

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Кузбасский государственный технический университет  
имени Т. Ф. Горбачева»

Кафедра металлорежущих станков и инструментов

Составители  
Л. В. Рыжикова  
В. О. Коротин

## **ПРОЦЕССЫ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ**

### **Методические материалы**

Рекомендовано учебно-методической комиссией направления  
15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение  
машиностроительных производств в качестве электронного  
издания для использования в образовательном процессе

Кемерово 2025

Рецензент

Романенко А. М. – кандидат технических наук, доцент кафедры металлорежущих станков и инструментов

**Рыжикова Людмила Витальевна**

**Коротин Владимир Олегович**

**Процессы механической обработки** : методические материалы для обучающихся направления 15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств всех форм обучения / Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева, Кафедра металлорежущих станков и инструментов ; составители : Л. В. Рыжикова, В. О. Коротин. – Кемерово : КузГТУ, 2025. – 1 файл (4065 Кб). – Текст : электронный.

Приведены планы тем лабораторных занятий, задания, предназначенные для закрепления теоретического материала, вопросы для самоконтроля, список рекомендуемой литературы.

© Кузбасский государственный  
технический университет  
им. Т. Ф. Горбачева, 2025  
© Рыжикова Л. В., Коротин В. О.,  
составление, 2025

## СОДЕРЖАНИЕ МЕТОДИЧЕСКИХ УКАЗАНИЙ

Лабораторное занятие № 1. Техника безопасности при работе на металлорежущих станках.....	5
Лабораторное занятие № 2. Обработка деталей на токарно-винторезных станках.....	16
Лабораторное занятие № 3. Обработка конических и фасонных поверхностей.....	30
Лабораторное занятие № 4. Обработка отверстий.....	55
Лабораторное занятие № 5. Нарезание наружной и внутренней резьбы.....	74
Лабораторное занятие № 6. Инструментальные материалы.....	82
Лабораторное занятие № 7. Фрезерные станки.....	90
Лабораторное занятие № 8. Строгание и долбление.....	109
Лабораторное занятие № 9. Протягивание.....	122
Лабораторное занятие № 10. Шлифовальные станки.....	135
Рекомендуемая литература.....	144

Методические материалы студентов относятся к учебно-методическому комплексу по дисциплине «Процессы механической обработки».

Дисциплина «Процессы механической обработки» относится к базовой части дисциплин ОПОП.

Изучение данной дисциплины дает возможность расширить и углубить знания, умения, навыки, формируемые в результате освоения таких дисциплин, как «Физика», «Химия» и «Черчение». В свою очередь на материале процессов механической обработки базируются такие общетехнические дисциплины, как «Теория машин и механизмов», «Детали машин», «Гидравлика», «Метрология». «Процессы механической обработки» являются необходимой при изучении дисциплин профессионального блока: проектирование технологических машин и комплексов.

Учебная работа студента включает аудиторные занятия, лекционные занятия и самостоятельную работу. Аудиторные занятия состоят из лабораторных занятий. Лабораторные занятия предназначены для закрепления теоретического материала и получения профессиональных навыков.

Самостоятельная работа обучающихся – это формы индивидуальной деятельности, направленные на закрепление пройденного материала, формирование умений и навыков быстро решать поставленные задачи. Самостоятельная работа призвана подготовить студента к самостоятельной деятельности в будущем. Также самостоятельная работа обучающихся включает изучение тем и вопросов дисциплины посредством анализа предложенной литературы, выполнения заданий, направленных на систематизацию и анализ изучаемого материала.

## **Лабораторное занятие № 1.**

# **ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАБОТЕ НА МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКАХ**

## **1. ЦЕЛЬ И СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

1.1. Ознакомиться задачами дисциплины.

Целью проведения практических занятий является изучение основных положений по изменению формы детали на примере механической обработки материалов резанием, освоение приемов управления станками, выполнение токарных операций с соблюдением правил организации рабочих мест и техники безопасности.

1.2. Изучить инструкции по технике безопасности при работе на металлорежущих станках на заводе.

## **2. ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТЫ**

2.1. Изучить правила внутреннего распорядка, ознакомиться с требованиями и средствами безопасности на рабочих местах.

2.2. Изучить основные требования по технике безопасности на металлорежущих станках.

2.3. Изучить правила безопасности при выполнении слесарных работ, противопожарные мероприятия, электробезопасность и оказание первой медицинской помощи.

2.4. Ответить на контрольные вопросы.

2.5. Каждый студент после изучения инструкции ставит подпись в журнале ТБ.

# **3. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАБОТЕ НА МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКАХ**

## **3.1. Общие положения**

Токарные станки занимают одно из ведущих мест в станочном парке. Несмотря на преобладающие тенденции развития спе-

циальных токарных станков, токарных автоматов и станков с ЧПУ, используются и универсальные токарно-винторезные станки.

На любом предприятии есть цехи или мастерские, где ремонтируют машины, оборудование, изготавливают детали взамен изношенным. Там также основным оборудованием является токарный станок.

Чтобы стать квалифицированным специалистом, нужно знать свойства металлов и их назначение, уметь читать чертежи и изготавливать по ним изделия, знать режущие инструменты, уметь их затачивать и правильно эксплуатировать; хорошо знать назначение измерительных инструментов и уметь ими пользоваться; в совершенстве знать устройство, работу и наладку токарного станка.

Типовые детали, которые изготавливают на токарных станках, это тела вращения (шкивы, валы, заготовки зубчатых колес и т. д.).

Среди различных способов формообразования деталей машин и механизмов, приборов и других изделий применяют обработку резанием: точение, сверление, фрезерование, шлифование и т. д.

**Техника безопасности** – это система технических средств и приемов работы, обеспечивающих безопасность труда. Основное содержание мероприятий по технике безопасности и производственной санитарии заключается в профилактике травматизма, т. е. предупреждении несчастных случаев. Причины производственного травматизма принято подразделять на 2 группы – технические и организационные. Под техническими причинами обычно понимают конструктивные недостатки или неисправность производственного оборудования и различных сооружений, отсутствие или несовершенство технических средств безопасности и т. д. Под организационными причинами понимают недостаток в организации труда на рабочем месте, в том числе загромождение рабочего места заготовками, изделиями и т. д.; неправильные приемы труда в связи с необученностью и недостатками инструктажа по технике безопасности и другие аналогичные причины.

Далее перечислены основные травмоопасные производственные факторы, которые могут появиться в процессе обработки различных материалов резанием.

Режущие инструменты, особенно быстровращающиеся сверла, абразивные круги, могут нанести травмы, в том числе с тяжелым исходом, при случайном соприкосновении с ними в процессе работы, в случае захвата ими одежды, а также в случаях внезапного их разрушения (разрыв шлифовального или заточного круга, дисковой фрезы, вылет вставных ножей торцовых фрез и т. д.).

Приспособления для закрепления обрабатываемой детали, особенно поводковые и кулачковые патроны, представляют опасность как при случайном к ним прикосновении, так и в случаях захвата одежды выступающими частями в процессе работы станка.

Быстровращающаяся заготовка может вырваться из закрепляющих устройств, например, при недостаточно надежном ее закреплении в кулачковом патроне, несоответствии центра задней бабки режимам резания и неправильном выполнении центровых отверстий, если на станке обрабатываются тонкие длинные заготовки (они могут вырваться из центров вследствие прогиба, вызванного силами резания); травма может быть нанесена тяжелой заготовкой, устанавливаемой на станке или при снятии ее со станка вручную, без соответствующих приспособлений.

Приводные и передаточные механизмы станка, особенно ходовые винты и валики токарных станков, а также ременные, цепные и зубчатые передачи могут нанести травму в процессе наладки, смазки и ремонта станка.

Металлическая стружка, образующаяся при точении, представляет серьезную опасность; работать, не убирая стружку нельзя; стружка, запутавшаяся на рычагах управления, иногда делает невозможным своевременное выключение станка.

Основными вредными факторами при обработке хрупких металлов (чугун, бронза), неметаллических материалов (графит) являются: пыль обрабатываемого материала и смазочно-охлаждающие жидкости. Необходимо применение обеспыливающих устройств или средств индивидуальной защиты.

Также к вредным факторам относятся монотонный шум станков, ослабляющий внимание, и недостатки искусственного освещения зоны обработки, вызывающие перенапряжение зрения станочника и необходимость чрезмерного приближения его к зоне обработки, что связано с опасностью травмирования.

### **3.2. Инструкция по охране труда на заводе**

#### **3.2.1. Общие требования охраны труда**

1. К работе на токарных станках допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие медосмотр, знающие правила охраны труда, правила ведения работ на этих станках и прошедшие инструктаж по охране труда (ОТ) и пожарной безопасности (ПБ) на рабочем месте, имеющие группу 1 по электробезопасности, прошедшие специальное обучение и сдавшие экзамен квалификационной комиссии, имеющие разрешение на право самостоятельной работы на данном оборудовании.

2. Все рабочие должны проходить инструктаж по ОТ и ПБ, вводный – при поступлении на работу, первичный – на рабочем месте, повторный – один раз в квартал (с 1 по 10 число первого месяца), внеплановый – при изменении технологического процесса, смене оборудования, нарушениях ОТ и несчастных случаях, целевой – при выполнении разовой работы, не связанной с основной трудовой деятельностью.

Отметка о прохождении инструктажа по ОТ и ПБ обязательна в журнале регистрации.

3. При работе на токарном станке опасными и вредными факторами могут быть: недостаточное освещение, повышенный уровень шума, неблагоприятный микроклимат, статические нагрузки, движущиеся и вращающиеся части станка, отлетающая и выходящая стружка, острые кромки и заусенцы.

4. При работе на токарных станках рабочий обеспечивается следующей спецодеждой: костюм х/б или комбинезон х/б, ботинки хромовые, очки защитные. Для снятия и установки деталей на станок перчатки х/б. При необходимости пользоваться респиратором.



5. Сосредоточить внимание на выполняемой работе, не отвлекаться на посторонние дела и разговоры, не отвлекать других.

6. Не опираться на станок во время работы и не позволять делать это другим. Не складывать на переднюю бабку ключи, детали, заготовки.

7. Для удаления стружки со станка токарь должен иметь специальные крючки и щетки. На крючке рукоятка должна быть защищена надежно приваренной пластиной.

8. Применение самодельных и неисправных приспособлений, инструмента, средств крепления обрабатываемых деталей и т. д. запрещается.

9. У станков на рабочих местах должны находиться исправные деревянные подножные решетки, изготовленные в соответствии с требованиями охраны труда.

10. Рабочее место и проходы у станков необходимо содержать в чистоте и порядке. Заготовки и детали должны храниться в специальной таре. Не допускать большого скопления на рабочем месте металлической стружки и отходов производства.

11. Станки должны быть оборудованы низковольтным местным освещением напряжением не более 36 В.

12. Оправка (патрон) станка должна быть защищена кожухом, соединенной с блокировкой вращения шпинделя.

13. Рабочая зона станка должна быть защищена подвижным защитным экраном от летящей стружки, эмульсии.

14. Во избежание получения травмы, увечий токарю запрещается:

- работать при отсутствии на полу под ногами деревянной решетки по длине станка, исключающей попадание обуви между рейками и обеспечивающей свободное прохождение стружки;

- работать на станке с оборванным заземляющим проводом, а также при отсутствии или неисправности блокировочных устройств;

- стоять и проходить под поднятым грузом;

- проходить в местах, не предназначенных для прохода людей;

- заходить без разрешения за ограждения технологического оборудования;

- снимать ограждения опасных зон работающего оборудования;

- снимать деталь с оправки при вращающемся шпинделе.

15. При работе на токарных станках несоблюдение правил ОТ и порядка ведения работ может привести к тяжелым несчастным случаям.

16. Не употреблять промышленную воду вместо питьевой.

17. Запрещается хранить и принимать пищу на рабочем месте.

18. Запрещается мыть руки эмульсией, маслом, керосином во избежание кожных заболеваний.

19. Перед обедом и после работы мыть руки теплой водой с мылом.

20. Невыполнение данной инструкции является нарушением трудовой и производственной дисциплины. Виновные в этом работники могут быть привлечены к дисциплинарной, административной, уголовной и материальной ответственности в соответствии с действующим законодательством в зависимости от тяжести последствий.

### **3.2.2. Требования охраны труда перед началом работы**

1. Выполнять только ту работу, которая поручена мастером и при условии, что безопасные способы ее выполнения известны. В сомнительных случаях обращаться к мастеру.

2. Привести в порядок свою рабочую одежду: застегнуть обшлага рукавов, убрать волосы под головной убор.

3. Осмотреть станок, убедиться в целостности ограждений, предохранительных приспособлений, всех движущихся и вращающихся частей.

Проверить на холостом ходу станка:

- исправность органов управления;
- исправность системы смазки и охлаждения;
- исправность фиксации рычагов включения и переключения.

4. Визуально проверить состояние электропроводки (нет ли оголенных проводов), состояние и исправность пусковых кнопок, наличие и надежность заземления.

5. Рабочему на токарном станке запрещается:

- работать в тапочках, сандалиях, босоножках и т. п.;
- применять неисправные и неправильно заточенные режущие инструменты и приспособления;
- прикасаться к токоведущим частям электрооборудования, открывать дверцы электрошкафов. В случае необходимости следует обращаться к электромонтеру.

6. В случае неисправности станка или при выявлении других дефектов сообщить мастеру или механику цеха и без его разрешения к работе не приступать.

### **3.2.3. Требования охраны труда во время работы**

1. Во время работы на токарном станке запрещается:

- измерять деталь во время вращения шпинделя;
- сметать стружку во время движения суппорта;
- сметать стружку руками;
- открывать коробку скоростей или подачи при работающем станке или включенном электродвигателе;
- снимать стружку с детали, инструмента во время вращения шпинделя;
- самовольно покидать рабочее место, выполнять работу в личных целях;
- работать на станке в рукавицах, а также с забинтованными пальцами без резиновых напальчников;
- работать при отсутствии масла в маслоуказателях.

2. Работать на станке только в защитных очках.

3. При работе на токарном станке необходимо надежно закреплять обрабатываемую деталь, приспособление, инструмент.

4. При обработке деталей на оправке следить за надежностью поджатия заготовки пинолью пневмопривода.

5. Детали, обрабатываемые на кулачковых патронах, поджимать центром задней бабки тогда, когда длина выступающей

из кулачков части детали больше двойной длины его зажатой в кулачках.

6. Не тормозить шпиндель станка нажимом руки па патрон, планшайбу, шкив или обрабатываемую деталь на ходу станка.

7. При смене детали отводить резцедержатель на безопасное расстояние.

8. При необходимости опиловки деталей на ходу станка напильником хвостовик с деревянной ручкой, взять левой рукой, а правой рукой придерживать свободный конец напильника.

9. Удалять стружку специальным крючком, не дожидаясь наматывания ее на патрон. Уборку стружки со станка производить щеткой.

10. Не поддерживать и не подхватывать руками отрезаемую деталь.

11. Соблюдать установленный режим резания и не перегружать станок.

12. Останавливать станок и выключать электродвигатель в следующих случаях:

- даже при кратковременном уходе с рабочего места;
- при чистке, смазке и уборке станка;
- при обнаружении во время работы неисправностей;
- при перерыве в подаче энергии;
- при подтягивании болтов, гаек и др. крепежных деталей,

13. Остерегаться наматывания стружки на обрабатываемую деталь или резец.

14. Не сдувать стружку со станка сжатым воздухом.

15. При обработке внутренних поверхностей не проверять рукой на ходу станка правильность работы резца и чистоту обрабатываемой поверхности.

16. Затачивая инструмент на наждачном станке, соблюдать правила ОТ. Проверить блокировку защитного экрана, правильность установки подручников (зазор между кругом и подручником должен быть не более 3 мм, подручник должен находиться на уровне горизонтальной оси круга).

17. Во время работы станка не брать и не подавать через работающий станок какие-либо предметы, не подтягивать болты, гайки и другие соединительные детали станка.

18. Остерегаться заусенцев на обрабатываемых деталях.
19. При возникновении вибрации остановить станок.
20. Обязательно отключить электрооборудование при временном прекращении работы, наладке и ремонте станка.
21. Следить за правильной установкой резца и не подкладывать под него разные куски металла, использовать подкладки, равные площади резца; резец зажимать с минимально возможным вылетом и не менее чем двумя болтами.
22. Если при прикосновении к станку ощущается удар током или легкое пощипывание немедленно остановить станок, выключить электродвигатель и сообщить об этом мастеру или дежурному электромонтеру.
23. О происшедшем несчастном случае с тобой или с товарищем по работе немедленно поставить в известность мастера или начальника цеха.

#### **3.2.4. Требования охраны труда в аварийной ситуации**

1. При возникновении аварийной ситуации нужно немедленно: выключить станок, покинуть аварийную зону, и, не создавая паники, сообщить о случившемся мастеру или начальнику цеха и действовать по их указанию.
2. В случае получения травмы необходимо пострадавшего вывести из аварийной зоны и оказать первую доврачебную помощь и доставить в здравпункт. Если же пострадавший не в состоянии передвигаться, нужно вызвать дежурного из заводского здравпункта по местному телефону или вызвать скорую помощь по городскому телефону 03. О случившемся необходимо сообщить мастеру или начальнику цеха и сохранить обстановку такой, какой она была на момент несчастного случая, если это не нарушит техпроцесса или не повлечет нежелательных последствий.
3. В случае внезапного заболевания, отравления нужно оказать первую доврачебную помощь. Поставить в известность мастера или начальника цеха и обратиться в здравпункт за помощью.

### **3.2.5. Требования охраны труда по окончанию работы**

1. Выключить станок и электродвигатель.
2. Привести в порядок рабочее место: убрать со станка инструмент, приспособления, очистить станок от грязи, вытереть и смазать трущиеся части станка, аккуратно сложить готовые детали и заготовки.
3. Убрать инструмент в отведенные для этой цели места. Соблюдать чистоту и порядок в шкафчике для инструмента,
4. При сдаче смены сообщить сменщику или мастеру о замеченных дефектах станка и др. и о принятых мерах по их устранению.
5. Снять спецодежду и повесить ее в шкаф, вымыть лицо и руки теплой водой с мылом или принять душ.

### **3.2.6. Меры пожарной безопасности**

1. При возникновении пожара во время работы на станке необходимо:
  - прекратить работу, отключить источник питания;
  - немедленно позвонить начальнику караула или «01» – ясно и четко указать место пожара, что горит, свою фамилию;
  - поставить в известность руководство цеха;
  - приступить к тушению пожара, если нет угрозы для жизни.
2. Принять меры по вызову к месту пожара представителя заводской пожарной охраны.
3. Отключенное электрооборудование тушить любыми имеющимися средствами пожаротушения.
4. При невозможности отключения электроэнергии тушение электрооборудования производить при помощи углекислотных (ОУ2, ОУ5) или порошковых огнетушителей (ОП5, ОП10), сухого негорючего полотна, песка с безопасного расстояния.
5. Работа на неисправном оборудовании, которая может привести к пожару, запрещается.
6. Рабочее место содержать в чистоте, не допускать наличия посторонних горючих веществ и материалов.

7. Место разлива масла убрать при помощи ветоши, песка или опилок, удалить в безопасное место.

8. Промасленную ветошь складывать в специальный металлический ящик с крышкой, по мере накопления вывозить.

9. Загоревшееся промышленное масло тушить при помощи огнетушителя любого типа, песка, тонкораспыленной воды.

10. Не курить на рабочем месте. Курение допускается только в специально отведенном и оборудованном для этого месте.

11. Не загромождать проходы, пути эвакуации, эвакуационные выходы, подходы к первичным средствам пожаротушения.

12. Ответственность за содержание и противопожарное состояние рабочего места несет непосредственно работающий на данном рабочем месте.

#### **4. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1. Что такое техника безопасности?

2. Назовите основные травмоопасные производственные факторы, которые могут появиться при работе на станках.

3. От каких опасных производственных факторов защищают очки при работе на металлорежущих станках?

4. Назовите методы оказания первой помощи пострадавшему от электрического тока.

5. Назовите общие требования охраны труда.

6. Назовите общие требования охраны труда перед началом работы.

7. Назовите общие требования охраны труда во время работы.

8. Назовите общие требования охраны труда в аварийной ситуации.

9. Назовите общие требования охраны труда по окончании работы.

10. Назовите основные меры пожарной безопасности на заводе.

## **Лабораторное занятие № 2.**

# **ОБРАБОТКА ДЕТАЛЕЙ НА ТОКАРНОВИНТОРЕЗНЫХ СТАНКАХ**

## **1. ЦЕЛЬ И СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

1.1. Ознакомиться с конструкцией и классификацией токарных резцов.

1.2. Ознакомиться с основными частями и органами управления токарно-винторезного станка 1К62.

1.3. Изучить методы правильной установки и закрепления, инструмента и заготовки на токарно-винторезном станке.

1.4. Изучить основные элементы режима резания.

## **2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ**

### **2.1. Сущность процесса резания**

Обработка резанием заключается в образовании новых поверхностей путем деформирования и последующего отделения поверхностных слоев материала с образованием стружки.

Инструментами для обработки, резанием служат резцы, сверла, зенкеры, развертки, метчики и др.

Токарной обработкой (точением) можно получить детали с цилиндрической, конической, фасонной поверхностями, а также нарезать резьбу, делать фаски, галтели.

На обрабатываемой заготовке различают три поверхности: обработанную, с которой снят слой металла, обрабатываемую, с которой необходимо снять слой металла, и поверхность резания, с которой в данный момент снимается слой металла (рис. 1).



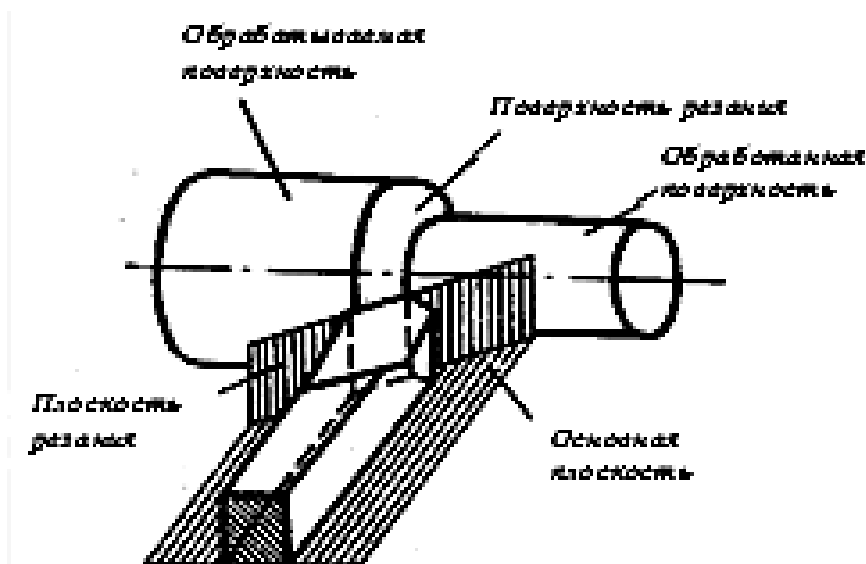


Рис. 1. Поверхности и плоскости в процессе резания

Для обеспечения процесса резания необходимо обеспечить вращение заготовки (главное движение) и перемещение инструмента (движение подачи).

### 2.1.1. Классификация металлорежущих станков

Каждая модель станка имеет цифровое или буквенно-цифровое обозначение – шифр, по которому можно составить подробную характеристику станка. Все металлорежущие станки делятся на девять групп: 1 – токарные; 2 – сверлильные и расточные; 3 – шлифовальные, полировальные и доводочные; 4 – станки для электрохимической и электрофизической обработки; 5 – зубо- и резьбообрабатывающие; 6 – фрезерные; 7 – строгальные, долбежные и протяжные; 8 – разрезные; 9 – разные. Каждая группа в свою очередь включает несколько типов станков, которые разделяются по размерам, размерам обрабатываемых заготовок или другим характеристикам. Таким образом, каждую модель станка обозначают тремя или четырьмя цифрами, иногда с добавлением букв. Первая цифра указывает группу станка (токарные, фрезерные и т. п.). Вторая цифра указывает тип станка (токарно-винторезные, вертикально-сверлильные и т. п.). Последние одна или две цифры указывают одну его размерную характеристику (высоту центров, максимальный диаметр сверления и т. п.). Буква

между цифрами указывает поколение (модернизацию) станка, а буквы после всех цифр – модификацию (видоизменение) базовой модели станка или технологические и точностные особенности станка. Буквы в конце цифрового шифра указывают класс точности станка.

По точностным характеристикам современные станки делятся на следующие группы: нормальной точности Н, повышенной точности П, высокой точности В, особо высокой точности А, особо точные С. На станках нормальной точности можно получить точность обработки по 7...8-му квалитетам.

Станки повышенной точности, как правило, изготавливаются на базе станков нормальной точности и отличаются от последних в основном более точным исполнением или подбором отдельных деталей, а также особенностями монтажа. Отклонения при обработке деталей на этих станках составляют 0,6 от отклонений, получающихся на станках нормальной точности. При обработке на станках высокой точности эти отклонения составляют 0,4, а на станках особо высокой точности – 0,25 от отклонений, получающихся при работе на станках нормальной точности. Высокая точность обработки на этих станках достигается конструктивными особенностями отдельных элементов станков, а также высокой точностью их изготовления и специальными условиями эксплуатации.

Особо точные станки изготавливаются индивидуально; отклонение по сравнению с отклонениями, получающимися на станках нормальной точности, составляет 0,16. Эти станки используются при необходимости получения наивысшей точности обработки – при изготовлении деталей типа делительных колес и дисков, эталонных колес, измерительных винтов и др.

### **2.1.2. Основные части токарно-винторезного станка 1К62**

Станок 1К62 относится к классу универсальных и предназначен для работы в условиях индивидуального и мелкосерийного производства.

Токарный станок, оснащенный специальными устройствами для нарезания резьбы, называется токарно-винторезным.

Для осуществления процесса резания необходимо обеспечить вращение заготовки, а также относительное перемещение инструмента. Такие движения осуществляются за счет механизмов токарно-винторезного станка.

Основными частями, механизмами и узлами станка являются:

**Станина** – массивное чугунное основание, на котором смонтированы основные механизмы станка. Станина имеет направляющие, по которым передвигаются задняя бабка и суппорт. Установлена на двух тумбах (рис. 2).

**Передняя бабка** – часть станка, внутри которой расположены главный рабочий орган станка (шпиндель) и коробка скоростей. На шпинделе крепятся приспособления, зажимающие заготовки и приводящие их во вращение (патроны, цанги, центры).

**Коробка скоростей** – позволяет изменять частоту вращения шпинделя (число оборотов в минуту).

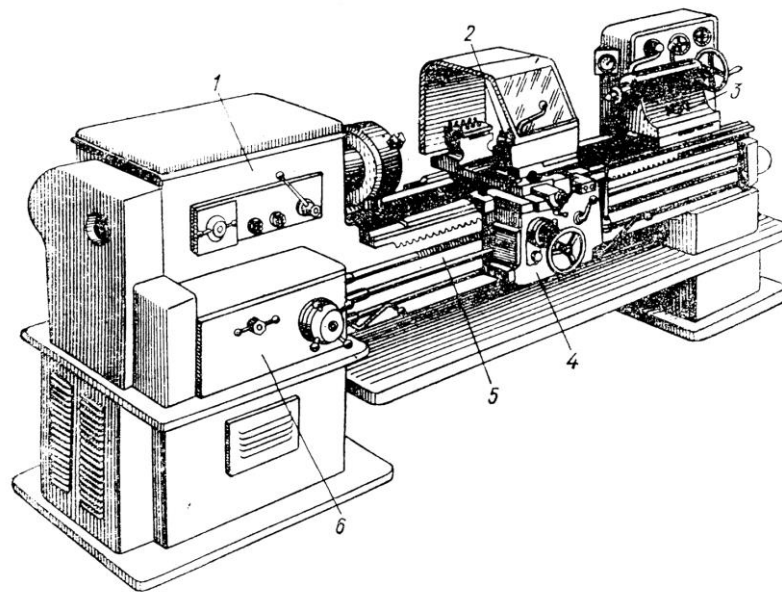


Рис. 2. Токарно-винторезный станок модели 1К62:

1 – коробка скоростей; 2 – резцедержатель; 3 – задняя бабка;  
4 – суппорт; 5 – станина; 6 – коробка подач

**Коробка подач** – механизм, передающий вращение от шпинделя к ходовому валу или винту. Она позволяет изменять подачу суппорта (величину подачи).

**Суппорт** – устройство для закрепления резца и обеспечения движения подачи, т. е. перемещения резца в продольном, поперечном или наклонным направлениях. Движение подачи может осуществляться вручную или механически.

**Задняя бабка** – предназначена для поддержания концов длинных заготовок в процессе обработки, а также для закрепления и обеспечения подачи осевых инструментов (сверл, зенкеров, разверток).

Электрооборудование станка размещено в специальном шкафу.

Включение, выключение электродвигателя, пуск и установка станка, управление коробкой скоростей и коробкой подач и т. д. производятся соответствующими органами управления (рукоятками, кнопками, маховиками).

### 2.1.3. Основные виды передачи движения

Движение в токарном станке осуществляется посредством передач, последовательно соединенных между собой. Передачей называется устройство, передающее движение с одного вала на другой, преобразующее вращательное движение в поступательное или поступательное движение во вращательное.

Наиболее простая передача – ременная, передающая движение посредством двух шкивов и ремня, охватывающего шкивы. Ременные передачи бывают плоскоремennые и клиноремennые. Клиноремennые передачи по сравнению с плоскоремennыми могут передавать большую мощность и более надежны в работе.

Зубчатую передачу широко используют в токарном станке (рис. 3). Посредством такой передачи обеспечивается постоянство передаточного отношения. Зубчатые колеса (шестерни) бывают цилиндрические и конические.

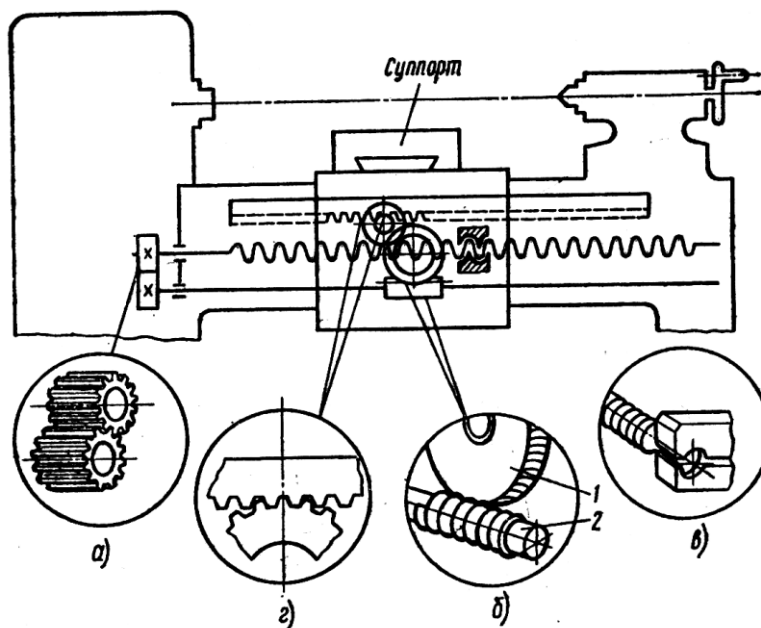


Рис. 3. Механизм передачи движения  
токарно-винторезного станка

Цилиндрические колеса (рис. 3, а) применяют для передачи вращения между валами, расположенными параллельно; конические колеса – для валов, расположенных перпендикулярно друг к другу. Зубчатые колеса характеризуются шагом колеса, модулем и числом зубьев. Червячная передача (рис. 3, б) состоит из червячного колеса 1 и червяка 2. Червяк представляет собой винт с трапецеидальной нарезкой, а зубья червячного колеса имеют вогнутую криволинейную форму. Такую передачу применяют для передачи вращения между валами, оси которых расположены под углом  $90^\circ$ .

Винтовую передачу (рис. 3, в) применяют для преобразования вращательного движения в поступательное. Примером винтовой пары может служить механизм движения суппорта станка, когда вращательное движение винта преобразуется в поступательное движение гайки. Винтовые пары используют и для ускоренного перемещения суппорта. В этом случае винт имеет многозаходную нарезку.

Реечная передача (рис. 3, г) служит для преобразования вращательного движения в поступательное и применяется для ручного перемещения суппорта.

Применяемый вид передачи влияет на качество обработки.

## 2.2. Токарные резцы, конструкция, классификация. Измерительный инструмент

### 2.2.1. Общие сведения о конструкции и классификации токарных резцов

Для токарной обработки применяют разнообразные резцы. Резец состоит из державки и режущей части. Державка служит для закрепления резца в резцедержателе. На режущей части резца различают две режущие кромки (главную и вспомогательную), две задние поверхности (обращенные к заготовке), переднюю поверхность (по которой сходит стружка) и вершину резца (место сопряжения главной и вспомогательной кромок) (рис. 4).

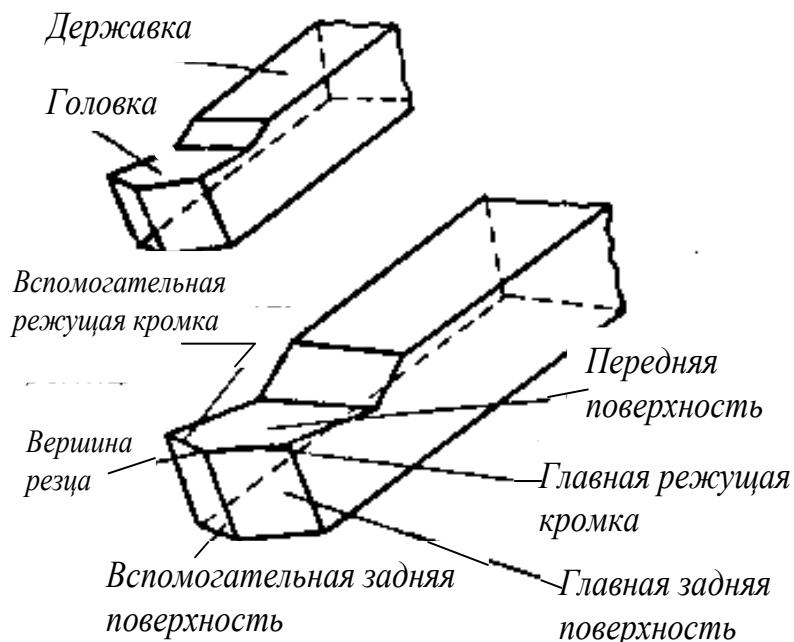


Рис. 4. Основные части и элементы резца

Классификацию резцов производят по признакам (рис. 5).

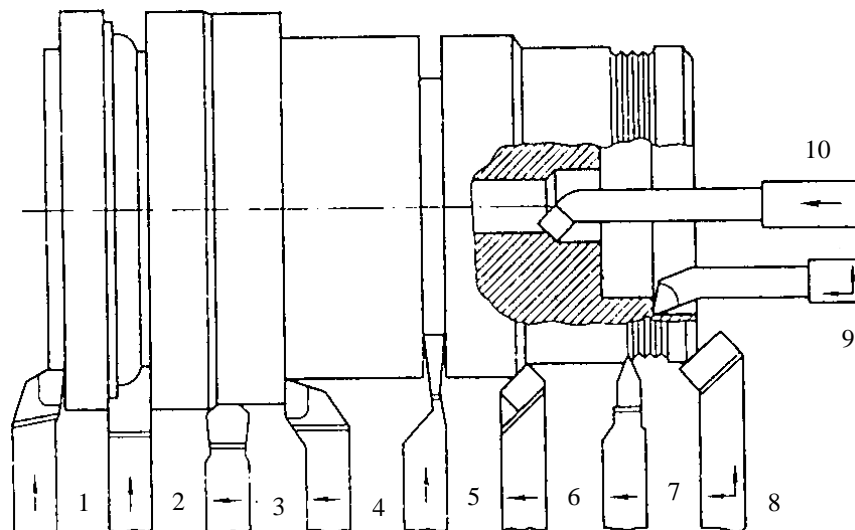


Рис. 5. Основные типы токарных резцов

В зависимости от направления движения подачи различают левые 1 и правые 6.

По форме и расположению режущей части относительно державки резца могут быть прямые 6, 3, отогнутые 1, 4, 8, 9, 10, оттянутые 5, 7, изогнутые.

Резцы также подразделяются на черновые, служащие для предварительной (обдирочной) обработки, и чистовые, предназначенные для чистовой, окончательной обработки.

Резцы могут быть цельные, выполненные из одного материала, и составные (державки из конструкционной стали, а режущая часть резца из специального инструментального материала).

