буквы Т показывают содержание карбида титана TiC (в процентах), буква K – Co , цифра после буквы K – содержание кобальта Co , основа – карбид вольфрама WC .

Пример. Сплав T5K10 содержит 5 % TiC + 10 % Co + 85 % WC .

Трёхкарбидные твёрдые сплавы группы ТТК содержат карбиды вольфрама WC , титана TiC и тантала TaC , их называют титанотанталовольфрамовыми. В группе ТТК цифры после букв ТТ обозначают суммарное содержание (в процентах) карбидов титана и тантала ($TiC + TaC$), цифры после буквы К – содержание кобальта (в процентах), основа – карбид вольфрама WC .

Например, сплав ТТ8К6 содержит 8 % ($TiC + TaC$) + 6 % Co + 86 % WC .

В безвольфрамовых твёрдых сплавах группы ТН цифра показывает содержание (в процентах) никеля Ni , основой является карбид титана TiC .

Пример. Сплав ТН20 содержит 20 % Ni + 80 % TiC .

Каждую марку твёрдого сплава можно эффективно применять лишь в конкретных условиях. Твёрдые сплавы обладают высокой твёрдостью, износостойкостью и теплостойкостью. При этом они обладают меньшей ударной вязкостью и теплопроводностью по сравнению с быстрорежущими сталями. Чем меньше в сплаве связки и мельче карбидные частицы, тем выше износостойкость и твёрдость, но ниже прочность и сопротивление ударам.

Сплавы вольфрамовой группы являются наиболее прочными. С увеличением содержания кобальта повышается сопротивление сплава ударным нагрузкам, но уменьшается его износостойкость. Однокарбидные сплавы ВК применяют для обработки чугуна, цветных сплавов и неметаллических материалов точением, фрезерованием и т. п.

Сплавы группы ТК более износостойки и менее прочны, чем сплавы группы ВК. Их применяют при обработке углеродистых и легированных конструкционных сталей точением, фрезерованием и т. п.

Трёхкарбидные твёрдые сплавы группы ТТК имеют высокую прочность, их применяют при обработке жаропрочных сталей и сплавов, а также титановых сплавов.

Таблица 1.5

Применение твёрдых сплавов (ГОСТ 3882–74)

Марка сплава	Примерное назначение
ВК3	Чистовое точение, нарезание резьбы, развёртывание отверстий чугуна, цветных сплавов и неметаллических материалов
ВК6	Черновое и получистовое точение, нарезание резьбы, зенкерование серого чугуна, цветных сплавов и неметаллических материалов

ВК8	Черновое точение, фрезерование, строгание, сверление серого чугуна, коррозионностойких, высокопрочных, жаропрочных и цветных сталей и сплавов
ВК15	Режущий инструмент для обработки дерева
Т30К4	Чистовое точение, нарезание резьбы и развёртывание отверстий в деталях из закалённых углеродистых сталей
Т15К6	Получерновое и чистовое точение, нарезание резьбы, получистовое и чистовое фрезерование сталей
Т5К10	Черновое точение и фрезерование углеродистых и легированных сталей
ТТ20К9	Фрезерование стали
ТТ7К12	Черновое точение стальных поковок, штамповок и отливок, строгание сталей
ТТ8К6	Чистовое и получистовое точение серого и ковкого чугуна, обработка стального литья, высокопрочных сталей, цветных металлов, некоторых титановых сплавов
ТН20, ТН30, ТН40	Чистовая и получистовая обработка цветных металлов и сплавов

Пластинки из твёрдого сплава имеют твёрдость *HRA* 74-86, теплостойкость 800...1000°С, допустимую скорость резания до 800 м/мин. Область применения твёрдых сплавов приведена в табл. 1.5.

1.3. Минералокерамика

Минералокерамика создана на основе оксида алюминия и нитрида кремния. Различают следующие группы керамических материалов:

- оксидная керамика на основе оксида алюминия Al_2O_3 (99 %); к ней относятся марки ВО-13, ВО-14, ВО-15, ЦМ-332, ВШ-7, ВШ-75;
- оксидно-карбидная керамика состоит из оксида алюминия Al_2O_3 (60-80 %), карбидов и оксидов тугоплавких металлов; к ней относятся марки ВОК-60, ВОК-63, В-3, ВОК-71, ВОК-95;
- оксидно-нитридная керамика состоит из нитрида кремния и тугоплавких материалов с включением оксида алюминия; к ней относятся марки ОНТ-20 (кортинит) и силинит-Р.

Пример. Сплав марки ЦМ-332 – это оксидная керамика на основе оксида алюминия Al_2O_3 .

Таблица 1.6

Применение минералокерамики

Марка сплава	Обрабатываемый материал
ВШ-75, ВОК-60, ЦМ-332, ВО-13, В-3, кортинит	Серый и ковкий чугун (НВ 163–270)
ВОК-60, ВОК-63, кортинит	Отбелённый чугун (НВ 400–650)
ВО-13, ВШ-75, ВОК-60	Сталь конструкционная (НВ 229)
ВШ-75, ВОК-60, кортинит	Сталь улучшаемая (НВ 229–380)
ВОК-60, В-3, кортинит	Сталь закалённая (HRC 36–64)
В-3, кортинит	Сплавы на основе меди
Силинит-Р, кортинит	Сплавы на основе никеля

Минералокерамика обладает высокой твёрдостью (HRA 91-93), теплостойкостью (1200...1400 °С), износостойкостью, допустимой скоростью резания до 1500 м/мин. Область применения минералокерамики приведена в табл. 1.6.

1.4. Сверхтвёрдые материалы

В металлообрабатывающей промышленности применяют инструменты, режущая часть которых оснащена сверхтвёрдыми материалами, к которым относятся алмаз и нитрид бора. Такие инструменты используют для чистовой размерной обработки при высоких скоростях резания.

Алмазы. В промышленности используют природные (А) и искусственные, синтетические алмазы (АС). Природный алмаз считается самым твёрдым материалом, его твёрдость составляет HV 100 000 (МПа); твёрдость синтетического алмаза составляет HV 98700. Алмаз теплостоек до 800 °С, при большем нагреве он графитизируется. Допустимая скорость резания составляет 100...800 м/мин.

Синтетические алмазы баллас (АСБ) и карбонадо (АСПК) имеют преимущественное применение перед природными алмазами. Их используют для чистового точения заготовок из цветных металлов и сплавов, твёрдых сплавов, неметаллических материалов. Для обработки сталей и чугунов алмазы применять не рекомендуется из-за высокой адгезии к железу, т. е. из-за химического взаимодействия между алмазом (углеродом) и железом. Резцы для алмазного точения бывают двух видов: с напаянными алмазами и механически закреплёнными. Область применения алмазов приведена в табл. 1.7.

Таблица 1.7

Применение сверхтвёрдых материалов

Инструментальный материал	Обрабатываемый материал
Алмаз	Алюминий и его сплавы
	Медь, латунь, бронза
	Баббиты
	Титан
	Пластмасса
Кубический нитрид бора КНБ	Конструкционные стали
	Инструментальные стали
	Цементуемые стали
	Чугуны
	Твёрдые сплавы

Кубический нитрид бора. Кубический нитрид бора (КНБ) обладает твёрдостью ($HV\ 90700$), близкой к твёрдости алмаза, и превосходит его по теплостойкости ($1300\ ^\circ\text{C}$) и химической инертности. К сверхтвёрдым материалам на основе нитрида бора BN относятся следующие: эльбор-Р, композит, исмит, боразон, кубонит и гексанит-Р.

КНБ обладает химической инертностью к железу, и его используют при обработке сталей и чугунов. При финишной обработке таким инструментом заготовок из чугуна и закалённых сталей высокой твёрдости достигается шероховатость поверхности, соответствующая шлифованию. Область применения нитрида бора приведена в табл. 1.7.

Задание. Расшифровать марки инструментальных материалов в соответствии с вариантом, указанным в табл. 1.8.

Содержание отчёта

1. Название работы.
2. Цель работы.
3. Указать состав заданных марок инструментальных материалов в соответствии с вариантом (табл. 1.8.).
4. Указать свойства (твёрдость, теплостойкость, скорость резания) и область применения заданных марок материалов.

Контрольные вопросы

1. Виды инструментальных материалов.
2. Свойства инструментальных материалов.
3. Что понимают под теплостойкостью?
4. Как влияет углерод на твёрдость стали?
5. Углеродистые инструментальные стали, их маркировка и применение.
6. Легированные инструментальные стали, их маркировка и применение.
7. Быстрорежущие стали, их маркировка и применение.
8. Твёрдые сплавы, их классификация и маркировка.
9. От чего зависит твёрдость твёрдых сплавов?
10. Область применения минералокерамики.
11. Область применения алмазного точения.
12. Преимущества кубического нитрида бора перед алмазом.
13. Какие материалы относятся к сверхтвёрдым?
14. Какой элемент обеспечивает теплостойкость быстрорежущих сталей?
15. Какие карбиды являются основой твёрдых сплавов?

Таблица 1.8

Варианты заданий

№ варианта	Марки сплавов
1	У7, 9ХВГ, Р18, ВК3, Т30К4, ТТ7К12, ТН-20, ЦМ-332, эльбор, АСБ
2	У9А, Х12МФ, Р6М5, ВК6ОМ, Т15К6, ТТ8К6, ТН-30, ВШ-75, КНБ, АСПК
3	У12, 5Х2МНФ, Р6М5Ф3, ВК8, Т14К8, ТТ10К8, ТН-40, ЦН-30, боразон, АСБ
4	У8ГА, 4Х3ВМФ, Р18К5Ф2, ВК10, Т5К10, ТТ20К9, ТН-16, ВШ-75, кубонит, АСПК
5	У9, ХВСГФ, Р9К5, ВК15, Т5К12, ТТ8К7, ТН-25, ВОК-60, гексанит, АСБ
6	У7А, 4Х5В2ФС, Р12Ф3, ВК20, Т30К4, ТТ7К12, ТН-20, В-3, эльбор, АСПК
7	У10, 9Х5ВФ, Р6М5, ВК3, Т15К6, ТТ8К6, ТН-30, ЦМ-332, льбор, АСБ
8	У12А, 8Х6НФТ, Р2М9К5, ВК6, Т14К8, ТТ10К8Б, ТН-40, ВОК-60, боразон, АСПК
9	У7, 9Г2Ф, Р6М5, ВК6-ОМ, Т5К10, ТТ20К9, КТН-16, ЦН-30, кубонит, АСБ
10	У9А, 6Х6В3МФС, Р6М5Ф3, ВК6, Т5К12, ТТ8К7, ТН-25, ВШ-75, гексанит, АСПК
11	У8, 9ХС, 11Р3М3Ф2, ВК8, Т30К4, ТТ7К12, ТН-20, ВОК-60, эльбор, АСБ
12	У10А, 6Х4М2ФС, Р12, ВК8-ОМ, Т15К6, ТТ8К6, ТН-30, ВО-13, КНБ, АСПК
13	У12, Х12Ф1, Р6М5К5, ВК10-ОМ, Т14К8, ТТ10К8, ТН-40, кортинит, боразон, АСБ
14	У7А, 6ХВГ, Р2М9К5, ВК4, Т5К10, ТТ20К9, КТН-16, силинит-Р, кубонит, АСБ
15	У10, ХГС, Р18К5Ф2, ВК10, Т5К12, ТТ8К7, ТН-25, ВО-13, гексанит-Р, АСПК
16	У8А, Х12ВМФ, Р12Ф3, ВК15, Т30К4, ТТ7К12, ТН-20, ЦМ-332, эльбор, АСБ
17	У10, 9ХФ, Р9К5, ВК8, Т15К6, ТТ8К6, ТН-30, ВШ-75, КНБ, АСПК
18	У12А, 9ХФМ, Р6М5К5, ВК20, Т14К8, ТТ10К8Б, ТН-40, ЦН-30, боразон, АСБ
19	У8, 11ХФ, Р2М9К5, ВК3, Т5К10, ТТ20К9, ТН-20, ВШ-75, кубонит, АСПК
20	У10А, 3Х2МНФ, Р6М5, ВК6, Т5К12, ТТ8К7, ТН-25, ВОК-60, гексанит-Р, АСБ
21	У9, ХВГ, Р9М4К8, ВК8, Т30К4, ТТ7К12, ТН-20, ВО-13, эльбор, АСПК
22	У10А, Х12ВМФ, Р6М5Ф3, ВК10, Т15К6, ТТ8К6, ТН-30,

	кортинит, КНБ, АСБ
23	У8Г, В2Ф, 11Р3М3Ф2, ВК15, Т14К8, ТТ10К8Б, ТН-40, силинит-Р, боразон, АСПК
24	У8А, 4ХМФС, Р18К5Ф2, ВК20, Т5К10, ТТ20К9, КТН-16, ЦМ-332, кубонит, АСБ
25	У10, Х12МФ, Р9К5, ВК3-М, Т5К12, ТТ8К7, ТН-25, В-3, гексанит-Р, АСПК
26	У8А, 9ХС, Р6М5, ВК10, Т15К6, ТТ7К12, ТН30, ЦМ-332, эльбор, АСПК
27	У12, Х12МФ, Р9К5, ВК3-М, Т5К12, ТТ8К7, ТН-25, В-3, гексанит-Р, АСБ
28	У8, 11ХФ, Р2М9К5, ВК3, Т5К10, ТТ20К9, КТН-16, ВШ-75, КНБ, АСПК
29	У12А, 8Х6НФТ, Р2М9К5, ВК6, Т14К8, ТТ10К8Б, ТН-40, ЦМ-332, кубонит, АСБ
30	У7, 9ХВГ, Р18, ВК3, Т30К4, ТТ7К12, ТН-20, ЦМ-332, эльбор, АСПК

2. ТОКАРНО-ВИНТОРЕЗНЫЕ СТАНКИ

Цель работы: изучение устройства токарно-винторезного станка, типовых инструментов и приспособлений.

2.1. Режим резания при точении

Для осуществления резания заготовку и инструмент закрепляют в рабочих органах станка, которые обеспечивают относительные движения заготовки и инструмента. Движения рабочих органов станка делят на движения резания, установочные и вспомогательные. Движения, которые обеспечивают срезание с заготовки слоя металла, называют движениями резания, или основными движениями.

К движениям резания относятся главное движение и движение подачи. Элементами режима резания являются глубина резания t , подача S , скорость резания V . Главным движением в токарных станках является вращение заготовки, а движение подачи сообщается режущему инструменту (резцу). К основным движениям подачи относятся продольная и поперечная. Продольная подача $S_{пр}$ – это прямолинейное перемещение резца вдоль оси заготовки, а поперечная $S_{п}$ – перемещение резца поперёк оси заготовки. Подача S имеет размерность мм/об.

Скорость главного движения (скорость резания) при точении рассчитывают по формуле

$$V = \pi \cdot D \cdot n / 1000,$$

где V – скорость главного движения, м/мин;

D – диаметр обрабатываемой поверхности заготовки, мм;

n – частота вращения шпинделя, мин⁻¹;

1000 – коэффициент перевода миллиметров в метры.

Глубина резания t (мм) – это толщина слоя металла, снимаемого за один проход инструмента. Её измеряют как расстояние между обрабатываемой и обработанной поверхностями, измеренное по нормали к последней.

$$t = (D - d) / 2,$$

где t – глубина резания, мм;

D – диаметр обрабатываемой поверхности заготовки, мм;

d – диаметр обработанной поверхности заготовки, мм.

2.2. Станки токарной группы

Основные узлы токарно-винторезного станка. Станки токарной группы предназначены для обработки резанием наружных и внутренних поверхностей тел вращения (цилиндрических и конических). Обработка металлов резанием – это удаление с поверхности заготовки слоя металла (припуска) для получения необходимой геометрической формы, точности размеров, взаиморасположения и шероховатости поверхностей детали.

Основными режущими инструментами для токарных станков являются резцы. Для обработки отверстий используют также свёрла, зенкеры, развёртки, а для нарезания резьбы – метчики и плашки.

Маркировка металлорежущих станков отечественного производства включает в себя буквенно-цифровое обозначение моделей. Первая цифра обозначает группу станка (токарная, сверлильная, фрезерная и т. д.), вторая – тип станка в данной группе, третья (или третья и четвёртая) – основную техническую характеристику станка, т. е. типоразмер станка в пределах данного типа. Буква в середине марки указывает на модернизацию станка, буква в конце марки – на модификацию.

Буквенно-цифровой индекс токарно-винторезного станка 16К20 П обозначает следующее: цифра 1 – первая группа, то есть токарный; буква К – модернизированный (поколение станка); цифра 6 – шестой тип, то есть токарно-винторезный; цифра 20 – технический параметр станка, то есть высота центров над станиной (200 мм); П – повышенной точности (модифицированный).

Наибольшее распространение получили токарно-винторезные станки, которые относятся к шестому типу первой группы. Основные узлы таких станков приведены на рис. 2.1.

Станина 1 установлена на тумбах и служит для монтажа всех основных узлов станка. На станине монтируют переднюю и заднюю бабки, суппорт и коробку подач.

Слева на станине жёстко закреплена передняя бабка 2, в которой размещён механизм коробки скоростей. Коробка скоростей представляет собой многоскоростную зубчатую передачу с выходным валом (шпинделем), на котором закрепляют обрабатываемые заготовки.

Шпиндель служит для закрепления заготовки с помощью приспособления (патрона) и сообщения ей вращательного движения. К торцу шпинделя крепится патрон 3 для закрепления обрабатываемой заготовки.

С правой стороны станины на специальных направляющих находится задняя бабка 4, которая служит для поддержания обрабатываемой заготовки, а также для закрепления концевых инструментов при обработке отверстий. Инструменты устанавливают в пиноли 5 задней бабки. Шпиндель и отверстие пиноли 5 расположены на общей оси, называемой линией центров.

С левой стороны станины под коробкой скоростей закреплена коробка подач 6, многоскоростная зубчатая передача, передающая вращение ходовому валу 10 и ходовому винту 11. Токарно-винторезные станки отличаются от прочих токарных станков наличием ходового винта, позволяющего нарезать резьбу резцом.

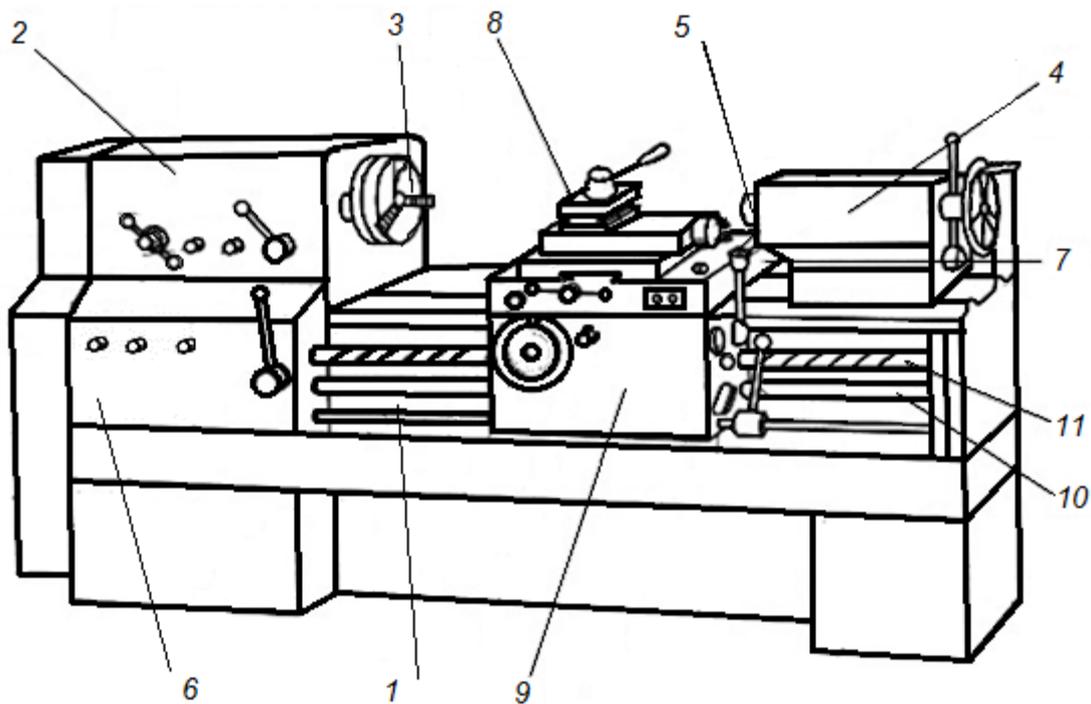


Рис. 2.1. Общий вид токарно-винторезного станка:

- 1 – станина; 2 – передняя бабка; 3 – патрон; 4 – задняя бабка; 5 – пиноль;
- 6 – коробка подач; 7 – суппорт; 8 – резцедержатель; 9 – фартук;
- 10 – ходовой вал; 11 – ходовой винт

Суппорт 7 служит для сообщения резцу движения подачи при перемещении между передней и задней бабками. Нижняя часть суппорта, называемая продольным суппортом, движется по направляющим станины при продольной подаче. Поперечный суппорт обеспечивает поперечную подачу, а верхний суппорт используют при обтачивании конических поверхностей, так как его можно установить под любым углом относительно линии центров станка. На верхнем суппорте находится резцедержатель 8, который служит для установки и крепления резцов.

К продольному суппорту крепится фартук 9. В нём расположен механизм, при помощи которого вращательное движение ходового вала и ходового винта преобразуется в поступательное прямолинейное (продольное или поперечное) движение суппорта.

Наладка и настройка станка. Чтобы срезать с заготовки слой металла, необходимо инструмент и заготовку установить и закрепить в рабочих органах станка и сообщить им относительные движения.

Наладка станка – это подготовка технологического оборудования и оснастки к выполнению определённой технологической операции. Она включает в себя установку заготовки, режущего инструмента и приспособления на станке.

Резцы устанавливают в резцедержатель, а осевой инструмент – в пиноль задней бабки. При этом вылет резца не должен превышать 1...1,5 мм высоты его державки, а его вершина должна находиться на уровне оси центров. Для этого под державку резца подкладывают металлические прокладки, совмещая его вершину с риской на пиноли или корпусе задней бабки.

