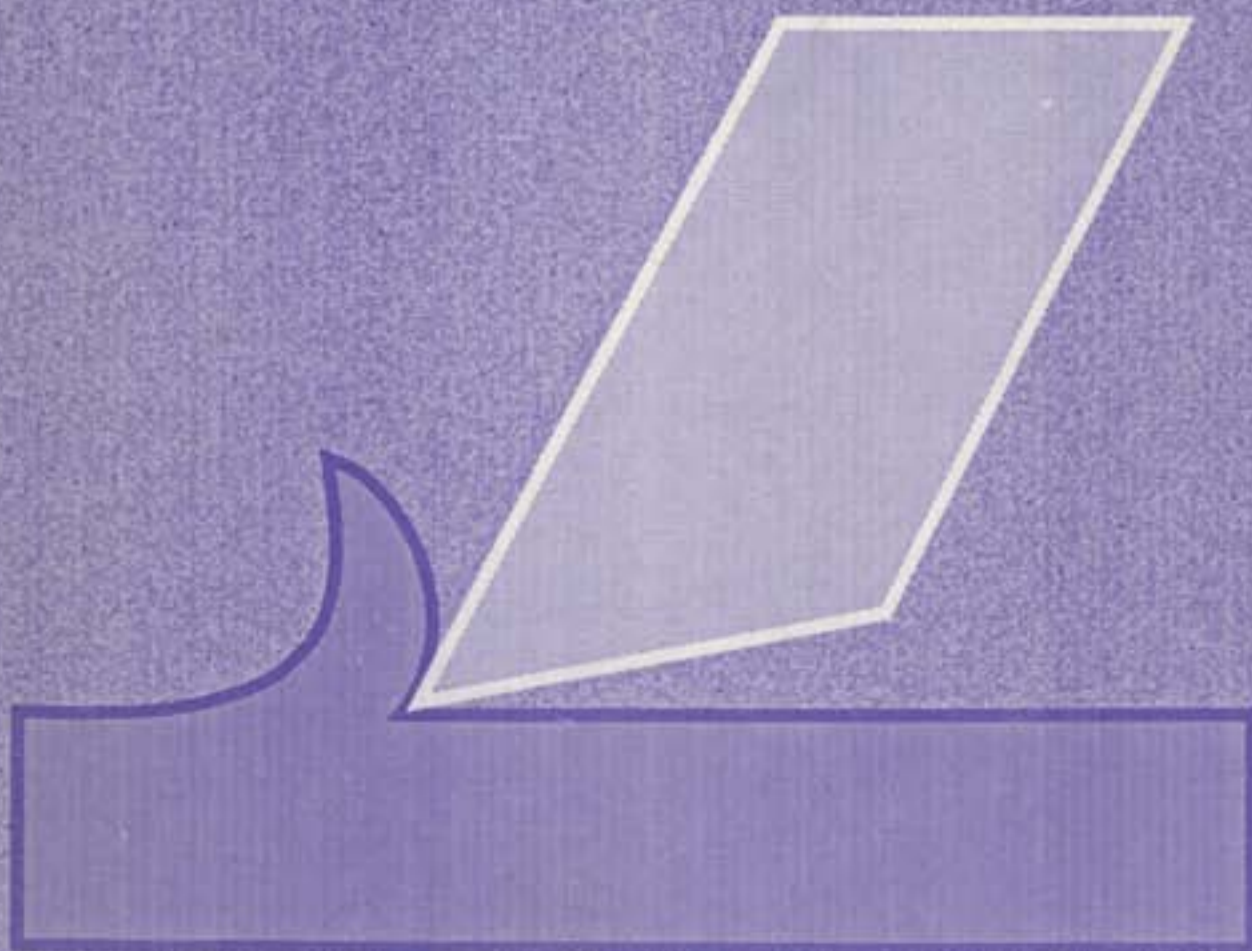


**Б. И. КОГАН**  
**М. В. ЧИБРЯКОВ**

**ОБРАБОТКА**  
**ЛАБОРАТОРНЫЙ**  
**МАТЕРИАЛОВ**  
**ПРАКТИКУМ**  
**РЕЗАНИЕМ**



КЕ  
МЕ  
РО  
ВО 2002





## ВВЕДЕНИЕ

Обработка материалов резанием преобладает среди всех известных методов формообразования деталей сельскохозяйственных машин. Обработка резанием (снятием стружки) обеспечивает высокую точность деталей, что является основным технологическим критерием. В настоящее время на передовых предприятиях соотношение числа металлорежущих станков и машин для пластического деформирования составляет 3:1. Способы обработки со снятием стружки полностью не смогут быть заменены и в будущем, несмотря на бурное развитие технологий получения рациональных заготовок и деталей методами пластического деформирования. Поэтому очень важно, чтобы студенты освоили теорию и практику классических и новых методов обработки материалов резанием на современных станках, прогрессивными инструментами из современных режущих материалов, с применением прогрессивных смазочно-охлаждающих технологических сред (СОТС) и методов их подачи в зону резания. Очень важно, чтобы студенты освоили также и сущность концепции «сухой» обработки резанием[4]. Студенты должны изучить методы повышения стойкости инструментов, обеспечения стружкодробления, области применения различных режущих материалов и СОТС, технологического обеспечения требуемой точности и качества обработанной поверхности. Поскольку в пределах данного учебного пособия невозможно подробно осветить всю информацию о механике и физике процесса резания, современном оборудовании, режущих инструментах, СОТС, скоростном и силовом резании, принципиально новых методах резания (например, реверсивном, фрезоточении, тангенциальном и др.), совмещения процессов резания и пластической деформации, приведена обширная библиография по вопросам обработки материалов резанием. В учебном пособии рассмотрены следующие методы обработки материалов резанием: точение, обработка концевыми инструментами (сверление, зенкование и зенкерование, развертывание, резьбонарезание), фрезерование, долбление и строгание, протягивание, распиливание, абразивная обработка, обработка в галтовочном барабане. В целом учебное пособие предназначено для расширения и практического закрепления знаний, полученных на лекциях. Оно ориентирует студентов на освоение методологии технологического обеспечения качества сельскохозяйственных машин при формообразовании их деталей резанием.

# ТЕМА 1.

## Устройство металлорежущих станков.

### Техника безопасности при работе на металлорежущих станках

#### 1.1. Устройство станков

##### 1.1.1. Основные части токарно-винторезного станка мод. 16К20

Станок 16К20 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 заготовки и инструмента.

Основными частями, механизмами и узлами станка являются:

1. *Станина* – массивное чугунное основание, на котором смонтированы основные механизмы станка. Станина имеет направляющие, по которым передвигаются задняя бабка и суппорт и установлена на двух тумбах (рис. 1.1).

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

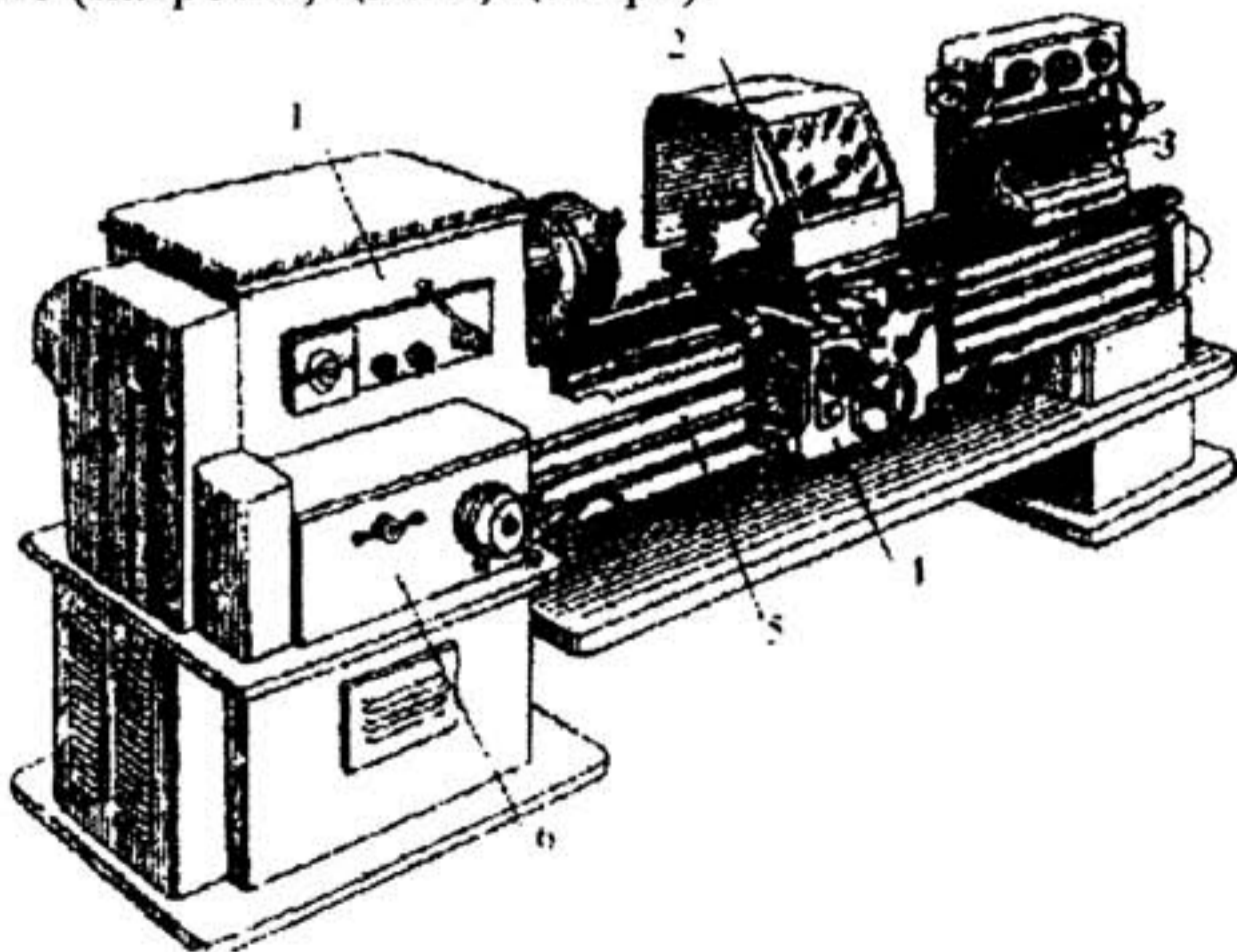


Рис. 1.1. Токарно-винторезный станок мод. 16К20.

1 - передняя бабка, 2 - резцедержатель, 3 - задняя бабка, 4 - суппорт,  
5 - станина, 6 - коробка подач



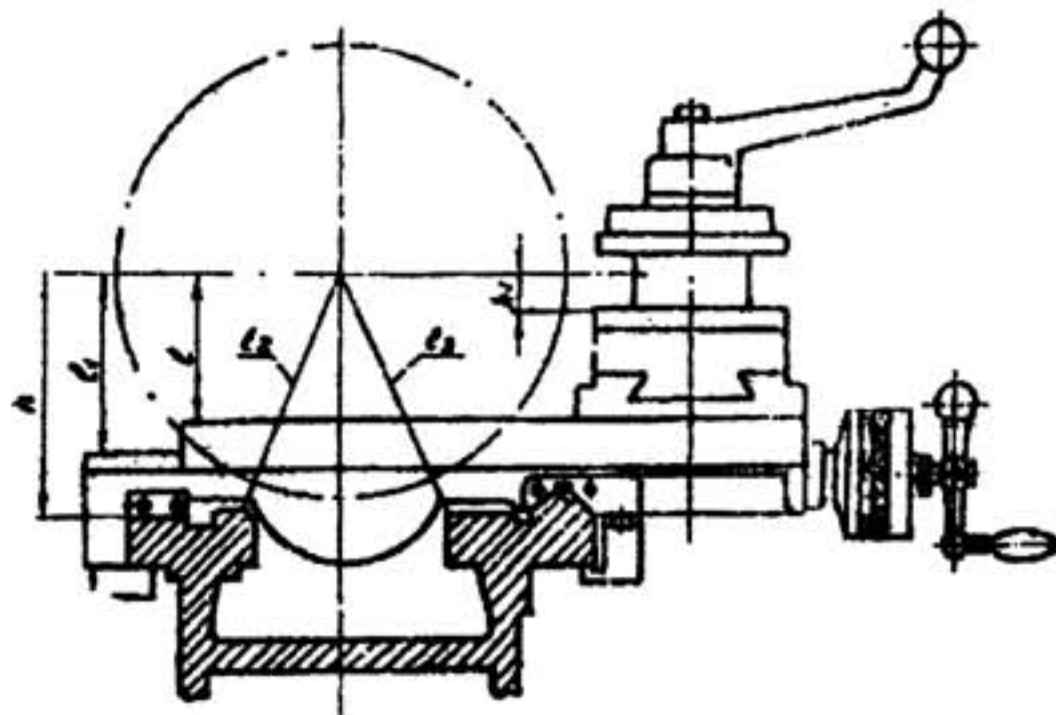
3. *Коробка скоростей* – позволяет изменять частоту вращения шпинделя (число оборотов в минуту).