Составные резцы бывают сварными, с напаянной режущей пластинкой, с механическим креплением режущей пластинки.

По форме державки резцы бывают с круглой, квадратной, прямоугольной державкой.

По назначению различают проходные 6, 8 и проходные упорные 4, подрезные 1, отрезные и прорезные 5, расточные 10, 9, фасонные 2, резьбовые 7, резцы для чистовой обработки 3 и др.

Современные конструкции токарных резцов должны обладать хорошей работоспособностью, значительной долговечностью, надежностью и другими эксплуатационными характеристиками, повышающими производительность и экономичность

обработки. Конструкция токарного резца также влияет на качество обработки детали.

### **2.2.2. Измерительный инструмент**

Измерительные инструменты позволяют определить действительные размеры детали и отклонения от номинальных значений.

К ним относятся: линейки измерительные, штангенциркули, микрометры, угломеры, рейсмасы, индикаторы и др. Измерительный инструмент указывают в технологической документации, которой пользуются при изготовлении детали.

От того, на сколько точный выбирается измерительный инструмент, зависит точность измерений, а следовательно, и точность обработки.

## **2.3. Способы установки заготовок и инструментов на токарном станке**

### **2.3.1. Обработка наружных цилиндрических поверхностей**

Валы, шестерни, оси, поршни и другие детали машин имеют наружные цилиндрические поверхности.

К цилиндрическим поверхностям предъявляют следующие требования:

- прямолинейность образующей (цилиндричность) – в любом сечении, перпендикулярном оси, окружности должны быть одинакового диаметра (не должно быть конусообразности, бочкообразности и седлообразности);
- круглость – любое сечение должно иметь форму правильной окружности (не должно быть овальности и огранки);
- соосность – расположение осей ступеней ступенчатой детали должно находиться на общей прямой.



### 2.3.2. Установка и закрепление заготовок

Существуют методы крепления заготовок:

- в патроне (трехкулачковом, четырехкулачковом);
- в патроне и при помощи центра задней бабки для длинных заготовок;
- в центрах, в поводковом патроне и заднем центре и др.

Заготовки небольшой длины закрепляют в токарных патронах. Патроны бывают самоцентрирующие и несамоцентрирующие.

Трехкулачковый самоцентрирующий патрон (рис. 6) имеет три кулачка, которые одновременно сходятся к центру или расходятся и поэтому обеспечивают точное центрирование заготовки (т. е. совпадение оси заготовки с осью вращения шпинделя). Состоит из: корпуса 3, кулачков 2, конического колеса 4 со спиральными нарезками и конических, зубчатых колес 1.

В радиальных пазах корпуса патрона движутся кулачки. Своими спиральными выступами на подошве кулачки входят в канавки спиральной резьбы большого конического зубчатого колеса, которое приводится во вращение с помощью ключа, вводимого в гнездо из сопряженных с ним малых зубчатых колес.

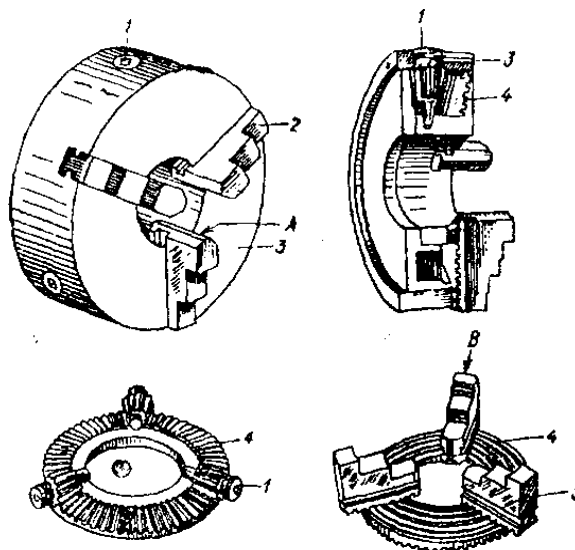


Рис. 6. Трехкулачковый самоцентрирующий патрон

По спиральной резьбе большого конического колеса кулачки патрона могут одновременно двигаться к центру или от центра, т. е. – зажимать или освобождать заготовку.

Заготовки больших диаметров закрепляют в перевернутых кулачках В (рис. 6). Для закрепления заготовок используют также четырехкулачковые, цанговые патроны, центры, хомутики, планшайбы и другие приспособления.

### **2.3.3. Установка резца в резцедержателе**

Резец устанавливают в резцедержателе таким образом, чтобы вершина его была расположена на уровне оси шпинделя. Установка резца контролируют угольником с делением или по опорному центру. Под основание резца помещают подкладки из мягкой стали (причем количество должно быть минимальным), а основание резца должно опираться на подкладку всей поверхностью.

Вылет резца из резцедержателя не должен превышать половины высоты державки.

Резец закрепляют в резцедержателе не менее чем двумя болтами.

### **2.3.4. Режимы резания при точении**

Для того чтобы получить нужную форму детали, какую-то поверхность, с заготовки снимают слой металла в виде стружки. Слой металла, который срезают с заготовки во время обработки, называют припуском.

При изготовлении детали на токарном станке необходимо ее вращение, а резец должен перемещаться, снимая с детали стружку.

Первое из этих движений (движение резания) является главным – на него расходуется большая мощность станка. Это движение характеризуется скоростью резания,  $v$  (м/мин). Путь, пройденный точкой, рассматривается относительно режущей кромки резца за единицу времени

$$v = \frac{\pi D n}{1000}, \quad (1)$$

где  $\pi D$  – длина окружности поверхности резания;

$n$  – частота вращения шпинделя, об/мин;

$D$  – диаметр заготовки, мм.

Второе движение – это движение подачи – поступательное движение резца, обеспечивающее непрерывное врезание его в новые слои металла. Подача называется продольной, если перемещение резца происходит параллельно оси обрабатываемой детали; поперечной, когда резец перемещается перпендикулярно к этой оси; наклонной под углом к оси (при обработке конических поверхностей).

Подачей называется линейное перемещение резца за один оборот шпинделя (детали), обозначается буквой  $S$  (мм/об). Настраивается рукоятками, расположенными на коробке подач.

При перемещении резец снимает с детали слой металла, толщина которого характеризуется глубиной резания,  $t$  (мм).

**Глубина резания** – это величина срезаемого слоя за один проход резца, измеряемая в направлении, перпендикулярном к обработанной поверхности. При наружном обтачивании – это половина разности диаметров обрабатываемой детали до и после прохода резца:

$$t = \frac{D_1 - D_0}{2}. \quad (2)$$

Глубина резания настраивается на лимбе поперечной подачи суппорта.

Вспомогательные движения: установочное движение – это суммарное движение вращения детали и перемещения инструмента (определяет исходные положения детали и инструмента к началу обработки), движения управления станком в процессе резания, движения для закрепления заготовок и снятия их со станка. Вспомогательные движения на токарных универсальных станках выполняются вручную, на автоматах – с помощью механизмов станка автоматически в определенные промежутки времени в соответствии с циклограммой обработки детали.

### **3. ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТЫ**

- 3.1. Изучить назначение и сущность токарной обработки.
- 3.2. Ознакомиться с основными частями токарно-винторезного станка.
- 3.3. Изучить конструкцию и классификацию токарных резцов.
- 3.4. Изучить методы установки и закрепления заготовок на токарных станках.
- 3.5. Изучить устройство трехкулачкового самоцентрирующего патрона.
- 3.6. Изучить требования, предъявляемые к установке и закреплению резцов в резцедержателе станка.
- 3.7. Ознакомиться с настройкой станка на заданный режим резания.

### **4. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА**

Отчет должен содержать схему резания (при обработке ступенчатого вала, с указанием элементов срезаемого слоя, указать главное движение и движение подачи), схемы закрепления заготовок и инструмента на станке, основные элементы и классификацию токарного резца.

### **5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1. Назначение основных частей станка.
2. В чем заключается сущность процесса резания?
3. Какие поверхности различают на обрабатываемой детали?
4. Назовите основные признаки классификации резцов.
5. Назовите основные части и элементы резца.
6. Назовите основные требования к цилиндрическим поверхностям.
7. Какие резцы применяют при обработке наружных цилиндрических поверхностей?
9. Перечислите основные виды передачи движений в станке.
10. Перечислите виды движений в станке.

11. Какие требования предъявляются к установке резцов?
12. Режимы резания при точении.

### **Лабораторное занятие № 3.**

## **ОБРАБОТКА КОНИЧЕСКИХ И ФАСОННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ**

### **1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ**

Изучить способы обработки конических и фасонных поверхностей на токарно-винторезном станке. Приобрести практические навыки по обработке наружных и внутренних конических поверхностей.

### **2. ПОРЯДОК РАБОТЫ**

1. Изучить элементы конуса.
2. Изучить классификацию, конструкцию фасонных резцов.
3. Овладеть приемами обработки конических поверхностей на токарно-винторезном станке.
4. Изучить способы обработки фасонных поверхностей на токарно-винторезном станке.
5. Ознакомиться со способами контроля конических поверхностей.
6. Ознакомиться со способами контроля фасонных поверхностей.
7. Научиться на практических занятиях обрабатывать наружные фасонные поверхности совмещением продольной и поперечной подач.

### **3. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ**

#### **3.1. Обработка конических поверхностей**

В технике часто используются детали с коническими поверхностями: конические зубчатые колеса, центры токарного станка, хвостовики осевых инструментов и т. п. Конические поверхности характеризуются следующими параметрами (рис. 1):

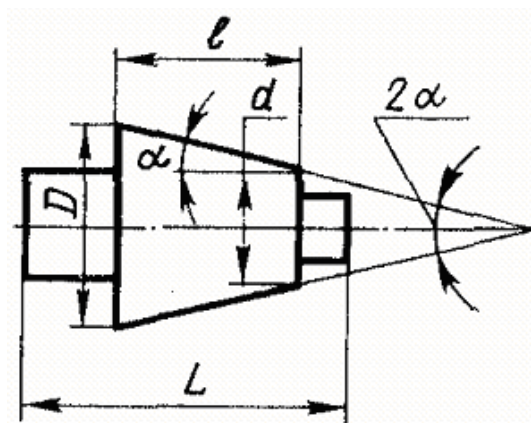


Рис. 1. Параметры конуса

- $D$  – большим диаметром конуса;
- $d$  – малым диаметром конуса;
- $L$  – длиной детали;
- $l$  – длиной конуса;
- углом конуса  $2\alpha$ ;
- углом уклона  $\alpha$ ;
- уклоном  $i$  (тангенс угла уклона);
- конусностью.

Углом конуса  $2\alpha$  называется угол между двумя образующими, лежащими в одной плоскости.

Углом уклона  $\alpha$  называется угол между осью и образующей конуса.

**Конусность** – это удвоенный уклон или отношение разности диаметров двух поперечных сечений конуса к расстоянию между ними.

На чертежах деталей часто не указывают размеры, необходимые для обработки конуса, и их, поэтому следует подсчитывать. Для подсчета неизвестных параметров конусов и их размеров (мм) (рис. 3.1) можно пользоваться следующими формулами:

$$\text{а) конусность } K = \frac{(D-d)}{l} = 2\operatorname{tg}\alpha \quad (1)$$

$$\text{б) угол уклона конуса } \operatorname{tg}\alpha = \frac{(D-d)}{2l} = \frac{K}{2} \quad (2)$$

$$\text{в) уклон } i = \frac{K}{2} = \frac{(D-d)}{2l} = \operatorname{tg}\alpha \quad (3)$$

$$\text{г) большой диаметр конуса } D = Kl + d = 2l \operatorname{tg} \alpha \quad (4)$$

$$\text{д) меньший диаметр конуса } d = D - Kl = D - 2l \operatorname{tg} \alpha \quad (5)$$

$$\text{е) длина конуса } l = (D - d)K = \frac{(D - d)}{(2 \operatorname{tg} \alpha)} \quad (6)$$

### **3.1. Способы обработки наружных и внутренних конических поверхностей**

Обработку конических поверхностей на токарных станках выполняют различными способами: поворотом верхней части суппорта; смещением корпуса задней бабки; поворотом конусной (копировальной) линейки; широким резцом и совмещением двух подач (продольной и поперечной). Применение того или иного способа зависит от длины конической поверхности и угла уклона конуса.

#### **3.1.1. Обработка конусов при повернутых верхних салазках суппорта**

Обработка наружного конуса способом поворота верхних салазок суппорта целесообразна в тех случаях, когда необходимо получить большой угол уклона конуса при сравнительно небольшой его длине. Наибольшая длина образующей конуса должна быть несколько меньше хода каретки верхней части суппорта.

Поворотная плита верхней части суппорта может поворачиваться относительно поперечных салазок суппорта в обе стороны.

Для этого нужно освободить гайки винтов крепления плиты.

Контроль угла поворота с точностью до одного градуса осуществляется по делениям поворотной плиты (рис. 2).



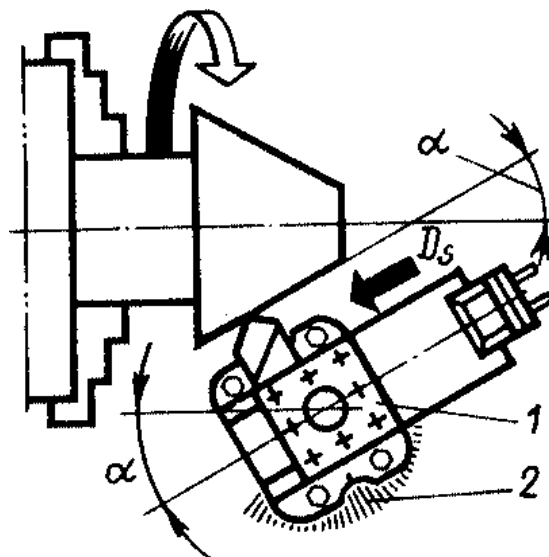


Рис. 2. Схема обработки наружной конусной поверхности способом поворота верхней части суппорта:

1 – резцедержатель; 2 – градуированная шкала;

$D_s$  – подача;  $\alpha$  – угол уклона

Внутренние конусы длиной более 15 мм при любом угле наклона обрабатываются поворотом верхних салазок суппорта с применением ручной подачи (рис. 3). Наибольшая длина образующей конуса должна быть несколько меньше хода каретки верхнего суппорта. Независимо от способа обработки конуса резец обязательно устанавливают точно по высоте центров станка.

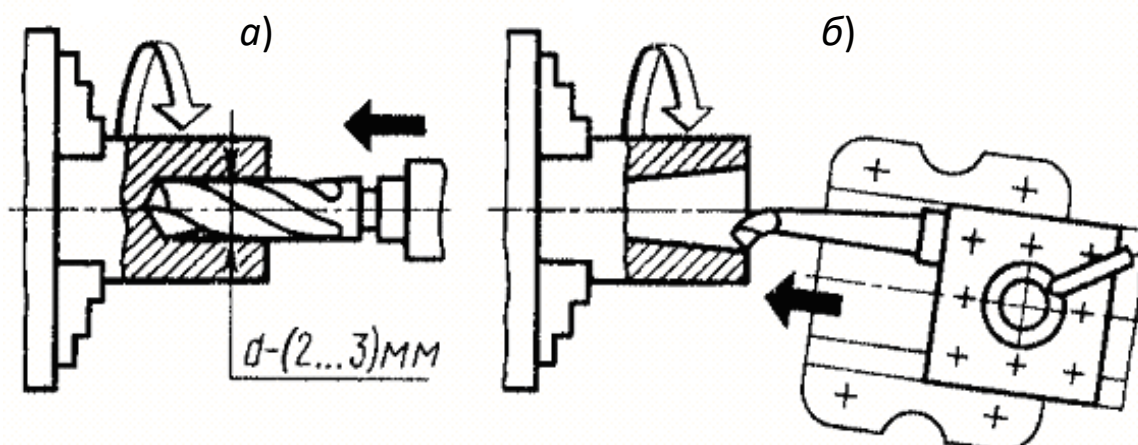


Рис. 3. Обработка внутренней конической поверхности способом поворота верхней части суппорта:

а – сверление; б – растачивание

### 3.1.2. Обработка наружных конусов широким резцом

Обработку наружного конуса широким резцом применяют при необходимости получения короткого конуса ( $l < 25$  мм) с большим углом уклона.

Широкий проходной резец, режущая кромка которого длинней образующей конуса, устанавливают в резцедержатель так, чтобы главная режущая кромка резца составляла с осью заготовки угол  $\alpha$ , равный углу уклона конуса. Производить обработку можно как с продольной, так и с поперечной подачей. Этот способ применяют в том случае, когда угол уклона конуса большой, а к точности угла уклона конуса и шероховатости поверхности не предъявляют высоких требований (рис. 4).

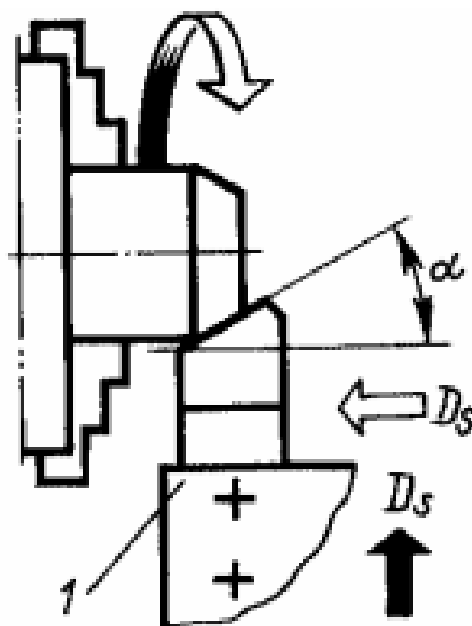


Рис. 4. Обработка конической поверхности широким резцом

### 3.1.3. Обработка наружных конусов способом смещения корпуса задней бабки

Обработка наружного конуса способом смещения корпуса задней бабки удобна для получения длинных пологих конусов с малым углом уклона ( $3...5^\circ$ ). Для этого корпус задней бабки сдвигают в поперечном направлении от линии центров станка по направляющим основаниям бабки. При этом ось вращения детали не будет параллельна направлению перемещения детали резца и поверхность детали окажется обточенной на конус. Обрабатываемая заготовка закрепляется между центрами станка в поводковом патроне с хомутиком. Данный способ используется редко вследствие того, что возникают большие нагрузки на подшипники шпинделя и подвижного центра, который расположен в пиноли задней бабки, из-за этого срок службы станка значительно уменьшается. Обтачивание наружных конических поверхностей смещением корпуса задней бабки заключается в выполнении следующих приемов:

1. Определить смещение корпуса задней бабки (мм):

$$H = \frac{L(D-d)}{2l}, \quad (7)$$

где  $D$  – наибольший диаметр конуса;  $d$  – наименьший диаметр конуса;  $L$  – общая длина заготовки;  $l$  – длина конуса.

2. Сместить корпус задней бабки по направляющим ее основаниям. При смещении корпуса задней бабки на себя (рис. 5, А) конус своим большим диаметром обращен к передней бабке; при смещении от себя (рис. 5, Б) большой диаметр конуса обращен к задней бабке. Отсчет смещения  $H$  задней бабки производят по делениям, нанесенным на торцовой поверхности корпуса задней бабки от риски 0 (плоскость оси центров). Правильность смещения задней бабки корректируют пробным обтачиванием и проверкой полученного угла конуса.

3. Установить и закрепить заготовку и проходной резец. Заготовку устанавливают в центрах. Задний центр из-за смещения оси вращения заготовки целесообразно применять с шаровой вершиной (сферической). Вершину головки проходного резца установить обязательно на уровне линии центров станка.

4. Обточить коническую поверхность детали, предварительно предусмотрев припуск для окончательного прохода. Обработку выполнить с прямой продольной механической подачей резца.

5. Проверить конусность обработанной поверхности заготовки и установить правильность настройки станка.

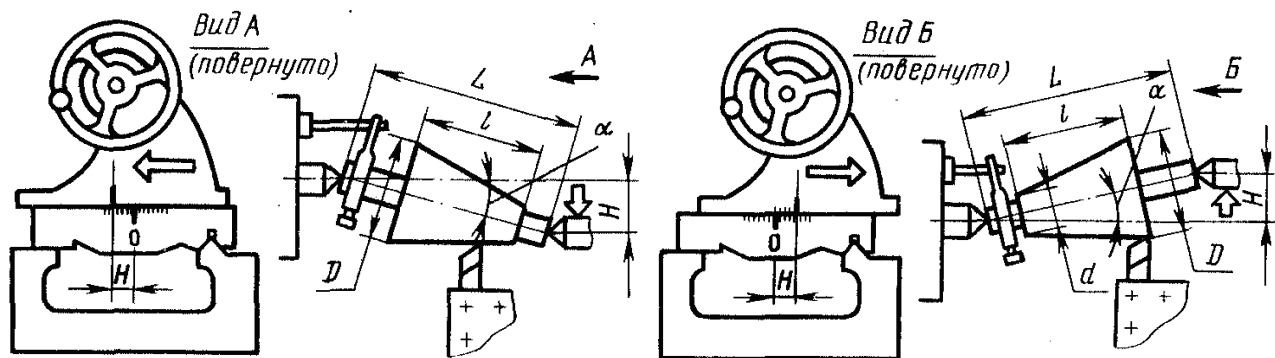


Рис. 5. Обработка конических поверхностей способом смещения корпуса задней бабки

6. Обточить коническую поверхность окончательно, для чего настроить станок на требуемый режим резания.

7. Проверить обработанную коническую поверхность по размерам с помощью штангенциркуля и конического калибра втулки.

### 3.1.4. Обработка конусов с помощью конусной (копировальной) линейки

Обработку конусов с помощью конусной (копировальной) линейки, закрепленной с задней стороны станины токарного станка на плите, применяют для получения пологого конуса значительной длины. Заготовку крепят в центрах или в трехкулачковом самоцентрирующемся патроне. Резец, закрепленный в резцедержателе суппорта станка, получает одновременное перемещение в продольном и поперечном направлениях, в результате чего обрабатывает коническую поверхность заготовки. Обтачивание наружных конических поверхностей с применением конусной линейки (рис. 6) заключается в выполнении следующих приемов:

1. Определить угол уклона конуса

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{(D-d)}{2l}, \quad (8)$$

Если шкала поворота на торце конусной линейки задана не в градусах, а в миллиметрах, то число делений, на которое надо повернуть линейку,

$$C = \frac{H}{l} \left( \frac{D-d}{2} \right) = H \operatorname{tg} \alpha, \quad (9)$$

где  $H$  – расстояние от оси вращения линейки до торца, на котором нанесена шкала, мм.

2. Наладить станок на обтачивание наружной конической поверхности, для чего необходимо ослабить гайки 6 (рис. 6), повернуть линейку 2 около ее оси 3 на угол  $\alpha$  (пользуясь градуированной шкалой на плите 1), повернуть верхнюю поворотную часть (салазки) суппорта 8 на угол  $90^\circ$  к оси заготовки, закрепить гайкой 5 поперечные салазки 7 суппорта с ползуном 4. При отсутствии специального паза для гайки винта поперечной подачи этот винт надо временно удалить из поперечных салазок 7 суппорта.

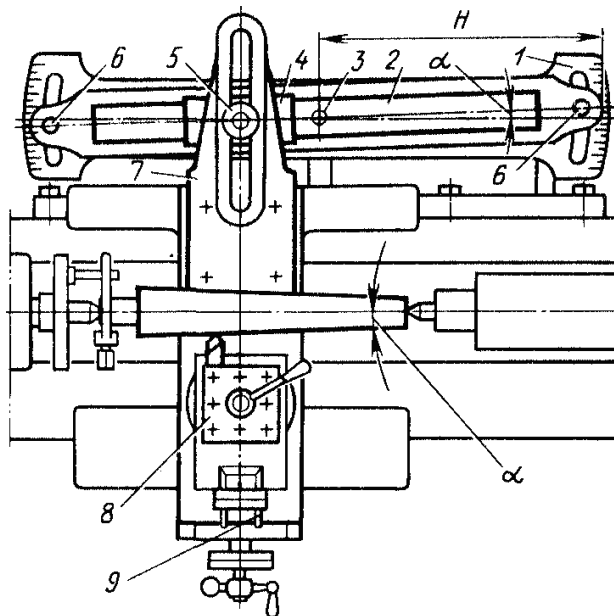


Рис. 6. Обработка конических поверхностей с применением конусной линейки

3. Установить и закрепить заготовку в трехкулачковом патроне или в центрах.

4. Обточить предварительно коническую поверхность детали. Резец подавать на требуемую глубину резания, вращая рукоятку с лимбом 9 винта верхней поворотной части суппорта. Продольное механическое перемещение резца получает от ходового вала станка, а поперечное – от конусной линейки.

5. Проверить конусность обработанной поверхности заготовки.

6. Обточить коническую поверхность окончательно.

7. Проверить размеры обработанной конической поверхности с помощью конического калибра-втулки, универсального угломера или штангенциркуля.

Обтачивание внутренних конических поверхностей с помощью конусной линейки применяют при обработке заготовок любой длины с малым углом уклона конуса (примерно до  $12^\circ$ ). Независимо от способа обработки конуса резец обязательно устанавливают точно по высоте центров станка.

### 3.1.5. Развертывание конических отверстий

Внутренние конические поверхности малых размеров в сплошном металле после сверления обрабатывают комплектом из трех конических разверток. Черновая развертка (рис. 7, а) при обработке образует ступенчатое отверстие, получистовая развертка (рис. 7, б) со стружкоделительными канавками срезает уступы, образованные черновой разверткой; чистовая (рис. 7, в) зачищает неровности, оставшиеся после обработки второй разверткой, и калибрует конус. Развертывание выполняют с применением соответствующей для данного металла смазочно-охлаждающей жидкости.

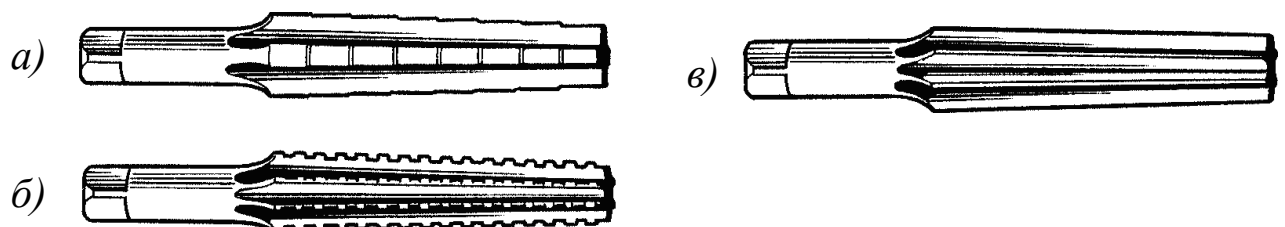


Рис. 7. Комплект конических разверток:  
а) черновая; б) получистовая; в) чистовая

Развертывание заключается в выполнении следующих приемов:

1. Просверлить отверстие под развертываемое отверстие, для чего взять сверло диаметром на 0,5...1 мм меньше малого диаметра конического отверстия (рис. 8, а).

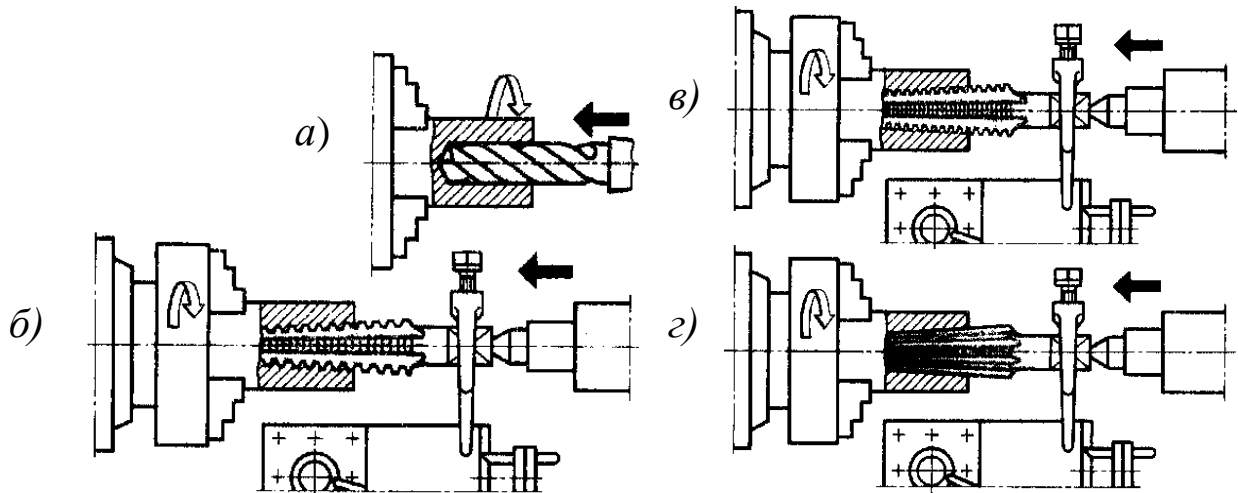


Рис. 8. Развертывание конических отверстий

2. Подобрать режим резания для развертывания и настроить станок; для определения частоты вращения шпинделя надо брать больший диаметр конического отверстия.

3. На квадраты хвостовиков разверток надеть хомутики или воротки. Отрегулировать положение заднего центра, вставить черновую развертку вместе с хомутиком в отверстие заготовки, а центровым отверстием установить ее на задний центр. Хвостовик хомутика (или рукоятка воротка) должен упираться в поверхность верхних салазок. Поддерживая развертку левой рукой за хвостовик, прижать ее к центру задней бабки (рис. 8, б).

4. Включить станок. Правой рукой, вращая маховичок задней бабки, перемещать развертку вдоль оси отверстия на длину, соответствующую требуемому диаметру большего основания конического отверстия. Затем остановить станок и, поддерживая левой рукой хвостовик развертки за хомутик, вывести ее из отверстия.

Выполнить эти же приемы последовательно полукрестовой (рис. 8, в) и чистовой (рис. 8, г) развертками, оставляя для полу-

чистового развертывания припуск 0,5...1 мм, а для чистового – 0,1...0,2 мм.

5. После каждого перехода проверять размеры отверстия соответствующим коническим калибром-пробкой.

При развертывании отверстия необходимо выполнять следующие правила техники безопасности: не вводить и не выводить развертку на ходу станка; не удерживать руками хвостовик хомутка или рукоятку воротка, они должны быть прижаты к поверхности верхних салазок; не удалять из отверстия стружку, масло и грязь руками; не измерять размеры развертываемого отверстия на ходу станка.

### 3.1.6. Контроль конических поверхностей

После того как коническая поверхность получена, необходимо проверить на наличие каких либо дефектов, которые могут образоваться на обработанной поверхности. Например:

1. Коническая поверхность выдержана, размеры диаметров меньше заданных.

2. Размер большого основания конической поверхности выдержан, конусность не выдержана.

3. Размер меньшего основания конической поверхности выдержан, конусность не выдержана.

4. Конусность выдержана, а диаметры оснований не выдержаны.

5. Образующая конуса криволинейна.

Правильность конической поверхности проверяют универсальным угломером по плотности прилегания измерительных поверхностей (рис. 9, а); калибром-втулкой по меловым линиям, «на краску» и предельными калибрами-втулками с двумя рисками или с уступом между торцами *А* и *Б* (рис. 9, б). Контроль конусов калибрами-втулками является комплексным методом, позволяющим одновременно проверить угол конуса, диаметры и длину. Годность изделия определяют осевым перемещением калибра до сопряжения с проверяемой поверхностью и проворачиванием его вокруг оси. При проверке «на краску» равномерность



слоя красящего вещества на конусной поверхности обрабатываемой заготовки характеризует точность угла конуса (рис. 10).

Положение торца заготовки относительно размера между контрольными рисками или торцов *А* и *Б* уступа характеризует размер диаметров и длины. При правильном выдерживании размеров конической поверхности торец заготовки не должен выходить за пределы торцов *А* и *Б* уступа калибра-втулки.

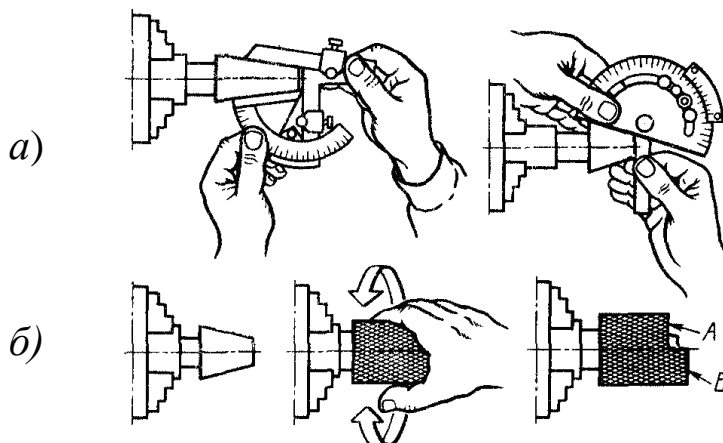


Рис. 9. Контроль наружных конических поверхностей

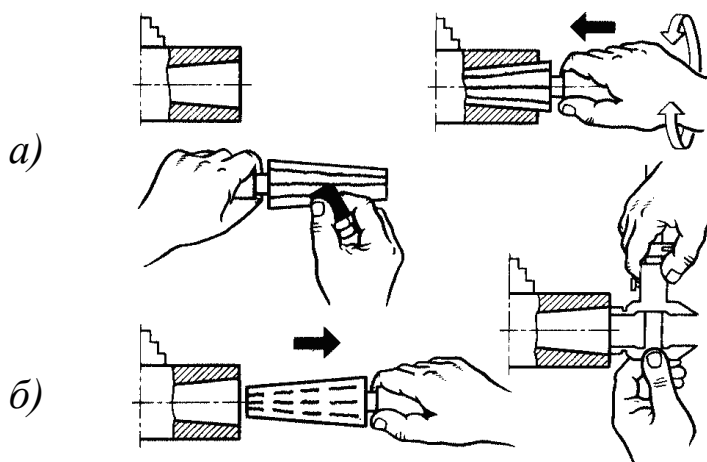


Рис. 10. Проверка внутренних конических поверхностей

### 3.2. Обработка фасонных поверхностей

К фасонным поверхностям относят поверхности, переходящие от цилиндрической к круглой, конической или сферической форме. К таким поверхностям можно отнести маховики с фасонными ободами, рукоятки, стержни, клапаны и др.

### 3.2.1. Обработка фасонных поверхностей фасонными резцами

Короткие фасонные поверхности длиной до 60 мм в серийном и массовом производстве обрабатывают фасонными резцами. Резцы, режущая кромка которых совпадает с криволинейным или ступенчатым профилем обрабатываемой поверхности, называются фасонными (рис. 11).

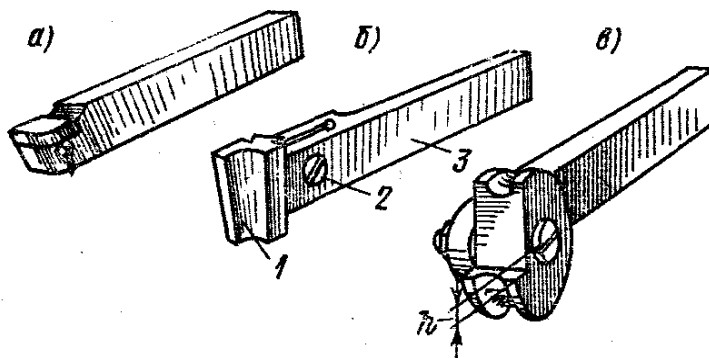


Рис. 11. Фасонные резцы:

а) стержневой; б) призматический; в) дисковый

Простейший резец для обработки фасонной поверхности, часто называемый стержневым, показан на рис. 11, а. Пример применения стержневого резца приведен на рис. 12, а.

Достоинство рассматриваемых резцов – простота, а поэтому сравнительно низкая стоимость их изготовления.

Существенный недостаток таких резцов заключается в том, что после нескольких, а иногда двух-трех переточек по передней поверхности (а для сохранения профиля их можно перетачивать только по передней поверхности) пластинка стачивается, высота по центру при установке уменьшается и резец становится негодным для дальнейшей работы. Поэтому стержневые фасонные резцы применяют преимущественно в тех случаях, когда работа не имеет массового характера и профиль резцов прост (например, для обработки галтелей). С целью предупреждения вибраций вы-

лет фасонного резца из резцедержателя не должен превышать высоты державки.