После наладки станка производят его настройку.

Настройка станка – это подготовка кинематической части станка к выполнению заданной обработки по установленным режимам резания. Перед настройкой станка на заданную частоту вращения шпинделя и подачу рукоятку включения вращения шпинделя устанавливают в нейтральное (среднее) положение, рукоятки включения продольных и поперечных подач – в нерабочее положение, а суппорт перемещают к задней бабке.

Вначале настраивают отдельные кинематические цепи станка (главного движения и подач), а затем устанавливают в определённое

положение рукоятки коробки скоростей и коробки подач для получения требуемой скорости резания и подачи.

Настройку станка на размер производят в следующем порядке:

- рукояткой включают вращение шпинделя;
- резец подводят до касания с деталью;
- суппорт отводят в крайнее правое положение и устанавливают глубину резания по лимбу рукоятки.

2.3. Токарные резцы

Геометрические параметры резца. Токарный резец – это основной режущий инструмент, используемый при работе на токарных станках. Геометрические параметры режущих инструментов типичны, поэтому рассмотрим их на примере прямого проходного резца (рис. 2.2).

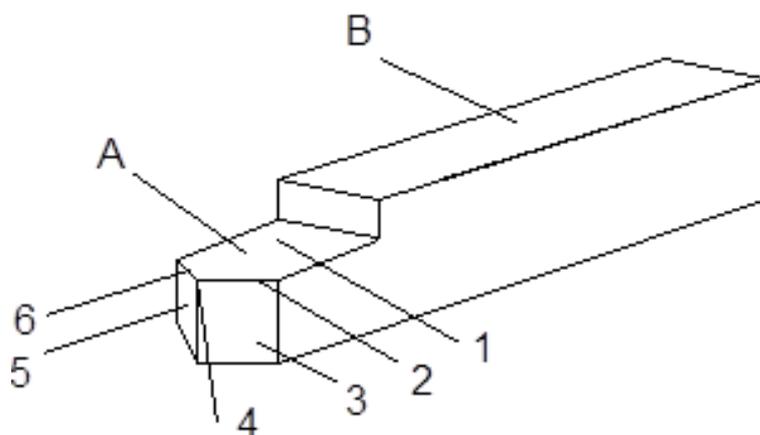


Рис. 2.2. Элементы токарного прямого проходного резца:

- А – режущая часть; В – крепёжная часть; 1 – передняя поверхность;
2 – главная режущая кромка; 3 – главная задняя поверхность; 4 – вершина;
5 – вспомогательная задняя поверхность; 6 – вспомогательная режущая кромка

Резец состоит из двух частей: рабочей (режущей) А и крепёжной В. Режущая часть имеет следующие элементы: переднюю поверхность 1, по которой сходит стружка; главную заднюю поверхность 3, обращённую к поверхности резания заготовки; вспомогательную заднюю поверхность 5, обращённую к обработанной поверхности заготовки; главную режущую кромку 2; вспомогательную режущую кромку 6; вершину 4.

Резец затачивают по передней и задней поверхностям. Для определения углов, под которыми расположены поверхности режущей

части инструмента относительно друг друга, вводят координатные плоскости: основную, плоскость резания, главную секущую плоскость.

В главной секущей плоскости $N-N$ измеряют главный передний угол γ и главный задний угол α (рис. 2.3). Передний угол γ оказывает большое влияние на резание. С увеличением угла γ уменьшается работа, затрачиваемая на процесс резания, улучшаются условия схода стружки и повышается качество обработанной поверхности. Вместе с тем увеличение переднего угла приводит к снижению прочности режущего лезвия и увеличению его износа вследствие выкрашивания и менее интенсивного теплоотвода. Величина угла γ составляет от -10 до $+25^\circ$.

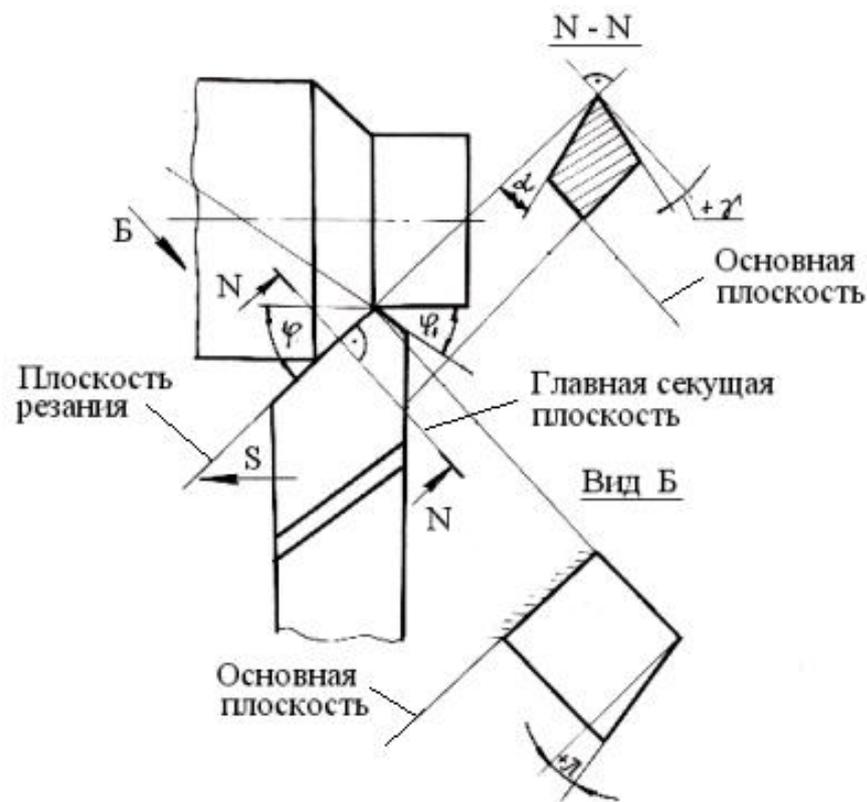


Рис. 2.3. Углы токарного резца:

γ – главный передний угол; α – главный задний угол; φ – главный угол в плане;
 φ_1 – вспомогательный угол в плане; λ – угол наклона главной режущей кромки

Главный задний угол α служит для уменьшения трения между главной задней поверхностью и поверхностью резания. Для различных условий токарной обработки угол α назначают в пределах $6...12^\circ$.

В основной плоскости измеряют углы φ и φ_1 – соответственно главный и вспомогательный углы в плане, которые оказывают влияние на

шероховатость обработанной поверхности и стойкость режущего инструмента. Угол наклона главной режущей кромки λ измеряют в плоскости резания между главной режущей кромкой и основной плоскостью, он определяет направление схода стружки.

Типы токарных резцов. Основные типы токарных резцов представлены на рис. 2.4.

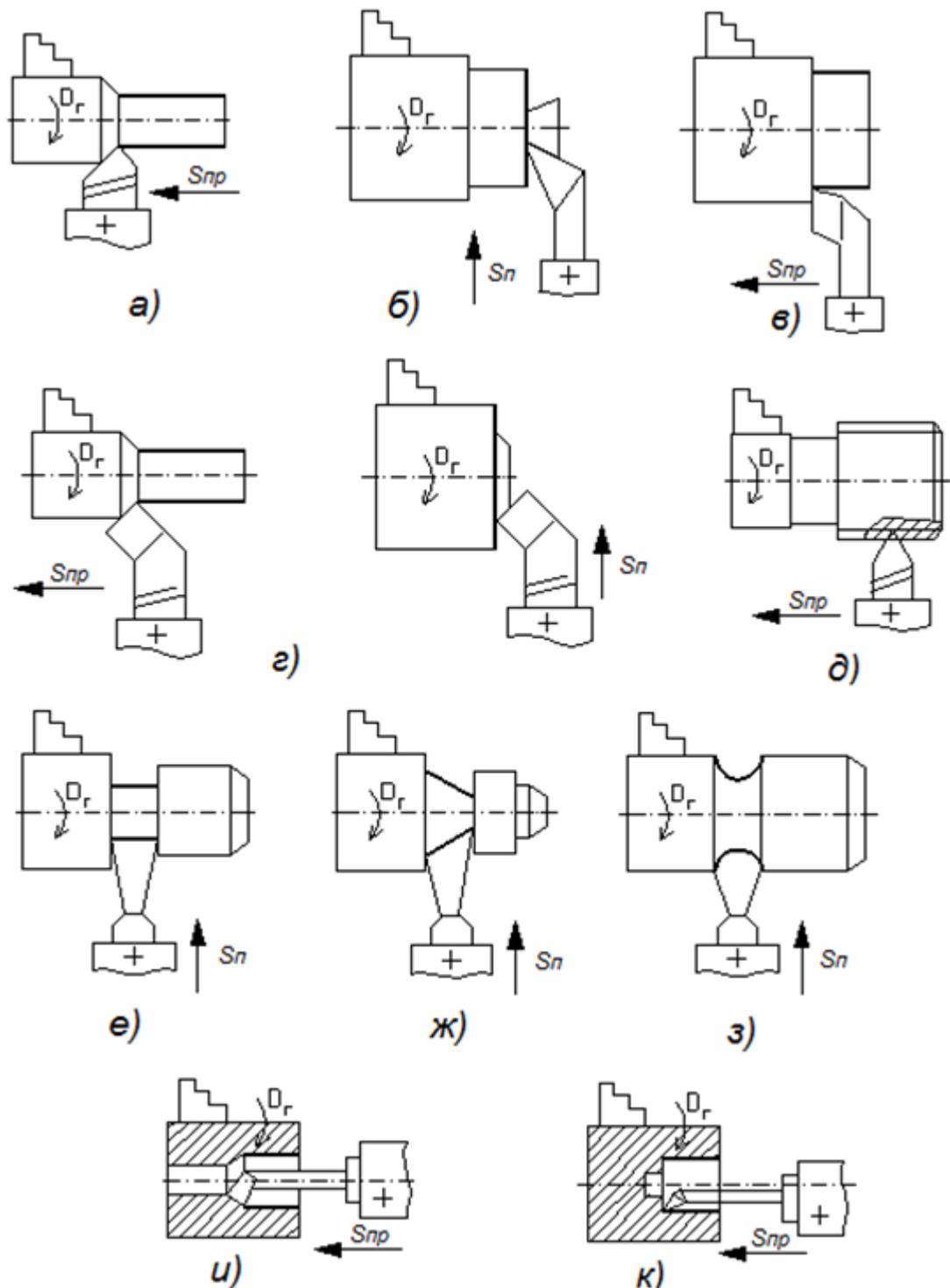


Рис. 2.4. Типы токарных резцов:

a – проходной прямой; *b* – проходной подрезной; *в* – проходной упорный;
г – проходные отогнутые; *д* – резьбовой; *e* – прорезной (канавочный); *ж* – отрезной;
з — галтельный; *и* – расточной отогнутый; *к* – расточной подрезной

По направлению движения подачи резцы разделяют на правые и левые. Правые работают с движением подачи справа налево, левые – слева направо. По конструкции головки резцы классифицируют на прямые, отогнутые и оттянутые. По технологическому назначению различают следующие типы резцов: проходные, подрезные, упорные, отрезные, прорезные (канавочные), резьбовые, галтельные, фасонные, расточные (рис. 2.4).

Проходные резцы предназначены для обтачивания наружных поверхностей, расточные резцы – для обработки поверхности отверстий. Проходной прямой резец работает при продольной подаче $S_{пр}$ и используется для обтачивания наружных цилиндрических поверхностей и снятия фасок (рис. 2.4*a*). Фаска — это скос кромки заготовки под определённым углом. Проходной отогнутый резец используют для обработки цилиндрической поверхности, подрезания торца и для снятия фасок (рис. 2.4*г*). Торцовые поверхности обрабатывают подрезными резцами (рис. 2.4*б*) и отогнутыми; резцы при этом имеют поперечную подачу $S_{п}$.

Упорный резец применяют для обтачивания наружных цилиндрических поверхностей и получения уступов при обработке ступенчатых валов (рис. 2.4*в*). Упорный резец имеет главный угол в плане $\varphi = 90^\circ$.

Прорезными резцами обрабатывают кольцевые канавки на цилиндрических и торцовых поверхностях (рис. 2.4*e*). Прорезной резец имеет главный угол в плане $\varphi = 90^\circ$. Отрезные резцы служат для отрезания части заготовки (рис. 2.4*ж*). Длина головки отрезного резца должна быть больше радиуса разрезаемой заготовки.

Галтельные резцы предназначены для обработки галтелей (рис. 2.4*з*). Фасонными резцами обрабатывают фасонные поверхности. Профиль режущей кромки фасонного резца должен отвечать профилю обрабатываемой поверхности.

Отрезные, прорезные, галтельные и фасонные резцы работают с

поперечной подачей $S_{\text{п}}$.

Резьбовые резцы применяют для нарезания наружной (рис. 2.4д) и внутренней резьбы. Форма режущей части резца должна отвечать профилю нарезаемой резьбы.

Расточные резцы предназначены для обработки отверстий: расточной отогнутой – для растачивания сквозного отверстия (рис. 2.4и), расточной подрезной – для растачивания глухого отверстия (рис. 2.4к).

2.4. Приспособления для закрепления заготовок

Для установки и закрепления заготовок на токарных станках используют универсальные приспособления (рис. 2.5). Короткие заготовки с соотношением длины к диаметру $L/D < 4$ обычно устанавливают и крепят в четырёхкулачковых и трёхкулачковых самоцентрирующих патронах (рис. 2.5а). В четырёхкулачковых патронах можно устанавливать и закреплять заготовки как цилиндрической, так и нецилиндрической формы.

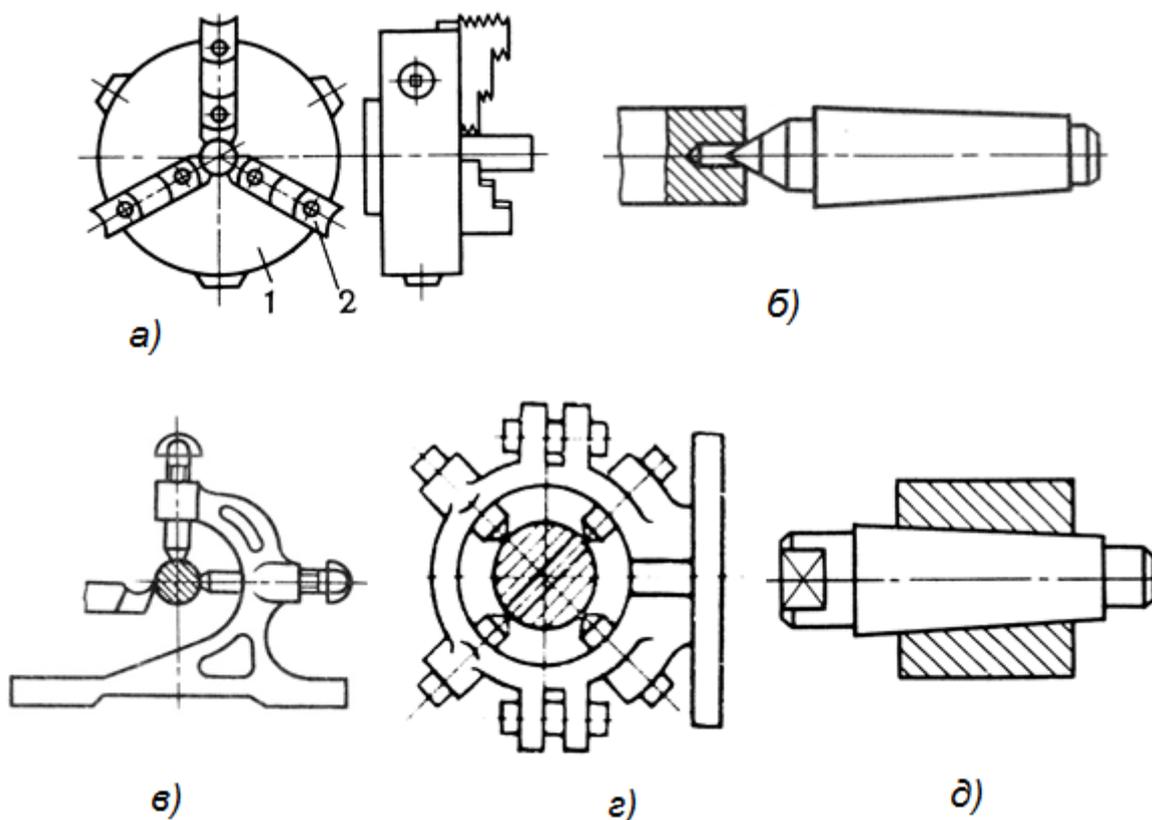


Рис. 2.5. Приспособления для закрепления заготовок на токарных станках:
а – патрон самоцентрирующий; б – упорный центр; в – люнет подвижный;
г – люнет неподвижный; д – коническая оправка

При соотношении длины к диаметру $4 < L/D < 10$ заготовку устанавливают на центрах, а для передачи крутящего момента от шпинделя на заготовку используют поводковый патрон и хомутик. Для установки на центрах заготовку необходимо зацентрировать, т. е. сделать центровые отверстия с торцов вала. Центровые отверстия выполняют специальными центровочными свёрлами. Закрепление заготовок с отношением $L/D > 4$ производится в патронах с одновременной поддержкой центром задней бабки. Центры бывают упорные (рис. 2.5б), срезанные, шариковые, обратные и вращающиеся.

При отношении $L/D > 10$ заготовку устанавливают на центрах, а во избежание их прогиба под действием сил резания используют люнеты (рис. 2.5в,г). Неподвижный люнет устанавливают на направляющих станины, а подвижный – на каретку суппорта.

Планшайбы применяют для закрепления крупных или сложных по конфигурации деталей, которые не могут быть зажаты в кулачковом патроне. Для установки заготовок типа втулок, колец и стаканов широко используют оправки, простейшая из которых – коническая (рис. 2.5д).

Содержание отчёта

1. Название работы.
2. Цель работы.
3. Маркировка металлорежущих станков.
4. Схема токарного станка с указанием основных узлов.
5. Инструменты и приспособления, применяемые для работы на токарном станке.

Контрольные вопросы

1. Обозначения металлорежущих станков.
2. Основные узлы токарного станка.
4. Когда используют ходовой винт и ходовой вал?
5. Назначение суппорта станка и коробки подач.

6. Классификация токарных резцов по назначению.
7. Главный угол в плане проходного упорного резца.
8. Для закрепления каких деталей используют планшайбы?
9. Способ закрепления деталей на станке при $L/D > 10$.
10. Приспособления, используемые для установки деталей типа втулок.
11. Для каких целей на токарном станке используют люнеты?
12. В каких случаях на токарных станках для передачи крутящего момента применяют поводковые патроны?
13. Назначение задней бабки токарного станка.
14. Приспособления, используемые для закрепления деталей на токарном станке.
15. Основные типы токарных резцов.

3. ОБРАБОТКА ЗАГОТОВОК НА ТОКАРНО-ВИНТОРЕЗНЫХ СТАНКАХ

Цель работы: изучить основные виды работ, выполняемых на токарно-винторезных станках, способы обработки конических и фасонных поверхностей, настройку токарного станка на нарезание резьбы.

3.1. Общие положения

На токарно-винторезных станках выполняют подрезание торцов, центровку, обтачивание наружных цилиндрических поверхностей, обработку сквозных и глухих цилиндрических отверстий, точение конических и фасонных поверхностей, нарезание резьбы и другие работы.

Подрезание торцов. Обычно перед обтачиванием наружных поверхностей заготовки подрезают один или оба торца. Торцы подрезают проходными упорными, отогнутыми или подрезными резцами с поперечной подачей к центру (рис. 3.1г) или от центра заготовки. Обрабатываемую деталь при этом обычно закрепляют в патроне или на планшайбе.

При подрезании с подачей от периферии к центру торец заготовки получается вогнутым вследствие воздействия на резец составляющих сил резания P_x и P_y . При подрезании от центра к периферии поверхность торца получается менее шероховатой, а торец выпуклым. При повторном проходе торец заготовки получается плоским.

При подрезании буртиков и уступов проходным упорным резцом работают как с продольной, так и с поперечной подачей. При подрезании правого торца заготовки используют срезанный центр.

Центровку применяют для получения центровых гнёзд в длинных заготовках. Центровку необходимо выполнять очень тщательно, так как центровочные гнёзда являются базой при последующей обработке заготовок, а также используются при правке и проверке изготовленных деталей. При ремонтных работах сохранившимися центровочными отверстиями пользуются как базами для обработки изношенных или повреждённых поверхностей деталей. Центровку производят при помощи сверла и конической зенковки или при помощи комбинированного центровочного сверла.

Обтачивание наружных цилиндрических поверхностей выполняют прямыми, отогнутыми или упорными проходными резцами с продольной подачей (рис. 3.1а) при закреплении заготовок в патроне, на планшайбе, в патроне и центре, в центрах, на оправке и в специальных приспособлениях.

Короткие детали с $L/D < 4$ (где L – длина обрабатываемой детали, D – её диаметр) закрепляют в патроне, детали с $4 < L/D < 10$ – в центрах или в патроне, подпирая центром задней бабки. При $L/D > 10$ обрабатываемые детали крепят в центрах (или в патроне, подпирая центром задней бабки) и, кроме того, поддерживают люнетом.

При работе в центрах для уменьшения трения и нагревания необходимо заполнять центровые отверстия густой смазкой (65 % тавота, 25 % мела, 5 % серы и 5 % графита).

Детали типа втулок, зубчатых колёс и др., имеющие обработанные отверстия, для получения concentричности наружных и внутренних поверхностей, а также для перпендикулярности торцевой поверхности к оси детали целесообразно обрабатывать на оправке. Точение на оправках обычно применяют при чистовой обработке.

Гладкие валы обрабатывают при установке заготовки на центрах. Вначале обтачивают один конец заготовки на длину, необходимую для установки и закрепления хомутика, а затем её поворачивают на 180° и обтачивают остальную часть.