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

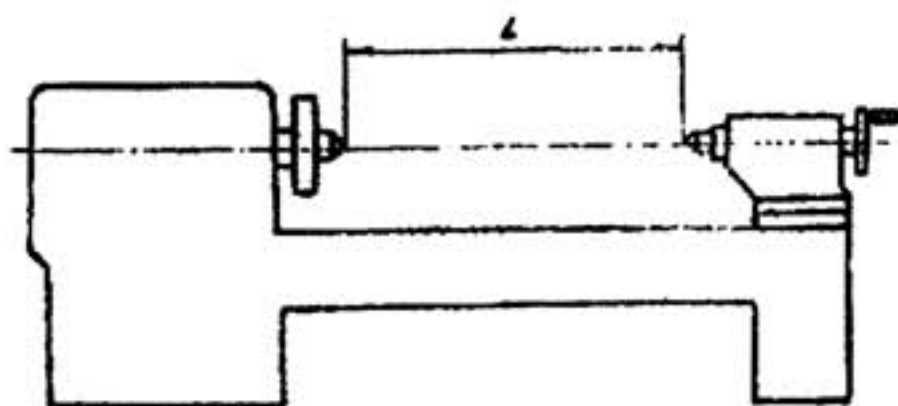
5. *Суппорт* – устройство для закрепления резца и обеспечения движения подачи, т.е. перемещение резца в различных направлениях. Движение подачи может осуществляться вручную или механически.

6. *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 остановка станка, управление коробкой скоростей и коробкой подач и т. д. производится соответствующими органами управления (рукоятками, кнопками, маховиками).

На рис. 1.2 и 1.3 даны схемы для определения основных характеристик токарных станков: высоты центров (максимальный диаметр обработки), наибольшей высоты державки резца  $h$ , расстояния между центрами  $L$ .



*Рис. 1.2.* Схема определения высоты центров токарного станка



*Рис. 1.3.* Схема определения расстояния между центрами



Токарно-винторезный станок модели 16К20 предназначен для обработки тел вращения, в том числе со ступенчатыми, коническими, фасонными, резьбовыми, эксцентриковыми и равноконтурными поверхностями, с применением специальных приспособлений. Обработка выполняется резцами с напаянными и непаянными многогранными пластинами, механически закрепляемыми на державках, сверлами, зенкерами, развертками, раскатками и обкатками, резьбообразующими головками и др.

### 1.1.2. Горизонтально-фрезерный станок мод. 6Р81

Универсальный горизонтально-фрезерный станок мод. 6Р81 предназначен для обработки плоских и фасонных поверхностей цилиндрическими торцовыми и концевыми фрезами в условиях индивидуального и мелкосерийного производств. Технологические возможности станка могут быть расширены при применении делительной головки и круглого стола. При этом становится возможным прорезание винтовых канавок, а также нарезание зубьев зубчатых колес и шлицов.

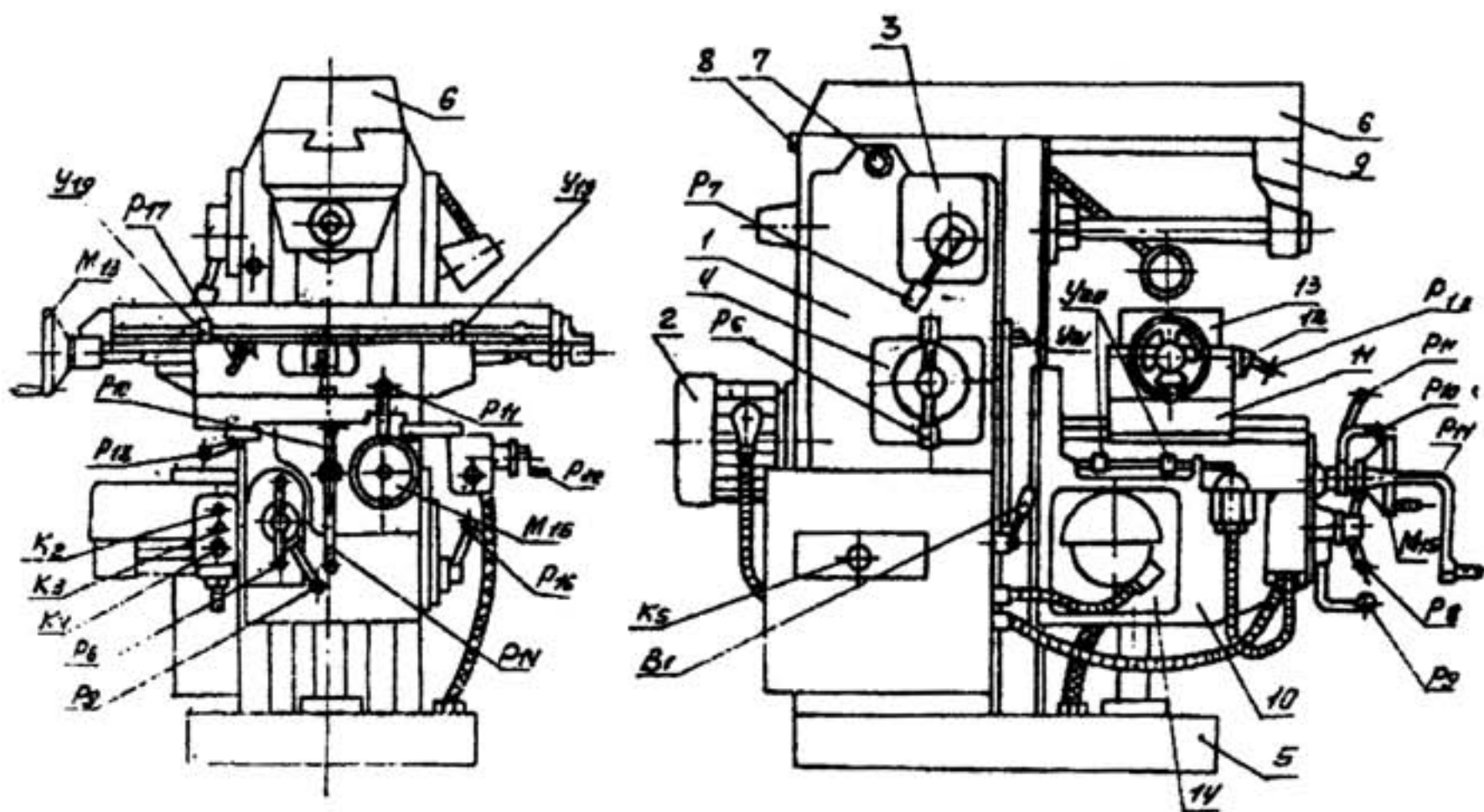


Рис. 1.4. Горизонтально-фрезерный станок мод. 6Р81



### Органы управления станком

Обозначение на рис. 1.4	Органы управления и их назначение
В <sub>1</sub>	Автоматический выключатель электросети
К <sub>2</sub>	Кнопка «Пуск шпинделя»
К <sub>3</sub>	Кнопка «Пуск подачи»
К <sub>4</sub>	Кнопка «Общий стоп»
К <sub>5</sub>	Кнопка «Толчок шпинделя»
Р <sub>6</sub>	Рукоятка переключения скоростей шпинделя
Р <sub>7</sub>	Рукоятка переключения перебора шпинделя
Р <sub>8</sub>	Рукоятка переключения подач стола
Р <sub>9</sub>	Рукоятка переключения перебора коробки подач
Р <sub>10</sub>	Рукоятка включения механической вертикальной подачи
Р <sub>11</sub>	Рукоятка включения механической поперечной подачи
Р <sub>12</sub>	Рукоятка включения механической продольной подачи
М <sub>13</sub>	Маховик ручного продольного перемещения стола
Р <sub>14</sub>	Рукоятка ручного вертикального перемещения стола
М <sub>15</sub>	Маховик ручного поперечного перемещения стола
Р <sub>16</sub>	Рукоятка включения ускоренной подачи во всех направлениях
Р <sub>17</sub>	Рукоятка закрепления стола от продольного перемещения
Р <sub>18</sub>	Рукоятка закрепления стола от поперечного перемещения
У <sub>19</sub>	Упоры выключения продольного механического перемещения стола
У <sub>20</sub>	Упоры выключения поперечного перемещения стола
У <sub>21</sub>	Упоры выключения вертикального перемещения стола
Р <sub>22</sub>	Рукоятка привода ручного насоса смазки

#### Устройство и назначение основных узлов станка 6Р81 (рис. 1.4)

*Станина 1* представляет собой отливку, разделенную на две половины. В верхней частично заполненной маслом полости расположены *коробка скоростей с электродвигателем главного движения 2* и меха-



низм привода шпинделя. В нижней полости размещен электронасос. С левой стороны станины размещены механизм переключения перебора шпинделя 3, механизмы переключения скоростей шпинделя 4. Основание станины имеет внутреннюю полость, заполняемую смазочно-охлаждающей жидкостью.

Фундаментная плита 5 является основанием станка и служит для прикрепления его к фундаменту.

На верхних направляющих станины размещается хобот 6. Перемещение хобота осуществляется с помощью съемной рукоятки, надеваемой на квадрат 7. В нужном положении хобот закрепляется винтом 8.

На направляющих хобота крепится *серьга* 9 с подшипником для поддержания второго конца длинной оправки с фрезой.

В вертикальных направляющих станины смонтирована консоль 10, которая может перемещаться в вертикальном направлении, осуществляя тем самым вертикальную подачу. В консоли размещены механизмы коробки подач.

Консоль несет на себе *поперечные салазки* 11, *поворотную часть стола* 12 и *стол* 13. Обрабатываемая заготовка закрепляется на столе станка и может получать совместно с ним продольное перемещение, перпендикулярное оси фрезы (продольная подача). Поперечное перемещение заготовки (поперечная подача) осуществляется салазками станка по поперечным направляющим консоли. Продольные, поперечные и вертикальные перемещения обеспечивает *коробка подач* 14, имеющая свой электродвигатель.

Стол станка при необходимости может быть повернут вокруг вертикальной оси на угол  $\pm 45^\circ$ . Для исключения «подхватывания» заготовки при попутном фрезеровании гайка винта продольного перемещения стола снабжена устройством автоматической выборки зазора.

#### Принцип работы станка.

Обрабатываемые детали закрепляются непосредственно на столе, в тисках или специальных приспособлениях, устанавливаемых на столе станка. При необходимости деления заготовки на несколько равных частей применяют универсальную головку.

Фрезы, имеющие конический хвостовик, крепятся непосредственно в конусе шпинделя, а с цилиндрическим хвостовиком - в цанговом патроне. Цилиндрические и дисковые фрезы, которые имеют посадочное отверстие, устанавливаются на цилиндрической оправке, диаметр которой равен диаметру фрезы. Для того чтобы фреза оказалась расположенной на необходимом участке оправки, на нее по обе стороны от



фрезы надевают установочные кольца, отверстия которых так же, как и у фрезы, равны диаметру оправки. Одним концом оправка крепится в конусе шпинделя; свободный конец оправки поддерживается подшипником серьги.

Фрезерование на станке выполняется многолезвийным режущим инструментом-фрезой и обеспечивает получение неровностей профиля обработанных поверхностей в пределах от 320 до 6,3 мкм при точности исполнения размеров по 8...16-му квалитетам точности.

Главное движение – вращение горизонтального шпинделя с закрепленной на нем фрезой –  $V$ . Движение подач – продольное ( $S_{пр}$ ), вертикальное ( $S_{в}$ ), и поперечное ( $S_{п}$ ) перемещения стола с обрабатываемой заготовкой.