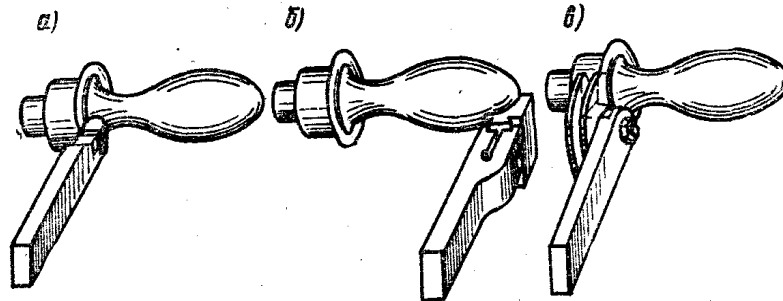


Рис. 12. Примеры применения фасонных резцов:  
а) стержневой; б) призматический; в) дисковый

Резец, показанный на рис. 11, б, имеет форму призмы, поэтому и называется призматическим. Шлифовальный профиль задней поверхности резца соответствует заданному фасонному профилю детали. Верхняя плоскость резца является его передней поверхностью. При пересечении передней и задней поверхностей образуется фасонная режущая кромка. Задний угол образуется благодаря наклонному положению резца в державке 3. При заточке резца, производящейся также по передней поверхности, профиль его не изменяется. Недостаток резца – сложность изготовления. Пример применения призматического резца показан на рис. 12, б.

Для закрепления в державке призматический резец 1 по всей длине (с задней стороны) имеет выступ в форме «ласточкина хвоста», входящий в такой же паз державки 3. Державка надрезана, поэтому при затягивании винта 2 она сжимается и резец удерживается в ней достаточно прочно.

Дисковый, или круглый, резец (рис. 11, в) имеет фасонную наружную поверхность, форма которой является зеркальным отображением заданной фасонной поверхности детали. В резце имеется угловой вырез. Пересечением плоскости выреза с наружной фасонной поверхностью образуется фасонная режущая кромка. Чтобы создать работоспособную геометрию режущего клина, вырез делают ниже центра резца, а центр резца устанавливают

выше центра заготовки. Пример применения дискового фасонного резца, закрепленного на державке, показан на рис. 12, в.

Передняя поверхность дискового резца располагается ниже его оси на величину  $h$ , что создает необходимый задний угол. Если это понижение равно  $1/10$  диаметра резца, задний угол его получается около  $12^\circ$ . Передний угол фасонных резцов в большинстве случаев делается равным  $0^\circ$ . При этом упрощается изготовление резца. Кроме того, резец не затягивается в деталь и обработанная поверхность последней получается качественной. Ширина фасонных резцов не превышает обычно 40 мм, но иногда применяются фасонные резцы шириной до 100 мм. Державки к фасонным резцам, в особенности широким, часто делаются пружинящими.

Призматические и дисковые резцы изготавливают обычно из быстрорежущей стали, реже применяют твердосплавные.

**Работа фасонными резцами.** Для получения правильного профиля обрабатываемой детали фасонный резец необходимо устанавливать так, чтобы его режущая кромка была точно на высоте центров станка. Положение фасонного резца, если на него смотреть сверху, следует проверять посредством маленького угольника. Если одну кромку такого угольника положить к цилиндрической поверхности детали (вдоль ее оси), а другую подвести к боковой поверхности дискового резца, то между угольником и резцом не должно быть неравномерного просвета.

При закреплении фасонных резцов необходимо особенно тщательно выполнять общие правила закрепления резцов.

Фасонные резцы подводят к заготовке плавно. Подача фасонных резцов в большинстве случаев осуществляется вручную. Она должна быть равномерной и не превышать 0,05 мм/об при ширине резца 1020 мм и 0,03 мм/об при ширине свыше 20 мм, причем к концу прохода уменьшают подачу. Подача должна быть тем меньше, чем меньше диаметр обрабатываемой детали. При обработке участка детали, расположенного близко к патрону (или к задней бабке), подачу можно брать больше, чем при обработке участка, расположенного сравнительно далеко от патрона (или от задней бабки). Для получения малой шероховатости скорость резания не должна превышать 30 м/мин.

При обработке фасонных поверхностей стальных деталей следует применять охлаждение маслом. Поверхность детали получается при этом гладкой и даже блестящей. Фасонные поверхности чугунных, бронзовых и латунных деталей обрабатываются без охлаждения.

Правильность фасонной поверхности проверяется шаблоном. Между обработанной поверхностью и шаблоном не должно быть просвета. Если обрабатываемая поверхность детали имеет большие перепады диаметров разных участков, то при работе фасонным резцом приходится снимать много металла. Во избежание быстрого износа резца и уменьшения вибраций заготовок предварительную обработку такой поверхности надо производить обдирочным резцом, профиль которого подобен профилю окончательного фасонного резца, но значительно проще его.

### **3.2.2. Обработка фасонных поверхностей при одновременном действии продольной и поперечной подач резца**

Обработка фасонных поверхностей при одновременном действии продольной и поперечной ручных подач резца производится при небольшом количестве обрабатываемых деталей или при сравнительно больших размерах фасонных поверхностей. В первом случае изготовление даже обыкновенного фасонного резца нецелесообразно, во втором – потребовался бы очень широкий резец, работа которым неизбежно вызвала бы вибрацию детали.

Фасонная поверхность детали обрабатывается рассматриваемым способом обычно в три приема, сущность которых будет ясна из приводимого ниже порядка обработки рукоятки (рис. 13, а).

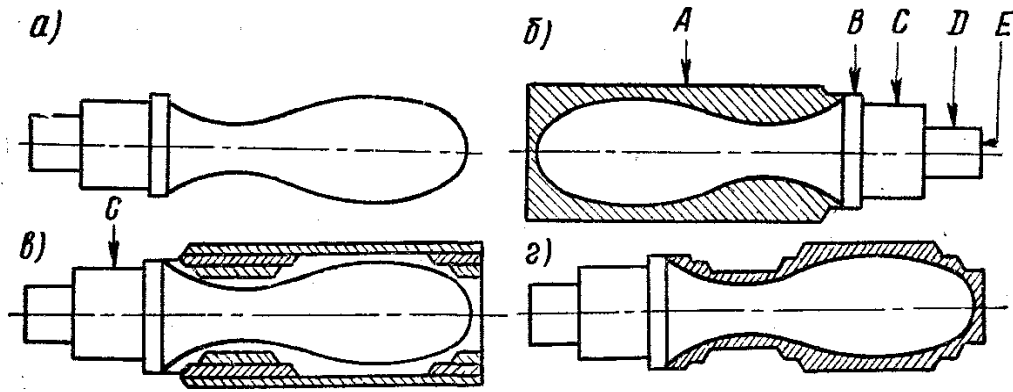


Рис. 13. Последовательность обработки фасонной поверхности рукоятки способом двух подач: а) общий вид; б) 1-й прием обработки; в) 2-й прием обработки; г) 3-й прием обработки

Заготовка, из которой изготавливается рукоятка (рис. 13, б), закрепляется за поверхность *A* и у нее обрабатываются поверхности *B*, *C*, *D* и *E*. Затем деталь закрепляется за поверхность *C* (рис. 13, в). Несколькими проходами проходного резца с заготовки снимают слои материала (заштрихованные в разные стороны). Припуск, оставшийся после этого на окончательное обтачивание фасонной поверхности, на рис. 13, г заштрихован.

Снятие припуска производится чистовым или проходным резцом. Для этого перемещают (вручную) продольные салазки влево и одновременно поперечные салазки суппорта вперед и назад. При обработке сравнительно небольших фасонных поверхностей продольную подачу осуществляют, используя верхние салазки суппорта, установленного так, чтобы направляющие их были параллельны центральной линии станка; для поперечной подачи применяют поперечные салазки суппорта. В том и другом случаях вершина резца будет перемещаться по кривой. После нескольких проходов резца и при правильном соотношении величин подач (продольной и поперечной) обрабатываемая поверхность получит требуемую форму. Можно пользоваться автоматической продольной подачей, перемещая одновременно с этим поперечный суппорт вручную.

**Проверка фасонной поверхности.** Проверка фасонной поверхности осуществляется шаблонами с рабочей кромкой, соответствующей очертанию фасонной поверхности или ее участка.

### 3.2.3. Обработка фасонных поверхностей по копиру

При обработке сравнительно небольших фасонных деталей, изготавливаемых небольшими партиями, некоторое ускорение и облегчение фасонной обработки дает несложное приспособление, показанное на рис. 14.

Обрабатываемая деталь 1 (например, рукоятка для маховика) закреплена в самоцентрирующем патроне, а в пиноль задней бабки вместо центра вставлен копир 2, имеющий форму и размеры изготавливаемой детали. Работая одновременно двумя подачами, токарь должен все время следить за тем, чтобы щуп 3, закрепленный в резцедержателе, находился в соприкосновении с копиром. При выполнении этого условия требуемая форма изделия получается сама собой.

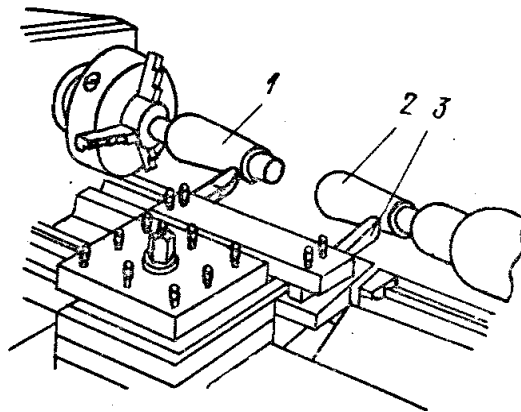


Рис. 14. Обработка фасонной поверхности по копиру

### 3.2.4. Обработка сферической поверхности по шаблону

На рис. 15 показано устройство для обработки сферической поверхности. По шаблону 1, установленному в пиноли задней бабки, катится ролик 2, закрепленный в резцедержателе вместе с резцом 3. Сообщение им продольной и поперечной подачи обеспечивает получение заданной сферы на заготовке.

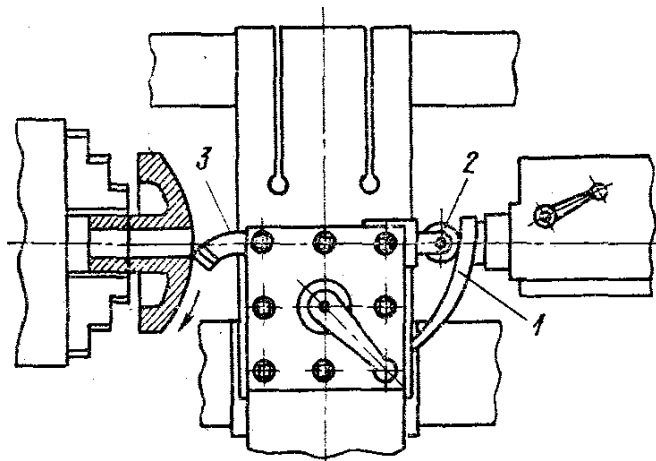


Рис. 15. Обработка сферической поверхности по шаблону

Достоинство таких приспособлений состоит в том, что они могут быть без значительных затрат быстро изготовлены, сокращают рабочее время, повышают качество работы.

При обработке деталей большими партиями сложное движение резца должно осуществляться автоматически. Для этой цели изготавливаются более сложные копируемые приспособления. В последние годы широкое распространение для этих целей получили так называемые гидросуппорты.

### 3.2.5. Обработка фасонных поверхностей при помощи копирующей линейки

Копирующая (конусная) линейка может быть применена и для обработки фасонных поверхностей. Для этого вместо поворотной линейки на плиту приспособления закрепляют копир 1 (рис. 16) с фасонным пазом. В этом пазу находится ролик 2, связанный с тягой суппорта 3. Как и при обработке конусов, гайку поперечного суппорта отсоединяют от винта. При продольной подаче каретки поперечная подача суппорта будет подчинена движению ролика по пазу копира, и резец будет воспроизводить на заготовке 3 профиль установленного на линейке копира.



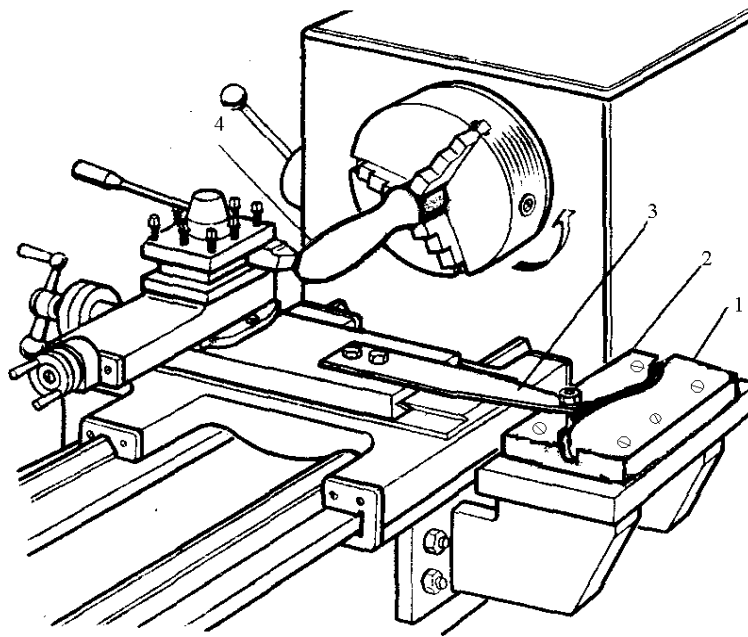


Рис. 16. Обработка фасонных поверхностей при помощи копировальной линейки

Контроль осуществляется шаблонами. Контур измерительной поверхности шаблона соответствует контролируемому профилю. Шаблон прикладывают к заготовке так, чтобы его плоскость совпадала с диаметральной плоскостью детали, и ведут контроль «на просвет». Если фасонная поверхность имеет выпуклый и вогнутый участки, то в процессе обработки эти участки контролируют самостоятельными шаблонами, а общий контроль осуществляют комплексным шаблоном. Сами шаблоны контролируют контршаблонами.

#### **4. ДЕФЕКТЫ И БРАК ПРИ ОБТАЧИВАНИИ ФАСОННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ И МЕРЫ ИХ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ**

1. Одним из основных видов брака является неправильный профиль обработанной детали, получаемый из-за применения искаженного профиля резца, установки резца не по высоте центров и неправильной заточки резца. Кроме того, при обтачивании с ручной подачей из-за недостаточно равномерного перемещения резца также образуются дефекты профиля детали.

2. Малая точность обработанной поверхности бывает из-за большой подачи резца, его вибраций, неправильного выбора переднего и заднего углов резца. Вибрации резца наблюдаются при большой подаче, значительном вылете резца и плохом его креплении.

## **5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1. Назовите детали, имеющие конусные поверхности.
2. Какими элементами характеризуются конические поверхности?
3. Что такое конусность?
4. Расскажите о способах контроля конусов.
5. Как рассчитать величину смещения задней бабки для обработки длинного конуса?
6. Расскажите о конструкции фасонных резцов и приемах работы ими.
7. Как обрабатывают фасонные поверхности сочетанием двух подач?
8. Какие копировальные приспособления применяют для обработки фасонных поверхностей?
9. Как контролируют фасонные поверхности?
10. Укажите достоинства и недостатки всех перечисленных в методических указаниях способов обработки конусов.
11. Как настраивается станок для обработки конических поверхностей при применении конусной линейки?
12. Как обрабатываются внутренние конические поверхности?

## **6. ИНСТРУКЦИОННАЯ КАРТА**

Оснащение рабочего места: заготовки, резцы, измерительный инструмент, защитные очки.

### 6.1. Обработка наружных конических поверхностей способом поворота верхней части суппорта

Обтачивание наружных конических поверхностей поворотом верхних салазок 1 суппорта (рис. 2) заключается в выполнении следующих приемов:

1. Установить и закрепить в трехкулачковом патроне заготовку с предварительно обработанной цилиндрической поверхностью и проходной резец в резцедержателе. Вершину головки резца установить обязательно на уровне линии центров станка.

2. Если на чертеже размер угла уклона конуса  $\alpha$  не указан, то угол поворота верхней части суппорта определяют по данным чертежа обрабатываемой детали. Тангенс угла уклона конуса:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{(D-d)}{2l} \quad (10)$$

или

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{K}{2}. \quad (11)$$

Угол уклона конуса находят по таблице тангенсов углов.

3. Повернуть верхнюю поворотную часть суппорта на требуемый угол уклона конуса так, чтобы риска нижнего фланца совпадала делением градуированной шкалы 2 поворотного фланца, равного углу уклона конуса  $\alpha$ . Если конус детали вершиной обращен в сторону задней бабки, то верхнюю поворотную часть суппорта повернуть от себя; если вершина конуса обращена в сторону передней бабки, то верхнюю часть суппорта повернуть на себя.

4. Обточить коническую поверхность детали, предварительно предусмотрев припуск для окончательного прохода. Подача резца осуществляется вручную путем вращения винта верхних салазок суппорта плавно обеими руками по часовой стрелке.

5. Проверить конусность предварительно обработанной поверхности заготовки и установить правильность настройки станка.

Конусность проверить следующими способами: измерением диаметров оснований конуса штангенциркулем; калибром-втулкой, по меловым или карандашным линиям (при повороте калибра-втулки линии должны стираться равномерно по всей

длине); универсальным угломером, по плотности прилегания измерительных поверхностей угломера к образующей конической поверхности детали.

6. Обточить коническую поверхность окончательно, для чего настроить станок на требуемый режим резания и установить чистовой проходной резец.

7. Проверить размеры обработанной конической поверхности штангенциркулем, для чего измерить диаметры оснований конуса и получить разность диаметров, которая должна равняться разности диаметров оснований конуса, указанных на чертеже при одинаковом расстоянии между диаметрами.

## 6.2. Растачивание конических поверхностей

Растачивание конических поверхностей с помощью поворота верхних салазок суппорта заключается в выполнении следующих приемов:

1. Просверлить отверстие под растачивание (рис. 3, а), для чего взять сверло диаметром на 2...3 мм меньше малого диаметра  $d$  обрабатываемого конического отверстия и закрепить его в пиноли задней бабки. Если заготовка уже имеет отверстие, полученное при предварительной обработке, то в зависимости от припуска вместо сверления производят рассверливание, зенкерование или непосредственно растачивание отверстия.

2. Расточить коническое отверстие предварительно, для чего повернуть верхние салазки суппорта на себя на требуемый угол уклона конуса  $\alpha$ , переместить верхние салазки в крайнее левое положение, настроить станок на требуемый режим резания, установить и закрепить расточной проходной резец (рис. 3, б), подвести резец к заготовке и проточить отверстие на длине 2...3 мм, проверить полученный размер и расточить отверстие начерно.

3. Проверить конусность обработанной поверхности отверстия заготовки с помощью конического калибра-пробки по меловым линиям или «по краске».

4. Расточить коническое отверстие окончательно, для чего настроить станок на требуемый режим резания, установить расточной чистовой проходной резец. Растачивая отверстие ручной

подачей, необходимо добиться равномерного вращения рукоятки винта верхних салазок обеими руками, что обеспечивает получение гладкой и чистой поверхности заданной шероховатости.

5. Проверить конусность и размеры окончательно расточенного конического отверстия и сравнить их с размерами, указанными на чертеже детали. Правильность их можно проверить с помощью штангенциркуля и конического калибра-пробки.

### **6.3. Развертывание конических отверстий**

Развертывание заключается в выполнении следующих приемов:

1. Просверлить отверстие под развертываемое отверстие, для чего взять сверло диаметром на 0,5...1 мм меньше малого диаметра конического отверстия (рис. 8, *а*).

2. Подобрать режим резания для развертывания и настроить станок; для определения частоты вращения шпинделя надо брать больший диаметр конического отверстия.

3. На квадраты хвостовиков разверток надеть хомутики или воротки. Отрегулировать положение заднего центра, вставить черновую развертку вместе с хомутиком в отверстие заготовки, а центровым отверстием установить ее на задний центр. Хвостовик хомутика (или рукоятка воротка) должен упираться в поверхность верхних салазок. Поддерживая развертку левой рукой за хвостовик, прижать ее к центру задней бабки (рис. 8, *б*).

4. Включить станок. Правой рукой, вращая маховичок задней бабки, перемещать развертку вдоль оси отверстия на длину, соответствующую требуемому диаметру большего основания конического отверстия (с учетом припуска на последующее развертывание). Затем остановить станок и, поддерживая левой рукой хвостовик развертки за хомутик, вывести ее из отверстия.

Выполнить эти же приемы последовательно получистовой (рис. 8, *в*) и чистовой (рис. 8, *г*) развертками, оставляя для получистового развертывания припуск 0,5...1 мм, а для чистового — 0,1...0,2 мм.

5. После каждого перехода проверять размеры отверстия соответствующим коническим калибром-пробкой.

При развертывании отверстия необходимо выполнять следующие правила техники безопасности: не вводить и не выводить развертку на ходу станка; не удерживать руками хвостовик хомутика или рукоятку воротка, они должны быть прижаты к поверхности верхних салазок; не удалять из отверстия стружку, масло и грязь руками; не измерять размеры развертываемого отверстия на ходу станка.

## **Лабораторное занятие № 4.**

### **ОБРАБОТКА ОТВЕРСТИЙ**

#### **1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ**

1.1. Научиться закреплять сверло на токарно-винторезном станке, назначать режимы резания при сверлении, производить сверление отверстий.

1.2. Научиться закреплять сверла и заготовки на вертикально-сверлильном станке, освоить выполнение сверления на сверлильном станке.

1.3. Ознакомиться с различными видами обработки отверстий (расточиванием, зенкерованием, зенкованием, развертыванием), классификацией инструментов, приобрести практические навыки по растачиванию и развертыванию отверстий.

#### **2. ПОРЯДОК РАБОТЫ**

2.1. Ознакомиться с процессом сверления.

2.2. Изучить конструкцию спирального сверла.

2.3. Ознакомиться с процессом растачивания.

2.4. Изучить типы расточных резцов и их основные геометрические параметры.

2.5. Ознакомиться с зенкерованием и зенкованием отверстий.

2.6. Ознакомиться с развертыванием отверстий.

2.7. Изучить типы разверток, их части и элементы.

2.8. Изучить приемы сверления и растачивания сквозных и глухих отверстий на токарно-винторезном станке.

2.9. Изучить приемы сверления на сверлильном станке.

2.10. Выполнить практическую часть работы по сверлению, растачиванию и развертыванию отверстий согласно инструкционной карте.

2.11. Оформить отчет.

### 3. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

#### 3.1. Сверление отверстий

Отверстия могут быть глухие и сквозные, конические и цилиндрические. По форме цилиндрические отверстия бывают гладкие, ступенчатые, с канавкой, с фаской, с нарезанной резьбой.

Приблизительно 30 % операций механической обработки – сверление. **Сверление** – это процесс образования отверстий в сплошном материале режущим инструментом.

Обработку отверстий на токарных станках выполняют различными режущими инструментами, выбор которых зависит от вида заготовок (в сплошном металле или с отверстием, предварительно полученным литьем, ковкой, штамповкой), формы отверстия (цилиндрической, конической, ступенчатой, сквозной и т. д.), точности и шероховатости поверхности отверстия.

Наиболее распространенным инструментом для сверления отверстий является спиральное сверло.

Когда длина отверстия превышает 5...10 его диаметров, при так называемом глубоком сверлении, применяют специальные сверла (ружейные, пушечные, шнековые, кольцевые, центровочные и др.).

Спиральное сверло состоит из рабочей части, шейки и хвостовика. Часть сверла, на которой расположены две режущие кромки, называется режущей частью (рис. 1, *a*). При заточке сверла контролируют угол при вершине  $2^\circ$ , который для обычных спиральных сверл составляет  $118-120^\circ$ .



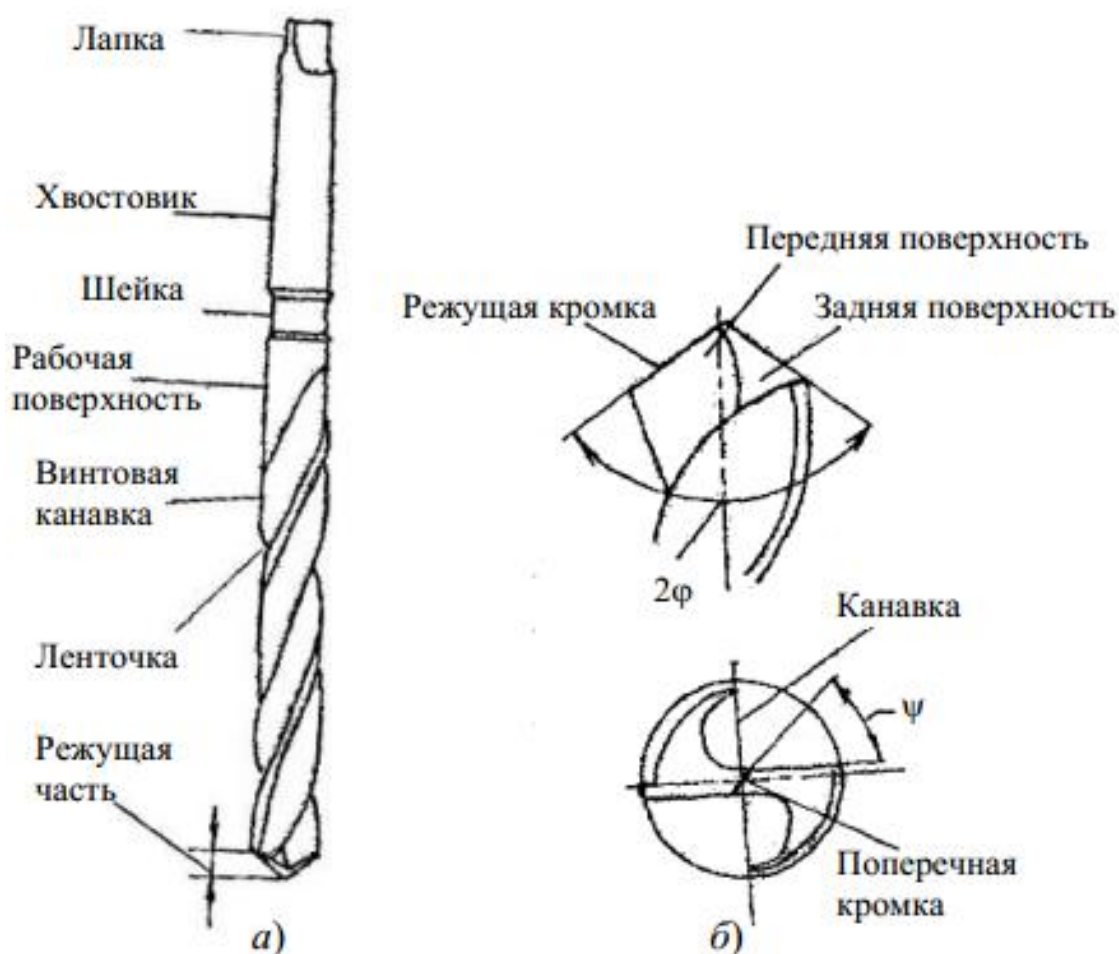


Рис. 1. Части и элементы спирального сверла

Режущие кромки связаны на рабочем конусе поперечной кромкой. По наружной поверхности сверла прошлифованы узкие направляющие ленточки. Спиральные канавки служат для вывода стружки и подачи охлаждающей жидкости в зону резания. Стенка винтовой канавки образует переднюю поверхность.

Для того чтобы сверло не заклинивало в отверстии, оно имеет вид обратного конуса, угол уклона которого составляет около  $1^\circ$ .

Хвостовик служит для закрепления сверла. Хвостовик может иметь цилиндрическую и коническую форму. Конические хвостовики выполнены по стандарту. Конус хвостовика обеспечивает надежное центрирование сверла, лапка удерживает его от проворачивания.

Если конус хвостовика отличается по размеру от конусного отверстия пиноли задней бабки, то при закреплении инструмента применяют переходные втулки.

Сверла с цилиндрическими хвостовиками закрепляют в пиноли задней бабки при помощи специальных сверлильных патронов.

Если конус хвостовика отличается по размеру от конусного отверстия пиноли задней бабки, то при закреплении инструмента применяют переходные втулки.

Сверла с цилиндрическими хвостовиками закрепляют в пиноли задней бабки при помощи специальных сверлильных патронов.

Главным движением при сверлении отверстий на токарном станке является вращение заготовки. Скорость резания  $V$  зависит от диаметра сверла и частоты вращения заготовки. Скорость подачи  $S$  – путь сверла за один оборот заготовки, мм/об. Скорость подачи при рассверливании должна быть больше в 1,5–2 раза скорости подачи сверла того же диаметра при сверлении отверстия в сплошном материале.

Глубиной резания  $t$  при сверлении является половина диаметра сверла, а при рассверливании – полуразность диаметров после и до обработки.

Глубину отверстия контролируют в процессе сверления по делениям на пиноли или по меловой риске на сверле. Более точно, после остановки станка, глубину отверстия контролируют глубиномером штангенциркуля.

### 3.2. Растачивание отверстий

Увеличение диаметра уже имеющегося в заготовке отверстия и придание ему необходимой формы (цилиндрической, конической, ступенчатой) с помощью расточных резцов называется **растачиванием**.

Геометрические элементы расточных резцов и элементы режимов резания при растачивании аналогичны этим параметрам при обтачивании цилиндрических заготовок проходными резцами. На рис. 2. приведены способы растачивания различных видов

отверстий, а на рис. 3. приведены конструктивные и геометрические элементы расточных резцов.

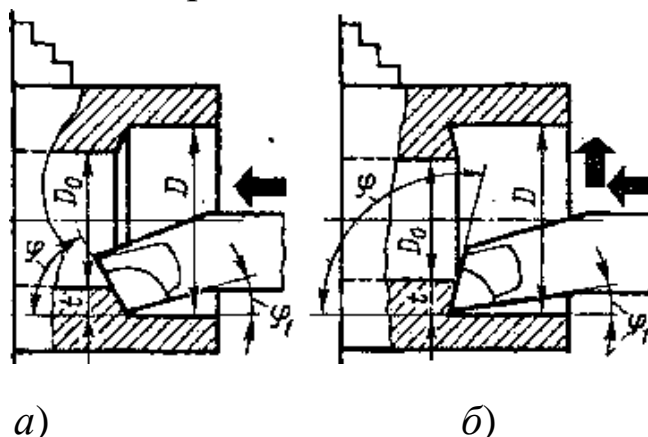


Рис. 2. Способы растачивания:

*а* – гладкого отверстия; *б* – отверстия с уступом

Растачивание производят в следующих случаях:

- когда сверление, рассверливание или зенкерование не обеспечивают необходимой точности размеров отверстия;
- при необходимости обеспечить прямолинейность оси отверстия и точность ее положения;
- при отсутствии сверла или зенкера требуемого диаметра;
- при необходимости обработать отверстие, диаметр которого превышает наибольшие нормальные диаметры сверл и зенкеров;
- при небольшой длине отверстия.

Расточной резец, устанавливаемый в резцедержатель суппорта станка, должен иметь консольную часть, выступающую из резцедержателя на длину, большую длины растачиваемого отверстия заготовки.

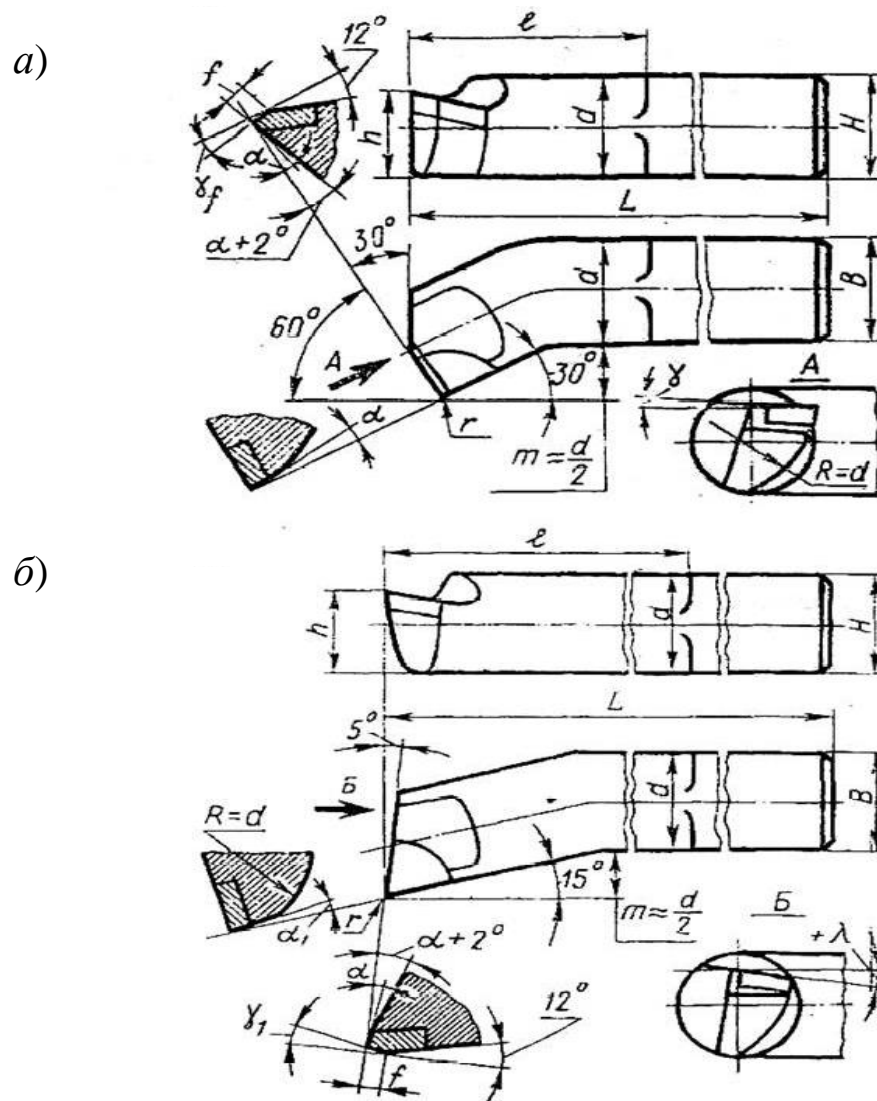


Рис. 3. Токарные расточные резцы: *а* – для обработки сквозных отверстий; *б* – для обработки глухих и ступенчатых отверстий

### 3.3. Зенкерование и зенкование отверстий

**Зенкерованием** называется процесс обработки предварительно просверленных, штампованных, литых отверстий в целях придания им более правильной геометрической формы (устранение отклонений от круглости и других дефектов), достижения более высокой точности (9... 11 квалитетов) и снижения шероховатости поверхности до  $Ra\ 1,25...2,5\ \mu\text{м}$ .

Эта обработка может быть окончательной либо промежуточной (получистовой) перед развертыванием, дающим еще более точные отверстия (6...9-го квалитетов) и шероховатость поверхности до  $Ra\ 0,16...1,25\ \mu\text{м}$ . При обработке точных отверстий диаметром менее 12 мм вместо зенкерования применяют сразу развертывание.

Характер работы зенкера подобен характеру работы сверла при рассверливании отверстия. По конструкции и оформлению режущих кромок зенкер несколько отличается от сверла и имеет три, четыре зуба, что обеспечивает правильное и более устойчивое положение зенкера относительно оси обрабатываемого отверстия.

По конструкции зенкеры бывают цельные (рис. 4, а) и насадные (рис. 4, б). Для экономии быстрорежущей стали зенкеры также делают со вставными ножами или с припаянными пластинами твердого сплава.