Ступенчатые валы обтачивают по двум схемам: либо деление припуска на части (рис. 3.1б), либо деление длины заготовки на части (рис. 3.1в). В первом случае обрабатывают заготовки с меньшими глубинами резания, однако общий путь резца получается большим и резко возрастает основное машинное (технологическое) время T_0 . Во втором случае припуск с каждой ступени срезают сразу за счёт обработки заготовки с большой глубиной резания. При этом T_0 уменьшается, но требуется большая мощность привода станка.

Нежёсткие валы рекомендуется обрабатывать проходными упорными резцами с главным углом в плане $\varphi = 90^\circ$. При обработке валов такими резцами радиальная составляющая силы резания $P_y = 0$, что снижает деформацию заготовок.

Обтачивание галтелей и скруглений (рис. 3.1*д*). Эту операцию выполняют проходными резцами с закруглением между режущими кромками по соответствующему радиусу с продольной подачей или специальными галтельными резцами с поперечной подачей.

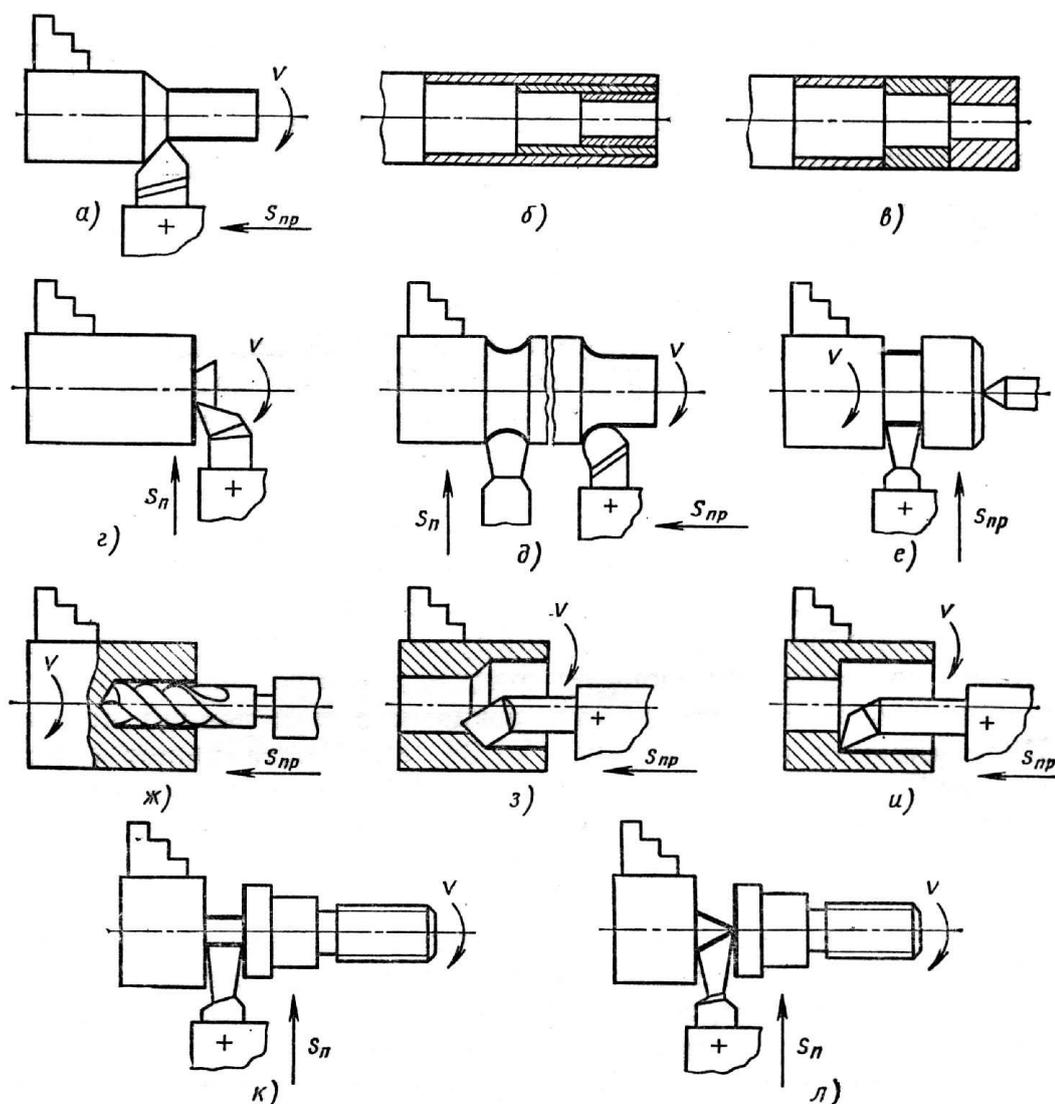


Рис. 3.1. Схемы обработки заготовок на токарно-винторезном станке:
а – обтачивание наружных поверхностей; *б, в* – обтачивание ступенчатых валов;
г – подрезание торцов; *д* – обтачивание галтелей и скруглений;
е – протачивание канавок; *ж* – сверление отверстий;
з, и – растачивание отверстий; *к, л* – отрезание заготовок

Протачивание канавок (рис. 3.1*е*) выполняют с поперечной подачей прорезными резцами, у которых длина главной режущей кромки равна ширине протачиваемой канавки. Широкие канавки протачивают теми же резцами сначала с поперечной, а затем с продольной подачей.

Сверление (рис. 3.1ж), зенкерование, зенкование и развёртывание отверстий выполняют соответствующими инструментами, закреплёнными в пиноли задней бабки. Растачивание внутренних цилиндрических поверхностей выполняют расточными резцами, закреплёнными в резцедержателе станка, с продольной подачей. Гладкие сквозные отверстия растачивают проходными расточными резцами (рис. 3.1з); ступенчатые и глухие цилиндрические отверстия – упорными расточными резцами (рис. 3.1и).

Отрезание обработанных деталей производят отрезными резцами с поперечной подачей. Резец имеет длинную узкую головку по ширине реза. Однако с уменьшением ширины режущей части снижается жёсткость и прочность резца. Для заготовок диаметром 30...50 мм ширина режущей части резца составляет 3...5 мм. Для лучшего отвода стружки на передней поверхности резца затачивают лунку, а для уменьшения трения на боковых сторонах вспомогательные углы в плане ϕ_1 выполняют в пределах 1...2°.

При отрезании детали резцом с прямым режущим лезвием разрушается образующаяся шейка, при этом приходится дополнительно подрезать торец готовой детали (рис. 3.1к). При отрезании детали резцом с наклонным режущим лезвием (рис. 3.1л) торец получается чистым и дополнительно его подрезать не требуется. При обработке заготовок на полуавтоматах и автоматах обработанные детали отрезают от прутка отрезными резцами с наклонным режущим лезвием.

Обтачивание фасонных поверхностей заготовок выполняют токарными фасонными резцами. Длинные фасонные поверхности обрабатывают проходными резцами с продольной подачей с помощью фасонного копира, устанавливаемого вместо копировальной конусной линейки.

3.2. Обтачивание конических поверхностей

Обтачивание наружных конических поверхностей заготовок осуществляют на токарно-винторезных станках одним из следующих способов.

1. Обработка широкими токарными резцами (рис. 3.2а). Короткие конические поверхности с длиной образующей до 30 мм обтачивают проходными резцами, у которых главный угол в плане ϕ равен

половине угла при вершине обрабатываемой конической поверхности. Длина главного режущего лезвия резца должна быть на 1...3 мм больше длины образующей конической поверхности. Резец работает с поперечной или продольной подачей. Этот способ наиболее широко используют при снятии фасок с обработанных цилиндрических поверхностей.

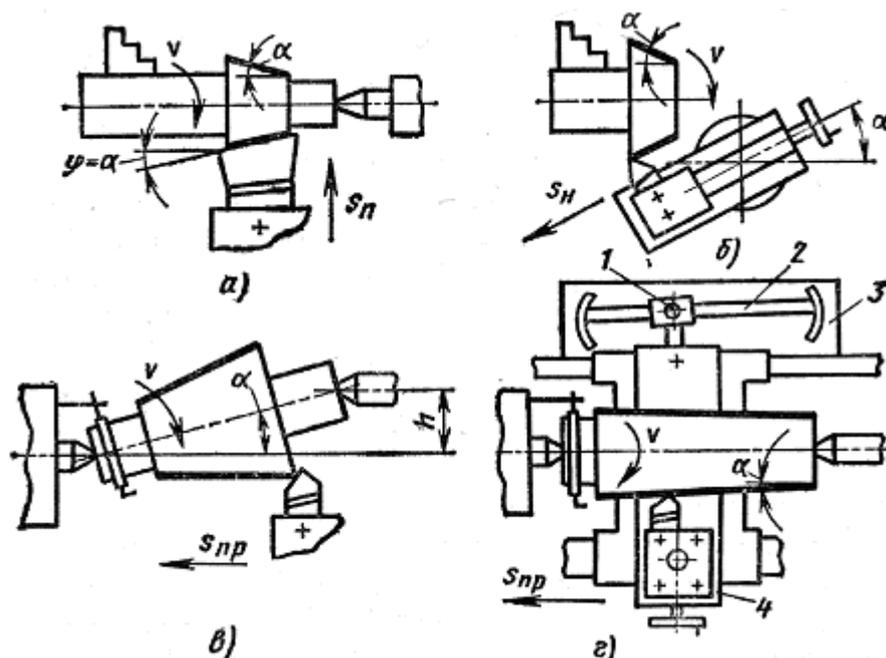


Рис. 3.2. Схемы обтачивания наружных конических поверхностей:

a – широким резцом; *б* – поворотом каретки верхнего суппорта;
в – смещением корпуса задней бабки; *г* – с помощью копировальной конусной линейки

2. Обработка поворотом каретки верхнего суппорта (рис. 3.2*б*). При обработке конических поверхностей этим способом каретку верхнего суппорта поворачивают на угол, равный половине угла при вершине обрабатываемого конуса. Обработку осуществляют с ручной подачей (S_H) верхнего суппорта под углом к линии центров станка. Этим способом обтачивают конические поверхности, длина образующих которых не превышает величины хода каретки верхнего суппорта (150...200 мм). Угол конуса обрабатываемой поверхности – любой. Угол поворота отсчитывают по шкале поворотной части суппорта. Если на чертеже угол уклона конуса не указан, то для определения угла поворота каретки верхнего суппорта α применяют формулу

$$\alpha = \arctg (D - d)/2l,$$

где α – угол поворота каретки верхнего суппорта, град;

D – больший диаметр обрабатываемой конической поверхности, мм;

d – меньший диаметр обрабатываемой конической поверхности, мм;

l – высота конической поверхности, мм.

Преимущества этого способа:

- оси центровых гнёзд совпадают с осью станка, что очень важно технологически;
- возможность обработки конусов с любым углом конусности;
- возможность обработки внутренних конусов.

Недостатками способа является ручная подача и небольшая длина обрабатываемой конической поверхности, которая ограничивается длиной хода верхней части суппорта.

3. Обработка смещением корпуса задней бабки в поперечном направлении (рис. 3.2в). При обтачивании конических поверхностей этим способом корпус задней бабки смещают относительно её основания в направлении, перпендикулярном к линии центров станка. Обрабатываемую заготовку устанавливают на шариковые центры. При этом ось вращения заготовки располагается под углом к линии центров станка, а образующая конической поверхности – параллельно линии центров станка. Обтачивают с продольной подачей резца длинные конические поверхности с небольшим углом конуса при вершине ($\alpha = 8...10^\circ$).

Смещение h корпуса задней бабки в поперечном направлении составляет

$$h = L(D - d)/2l, \text{ мм,}$$

где h – смещение, мм;

L – полная длина обрабатываемой заготовки, мм.

Смещение корпуса задней бабки на величину h производят, используя деления на торце опорной плиты и риску на торце корпуса задней бабки. Преимущества способа – механическая подача и достаточно большая длина обработки.

Недостатками являются:

- невозможность растачивания конических отверстий;

- несовпадение оси детали с осью станка;
- сильное затирание на центрах и большая разработка центровых отверстий заготовки;
- ограничение по режиму обработки;
- ограничение по углу конусности.

4. Обработка с помощью копировальной конусной линейки (рис. 3.2г). Корпус 3 конусной линейки закрепляют на кронштейнах на станине станка. На корпусе 3 расположена призматическая направляющая линейка 2, которую по шкале устанавливают под углом к линии центров станка. По направляющей перемещается ползун 1, связанный через рычаг с кареткой поперечного суппорта 4 станка.

При обработке гайку ходового винта поперечной подачи отсоединяют от каретки суппорта. Коническую поверхность при этом обтачивают с продольной подачей. При продольном перемещении суппорта резец получает два движения: продольное и поперечное от копировальной конусной линейки. Сложение двух движений обеспечивает перемещение резца под углом к линии центров станка. После каждого прохода резец устанавливают на глубину резания при помощи рукоятки верхней части суппорта. Он должен быть повернут на 90° относительно его нормального положения.

Угол поворота направляющей конусной линейки

$$\alpha = \arctg (D - d)/2l.$$

Обтачивают длинные конические поверхности с углом при вершине конуса $2\alpha = 30\dots 40^\circ$.

Применение конусной линейки обеспечивает простоту настройки, возможность растачивания внутренних конических поверхностей и возможность обработки с ручной или механической подачами.

Обтачивание внутренних конических поверхностей выполняют широким резцом, поворотом каретки верхнего суппорта, с конусной линейкой.

3.3. Нарезание резьбы

На токарно-винторезных станках нарезают внутреннюю и наружную резьбу. Резьбу в крупных заготовках нарезают резьбовыми резцами, форма режущих лезвий которых определяется профилем и размерами

поперечного сечения нарезаемой резьбы. Резец устанавливают на станке по шаблону, резьбу (рис. 3.3а) нарезают с продольной подачей резца S_{np} при вращательном движении заготовки со скоростью V .

При нарезании резьбы продольный суппорт получает поступательное движение от ходового винта и раздвижной маточной гайки, смонтированной в фартуке станка. Необходимо, чтобы резец получал равномерное поступательное движение, что обеспечивает постоянство шага нарезаемой резьбы.

При наладке токарно-винторезного станка на нарезание резьбы заданного шага $S_{н.р}$ необходимо рассчитать число зубьев сменных зубчатых колёс гитары.

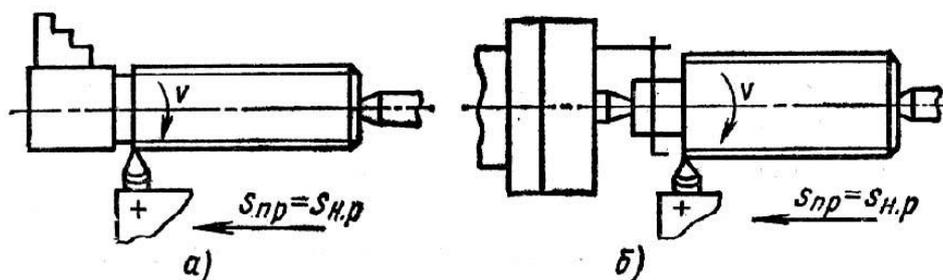


Рис. 3.3. Схемы нарезания резьбы:
а – однозаходной; б – многозаходной

За каждый оборот заготовки резец должен перемещаться вдоль её оси на величину шага нарезаемой резьбы. Отсюда уравнение кинематического баланса движений имеет вид

$$l_{об.шп} \cdot i_p \cdot i_{см} \cdot i_{к.п} \cdot t_{х.в} = S_{н.р},$$

где $l_{об.шп}$ – один оборот шпинделя;

i_p – передаточное отношение реверсивного механизма коробки скоростей; $i_{см}$ – передаточное отношение сменных зубчатых колёс гитары;

$i_{к.п}$ – передаточное отношение коробки подач;

$t_{х.в}$ – шаг резьбы ходового винта.

Отсюда

$$i_{см} = S_{н.р} / i_p \cdot i_{к.п} \cdot t_{х.в} = (z_1/z_2) \cdot (z_3/z_4),$$

где z_1, z_2, z_3, z_4 – числа зубьев сменных зубчатых колёс гитары.

Набор сменных зубчатых колёс от $z_{min} = 20$ до $z_{max} = 120$ с шагом через пять зубьев включает в себя зубчатые колёса с числом зубьев от 20 до 120 и одно зубчатое колесо с числом зубьев 127.

Требуется подобрать такие пары зубчатых колёс, которые соответствуют подсчитанному передаточному отношению $i_{см}$. Кроме того, необходимо соблюдать условия сцепляемости сменных зубчатых колёс во избежание задевания промежуточными колёсами соседних валов:

$$(z_1 + z_2) \geq (z_3 + 15); (z_3 + z_4) \geq (z_2 + 15).$$

Такая настройка осуществляется на станках, у которых либо отсутствует коробка подач, либо она простейшая. Современные станки имеют коробки подач, используя которые можно нарезать резьбу с шагом от десятых долей до нескольких миллиметров, при этом гитара сменных зубчатых колёс состоит всего из четырёх колёс. Настройка на нарезание резьбы сводится к проверке последовательности сменных зубчатых колёс гитары и установке рукояток коробки подач в определённое положение согласно настроечной таблице.

На токарно-винторезных станках нарезают метрическую, дюймовую, модульную и специальную резьбу. В ряде случаев выполняют двухзаходную, трёхзаходную резьбу (винты) и другие. У такой резьбы шаг, высота и внутренний диаметр остаются такими же, как и у однозаходной резьбы. Однако ход резьбы S , т. е. расстояние вдоль оси винта между одноимёнными точками одной и той же нитки, больше шага резьбы на величину, определяемую числом заходов:

$$S = t/z',$$

где S – ход резьбы, мм;

t – шаг резьбы, мм;

z' – число заходов.

Нарезание многозаходной резьбы имеет следующую особенность: после нарезания одной нитки нарезаемую деталь (при неподвижном резце) поворачивают на угол, равный $360^\circ/z'$, и нарезают следующую нитку (заход), т. е. требуется точное угловое деление обрабатываемой заготовки при переходе от одной нитки нарезаемой резьбы к другой.

Деление многозаходной резьбы на заходы можно производить следующими способами:

– поворотом заготовки на угол при использовании поводкового патрона с прорезами (обычно 24 отверстия), сделанными под

определёнными углами, в которые входит отогнутый конец хомутика; при повороте заготовки на угол винторезную цепь разрывают (выключают маточную гайку);

– использованием специального градуированного патрона, который позволяет одну часть патрона вместе с заготовкой повернуть относительно другой части патрона на требуемый угол (рис. 3.3б);

– смещением резца на шаг резьбы с помощью ходового винта верхнего суппорта;

– использованием нескольких резцов со смещением их относительно друг друга в осевом направлении на величину шага нарезаемой резьбы; применяют при нарезании резьбы на гладких валах (работа на проход).

3.4. Точность геометрических параметров деталей

Вследствие различных погрешностей (отклонений), возникающих при обработке, детали не могут получаться абсолютно точными. Точность по геометрическим параметрам характеризуют пять видов отклонений: размер, форма, расположение, шероховатость и волнистость. При нормировании точности размеров деталей различают номинальные, действительные и предельные размеры. Номинальный размер – размер, относительно которого определяют отклонения. Действительный размер – размер элемента, установленный измерением. Предельные размеры – два предельно допустимых размера элемента, между которыми должен находиться действительный размер. Действительные отклонения определяют, вычитая номинальный размер из действительного, а предельные – вычитая номинальный размер из предельного.

Наибольшему предельному размеру соответствует верхнее предельное отклонение, а наименьшему – нижнее. Предельные отклонения могут быть положительными, отрицательными и нулевыми. Разность между предельными размерами (предельными отклонениями) называют допуском размера. Допуск является показателем, характеризующим точность. Чем меньше допуск, тем выше точность.

Уровень точности размеров регламентируется качествами. Качество (класс точности) – это допустимое отклонение от

номинального размера. Значение допуска растёт с увеличением номера качества.

На рабочем чертеже детали проставляют номинальный размер и предельные отклонения, по которым можно определить значение допуска. Для случая, изображённого на рис. 3.4, допуск составляет $D = -0,030 - (-0,060) = 0,030$ мм.

Вместо числовых значений могут быть проставлены буквенные обозначения и номер качества, при этом используют буквы латинского алфавита. Прописными буквами обозначают отклонения отверстий, а строчными – валов. Например, условные обозначения полей допусков валов h6, d11, а отверстий H6, D11. Возрастание номера качества соответствует увеличению допуска. Чем меньше цифра, тем выше точность. Если чертежом предусмотрена невысокая точность обработки цилиндра, то при точении весь припуск целесообразно снимать за один проход.

Шероховатость поверхности является характеристикой качества поверхностного слоя, то есть характеризует рельеф поверхности. Шероховатость оценивают параметрами высоты R_a и R_z . R_a – это среднее арифметическое отклонение профиля (средняя высота всех неровностей профиля), R_z – это высота неровностей профиля по 10 точкам (средняя высота наибольших неровностей профиля). Числовые значения параметров R_a и R_z всегда указывают в микрометрах. Например, $R_z 40$ означает, что заданная шероховатость поверхности составляет 40 мкм.

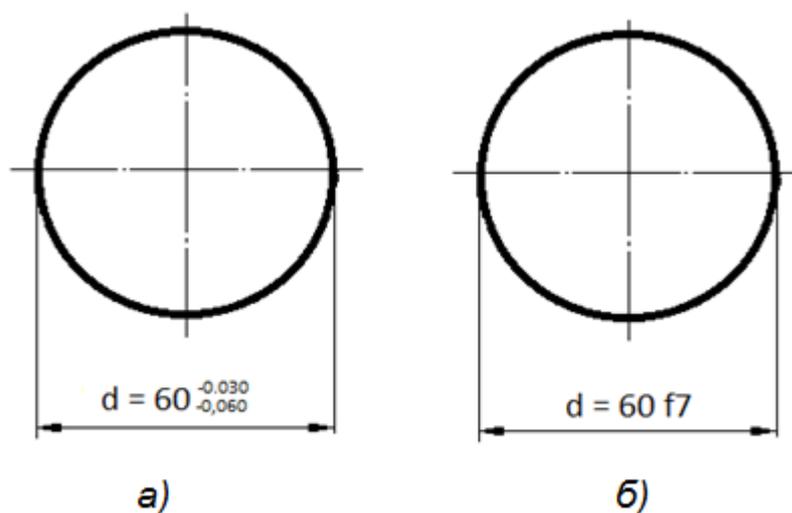


Рис. 3.4. Обозначение предельных отклонений размера:

а) числовое; б) буквенное

На чертежах при обозначении шероховатости используют знаки ∇ и ∇ . Знак ∇ применяют, если поверхность нужно обработать обязательно со снятием слоя материала, знак ∇ – без снятия слоя материала. При этом числовое значение R_a указывают без символа, например ∇ ^{0,63}, а числовое значение R_z указывают после символа, например ∇ ^{Rz40}.