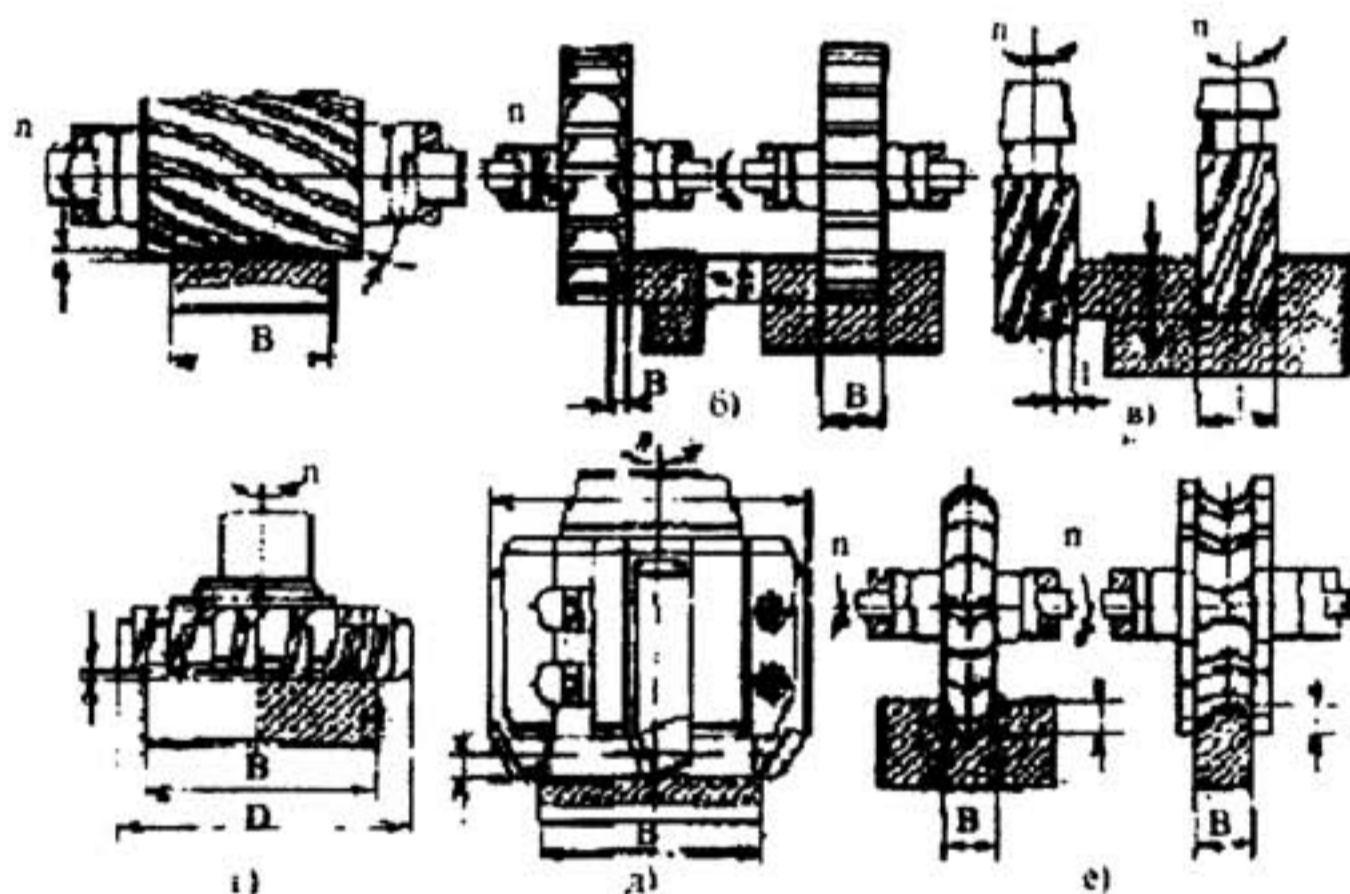


Рис. 1.5. Виды фрезерования

Вертикальный консольнофрезерный станок отличается от горизонтально-фрезерного отсутствием хобота и имеет вертикально расположенный шпиндель с поворотной головкой (рис. 1.6), которая может поворачиваться в вертикальной плоскости на угол  $0...45^\circ$  в обе стороны.

Рис. 1.6. Вертикально-фрезерный станок:  
1 – станина; 2 – шпиндельная головка;  
3 – шпиндель; 4 – стол; 5 – каретка; 6 – консоль;  
7 – фундаментная плита

### 1.1.3. Сверлильные станки

Сверлильные станки бывают:

- настольные, для обработки отверстий малого диаметра до 3; 6; 12мм;
- вертикально-сверлильные;
- радиально-сверлильные;
- горизонтально-сверлильные, для сверления глубоких отверстий (глубина сверления больше 10...12 диаметров);
- сверлильно-центровальные, для получения центровых отверстий на заготовках (рис. 1.7).

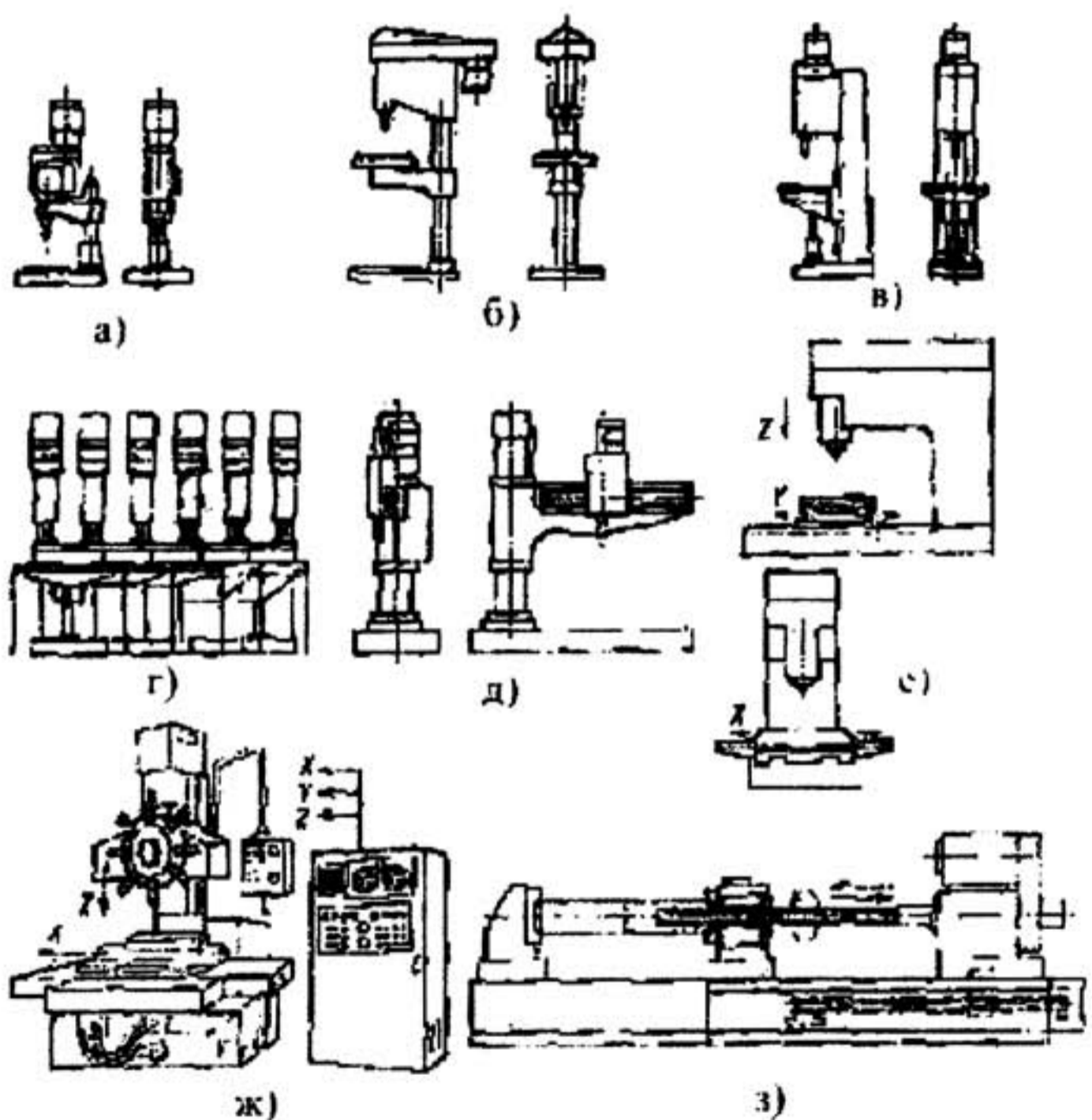


Рис. 1.7. Типы сверлильных станков:

*а* – настольный; *б* – вертикально-сверлильный с колонной;

*в* – вертикально-сверлильный со стойкой; *г* – однорядный многошпindelный;

*д* – радиально-сверлильный; *е* – координатно-расточный; *ж* – с ЧПУ;

*з* – для глубокого сверления



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

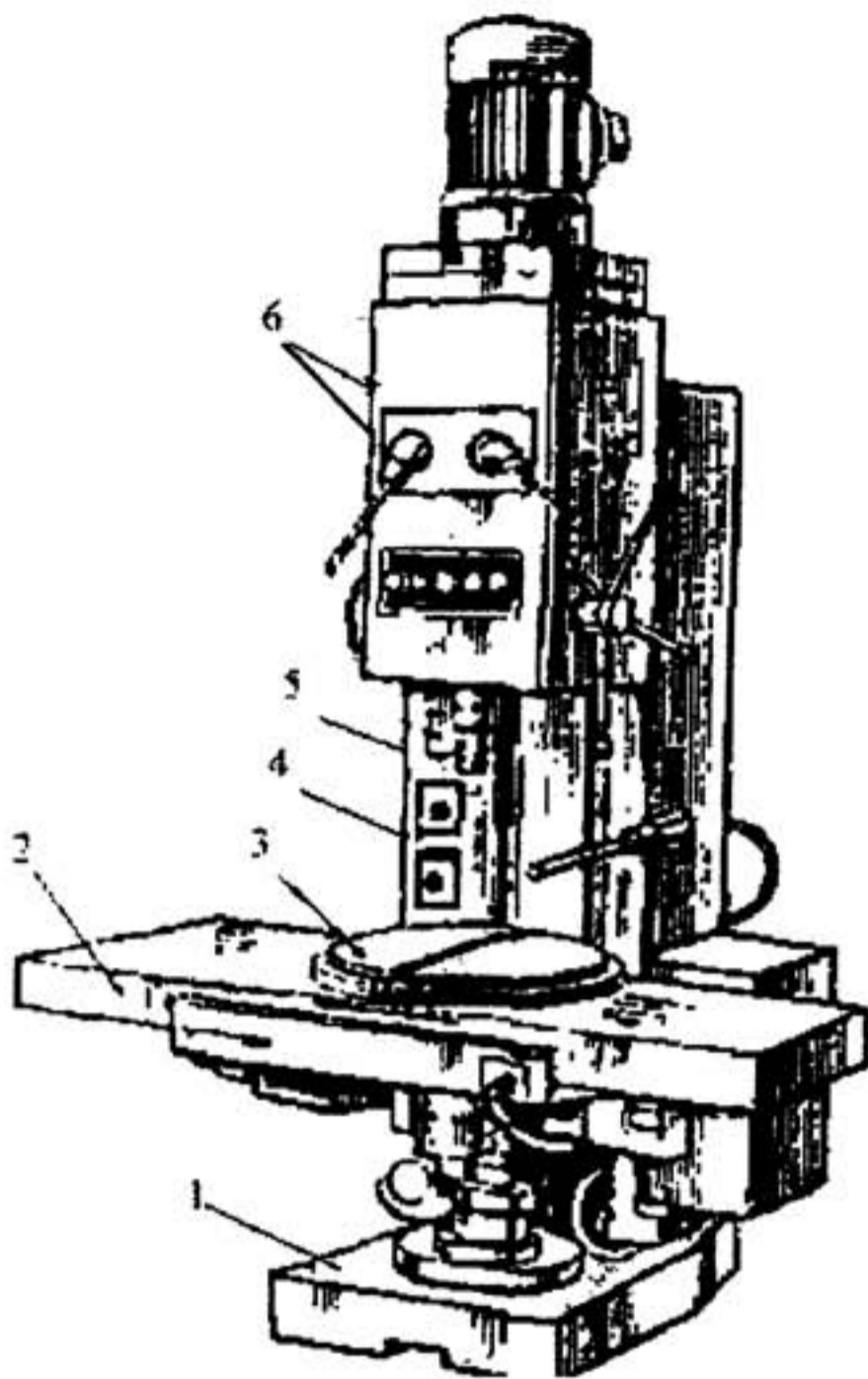


Рис. 1.8 Внешний вид станка мод. 2H135-1:  
1 – фундаментная плита; 2 – плавающий стол;  
3 – поворотный стол; 4 – колонка; 5 – шпиндель; 6 – сверлильная бабка

Сверление применяют для получения неотчетливых отверстий, служащих для облегчения деталей, отверстий под крепежные болты, заклепки, шпильки и т.п., отверстий предназначенных для дальнейшей обработки: рассверливания, нарезания резьбы и др.