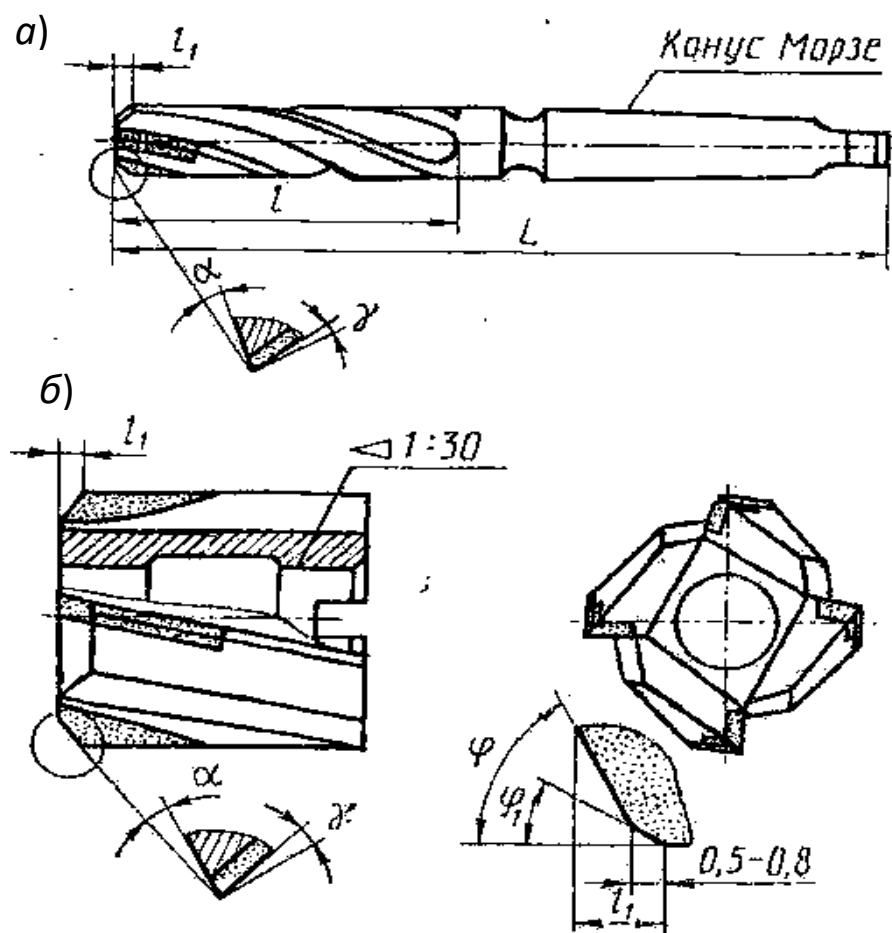


Рис. 4. Конструкции и элементы зенкеров

**Зенкованием** называется процесс обработки специальными инструментами — зенковками. Зенковками выполняют конические углубления и фаски под головки болтов, винтов, заклепок. В отличие от зенкеров зенковки имеют режущие зубья на торце, иногда и направляющие цапфы, которыми зенковки вводятся в просверленное отверстие, что обеспечивает совпадение оси отверстия и образованного зенковкой углубления под головку винта. Крепление зенкеров и зенковок на сверлильных станках ничем не отличается от крепления сверл.

### 3.4. Развертывание отверстий

**Развертыванием** называется процесс окончательной чистовой обработки отверстий, обеспечивающий высокую точность размеров и шероховатость поверхности в пределах

$Ra\ 1,25...0,16\ \mu m$ . Развертывание отверстий выполняют как на сверлильных и других металлообрабатывающих станках, так и вручную при слесарной и слесарно-сборочной обработке. Ручные развертки (рис. 5, а) бывают с прямыми и винтовыми зубьями, насадные, регулируемые. Ручные развертки снабжены квадратным концом на хвостовике для вращения их с помощью воротка. Шаг зубьев разверток (угловой шаг) неравномерный, что обеспечивает получение менее шероховатой и волнистой поверхности отверстия и уменьшает возможность образования не цилиндрического, а многогранного отверстия. Развертки, применяемые на станках, называются машинными. Они отличаются от ручных более короткой рабочей частью, наличием конусного хвостовика (рис. 5, б). Их закрепляют в плавающих (качающихся) оправках или патронах, что обеспечивает развертке возможность самоустанавливаться по оси просверленного отверстия и уменьшает разбивку отверстия.

Для обработки конических отверстий, чаще всего для конусов Морзе применяют конические ручные развертки комплектами из двух и трех штук (рис. 5, в).

Первая развертка черновая (обдирочная), вторая промежуточная и третья чистовая (окончательная), придающая отверстию

окончательные размеры и требуемую шероховатость поверхности.

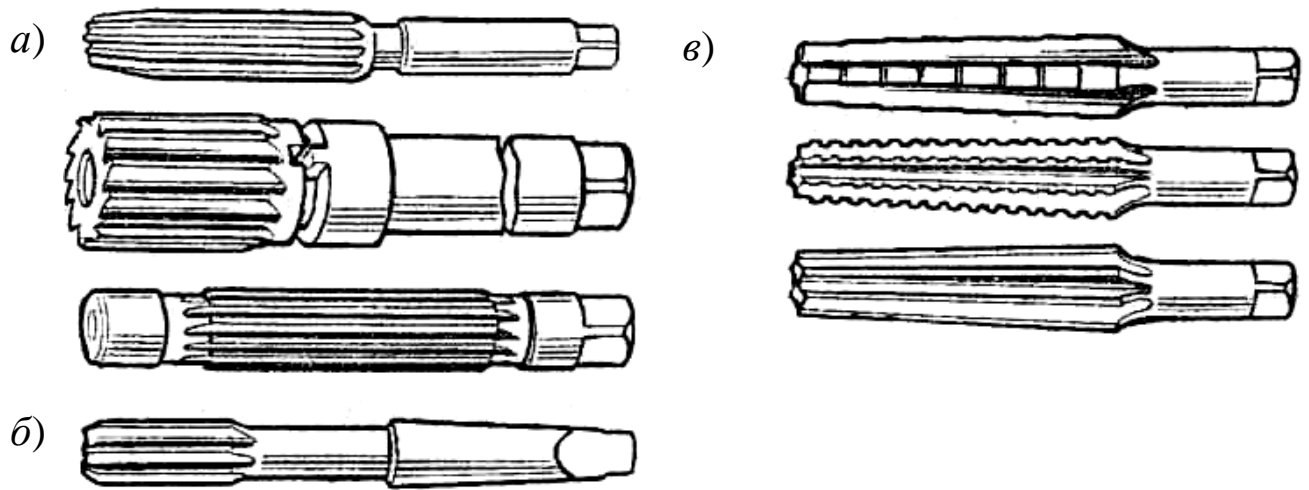


Рис. 5. Типы разверток

Основные части и геометрические параметры ручной развертки приведены на рис. 6.

Припуск под развертывание должен быть не более 0,05...0,1 мм на сторону. Большой припуск может привести к быстрому затуплению заборной части развертки, повышение шероховатости отверстия и снижению точности обработки.

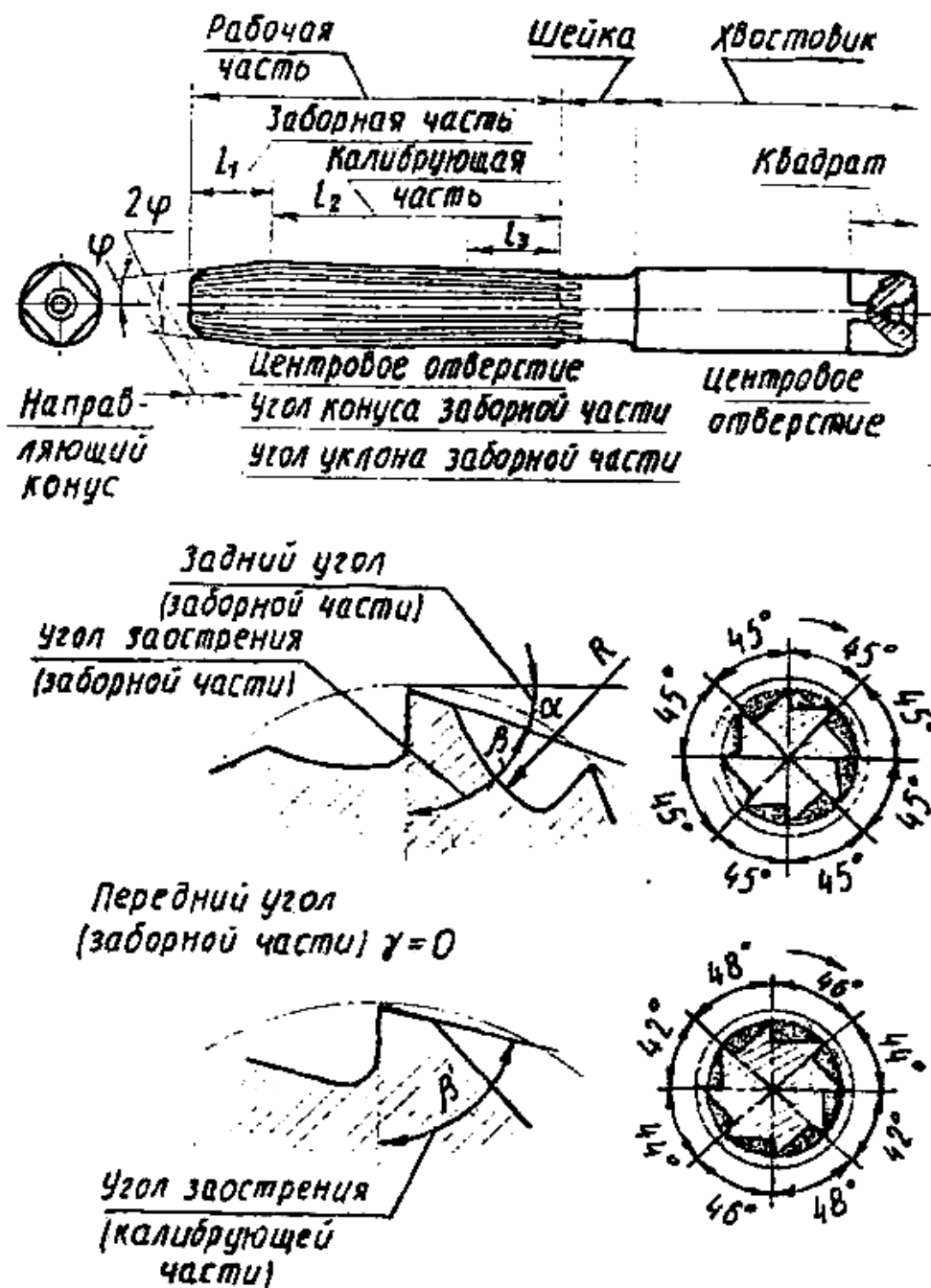


Рис. 6. Части и элементы ручных разверток

### 3.5. Сверлильные станки

Сверлильные станки предназначены для сверления сквозных и глухих отверстий в сплошном материале, рассверливания имеющихся отверстий на больший диаметр, зенкерования, раз-



вертывания, нарезания внутренней и наружной резьбы и др. Сверлильные станки бывают:

- настольные, для обработки отверстий малого диаметра до 3, 6, 12 мм;
- вертикально-сверлильные;
- радиально-сверлильные;
- горизонтально-сверлильные, для сверления глубоких отверстий (глубина сверления больше 10...12 диаметров);
- сверлильно-центровальные, для получения центровых отверстий на заготовках.

Наибольшее распространение получили вертикально-сверлильные станки для получения отверстий диаметром 18, 25, 35, 50 и 75 мм.

На рис. 7 показан внешний вид станка модели 2Н135–1, который выпускается взамен станка модели 2Н135 и отличается от него наличием «плавающего» поворотного-передвижного стола, позволяющего вести обработку нескольких отверстий без переа-крепления обрабатываемой детали.

Процессы сверления выполняются при двух совместных движениях: вращении инструмента (главном движении) и поступательном движении вдоль оси (движении подачи).

Скорость резания

$$v = \frac{\pi D n}{1000} \text{ (мм/мин)}, \quad (1)$$

где  $D$  – наружный диаметр инструмента, мм;  $n$  – частота вращения сверла, об/мин.

Подача на оборот  $S$  (мм/об) – перемещение сверла вдоль оси за один его оборот, зависит от заданной шероховатости, прочности сверла и жесткости закрепления заготовки.

Глубина резания  $t$  (мм) – расстояние от обработанной поверхности до оси сверла:  $t = D/2$ .

Многие станки не имеют механической подачи, и перемещение инструмента осуществляется вручную плавным нажатием на рукоятку подачи.

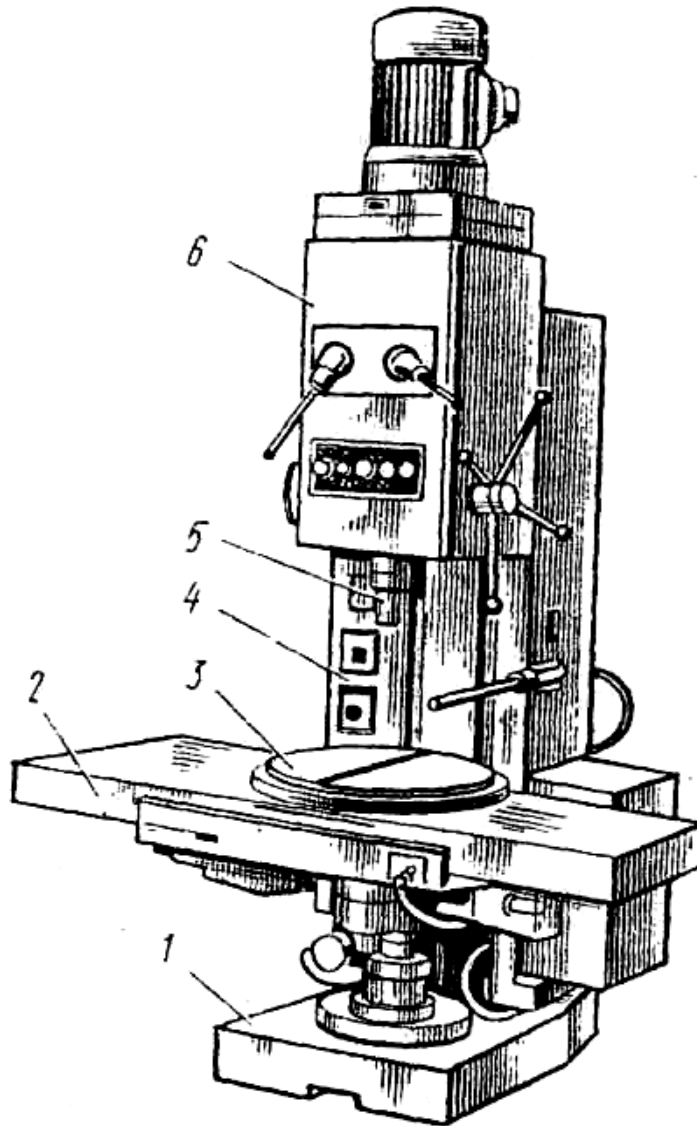


Рис. 7. Внешний вид станка модели 2Н135–1:  
 1 – фундаментальная плита; 2 – плавающий стол;  
 3 – поворотный стол; 4 – колонка; 5 – шпиндель;  
 6 – сверлильная бабка

Наиболее распространенные операции обработки на сверлильных станках показаны на рис. 8.

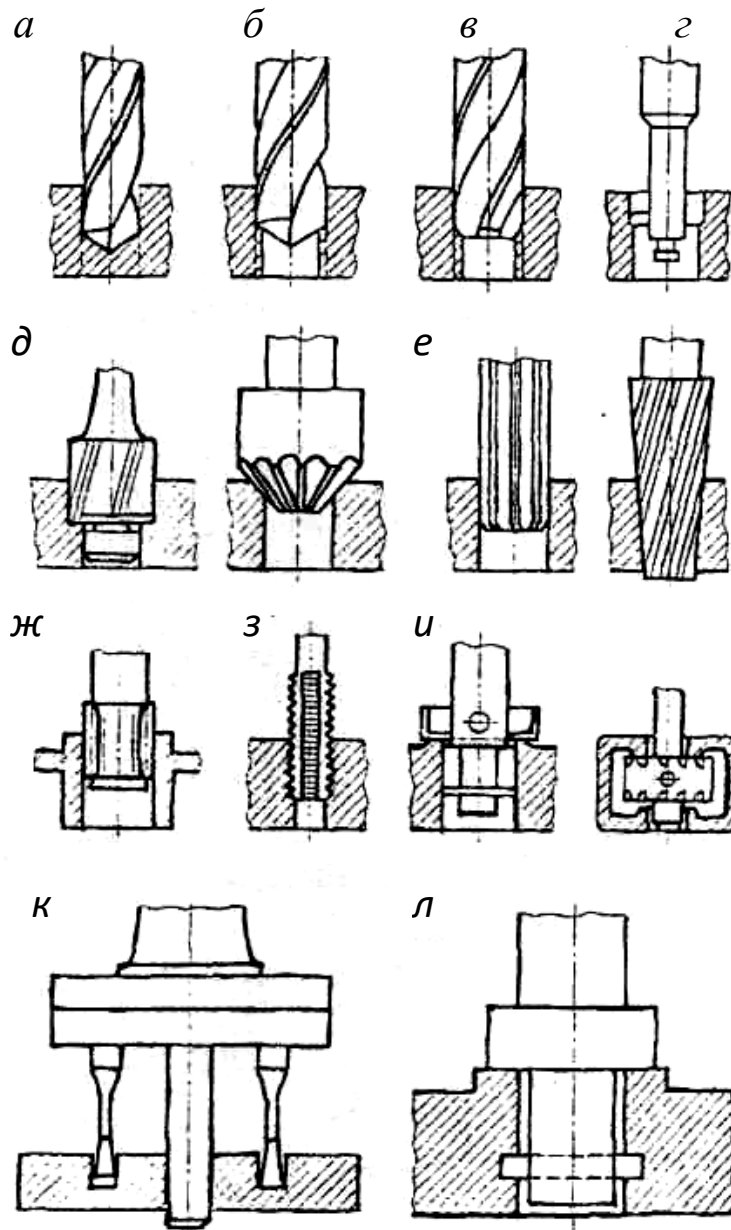


Рис. 8. Работы, выполняемые на сверлильных станках:  
*а* – сверление; *б* – рассверливание; *в* – зенкерование;  
*г* – растачивание; *д* – зенкование; *е* – развертывание;  
*ж* – проглаживание; *з* – нарезание внутренней резьбы;  
*и* – цекование (подрезка) торцов; *к* – вырезание дисков;  
*л* – проточка внутренних канавок

Сверление применяют для получения неответственных отверстий, служащих для облегчения деталей, отверстий под крепежные болты, заклепки, шпильки и т. п., отверстий, предназна-

ченных для дальнейшей обработки: рассверливания, нарезания резьбы и др.

## **4. ИНСТРУКЦИОННАЯ КАРТА**

Провести организацию рабочего места в соответствии с инструкцией по технике безопасности. Проверить защитные кожухи, проверить станок на холостом ходу, убедиться в наличии решетки, щетки и крючка для уборки стружки, патронного ключа, защитных очков (если нет защитного экрана на станке), надеть рабочую одежду.

### **4.1. Сверление отверстий на токарном станке**

Оснащение рабочего места: трехкулачковый сверлильный патрон, спиральные сверла диаметром 8 мм или 15 мм с цилиндрическим хвостовиком и диаметром 20 мм с коническим хвостовиком, заготовка диаметром 20–30 мм, длиной 60–70 мм, переходная коническая втулка.

Произвести подбор и установку сверл в сверлильном патроне и пиноли задней бабки.

Произвести сверление и рассверливание сквозных отверстий по индивидуальному заданию мастера.

Перед сверлением отверстия следует зацентрировать деталь коротким спиральным сверлом большего диаметра или специальным центровочным сверлом. При этом условии в начале сверления поперечная кромка сверла не работает, что способствует меньшему уходу его от правильного положения.

Подача сверла на токарных станках осуществляется, как правило, вручную поворотом маховика пиноли задней бабки. Однако некоторые модели станков имеют устройства для сцепления задней бабки с кареткой суппорта, а также для закрепления сверла в резцедержателе, что значительно облегчает труд токаря.

Отверстия большого диаметра сверлят последовательно несколькими сверлами, вначале сверлом меньшего диаметра, затем рассверливают.

Не следует останавливать станок, когда сверло находится в отверстии. Учитывайте меры предосторожности, когда глубина обрабатываемого отверстия больше длины рабочей части сверла. Если вся винтовая канавка окажется в отверстии, то стружка не будет иметь выхода, заполнит канавки и сверло сломается.

## **4.2. Сверление отверстий на вертикально-сверлильном станке**

Оснащение рабочего места: вертикально-сверлильный станок, сверла разного диаметра, сверлильные патроны, переходные конусные втулки, тиски машинные для сверлильного станка, тиски ручные, заготовки для последующего сверления.

После назначения требуемых режимов резания ( $n$  и  $S$ ) приступают к настройке сверлильного станка по этапам.

1. Проверка заземления, наличия ограждения электродвигателя, протирка стола и отверстия шпинделя.

2. Проверка вращения вхолостую, осевого перемещения шпинделя и работы механизма подачи, закрепления стола.

3. Установка и закрепление режущего инструмента (сверла) либо в коническое отверстие шпинделя, либо в сверлильный патрон.

4. Установка и закрепление заготовки на столе станка. Вид закрепления заготовки (рис. 10) зависит от ее формы, массы, габаритных размеров, диаметра обрабатываемого отверстия. Мелкие заготовки закрепляют в ручных или машинных тисках прижимными подкладками или прихватами. При сверлении отверстий большого диаметра заготовки надо закреплять более надежно в кондукторах, призмах, машинных тисках и т. п., которые затем крепят болтами к столу.

В зависимости от качества точности и количества заготовок сверление выполняют по разметке с кернением центров отверстий. Убедившись в правильности настройки и исправности станка, произведя его пробный пуск, выполнить задание по сверлению отверстия.

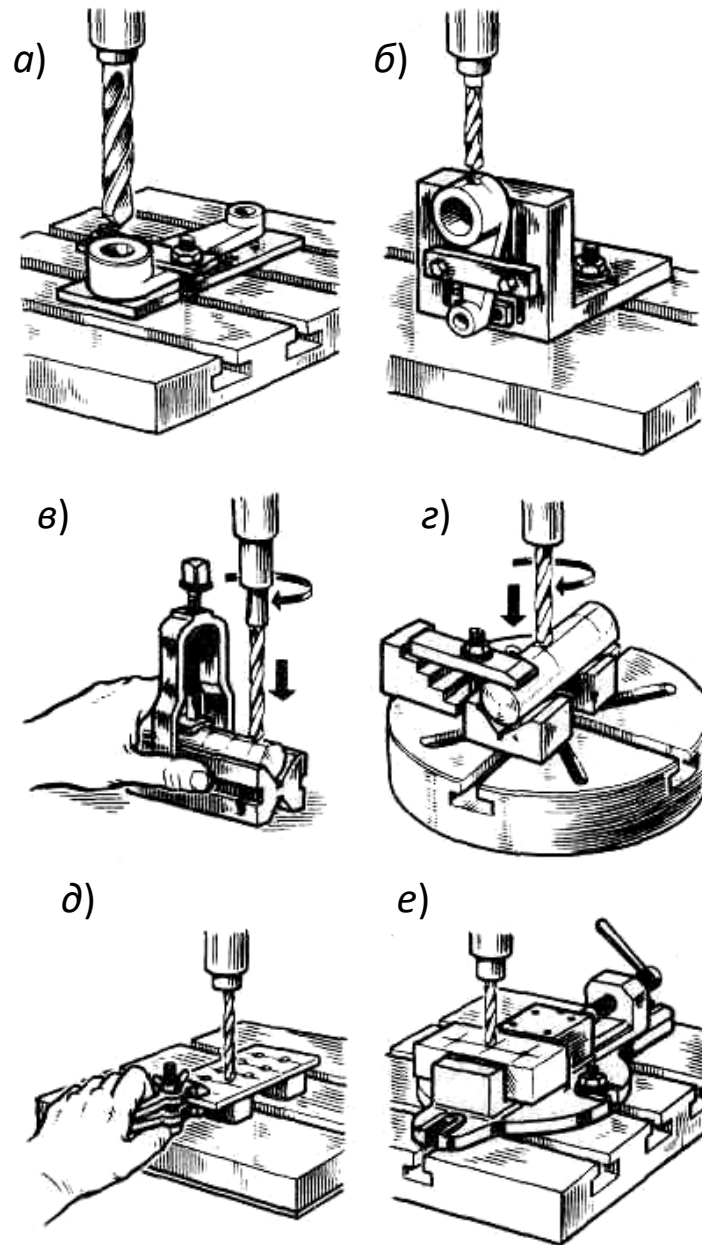


Рис. 10. Крепление заготовок при сверлении:  
*а)* непосредственно на столе планками; *б)* на угольнике планками; *в)* на призме хомутиком; *г)* на призме планкой со ступенчатой опорой; *д)* в ручных тисках на подкладках; *е)* в машинных тисках

### 4.3. Растачивание отверстий

Упражнение по растачиванию гладких цилиндрических отверстий заключается в выполнении следующих приемов:

1. Подобрать расточной проходной резец. При закреплении резца вылет из резцедержателя должен быть больше, чем длина растачиваемого отверстия на 5...10 мм.
2. Установить и закрепить заготовку в трехкулачковом патроне.
3. Установить и закрепить расточной проходной резец в резцедержателе суппорта станка.
4. Настроить станок на требуемый режим резания (скорость резания, частоту вращения шпинделя, толщину снимаемого слоя и глубину резания) при предварительном растачивании.
5. Поставив резец в исходное положение (на расстоянии 5...10 мм от торца заготовки) установить по лимбу резец на требуемую глубину резания и снять пробную стружку против отверстия на 3...5 мм.
6. Измерить штангенциркулем диаметр отверстия. Если действительный диаметр отверстия меньше заданного, снять стружку до получения требуемого диаметра.
7. Расточить отверстие с ручным движением подачи на всю длину заготовки.
8. Расточить отверстие с механическим движением прямой продольной подачи. Вывести резец из отверстия и вторично проверить диаметр растачиваемого отверстия.

#### **4.4. Развертывание отверстий**

Ручное развертывание отверстий включает выполнение ряда приемов. Приступая к развертыванию, необходимо:

- выбрать требуемую по размеру развертку (проверить ее маркировку);
- убедиться в отсутствии забоин и выкрошенных мест на режущих кромках;
- закрепить заготовку в тисках или установить ее на верстаке (плите) в положении, удобном для работы;
- взять черновую развертку;
- смазать заборную часть минеральным маслом и вставить ее в отверстие без перекоса, проверить положение развертки к оси отверстия угольником (90°);

- надеть на квадрат хвостовика развертки вороток, слегка нажимая на развертку правой рукой вниз, левой рукой медленно вращая вороток по ходу часовой стрелки, периодически извлекая развертку из отверстия для очистки ее от стружки и смазывания;

- закончить развертывание тогда, когда  $3/4$  рабочей части развертки выйдет из отверстия.

При развертывании глубоких отверстий, расположенных в труднодоступных местах детали, необходимо применять специальные удлинители, надевающиеся на квадрат хвостовика развертки.

В такой же последовательности производится окончательное (чистовое) развертывание.

**Вороток нужно вращать медленно**, плавно и без рывков. Вращение развертки в обратном направлении **недопустимо**, так как оно может вызвать задиры на поверхности отверстия или поломку режущих кромок развертки.

Приемы развертывания ручными развертками показаны на рис. 11.

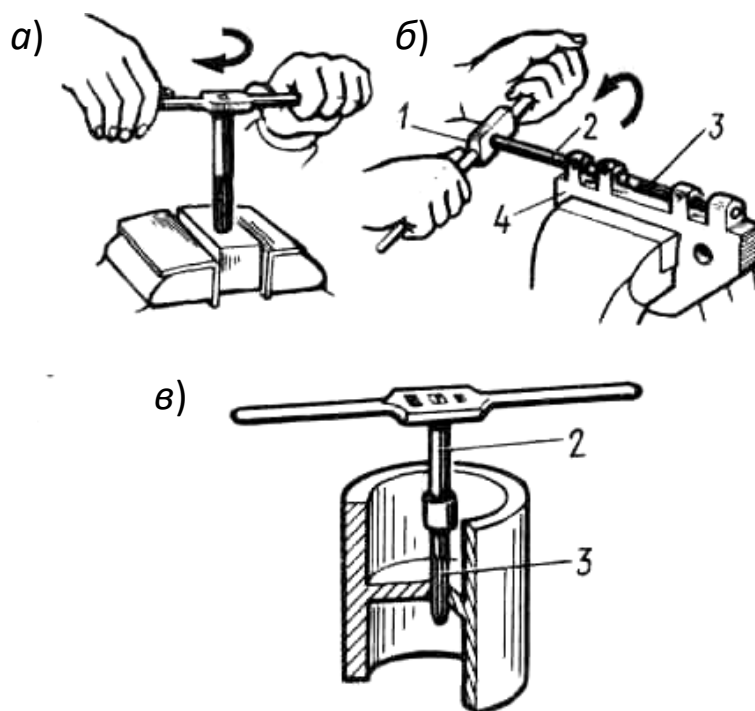


Рис. 11. Приемы развертывания отверстий ручными развертками: а) вертикального отверстия; б) горизонтального отверстия; в) в труднообрабатываемом месте; 1 – вороток; 2 – удлинитель; 3 – развертка; 4 – заготовка



## **5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

- 5.1. Назовите основные части и элементы спирального сверла.
- 5.2. Расскажите о приемах сверления на токарном станке.
- 5.3. Основные части вертикально-сверлильного станка, их назначение.
- 5.4. В каких случаях производят растачивание отверстий?
- 5.5. Назовите основные типы разверток.
- 5.6. Назовите основные части ручной развертки и их назначение.
- 5.7. Назначение процесса зенкования и зенкерования.

## **6. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА**

Отчет должен содержать схему процессов сверления, растачивания, развертывания на токарно-винторезном и вертикально-сверлильном станках с указанием движений резания, эскизы спирального сверла, ручной развертки, с указанием частей, элементов и геометрических параметров, чертежи обрабатываемых деталей.

## **Лабораторное занятие № 5.**

# **НАРЕЗАНИЕ НАРУЖНОЙ И ВНУТРЕННЕЙ РЕЗЬБЫ**

## **1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ**

- 1.1. Ознакомиться с классификацией и элементами резьбы.
- 1.2. Ознакомиться с методами получения резьбы.
- 1.3. Научиться нарезать резьбу метчиками и плашками.

## **2. ПОРЯДОК РАБОТЫ**

- 2.1. Изучить классификацию резьб.
- 2.2. Изучить элементы резьбы.
- 2.3. Изучить классификацию и конструкцию метчиков и плашек.
- 2.4. Произвести подготовку деталей для нарезания внутренней и наружной резьбы.
- 2.5. Научиться нарезать метрическую резьбу плашками и метчиками на деталях, закрепленных в слесарных тисках.

## **3. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ**

### **3.1. Нарезание резьбы метчиками и плашками**

Резьбовые разъемные соединения находят широкое применение в машиностроении. Основными деталями резьбового соединения являются винт и гайка.

Чаще всего применяют метрическую треугольную резьбу (рис. 1, *а*), которую обычно называют крепежной и используют для крепежных деталей: болтов, винтов, шпилек, гаек. Помимо треугольной резьбы бывают резьбы с прямоугольным (рис. 1, *б*), трапецеидальным (рис. 1, *в*), круглым (рис. 1, *д*) профилями и профилем в виде неравнобокой трапеции – упорной резьбы (рис. 1, *з*). Резьбы бывают правые и левые. У правых резьб винтовая линия поднимается слева направо (по ходу часовой стрелки).

Винтовой выступ резьбы, получившийся после одного полного оборота обрабатываемой ее фигуры, называется винтом.

Профилем резьбы называется сечение ее винта плоскостью, проходящей через ось цилиндра, на котором образована резьба. Элементами профиля резьбы являются его боковые стороны, угол, вершина, впадина.

Углом профиля называется угол между боковыми сторонами витка, измеренный в диаметральной плоскости.

Вершиной профиля называется линия, соединяющая боковые стороны его по верху витка.

Впадиной профиля называется линия, образующая дно винтовой канавки.

Очертания вершины и впадины могут быть плоско-срезанными или закругленными.

**Шаг резьбы** – это расстояние между двумя одноименными (т. е. правыми или левыми) точками двух соседних витков, измеренное параллельно оси резьбы.

Различают три диаметра резьбы: наружный, внутренний и средний. Нарезание резьбы можно производить на станках и вручную.

Для нарезания внутренней резьбы в отверстиях применяют метчики, а для нарезания наружной резьбы – плашки различной конструкции. Метчики по названиям делятся на: ручные, машинно-ручные, машинные и гаечные. Метчик имеет рабочую часть и хвостовик, заканчивающийся квадратом для воротка (рис. 2, а). Перо метчика имеет форму клина с соответствующими углами: передним  $\gamma$ , полученным путем заточки передней поверхности канавки (рис. 2, б), и задним  $\alpha$ , полученным путем заточки (затылования) по наружному диаметру режущей части (рис. 2, б). Ручные (слесарные) метчики для метрической и дюймовой резьбы изготавливают комплектами из двух и трех метчиков (рис. 6). Полученный профиль резьбы имеет только чистовой метчик. Каждый метчик в комплекте имеет на хвостовике соответственно одну, две, три риски (кольца). В таком же порядке их используют для нарезания резьбы.

При нарезании внутренних резьб большое значение имеет правильный выбор диаметра отверстия под резьбу. Если диаметр

отверстия выполнен больше требуемого, то резьба не имеет полного профиля. При меньшем диаметре отверстия вход метчика в него затруднен, что ведет либо к срыву резьбы, либо к заклиниванию и поломке метчика. Диаметр сверла для отверстия под нарезание резьб выбирают по специальным таблицам справочника.

Наружную резьбу нарезают плашками вручную и на станках.

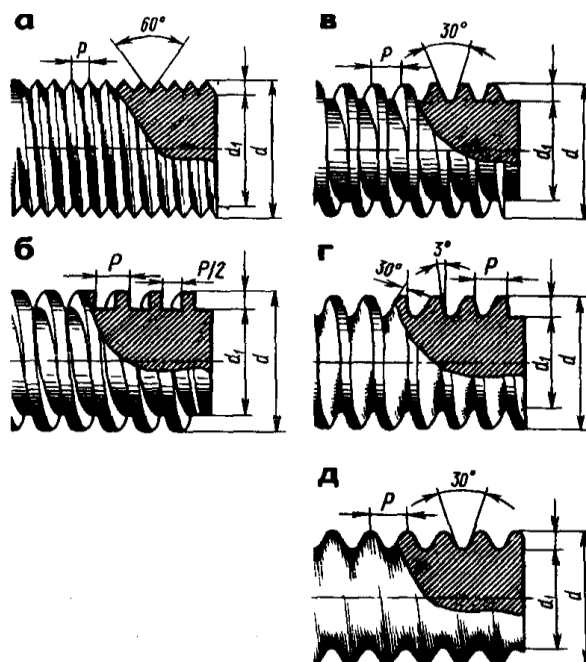


Рис. 1. Профили и элементы резьбы

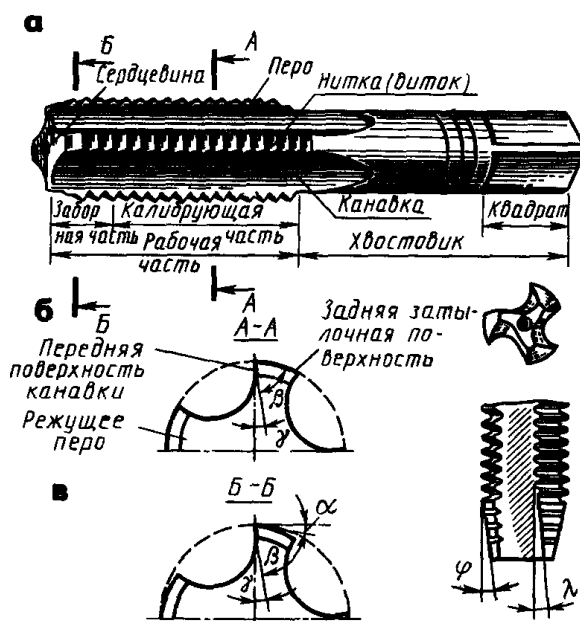


Рис. 2. Части и элементы метчика

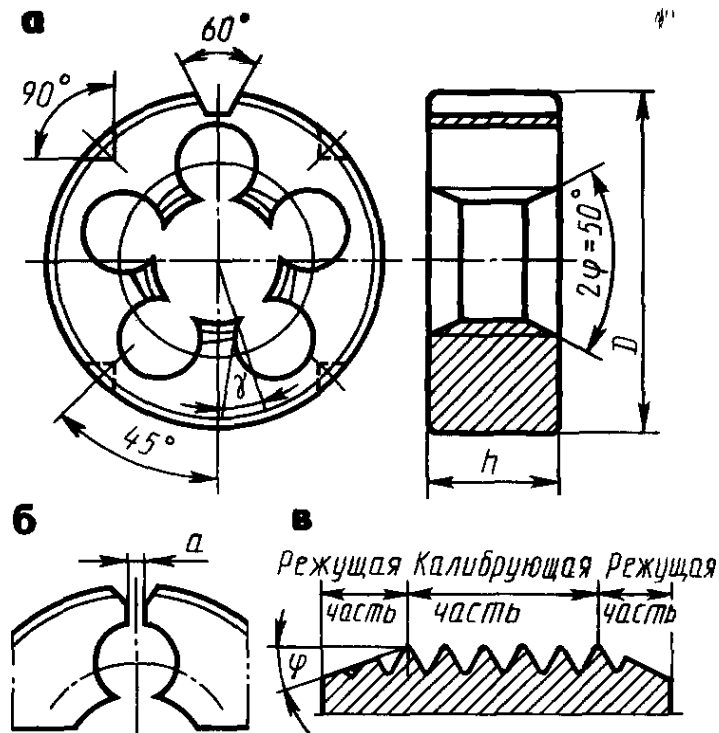


Рис. 3. Части и элементы круглой плашки: а – круглая плашка до разрезания; б – разрезанная круглая плашка; в – профиль резьбы рабочей части

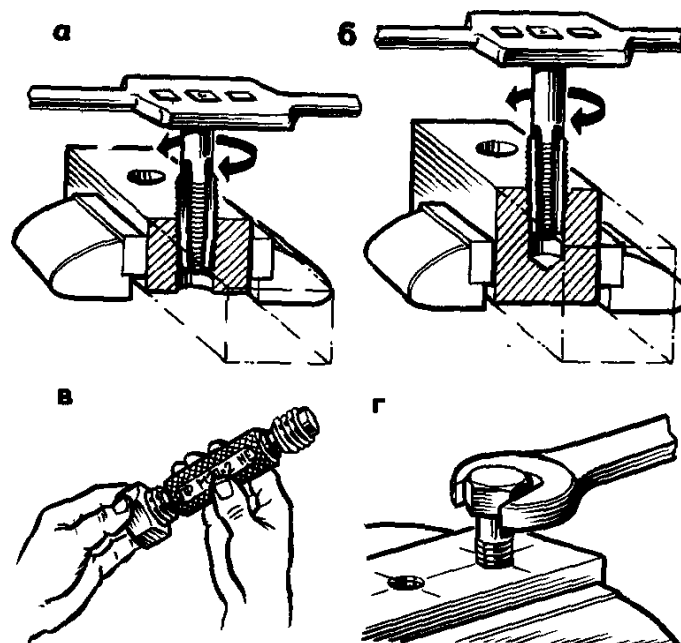


Рис. 4. Приемы нарезания и контроля внутренней резьбы

В зависимости от конструкции плашки подразделяют на круглые (лерки) и раздвижные (призматические). Круглые плашки изготавливают цельными (рис. 3, а) и разрезными (рис. 3, б),

которые имеют прорезь, позволяющую регулировать диаметр резьбы в пределах 0,1..0,15 мм. Плашку крепят в специальном воротке (плашкодержателе) с одним или двумя крепежными и тремя установочными винтами. Крайние винты служат для уменьшения (сжатия), средний – для увеличения (разжима) размера плашки. Нарезание резьбы производят за один ход. Раздвижные (призматические) плашки (рис. 5) состоят из двух половинок – полуплашек 1 и 2. На боковых сторонах полуплашек имеются угловые пазы, которыми они устанавливаются в направляющие выступы клуппа (воротка) и поджимаются винтом. Этим же винтом можно изменять расстояние между полуплашками и обеспечивать диаметр резьбы в нужных пределах. Нарезание резьбы можно производить в несколько проходов, что значительно облегчает процесс резания. При выборе диаметра стержня под наружную резьбу нужно учитывать: если диаметр выполнен больше требуемого, то увеличивается давление на зубья плашки, что приводит либо к срыву резьбы, либо к поломке зубьев плашки.