Установлены 14 классов шероховатости:

- 1...3 классы – обдирочная обработка;
- 4...6 классы – получистовая обработка;
- 7...9 классы – чистовая обработка;
- 10...14 классы – доводочная обработка.

Различают следующие виды точения.

Черновое точение (обдирка) – удаление дефектных слоёв, разрезка, отрезка и подрезка торцов заготовок. Срезается поверхностная «корка» и основная (~70 %) часть припуска на обработку, $R_z > 40$ мкм.

Получистовое точение – снятие 20...25 % припуска, позволяет получать шероховатость поверхности $R_z = 40...10$ мкм и точность 10...11 квалитетов. Заготовка получает форму, близкую к форме детали.

Чистовое точение обеспечивает получение шероховатости $R_z = 10...6,3$ мкм и точность 7...9 квалитетов. Деталь получает окончательную форму и размеры.

Тонкое точение позволяет при срезании очень тонких стружек получать на поверхности детали шероховатость $R_z = 6,3...3,2$ мкм и точность 5...7 квалитетов.

Содержание отчёта

1. Название работы.
2. Цель работы.
3. Схемы обработки заготовок на токарно-винторезных станках.
4. Схемы обтачивания наружных конических поверхностей поворотом каретки верхнего суппорта и смещением корпуса задней бабки (рис. 3.2).
5. Краткое описание работ, выполняемых на токарном станке.

Контрольные вопросы

1. Способы подрезания торцов и уступов.
2. Назначение центровки заготовок.
3. Способы закрепления заготовок на токарном станке.
4. Схемы обработки ступенчатых валов.
5. Тип резца для обработки длинных нежёстких валов.
6. Способы обработки отверстий на токарных станках.
7. Растачивание ступенчатых и глухих отверстий.
8. Особенности отрезания обработанных деталей.
9. Способы обработки наружных конических поверхностей.
10. Сущность способа обработки конических поверхностей поворотом каретки верхнего суппорта, его преимущества и недостатки.
11. Преимущества и недостатки обработки наружных конических поверхностей смещением корпуса задней бабки.
12. Особенности обработки конических поверхностей с помощью копировальной конусной линейки.
13. Особенности нарезания многозаходной резьбы на токарных станках.
14. Способы деления многозаходной резьбы на заходы.

4. ОБРАБОТКА ЗАГОТОВОК НА СВЕРЛИЛЬНЫХ СТАНКАХ

Цель работы: изучить устройство сверлильного станка, приспособления для закрепления инструмента и заготовок, конструктивные и геометрические элементы сверла и работы, выполняемые на сверлильных станках.

4.1. Режим резания при сверлении

При сверлении главным движением является вращательное движение инструмента, а движением подачи – поступательное движение инструмента вдоль его оси.

Элементами режима резания являются скорость резания, подача и глубина резания. Скорость резания рассчитывают по формуле

$$V = \pi \cdot D \cdot n / 1000,$$

где V – скорость резания (скорость вращения сверла), м/мин;

D – диаметр сверла, мм;

n – частота вращения шпинделя, мин⁻¹;

1000 – коэффициент перевода миллиметров в метры.

Движением подачи в вертикально-сверлильных станках является вертикальное перемещение инструмента вдоль его оси. Скорость движения подачи S_v измеряется в мм/об.

Глубину резания при сверлении определяют по формуле

$$t = D/2,$$

где t – глубина резания, мм;

D – диаметр отверстия, мм.

4.2. Сверлильные станки

Сверлильные станки относятся ко второй группе металлорежущих станков. Главный технический параметр сверлильного станка – наибольший диаметр сверления отверстия в заготовке.

Обозначение модели вертикально-сверлильного станка 2А125 расшифровывают следующим образом: цифра 2 означает, что станок относится ко второй группе – сверлильный; буква А – модернизированный; цифра 1 указывает на принадлежность станка к

первому типу – вертикальный; цифра 25 – наибольший диаметр сверления 25 мм (технический параметр станка).

Вертикально-сверлильные станки применяют для обработки отверстий в деталях. Они предназначены для сверления и рассверливания отверстий, нарезания в них резьбы, зенкерования, зенкования, цекования, притирки.

Общий вид вертикально-сверлильного станка показан на рис. 4.1.

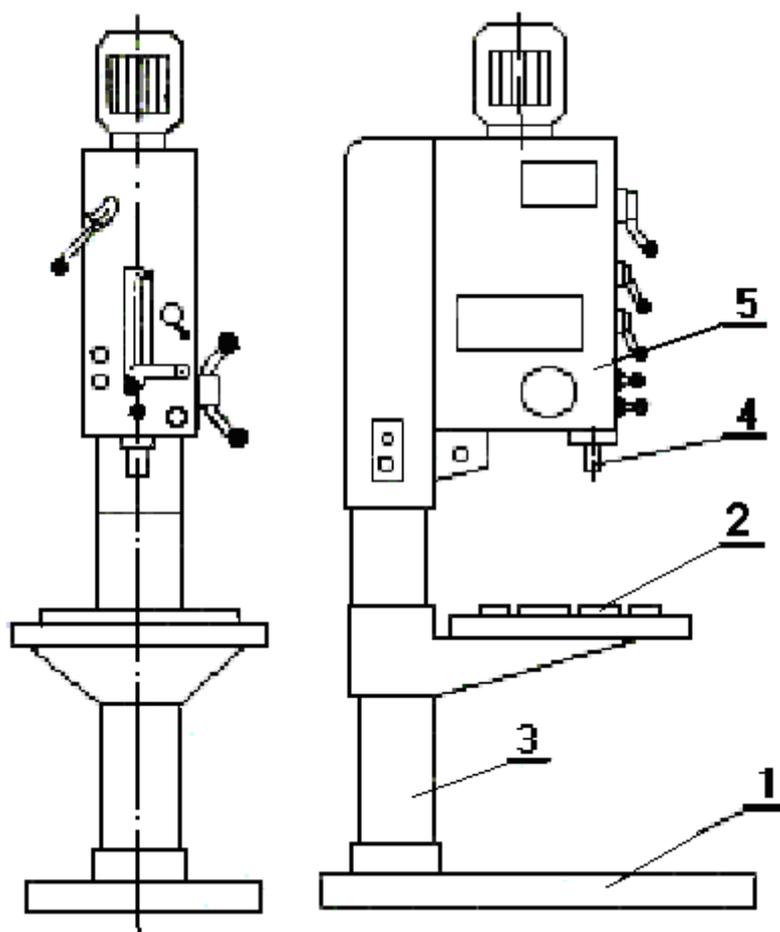


Рис. 4.1. Схема вертикально-сверлильного станка:

1 – плита; 2 – стол; 3 – станина; 4 – шпиндель; 5 – шпиндельная бабка

Для установки и закрепления заготовки служит стол 2, а для установки режущего инструмента – шпиндель 4. На столе устанавливают приспособление, в которое закрепляют деталь. Для обработки очередного отверстия заготовку необходимо переустановить. Инструмент закрепляют в шпинделе станка, шпиндель находится на шпиндельной бабке 5. Стол и шпиндельная бабка могут совершать перемещение по направляющим

станины 3 для установки на необходимую высоту. Фундаментная плита 1 служит опорой станка. На шпиндельной бабке расположены электродвигатель, механизмы привода главного движения и подачи, механизм включения и отключения вращения шпинделя и органы управления.

4.3. Виды сверлильных работ

На сверлильных станках производят сверление, зенкерование, развёртывание, зенкование, цекование, нарезание резьбы и обработку сложных комбинированных поверхностей (рис. 4.2).

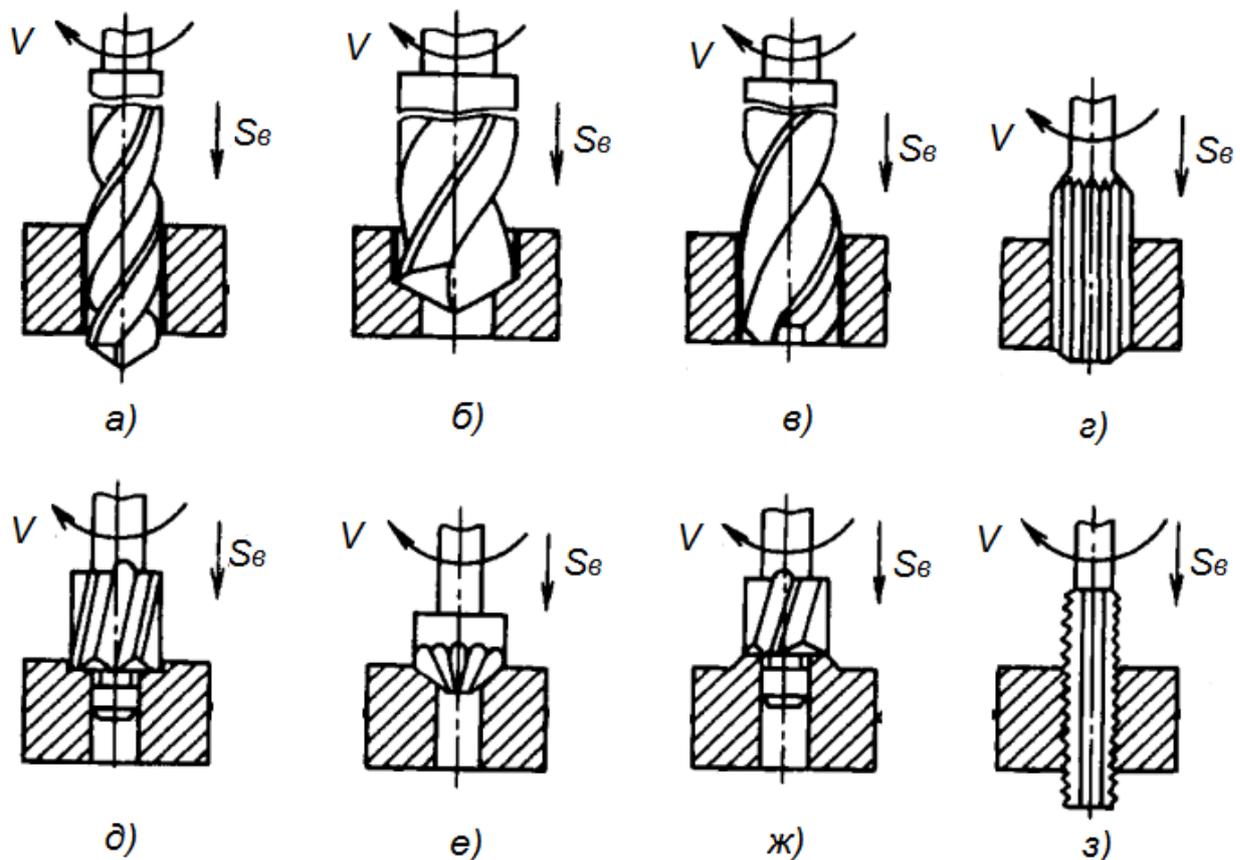


Рис. 4. 2. Схемы обработки поверхностей на сверлильных станках:
а – сверление; *б* – рассверливание; *в* – зенкерование; *г* – развёртывание;
д – зенкование цилиндрической зенковкой; *е* – зенкование конической зенковкой; *ж* – цекование; *з* – нарезание резьбы метчиком

Под сверлением понимают процесс образования сквозного или глухого отверстия в сплошном материале с помощью сверла (рис. 4.2*а*).

Сверлом можно также рассверливать (расширять) имеющееся отверстие, полученное при литье, ковке, штамповке или сверлении (рис. 4.2б). Обработкой свёрлами нельзя достичь точности размера выше 12 квалитета и шероховатости поверхности менее $R_z = 40$ мкм.

Для увеличения диаметра и повышения характеристик точности обрабатываемого отверстия до 11-10 квалитетов и $R_z = 20$ мкм применяют зенкерование. Зенкерование выполняют зенкерами (рис. 4.2в), которые имеют 3 или 4 режущие кромки, а по внешнему виду напоминают сверло.

Развёртыванием выполняют окончательную обработку точных отверстий, обеспечивая 7-й–6-й квалитет точности обрабатываемого отверстия. Используемый инструмент – развёртка. Развёртка имеет чётное число зубьев, от 6 до 12. Развёртки выполняют хвостовыми и насадными, с прямыми и винтовыми зубьями (рис. 4.2г).

Зенкование – образование цилиндрических или конических углублений под головки болтов, винтов и заклёпок в предварительно просверленных отверстиях. Для зенкования применяют цилиндрические и конические зенковки (специальные зенкеры), имеющие 4...8 торцовых зубьев (рис. 4.2д, е).

Цекование – обработка торцовых поверхностей под крепёжные средства (гайки, шайбы, кольца) инструментом, называемым цековкой (торцовый зенкер). Перпендикулярность торца основному отверстию достигается наличием у цековки направляющей части (рис. 4.2ж).

Нарезание резьбы в отверстиях осуществляют метчиком. Рабочая часть метчика имеет форму винта с продольными или винтовыми канавками (рис. 4.2з).

Геометрия осевого инструмента. Геометрию осевого инструмента рассмотрим на примере спирального сверла (рис. 4.3).

Сверло состоит из четырёх частей: рабочей части 6, шейки 2, хвостовика 4 и лапки 3. В рабочей части 6 различают режущую часть 1 и направляющую часть 5 с винтовыми канавками. Шейка 2 соединяет рабочую часть сверла с хвостовиком. Хвостовик 4 служит для установки сверла в шпинделе станка. Лапка 3 является упором при выбивании сверла из отверстия шпинделя.

Рабочая часть спирального сверла имеет переменный наружный диаметр, уменьшающийся по направлению к хвостовику. Коническую форму сверлу придают для предотвращения защемления его в обрабатываемом отверстии.

Элементы рабочей части спирального сверла показаны на рис. 4.3б. Сверло имеет два главных режущих лезвия 11, образованных пересечением передних 10 и задних 7 поверхностей и выполняющих основную работу резания; поперечное режущее лезвие 12 (перемычку) и два вспомогательных режущих лезвия 9.

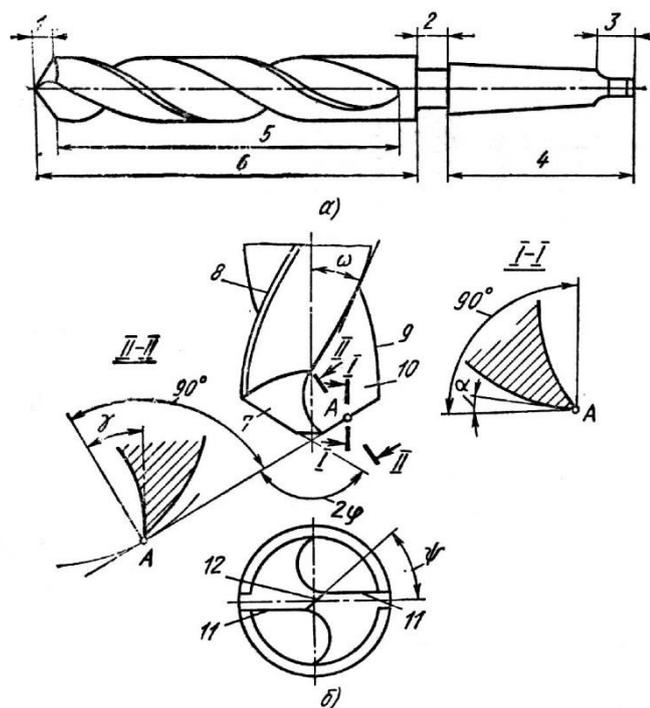


Рис. 4.3. Части (а), элементы и углы (б) спирального сверла:

- 1 – режущая часть; 2 – шейка; 3 – лапка; 4 – хвостовик;
- 5 – направляющая часть; 6 – рабочая часть; 7 – задняя поверхность; 8 – ленточка;
- 9 – вспомогательное режущее лезвие; 10 – передняя поверхность;
- 11 – главное режущее лезвие; 12 – поперечное режущее лезвие

Для уменьшения трения сверла о стенки отверстия на рабочей цилиндрической части вдоль винтовой канавки расположены две отшлифованные узкие ленточки 8, которыми сверло соприкасается с поверхностью отверстия.

К геометрическим параметрам режущей части сверла относятся передний угол γ , задний угол α , угол при вершине сверла 2ϕ , угол наклона поперечного режущего лезвия ψ и угол наклона винтовой канавки ω .

Передний угол γ измеряют в главной секущей плоскости $II-II$, перпендикулярной к главному режущему лезвию. В разных точках режущего лезвия передний угол различен: наибольший у наружной поверхности сверла, где он практически равен углу наклона винтовой канавки ω , наименьший – у поперечного режущего лезвия.

Задний угол α измеряют в плоскости $I-I$, параллельной оси сверла. У наружной поверхности сверла $\alpha = 8...12^\circ$; по мере приближения к оси сверла задний угол возрастает до $20...25^\circ$.

Угол при вершине сверла 2ϕ измеряют между главными режущими лезвиями, он имеет различную величину в зависимости от обрабатываемого материала. У стандартных свёрл, применяемых при обработке разных материалов, $2\phi = 90...118^\circ$; при сверлении сталей средней твёрдости $2\phi = 116...120^\circ$.

Угол наклона поперечного лезвия ψ измеряют между проекциями главного и поперечного лезвий на плоскость, перпендикулярную к оси сверла. У стандартных сверл $\psi = 50...55^\circ$.

Угол наклона винтовой канавки ω измеряют по наружному диаметру. Обычно $\omega = 18...30^\circ$.

Виды свёрл. По конструкции и назначению свёрла подразделяют на спиральные, центровочные и специальные. Наиболее распространённым инструментом для сверления и рассверливания является спиральное сверло с цилиндрическим или коническим хвостовиком (рис. 4.4а, б). Стандартные спиральные свёрла выпускают диаметром $0,1...80$ мм.

Центровочные свёрла применяют для получения в торцах валов базирующих углублений (рис. 4.4в).

К специальным свёрлам относятся кольцевые, ружейные, перовые, свёрла для глубокого сверления и другие. Кольцевое сверло применяют для сверления глубоких отверстий, диаметр которых превышает 75 мм. Сверло состоит из полого корпуса с винтовыми канавками (рис. 4.4г). При кольцевом сверлении в стружку отходит только узкая кольцевая часть материала. Свёрла для глубокого сверления применяют при $L >$

5D (рис. 4.4д). Перовые сверла применяют при обработке твёрдых заготовок, когда требуется повышенная жёсткость инструмента (рис. 4.4е).

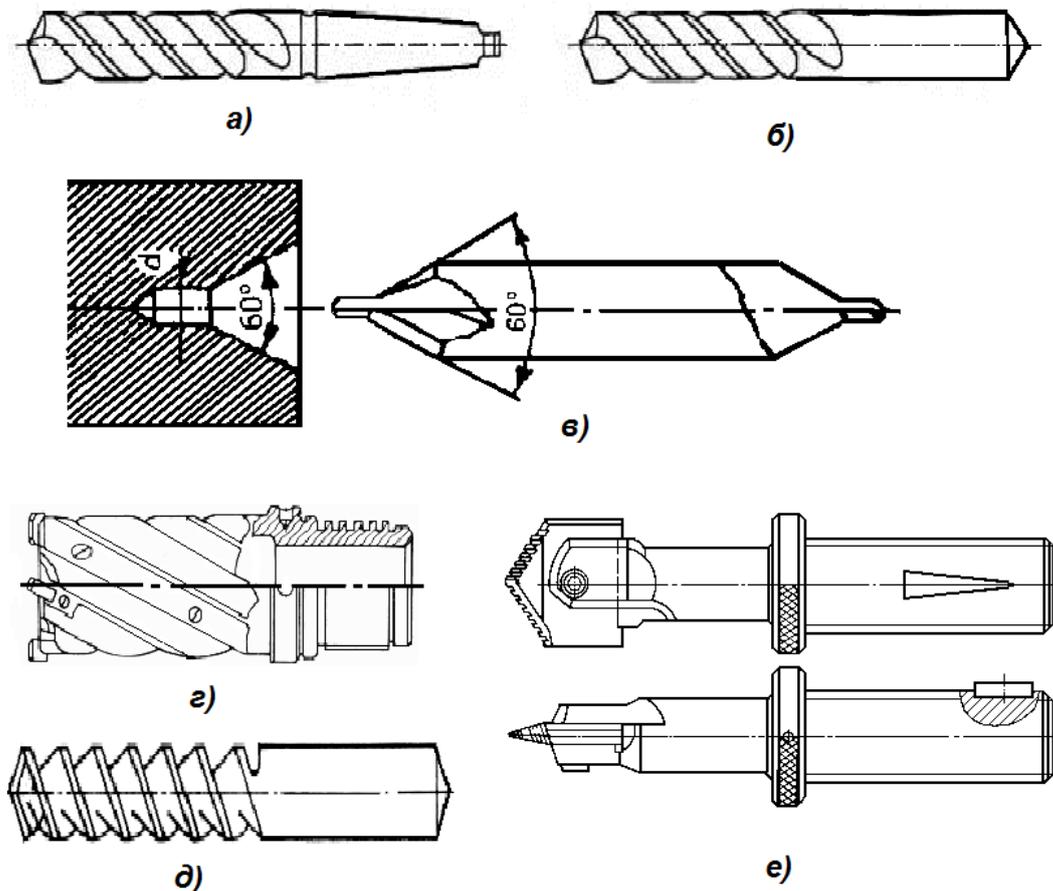


Рис. 4.4. Виды свёрл:

- a* – спиральное с коническим хвостовиком;
- б* – спиральное с цилиндрическим хвостовиком; *в* – центровочное; *г* – кольцевое;
- д* – для глубокого сверления; *е* – перовое

4.4. Приспособления к сверлильным станкам

Режущие инструменты с коническим хвостовиком закрепляют непосредственно в коническом отверстии шпинделя станка (рис. 4.5а) или с помощью конических втулок, если размер конического отверстия в шпинделе станка больше размера конуса хвостовика инструмента (рис. 4.5б).