### 1.1.4 Шлифовальные станки

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,

Процессы сверления выполняются при двух совместных движениях: вращения инструмента – основном движении и поступательном движении вдоль оси – движении подачи.

Скорость резания

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000}, \text{ м/мин.}$$

где  $D$  – наружный диаметр инструмента.

Подача на оборот  $S$ , (мм/об) – перемещение сверла вдоль оси за один его оборот, зависит от обработанной поверхности до оси сверла:

$$t = D/2.$$

Многие станки не имеют механической подачи и перемещение инструмента осуществляется вручную, плавно нажимая на рукоятку подачи.

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. 1.9.

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. 1.9, 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.

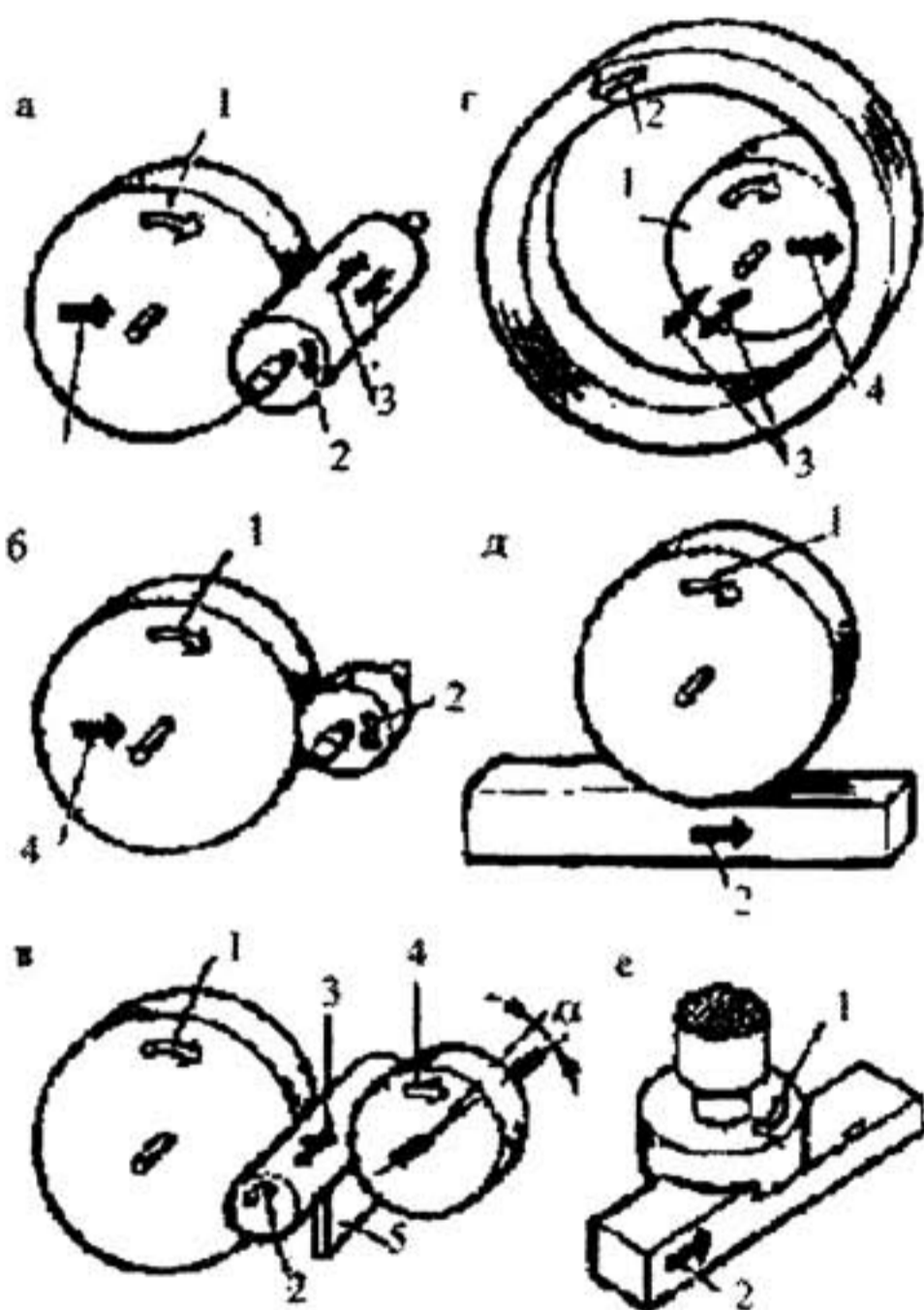


Рис. 1.9. Схемы движений при шлифовании

При круглом наружном шлифовании врезанием (рис. 1.9, 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. 1.9, 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.

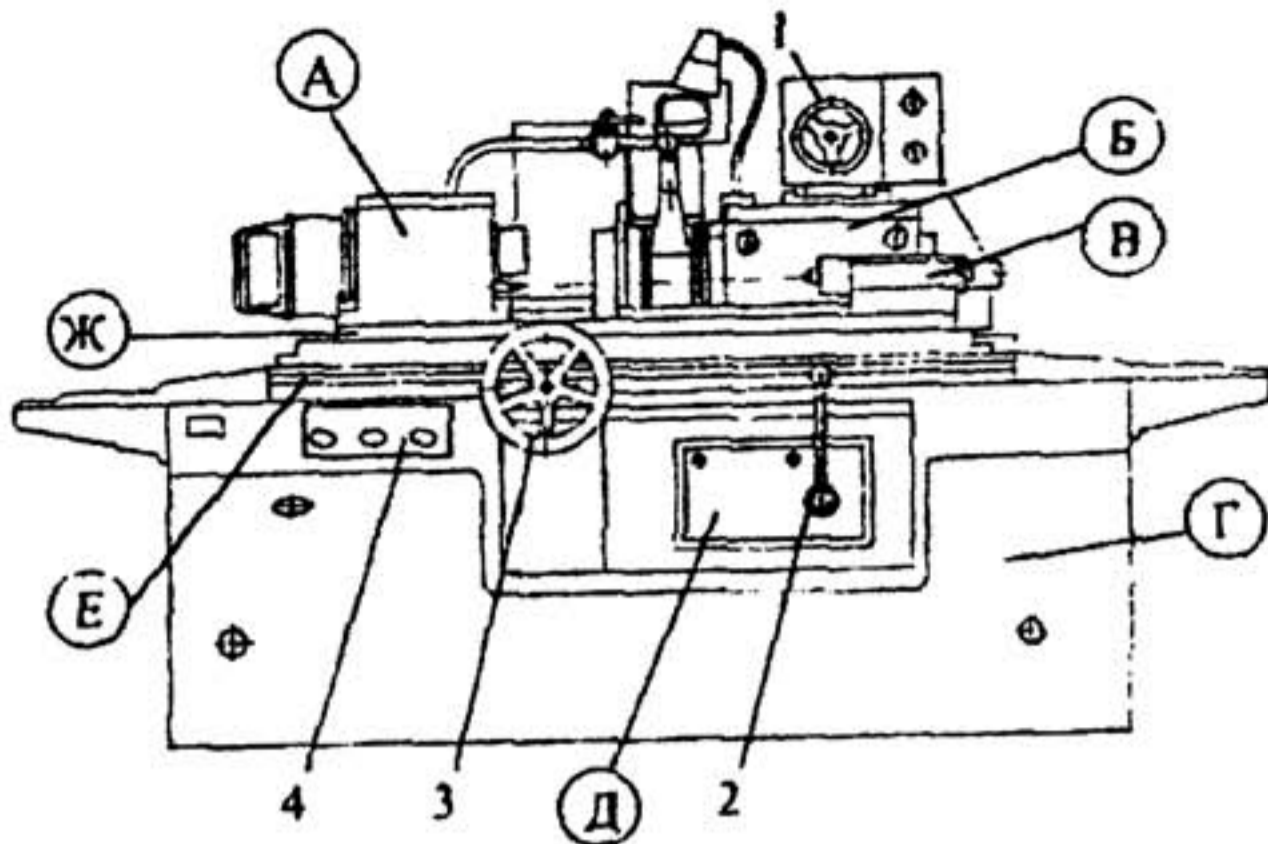
Схема с продольным движением подачи шлифовального круга показана на рис. 1.9, г. Заготовку закрепляют в патроне, а круг так же, как и при круглом наружном шлифовании с продольным движением подачи, осуществляет следующие движения: вращение 1 шлифовального круга, продольное движение подачи 3 круга (или заготовки), поперечное движение подачи 4 шлифовального круга.

Плоское шлифование делится на два вида: шлифование периферией (рис. 1.9, д) и торцом (рис. 1.9, 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.

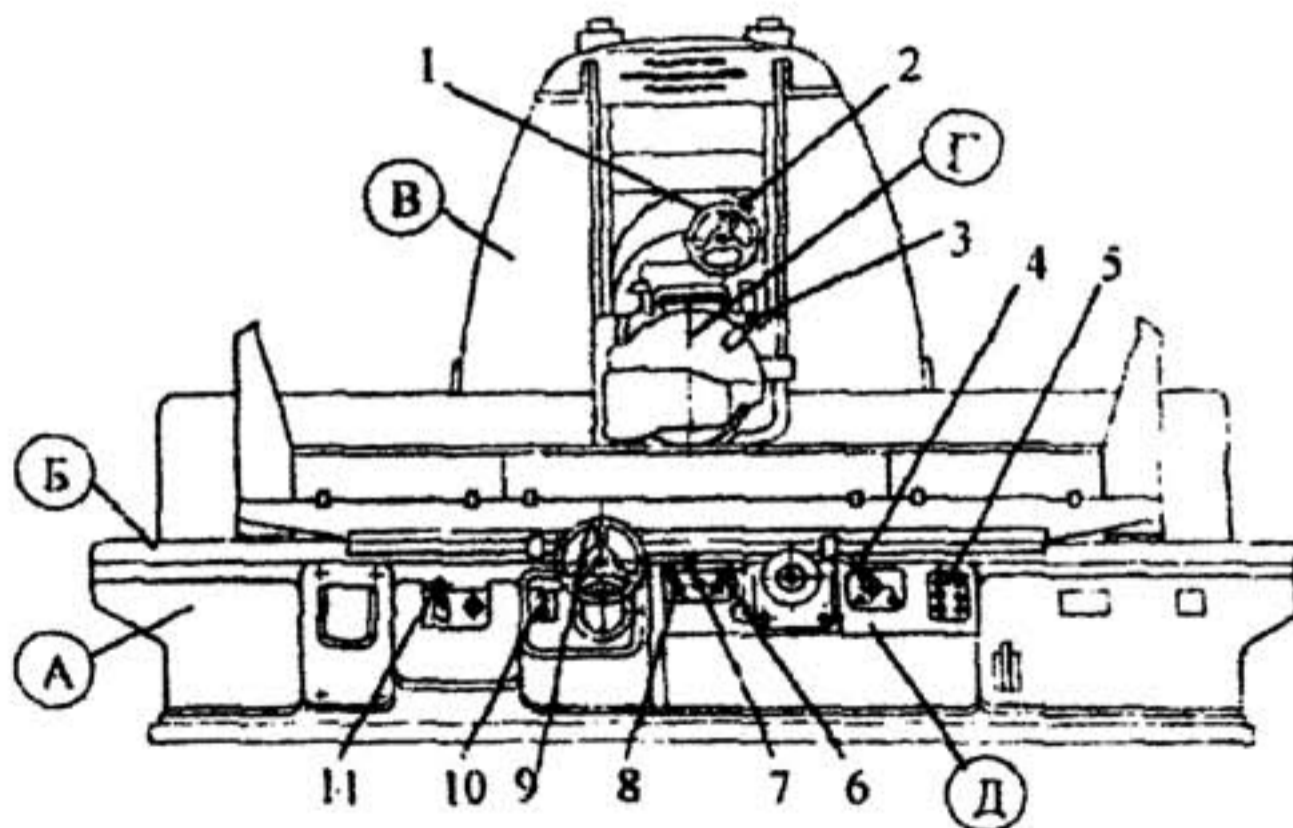
В том случае, когда шлифовальный круг полностью перекрывает ширину шлифования, поперечная подача отсутствует.