При значительно меньшем диаметре стержня резьба не имеет полного профиля. Для получения качественной резьбы диаметр стержня выбирают по таблицам справочника или принимают на 0,1 мм меньше наружного диаметра резьбы.

Нарезание резьбы на станках может осуществляться резьбовыми резцами. На специальных станках производят накатывание резьбы плоскими плашками, роликами без снятия стружки.

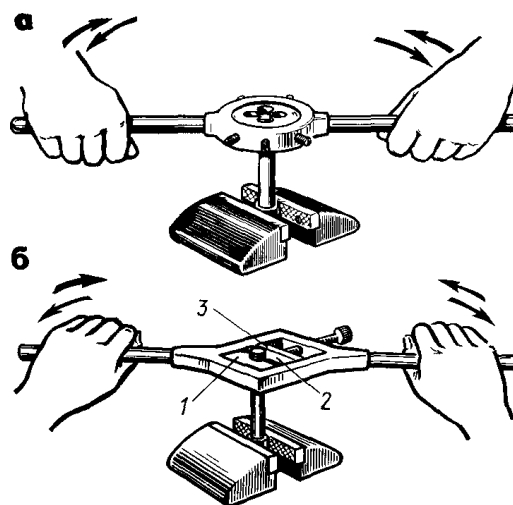


Рис. 5. Приемы нарезания резьбы плашками

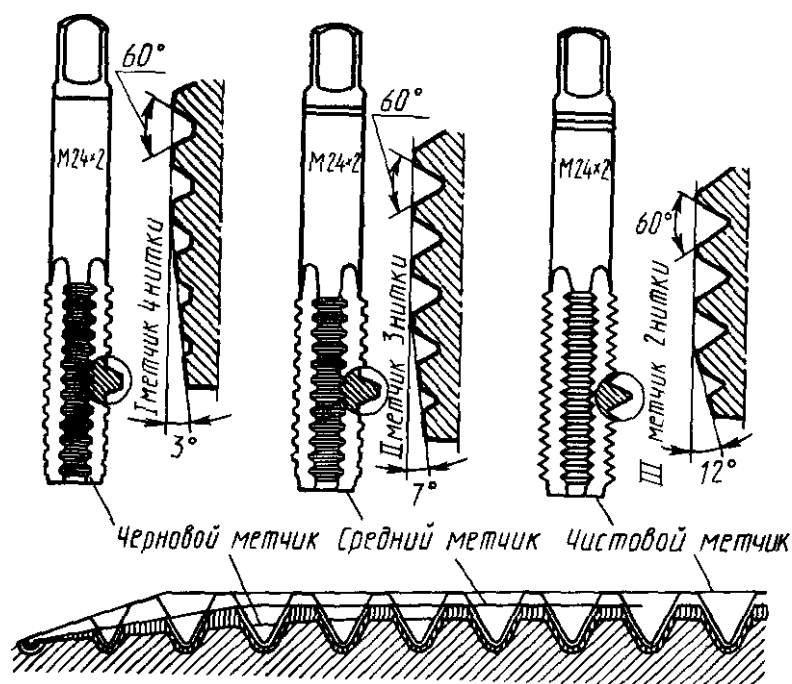


Рис. 6. Комплект ручных метчиков

#### 4. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

В отчете должны быть отражены разновидности резьб, элементы профиля и шаг резьбы, классификация и конструкция метчиков и плашек.

#### 5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие различают резьбы по профилю?
2. Дать определение угла профиля.
3. Что называется шагом резьбы?
4. Порядок подготовки детали и нарезание резьбы метчиком.
5. Порядок подготовки детали и нарезание резьбы плашкой.

#### 6. ИНСТРУКЦИОННАЯ КАРТА. НАРЕЗАНИЕ РЕЗЬБЫ МЕТЧИКАМИ И ПЛАШКАМИ

Оснащение рабочего места: верстак, тиски слесарные, метчики ручные, плашки круглые, вороток, плашкодержатель.

## **6.1. Подготовка отверстия для нарезания резьбы метчиком**

Отверстия под резьбу сверлятся, к точности которых высоких требований не предъявляют. Правильный выбор диаметра отверстия под резьбу в этом случае имеет особое значение, выбирается согласно таблицам справочника.

После подготовки отверстия приступают к нарезанию резьбы, для чего необходимо выбрать метчики в соответствии с требуемой резьбой по чертежу детали, закрепить заготовку в тисках, смазать рабочую часть чернового метчика маслом и вставить его заборной частью в отверстие строго по его оси (без перекоса), надеть на метчик вороток и, слегка нажимая левой рукой на метчик вниз (к заготовке), правой рукой вращать вороток по ходу часовой стрелки до врезания метчика в металл на несколько витков, пока его положение в отверстии не станет устойчивым; взяв вороток двумя руками, плавно вращать его по ходу часовой стрелки. После одного-двух оборотов необходимо сделать пол-оборота назад для дробления стружки и продолжать нарезание резьбы до полного входа рабочей части метчика в отверстие, вывернуть метчик обратным вращением из отверстия. Прорезать резьбу средним, а затем чистовым метчиком. Приемы нарезания резьбы в сквозных и глухих отверстиях указаны на рис. 4, *а* и *б*.

Качество резьбовой поверхности определяют внешним осмотром для обнаружения задиров, сорванных ниток. Точность резьбы проверяют резьбовыми калибрами-пробками (проходная пробка должна ввинчиваться, непроходная – не ввинчиваться). Резьбу в глухом отверстии проверяют ввертыванием контрольного болта (рис. 4, *в*, *г*).

## **6.2. Подготовка деталей для нарезания резьбы плашкой**

Подготавливая деталь для нарезания на ней резьбы плашкой, необходимо чисто обточить нарезаемый участок. Диаметр участка должен быть несколько меньше наружного диаметра резьбы (см. справочник). Конец нарезаемой детали на небольшой (2–3 мм) длине следует обработать на конус.



Подготовить инструмент к работе, для чего слегка отвернуть все винты на воротке (плашкодержателе), вставить плашку в гнездо воротка так, чтобы маркировка на плашке была наружу, а углубления располагались против стопорных винтов. Закрепить плашку стопорными винтами.

Закрепить стержень в тисках вертикально так, чтобы его конец выступал над губками тисков на 15...20 мм больше длины нарезаемой части, смазать конец стержня машинным маслом, наложить плашку на конец стержня так, чтобы маркировка была снизу, и, нажимая на корпус воротка ладонью правой руки, левой рукой вращать его за рукоятку по ходу часовой стрелки до полного врезания плашки, взяв вороток двумя руками, плавно вращать его по ходу часовой стрелки. После одного-двух оборотов необходимо сделать пол-оборота обратно, продолжать нарезание резьбы, обильно смазывая стержень маслом, снять плашку со стержня обратным вращением.

Качество резьбы проверяют внешним осмотром, а точность — калибрами — кольцами или контрольной гайкой (гайка должна навинчиваться легко, но без качения). На рис. 5 показаны приемы нарезания наружной резьбы круглыми (рис. 5, а) и раздвижными (рис. 5, б) плашками.

## **Лабораторное занятие № 6.**

### **ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ**

#### **1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ**

Изучить инструментальные материалы, их группы и свойства. Приобрести практические навыки по определению зависимости режимов резания и работоспособности режущего инструмента.

#### **2. ПОРЯДОК РАБОТЫ**

2.1. Изучить основные свойства инструментальных материалов.

2.2. Изучить группы инструментальных материалов.

2.3. Провести сравнительный анализ свойств инструментальных материалов.

2.4. Определить методы повышения износостойкости инструментов.

### **3. ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ**

#### **3.1. Свойства инструментальных материалов**

Эффективность работы режущего инструмента во многом определяется свойствами инструментального материала.

Основные свойства, которыми должен обладать материал для режущих инструментов – износостойкость и теплостойкость.

Условия работы инструментов зависят от режимов резания и свойств обрабатываемого материала. Чем больше скорость резания, сечение снимаемой стружки, а также прочность и вязкость обрабатываемого материала, тем выше температура нагрева режущей кромки инструментов. При этих условиях работоспособность инструментов определяется высокой «горячей» твердостью и способностью материала сохранять ее при длительном нагреве,

т. е. теплостойкостью. От теплостойкости материала, таким образом, зависит производительность резания.

По теплостойкости применяемые материалы подразделяются на следующие группы: углеродистые и низколегированные стали (до 200 °С), высоколегированные быстрорежущие стали (до 600–640 °С), твердые сплавы (до 800–1000 °С) и сверхтвердые материалы (до 1200 °С).

### **3.2. Углеродистые стали**

Углеродистые стали (ГОСТ 380-2005. Стали углеродистые, легированные и высоколегированные) производят качественными У7, У8...У13 и высококачественные У7А...У13А. Буква У в марке показывает, что сталь углеродистая, а число указывает среднее содержание углерода в десятых долях процента. Благодаря невысокой твердости в состоянии поставки (187–217 НВ) углеродистые стали хорошо обрабатываются резанием и деформируются, что позволяет применять накатку, насечку и другие высокопроизводительные методы изготовления из них инструментов.

Из-за низкой прокаливаемости (10–12 мм) углеродистые стали пригодны для мелких инструментов или инструментов с поперечным сечением до 25 мм с незакаленной сердцевиной, в которой режущая часть приходится на поверхностный слой (метчики, развертки, напильники и т. п.). Несквозная закалка уменьшает деформацию инструментов и повышает благодаря вязкой сердцевине их устойчивость к ударам и вибрациям.

Режущие инструменты (мелкие метчики, сверла, напильники, пилы, шаберы и др.) изготавливают из заэвтектоидных сталей У10, У11, У12 и У13. Их подвергают неполной закалке и низкому отпуску при 150–180 °С на структуру мартенсита с включениями цементита. Такие инструменты обладают повышенной износостойкостью и высокой твердостью (62–64 HRC) на рабочих гранях. Однако твердость сильно снижается при нагреве выше 200 °С. В связи с этим инструменты из этих сталей пригодны для обработки при небольших скоростях резания.

Углеродистые стали используют также для изготовления измерительных инструментов (калибры простой формы и невысоких классов точности) и небольших штампов холодной высадки и вытяжки, работающих при невысоких нагрузках.

Стали У7, У8, У9 обеспечивающие более высокую вязкость, применяют для инструментов, подвергающихся ударам: деревообрабатывающих, слесарных, кузнечных, а также пуансонов и матриц и др.

### **3.3. Низколегированные стали**

Низколегированные стали содержат до 5 % легирующих элементов (химический состав см. ГОСТ 5950-2000, ГОСТ 19265-73,), которые вводят для увеличения закаливаемости, прокаливаемости, уменьшения деформаций и опасности растрескивания инструментов. Хром – постоянный элемент низколегированных сталей. Для улучшения свойств в них дополнительно вводят марганец, кремний, вольфрам. Марганец (1–2 %) обеспечивает минимальное изменение размеров инструментов при закалке. Кремний (1–1,5 %) несколько повышает сопротивление отпуску и способствует образованию легко отделяющейся окалины. Вольфрам (1–5 %) повышает износостойкость. Из-за низкой теплостойкости низколегированные стали имеют практически одинаковые с углеродистыми сталями эксплуатационные свойства. Их применяют для инструментов, работающих при небольших скоростях резания, не вызывающих нагрева свыше 200–260 °С. В отличие от углеродистых эти стали меньше склонны к перегреву и позволяют изготавливать инструменты больших размеров и более сложной формы.

Сталь ХВ4 отличается особо высокой твердостью (67–69 HRC) и износостойкостью. Эту сталь называют алмазной и применяют для чистовой обработки твердых материалов.

Стали Х, 9ХС, ХВГ, ХВСГ относятся к сталям с глубокой прокаливаемостью. Сталь 9ХС в отличие от Х (1,5 % Cr) имеет повышенные эксплуатационные свойства; ее применяют для изготовления фрез, сверл, резьбонарезных и других инструментов с поперечным сечением до 35 мм. Недостаток стали 9ХС – склон-

ность к обезуглероживанию. Сталь ХВГ характеризуется малой деформацией при закалке. Применяют ее в основном для длинных стержневых инструментов (сверла, развертки, протяжки и т. п.) с поперечным сечением до 45 мм. Сложнолегированная сталь ХВСГ сочетает в себе лучшие качества сталей 9ХС и ХВГ; из нее изготавливают инструменты большого поперечного сечения (до 100 мм).

### 3.4. Быстрорежущие стали

К этой группе относятся высоколегированные стали, предназначенные для изготовления инструментов высокой производительности. Основное свойство этих сталей – высокая теплостойкость, которая обеспечивается введением большого количества вольфрама совместно с другими карбидообразующими элементами – молибденом, хромом, ванадием. Кобальт способствует увеличению теплостойкости.

В результате комплексного легирования инструменты из быстрорежущих сталей сохраняют высокую твердость до 560–640 °С и допускают в 2–4 раза более производительные режимы резания, чем инструменты из углеродистых и низколегированных сталей.

Быстрорежущие стали обозначают буквой Р, после которой стоит число, указывающее содержание (в процентах) вольфрама – основного легирующего элемента. ГОСТ 19265-73 предусматривает 14 марок быстрорежущих сталей, которые по эксплуатационным свойствам делятся на две группы: нормальной и повышенной производительности.

Группу сталей нормальной производительности образуют вольфрамовые (Р18, Р12, Р9) и вольфрамомолибденовые (Р6М3, Р6М5) стали, сохраняющие твердость не ниже 58 HRC до 620 °С. При одинаковой теплостойкости эти стали отличаются главным образом механическими и технологическими свойствами. Лучшей обрабатываемостью давлением и шлифуемостью, а также прочностью и вязкостью обладают стали Р6М3 и Р6М5. Стали Р9, Р9Ф5 плохо шлифуются из-за присутствия твердых карбидов ванадия.

К группе сталей повышенной производительности относятся стали, содержащие кобальт и повышенное количество ванадия (Р6М5К5, Р9М4К8, Р18К5Ф2). Они превосходят, стали первой группы по теплостойкости (630–640 °С), твердости (>64 HRC) износостойкости, но уступают им по прочности и пластичности. Стали повышенной производительности предназначены для обработки высокопрочных сталей, коррозионно-стойких и жаропрочных сталей с аустенитной структурой и других труднообрабатываемых материалов. Наиболее широкое применение имеет сталь Р6М5. Разрабатываются безвольфрамовые быстрорежущие стали.

Режущие свойства некоторых видов инструментов (фасонные резцы, сверла, фрезы, протяжки и др.) дополнительно улучшают созданием на неперетачиваемых поверхностях тонкого слоя (10–50 мкм) нитридов и карбонитридов. Такой слой характеризуется высокой твердостью и износостойкостью.

Для структуры деформированных быстрорежущих сталей характерна карбидная неоднородность, которая отрицательно влияет на эксплуатационную стойкость инструментов, способствует выкрашиванию рабочих кромок. Эффективный способ устранения такого структурного дефекта – изготовление порошковых быстрорежущих сталей Р6М5Ф3–МП, Р12М3К5Ф2–МП и др. (ГОСТ 28393-89).

Повышение структурной однородности сопровождается улучшением шлифуемости, ударной вязкости, прочности при изгибе. Инструмент из порошковых быстрорежущих сталей также подвергают закалке и трехкратному отпуску.

### **3.5. Порошковые твердые сплавы**

К порошковым твердым сплавам относятся материалы, состоящие из высокотвердых и тугоплавких карбидов вольфрама WC, титана TiC, тантала TaC, соединенных металлической связкой (порошком кобальта Co).

Твердые сплавы изготавливают порошковой технологией. Увеличение содержания связки вызывает снижение твердости, но повышение прочности и вязкости. Твердые сплавы производят в

виде пластин, которыми оснащают резцы, сверла, фрезы и другие режущие инструменты. Такие инструменты сочетают высокую твердость 85–92 HRA (74–76 HRC) и износостойкость с высокой теплостойкостью (800–1000 °С). По своим эксплуатационным свойствам они превосходят инструменты из быстрорежущих сталей и применяются для резания с высокими скоростями.

Твердые сплавы характеризуются также высоким модулем упругости (до  $6,8 \times 10^5$  МПа) и пределом прочности на сжатие (до 6000 МПа), их недостатки – сложность изготовления фасонных изделий и высокая хрупкость.

В зависимости от состава карбидной основы твердые сплавы выпускают трех групп.

Первую (вольфрамовую) группу составляют сплавы системы WC+Co. Их маркируют буквами ВК и числом, показывающим содержание кобальта в процентах. Эта группа характеризуется наибольшей прочностью, но более низкой твердостью, теплостойкость до 800 °С.

Сплавы ВК3–ВК8 применяют для режущих инструментов при обработке материалов, дающих прерывистую стружку (чугуны, цветные металлы, фарфор, керамика и т. п.).

Сплавы ВК10 и ВК15, обладающие из-за повышенного содержания кобальта более высокой вязкостью, используют для долот и буровых инструментов, стойкость которых в десятки раз превышает стойкость стальных инструментов. Сплавы с высоким содержанием кобальта (ВК20 и ВК25) применяют для изготовления штамповых инструментов.

Вторую (титановольфрамовую) группу образуют сплавы системы TiC+WC+Co. Их маркируют буквами Т и К, а также числами, показывающими процентное содержание карбидов титана и кобальта.

Сплавы второй группы (Т15К6, Т5К10 и др.) характеризуются более высокой теплостойкостью (900–1000 °С), которая повышается по мере увеличения количества TiC. Их наиболее широко применяют для высокоскоростного резания сталей.

Третью (титанотанталовольфрамовую) группу образуют сплавы системы TiC+TaC+WC+Co. Число, стоящее в марке после букв ТТ, обозначает суммарное процентное содержание карбидов

TiC+TaC, а после буквы К – количество кобальта в процентах. Сплавы отличаются большей прочностью и лучшей сопротивляемостью вибрациям и выкрашиванию. Их применяют при более тяжелых условиях резания (черновая обработка стальных слитков, отливок, поковок), при черновой обработке с большими сечениями срезаемого слоя, при работе с ударами (строгание, фрезерование).

### 3.6. Сверхтвердые материалы

Сверхтвердые материалы широко применяют для оснащения (вставками) лезвийных инструментов (резцы, сверла, торцовые фрезы). Такие инструменты используют для чистовой размерной обработки при высоких скоростях резания (100–200 м/мин и более).

Среди сверхтвердых материалов первое место принадлежит алмазу, твердость которого в 6 раз превосходит твердость карбида вольфрама и в 8 раз – твердость быстрорежущей стали. Преимущественное применение имеют синтетические алмазы (борт, баллас, карбонадо) поликристаллического строения, которые по сравнению с монокристаллами отличаются меньшей хрупкостью и стоимостью. Алмаз теплостоек до 800 °С (при большем нагреве он графитизируется). Относительно небольшая теплостойкость компенсируется его высокой теплопроводностью, снижающей разогрев режущей кромки инструментов при высоких скоростях резания.

Область применения алмазных инструментов ограничивается высокой адгезией к железу, что является причиной его низкой износостойкости при точении сталей и чугунов. Алмазным инструментом обрабатывают цветные металлы и их сплавы, а также пластмассы, керамику, обеспечивая при этом низкую шероховатость поверхности.

Большой универсальностью обладают инструменты из поликристаллического нитрида бора BN с кубической решеткой, называемого кубическим нитридом бора. В зависимости от технологии получения кубический нитрид бора выпускают под названием: эльбор, эльбор-Р, боразон.



Кубический нитрид бора по твердости не уступает алмазу, но превосходит его по теплостойкости (1200 °С) и химической инертности. Высокоскоростное точение закаленных сталей можно заменить шлифованием, сокращая в 2–3 раза время обработки и обеспечивая низкую шероховатость поверхности.

#### **4. ИНСТРУКЦИОННАЯ КАРТА ПО ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ**

1. Определить по маркировке инструментов тип инструментального материала.

2. По маркировке инструментального материала, определить для каких работ применяется инструмент.

3. Выбрать режимы резания согласно инструментальному материалу.

4. Согласовать с учебным мастером выбранные режимы резания.

5. Обработать предложенную учебным мастером деталь.

#### **5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

5.1. Какие требования предъявляются к инструментальным материалам?

5.2. Что называется теплостойкостью?

5.3. Что называется износостойкостью?

5.4. Какие инструменты изготавливают из углеродистых сталей?

5.5. Особенности низколегированных сталей.

5.6. Чем обеспечивается высокая теплостойкость быстро-режущих сталей?

5.7. Какие группы твердых сплавов вы знаете?

5.8. В каких случаях применяют инструмент из сверхтвердых материалов?

5.9. Какие сверхтвердые материалы вы знаете?

## **Лабораторное занятие № 7.**

### **ФРЕЗЕРНЫЕ СТАНКИ**

#### **1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ**

Цель данной работы – ознакомить студентов с группой фрезерных станков, с их основными частями, кинематикой и обучить работе на фрезерных станках.

#### **2. ФРЕЗЕРНЫЕ СТАНКИ**

Эта группа станков получила широкое применение на машиностроительных заводах. На них можно обрабатывать поверхности различного профиля: плоские, фасонные, прорезать пазы, канавки прямые и винтовые, нарезать зубчатые колеса (методом копирования) и др.

К фрезерным станкам относятся: горизонтальные и вертикальные, продольные, карусельные, барабанные, копировальные, шпоночно-фрезерные и др.

##### **2.1. Горизонтальные и вертикальные фрезерные станки**

Фрезерные станки делятся на горизонтальные и вертикальные в зависимости от расположения оси шпинделя. На рис. 1.1 показан внешний вид консольного горизонтального фрезерного станка.

Шпиндель 1 расположен горизонтально и получает вращение. Стол 5 смонтирован на каретке 6, которая, в свою очередь, смонтирована на консоли 7. Стол может перемещаться в направлении своей продольной оси, в поперечном (вместе с кареткой) и вертикальном направлениях (вместе с консолью). Если стол имеет поворотную часть вокруг вертикальной оси (на  $+45^\circ$ ), то такие станки называются универсальными. На них можно обрабатывать винтовые поверхности.

На вертикальных фрезерных станках шпиндель расположен вертикально (рис. 1.2). Такие станки снабжены шпиндельной го-

ловкой 2, которая может поворачиваться вокруг горизонтальной оси. Вертикальные фрезерные станки консольного типа строят обычно на базе горизонтальных фрезерных станков.

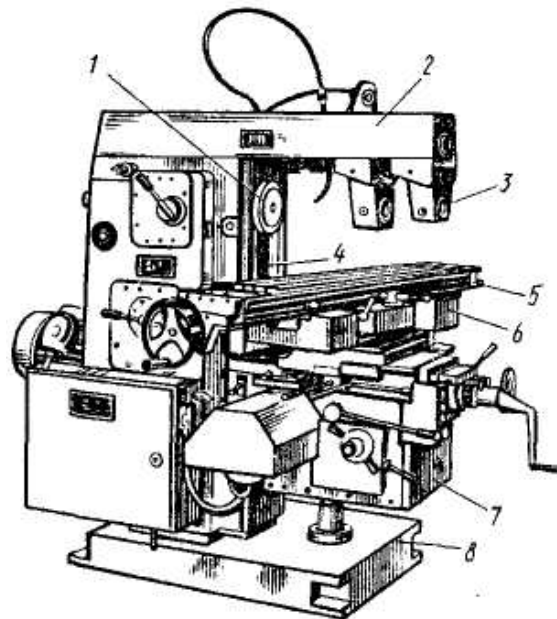


Рис. 1.1. Горизонтально-фрезерный станок: 1 – шпиндель; 2 – хобот; 3 – подвеска; 4 – станина; 5 – стол; 6 – каретка; 7 – консоль; 8 – фундаментная плита

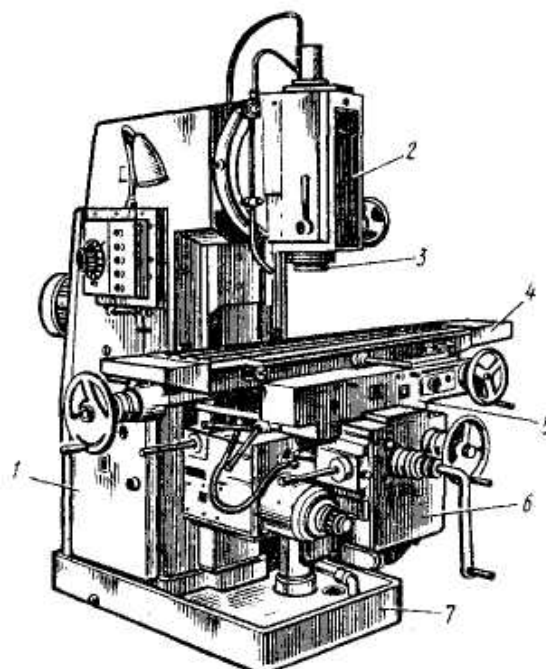


Рис. 1.2. Вертикально-фрезерный станок: 1 – станина; 2 – шпиндельная головка; 3 – шпиндель; 4 – стол; 5 – каретка; 6 – консоль; 7 – фундаментная плита

Отличие их состоит в том, что на них отсутствует хобот и несколько изменена конструкция верхней части станины, позволяющая устанавливать поворотную шпиндельную головку.

В коробке скоростей добавляются зубчатые колеса для передачи вращения вертикально расположенному шпинделю. В некоторых конструкциях вертикальных фрезерных станков шпиндельная головка не имеет поворотной части. Остальные узлы и механизмы такие же, как и в горизонтальных станках.

Наряду с консольными фрезерными станками выпускаются бесконсольные (с крестовым столом) (рис. 1.3). Шпиндельная головка 1 поворотная. Стол 3 может перемещаться в продольном и поперечном направлениях. Обычно такие станки применяются для обработки больших деталей. Особенности конструкции этих станков – отсутствие консоли, наличие массивной станины 4 и стойки 2, повышенные жесткость, мощность и быстроходность, червячно-реечный привод подачи стола. Все это обеспечивает высокую точность и качество обработки при повышенных режимах резания.

Промышленностью выпускаются также широкоуниверсальные фрезерные станки. Эти станки имеют два шпинделя – горизонтальный и вертикальный.

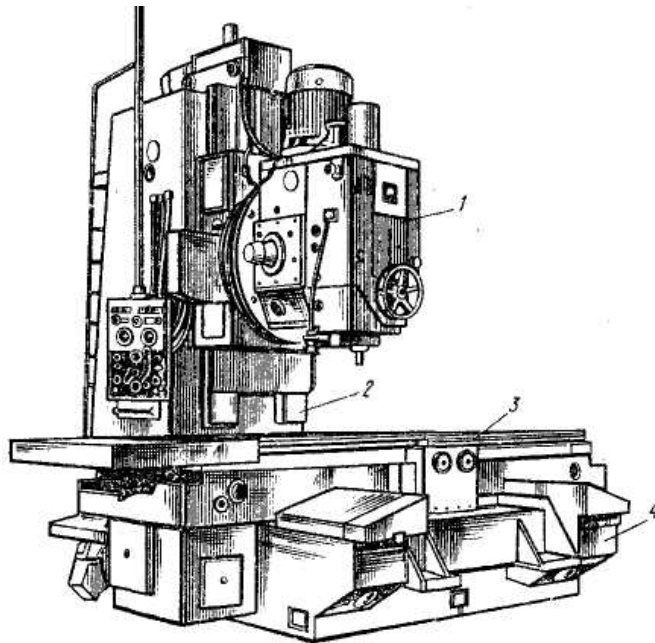


Рис. 1.3. Бесконсольный фрезерный станок: 1 – шпиндельная головка; 2 – стойка; 3 – стол; 4 – массивная станина

## 2.2. Широкоуниверсальный фрезерный станок 6Т80Ш повышенной точности

Он предназначен для выполнения разнообразных фрезерных работ: фрезерование плоскостей, торцовых поверхностей, скосов, пазов и других – на деталях небольших габаритов разнообразной конфигурации из стали, чугуна, цветных металлов и пластмасс цилиндрическими, дисковыми и торцовыми фрезами.

В приводе подач стола имеется предохранительная муфта, которая срабатывает при доходе стола до жесткого упора.

Станок имеет устройство автоматического торможения шпинделя. Основные узлы и органы управления станка показаны на рис. 1.4.

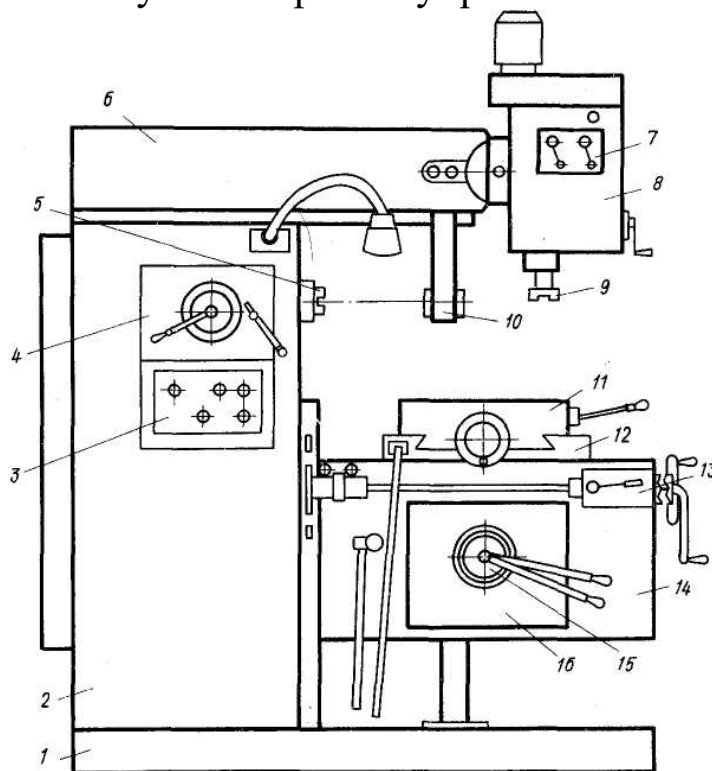


Рис. 1.4. Внешний вид станка мод. 6Т80Ш: 1 – фундаментная плита; 2 – станина; 3 – кнопочная станция; 4 – механизм переключения частот вращения горизонтального шпинделя; 5 – горизонтальный шпиндель; 6 – хобот; 7 – механизм переключения частот вращения вертикального шпинделя; 8 – шпиндельная головка; 9 – вертикальный шпиндель; 10 – подвеска; 11 – стол; 12 – поперечные салазки; 13 механизм включения вертикальной подачи; 14 – консоль; 15 – механизм переключения подач; 16 – коробка подач

Кинематическая схема станка приведена на рис. 1.6.

Горизонтальный шпиндель получает 12 частот ( $50 \dots 2240 \text{ мин}^{-1}$ ) вращения от электродвигателя М1 через клиноременную передачу и коробку скоростей. Требуемая частота вращения устанавливается переключением подвижных блоков зубчатых колес коробки скоростей. График частот вращения горизонтального шпинделя показан на рис. 1.5. Из графика наглядно видно, посредством каких зубчатых передач обеспечивается нужная частота вращения шпинделя.

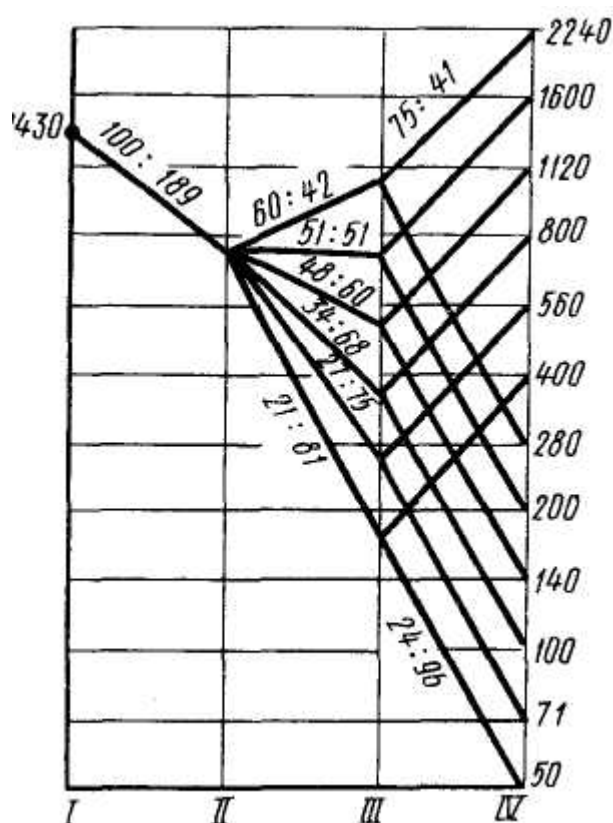


Рис. 1.5. График частот вращения горизонтального шпинделя

Вертикальный шпиндель смонтирован в поворотной шпиндельной головке с выдвижной пинолью, что позволяет производить фрезерование наклонных поверхностей деталей. Он также получает 12 частот вращения ( $56 \dots 2500 \text{ мин}^{-1}$ ) от электродвигателя М2 через клиноременную передачу с двумя ступенями шкивов и коробку передач с кулачковыми муфтами (рис. 1.5).