Инструменты с цилиндрическим хвостовиком закрепляют в трёхкулачковых или цанговых патронах, устанавливаемых в шпиндель станка. Закрепление режущего инструмента в цанговом патроне показано

на рис. 4.5в. На резьбовую часть корпуса патрона 1 навинчивается втулка 2, в которой находится разрезная цанга 3.

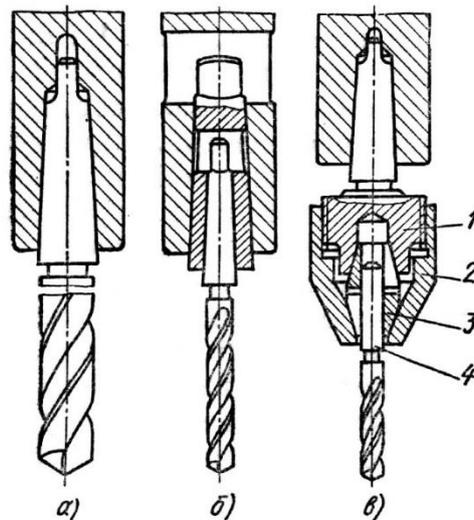


Рис. 4.5. Закрепление инструмента на сверлильных станках:
а – шпиндель; б – коническая втулка; в – цанговый патрон; 1 – корпус патрона;
2 – втулка; 3 – цанга; 4 – хвостовик инструмента

Цилиндрический хвостовик инструмента 4 вставляют в отверстие цанги и закрепляют вращением втулки 2 по часовой стрелке. Для закрепления заготовок на столе станка применяют прижимные планки, призмы, машинные тиски, угольники, кондукторы.

Содержание отчёта

1. Название работы.
2. Цель работы.
3. Схема сверлильного станка с указанием основных узлов.
4. Эскиз спирального сверла с указанием элементов и углов.
5. Описание работ, выполняемых на сверлильных станках.

Контрольные вопросы

1. Классификация станков сверлильной группы.
2. Основные узлы сверлильного станка.
3. Способы закрепления инструмента в шпинделе станка.
4. Приспособления для закрепления заготовок на станках.
5. Виды осевых инструментов.

6. Основные части спирального сверла.
7. Элементы и углы спирального сверла.
8. Специальные сверла и их назначение.
9. Работы, выполняемые на сверлильных станках.
10. Для чего производят предварительное сверление отверстий с последующим рассверливанием?
11. Применение зенкерования, используемый инструмент.
12. Способ обработки, применяемый для получения отверстий высокой точности и малой шероховатости поверхности.
13. Сущность и назначение зенкования.
14. Назначение цекования.
15. Инструменты, применяемые для нарезания резьбы и обработки сложных поверхностей.

5. ОБРАБОТКА ЗАГОТОВОК НА ФРЕЗЕРНЫХ СТАНКАХ

Цель работы: изучить устройство фрезерных станков и работы, выполняемые на фрезерных станках; основные типы фрез, их геометрические элементы.

5.1. Режим резания при фрезеровании

Во фрезерных станках режущий инструмент – фреза – совершает главное вращательное движение, а обрабатываемая заготовка – поступательное движение подачи.

Элементами режима резания при фрезеровании являются скорость резания V , скорость подачи S , глубина резания t и ширина фрезерования B .

Скорость резания рассчитывают по формуле

$$V = \pi \cdot D \cdot n / 1000,$$

где V – скорость резания (скорость вращения фрезы), м/мин;

D – диаметр фрезы, мм;

n – частота вращения шпинделя, мин⁻¹;

1000 – коэффициент перевода миллиметров в метры.

Подача – это величина перемещения обрабатываемой заготовки относительно вращающейся фрезы. Скорость движения подачи S измеряют в мм/мин. Глубиной резания t (мм) при фрезеровании является слой металла, снимаемый за один проход фрезы. Ширина фрезерования B (мм) – это ширина обрабатываемой поверхности.

5.2. Фрезерные станки

На фрезерных станках обрабатывают горизонтальные, вертикальные и наклонные плоскости, а также фасонные поверхности, уступы и пазы различного профиля. Особенностью процесса фрезерования является прерывистость резания каждым зубом фрезы. Зуб фрезы находится в контакте с заготовкой только на некоторой части заготовки. Наиболее распространёнными фрезерными станками являются консольно-фрезерные станки, которые снабжены консолью (кронштейном), несущей стол и перемещающейся по направляющим станины вверх и вниз. К консольно-фрезерным станкам относятся горизонтальные, вертикальные, универсальные и широкоуниверсальные. В

горизонтально-фрезерных станках шпиндель расположен горизонтально, в вертикально-фрезерных – вертикально.

Отличие универсальных консольно-фрезерных станков от горизонтальных заключается в возможности поворота стола относительно вертикальной оси. Широкоуниверсальные станки, в отличие от универсальных, имеют дополнительную головку со шпинделем, поворачивающуюся под углом в любом направлении.

Фрезерные станки относятся к шестой группе металлорежущих станков. Основным техническим параметром фрезерных станков является условный размер рабочей поверхности стола. Например, модель станка 675 обозначает следующее: 6 – фрезерный, 7 – широкоуниверсальный, 5 – условный размер стола.

Горизонтально-фрезерные станки. На рис. 5.1 приведен общий вид горизонтального консольно-фрезерного станка. В станине 1 размещена коробка скоростей 2. Главным движением является вращение шпинделя 9.

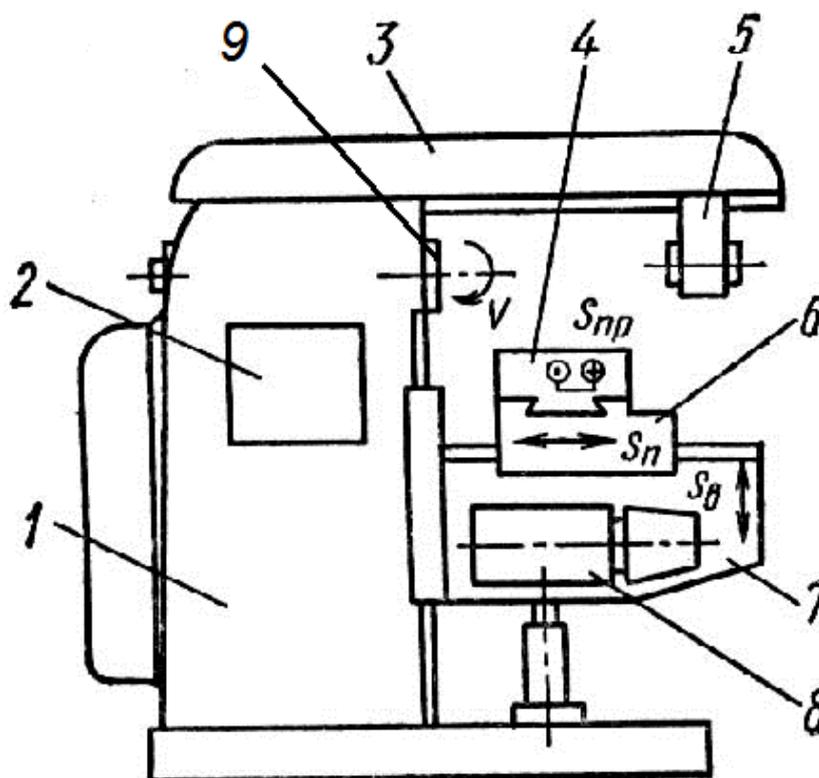


Рис. 5.1. Общий вид горизонтально-фрезерного станка:
1 – станина; 2 – коробка скоростей; 3 – хобот; 4 – рабочий стол; 5 – подвеска;
6 – направляющие салазки; 7 – консоль; 8 – коробка подач; 9 – шпиндель

Консоль 7 устанавливают на требуемую высоту по направляющим станины. Коробка подач 8 размещена внутри консоли. В верхней части станины расположен хобот 3. По его направляющим перемещается подвеска 5 с подшипником для поддержания второго конца длинной оправки с фрезой.

Насадные фрезы устанавливают на оправке с помощью дистанционных колёс. Заготовка, закрепляемая на столе 4 в тисках или приспособлении, получает подачу в трёх направлениях: продольном (перемещение стола по направляющим салазок 6), поперечном (перемещение салазок по направляющим консоли) и вертикальном (перемещение консоли по направляющим станины).

Вертикально-фрезерные станки. Вертикально-фрезерные консольные станки по внешнему виду отличаются от горизонтальных вертикальным расположением оси шпинделя и отсутствием хобота (рис. 5.2).

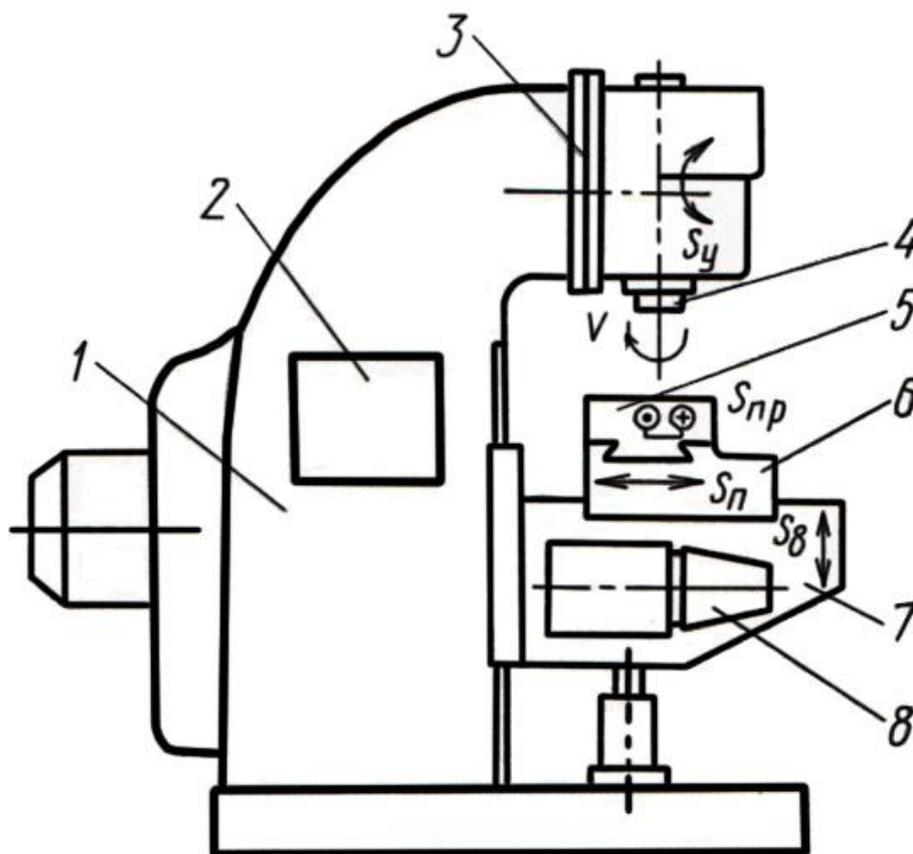


Рис. 5. 2. Общий вид вертикально-фрезерного станка:

1 – станина; 2 – коробка скоростей; 3 – шпиндельная головка; 4 – шпиндель;
5 – рабочий стол; 6 – салазки; 7 – консоль; 8 – коробка подач

В станине 1 размещена коробка скоростей 2. В консоли смонтирована коробка подач 8. Шпиндельная головка 3 смонтирована в верхней части станины и может поворачиваться в вертикальной плоскости. Главным движением является вращение шпинделя. Ось шпинделя 4 можно поворачивать под углом к плоскости рабочего стола 5. Стол, на котором закрепляют заготовку, имеет продольное перемещение по направляющим салазок 6. Салазки имеют поперечное перемещение по направляющим консоли 7, консоль перемещается по вертикальным направляющим станины. Заготовка, установленная на столе 5, может получать подачу в трёх направлениях.

Обрабатываемую заготовку устанавливают на столе, используя приспособления (тиски, делительную головку, поворотный стол, центра и т. п.). Т-образные пазы стола предназначены для головок болтов, крепящих изделие или приспособление.

Инструментом являются концевые (хвостовые) фрезы, которые устанавливают хвостовиком в коническое отверстие шпинделя.

5.3. Типы фрез

В качестве режущего инструмента при обработке на фрезерных станках используют многолезвийный режущий инструмент – фрезу. Главное движение – вращательное – придаётся инструменту, движение подачи – заготовке.

Фрезы изготавливают цельными и сборными, с напаянными и вставными ножами. Цельные фрезы изготавливают из быстрорежущих сталей. В напаянных фрезах корпуса изготавливают из конструкционных сталей, а на рабочие части зубьев фрез припаивают пластинки из быстрорежущих сталей или твёрдых сплавов. У сборных фрез зубья (ножи) выполняют из быстрорежущих сталей или оснащают пластинками из твёрдых сплавов и закрепляют в корпусе фрезы механическим способом.

По расположению зубьев фрезы делятся на цилиндрические, когда зубья располагаются только на цилиндрической поверхности фрезы, и торцевые, у которых режущие зубья располагаются на торцевой и

цилиндрической поверхности фрезы. Режущие лезвия могут быть прямыми или винтовыми. Фрезы имеют остроконечную или затылованную форму зуба. У фрез с остроконечными зубьями передняя и задняя поверхности плоские. У фрез с затылованными зубьями передняя поверхность плоская, а задняя выполнена по спирали Архимеда.

Цилиндрическая фреза с винтовыми зубьями изображена на рис. 5.3. Она состоит из корпуса 1 и режущих зубьев 2. Зуб фрезы имеет следующие элементы: переднюю поверхность 3, заднюю поверхность 6, спинку зуба 7, ленточку 5 и режущее лезвие 4.

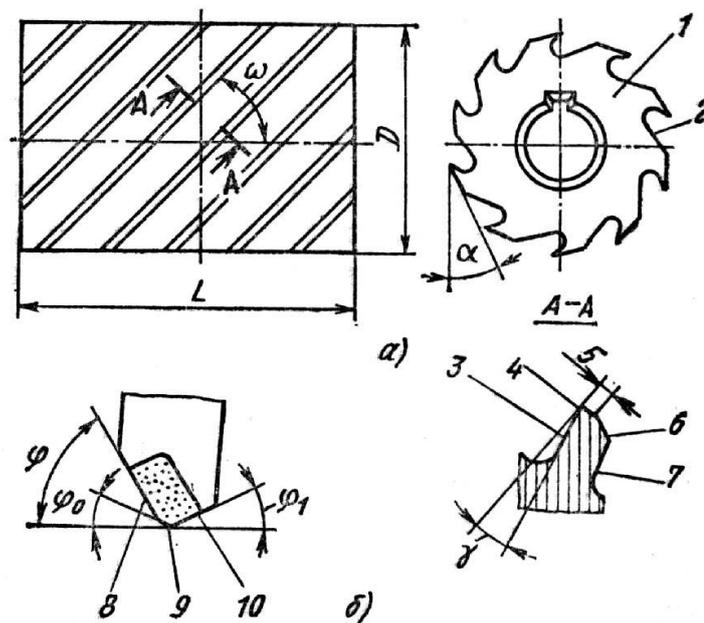


Рис. 5.3. Элементы и геометрия фрезы:

a – цилиндрическая фреза; *b* – зуб торцевой фрезы;

1 – корпус; 2 – зуб; 3 – передняя поверхность зуба; 4 – режущее лезвие; 5 – ленточка;

6 – задняя поверхность; 7 – спинка зуба; 8 – главное режущее лезвие;

9 – переходное режущее лезвие; 10 – вспомогательное режущее лезвие

У цилиндрических фрез различают следующие углы: передний угол γ , измеряемый в плоскости А–А, перпендикулярной к режущему лезвию; главный задний угол α , измеряемый в плоскости, перпендикулярной к оси фрезы; угол наклона зубьев ω . Передний угол γ облегчает образование и сход стружки. Главный задний угол α уменьшает трение на задней поверхности зуба. Угол наклона зубьев ω обеспечивает более спокойные условия резания по сравнению с прямым зубом и придаёт направление сходящей стружке.

У зуба торцовой фрезы (рис. 5.3б) режущее лезвие состоит из главного режущего лезвия 8, переходного лезвия 9 и вспомогательного лезвия 10. Главный угол в плане φ измеряют между проекцией главного режущего лезвия на осевую плоскость и направлением подачи. Вспомогательный угол в плане φ_1 составляет $5...10^\circ$. Чем меньше угол φ_1 , тем ниже шероховатость обработанной поверхности. Угол в плане на переходном режущем лезвии $\varphi_0 = \varphi/2$. Наличие переходного режущего лезвия повышает прочность зуба. Наиболее распространённые типы фрез показаны на рис. 5.4.

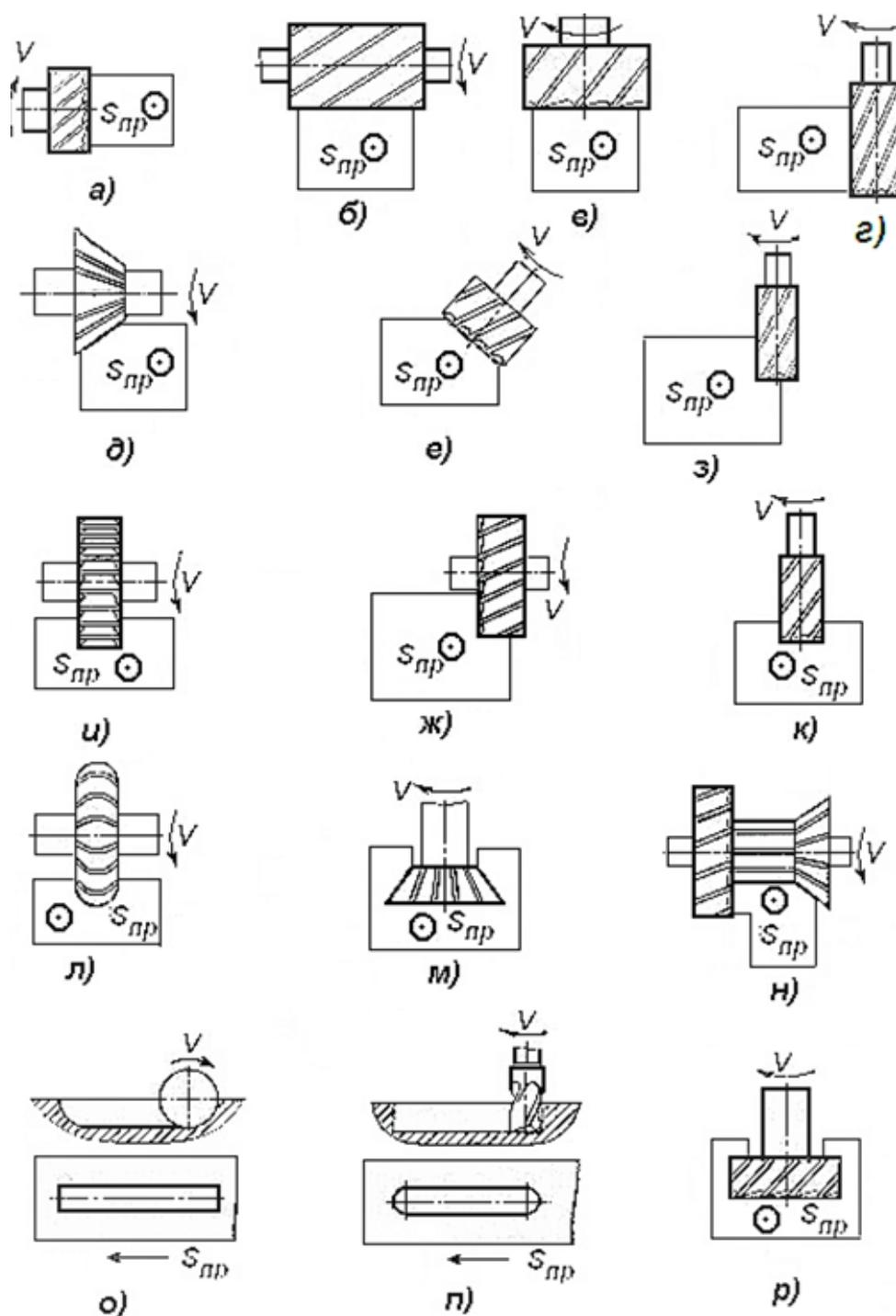


Рис. 5.4. Типы фрез и схемы обработки поверхностей:

a, в, е – торцовые; *б* – цилиндрическая; *г, з, к* – концевые; *д* – угловая; *ж* – дисковая; двухсторонняя; *и* – дисковая трёхсторонняя; *л* – фасонная; *м* – «ласточкин хвост»; *н* – набор фрез; *о* – прорезная; отрезная; *п* – шпоночная; *р* – Т-образная

Горизонтальные плоскости фрезеруют на горизонтально-фрезерных станках цилиндрическими фрезами (рис. 5.4б), а на вертикально-фрезерных станках торцовыми фрезами (рис. 5.4в). Вертикальные плоскости фрезеруют на горизонтально-фрезерных станках торцовыми фрезами (рис. 5.4а).

Концевые фрезы (рис. 5.4г, з, к) применяют при обработке плоскостей, уступов, пазов и криволинейных контуров по разметке и копиру. Дисковые фрезы двухсторонние (рис. 5.4ж) и трёхсторонние (рис. 5.4и) применяют для фрезерования уступов, лысок, пазов.

Прорезные (шлицевые) и отрезные фрезы (рис. 5.4о) с мелкими и средними зубьями применяют для разрезки тонких заготовок, тонкостенных труб, для прорезания неглубоких шлицев в головках винтов. Фрезы с крупными зубьями – для прорезания глубоких и узких пазов, для обрезки заготовок и для отрезных работ.