На рис. 1.10 представлен общий вид кругло-шлифовального станка мод. 3Б151. Станок предназначен для наружного шлифования в центрах цилиндрических, пологих конических и торцевых поверхностей детали.



**Рис. 1.10.** Общий вид круглошлифовального станка мод. 3Б151

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; *4* – кнопочная станция.



**Рис. 1.11.** Общий вид плоскошлифовального станка мод. 3Б754

На рис. 1.11 представлен общий вид плоскошлифовального станка мод.3Б754. Станок предназначен для шлифования плоскостей различ-



ных деталей из стали, чугуна или цветных металлов периферией круга. Высокая жесткость станка и значительная мощность электродвигателя шлифовальной бабки обеспечивает 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; 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 останова стола; 9 – маховичок ручного вертикального перемещения шлифовальной бабки; 10 – кнопки включения быстрого вертикального перемещения шлифовальной бабки; 11 – рукоятка включения магнитной плиты.

## **1.2. Техника безопасности при работе на металлорежущих станках**

*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. 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.

Основными травмоопасными производственными факторами, которые могут появиться в процессе обработки различных материалов резания, являются следующие:

-режущие инструменты, особенно быстровращающиеся, сверла, абразивные круги; они 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; они 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, то 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, которые 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.



### *1.3.1. Токарные станки*

#### Перед работой необходимо:

Привести в порядок рабочую одежду, т.е. застегнуть или обхватить широкой резинкой обшлага рукавов, заправить одежду так, чтобы не было развевающихся концов.

Убедиться в исправности станка, инструмента, приспособлений, а также ограждений, предохранительных и заземляющих устройств.

Проверить на холостом ходу исправность механизмов управления, а также фиксацию рычагов переключения.

Немедленно заявить мастеру о всех неисправностях инструмента, приспособлений станка и электрооборудования; до устранения неисправностей к работе не приступать, самостоятельно ремонтировать или устранять неисправности станка не разрешается.

Удобно установить тару для заготовок и обработанных деталей, проверить, исправна ли подножная решетка.

Во время работы следует:

Производить установку и съем тяжелых деталей и приспособлений только с помощью подъемных устройств, при ручной установке деталей работу, как исключение, выполняют с подручным, освободить от подвески деталь разрешается только после ее установки и надежного закрепления на станке.

Не нарушать правила, запрещающие работать на станке в рукавицах или перчатках, а также с забинтованными пальцами без резиновых напальчников.

Протереть (для удаления масла) патрон и планшайбу перед установкой, а также перед снятием их со станка.

При установке (навинчивании) патрона или планшайбы на станок подкладывать под них деревянные подкладки с выемкой по форме патрона; тяжелые патроны и планшайбы устанавливать при помощи подъемного устройства и специального захватного приспособления.

Производить установку (навинчивание), снятие (свинчивание) патрона или планшайбы со шпинделя при ручном вращении патрона с помощью ключа, рывком на себя или ударами выступающих участков патрона о бронзовую подставку.

Не наращивать рукоятки ключа для закрепления заготовок в патроне, не применять подкладок между зевом ключа или гранями ключа и гайки, не оставлять ключ в патроне после закрепления или освобождения заготовки.

Надежно и жестко закреплять инструмент и обрабатываемую деталь на станке.

Не допускать, чтобы после закрепления заготовки кулачки выступали из патрона или планшайбы за пределы их наружного диаметра более чем на  $1/3$  своей длины, при значительно выступающих кулачках заменить патрон или установить специальное ограждение.

Применять безопасные поводковые патроны, а также защитные щитки.

При нарезании резьбы плашками придерживать вороток суппортом, а не руками.

Во избежание травмы из-за поломки инструмента необходимо:

а) включать сначала вращение шпинделя, а затем подачу; обрабатываемую деталь приводить во вращение до соприкосновения ее с резцом, в этом случае произойдет врезание плавно, без ударов;

б) перед остановкой станка выключить сначала подачу и плавно отвести режущий инструмент от заготовки, а затем - вращение шпинделя.

При возникновении вибраций станок остановить и принять меры к их устранению вместе с мастером, проверить закрепление резца и заготовки, изменить, по согласованию с мастером, режим резания.

При обработке вязких металлов, дающих сливную ленточную стружку, применять резцы с выкружками, накладными стружколомами или стружкозавивателями.

При обточке хрупких металлов, дающих мелкую отлетающую стружку, а также при дроблении стальной стружки в процессе обработки использовать защитное устройство - специальные стружкоотводы, прозрачные экраны.

Не пытаться измерять заготовку во время ее вращения при отсутствии специальных устройств.

Закреплять в кулачковом патроне без поддержки центром задней бабки только короткие заготовки (длиной не более двух диаметров); нежесткие валы (длиной более 10 диаметров) обрабатывать в люнетах.

Вытирать руки только чистой ветошью, так как мелкой стружкой в ветоши, использованной для вытирания станка, можно поранить руку.

Следить, чтобы охлаждающая жидкость или масло не попали на пол в зоне рабочего места токаря, при обнаружении утечки масла немедленно сообщить мастеру.

Не облакачиваться на станок во время работы.

Не пытаться тормозить вращение шпинделя нажимом руки на вращающиеся части станка.



Обязательно остановить станок и выключить электродвигатель, прежде чем покинуть рабочее место даже на короткое время, а также при временном прекращении подачи электроэнергии, уборке, смазке и чистке станка, обнаружении какой-либо неисправности и т.д.

Удалять стружку специальными крючками и щетками-сметками, а не руками и инструментом.

Выключить станок и электродвигатель.

Привести в порядок рабочее место, убрать стружку (ветошью, крючком, сметкой) со станка, положить в определенное место инструмент и приспособления, аккуратно сложить готовые детали и заготовки.

Смазать трущиеся части станка.

Сдать станок сменщику или мастеру и сообщить о замеченных неисправностях и принятых мерах по их устранению.

### ***1.3.2. Фрезерные станки***

При работе на фрезерных станках травмы станочнику могут быть нанесены фрезой, стружкой, обрабатываемой деталью и приспособлением для ее закрепления. Ранение фрезой может произойти главным образом во время ее вращения, при отсутствии устройств, ограждающих фрезу, и нарушении правил эксплуатации станка. Так, иногда фрезеровщик измеряет деталь во время работы станка, либо удаляет из-под фрезы стружку руками и случайными предметами. Несчастные случаи могут произойти при закреплении детали или при снятии ее со станка, когда руки рабочего находятся вблизи неогражденной фрезы.

Для предупреждения порезов рук необходимо ограждать фрезу, пользоваться специальной неизношенной щеткой для удаления со станка стружки, а также не измерять деталь вблизи открытой фрезы.

Безопасность при работе дисковыми и торцовыми фрезами со вставными ножами - это применение открывающихся ограждений зоны резания и ограждение режущего инструмента в нерабочей его части.

В отличие от точения при фрезеровании любых материалов образуются только отлетающие элементы стружки различной формы.

При современных режимах стружка имеет высокую температуру, может травмировать глаза и привести к ожогу открытых частей тела. Необходимо использовать ограждения, препятствующие отлетанию стружки в сторону рабочего места.

При фрезеровании хрупких металлов и неметаллических материалов важную роль играет обеспыливание рабочей зоны, применяют пы-

лестружкоприемники. Используя последние, значительно сокращается вспомогательное время, т.к. при этом отпадает необходимость очистки станка и рабочего места от стружки и пыли.

При работе на фрезерных станках необходимо соблюдать следующие меры предосторожности:

Обрабатываемую деталь подводить к фрезе осторожно, после того как фреза получит рабочее вращение.

Не увеличивать скорость и глубину резания без разрешения мастера.

При установке тяжелых деталей и делительной головки применять подъемные устройства.

Применять защитные ограждения (экраны). В том случае, если отсутствует ограждение рабочей зоны, работать в защитных очках.

Перед включением электродвигателя выключить (поставить в нейтральное положение) все рычаги управления.

При смене инструмента, установке и снятии приспособлений, уборке, чистке и смазке станка обязательно выключить электродвигатель.

Перед установкой на станок приспособлений очистить от стружки и масла базовые и крепежные поверхности для обеспечения правильной установки и прочности крепления.

При фрезеровании не вводить руки в опасную зону вращения фрезы.

Выбивать фрезу из шпинделя (оправки) специальной выколоткой, не поддерживать ее незащищенной рукой - применять для этого рукавицу или эластичную прокладку.

Во время работы станка не открывать и не снимать ограждения и предохранительные устройства.

Останавливая станок, выключить подачу, отвести заготовку от фрезы и выключить вращение шпинделя.

Соблюдать порядок и чистоту на рабочем месте. По окончании работы убрать стружку, протереть трущиеся поверхности и смазать, переместить продольный стол, салазки и консоль в среднее положение.

### ***1.3.3. Сверлильные станки***

Наибольшее внимание в отношении безопасности работы заслуживают вертикально-сверлильные станки, используемые в условиях непосредственного контакта рабочего со станком. Наибольшую опасность представляют вращающиеся части станка - шпиндель, патрон, сверло. Эти детали и устройства при отсутствии мер предосторожности могут



захватить одежду или волосы рабочего. Несчастные случаи возможны при недостаточно надежном креплении обрабатываемой детали на столе станка, а также инструмента (сверла) и при поломке сверла в связи с нарушением правил эксплуатации станка или несоблюдением режимов резания при глубоком сверлении.

Поломки сверла происходят в основном при сверлении с ручной подачей полых деталей после выхода сверла из отверстия (поэтому при сверлении полых деталей следует пользоваться автоматической подачей и применять прокладки); при встрече сверла с раковиной или твердым включением, при засорении канавок сверла плотно набившейся стружкой, особенно при глубоком сверлении.

Необходимо применять средства дробления стружки. Дробление осуществляется сверлами со стружкодробящими канавками или прерывистой подачей сверла.

При организации работы на сверлильных станках и в процессе ее выполнения необходимо иметь в виду следующее: устанавливать и снимать сверло только при остановленном шпинделе. Патрон для закрепления сверла не должен иметь на наружных поверхностях выступающих частей. Механизм крепления сверла должен обеспечивать надежный зажим, прочное центрирование и быструю смену инструмента. При сверлении отверстий в деталях малого размера следует пользоваться струбцинами или ручными зажимами; удерживать деталь непосредственно в руках опасно. Уборку станка от стружки следует производить только щеткой, стружку из отверстий убирать крючками, после полной остановки станка и отвода сверла. К работе не должны допускаться станочники без головного убора, в неряшливой одежде и без защитных очков.

Основные правила техники безопасности сводятся к следующему:

При сверлении сквозных отверстий сверло должно иметь свободный выход из просверленного отверстия.

Сверло к заготовке подводить только после включения вращения шпинделя.

Не останавливать шпиндель, когда сверло находится в отверстии.

При появлении во время работы скрежета или визга в результате перекоса или износа сверла немедленно прекратить подачу, остановить станок.

Сталь сверлить с применением охлаждающей жидкости - эмульсии. Чугун - без охлаждения.

Не сверлить незакрепленную или плохо закрепленную заготовку.

Не наклоняться близко к сверлу, чтобы стружка не попала в глаза, не сдувать стружку ртом.

### ***1.3.4. Шлифовальные станки***

При работе на шлифовальных, заточных станках следует прежде всего иметь в виду, что абразивный инструмент, вращающийся с большой рабочей окружной скоростью, представляет серьезную опасность в отношении возможности травмирования рабочих. Он обладает большой чувствительностью к ударным нагрузкам и сотрясениям, на прочность его влияют воздействия температуры и влажности. Необходимо предусматривать меры, предупреждающие разрыв круга во время работы, т.к. части разорвавшегося круга могут травмировать станочника и окружающих лиц. Нельзя прикасаться к быстровращающемуся абразивному кругу. Необходимо помнить о пылеобразовании в зоне резания при работе круга без СОЖ, что приводит к травмированию глаз и вызывает заболевание органов дыхания.