Шпиндельная головка может поворачиваться вручную в продольном направлении  $+45^\circ$ , в поперечном – к станине  $30^\circ$ , от

станины  $45^\circ$ . После поворота она крепится к хоботу специальным зажимом. Привод подач смонтирован в консоли и получает движение от фланцевого электродвигателя МЗ. Стол получает 18 подач. Продольные и поперечные 20...1000 мм/мин, вертикальные 10...500 мм/мин. Эти движения могут осуществляться вручную или механически и имеют блокировку. Требуемая величина подачи устанавливается перемещением подвижных блоков зубчатых колес коробки подач двухрукоятчным механизмом. Движение от электродвигателя МЗ передается через вал V, зубчатые колеса  $z = 46-78$ ,  $z = 35-93$  вала VII, с которого посредством тройного подвижного блока  $z = 60-64-35$  движение передается на вал VI, который получает три частоты вращения. С вала VI вращение передается на вал VIII через тройной подвижный блок  $z = 60-55-26$ . В итоге вал VIII получает девять частот вращения, которые могут передаваться на вал IX двумя путями. Как показано на схеме, движение будет передаваться через зубчатые колеса  $z = 18-72$ ,  $z = 30-60-60$ . Если колесо  $z = 60$  вала VIII сдвинуть влево, то его зубчатый венец внутреннего зацепления включится с колесом  $z = 18$  и тогда с вала VIII на вал IX будет передано еще девять частот вращения. С вала IX движение передается на соответствующий ходовой винт – подачи. Уравнение кинематического баланса минимальной продольной подачи будет:

$$S_{np.min} = 1370 \cdot \frac{46}{78} \cdot \frac{35}{93} \cdot \frac{26}{64} \cdot \frac{26}{64} \cdot \frac{18}{72} \cdot \frac{30}{60} \cdot \frac{37}{44} \cdot \frac{48}{38} \cdot \frac{17}{24} \cdot \frac{28}{28} \cdot 6 = 20 \text{ мм/мин} \quad (1)$$

Реверсирование подач осуществляется двусторонними кулачковыми муфтами, которые включаются соответствующими рукоятками по мнемоническому правилу.

Ускоренное перемещение стола (продольное и поперечное – 3,35 м/мин, вертикальное – 1,7 м/мин) осуществляется от электродвигателя МЗ через вал – V, зубчатые колеса  $z = 46-78$ ,  $z = 35-93-27$  на вал IX. Для включения ускоренного движения включают электромагнитную муфту  $M_x$  кнопкой, расположенной на каретке стола. Благодаря наличию муфты обгона ( $M_o$ ) ускоренное движение осуществляется без отключения механизма коробки подач. Предохранительная муфта  $M_2$  служит для предотвращения поломки механизма подач при его перегрузке.





крепления заготовок некоторые столы имеют встроенный пневматический или гидравлический привод. Столы могут поворачиваться вручную или механически. Для механического привода круглых столов в механизме подачи станка имеется специальный валик. На некоторых фрезерных станках вращение столу передается от ходового винта продольной подачи.

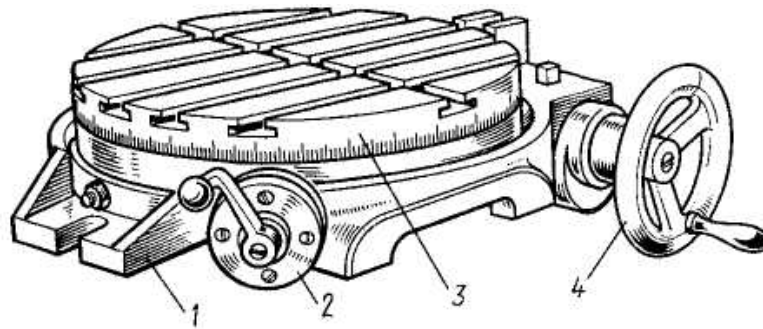


Рис. 1.7. Поворотный стол: 1 – основание; 2 – пневмокран; 3 – стол; 4 – маховик

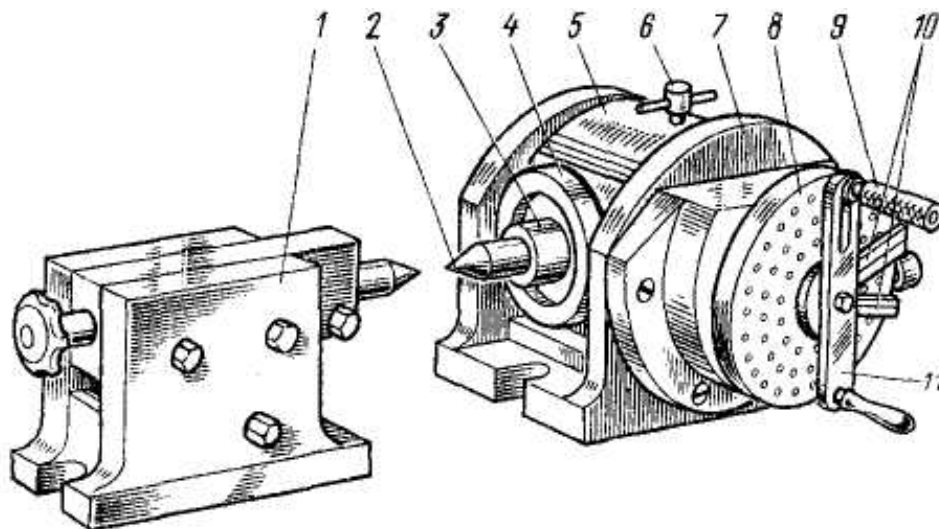


Рис. 1.8. Универсальная делительная головка: 1 – задний центр; 2 – центр головки; 3 – шпиндель; 4 – диск непосредственного деления; 5 – корпус; 6 – стопор; 7 – основание; 8 – делительный диск; 9 – фиксатор; 10 – раздвижной сектор; 11 – рукоятка

Поворотные столы позволяют обрабатывать фасонные поверхности, вести непрерывное фрезерование, фрезерование

Т-образных круговых пазов и др. На консольных и широкоуниверсальных фрезерных станках широкое применение получили делительные головки. Их используют для установки обрабатываемой детали под требуемым углом, периодического поворота детали вокруг ее оси (деление) и для непрерывного вращения заготовки при обработке винтовых поверхностей.

С помощью делительных головок можно фрезеровать зубчатые колеса, грани головок болтов, гаек, спиральные канавки сверл, зенкеров и др. Основной размер делительных головок – наибольший диаметр устанавливаемой заготовки. Головки выпускаются шести типоразмеров: 160, 200, 250, 320, 400 и 500 мм. Бывают головки непосредственного деления, универсальные и оптические. На головках непосредственного деления угол поворота шпинделя отсчитывают по диску, имеющему 12 делений, позволяющему делить на 2, 3, 4, 6 и 12 равных частей. Чаще всего применяют универсальные делительные головки (см. рис. 1.8), которые позволяют производить непосредственное, простое и сложное (дифференциальное) деление и сообщать вращение заготовке при фрезеровании винтовых канавок. Для отсчета угла поворота шпинделя можно пользоваться диском 4 с делениями через  $1^\circ$ . Такой способ деления называют непосредственным.

Простое деление (рис. 1.9, а) осуществляют при неподвижном диске 3, скрепленном с корпусом защелкой 4. На диске с двух сторон просверлены отверстия (с равномерным шагом) по концентрическим окружностям под фиксатор 1. Рукоятка 2 с фиксатором может перемещаться в радиальном направлении. Шпиндель вращают рукояткой (при выведенном фиксаторе 1) через зубчатые колеса  $z_1$ – $z_2$ ,  $z_3$ – $z_4$ . Для деления заготовки на части шпиндель необходимо повернуть на  $\frac{1}{z}$  оборота. Требуемое число  $n$  оборотов рукоятки определяют из уравнения:

$$\frac{1}{z} = n \cdot \frac{z_1}{z_2} \cdot \frac{z_3}{z_4}. \quad (2)$$

В большинстве головок  $\frac{z_1}{z_2} = 1$ ,  $\frac{z_3}{z_4} = \frac{1}{40}$ .

Тогда  $n = \frac{1}{z} \cdot \frac{z_4}{z_3} = \frac{N}{z}$ . Передаточное отношение от шпинделя к рукоятке  $N = \frac{z_4}{z_3}$  называют характеристикой делительной головки. Простой способ применяют, когда  $N$  делится на  $z$  без остатка.

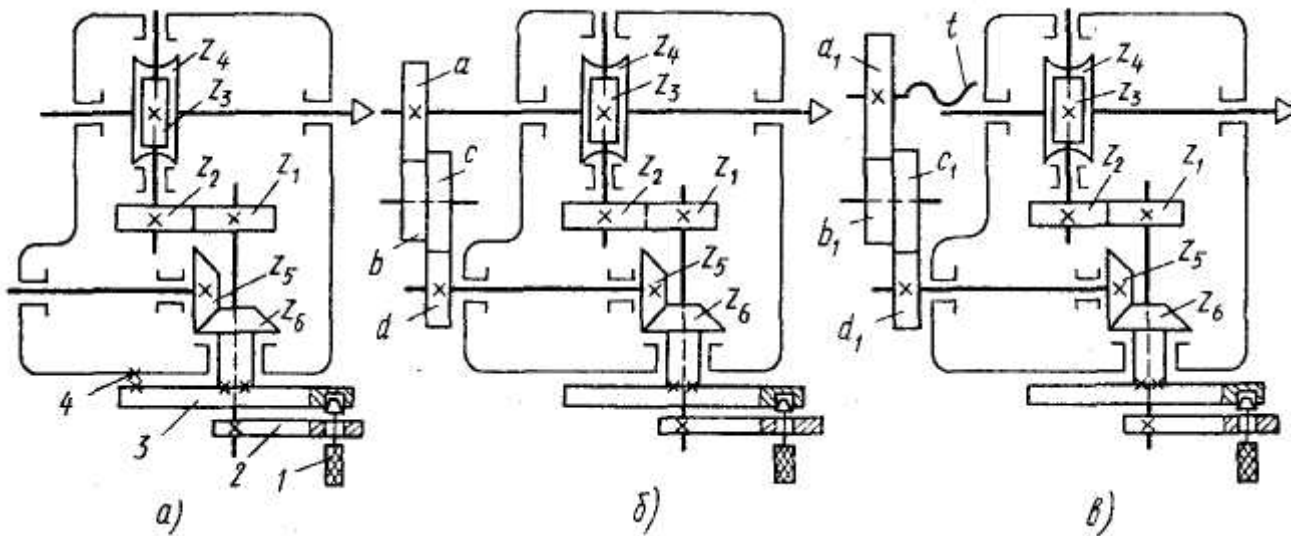


Рис. 1.9. Кинематические схемы делительной головки:  
1 – фиксатор; 2 – рукоятка; 3 – диск; 4 – защелка

Если не делится без остатка, то применяют дифференциальное деление (рис. 1.9, б). Подбирают число  $z_0$ , близкое к  $z$  (больше или меньше), которое делится простым способом. При этом деление производят аналогично простому делению, но на вращающемся (расфиксированном) диске. Последний получает вращение от шпинделя через сменные зубчатые колеса  $a - b, c - d, z_5 - z_6$ . Требуемое число оборотов рукоятки при этом будет представлять алгебраическую сумму поворота рукоятки относительно диска и поворота самого диска:

$$\frac{N}{z} = \frac{N}{z_0} \pm \frac{1}{z} \cdot i, \quad (3)$$

где  $\frac{N}{z}$  – требуемый поворот рукоятки;  $\frac{N}{z_0}$  – поворот рукоятки относительно диска;  $\frac{1}{z} \cdot i$  – поворот диска;  $i$  – передаточное отношение сменных зубчатых колес от шпинделя к диску,  $\frac{z_5}{z_6} = 1$ .

Из приведенного выражения следует

$$i = \frac{N}{z_0} (z - z_0) . \quad (4)$$

При  $z_0 > z$  – диск должен вращаться в сторону вращения рукоятки; при  $z_0 < z$  – в противоположную. Для изменения направления вращения диска в гитаре устанавливается паразитное колесо.

Настройка головки для фрезерования винтовых канавок (рис. 1.9, в). При этом заготовку устанавливают в центрах головки и ее задней бабки, которые закреплены на столе станка. Стол поворачивается на угол наклона винтовой линии канавки. Ему сообщают продольную подачу. Шпиндель головки получает вращение от ходового винта продольной подачи. Если обозначить шаг винтового винта  $t$ , шаг спирали  $T$ , уравнение кинематического баланса между ходовым винтом и шпинделем головки будет:

$$\frac{T}{t} \cdot \frac{a_1}{b_1} \cdot \frac{c_1}{d_1} \cdot \frac{z_5}{z_6} \cdot \frac{z_1}{z_2} \cdot \frac{z_3}{z_4} = 1. \quad (5)$$

$$\frac{z_5}{z_6} = 1; \frac{z_1}{z_2} = 1; \frac{z_3}{z_4} = \frac{1}{40}. \text{ Тогда } \frac{a_1}{b_1} \cdot \frac{c_1}{d_1} = \frac{40 \cdot t}{T}.$$

Оптические головки применяют для особо точного деления, для контроля выполненных делений и при нанесении шкал.

### 2.3. Продольно-фрезерные станки

Предназначены для обработки крупногабаритных деталей. Они бывают одно- и двухстоечные. На рис. 1.10 показан двухстоечный продольно-фрезерный станок. На станине 1 смонтированы стойки 3 и 8, которые скреплены сверху балкой 6. По направляющим стоек может перемещаться траверса 4. На траверсе установлены две фрезерные головки 5 и 7 с вертикальными шпинделями. Головки могут перемещаться по направляющим траверсы.

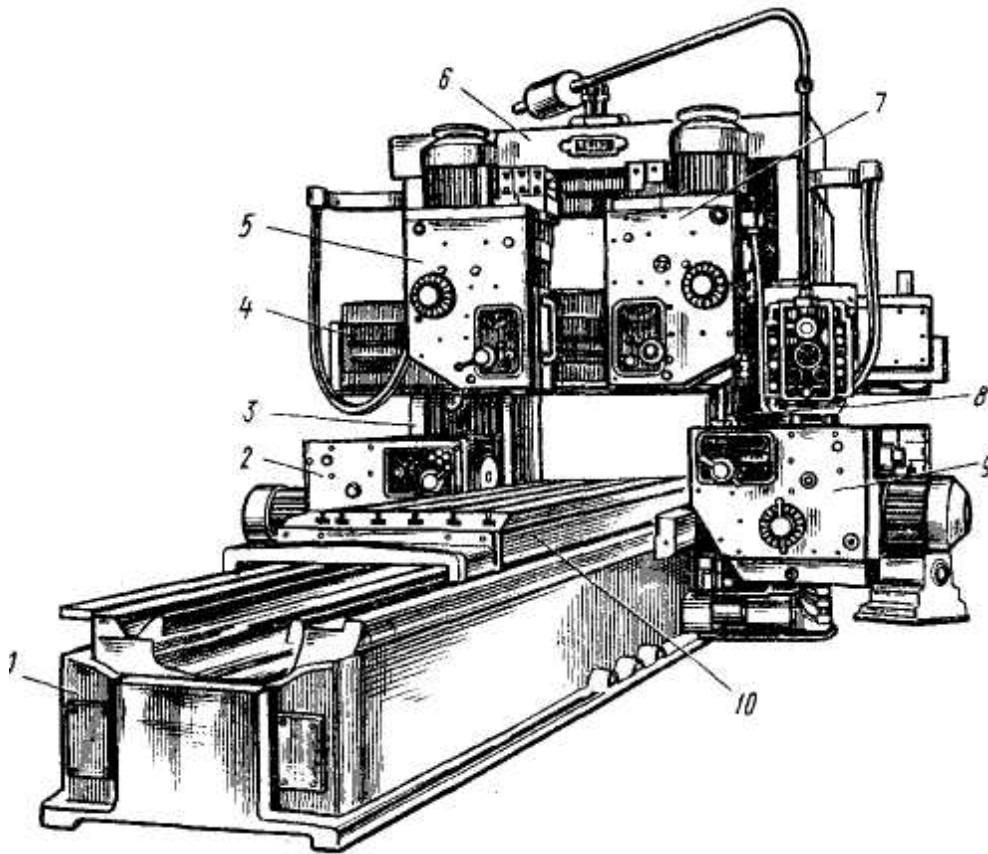


Рис. 1.10. Продольно-фрезерный станок: 1 – станина; 2 – левая горизонтальная шпиндельная головка; 3 – левая стойка; 4 – траверса; 5 – левая вертикальная поворотная шпиндельная головка; 6 – балка; 7 – правая вертикальная поворотная шпиндельная головка; 8 – правая стойка; 9 – правая горизонтальная шпиндельная головка; 10 – стол

На направляющих стойках смонтированы две горизонтальные шпиндельные головки 2 и 9. Фрезерные головки поворотные. Обрабатываемая деталь закрепляется на столе 10 и получает только продольное перемещение, что является особенностью этих станков.

Главным движением на станке является вращение шпинделей. Каждая фрезерная головка имеет индивидуальный привод. Во время работы станка траверса зажимается на стойках. Гильзы шпинделей имеют осевое перемещение, что необходимо для точной установки фрез относительно обрабатываемых поверхностей. Движение вертикальной подачи боковых (горизонтальных) головок осуществляется от одного регулируемого электродвигателя, а

подача вертикальных головок — от индивидуальных регулируемых электродвигателей. Перемещение траверсы осуществляется от самостоятельного привода.

## 2.4. Карусельно-фрезерные и барабанно-фрезерные станки

Карусельно-фрезерные (рис. 1.11) и барабанно-фрезерные (рис. 1.12) станки называют станками непрерывного действия.

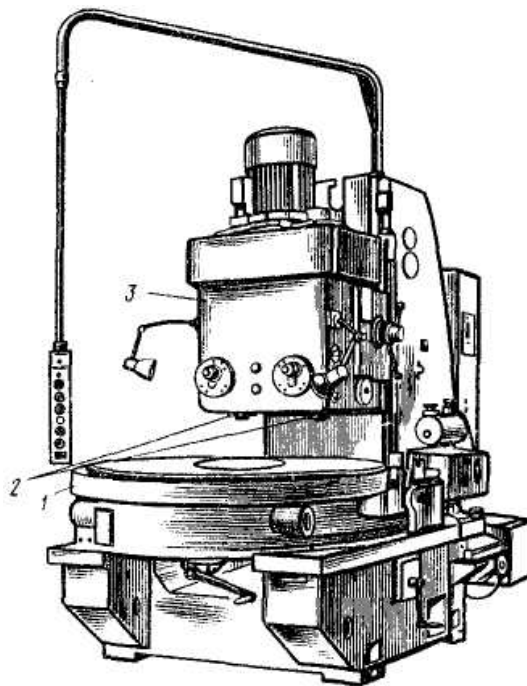


Рис. 1.11. Внешний вид карусельно-фрезерного станка:  
1 — стол; 2 — шпиндель; 3 — фрезерная головка

Процесс обработки на них осуществляется при непрерывном вращении обрабатываемых деталей.

Карусельно-фрезерный станок имеет круглый стол 1, ось которого расположена вертикально. Обрабатываемые детали закрепляют на столе, который получает медленное непрерывное вращение. Фрезы устанавливают в двух шпинделях 2 фрезерной головки 3. Одной фрезой осуществляют черновое фрезерование, а другой — чистовое. Шпиндели получают вращение от электродвигателя через коробку скоростей. Вращение стола осуществляется от самостоятельного привода. Снятие готовых деталей и установку новых заготовок производят в загрузочной позиции без

остановки станка, чем достигается значительное сокращение вспомогательного времени и повышение производительности обработки.

Барабанно-фрезерные станки применяют для одновременной обработки двух параллельных торцовых плоскостей небольших корпусных деталей, торцов валов и др.

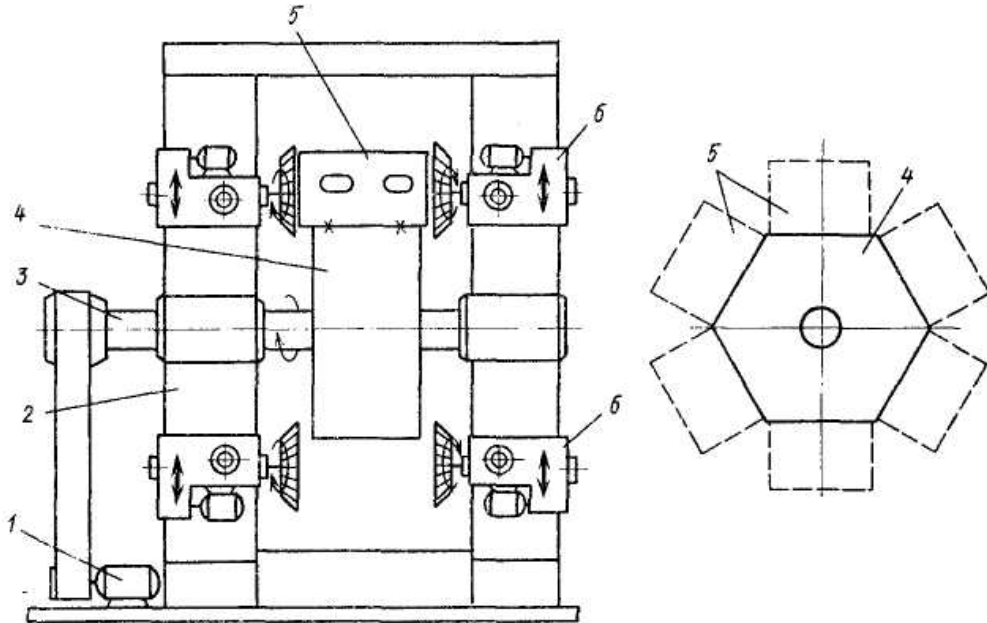


Рис. 1.12. Принципиальная схема барабанно-фрезерного станка:  
1 – электродвигатель; 2 – стойки; 3 – вал; 4 – барабан;  
5 – заготовка; 6 – фрезерная головка

Особенностью конструкции этой разновидности станков является наличие шестигранного барабана диаметром 500...2000 мм, ось которого расположена горизонтально.

На рис. 1.12 приведена принципиальная схема барабанно-фрезерного станка. На гранях барабана 4 закрепляют заготовки 5 и сообщают ему медленное вращательное движение (движение подачи). Барабан закреплен на валу 3. Каждая из двух торцовых поверхностей заготовки обрабатывается последовательно двумя фрезерными головками 6, установленными на стойках 2. Верхние головки предназначены для чернового фрезерования, нижние – для чистового. Фрезерные головки могут перемещаться по направляющим стоек и закрепляться в требуемой позиции. Глубина фрезерования устанавливается осевым перемещением гиль-

зы шпинделя. Требуемая частота вращения барабана и фрез настраивается сменными колесами. Снятие готовой детали и установка новой заготовки производятся без остановки станка. Вращение барабана 4 осуществляется от электродвигателя 1.

## 2.5. Копировально-фрезерные станки

Копировально-фрезерные станки предназначены для обработки фасонных поверхностей деталей типа кулачков, шаблонов, матриц, пресс-форм, штампов, лопаток турбин, сложных корпусов и др. Обработка ведется по копирам (шаблонам), в большинстве случаев в масштабе 1:1, по отношению к размерам обрабатываемых деталей.

Принцип работы копировально-фрезерного станка состоит в том, что перемещение исполнительного механизма станка (с фрезой) должно быть строго согласовано с перемещением чувствительного элемента (щупа, наконечника) копировального устройства, ощупывающего профиль копира. Поэтому одним из основных элементов в устройствах копировально-фрезерных станков является следящий привод. По принципу действия следящие приводы бывают гидравлические, механические, электрические и электрогидравлические.

На рис. 1.13 изображена принципиальная схема гидравлического следящего привода фрезерного станка. На столе 1 закреплены копир 8 и заготовка 2. В контакте с копиром находится ролик следящего золотника 6, а фреза 3 в контакте с заготовкой. Золотник закреплен на фрезерной бабке 4, которая связана со штоком цилиндра 5. При сообщении столу продольной (задающей) подачи от электродвигателя 9 плунжер золотника будет получать перемещение вверх (по схеме) под действием копира или вниз под действием пружины. При этом масло под давлением от насоса 7 будет поступать в соответствующую полость цилиндра и фрезерная бабка будет перемещаться в ту же сторону и на ту же величину, как и плунжер золотника. Противоположная полость цилиндра соединяется со сливом.



После фрезерования одной полоски (строки) в конце продольного хода стола (в момент реверса) стол получает поперечную подачу на ширину строки и цикл фрезерования повторяется.

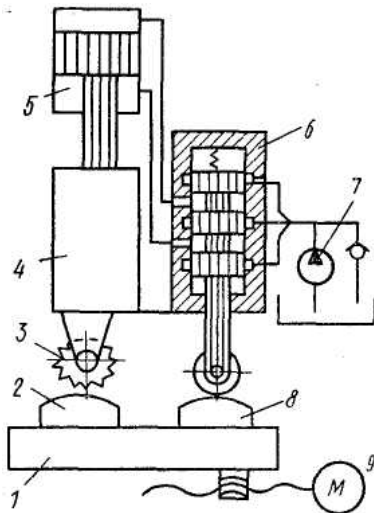


Рис. 1.13. Принципиальная схема гидравлического следящего привода фрезерного станка:

1 – стол; 2 – заготовка;  
3 – фреза; 4 – фрезерная бабка;  
5 – шток цилиндра; 6 – следящий золотник; 7 – гидронасос;  
8 – копир; 9 – электродвигатель

Для выполнения легких фрезерных работ, например, прессформ из пластмассы, резины, гравирование надписей, узоров на штемпелях, табличках, панелях, лимбах, шкалах и др., применяют пантографные копировально-фрезерные станки. На рис. 1.14 показан копировально-фрезерный станок с пантографом.

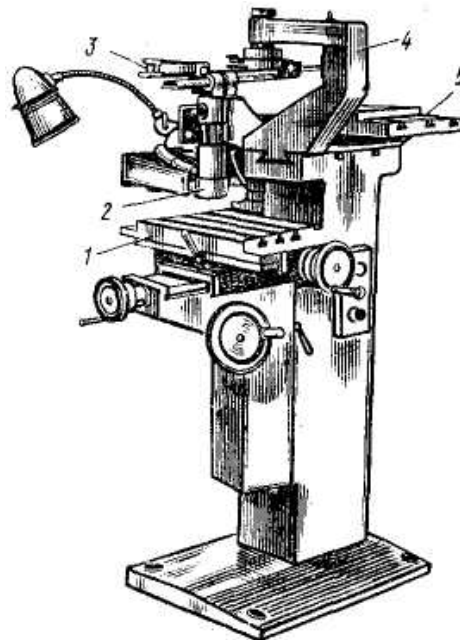


Рис. 1.14. Копировально-фрезерный станок с пантографом:

1 – стол; 2 – шпиндель; 3 – пантограф; 4 – рычаг;  
5 – копировальный стол

Обрабатываемая деталь закрепляется на столе 1, фреза – в шпинделе 2. Копир устанавливается на столе 5. Одно плечо пантографа 3 соединено со шпинделем, а другое – со щупом (трейсером). Пантограф одним шарниром монтируется на стойке 4. На рис. 1.15 показана схема пантографа. Он представляет собой четырехзвенный механизм (шарнирный параллелограмм). Посредством шарнира 7 пантограф устанавливается на стойке станка. На плече 3 закрепляется шпиндель 2. Деталь 1 крепится на столе детали, а копир 5 – на столе копира. На конце рычага 4 крепится щуп 6. При перемещении щупа по копиру шпиндель инструмента будет описывать геометрически подобную фигуру на обрабатываемой поверхности. Масштаб копирования можно менять, изменяя отношения плеч  $l$  и  $l_1$ .

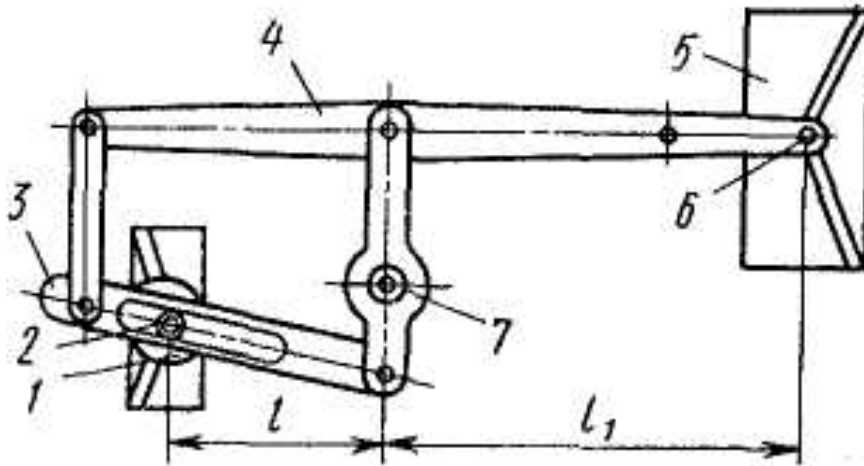


Рис. 1.15. Схема пантографа: 1 – стол; 2 – шпиндель; 3 – плечо; 4 – рычаг; 5 – копир; 6 – щуп; 7 – шарнир

На рис. 1.16 показан внешний вид копировально-фрезерного станка мод. ЛР397ФЗ с ЧПУ, предназначенного для обработки деталей пространственно-сложной формы: пресс-форм, матриц, штампов и др.

На станке можно выполнять фрезерные, сверлильные и расточные операции, а также готовить управляющие программы для фрезерных станков с ЧПУ. Станок отличается повышенной жесткостью. Он оснащен комбинированными направляющими – качения (роликовые) и скольжения (фторлоновые наклейки с закаленной сталью). Приводы подач осуществляются от высокомоментных двигателей посредством шариковых винтовых пар.

Предусмотрены механизированный зажим режущего инструмента, гидроуравновешивание шпиндельной бабки, централизованная смазка. На столе 1, осуществляющем продольную подачу, установлена стойка 2 для закрепления обрабатываемой детали и копира. На шпиндельной бабке 3 расположено трехкоординатное измерительно-управляющее устройство 4 с копировальным прибором индуктивного типа.

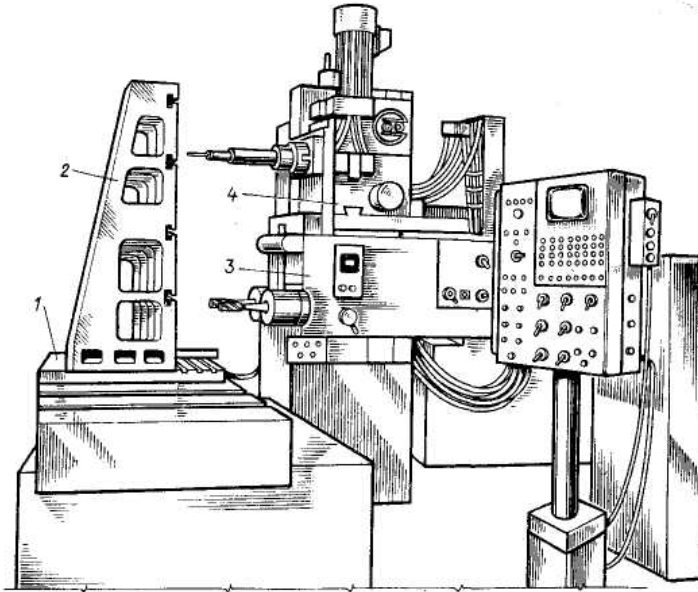


Рис. 1.16. Внешний вид копировально-фрезерного станка мод. ЛР397ФЗ: 1 – стол; 2 – стойка; 3 – шпиндельная бабка; 4 – трехкоординатное измерительно-управляющее устройство

Станок снабжен быстродействующим следящим приводом, системой ЧПУ, двухшпиндельной и ускорительной головками, транспортером для уборки стружки. Станок может вести обработку по модели (копирования); в режиме программного управления по управляющей программе (УП); запись программы – по копиру, с последующей обработкой детали на этом же или на других станках с ЧПУ; компенсацию ошибок копировальной системы в процессе записи программы; запись управляющей программы по одному копиру для обработки нескольких деталей, отличающихся от копира масштабом отдельно по каждой оси; ввод УП с перфоленты, от ЭВМ верхнего уровня или вручную с пульта управления; редактирования УП: измерение отклонения размеров детали от эталона и др. Станок обеспечивает отклонение от круглости при строчечной обработке по копиру – не более

0,12 мм; по программе, записанной с копира, – не более 0,14 мм, отклонение от круглости при контурной обработке по копиру – не более 0,08 мм; по программе, записанной с копира, – не более 0,1 мм, шероховатость обработанной поверхности  $Ra = 3,2$  мкм.

Наибольшая частота вращения шпинделя  $31,5...2500 \text{ мин}^{-1}$ , наибольшая частота быстровращающегося шпинделя  $4600 \text{ мин}^{-1}$ . Рабочая подача в режиме копирования –  $6,3...1000 \text{ мм/мин}$ , в режимах управления с пульта и записи программы  $1,6...2500 \text{ мм/мин}$ , в режимах работы по УП и измерения –  $1...3000 \text{ мм/мин}$ ; периодическая подача  $0,08...100 \text{ мм/ход}$ , скорость быстрого хода –  $6000 \text{ мм/мин}$ , мощность главного привода  $5,5 \text{ кВт}$ .

### **3. ИНСТРУКЦИОННАЯ КАРТА ПО ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ**

3.1. Получить задание у учебного мастера по настройке станка на требуемую частоту вращения шпинделя и скорость движения продольной и поперечной подач.

3.2. Настроить станок вместе с учебным мастером, выбирая оптимальные режимы резания, которые оказывают большое влияние на работу режущего инструмента, производительность и качество обработки.

3.3. Провести обработку детали по выбранным режимам резания.

3.4. Изучить и усвоить условные обозначения элементов кинематических цепей.

3.5. Составить уравнение кинематического баланса.

### **4. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1. Классификация движений фрезерных станков.
2. Какое движение является движением резания?
3. Какое устройство называется кинематической парой?
4. Что называют кинематической цепью?
5. Что называется передаточным отношением?
6. Назначение зубчатой передачи.
7. Назначение винтовой передачи.
8. Последовательность настройки кинематических цепей.

## Лабораторное занятие № 8.

# СТРОГАНИЕ И ДОЛБЛЕНИЕ

## 1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Изучить теоретические основы, особенности и условия применения таких операций обработки резанием, как строгание и долбление. Освоить практические навыки выполнения различных строгальных и долбежных работ на станке.

## 2. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О СТРОГАНИИ И ДОЛБЛЕНИИ

**Строгание и долбление** – виды операций обработки резанием, применяемых для получения на заготовке (рис. 1) плоскостей 1, фасонных канавок 2 и уступов 3. При строгании получаемые элементы ориентированы горизонтально (рис. 1, а), а при долблении – вертикально (рис. 1, б).

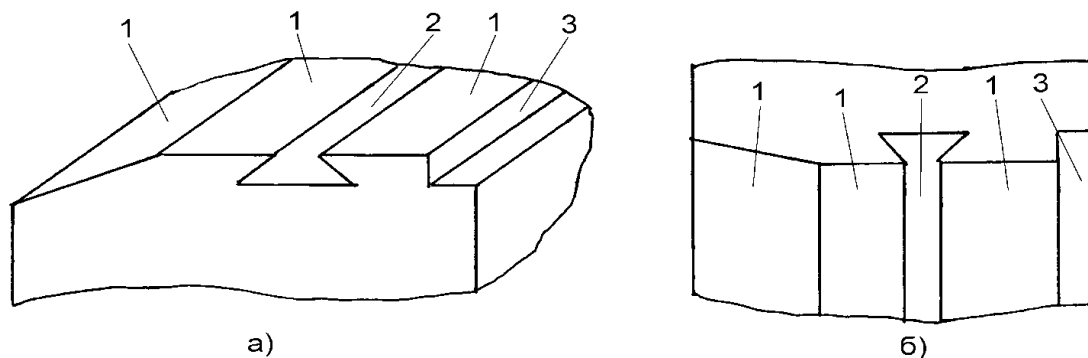


Рис. 1. Элементы, получаемые строганием и долблением

Движения формообразования при строгании и долблении. Главное движение  $V$  при строгании (рис. 2, а) – возвратно-поступательное перемещение инструмента в горизонтальном направлении; при долблении (рис. 2, б) – аналогично в вертикальном направлении. Движение подачи – одно из двух возможных направлений поступательного перемещения заготовки. При строгании возможны вертикальная  $S_v$  или поперечная  $S_n$  подачи;

при долблении соответственно продольная  $S$  или поперечная  $S_n$  подачи.

При работе инструмент срезает материал только при перемещении в одну сторону (рис. 3) при рабочем ходе  $V_{p.x}$ , при обратном перемещении на холостом ходе  $V_{x.x}$  резания не происходит. В начале и конце хода инструмент выходит из контакта с заготовкой, таким образом, ход инструмента удлиняется на величину врезания  $l_v$  и перебега  $l_n$ . Для уменьшения ненужного трения инструмента на холостом ходе он отводится от заготовки специальным устройством станка.