Угловые фрезы (рис. 5.4д) применяют для фрезерования стружечных канавок инструментов, а также пазов типа «ласточкин хвост» (рис. 5.4м). Фасонные фрезы (рис. 5.4л) предназначены для фрезерования фасонных поверхностей, стружечных канавок режущих инструментов. Комбинированные поверхности фрезеруют набором фрез (рис. 5.4н).

Пазы типа «ласточкин хвост» и Т-образные (рис. 5.4р) фрезеруют за два прохода: прямоугольный паз – концевой фрезой, затем нижнюю часть паза – концевой одноугловой фрезой или фрезой для Т-образных пазов.

Цилиндрическое и торцовое фрезерование в зависимости от направления вращения фрезы и направления подачи заготовки можно осуществлять двумя способами: встречным фрезерованием (против подачи), при котором вращение фрезы направлено против направления подачи; попутным фрезерованием (в направлении подачи), при котором направление вращения фрезы совпадает с направлением подачи.

Преимуществом встречного фрезерования является работа зубьев фрезы «из-под корки», т. е. фреза подходит к поверхностному слою снизу. Недостатком является скольжение зуба по наклёпанной поверхности, образованной предыдущим зубом, что вызывает повышенный износ фрезы.

При попутном фрезеровании зуб фрезы сразу начинает срезать слой максимальной толщины и подвергается максимальной нагрузке. Это уменьшает износ фрезы и шероховатость обработанной поверхности.

При работе торцовыми и концевыми фрезами различают симметричное резание, когда ось фрезы совпадает с линией симметрии заготовки, и несимметричное резание, когда ось фрезы не совпадает с линией симметрии заготовки.

5.4. Приспособления для закрепления заготовок

Для установки, базирования и закрепления заготовок применяют универсальные и специальные приспособления (рис. 5.5).

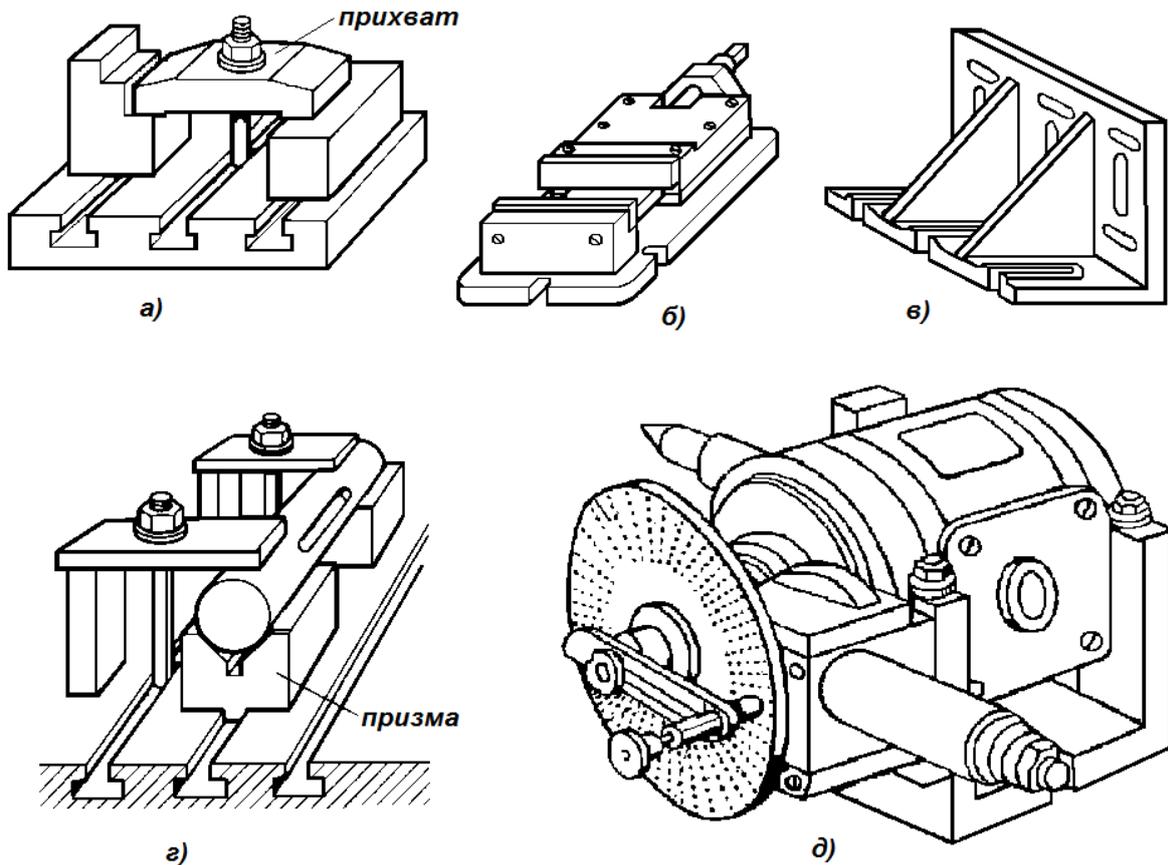


Рис. 5.5. Приспособления для закрепления заготовок:
а – прихват; б – машинные тиски; в – угольник; г – призма;
д – делительная головка

К универсальным приспособлениям относятся прихваты, машинные тиски, угольники, призмы. При обработке большого количества одинаковых заготовок изготавливают специальные приспособления, пригодные только для установки и закрепления этих заготовок на данном станке.

Делительные головки служат для периодического поворота заготовки на заданный угол и для непрерывного их вращения при фрезеровании винтовых канавок.

Содержание отчёта

1. Название работы.
2. Цель работы.
3. Схема горизонтально-фрезерного станка с указанием его основных узлов.
4. Элементы и геометрия фрезы.
5. Краткое описание работ, выполняемых на фрезерных станках.

Контрольные вопросы

1. Принцип маркировки фрезерных станков.
2. Основные узлы фрезерных станков и их назначение.
3. Главное движение и движение подачи на фрезерных станках.
4. Для чего служит консоль?
5. Как осуществляется перемещение стола в продольном, поперечном и вертикальном направлениях?
6. Основное отличие горизонтально-фрезерных станков от вертикально-фрезерных.
7. Влияние углов фрезы на процесс резания.
8. Элементы и геометрия цилиндрической фрезы.
9. Классификация фрез по назначению и виду обрабатываемых поверхностей.
10. Приспособления, применяемые для закрепления заготовок на фрезерных станках.
11. Классификация фрез по способу изготовления.
12. Сущность попутного и встречного фрезерования.
13. Особенность фрез с затылованными зубьями.
14. Работы, выполняемые на фрезерных станках.

6. ОБРАБОТКА ЗАГОТОВОК НА ШЛИФОВАЛЬНЫХ СТАНКАХ

Цель работы: изучить основные схемы шлифования, конструкцию шлифовальных станков, способы шлифования, а также хонингование и суперфиниш.

6.1. Абразивный инструмент

Абразивная обработка – процесс обработки заготовок абразивным инструментом. Различают следующие виды абразивной обработки: шлифование, полирование, доводка, суперфиниширование, хонингование, отрезка. Для этих целей применяют такой абразивный инструмент, как шлифовальные и полировальные круги, отрезные круги, абразивные бруски, шлифовальная шкурка и т. п. В качестве рабочего (режущего) инструмента на шлифовальных станках используют абразивный инструмент, главным образом шлифовальные круги.

Абразивный инструмент – это режущий инструмент, изготовленный из абразивных материалов высокой твёрдости и применяемый для шлифования. Его используют для обработки практически всех известных материалов (сталь, чугун, цветные металлы и сплавы, дерево, стекло, резина и другие). Все данные о конкретном инструменте представлены в виде условного обозначения. Условное обозначение абразивного инструмента включает в себя такие характеристики, как марка и зернистость абразивного материала, вид связи.

Абразивные материалы могут быть синтетическими (искусственными) и природными (естественными). К природным материалам относятся природный алмаз, корунд (Al_2O_3), наждак, кремень, гранат, техническое стекло. Физико-механические свойства синтетических материалов более стабильны, чем природных. К синтетическим материалам относятся электрокорунд (Al_2O_3), карбид кремния (SiC), карбид бора (B_4C), синтетический алмаз и нитрид бора (BN).

Электрокорунд содержит от 60 до 99 % оксида алюминия Al_2O_3 . Чем выше содержание Al_2O_3 , тем прочнее и твёрже зёрна и тем они острее.

Маркируют электрокорунд цифрой, зависящей от состава, и буквой А. Применяются следующие марки: нормальный электрокорунд (12А, 13А, 14А, 15А), белый электрокорунд (22А, 23А, 24А, 25А), хромистый электрокорунд (32А, 33А, 34А), титанистый электрокорунд 37А, цирконистый электрокорунд 38А и другие. Электрокорунд применяют для шлифования сталей, чугунов и цветных сплавов.

Карборунд содержит от 97 до 99 % карбида кремния SiC . Карборунд – более твёрдый, но и более хрупкий, чем электрокорунд. Маркируют карборунд цифрой, зависящей от состава, и буквой С. Различают карборунд чёрный (53С, 54С, 55С) и зелёный (63С, 64С). Чёрный электрокорунд применяют для обработки хрупких металлических материалов, цветных сплавов и неметаллов, зелёный – для заточки твердосплавного режущего инструмента.

Для скрепления между собой зёрен абразива используют связку. Наиболее широко применяют керамическую (К), бакелитовую (Б), вулканитовую (В) и силикатную (С) связки.

Карбид бора B_4C обладает особо высокой твёрдостью, используется в виде порошков и паст для отделочной обработки.

Абразивные круги из сверхтвёрдых материалов (алмаз и КНБ) представляют собой металлический или пластмассовый корпус (круг), по наружному (периферийному) слою которого расположен режущий абразивный слой толщиной 1,5...3 мм.

Кубический нитрид бора BN (КНБ) – это сверхтвёрдый материал, в котором содержится от 90 до 96 % BN . КНБ близок по твёрдости к алмазу, при этом более теплостоек (до 1500 °С). Он обладает высокой твёрдостью, теплостойкостью и малым химическим сродством с железом, что даёт возможность использовать этот материал для обработки сталей и чугунов. Применяют следующие марки: ЛО – обычной прочности; ЛП – повышенной прочности; ЛКВ – высокопрочный.

Алмазы синтетические (АС2...АС32) и природные (А1...А8) обладают высокой твёрдостью, теплопроводностью, износостойкостью, но недостаточной теплостойкостью (до 800 °С). Алмазы имеют высокую адгезию к железу, что является причиной их низкой износостойкости при обработке сталей и чугунов. Алмазы применяют для обработки цветных металлов и неметаллических материалов (пластмасс, керамики).

6.2. Основные схемы шлифования

По характеру обрабатываемых поверхностей можно различить четыре основные схемы шлифования (рис. 6.1): круглое наружное шлифование (обработка круглых наружных поверхностей), круглое внутреннее шлифование (обработка круглых внутренних поверхностей), плоское шлифование (обработка плоских поверхностей), обработка сложных (фасонных) поверхностей. Для всех технологических способов шлифовальной обработки главным движением резания является вращение шлифовального круга V_k (м/с).

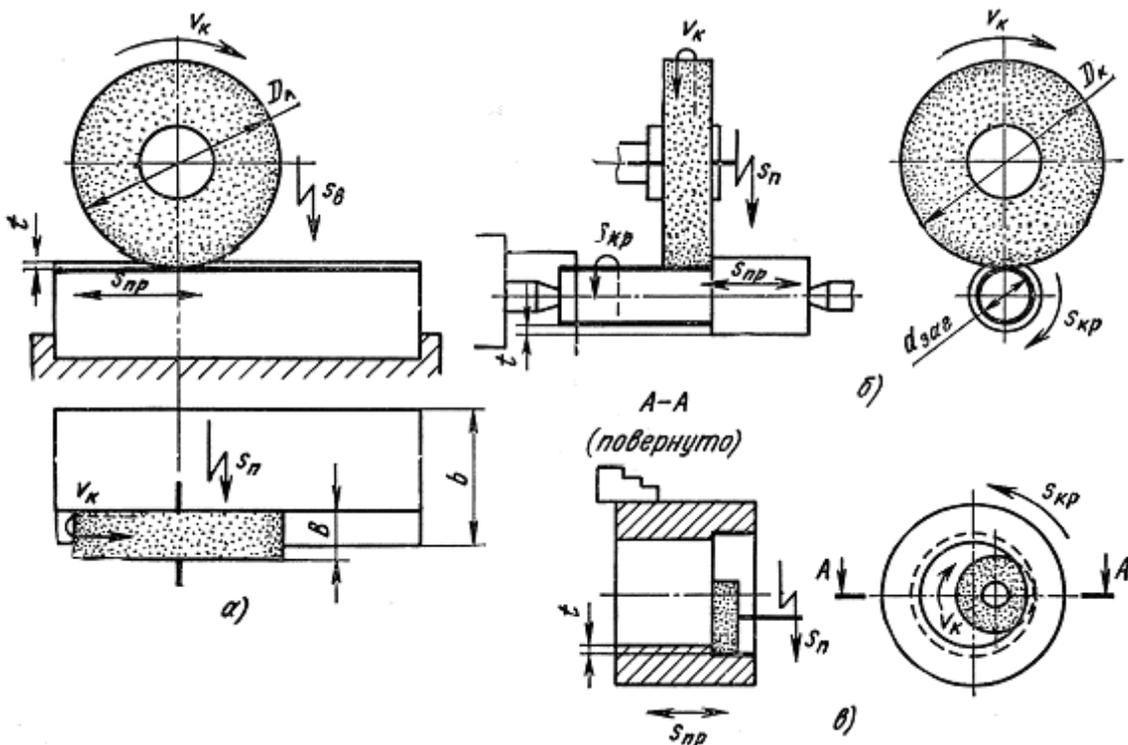


Рис. 6.1. Основные схемы шлифования:
а – плоское; б – круглое; в – внутреннее

Плоское шлифование (рис. 6.1а) осуществляют периферией или торцом круга при возвратно-поступательном движении стола. При этом шлифовальному кругу придаётся главное вращательное движение V_k (м/с), а заготовке – возвратно-поступательное перемещение, т. е. продольная подача S_{np} (м/мин). Столы имеют встроенные магнитные плиты для закрепления заготовок.

Круглое наружное шлифование (рис. 6.1б) применяют для обработки наружных цилиндрических поверхностей деталей типа валов. Различают шлифование в центрах и бесцентровое.

При шлифовании в центрах шлифовальному кругу придаётся главное вращательное движение V_k , продольная подача происходит за счёт возвратно-поступательного движения заготовки (рис. 6.1б). Подача $S_{пр}$ (мм/об) соответствует осевому перемещению заготовки за один её оборот. Для обработки поверхности на всю ширину b заготовка или круг должны перемещаться с поперечной подачей $S_{п}$ (мм/дв. ход). Это движение происходит прерывисто (периодически) при крайних положениях заготовки в конце продольного хода. Периодически производится и подача S_B (мм) на глубину резания.

Скорость главного движения шлифовального круга V_k определяют по формуле

$$V_k = \pi \cdot D_k \cdot n_k / 60000,$$

где V_k – скорость вращения круга, м/с;

D_k – диаметр круга, мм;

n_k – частота вращения круга, мин⁻¹.

Скорость кругового движения заготовки (подачи) $S_{кр}$ определяют по формуле

$$S_{кр} = \pi \cdot D_{заг} \cdot n_{заг} / 1000,$$

где $S_{кр}$ – скорость подачи, м/мин;

$D_{заг}$ – диаметр заготовки, мм;

$n_{заг}$ – частота вращения заготовки, мин⁻¹.

При бесцентровом шлифовании заготовку не закрепляют в центрах, заготовка опирается на упорный нож и получает вращение от ведущего круга, а шлифование осуществляется шлифовальным кругом.

Круглым внутренним шлифованием (рис. 6.1, в) обрабатывают внутренние цилиндрические поверхности деталей типа валов и колец. Диаметр шлифовального круга составляет 50...80 % от диаметра обрабатываемого отверстия. Круглое внутренне шлифование бывает обычным и планетарным.

При обычном внутреннем шлифовании шлифовальный круг вращается вокруг своей оси со скоростью V_K , а также вокруг оси отверстия заготовки; вращение заготовки является круговым движением подачи $S_{кр}$.

Планетарным шлифованием обрабатывают внутренние поверхности в крупных тяжёлых заготовках, заготовка при этом неподвижна. Все движения осуществляются шлифовальным кругом.

6.3. Станки шлифовальной группы

Круглошлифовальные станки. Круглошлифовальный станок состоит из следующих основных узлов: станина 1, стол 2, передняя бабка 3 с коробкой скоростей, шлифовальная бабка 4, задняя бабка 5 и привод стола 6 (рис. 6.2).

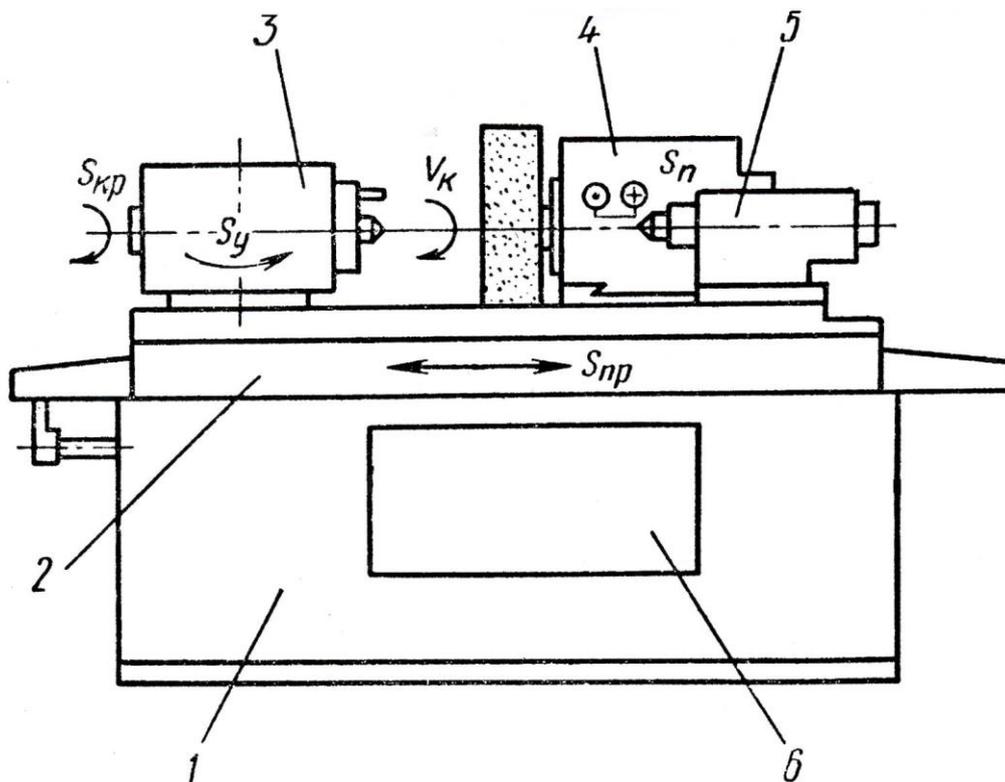


Рис. 6.2. Круглошлифовальный станок:
1 – станина; 2 – стол; 3 – передняя бабка; 4 – шлифовальная бабка;
5 – задняя бабка; 6 – привод стола

Эти станки делят на простые, универсальные и врезные. Универсальные станки имеют поворотную переднюю и шлифовальную бабки. Каждую бабку можно повернуть на определённый угол вокруг вертикальной оси и закрепить для последующей работы. Простые станки снабжены неповоротными бабками. У врезных станков отсутствует продольная подача стола, а шлифование осуществляется по всей длине заготовки широким абразивным кругом с поперечной подачей.

Для подач узлов круглошлифовальных станков используют гидравлические устройства. Возвратно-поступательное перемещение стола совершается с помощью гидроцилиндра и поршня. Гидравлические механизмы используют также для периодической подачи шлифовальной бабки. Они обеспечивают бесступенчатое регулирование подачи.

Круговую подачу $S_{кр}$ заготовки обеспечивает специальный электродвигатель. Для этого используют бесступенчатое регулирование частоты вращения двигателя за счёт изменения электрического сопротивления. Шлифовальный круг вращается с помощью клиноременной передачи. После износа круга и уменьшения его диаметра используют другую пару шкивов.

Наиболее распространено шлифование в центрах. Для повышения точности обработки центры устанавливают неподвижно. Круговая подача заготовки обеспечивается за счёт поводкового устройства (поводок и хомутик), приводимого в действие вращающейся планшайбой. Возможно консольное закрепление заготовок в кулачковых патронах.

Круглое шлифование цилиндрических поверхностей может быть выполнено по одной из четырёх схем (рис. 6.3).

При шлифовании с продольной подачей (рис. 6.3а) заготовка вращается равномерно ($S_{кр}$) и совершает возвратно-поступательное движение ($S_{пр}$). В конце хода заготовки шлифовальный круг перемещается на $S_{п}$ и при следующем ходе срезается слой металла определённой толщины. Шлифуют до тех пор, пока не получат поверхность заготовки заданного размера. Скорость V_k вращательного движения круга является скоростью резания. Если необходимо шлифовать второй участок заготовки, станок останавливают и

устанавливают величины $S_{\text{п}}$, $S_{\text{пр}}$ и $S_{\text{кр}}$ в зависимости от требуемой шероховатости поверхности.