Абразивный круг должен быть подвергнут внешнему осмотру с целью выявления трещин, выбоин и т.д.

Нарушение правил хранения является одной из причин разрыва круга во время работы (нельзя допускать удары, толчки, круги теряют прочность от влаги).

Установку и закрепление абразивного круга на станке производит наладчик, мастер.

Правка абразивного инструмента необходима для придания ему требуемой геометрической формы, восстановления остроты абразивных зерен, для снятия с его рабочей поверхности загрязненного (засаленного) слоя, образованного в процессе обработки деталей. Правку производят с соблюдением соответствующих мер правящим инструментом. Категорически запрещается использовать зубило или другие слесарные инструменты, нарушающие целостность круга.

Обязательно использовать оградительные устройства и средства обеспыливания. К этим устройствам относятся: ограждение абразивного круга, выполняемое в зависимости от специфических особенностей станка и инструмента; ограждение стола станка, особенно при использовании электромагнитного способа закрепления обрабатываемой детали; подручник для опоры обрабатываемой детали (заточки) на заточных станках; прозрачный экран для защиты глаз от ранений частицами абразивного инструмента при работе на обдирочных и заточных стан-



ках с ручной подачей детали на инструмент; устройства, отсасывающие абразивную и металлическую пыль при работе без СОЖ. Зазор между кругом и подручником должен быть не более 3 – 4 мм, если этот размер будет превышен, то в процессе работы обрабатываемая деталь заклинивается между подручником и кругом, что связано с опасностью разрыва круга. Запрещается работать при биении заточного круга. Нельзя затачивать инструмент на торцовой поверхности круга, подводить инструмент к кругу осторожно и надежно удерживать в руках, опирая его на подручник. При заточке инструмента стоять в стороне от плоскости вращения круга. При затачивании оберегать заточный круг от ударов и не допускать сильного нажима инструментом круга.

Требования к отдельным станкам шлифовальной группы:

- абразивный круг круглошлифовальных станков должен ограждаться с торца крышкой, прикрепляемой на петлях; съемные крышки допускаются лишь в обоснованных случаях;

- абразивное полотно ленточно-шлифовальных станков ограждается по всей длине полотна (кроме зоны контакта с деталью);

- плоскошлифовальные станки с прямоугольным столом должны снабжаться по концам стола защитными экранами, обеспечивающими защиту от СОЖ, продуктов шлифования, осколков абразива.

При работе на шлифовальных станках необходимо соблюдать меры предосторожности:

Не устанавливать на станок неиспытанный круг. После испытания на прочность на круг наносят специальную отметку (маркировку).

Наличие защитного кожуха для круга обязательно. Проверить круг вхолостую с рабочей скоростью, установить отсутствие биения круга, трещин, выбоин.

Не устанавливать на станок погнутые заготовки, не снимать обработанные заготовки ударами или рывками; оберегать круг от ударов и толчков.

Прежде чем остановить станок (вращение круга), выключить движение подачи и отвести круг от заготовки.

Не прикасаться к движущейся (вращающейся) заготовке и шлифовального круга до полного их останова.

Категорически запрещается работать боковой поверхностью шлифовального круга, если по своей форме он не предназначен специально для данной работы. При работе спецкругами следить, чтобы зажимной фланец на боковой поверхности не касался заготовки.

Проверить наличие прокладки между зажимными фланцами и кру-

гом, не ослаблены ли гайки, зажимающие фланцы, диаметры прокладок должны быть на 3...5 мм больше диаметра фланцев.

Следить за тем, чтобы круг изнашивался по всей ширине рабочей поверхности.

Не приближать лицо к вращающемуся шпинделю (кругу) и к заготовке при наблюдении за ходом обработки. При работе использовать защитные очки.

Для удаления абразивной пыли пользоваться специальной щеткой и совком, при этом обязательно надевать защитные очки. Категорически запрещается выдувать ртом пыль из отверстий; для удаления ее пользоваться струей охлаждающей жидкости.

При работе с электромагнитной плитой включить сначала генератор, питающий плиту, а затем электродвигатель станка, не допускать повышения температуры магнитных узлов.

Не производить на станке работы, для которых он не предназначен (зачистка мелких деталей вручную, разрезание проволоки, обдирка дерева и цветных металлов и т. д.).

### ***1.3.5. Электробезопасность***

Электрический ток является травмоопасным фактором. Проходя через тело человека, ток может вызвать судорожное сокращение мышц, в том числе и мышц сердца. Под действием тока возникают сложные физико-химические изменения в тканях организма и в крови человека. Известно также тепловое действие электрического тока (ожоги).

Принято считать безопасным ток силой до 0,02 А; проходящий через человека ток силой 0,1 А и выше является смертельным. Необходимо использовать средства защиты, недоступности токоведущих частей (ограждения, изоляция, применение малого напряжения, заземления и т. п.).

Оказание первой помощи пострадавшему.

1. Освободить пострадавшего от действия тока, отключить электроустановку.

2. Прикасаться к пострадавшему только в диэлектрических перчатках. Перерезать провода инструментом с изолированными рукоятками, сбрасывать провода сухой деревянной палкой.

3. Вызвать врача. Наблюдать за пульсом и дыханием, при отсутствии сознания дать приток свежего воздуха и давать нюхать нашатырный спирт.



4. В результате действия электрического тока возможны остановка сердца и прекращение дыхания. В этом случае необходимо делать искусственное дыхание и массаж сердца.

### ***1.3.6 Первая медицинская помощь***

При кровотечении - наложить жгут, давящую повязку, резко сгибать конечности в суставе, кровоточащий сосуд пережимают пальцами.

Искусственное дыхание - перед началом устраняют причины, препятствующие дыханию (расстегнуть воротник, ремень и т.п.). Способы искусственного дыхания "рот в рот", "рот в нос", пострадавший лежит на твердом на спине. Частота вдуваний 16-18 раз в минуту.

Наружный массаж сердца для поддержания кровообращения. Левую ладонь кладут на нижнюю треть грудины, правую ладонь накладывают поверх левой. Делают ритмичные надавливания на грудину 50-60 раз в минуту.

Надо помнить, что промедление с оказанием первой помощи может повлечь за собой гибель пострадавшего. Не следует отказываться от оказания помощи пострадавшему.

## **Лабораторная работа № 1**

1. Техника безопасности при работе на металлорежущих станках.

Цель работы: изучение конструкций и органов управления металлорежущих станков. ознакомление с правилами техники безопасности при работе, приобретение практических навыков работы на станках.

1.1. Задание на выполнение лабораторной работы

Студент должен:

- изучить конструкции станка, методику управления станком;
- изучить правила техники безопасности, сдать зачет и расписаться за выполнение в журнале учебной мастерской;

1.2. Оборудование: токарно-винторезный, горизонтально- и вертикально-фрезерные станки, вертикально-сверлильный, шлифовальные станки.

1.3. Содержание отчета.

1.3.1. Наименование и цель работы.

1.3.2. Компонировка и устройство станков.

1.3.3. Характеристика станков.

1.3.4. Места крепления заготовки и инструментов.

1.3.5. Основные и вспомогательные движения в станке.

1.4. Контрольные вопросы.

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

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

3. Назовите основные правила ношения спецодежды при работе на станках.

4. Какие основные требования безопасности предъявляются к органам управления станками?

5. Назовите основные мероприятия безопасности, которые необходимо осуществлять при организации рабочего места, перед началом работы на станке.

6. Назовите основные элементы и зоны токарных станков, требующие внимания в целях предупреждения несчастных случаев во время работы.

7. Мероприятия, которые выполняются во время работы на станке.

8. Назовите основные травмоопасные факторы, которые могут проявиться при работе на фрезерных станках.

9. Какие мероприятия и приемы работы необходимо выполнять, чтобы предупредить травмирование фрезой?

10. Назовите травмоопасные факторы, которые могут проявиться при работе на сверлильном станке?

11. Как избежать образования ленточной сливной стружки при сверлении глубоких отверстий в заготовках из стали?

12. Какие известны средства защиты от травм отлетающей стружкой при сверлении хрупких материалов?

13. Назовите основные причины поломки сверла и меры их предупреждения.

14. Назовите основные опасные и вредные факторы, которые могут проявиться при работе на станках шлифовальной группы.

15. Назовите основные меры, предупреждающие разрыва абразивного круга в процессе работы на станках с абразивным инструментом.

16. Какие меры защиты предусматриваются на случай разрыва абразивного круга в процессе работы станка?

17. Назовите средства защиты при работе на заточных станках.

18. Правила безопасности при выполнении слесарных работ.



19. Назовите основные причины возникновения пожара и средств тушения.

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

### ЛИТЕРАТУРА

1. *Кучер А. М.* Металлорежущие станки.- Л.: Машиностроение, 1972.

2. *Технология обработки конструкционных материалов/* Под ред. Пертрухи П. Г.- М.: Высшая школа, 1991 г.

3. *Слепинин В. А.* Руководство для обучения токарей по металлу.- М.: Высшая школа, 1987.- 200 с.

4. *Коган Б.И.* Новая концепция «сухой» обработки материалов резанием.- Вестник КузГТУ. – Кемерово, 2000, №2, с. 50 – 54.

## ТЕМА 2.

### Токарные работы.

**Резцы, геометрия, параметры; резцы с неперетачиваемыми многогранными пластинами.**

**Новые конструкции резцов для нарезки резьбы, проточки канавок, стружкодробления.**

**Измерение углов резца**

#### *2.1. Способы токарной обработки. Основные понятия*

*Точение* - это обработка резанием (замкнутым, чаще всего круговым) движением резания и любым движением подачи, производимым в плоскости, перпендикулярной к направлению движения резания. Рассмотрим основные понятия точения.

*Обрабатываемая поверхность* может характеризоваться формой, положением, качеством, получаемыми при различных способах токарной обработки: форма – при поперечном, круглом, некруглом или фасонном точении, при точении винтовой поверхности (винтовое точение) и точении обкатным резцом (обкатное точение); положение – при растачивании и наружном точении; качество поверхности – при обдирке, чистовом и тонком прецизионном точении.

*Кинематика процесса резания.* В зависимости от реализации движения подачи в процессе резания различают продольное, поперечное, профильное и обкатное точение. А в зависимости от реализации движения резания: круглое и некруглое точение.

*Дополнительные условия или признаки процесса резания.* Температура обрабатываемой детали: обработка холодной заготовки, обработка нагретой заготовки.

Точение может происходить с охлаждением и без него.

В зависимости от *особенностей применяемого инструмента* различают точение профильным (фасонным) инструментом, нарезанием наружной резьбы резьбонарезной гребенкой, точение с использованием револьверной головки, точение с совмещением рабочих ходов.

В зависимости от *способа крепления заготовки* можно выделить обработку в патроне, в центрах, на планшайбе, в цанге.

Используя различные приспособления и *токарные станки специальных конструкций*, можно осуществить точение на конус, точение сферических поверхностей, точение по копиру, точение эксцентриков, затылование, точение некруглых деталей.