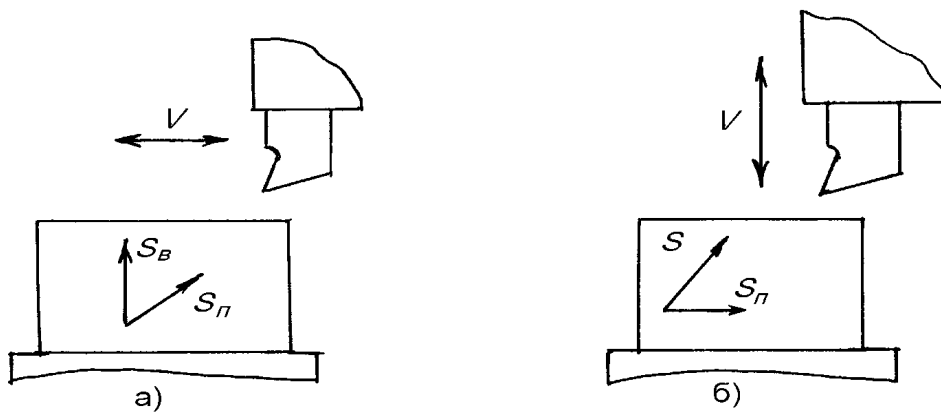


Рис. 2. Движения формообразования

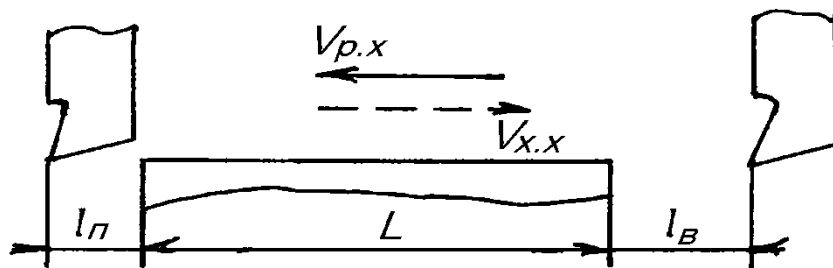


Рис. 3. Ход инструмента при работе

Наличие врезания, перебега и холостого хода инструмента приводит к потере времени при обработке. Подача при обработке производится сразу на определенную величину в начале рабочего хода, когда инструмент не касается заготовки. Врезание инструмента на рабочем ходе происходит на всю толщину среза и сопровождается ударной нагрузкой, что заставляет снижать режим резания для предотвращения быстрой его поломки.

Вследствие этого, операции строгания и долбления имеют низкую производительность и применяются в единичном и мелкосерийном производстве. В серийном, крупносерийном и массовом типах производства они заменяются более производительными методами – фрезерованием и протягиванием.

Также как большинство операций обработки лезвийным инструментом, строгание и долбление применяются в основном для получистовой обработки с точностью размеров по 9–13 квалитетам и шероховатостью  $R_z = 40\text{--}80\text{ мкм}$ . Существуют разновидности чистового строгания с достигаемой точностью по 7–8 квалитету и шероховатостью обработанной поверхности  $R_z = 6,3\text{--}10\text{ мкм}$ .

На рис. 4 приведена схема обработки горизонтальной плоскости «на проход» строганием с поперечной подачей.

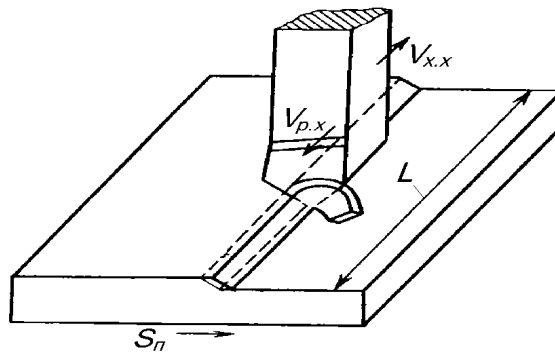


Рис. 4. Схема строгания плоскости

### 3. ОБОРУДОВАНИЕ

Обработка строганием и долблением производится на поперечно-строгальных (рис. 5), продольно-строгальных (рис. 6) и долбежных (рис. 7) металлорежущих станках.

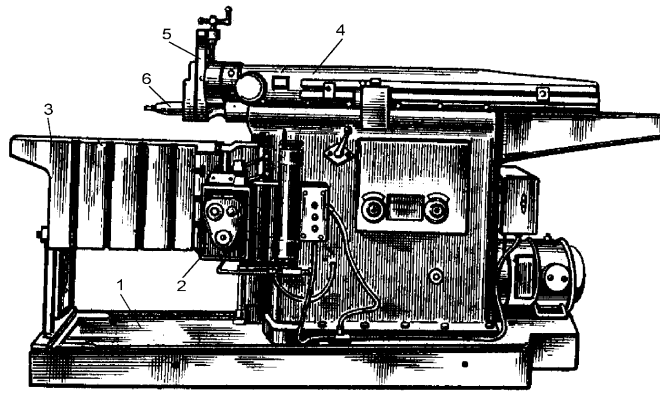


Рис. 5. Поперечно-строгальный станок

Поперечно-строгальный станок применяется при длине обработки не более 1000 мм. Его основные части: станина 1, поперечина 2, стол 3, ползун 4, суппорт 5 и резцедержатель 6.

Ползун обеспечивает движение резания, перемещаясь возвратно-поступательно относительно станины. Суппорт имеет самостоятельный привод наклонной подачи, применяемый для обработки пазов и уступов с поднутрениями. Резцедержатель служит для крепления инструмента. Стол предназначен для установки заготовки. Перемещаясь относительно поперечины, стол обеспечивает поперечную подачу заготовки. Поперечина в свою очередь обеспечивает вертикальную подачу заготовки, перемещаясь относительно станины.

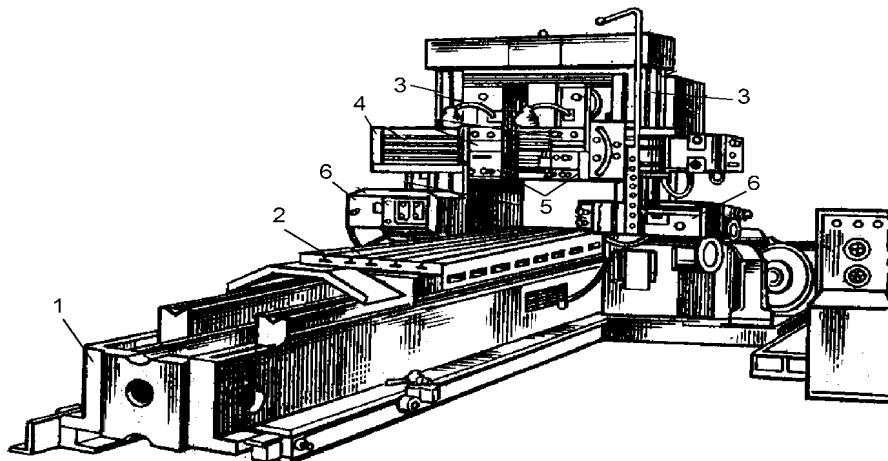


Рис. 6. Продольно-строгальный станок

Продольно-строгальный станок применяется при длинах обработки, больших 1000 мм. Его основные части: станина 1, стол



2, стойки 3, траверса 4, верхние суппорты с резцедержателями 5 и боковые суппорты с резцедержателями 6. В данном станке применена обратная схема обработки, когда движение резания сообщается столу с заготовкой, который возвратно-поступательно перемещается относительно станины; а движения подачи – инструменту, закрепленному в резцедержателях суппортов. Для расширения технологических возможностей станок оснащен двумя верхними и двумя боковыми суппортами. Боковые суппорты установлены на стойках и имеют самостоятельные привода вертикальной и поперечной подачи. Верхние суппорты установлены на траверсе и имеют только самостоятельный привод поперечной подачи за счет перемещения по траверсе. Вертикальная подача верхних суппортов осуществляется перемещением траверсы по стойкам.

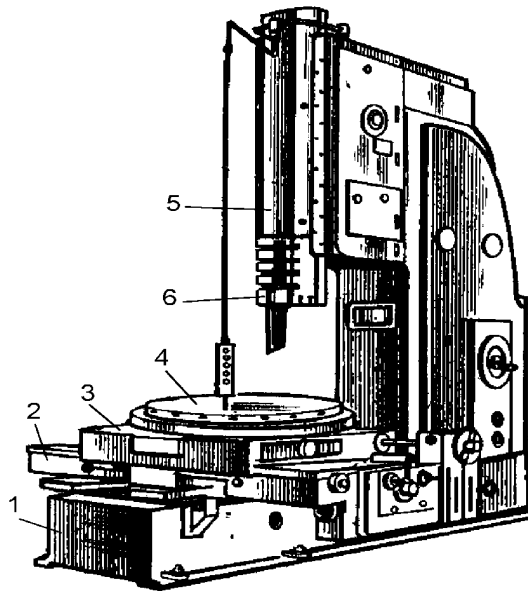


Рис. 7. Долбежный станок

Основные части долбежного станка: станина 1, поперечные салазки 2, продольные салазки 3, стол 4, ползун 5 и резцедержатель 6. Ползун сообщает резцедержателю с инструментом движение резания, перемещаясь возвратно-поступательно относительно станины. Поперечные салазки обеспечивают поперечную подачу стола, перемещаясь относительно станины. Продольные салазки обеспечивают продольную подачу стола, перемещаясь относительно поперечных салазок. Круговой стол предназначен для

установки заготовки. Для обработки пазов и шлицев в отверстиях стол имеет возможность поворота вокруг своей оси.

#### 4. ИНСТРУМЕНТ

В качестве инструмента при строгании и долблении используются соответственно строгальные и долбежные резцы. Их конструкция во многом подобна токарным резцам, но имеются и особенности. Все строгальные и долбежные резцы стержневые, то есть имеют державку прямоугольного ( $B \times H$ ) сечения. Вследствие ударной нагрузки державки по сравнению с токарными резцами имеют большее сечение.

Строгальный резец в отличие от токарного (рис. 8, а) имеет помимо режущей 1 и присоединительной 3 частей промежуточную часть 2. Долбежный резец (рис. 8, б) имеет увеличенную высоту режущей части относительно державки ( $H_p > H$ ), это предотвращает касание обработанной поверхности державкой резца. Также у долбежного резца по сравнению с токарным меняются местами главная задняя и передняя поверхности.

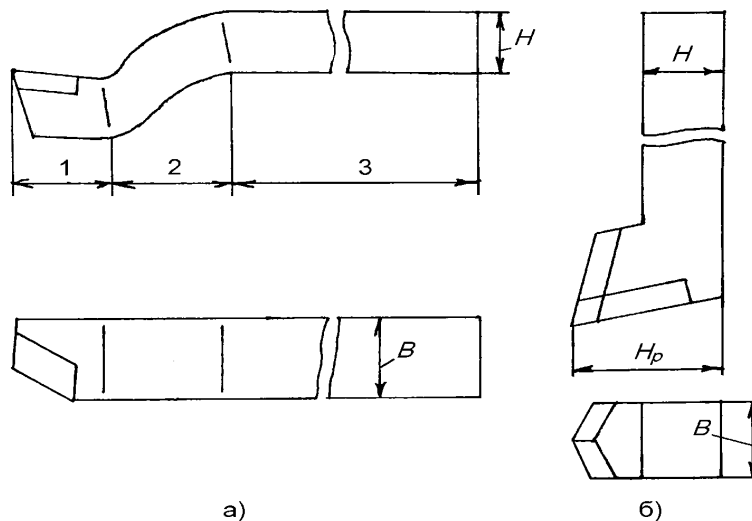


Рис. 8. Строгальный и долбежный резцы

Наличие у строгального резца промежуточной части нужно для предотвращения явления «подрыва». При работе прямым резцом (рис. 9, а) под действием сил резания резец изгибается по дуге радиуса  $R$  вокруг точки  $O$  на опорной плоскости державки.

При изгибе резца глубина резания увеличивается, что вызывает дальнейший рост силы резания и дальнейший изгиб резца. Такой резец работает с сильными вибрациями, быстро затупляется и сильно снижает чистоту и точность обработанной поверхности. Наличие у резца промежуточной части (рис. 9, б), выводящей вершину резца на уровень опорной плоскости державки, позволяет этого избежать.

Геометрия строгальных и долбежных резцов аналогична токарным. На рис. 10 приведен пример геометрии строгального резца. Конкретные величины углов берутся с учетом ударной нагрузки на резце.

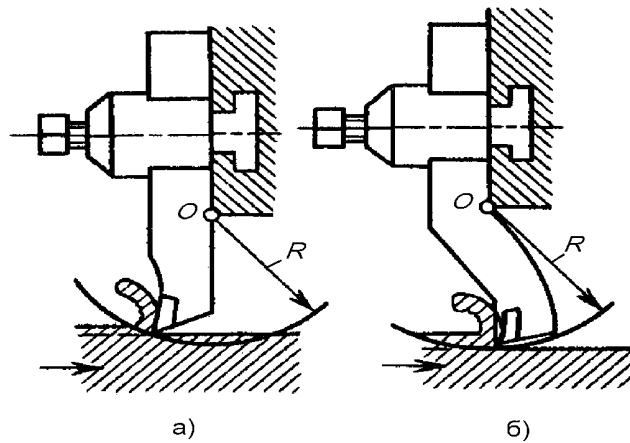


Рис. 9. Явление «подрыва» при строгании

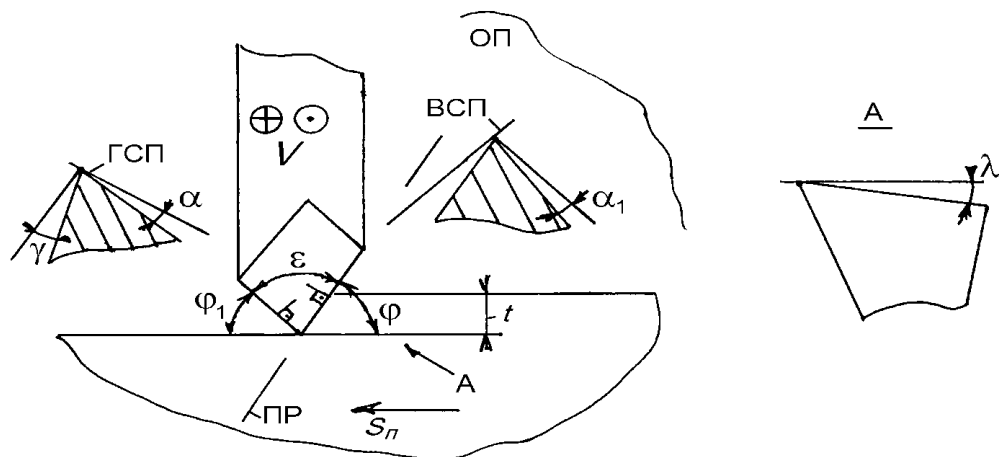


Рис. 10. Геометрия строгального резца

Классификация строгальных и долбежных резцов также аналогична токарным резцам; они подразделяются:

- по конструкции режущей части на цельные, с напаянной режущей пластиной и с механическим креплением режущей пластины;
- по направлению подачи на правые, левые и работающие на врезание;
- по расположению режущей части относительно державки на прямые, отогнутые, изогнутые и оттянутые;
- по назначению: на проходные (рис. 11, а), упорные (рис. 11, б), подрезные (рис. 11, в), канавочные (рис. 11, г), фасонные (рис. 11, д), чистовые (рис. 11, е).

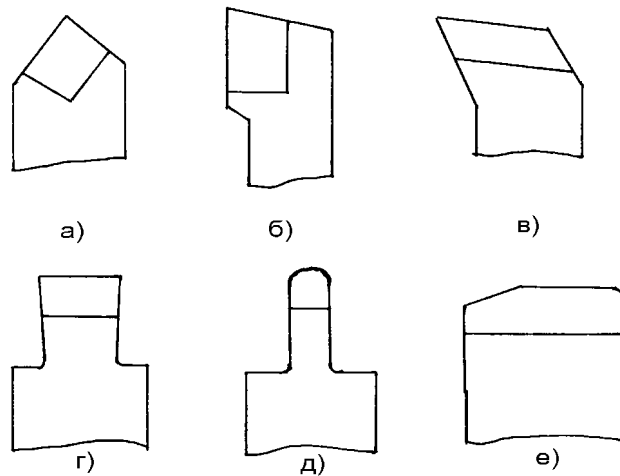


Рис. 11. Виды строгальных и долбежных резцов

## 5. НАЛАДКА СТАНКА

**Наладка** – установка инструмента и заготовки на станке, а также выверка их взаимного расположения. Заготовка при строгании и долблении устанавливается и закрепляется на столе станка. В столе станка 1 (рис. 12) выполнены Т-образные пазы 2, в которые вставляются специальные болты. Резьбовые части этих болтов 3, выступающие над плоскостью стола позволяют крепить к нему специальные приспособления, которые в свою очередь закрепляют заготовку. Крупные заготовки 4 помещают на стол и крепят прихватами 5, прижимающими заготовку к плоскости стола и не дающими ей сдвигаться при обработке. Если заготовка располагается на столе неустойчиво, под нее помещают специальные подкладки типа призм и т. п. Мелкие заготовки зажимают в тисках, прикрепленных к столу станка.

При строгании и долблении производится выверка заготовки, то есть установка связи базовых элементов заготовки и станка. Базовыми элементами станка являются:

- верхняя плоскость стола;
- боковая плоскость стола;
- Т-образные пазы в столе станка;
- направление движения резания.

На рис. 13 приведены примеры выверки заготовки. Инструмент крепится в резцедержателе станка (рис. 14). Резец 1 вставляется в окно 2 резцедержателя 3 и крепится болтом 4.

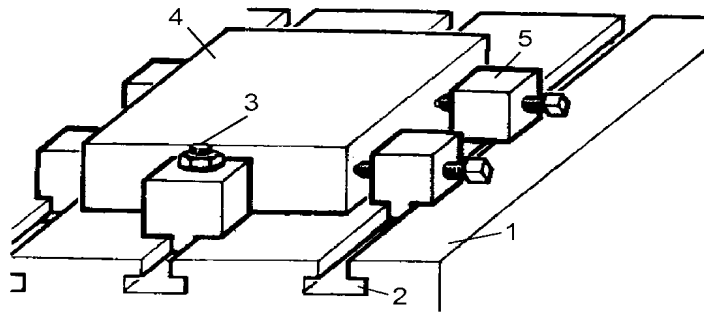


Рис. 12. Закрепление заготовки прихватами

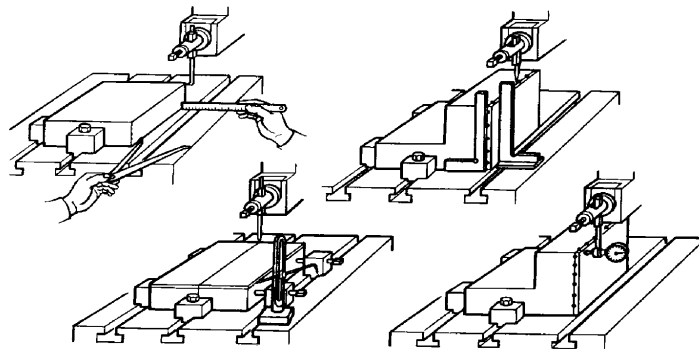


Рис. 13. Выверка заготовки

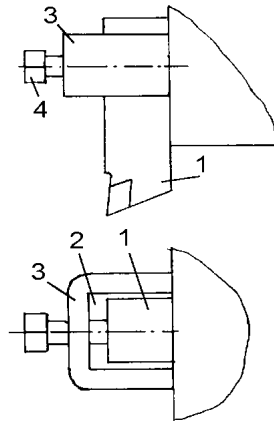


Рис. 14. Закрепление инструмента

## 6. НАСТРОЙКА СТАНКА

**Настройка станка** – установка всех необходимых параметров движений станка. При строгании и долблении настраиваются:

- число двойных ходов ползуна (стола) в минуту  $K$ , дв.ход/мин;
- величина подачи в миллиметрах на двойной ход  $S$ , мм/дв.ход;
- длина хода ползуна (стола) (рис. 15, а);
- место хода ползуна (стола) (рис. 15, б).

Число двойных ходов и величина подачи указаны в технологической карте обработки. Длина хода определяется по длине обрабатываемой поверхности с учетом перебега и врезания инструмента. Место хода настраивается по закрепленной заготовке.

В настоящее время существуют различные модели строгальных и долбежных станков. Расположение и принцип работы органов настройки сильно зависят от конкретной модели станка и поэтому здесь не рассматриваются.

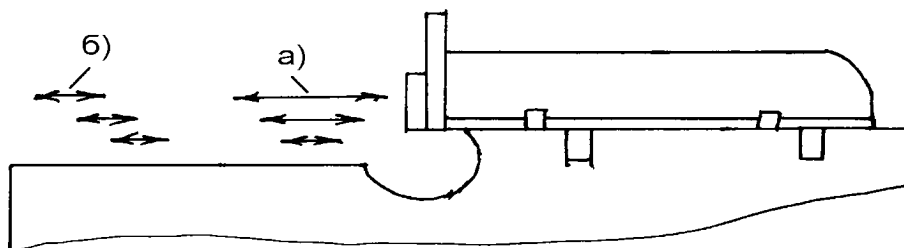


Рис. 15. Длина и место хода ползуна

## 7. РАБОТА НА СТАНКЕ

Перед работой на станке необходимо ознакомиться с расположением следующих органов его управления:

- рукоятки настройки числа двойных ходов;
- рукоятки настройки величины подачи;
- устройства настройки длины и места хода ползуна (стола);
- маховики ручных перемещений рабочих органов станка;
- лимбы для отсчета величин перемещений;
- рукоятки включения привода быстрых перемещений рабочих органов (если имеются);
- рукоятки включения привода подач;
- рукоятки включения привода движения резания.

Произвести установку и закрепление заготовки и ее выверку, если необходимо. Установить и зажать инструмент. Настроить все необходимые параметры движений станка. Включить привод движения резания. Вручную перемещая инструмент или заготовку, привести их в соприкосновение. Контролируя перемещение инструмента или заготовки по лимбу, установить нужную глубину резания.

Включить привод подачи и следить за обработкой поверхности. Если резец на холостом ходе задевает о заготовку, издавая скрежет, значит, вышел из строя механизм отвода инструмента; работать на таком станке нельзя, так как резец быстро затупится.

В процессе работы резец изнашивается, при достижении определенной степени износа нужно прекратить обработку и сменить резец. Признаки критического износа резца:

- специфический свист при рабочем ходе;
- появление на обработанной поверхности блестящих полос смятого материала;
- сильные вибрации резца при рабочем ходе;
- низкое качество обработанной поверхности.

После того, как вся поверхность обработана, выключается привод подачи. Резец отводится от заготовки приводом ручного перемещения. Привод движения резания выключается. Производить обработку при строгании и долблении, перемещая инструмент или заготовку вручную нельзя.

## **8. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1. Для обработки каких поверхностей применяется строгание и долбление?
2. В каких типах производства целесообразно применять строгание и долбление?
3. Чем отличается строгание от долбления?
4. Какие движения подачи возможны при долблении?
5. Назвать основные части долбежного станка.
6. Назвать разновидности строгальных станков.
7. Что является движением резания в продольно-строгальном станке?
8. Назовите конструктивные особенности строгальных и долбежных резцов.
9. Назовите виды строгальных и долбежных резцов по назначению.
10. Каким образом устанавливается и закрепляется заготовка на станке?
11. Какие параметры настраиваются при строгании и долблении?
12. Назовите признаки износа инструмента при работе.

## **9. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ**

1. Студенты под руководством преподавателя изучают теоретический материал.
2. Преподаватель контролирует усвоение материала студентами путем устного опроса с использованием вопросов п. 8. По результатам опроса ставится отметка – материал студентом усвоен полностью, частично или не усвоен.
3. Студенты под руководством учебного мастера знакомятся с оборудованием. Мастер показывает органы настройки и управления станком, демонстрирует работу станков на холостом ходу.
4. Мастер выдает студентам технологические карты обработки, заготовки, приспособления и инструмент.
5. Студенты производят наладку и настройку станков.



6. После проверки мастером правильности подготовки станка к работе студенты производят обработку заготовки согласно технологической карте.

7. По завершении обработки студенты снимают со станков заготовки, приспособления и инструмент и передают их мастеру.

8. Мастер проверяет соответствие обработанной детали требованиям чертежа и ставит отметку – работа выполнена студентом полностью, частично или не выполнена.

## Лабораторное занятие № 9.

### ПРОТЯГИВАНИЕ

#### 1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Изучить теоретические основы, особенности и условия применения протягивания как одной из операций обработки резанием. Освоить практические навыки выполнения различных протяжных работ на станке.

#### 2. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ПРОТЯГИВАНИИ

Протягивание представляет собой вид обработки резанием, связанный с применением специального инструмента – протяжки. Протягиванием могут быть получены:

- горизонтальные и вертикальные плоскости;
- наружные фасонные канавки линейного вида;
- внутренние поверхности (отверстия) фасонного профиля.

Примеры фасонных профилей, получаемых протягиванием, приведены на рис. 1.

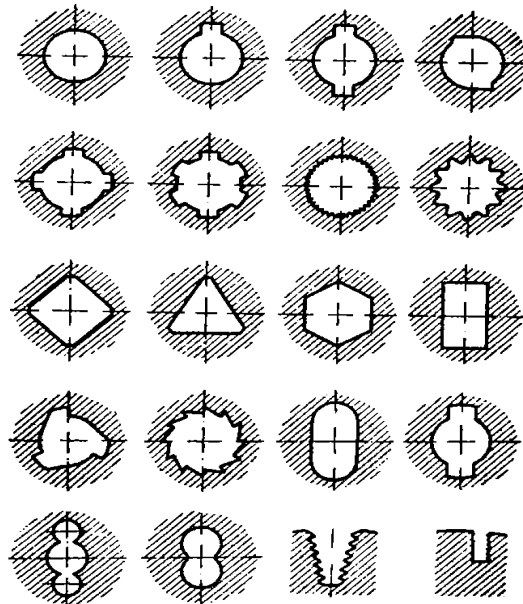


Рис. 1. Фасонные профили, получаемые протягиванием

**Протяжка** — многозубый инструмент, каждый последующий зуб которого имеет больший размер или другую форму по сравнению с предыдущим зубом. Каждый зуб протяжки срезает свой слой материала (рис. 2), после работы всех зубьев припуск полностью удаляется и формируется готовая поверхность.

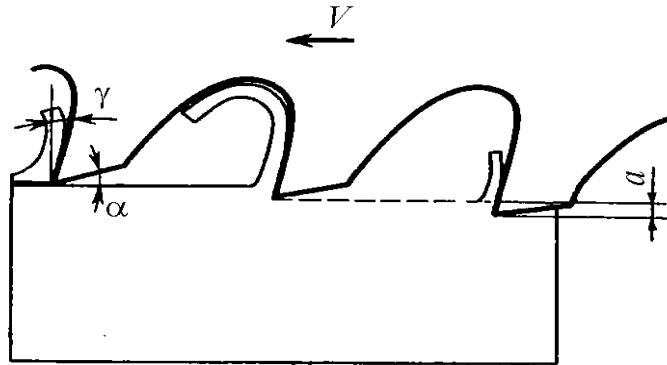


Рис. 2. Схема резания зубьев протяжки

Движения формообразования при протягивании. Главное движение  $V$  при протягивании — прямолинейное поступательное перемещение инструмента (прямая схема резания) или заготовки (обратная схема резания). Полное срезание припуска обеспечивается конструкцией инструмента, поэтому движение подачи отсутствует.

Помимо обычного (рис. 3, а) существует специальное протягивание (рис. 3, б), при котором главное движение может быть вращательным, а заготовке может сообщаться дополнительное движение подачи  $S$ . Специальным протягиванием можно получить сложные поверхности — винтовые фасонные отверстия, фасонные канавки переменного профиля и т. п. Этот вид протягивания редко применяется из-за сложности его осуществления.

Достоинства протягивания:

- возможность обработки поверхностей сложной формы;
- высокая производительность, так как обработка производится за один проход инструмента;
- простота конструкции протяжных станков;
- простота осуществления операции, что не требует высокой квалификации станочника;
- достижимо высокое качество обработанной поверхности по точности и шероховатости.

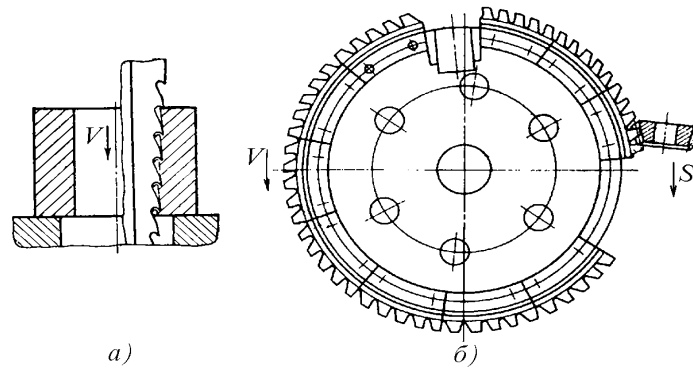


Рис. 3. Обычное и специальное протягивание

Недостатки протягивания:

- каждая протяжка предназначена для обработки строго определенной поверхности;
- себестоимость протягивания высока, так как протяжка дорогой в изготовлении и эксплуатации инструмент.

Применять протягивание экономически выгодно в крупносерийном и массовом типах производства. При обработке стандартизованных поверхностей (шпоночные пазы, шлицевые отверстия и т. п.) допустимо применения протягивания в серийном и мелкосерийном производстве. Протягивание применяется как чистовая или окончательная операция обработки с точностью размеров по 7–8 квалитетам и шероховатостью  $Ra = 1,2–6,3$  мкм.

По виду обрабатываемой поверхности протягивание делится на внутреннее и наружное. Эти разновидности протягивания сильно отличаются по конструкции оборудования и инструмента.

### 3. ИНСТРУМЕНТ

При внутреннем протягивании в заготовке сначала выполняется сквозное цилиндрическое отверстие, через которое проходит протяжка при работе. Это отверстие также центрирует инструмент при установке и обеспечивает заданную точность готовой поверхности. Диаметр и точность предварительного отверстия согласуется с параметрами протяжки.

По способу приложения усилия инструмент для внутреннего протягивания делится на протяжки (рис. 4, а) и прошивки (рис. 4, б). Протяжка 1 протягивается через заготовку 2 и имеет растягивающую нагрузку, а прошивка 3 – проталкивается и рабо-

тает на сжатие. По конструкции прошивка несколько проще протяжки, но применяется только для обработки коротких поверхностей. Длинные прошивки при приложении сжимающей силы могут изогнуться поперек своей оси и испортить заготовку.

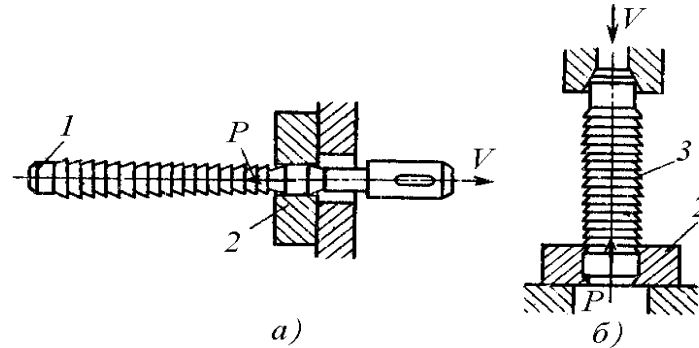


Рис. 4. Протягивание и прошивание

Конструктивно внутренняя протяжка (рис. 5, а) состоит из следующих основных частей:

- хвостовик 1 передает рабочее усилие на инструмент;
- шейка 2 отводит хвостовик от режущих зубьев на нужное расстояние;
- направляющий конус 3 облегчает ввод инструмента в предварительное отверстие;
- передняя направляющая 4 центрирует инструмент по предварительному отверстию, ее размер выполняется с высокой точностью;
- режущие зубья 5 срезают припуск при работе инструмента, толщина срезаемого зубом слоя у последних зубьев меньше, чем у первых;
- калибрующие зубья 6 у современных протяжек часто выделяются в отдельную группу, так как они не режут, а деформируют обработанную поверхность, за счет чего повышается точность обработки;
- задняя направляющая 7 центрирует инструмент в конце рабочего хода и имеет форму обработанной поверхности;
- цапфа 8 делается у длинных и тяжелых протяжек, она поддерживается кареткой протяжного станка, чтобы уменьшить погрешности обработки из-за прогиба инструмента.

Прошивка (рис. 5, б) имеет аналогичную протяжке конструкцию, но у нее отсутствуют хвостовик, шейка и цапфа.

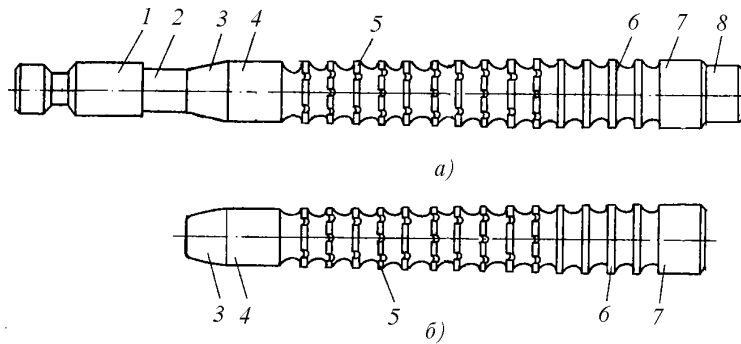


Рис. 5. Конструкция внутренней протяжки и прошивки

Наружная протяжка (рис 6) состоит из корпуса 1, к которому крепятся механическим способом секции с зубьями 2. С одной стороны, такая конструкция усложняет и удорожает инструмент, но с другой – при поломке зуба возможно заменить одну секцию, что существенно дешевле замены протяжки целиком. Присоединительная (противоположная относительно секций) сторона корпуса имеет элементы для крепления протяжки на станке.

В зависимости от вида обрабатываемой поверхности применяются две основные схемы расположения секций:

- для сложных поверхностей каждая секция обрабатывает ее часть и несет на себе все виды зубьев (режущих и калибрующих);
- для простых поверхностей первые секции несут режущие зубья (черновые, получистовые и чистовые), а последняя секция только калибрующие зубья.

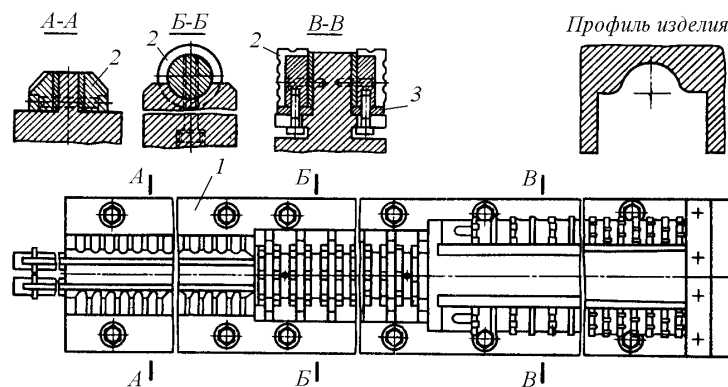


Рис. 6. Конструкция наружной протяжки

В отличие от внутренней протяжки, у наружной положение секций относительно корпуса можно в небольших пределах регу-

лизовать путем изменения толщины подкладок 3. Такая регулировка размера протяжки позволяет сохранить точность обработки в разных условиях эксплуатации.

Зуб протяжки имеет только главный режущий клин (рис. 7), в который входят передняя поверхность (ПП), главная задняя поверхность (ГЗП) и главная режущая кромка (ГРК). В главном сечении зуба рассматриваются: передний угол  $\gamma$ , главный задний угол  $\alpha$ , угол заострения  $\beta$  и угол резания  $\delta$ . В плане зуб может иметь угол наклона главной режущей кромки  $\lambda$ .

Передний угол зависит от свойств обрабатываемого материала и может выбираться в пределах от  $-2$  до  $+6^\circ$ . Главный задний угол протяжки берется меньше, чем у других инструментов, для сохранения точного размера протяжки после ее переточки. У черновых зубьев принимается  $\alpha \approx 2^\circ 30'$ , у получистовых  $\alpha \approx 1^\circ 30'$  и у чистовых  $\alpha \approx 1^\circ$ . Угол  $\lambda$  в пределах  $10\text{--}15^\circ$  выполняется на зубьях наружных протяжек для более плавной работы и отвода стружки в нужную сторону.