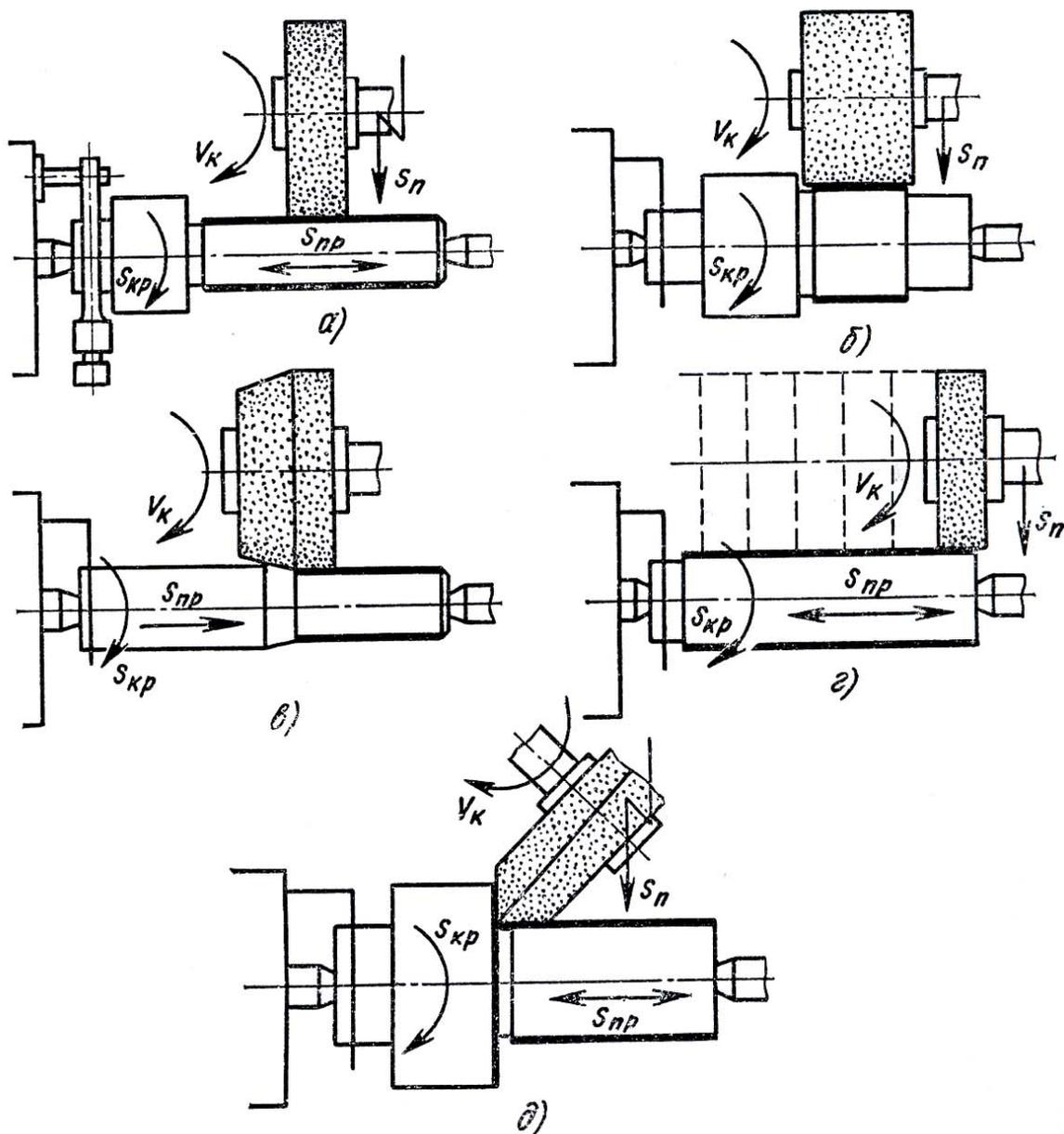


Рис. 6.3. Схемы обработки заготовок на круглошлифовальных станках:
 а – шлифование с продольной подачей; б – врезное шлифование;
 в – глубинное шлифование; г – шлифование уступами;
 д – шлифование коническим кругом

Врезное шлифование применяют при обработке жёстких заготовок в тех случаях, когда ширина шлифуемого участка меньше ширины шлифовального круга (рис. 6.3б). Круг перемещается с постоянной подачей $S_{\text{п}}$ (мм/об) до достижения необходимого размера

поверхности. Этот же метод используют при шлифовании фасонных поверхностей и кольцевых канавок. Шлифовальный круг устанавливают в соответствии с формой поверхности или канавки.

Глубинным шлифованием (рис. 6.3в) за один проход снимают слой материала на всю необходимую глубину. На шлифовальном круге формируют конический участок длиной 8...12 мм. В ходе шлифования конический участок удаляет основную часть срезаемого слоя, а цилиндрический участок зачищает обработанную поверхность. Поперечная подача отсутствует. Конструктивное оформление заготовки должно обеспечивать возможности шлифования данным способом.

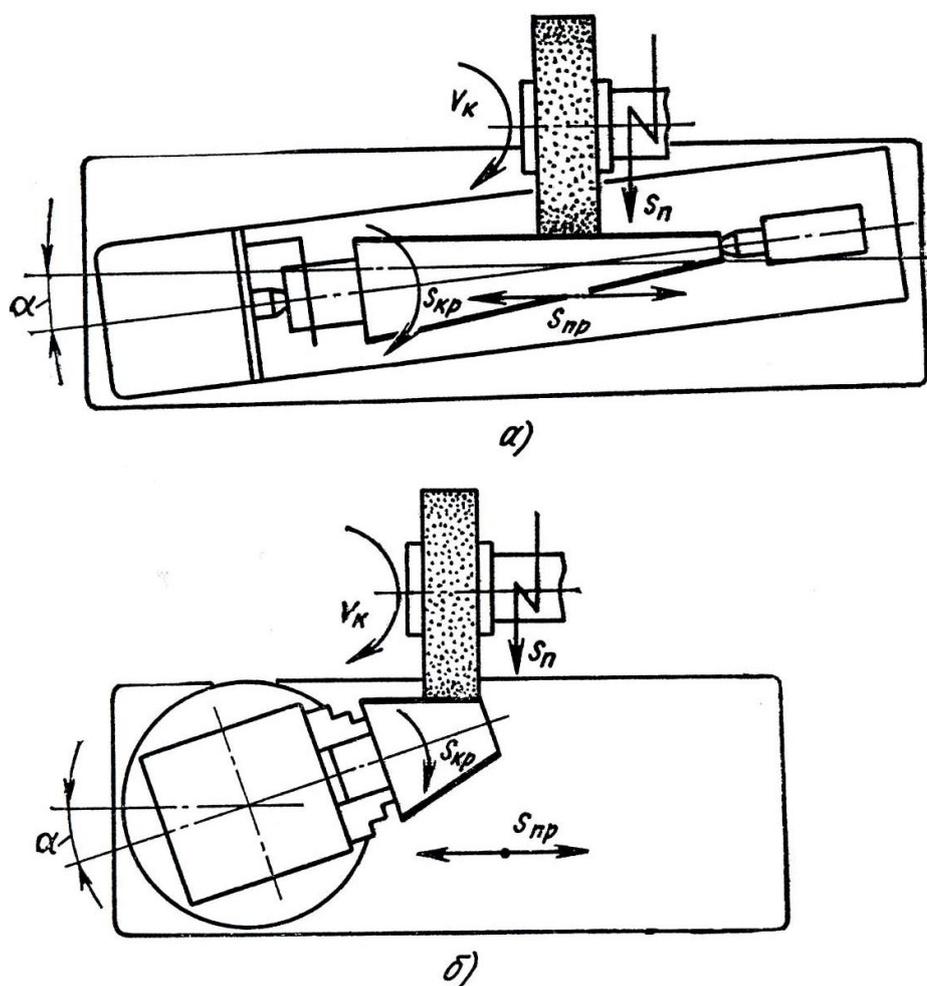


Рис. 6.4. Схемы шлифования конических поверхностей:

а – закрепление заготовки центрах; *б* – консольное закрепление заготовки

Шлифование уступами (рис. 6.3г) – это сочетание методов, представленных на рис. 6.3а,б. Процесс шлифования состоит из двух этапов. На первом этапе шлифуют врезанием с подачей S_n (мм/об), передвигая периодически стол на 0,8...0,9 ширины круга (показано

штриховой линией). На втором этапе делают несколько ходов с продольной подачей $S_{пр}$ для зачистки поверхности при выключенной подаче $S_{п}$.

Во многих случаях необходимо обеспечить на деталях правильное взаимное расположение цилиндрических и плоских (торцовых) поверхностей. Для выполнения этого условия шлифовальный круг поворачивают на определённый угол (рис. 6.3д). Шлифуют коническими участками круга. Цилиндрическую поверхность обрабатывают по схеме, показанной на рис. 6.3а, с периодической подачей $S_{п}$ на глубину резания. Обработка торцовой поверхности детали обычно заканчивается при плавном подводе заготовки к кругу с подачей вручную.

Наружные конические поверхности шлифуют по двум основным схемам. При обработке заготовок в центрах (рис. 6.4а) верхнюю часть стола поворачивают вместе с ними на угол α так, что положение образующей конической поверхности совпадает с направлением продольной подачи $S_{пр}$. Далее шлифуют по аналогии с обработкой цилиндрических поверхностей.

При консольном закреплении заготовок (рис. 6.4б) передняя бабка поворачивается на угол α (половина угла конуса). Существуют и другие, менее распространённые методы шлифования конических поверхностей.

Внутришлифовальные станки. Внутришлифовальные станки имеют компоновку, аналогичную компоновке круглошлифовальных станков, при этом у них отсутствует задняя бабка. Инструмент расположен на консольном шпинделе шлифовальной бабки, которая установлена на столе, совершающем продольное возвратно-поступательное движение.

Внутреннее шлифование применяют для получения высокой точности отверстий в заготовках, как правило, прошедших термическую обработку. Возможно шлифование сквозных, несквозных (глухих), конических и фасонных отверстий. Диаметр шлифовального круга составляет 0,7...0,9 диаметра шлифуемого отверстия. Кругу сообщают высокую частоту вращения: она тем выше, чем меньше диаметр круга.

Производительность шлифования снижается в связи с необходимостью работы с малыми подачами и глубинами резания.

На рис. 6.5а приведена схема шлифования с закреплением заготовки в трёхкулачковом патроне.

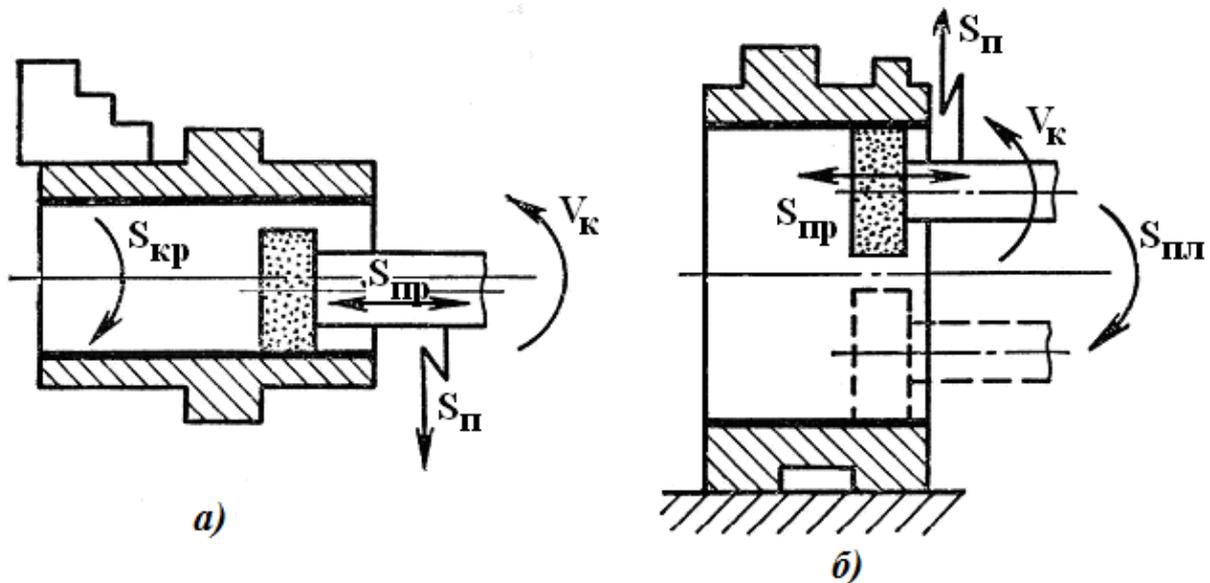


Рис. 6.5. Схемы обработки заготовок на внутришлифовальных станках:

а – обычное шлифование при закреплении заготовки в патроне;

б – планетарное шлифование

Если наружная поверхность детали несимметрична относительно оси отверстия, применяют четырёхкулачковые патроны или зажимные приспособления. Технологическое назначение движений такое же, как и движений на круглошлифовальных станках, что позволяет шлифовать отверстия на всю длину либо частично. На внутришлифовальных станках также обрабатывают и внутренние торцовые поверхности. Внутренние фасонные поверхности шлифуют специально заправленным кругом методом врезания (например, фасонные кольцевые канавки различной формы).

Внутренние конические поверхности шлифуют с поворотом передней бабки таким образом, чтобы образующая конуса располагалась вдоль направления продольной подачи. Сочетание различных поверхностей образует отверстия сложных конфигураций. Современные внутришлифовальные станки позволяют обрабатывать такие поверхности с высокой степенью точности.

Для обработки заготовок больших размеров применяют планетарное шлифование (рис. 6.5б), при этом заготовку закрепляют на

столе станка неподвижно. Шлифовальный круг вращается вокруг своей оси, а также вокруг оси отверстия ($S_{пл}$), что аналогично круговой подаче. Положение круга, совершившего в планетарном движении пол-оборота, показано штриховой линией. Планетарным шлифованием можно обрабатывать внутренние фасонные и торцовые поверхности, а также отверстия, положения которых определённым образом связаны друг с другом (например, на деталях типа корпусов).

Бесцентрово-шлифовальные станки. Процесс шлифования на бесцентрово-шлифовальных станках характеризуется высокой производительностью, так как заготовку обрабатывают в незакреплённом состоянии (рис. 6.6).

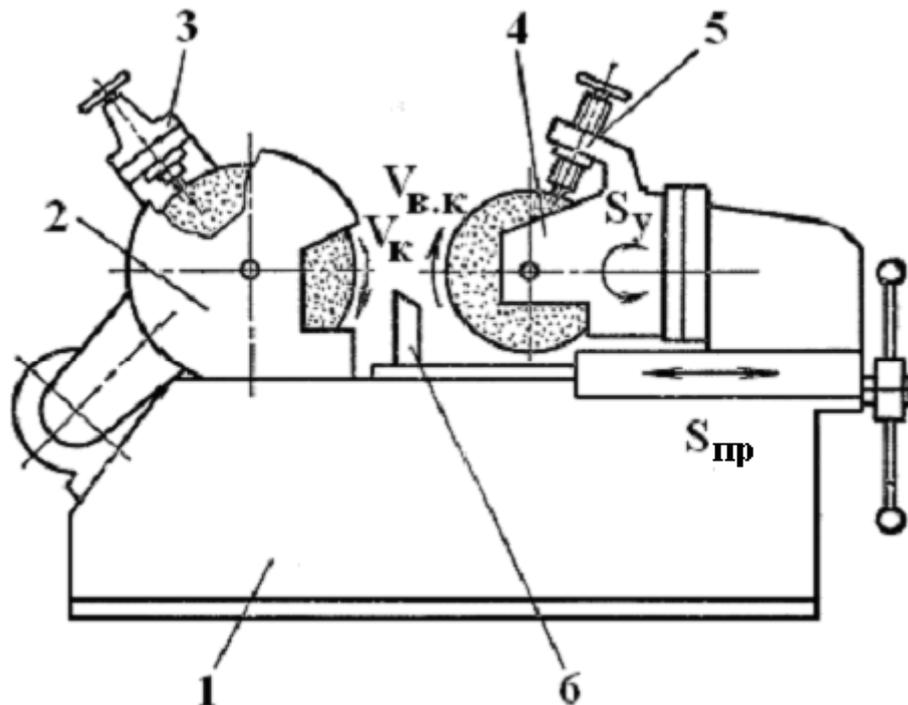


Рис. 6.6. Бесцентрово-шлифовальный станок:
1 – станина; 2, 4 – бабки; 3, 5 – механизмы для правки кругов; 6 – нож

На станине 1 бесцентрово-шлифовального станка установлены два круга: шлифующий на бабке 2 и ведущий на бабке 4. Каждый из кругов периодически правят с помощью механизмов 3 и 5. Заготовка вращается на ноже 6 и одновременно контактирует с обоими кругами. Для перемещения заготовки по ножу с продольной подачей бабку ведущего круга

поворачивают на небольшой угол. При шлифовании заготовок с уступами бабку ведущего круга не поворачивают, а перемещают по направляющим станины с подачей $S_{\text{п}}$ до определённого положения.

Схема обработки заготовки на бесцентрово-шлифовальных станках представлена на рис. 6.7.

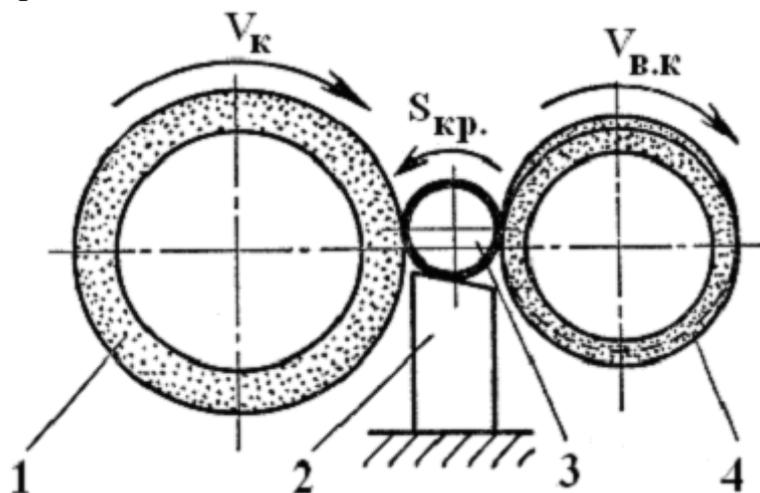


Рис. 6.7. Обработка заготовок на бесцентрово-шлифовальных станках:
1 – рабочий круг; 2 – нож; 3 – заготовка; 4 – ведущий круг

Заготовку 3 устанавливают на нож 2 между двумя кругами – рабочим 1 и ведущим 4. Рабочий и ведущий круги вращаются в одном направлении, но с разными скоростями. Трение между ведущим кругом и заготовкой больше, чем между заготовкой и рабочим кругом. Вследствие этого заготовка увлекается во вращение со скоростью, близкой к окружной скорости ведущего круга.

Перед шлифованием ведущий круг устанавливают под углом α ($1 \dots 7^\circ$) к оси вращения заготовки. Вектор скорости этого круга разлагается на составляющие, и возникает продольная подача $S_{\text{пр}}$. Поэтому заготовка перемещается по ножу вдоль своей оси и может быть прошлифована на всю длину. Чем больше угол α , тем больше подача. Вслед за первой заготовкой сразу же может быть помещена на нож для шлифования вторая заготовка, затем третья и т. д.

Плоскошлифовальные станки. Схемы плоского шлифования приведены на рисунке 6.8. Шлифование осуществляют периферией и торцовой поверхностью круга. Заготовку 2 закрепляют на прямоугольных

или круглых столах 1 с помощью магнитных плит, а также в зажимных приспособлениях. Возможно закрепление одной или одновременно многих заготовок. Заготовки размещают на столах, затем включают ток, и заготовки притягиваются к магнитной плите.

Прямоугольные столы совершают возвратно-поступательные движения, обеспечивая продольную подачу. Подача на глубину резания осуществляется в крайних положениях столов. Поперечная подача необходима в тех случаях, когда ширина круга меньше ширины заготовки.

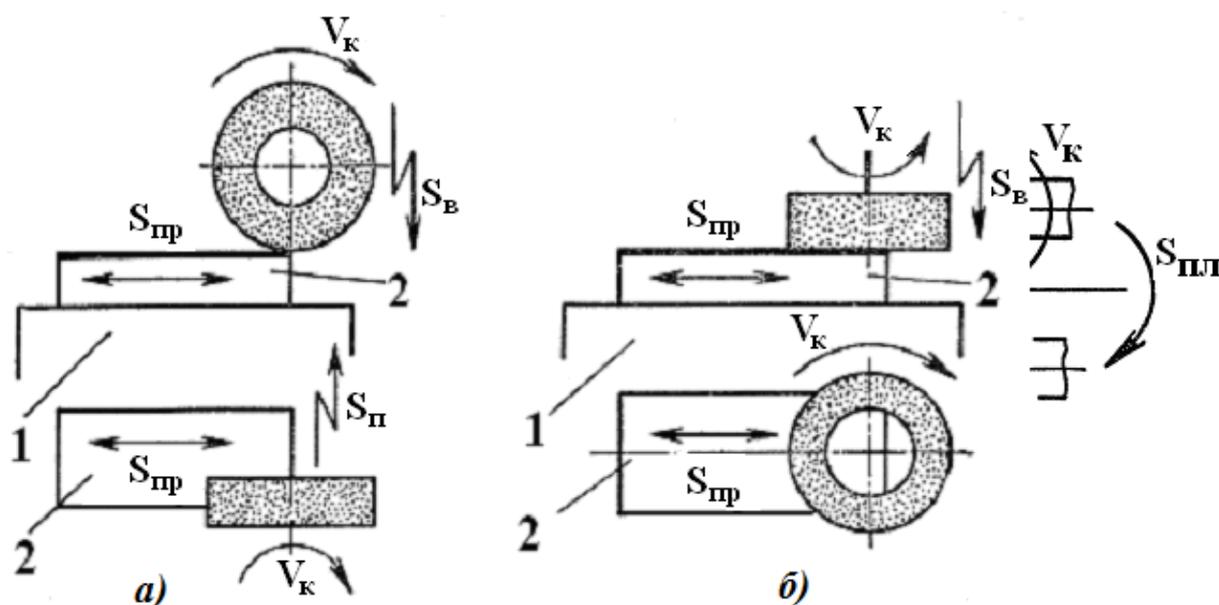


Рис. 6.8. Обработка на плоскошлифовальных станках:
 а – шлифование периферией круга; б – торцом круга

Более производительным является шлифование торцом круга, так как в работе одновременно участвует большее число абразивных зёрен (рис. 6.8б). Периферией круга шлифуют, например дно паза, производят профильное шлифование и выполняют другие работы.

Круги, работающие торцом и имеющие большие диаметры, изготавливают составными из отдельных частей-сегментов. Сегменты закрепляют на массивном металлическом диске, выступ которого надежно их охватывает. При этом повышается безопасность шлифования, а глубина резания может быть достаточно большой.