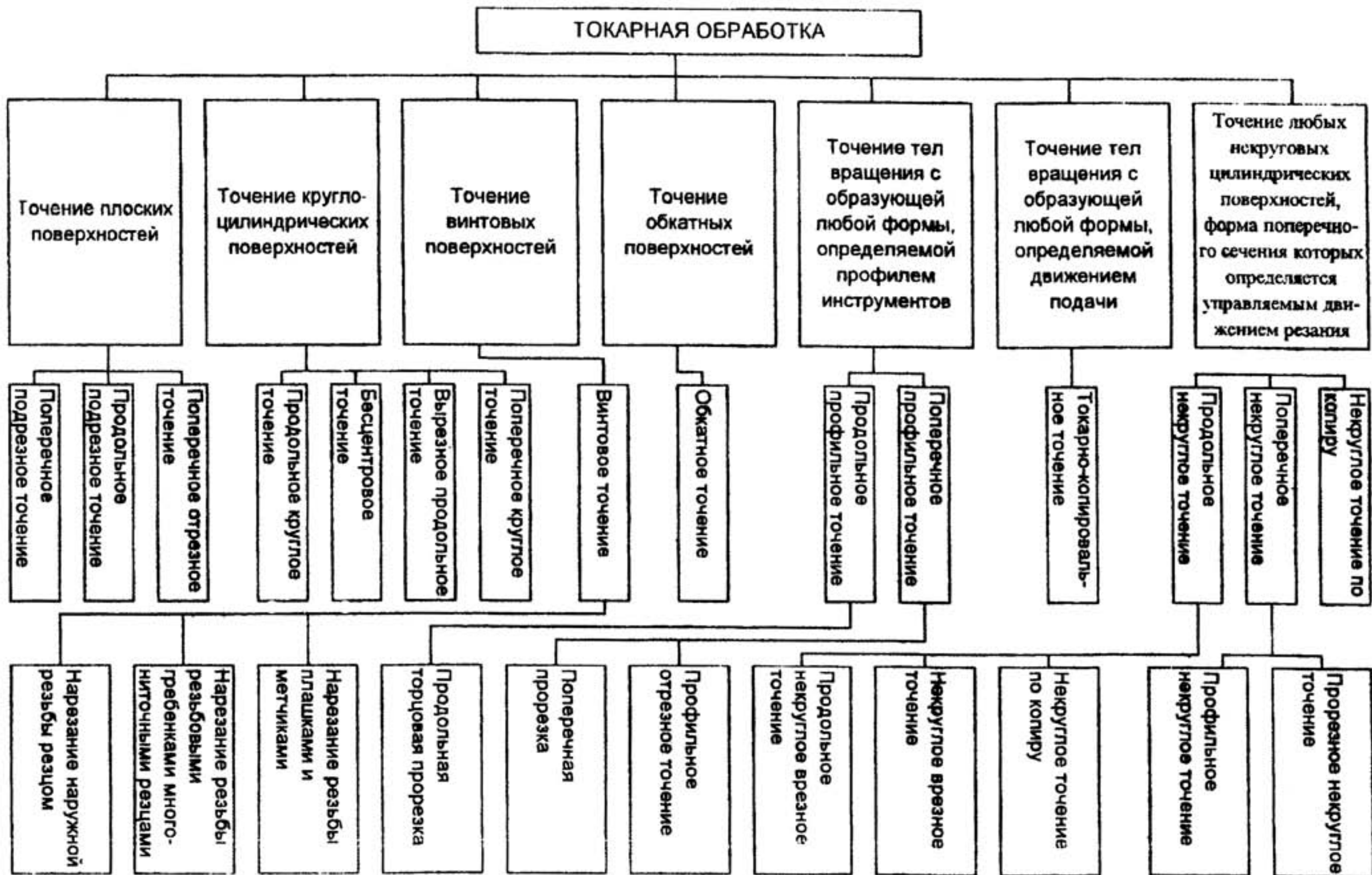


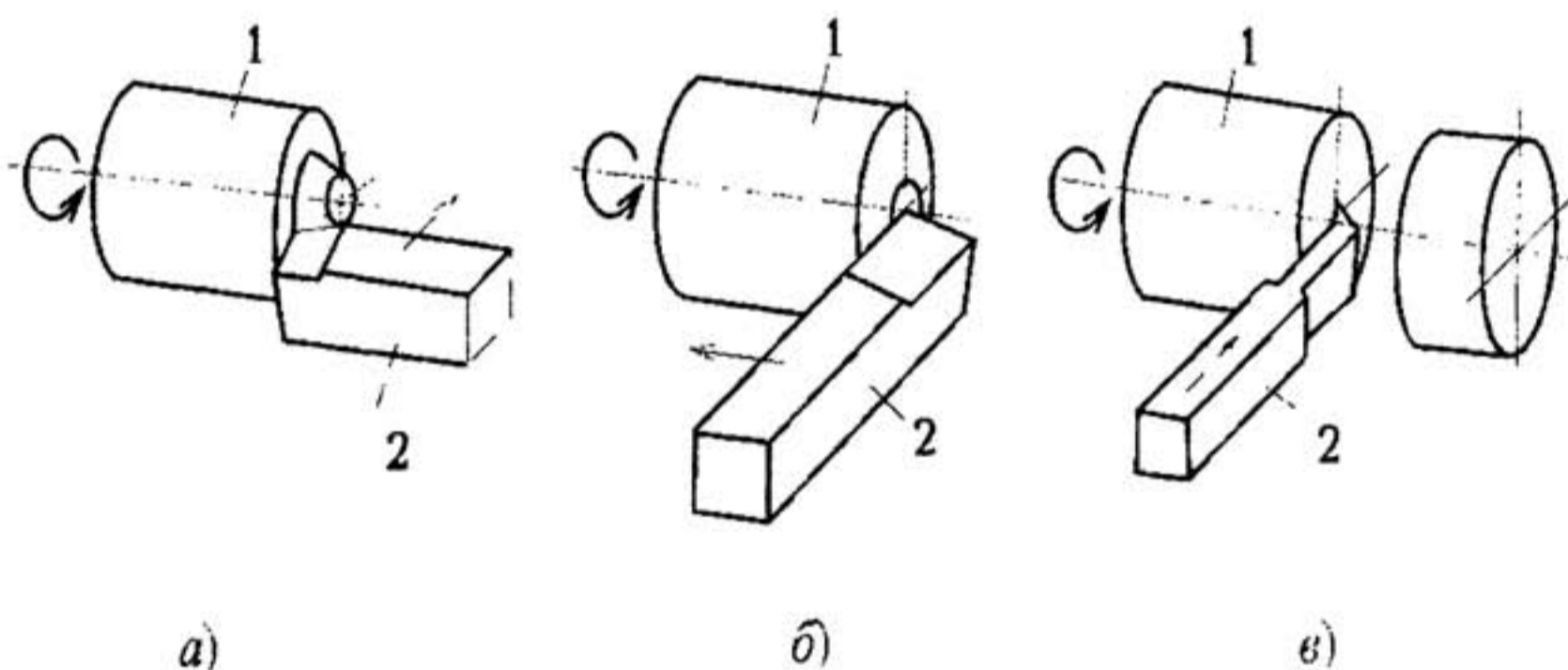
Рис.2.1 Классификация способов токарной обработки

Степень автоматизации и вид управления токарным станком позволяют различать точение на универсальных станках, на токарно-револьверных станках, на одно- и многошпиндельных токарных автоматах, на токарных станках с ЧПУ.

Способы токарной обработки (рис. 2.1) классифицированы по критериям формы поверхности и кинематики резания. Способы обработки плоских, круглоцилиндрических, винтовых и обкатных поверхностей выделены особо (остальные поверхности входят в разряд прочих поверхностей). Способами токарной обработки для получения прочих поверхностей можно в отдельных случаях изготовить также плоские, круглоцилиндрические, винтовые и обкатные поверхности.

Существует продольное (подача параллельна оси вращения заготовки) и поперечное (подача перпендикулярна к оси вращения заготовки) точение.

Рассмотрим способы точения плоских поверхностей (рис.2.2 -2.8).



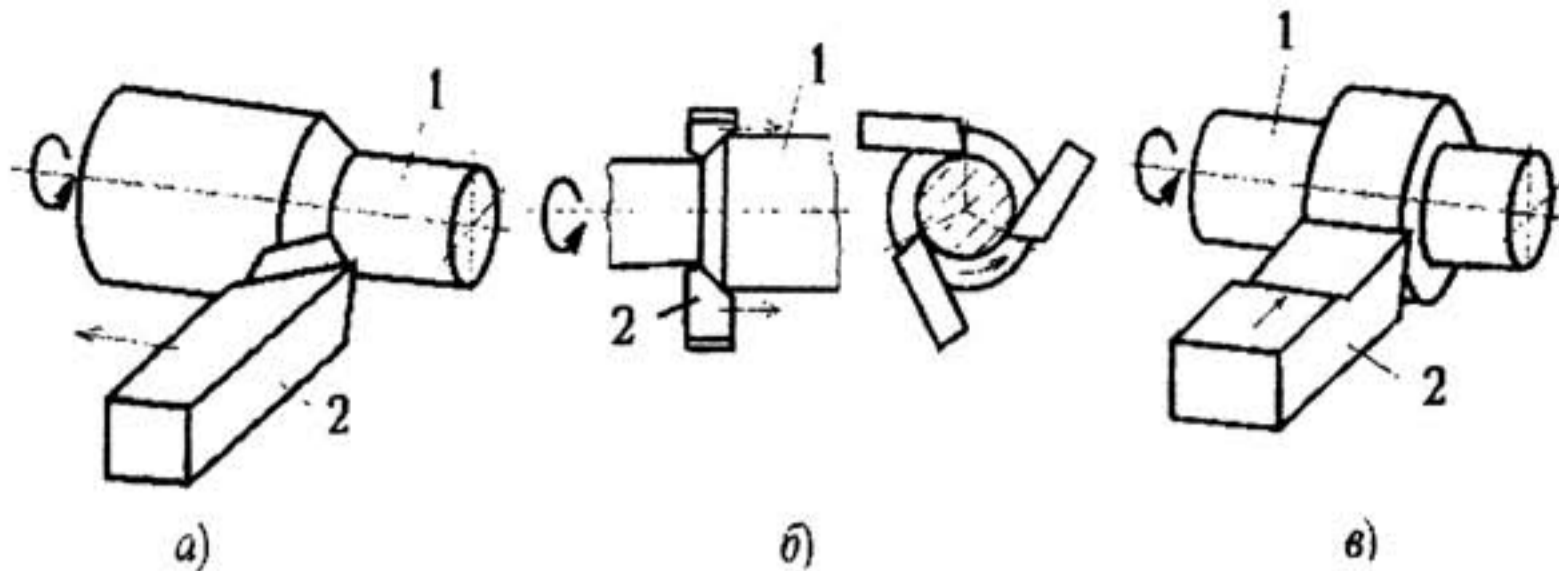
**Рис. 2.2.** Точение плоских поверхностей:

*а*- поперечное подрезное; *б* – продольное подрезное; *с* – поперечное отрезное;  
1 – заготовка; 2 – инструмент

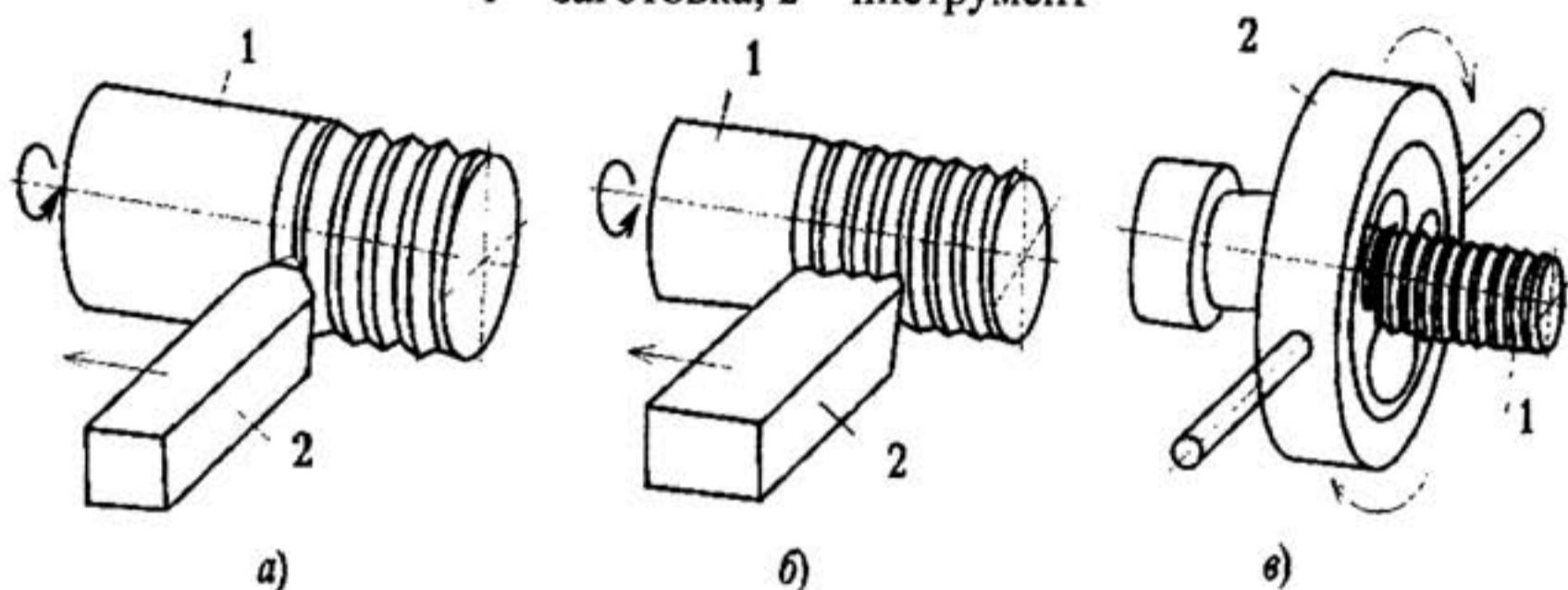
*Поперечное подрезное точение* – это поперечное точение для изготовления плоской поверхности, расположенное перпендикулярно к оси вращения детали (рис. 2.2, *а*).