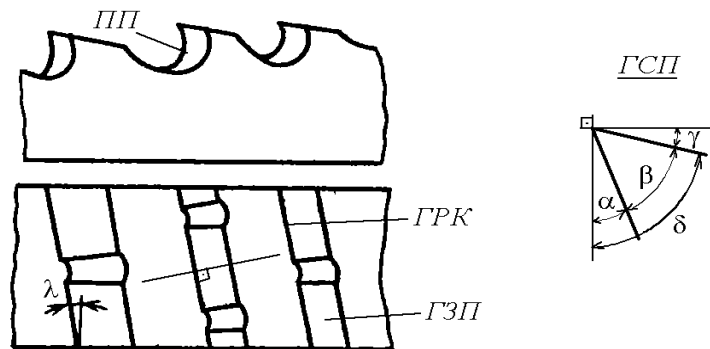


Рис. 7. Геометрия протяжек

В большинстве случаев протяжки изготавливаются из быстрорежущих сталей типа Р12, Р6М5, Р6М3К5 и др. При обработке легких сплавов допускается применение легированных инструментальных сталей (9ХС, ХВГ, ХВСГ). В настоящее время осваиваются конструкции протяжек с применением твердых сплавов. Твердосплавные режущие элементы крепятся на корпусе протяжки пайкой или механическим способом.

## 4. ОБОРУДОВАНИЕ

Обработка протягиванием производится на соответствующих протяжных станках. Станки для внутреннего протягивания бывают горизонтальной (рис. 8) и вертикальной компоновки.

Горизонтальные станки занимают большую площадь в цеху, чем вертикальные, но они удобнее в эксплуатации. Заготовка при обработке опирается на планшайбу 2, инструмент при работе проходит через центральное отверстие планшайбы. Внутри корбчатой станины 1 находятся направляющие, по которым перемещается ползун 3. В патроне 4, закрепленном на ползуне, фиксируется хвостовик протяжки. Таким образом, при перемещении ползуна приводится в движение инструмент. Каретка 5 служит для поддержки тяжелых протяжек и имеет гнездо для крепления цапфы инструмента.

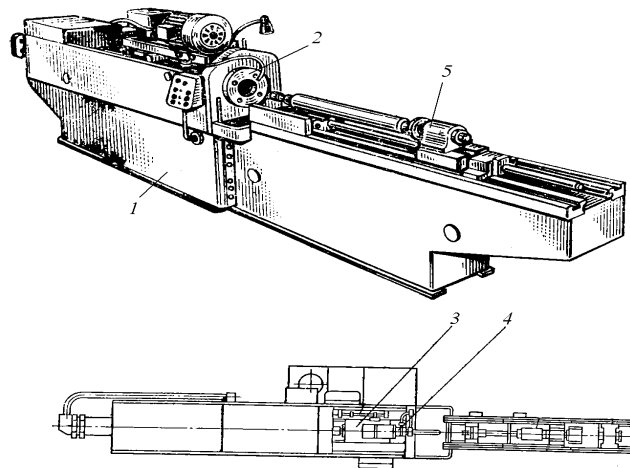


Рис. 8. Горизонтальный станок для внутреннего протягивания

Станки для прошивания выполняются только вертикальной компоновки (рис. 9).



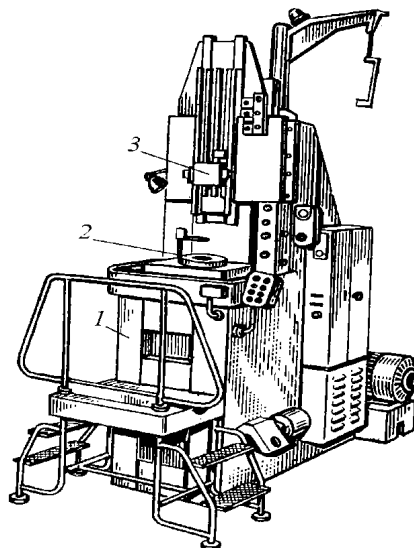


Рис. 9. Прошивной станок

Заготовка устанавливается на планшайбу 2. Ползун 3, перемещаясь по направляющим станины 1, своей нижней частью нажимает на заднюю направляющую прошивки и приводит ее в движение.

Станки для наружного протягивания также могут иметь вертикальную (рис. 10) и горизонтальную компоновку. В станке вертикальной компоновки заготовка крепится к неподвижному столу 2, а протяжка — к ползуну 3. При перемещении ползуна относительно станины 1 происходит обработка боковой вертикальной поверхности заготовки.

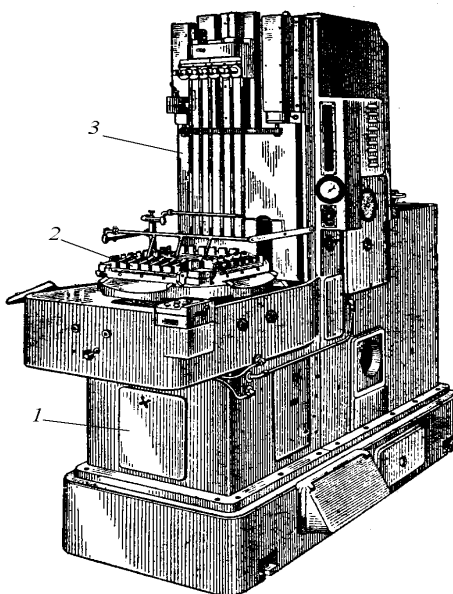


Рис. 10. Станок для наружного протягивания

Станки горизонтальной компоновки могут обрабатывать как горизонтальные, так и вертикальные поверхности заготовки. Такой станок работает по обратной схеме резания – протяжка крепится неподвижно к станине станка (над заготовкой или сбоку от нее), а заготовки – на столе. Движение при работе сообщается столу с заготовкой.

На базе станков горизонтальной компоновки были созданы наружные протяжные станки-автоматы (рис. 11).

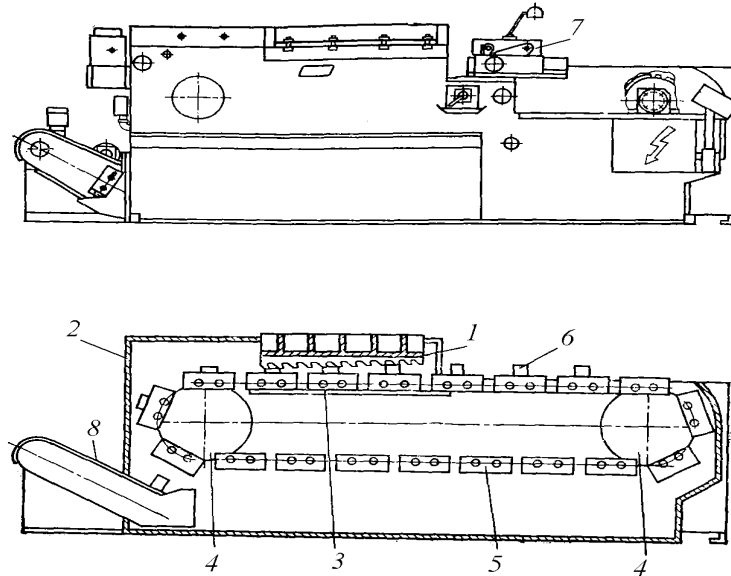


Рис. 11. Протяжной станок-автомат

Протяжка 1 крепится неподвижно к станине станка 2. Цепь 3 приводится в непрерывное движение звездочками 4 и несет на себе приспособления-спутники 5. Автоподатчик 7 устанавливает заготовки 6 на проходящие спутники. Перемещаясь под протяжкой, заготовки обрабатываются. Специальное устройство отсоединяет готовую деталь от спутника над транспортером 8, который перемещает ее в приемный бункер.

## 5. НАЛАДКА И НАСТРОЙКА СТАНКА

**Наладка** – установка инструмента и заготовки на станке, а также выверка их взаимного расположения. При наружном протягивании заготовка и протяжка крепятся к плоскости стола, ползуна или станины. Система крепления аналогична фрезерным, строгальным и другим станкам с плоским столом (рис. 12).

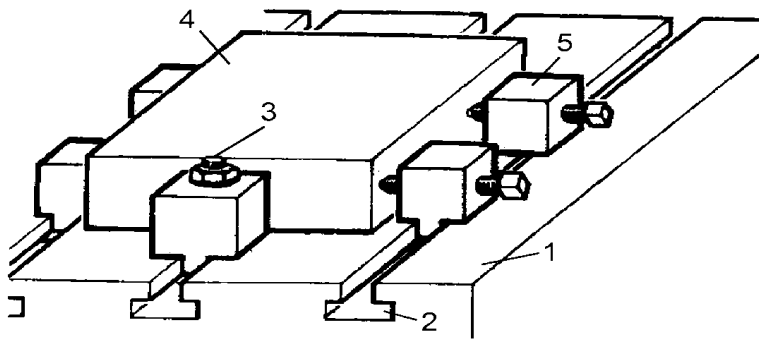


Рис. 12. Крепление к плоскости стола

В теле стола (ползуна, станины) 1 выполнены Т-образные пазы 2, в которые вставляются специальные болты. Резьбовые части этих болтов 3, выступающие над плоскостью стола позволяют крепить к нему инструмент или заготовку.

Протяжка крепится болтами непосредственно, а заготовка с помощью специальных приспособлений. Крупные заготовки 4 помещают на стол и крепят прихватами 5, прижимающими заготовку к плоскости стола и не дающими ей сдвигаться при обработке. Если заготовка располагается на столе неустойчиво, под нее помещают специальные подкладки типа призм и т. п. Мелкие заготовки зажимают в промежуточных приспособлениях типа тисок, прикрепленных к столу станка. При закреплении заготовки производится выверка ее относительно протяжки.

При внутреннем протягивании заготовка свободно опирается на поверхность планшайбы (рис. 13). При обработке силы резания плотно прижимают заготовку к планшайбе и фиксируют ее от смещения.

К станине станка 1 крепится плита 2, в которой устанавливается сменная планшайба 3. Планшайба подбирается для конкретной заготовки из условия создания надежной опоры. Для повышения точности протягивания планшайбу часто делают самоустанавливающейся по протяжке.

При прошивании заготовку кладут плашмя на планшайбу и вставляют в ее предварительное отверстие прошивку. При протягивании протяжка пропускается через отверстие заготовки, и ее хвостовик вставляется в патрон.

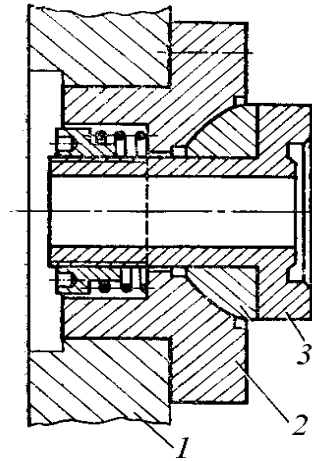


Рис. 13. Планшайба протяжного станка

У тяжелых протяжек цапфа крепится в каретке станка для того, чтобы провисание инструмента не снизило точность обработки. Заготовка крепится в зависимости от своего веса:

- легкая заготовка удерживается самой протяжкой, проде-той через нее;
- заготовка средней массы поддерживается снизу кулачка-ми, закрепленными на плите станка;
- тяжелая заготовка поддерживается специальной станоч-ной лебедкой тросом или цепью (рис. 14).

Выверка при внутреннем протягивании не производится.

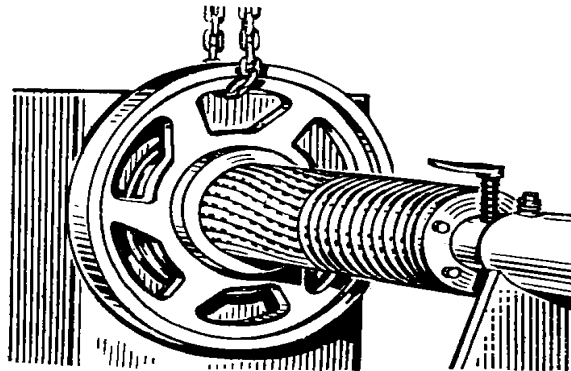


Рис. 14. Поддержка тяжелых заготовок

Настройка станка – установка всех необходимых параметров движений станка. При протягивании настраиваются:

- скорость ползуна (стола)  $V$ , м/мин;
- длина хода ползуна (стола).

Скорость резания указана в технологической карте обработ-ки. Современные протяжные станки оснащаются гидроприводом

с бесступенчатым регулированием скорости резания. Ее настройка производится одной рукояткой регулирования скорости.

Длина хода определяется по длине обрабатываемой поверхности с учетом перебега и врезания инструмента. Настройка длины хода производится перестановкой кулачков на ползуне станка.

Все протяжные станки представляют собой однопроводные полуавтоматы, то есть сам процесс резания производится без вмешательства рабочего. Рабочий после настройки и наладки станка дает команду на обработку, которая затем производится по автоматическому циклу.

## **6. РАБОТА НА СТАНКЕ**

Перед работой на протяжном станке необходимо ознакомиться с расположением следующих органов управления:

- рукоятки настройки скорости резания;
- устройства настройки длины хода протяжки (заготовки);
- устройства для установочных перемещений протяжки (заготовки);
- пульта включения привода станка;
- пульта запуска цикла обработки.

Произвести установку и закрепление заготовки и инструмента. Настроить скорость резания и длину хода протяжки (заготовки). Включить привод станка.

Запустить цикл обработки, по окончании цикла рабочие органы станка возвращаются в исходное положение. Снять обработанную деталь, а при внутреннем протягивании также инструмент.

Если при работе инструмент издает специфический скрежет, или на обработанной поверхности появились задиры, значит, протяжка изношена. Изношенный инструмент необходимо заменить.

## **7. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1. Для обработки каких поверхностей применяется протягивание?

2. В каких типах производства целесообразно применять операцию протягивания?
3. Назвать особенности специального протягивания.
4. Какие движения нужны при протягивании?
5. Указать различия между внутренним и наружным протягиванием.
6. Геометрия протяжки, значения основных углов.
7. Назвать основные части внутренней протяжки.
8. Чем отличается протягивание от прошивания?
9. Назвать основные части протяжного горизонтального станка.
10. Каким образом устанавливается и закрепляется заготовка на станке?

## **8. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ**

1. Студенты под руководством преподавателя изучают теоретический материал.
2. Преподаватель контролирует усвоение материала студентами путем устного опроса с использованием вопросов п. 7. По результатам опроса ставится отметка – материал студентом усвоен полностью, частично или не усвоен.
3. Студенты под руководством учебного мастера знакомятся с оборудованием. Мастер показывает органы настройки и управления станком, демонстрирует работу станков на холостом ходу.
4. Мастер выдает студентам технологические карты обработки, заготовки, приспособления и инструмент.
5. Студенты производят наладку и настройку станков.
6. После проверки мастером правильности подготовки станка к работе студенты производят обработку заготовки согласно технологической карте.
7. По завершении обработки студенты снимают со станков заготовки, приспособления и инструмент и передают их мастеру.
8. Мастер проверяет соответствие обработанной детали требованиям чертежа и ставит отметку – работа выполнена студентом полностью, частично или не выполнена.

## **Лабораторное занятие № 10.**

# **ШЛИФОВАЛЬНЫЕ СТАНКИ**

## **1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ**

1. Ознакомление с видами шлифовальных работ, классификацией инструмента.
2. Ознакомление с работой шлифовальных станков.
3. Изучение схем шлифования.

## **2. ПОРЯДОК РАБОТЫ**

1. Ознакомиться с видами шлифования.
2. Изучить схемы движений при шлифовании.
3. Ознакомиться с видами шлифовальных станков и принципом их работы.
4. Изучить абразивные инструменты, их виды и характеристики.

## **3. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ**

### **3.1. Виды абразивной обработки**

**Шлифование** – один из окончательных видов обработки металлов как в сыром, так и в закаленном состоянии. Шлифованием можно обрабатывать как простые цилиндрические валики и отверстия, плоские поверхности, так и сложные профильные поверхности, например зубчатые колеса, шлицевые валы, резьбы, червяки, направляющие станин и т. п.

Для осуществления процесса шлифования шлифуемая заготовка и абразивный инструмент совершают относительные движения, направления которых при различных видах шлифования показаны на рис. 1.

Круглое наружное шлифование выполняют чаще всего на круглошлифовальных станках, когда заготовку устанавливают в центрах или закрепляют в патроне. Различают шлифование с продольной подачей и врезанием (с поперечной подачей).

При круглом наружном шлифовании с продольным движением подачи (рис. 1, а) необходимы следующие движения: вращение 1 шлифовального круга – главное движение резания; вращение 2 обрабатываемой заготовки вокруг своей оси – круговая подача заготовки; продольное возвратно-поступательное движение 3 заготовки (или в некоторых моделях станков – шлифовального круга) вдоль своей оси – продольное движение подачи; поперечное перемещение 4 шлифовального круга к заготовке (или заготовки к шлифовальному кругу) – поперечное движение подачи или подача на глубину шлифования. При шлифовании с продольным движением подачи поперечную подачу 4 осуществляют периодически в конце каждого двойного или одинарного хода стола станка.

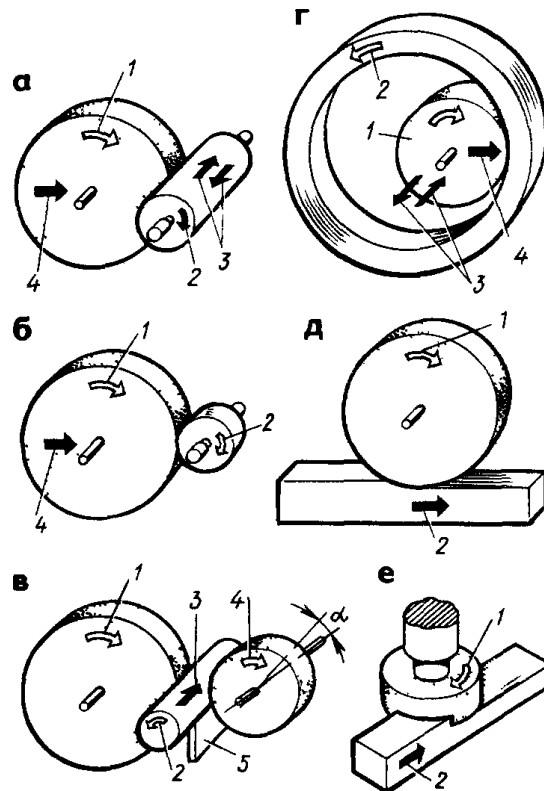


Рис. 1. Схемы движений при шлифовании

При круглом наружном шлифовании врезанием (рис. 1, б) заготовка не имеет продольного перемещения, а шлифуется одновременно по всей длине, при этом ширина круга должна быть равна длине заготовки или несколько больше ее.



При бесцентровом шлифовании процесс резания осуществляют шлифующим кругом так же, как и на обычных центровых шлифовальных станках. Шлифуемую (рис. 1, в) заготовку устанавливают на опорном ноже 5 между двумя кругами – шлифующим (рабочим), расположенным на рисунке слева, и подающим (ведущим), расположенным справа. Для выполнения процесса бесцентрового шлифования необходимы следующие движения: вращение 1 шлифующего круга, вращение 4 подающего круга, круговое и продольное движение подач заготовки. Обрабатываемой заготовке сообщается вращение 2 – круговое движение подачи и перемещение вдоль оси 3 – продольное движение подачи.

Круглое внутреннее шлифование делится на шлифование с продольным движением подачи, шлифование врезанием и бесцентровое.

Схема с продольным движением подачи шлифовального круга показана на рис. 1, г. Заготовку закрепляют в патроне, а круг так же, как и при круглом наружном шлифовании с продольным движением подачи, осуществляет следующие движения: вращение 1 шлифовального круга, продольное движение подачи 3 круга (или заготовки), поперечное движение подачи 4 шлифовального круга.

Плоское шлифование делится на два вида: шлифование периферией (рис. 1, д) и торцом (рис. 1, е) круга. Плоскошлифовальные станки для осуществления этих двух видов шлифования, кроме того, разделяются на станки с прямоугольными и круглыми столами.

Для плоского шлифования необходимы следующие движения: вращение 1 шлифовального круга – главное движение резания; движение 2 заготовки – движение продольной подачи (прямолинейное возвратно-поступательное или вращательное движение стола); движение шлифовального круга к заготовке – подача на глубину шлифования; поперечное движение подачи заготовки в направлении, перпендикулярном продольному движению подачи 2.

В том случае, когда шлифовальный круг полностью перекрывает ширину шлифования, поперечная подача отсутствует.

На рисунке 2 представлен общий вид кругло-шлифовального станка модели 3151. Станок предназначен для наружного шлифования в центрах цилиндрических, пологих конических и торцевых поверхностей детали. Основные узлы станка: А – бабка изделия; Б – шлифовальная бабка; В – задняя бабка; Г – станина; Д – гидропривод стола; Е – стол; Ж – поворотная плита.

Органы управления: 1 – маховичок ручного поперечного перемещения шлифовальной бабки; 2 – рукоятки управления гидроприводом стола; 3 – маховичок ручного продольного перемещения стола; 4 – кнопочная станция.

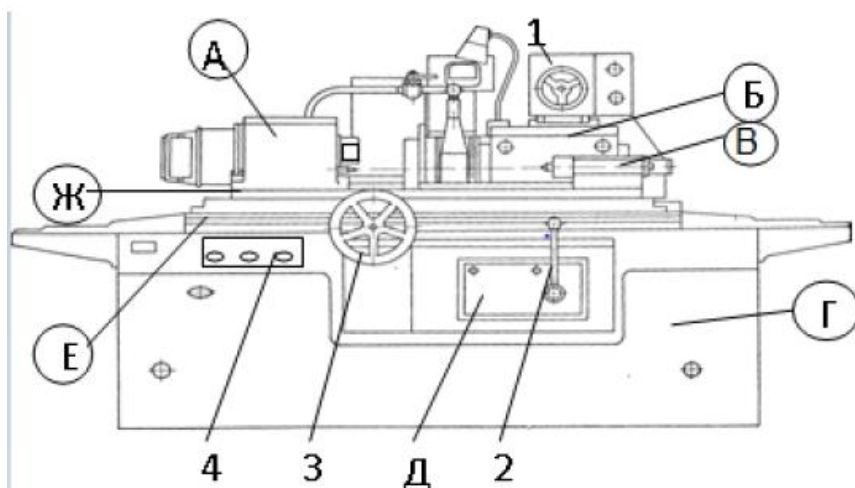


Рис. 2. Общий вид кругло-шлифовального станка модели 3151

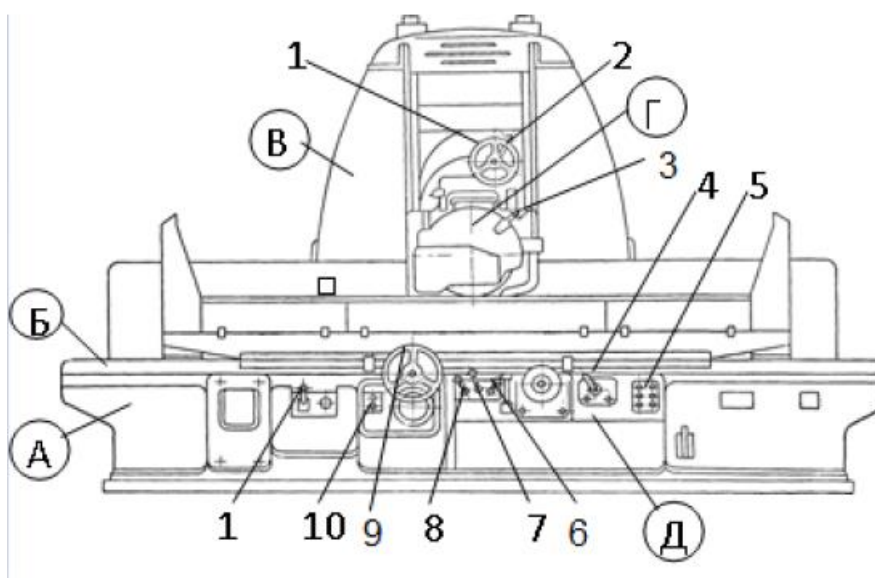


Рис. 3. Общий вид плоскошлифовального станка

На рис. 3 представлен общий вид плоскошлифовального станка модели 3724. Станок предназначен для шлифования плоскостей различных деталей из стали, чугуна или цветных металлов периферией круга. Высокая жесткость станка и значительная мощность электродвигателя шлифовальной бабки обеспечивают возможность использования его как для обдирочных, так и для чистовых операций. Основные узлы станка : А – станина; Б – стол; В – стойка; Г – шлифовальная бабка; Д – гидропривод. Органы управления: 1 – маховичок ручного поперечного перемещения шлифовальной бабки; 2 – рукоятка включения и выключения поперечного перемещения шлифовальной бабки; 3 – рукоятка алмазной правки шлифовального круга; 4 – рукоятка включения поперечной подачи шлифовальной бабки; 5 – кнопочная станция; 6 – рукоятка настройки скорости стола; 7 – рукоятка реверсирования стола; 8 – рукоятка пуска и остановки стола; 9 – маховичок ручного вертикального перемещения шлифовальной бабки; 10 – кнопки включения быстрого вертикального перемещения шлифовальной бабки; 11 – рукоятка включения магнитной плиты.

### 3.2. Абразивные инструменты и их характеристики

**Абразивы** – частицы материала в виде монокристалла, поликристалла или их осколков, которые имеют острые грани, обладают высокой твердостью и способностью резания (царапания). Абразивные инструменты бывают со связанными зернами (шлифовальные круги, головки, бруски, сегменты, ленты) и в виде несвязанных – свободных зерен (пасты, суспензии, порошки).

**Режущий инструмент** – шлифовальный круг, представляет собой пористое тело, состоящее из большого количества абразивных зерен, соединенных между собой особым веществом, называемым связкой. Между зернами и связкой расположены поры. Зерна шлифовального круга, так же как и зубья фрезы, имеют режущие кромки и служат для съема стружки металла.

Абразивный материал представляет собой минерал естественного или искусственного происхождения, раздробленный на зерна определенного размера. К естественным абразивным материалам относят гранит, кварц, наждак, корунд и алмаз, к искус-

ственным – электрокорунд  $Al_2O_3$ , карбид кремния  $SiC$ , карбид бора  $B_4C$ , эльбор  $BN$  и синтетический алмаз.

Наибольшее распространение при шлифовании сталей получил электрокорунд 13А, 14А, 15А, 24А, 25А, 34А, 37А, а при шлифовании чугуна и твердых сплавов – карбид кремния 53С, 54С, 63С, 64С. При заточке твердосплавного инструмента, профильном шлифовании, правке шлифовальных кругов применяются круги из сверхтвердых синтетических материалов, например эльбора, карбида бора, алмаза и др.

Зернистость абразивного материала характеризует размер зерна. За номер зернистости принимают номинальный размер стороны ячейки в свету сетки, на которой задерживается зерно при рассеиве. Например, если зерно проходит через сетку с ячейками 800 мкм и задерживается на сетке с ячейками 630 мкм, то этому зерну присваивают номер 63. Абразивный материал делят на шлифзерна, шлифпорошки и микропорошки. К номеру зернистости микропорошков добавляют букву М.

Стандартом предусмотрена следующая зернистость абразивного материала, шлифзерно – 200, 160, 125, 100, 80, 63, 50, 40, 32, 25, 20, 16, шлифпорошки – 12, 10, 8, 6, 5, 4, 3, микропорошки – М63, М50, М40, М28, М20, М14; тонкие микропорошки – М10, М7, М5.

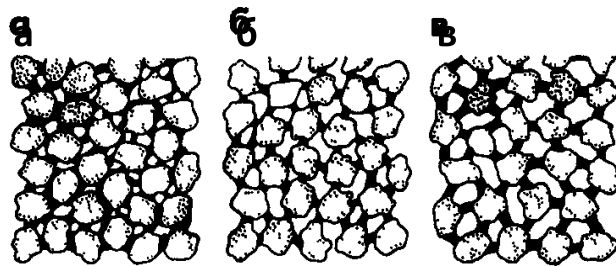


Рис. 4. Структуры шлифовальных кругов

Зернистость алмазных шлифпорошков обозначают дробью, в которой числитель соответствует размеру ячеек верхнего, а знаменатель размеру нижнего сита, например алмазный круг из синтетического алмаза марки АС6 (АСВ) имеет в своей маркировке следующее обозначение – АС6 80/63.

Зернистость основной фракции определяют следующим образом. В результате дробления, а затем разделения зерен по раз-

мерам в каждом номере зернистости будут находиться зерна других размеров (фракций). Однородность материала по размеру зерна улучшает процесс шлифования и качество шероховатости шлифуемой поверхности. В зависимости от процентного состава основной фракции (т.е. номера зерна, обозначенного на круге) номер зернистости дополняется буквенными индексами: В, П, Н или Д (высокий, повышенный, нормальный, допустимый), например 25В, 40П, 32Н, М20Д и т. д. Для чистового и более ответственного шлифования и заточки применяют круги с более высокой фракцией зернистости (В и П).

**Твердость шлифовальных кругов** – это сопротивляемость связки вырыванию абразивных зерен с поверхности инструмента под влиянием внешних сил резания. Если связка прочна и удерживает зерно абразива при значительных силах, круг называют твердым, если же нужно приложить сравнительно небольшую силу для того, чтобы выломать зерно, то круг называют мягким. Стандартом предусмотрена шкала твердости и обозначения степеней твердости шлифовальных кругов: М1, М2, М3, СМ1, СМ2, С1, С2, СТ1, СТ2 и т. д. Цифры 1, 2 и 3 справа от буквенного обозначения характеризуют степень твердости шлифовальных кругов в порядке ее возрастания.

Структура шлифовальных кругов характеризует их внутреннее строение, количественное соотношение и взаимное расположение зерен, связки и воздушных пор (см. рис. 4). Структура кругов обозначается номерами 1...12.

Круги с плотной структурой (1...4) применяют для чистового, доводочного и профильного шлифования. Круги со средней структурой (5...8) применяют для шлифования закаленных сталей и заточки инструментов. Круги с открытой структурой (9...12) рекомендуются для заточки твердосплавных инструментов и шлифовки вязких металлов.

Связка круга соединяет отдельные зерна абразивного материала между собой, образуя круг определенной формы. Связки делят на неорганические и органические. К неорганическим связкам относят керамическую, силикатную, магнезиальную и металлическую; к органическим – бакелитовую, вулканитовую и глифталевою. Наиболее широкое применение получили керами-

ческие (К), бакелитовые (Б) и вулканитовые (В) связки, а для эльборовых и алмазных зерен – металлические (М) связки.

В маркировку связок кроме буквы, указывающей на вид связки, вводится ряд цифровых условных обозначений, определяющих специфические свойства связок или технологический регламент получения кругов на данных связках, например К1, К5, Б2, В3 и др.

Класс круга (А или Б) указывает степень отклонения круга от предусмотренных технических требований, например равномерности степени твердости в пределах одного круга, наличия железистошлаковых включений, повреждения кромок круга и т. п. Круги класса А отличаются более высоким качеством.

В маркировку круга также входит товарный знак завода изготовителя, а также максимально допустимая окружная скорость, при которой обеспечивается безопасная работа, – 35 м/с, а на кругах для скоростного шлифования – 50 м/с и красная диаметрально-равная полоса.

Маркировка шлифовальных кругов содержит полную характеристику, необходимую для правильного выбора круга. Условное обозначение характеристики наносят на боковой поверхности круга несмываемой краской в указанной выше последовательности. На кругах малых диаметров ряд характеристик не маркируют. Данные о них приводят в упаковочных документах.

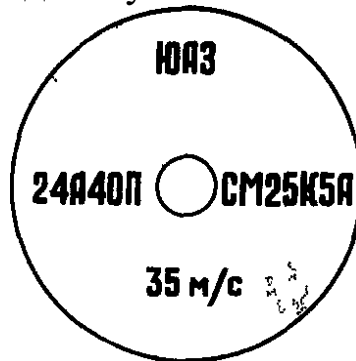


Рис. 5. Маркировка характеристики шлифовального круга

На рис. 5 показан шлифовальный круг, имеющий следующую характеристику: электрокорунд белый – 24А, зернистость – 40, индекс зернистости повышенный – П, твердость круга – среднемягкая вторая – СМ2, структура круга – 5 (средняя), связка

круга – керамическая пятая – К5, класс круга – А, максимально допустимая окружная скорость – 35 м/с.

В технологической документации (маршрутной или технологической картах и технической инструкции) указывают габаритные размеры круга  $D \times B \times d$  (наружный диаметр, ширина, внутренний диаметр) и его форму. Форму и размеры шлифовальных кругов выбирают в зависимости от условий шлифования, размеров и формы обрабатываемых заготовок, конструкции и модели станка, его мощности.

На рис. 6 приведены формы и обозначения некоторых шлифовальных кругов, применяемых на универсальных шлифовальных и заточных станках. Круги ПП, ПВ, ПВК, ПВД, ПВДК работают преимущественно периферией, а круги К, ЧК, ЧЦ, Т – торцом. Кругами ЧК и ЧЦ затачивают инструменты.

Шлифовальная практика является наиболее травмоопасной работой и требует особого соблюдения техники безопасности (см. инструкцию), связанной с работой абразивным инструментом, возможным разрывом шлифовального круга во время работы, травматизмом, вызванным наличием подвижных частей станка и поражением дыхательных органов работающего абразивной и металлической пылью.

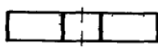
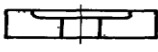
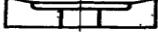
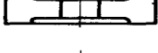
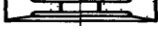
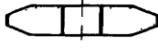
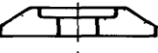
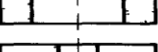


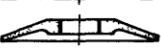
Форма круга	Обозначение	Форма сечения
Плоский прямоугольного профиля	ПП	
Плоский с выточкой	ПВ	
Плоский с конической выточкой	ПВК	
Плоский с двусторонней выточкой	ПВД	
Плоский с двусторонней конической выточкой	ПВДК	
С двусторонним коническим профилем	2П	
С коническим профилем	3П	
Кольцевой	К	
Чашечный цилиндрический	ЧЦ	
Чашечный конический	ЧК	
Тарельчатые	1Т, 2Т, 3Т, 4Т	

Рис. 6. Формы шлифовальных кругов

## 4. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

В отчете должны быть представлены схемы движений при различных видах шлифования.

## 5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие абразивные инструменты вы знаете?
2. По каким признакам различают шлифовальные круги?
3. Какие поверхности можно обрабатывать шлифованием?
4. Какие виды шлифования вы знаете?

## РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

### Основная литература

1. Кугультинов, С. Д. Технология обработки конструкционных материалов : учебник для студентов вузов, обучающихся по машиностроительным специальностям / С. Д. Кугультинов, А. К. Ковальчук, И. И. Портнов. – Москва: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2006. – 672 с. – ISBN 5703827957.

2. Металлорежущие станки : учебник : в 2 т. Т. 2 / В. В. Бушуев, А. В. Еремин, А. А. Какойло, В. М. Макаров. – Москва : Машиностроение, 2011. – 586 с. – ISBN 978-5-94275-595-9. – URL: <https://e.lanbook.com/book/3317> (дата обращения: 21.04.2025).

3. Металлорежущие станки : учебник : в 2 т. Т. 1 / Т. М. Авраамова, В. В. Бушуев, Л. Я. Гиловой, С. И. Досько ; под редакцией В. В. Бушуева. – Москва : Машиностроение, 2011. – 608 с. – ISBN 978-5-94275-594-2. – URL: <https://e.lanbook.com/book/3316> (дата обращения: 21.04.2025).

### Дополнительная литература

1. Металлорежущие станки : лабораторный практикум / В. А. Водоватов, А. И. Сидоркин, Н. П. Сютов, О. Н. Стародубцева. – Йошкар-Ола : ПГТУ, 2017. – 104 с. – ISBN 978-5-8158-



1837-8. — URL:  
[http://biblioclub.ru/index.php?page=book\\_red&id=483701](http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=483701). (дата обращения : 21.04.2025).

2. Кочергин, А. И. Металлообрабатывающие станки, линии и инструменты : учебное пособие для вузов / А. И. Кочергин, М. Ю. Ликус, В. И. Шагун; под редакцией П. И. Ящерицына. — Минск : Вышэйшая школа, 1979. — 574 с.

### **Программное обеспечение и Интернет ресурсы**

1. Официальный сайт Кузбасского государственного технического университета имени Т. Ф. Горбачева. Режим доступа: [www.kuzstu.ru](http://www.kuzstu.ru).

2. Электронные библиотечные системы:

– Университетская библиотека онлайн. Режим доступа: [www.biblioclub.ru](http://www.biblioclub.ru);

– Лань. Режим доступа: <http://e.lanbook.com>;

– Консультант студента. Режим доступа: [www.studentlibrary.ru](http://www.studentlibrary.ru).