Хонингование. Хонингование применяют для обработки отверстий высокой точности и малой шероховатости, а также для создания специфического микропрофиля обработанной поверхности в виде сетки

(рис. 6.9). Такой профиль необходим для удержания на стенках отверстия смазки при работе машины (например, втулки двигателя внутреннего сгорания). Чаще обрабатывают сквозные и реже ступенчатые отверстия.

Поверхность заготовки обрабатывают мелкозернистыми абразивными брусками, которые закрепляют в хонинговальной головке (хоне), являющейся режущим инструментом.

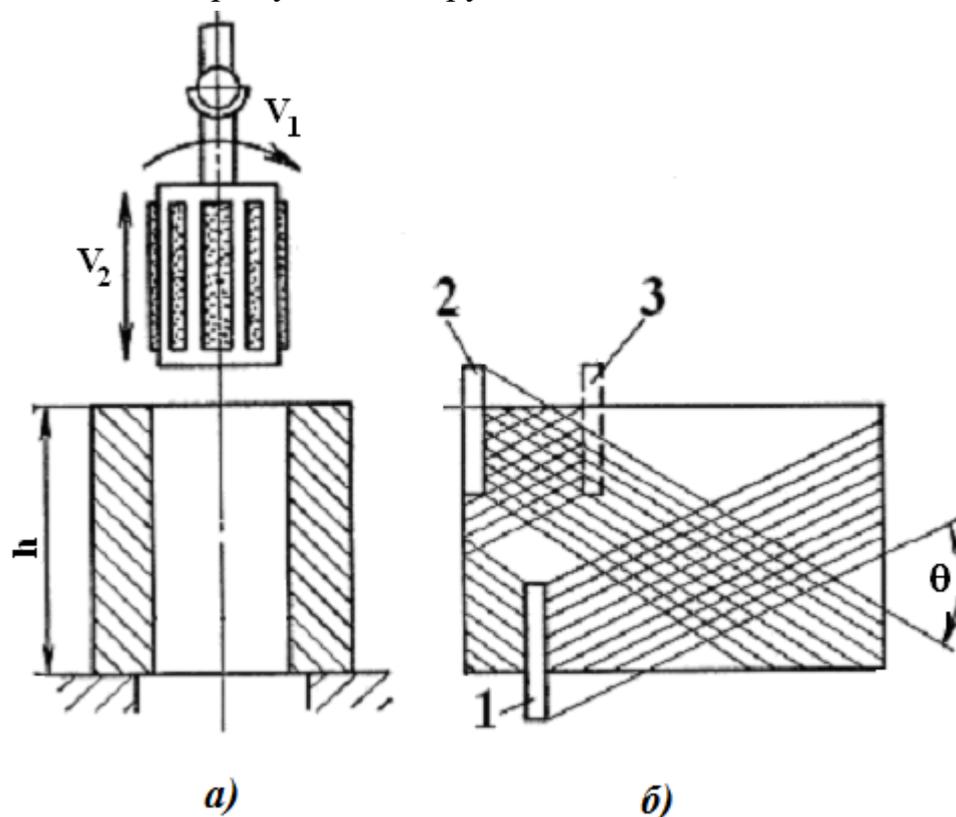


Рис. 6.9. Хонингование отверстий:

a – схема хонингования; *б* – развёртка внутренней цилиндрической поверхности;
1, 2, 3 – положение абразивных брусков

Инструмент вращается и одновременно движется возвратно-поступательно вдоль оси обрабатываемого отверстия цилиндра высотой h (рис. 6.9*a*). Соотношение скоростей V_1 и V_2 указанных движений составляет $1,5 \dots 10,0$ и определяет условия резания. Скорость V_1 для стали составляет $45 \dots 60$ м/мин, а для чугуна и бронзы $V_1 = 60 \dots 75$ м/мин.

Сочетание движений V_1 и V_2 приводит к тому, что на обрабатываемой поверхности появляется сетка микроскопических винтовых царапин – следов перемещения абразивных зёрен. Угол θ пересечения этих следов зависит от соотношения скоростей. На рис. 6.9*б* дана развёртка внутренней цилиндрической поверхности заготовки и схема образования сетки.

Суперфиниширование. Применяют для уменьшения шероховатости поверхности, оставшейся от предыдущей обработки. При этом изменяются высота и вид микровыступов, обработанная поверхность имеет сетчатый рельеф, а каждый микровыступ округляется и поверхность становится очень гладкой. При эксплуатации возникают благоприятные условия взаимодействия трущихся поверхностей.

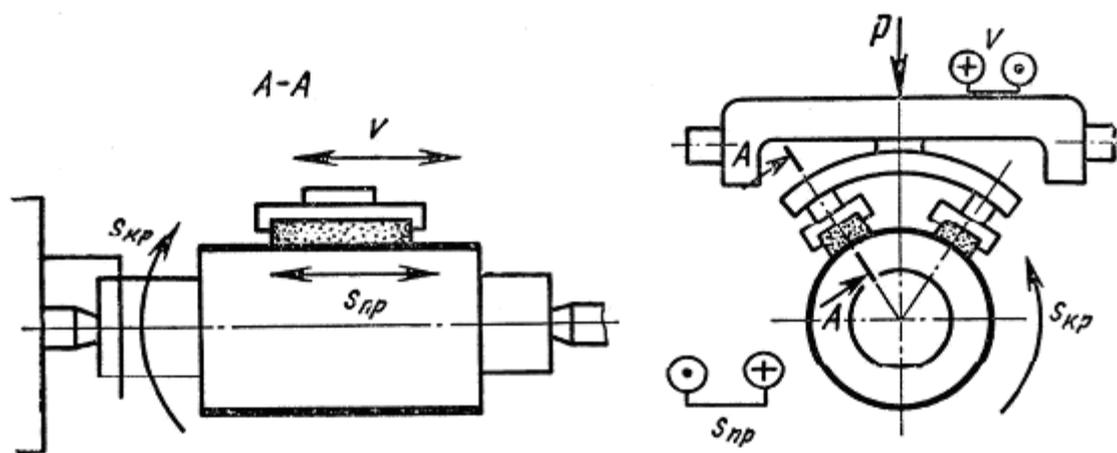


Рис. 6.10. Схема отделки суперфинишированием

Суперфинишированием обрабатывают плоские, цилиндрические (наружные и внутренние), конические и сферические поверхности из закалённой стали, реже из чугуна и бронзы. Поверхности обрабатывают абразивными брусками, устанавливаемыми в специальной головке. Характерным для суперфиниширования является колебательное движение брусков наряду с движением заготовки. Процесс резания происходит при давлении брусков $(0,5...3,0) \cdot 10^5$ Н/м² и в присутствии смазки малой вязкости.

Схема обработки наружной цилиндрической поверхности приведена на рис. 6.10. Плотная сетка микронеровностей создаётся сочетанием трёх движений: кругового $S_{кр}$ заготовки, возвратно-поступательного $S_{пр}$ и колебательного V брусков. Амплитуда колебаний брусков составляет 1,5...6,0 мм, а частота 400...1200 колебаний в минуту. Движение $S_{пр}$ ускоряет процесс съёма металла и улучшает однородность поверхности. Бруски, будучи подпружиненными, самоустанавливаются по обрабатываемой поверхности.

Содержание отчёта

1. Название работы.
2. Цель работы.
3. Описать основные схемы шлифования.

Контрольные вопросы

1. Наиболее распространённые схемы шлифования.
2. Главное движение для всех способов шлифования.
3. Основные узлы круглошлифовальных станков.
4. Схемы круглого шлифования цилиндрических поверхностей.
5. Шлифование заготовок с продольной подачей на круглошлифовальных станках.
6. Область применения и сущность врезного шлифования.
7. Обработка заготовок глубинным шлифованием и уступами.
8. Способы шлифования наружных конических поверхностей.
9. Сущность обработки заготовок на внутришлифовальных станках и схемы обработки.
10. Установка заготовок на бесцентрово-шлифовальных станках.
11. Обработка заготовок ступенчатой формы или с фасонными поверхностями на бесцентрово-шлифовальных станках.
12. Сущность обработки на плоскошлифовальных станках.
13. Наиболее распространённые схемы плоского шлифования.
14. Область применения и сущность хонингования.
15. Назначение и сущность суперфиниширования.

7. ВЫБОР И РАСЧЁТ ЭЛЕМЕНТОВ РЕЖИМА РЕЗАНИЯ

Цель работы: изучить элементы режима резания при обработке на металлорежущих станках, методику их выбора и расчёта.

Элементы режима резания

Движения, сообщаемые инструменту и заготовке при резании, называют основными движениями, или движениями резания.

К движениям резания относят главное движение и движение подачи. Главное движение всегда одно, движений подачи может быть несколько. В зависимости от направления движения подачи различают движение подачи продольное, поперечное, вертикальное, круговое и другие.

Элементами режима резания являются глубина резания t , подача S , скорость резания V .

Главным движением V (м/мин) в токарных станках является вращение заготовки, а движением подачи – перемещение резца. Продольная подача $S_{пр}$ – это прямолинейное перемещение резца вдоль оси заготовки, а поперечная $S_{п}$ – перемещение резца поперёк оси заготовки.

Главным движением в сверлильных станках является вращательное движение осевого инструмента, а движением подачи – поступательное движение инструмента вдоль его оси.

Во фрезерных станках режущий инструмент – фреза – совершает главное вращательное движение, а обрабатываемая заготовка – поступательное движение подачи.

В шлифовальных станках главным движением резания является вращение шлифовального круга V_k (м/с), а движение подачи зависит от способа шлифовальной обработки.

Для выбора и расчёта режима резания необходимы следующие данные о технологическом процессе:

- характеристика оборудования (мощность привода главного движения и подачи, ряды частот вращения, ряды подач и т. д.);
- характеристика металлорежущего инструмента (вид и тип инструмента, материал и геометрия режущей части);

- характеристика обрабатываемой заготовки (материал, структурное состояние, механические свойства, состояние поверхностей);
- размеры детали, припуски на механическую обработку, допуски и требуемая шероховатость обработанной поверхности.

Последовательность выбора режима резания:

$$t \rightarrow S \rightarrow V \rightarrow n,$$

где t – глубина резания, мм;

S – подача, мм/об (при точении);

V – скорость резания, м/мин;

n – частота вращения, об/мин (мин⁻¹).

Глубина резания. Глубина резания t (мм) – это толщина слоя металла, снимаемого за один проход инструмента. При выборе режима резания стремятся снять весь припуск за один рабочий ход инструмента.

При обтачивании, растачивании, рассверливании глубину резания определяют как расстояние между обрабатываемой и обработанной поверхностями, измеренное по нормали к последней.

$$t = (D - d)/2,$$

где t – глубина резания, мм;

D – диаметр обрабатываемой поверхности заготовки, мм;

d – диаметр обработанной поверхности заготовки, мм.

Глубину резания при сверлении определяют по формуле

$$t = D/2,$$

где D – диаметр отверстия, мм.

При отрезании и вытачивании канавок глубина резания соответствует ширине прорези, выполняемой резцом за один проход.

Глубина резания зависит от величины припуска. Рекомендуется вести обработку за один проход. Минимальное число проходов определяется мощностью станка, прочностью детали и заданной точностью обработки.

При черновом (обдирочном) точении ($R_z = 80...20$ мкм) глубину резания назначают максимальной, т. е. равной всему припуску (если позволяют условия). Если мощность привода станка и прочность инструмента не позволяют снять весь припуск за один проход, его снимают за два или несколько проходов. Если черновое точение является промежуточной операцией, то глубину резания принимают равной 60 % от

припуска на обработку ($t = 3 \dots 8$ мм), но не более 8 мм за один проход. При необходимости назначают несколько черновых проходов. Точные поверхности обрабатывают вначале предварительно, затем окончательно.

При чистовой обработке глубину резания назначают в зависимости от требуемого параметра шероховатости поверхности (R_z и R_a) и степени точности. Чистовую обработку ($R_z = 6,3 \dots 3,2$ мкм) и тонкую ($R_a = 0,63 \dots 0,32$ мкм) выполняют получистовыми и чистовыми проходами, которые составляют 20...30 % от всего припуска при получистовой и 10...20 % при чистовой обработке. Для получистовой обработки ($R_z = 20 \dots 10$ мкм) глубину резания принимают $t = 2 \dots 3$ мм, для чистовой $t = 0,5 \dots 1,0$ мм, для тонкого точения $t = 0,25 \dots 0,5$ мм.

Подача. Подачей S называют путь точки режущей кромки инструмента относительно заготовки в направлении движения подачи за один оборот заготовки или инструмента. Различают следующие виды подачи: продольная $S_{пр}$; поперечная $S_{п}$; вертикальная $S_{в}$; наклонная $S_{н}$; круговая $S_{кр}$; окружная S_o и др. При различных технологических методах обработки подача имеет одну из следующих размерностей: мм/об – при точении и сверлении; мм/мин – при фрезеровании; мм/дв. ход – при строгании и долблении.

При фрезеровании различают три размерности подачи: минутную подачу S_M – величину перемещения заготовки (мм/мин); подачу на один зуб фрезы S_z – величину перемещения заготовки относительно фрезы за время её углового поворота на один зуб (мм/зуб); подачу на один оборот фрезы S_o – величину перемещения заготовки относительно фрезы за один её оборот (мм/об). Эти подачи связаны между собой следующими зависимостями:

$$S_M = S_o \cdot n = S_z \cdot z,$$

где S_M – минутная подача, мм/мин;

S_o – подача на один оборот фрезы, мм/об;

n – частота вращения фрезы, мин⁻¹;

S_z – подача на один зуб, мм/зуб;

z – число зубьев фрезы.

Подача ограничена силами, действующими в процессе резания, прочностью детали, инструмента и механизма подачи станка. При черновой обработке подачу выбирают из нормативных таблиц справочников в зависимости от марки обрабатываемого материала, размеров заготовки и выбранной глубины резания. Рекомендуется для данных условий обработки выбирать максимально возможную величину подачи.

При чистовой обработке величина подачи зависит от заданной точности размеров и шероховатости поверхности. Для уменьшения шероховатости подачу следует принимать меньшей.

Окончательную подачу корректируют по кинематическим данным станка и принимают ближайшую меньшую из имеющихся на станке.

Скорость резания. Скорость резания V , или скорость главного движения, – это путь, пройденный точкой режущей кромки инструмента относительно заготовки в единицу времени. Скорость резания измеряют в м/мин при всех видах обработки резанием, кроме шлифования, где её измеряют в м/с.

Скорость резания для станков с главным вращательным движением (токарных, сверлильных, фрезерных) рассчитывают по формуле

$$V = \pi \cdot D \cdot n / 1000,$$

где V – скорость резания, м/мин;

D – диаметр заготовки по обрабатываемой поверхности (при токарной обработке), диаметр сверла (при сверлении), диаметр фрезы (при фрезеровании), мм;

n – частота вращения заготовки или инструмента, мин⁻¹;

1000 – коэффициент перевода миллиметров в метры.

На скорость резания влияют стойкость инструмента, физико-механические свойства обрабатываемого материала, подача, глубина резания, геометрия и материал режущей части инструмента, размер сечения державки резца, смазывающе-охлаждающая жидкость (СОЖ) и др.

Скорость резания назначают по соответствующим нормативным таблицам в зависимости от свойств обрабатываемого материала и принятых значений глубины резания и подачи. Такие таблицы составлены для определённых условий обработки. Если действительные условия резания отличаются от нормативных, то выбранную скорость резания

необходимо умножить на поправочные коэффициенты, прилагаемые к таблицам, т. е. расчётную скорость резания V_p будем определять по формуле

$$V_p = V_T \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot \dots \cdot K_5,$$

где V_p – расчётная скорость резания, м/мин;

V_T – выбранное табличное значение скорости резания, м/мин;

$K_1 \dots K_5$ – поправочные коэффициенты к таблицам скорости резания.

Поправочные коэффициенты зависят от следующих конкретных условий обработки.

K_1 – от стойкости инструмента, под которой понимают суммарное время работы между переточками (T , мин). Стойкость зависит, в основном, от материала инструмента и обрабатываемой детали, геометрии режущего инструмента, скорости резания. Выбор стойкости инструмента производят по таблицам. При токарной обработке $T = 30 \dots 90$ мин, для фрез $T = 180 \dots 240$ мин, для свёрл $T = 6 \dots 270$ мин.

K_2 – от механических свойств обрабатываемого материала.

K_3 – от состояния обрабатываемой поверхности (без корки, с коркой, с загрязненной поверхностью).

K_4 – от материала инструмента. K_5 – от главного угла в плане ϕ .

Частота вращения шпинделя. По расчётной скорости резания определяют расчётную частоту вращения шпинделя n_p , мин⁻¹:

$$n_p = 1000 \cdot V_p / \pi \cdot D,$$

где n_p – частота вращения шпинделя, мин⁻¹;

1000 – коэффициент перевода миллиметров в метры;

V_p – расчётная скорость резания, м/мин;

D – диаметр заготовки при точении, диаметр фрезы при фрезеровании, диаметр сверла при сверлении, мм.

Расчётную частоту вращения шпинделя корректируют по паспорту станка. Так как станок может не иметь точно такой частоты вращения шпинделя вследствие её ступенчатого регулирования, то выбирают фактическую частоту вращения n_f , равную или ближайшую меньшую от расчётной, т. е. $n_f \leq n_p$. В результате этого незначительно снижается

скорость резания, но при этом значительно повышается стойкость инструмента.

По выбранной частоте вращения шпинделя определяют фактическую скорость резания V_{ϕ} (м/мин)

$$V_{\phi} = (\pi \cdot D \cdot n_{\phi}) / 1000.$$

Проверку режима резания по мощности при черновом точении можно выполнить по формуле

$$N_e = (P_z \cdot V_{\phi}) / (60 \cdot 1020),$$

где N_e – эффективная мощность резания, кВт;

V_{ϕ} – фактическая скорость резания, м/мин;

60 – коэффициент перевода м/с в м/мин;

1020 – коэффициент перевода Н·м/с в кВт;

P_z – вертикальная составляющая силы резания, Н.

Вертикальная составляющая силы резания – это сила сопротивления резанию, действующая в вертикальном направлении касательно к поверхности резания. Для приближённых расчетов её можно определить по формуле

$$P_z = K \cdot t \cdot S,$$

где P_z – вертикальная составляющая силы резания, Н;

K – коэффициент резания, равный силе резания, приходящейся на 1 мм² площади поперечного сечения срезаемой стружки, МПа (выбирается по справочным таблицам в зависимости от механических свойств обрабатываемого материала);

t – глубина резания, мм;

S – подача, мм/об (при точении).

Мощность электродвигателя станка $N_{\text{э}}$ определяют по формуле

$$N_{\text{э}} = N_e / \eta,$$

где $N_{\text{э}}$ – мощность электродвигателя станка, кВт;

N_e – эффективная мощность резания, кВт;

$\eta = 0,7 \dots 0,8$ – КПД механизмов и передач станка.

Содержание отчёта

1. Название работы.

2. Цель работы.
3. Краткое описание элементов режима резания.
4. Выбор и расчёт элементов режима резания при обработке заданной детали.

Контрольные вопросы

1. Элементы режима резания и последовательность их выбора.
2. Что называют глубиной резания и в зависимости от чего её выбирают при черновой и чистовой обработке?
3. Что называют подачей и какие различают размерности подачи?
4. Чем определяется выбор подачи при черновой обработке?
5. От чего зависит подача при чистовой обработке?
6. Как выбирают окончательное значение подачи?
7. Что называют скоростью резания и в каких единицах её измеряют при различных видах обработки?
8. Как рассчитывают скорость резания для станков с главным вращательным движением?
9. Как определяют расчётную скорость резания?
10. Какие параметры учитывают поправочные коэффициенты к таблицам скорости резания?
11. Что понимают под стойкостью металлорежущего инструмента?
12. Как определяют расчётную частоту вращения шпинделя?
13. Почему выбирают ближайшую меньшую, а не большую фактическую частоту вращения шпинделя?
14. Как определяют мощность электродвигателя станка?

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Горбунов Б. И. Обработка металлов резанием, металлорежущий инструмент и станки : учеб. для вузов. – Киев : Машиностроение, 1981. – 287 с.
2. Дриц М. Е., Москалев. М. А. Технология конструкционных материалов и материаловедение : учеб. для вузов. – М. : Высш. шк., 1990. – 447 с.
3. Горчакова С. А., Килин В. А., Тарасов В. В. Обработка резанием : учеб. пособие. – Владивосток : Мор. гос. ун-т, 2006. – 88 с.
4. Солнцев Ю. П. Металловедение и технология металлов : учеб. для вузов. – М. : Metallurgy, 1988. – 512 с.
5. Нефедов Н. А., Осипов К. А. Сборник задач и примеров по резанию металлов и режущему инструменту : учеб. пособие. – М. : Машиностроение, 1990. – 444 с.
6. Дальский А. М. Технология конструкционных материалов : учеб. для вузов. – М. : Машиностроение, 1992. – 448 с.
7. Кнорозов Б. В. Технология металлов и материаловедение : учеб. для вузов. – М. : Metallurgy, 1987. – 800 с.
8. Петруха П. Г. Технология обработки конструкционных материалов : учеб. для вузов. – М. : Высш. шк., 1991. – 512 с.
9. Фетисов Г. П. Материаловедение и технология металлов : учеб. для вузов. – М. Высш. шк., 2001. – 637 с.
10. Чернов Н. Н. Металлорежущие станки : учеб. для вузов. – М. : Машиностроение, 1988. – 416 с.

Учебное издание

Горчакова Светлана Александровна,
Мальшко Светлана Борисовна,
Тарасов Валентин Васильевич

ОБРАБОТКА РЕЗАНИЕМ

Учебное пособие

Компьютерная вёрстка Герасимова А. П.

Уч.-изд.л.	Формат 60 × 84 ¹ / ₁₆
Тираж 100 экз.	Заказ №

Отпечатано в типографии ИПК МГУ им. адм. Г.И. Невельского
Владивосток, 59, ул. Верхнепортовая, 50а