*Продольное подрезное точение* – это продольное точение, при котором длина главной режущей кромки токарного резца не меньше ширины изготавливаемой поверхности (рис. 2.2, *б*).

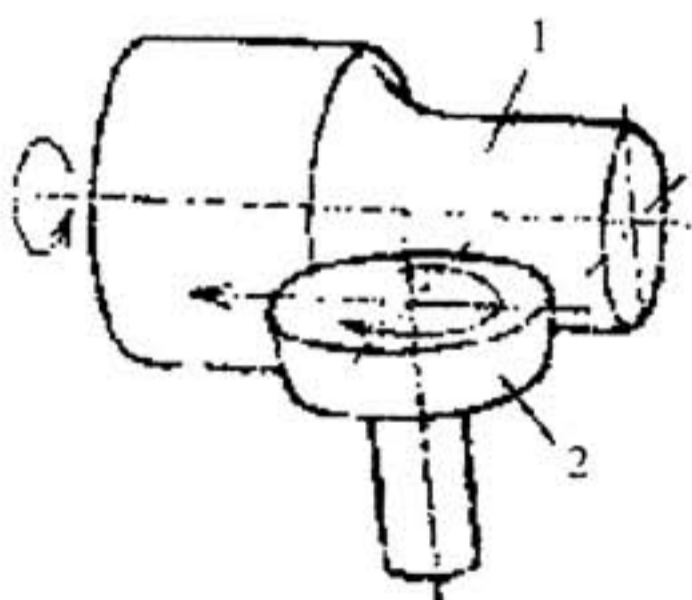




**Рис.2.3.** Точение круглоцилиндрических поверхностей:  
*a* – продольное круглое; *б* – бесцентровое; *в* поперечное круглое;  
*1* – заготовка; *2* – инструмент



**Рис 2.4.** Точение винтовых поверхностей:  
*a* – нарезание наружной резьбы резцом; *б*- нарезание резьбы резьбовыми гребенками; *в* – нарезание резьбы плашкой *1* – заготовка; *2* – инструмент



**Рис. 2.5.** Продольное профильное точение  
 вращающимся фасонным инструментом:  
*1* – заготовка; *2* – инструмент

*Поперечное отрезное точение* – это поперечное точение с целью отрезки (рис.2.2, *в*). Слово «поперечное» в определении можно опустить, если это не приведет к неясности. Отрезное точение, при котором получают поверхности сложного профиля, называют *профильным* или *фасонным отрезным точением*.

Круглоцилиндрические поверхности можно получить следующими способами точения.

*Продольное круглое точение* – это продольное точение для изготовления цилиндрической поверхности, ось которой совпадает с осью вращения (рис. 2.3, а).

*Бесцентровое точение* – это продольное точение с большой подачей, чаще всего с применением вращающегося инструмента с малым вспомогательным углом в плане (рис. 2.3, б).

*Вырезное продольное точение* – это продольное точение для вырезания круглого диска из листа.

*Поперечное круглое точение* – это поперечное точение для изготовления круглоцилиндрической поверхности, ось которой совпадает с осью вращения, когда ширина токарного резца равна длине образующей изготавливаемого цилиндра (рис. 2.3, в).

Существует несколько способов изготовления винтовых поверхностей.

*Винтовое точение* – это продольное точение для получения винтовых поверхностей. При этом величина подачи равна шагу винтовой поверхности.

*Нарезание наружной резьбы резцом* – это точение для получения резьбы с помощью однозубого инструмента, например резьбового профильного резца (рис. 2.4, а).

*Нарезание резьбы резьбовыми гребенками* – это получение резьбы инструментом, несколько зубьев которого расположены вдоль направления подачи (оси вращения), например резьбовой гребенкой или многониточным резьбовым резцом (рис. 2.4, б).

*Нарезание резьбы плашками и метчиками* – это получение резьбы с помощью инструмента, который в направлениях движения подачи и движения резания (вдоль оси вращения и по окружности) имеет несколько зубьев, например плашка, резьбонарезная головка (рис. 2.4, в).

*Обкатное точение* – это токарная обработка с движением подачи, реализуемым обкатным движением режущего инструмента для получения тел вращения или винтообразных поверхностей.

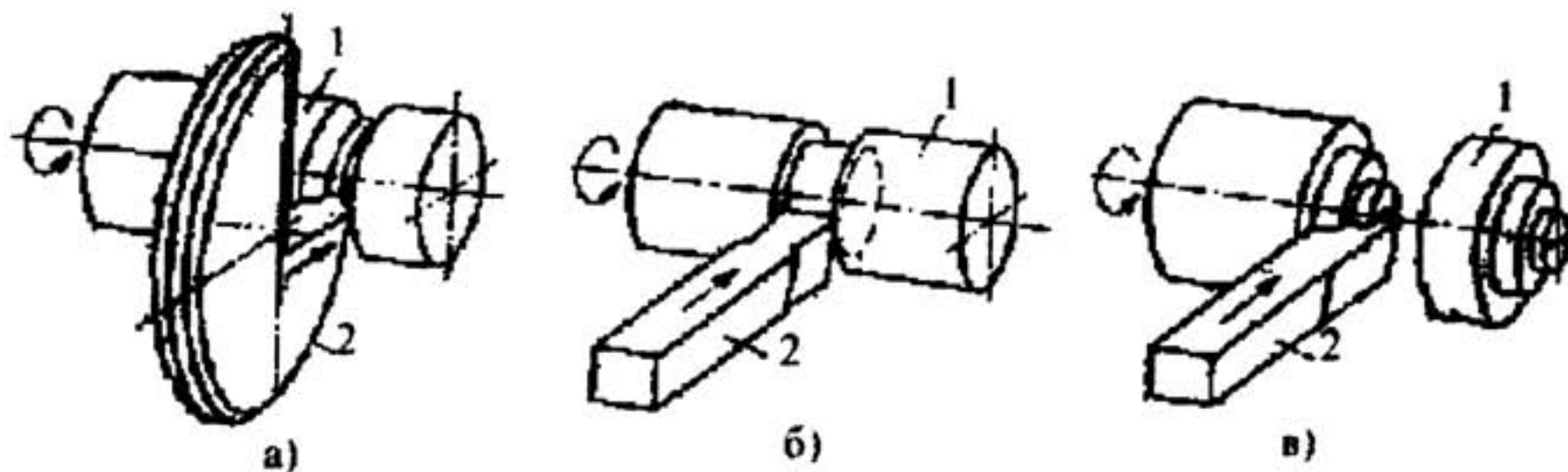
При точении сложных тел вращения форма образующих определяется профилем инструмента.

*Продольное профильное (фасонное) точение* – это продольное точение профильным токарным резцом для получения поверхности вращения. Пример продольного профильного точения, отличающегося от обкатного, показан на рис. 2.5.



*Продольное торцовое прорезное точение* – это продольное точение, при котором в результате обработки получается паз (круговой).

*Поперечное профильное точение* – это поперечное точение профильным токарным резцом для получения фасонной поверхности вращения (рис. 2.6, а).



**Рис. 2.6.** Точение тела вращения, образующая которого определяется профилем токарного резца:

а – поперечное профильное точение; б – поперечное прорезное точение;  
в – профильное отрезное точение; 1 – заготовка; 2 – инструмент

*Поперечное прорезное точение* – это поперечное профильное точение, при котором получают выточку (рис. 2.6, б)

*Профильное отрезное точение* – это поперечное профильное точение с отрезкой (рис. 2.6, в).

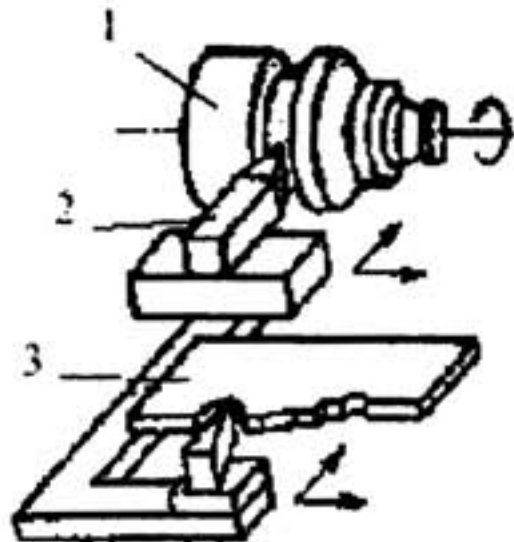
Точением можно обрабатывать тела вращения с образующей любой формы, определяемой управляемым движением подачи.

*Токарно-копировальное точение* – это токарная обработка с управлением движением подачи для получения фасонной поверхности вращения (рис. 2.7).

При точении некруглосимметричных деталей форма их поперечного сечения определяется управляемым движением резания.

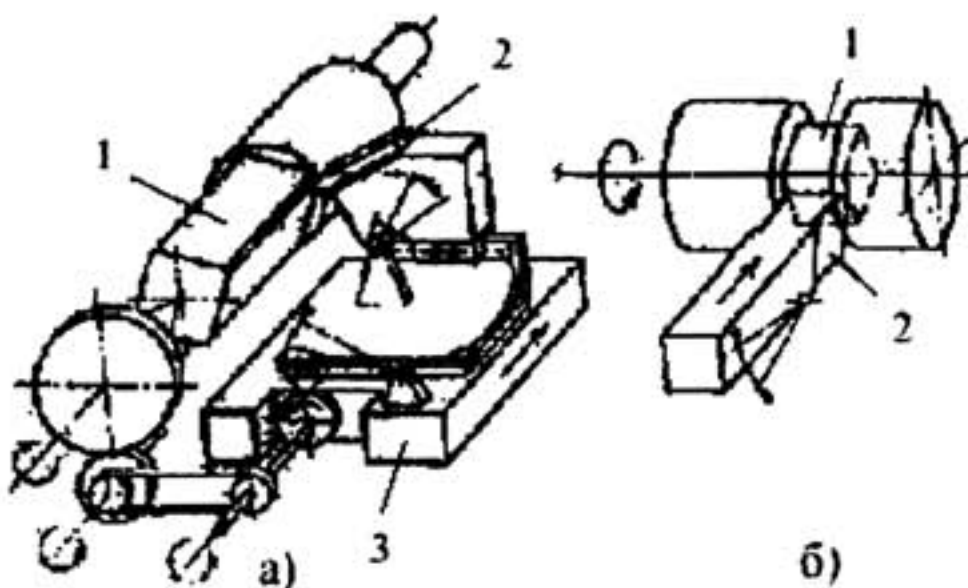
*Продольное некруглое точение* – это продольное точение с управляемым движением резания для получения некруглой цилиндрической фасонной поверхности: этим способом обрабатывают детали с поперечным сечением в форме овала, многогранника и др. (рис. 2.8, а).

*Продольная некруглая торцовая прорезка* – это продольное некруглое точение профильным токарным резцом, при котором получают паз некруглой формы.



**Рис. 2.7.** Токарно-копировальное точение:

- 1 – заготовка;
- 2 – инструмент;
- 3 – узел управления



**Рис. 2.8.** Точение некруглосимметричных деталей

- с управляемым движением резания:
- а – продольное некруглое; б – прорезное некруглое;
- 1 – заготовка; 2 – инструмент;
- 3 – система управления

*Поперечное некруглое точение* – это поперечное точение с управляемым движением резания для получения некруглых, цилиндрических деталей. В зависимости от формы поперечного сечения детали этот способ точения называют обточкой овалов, многогранников.

*Профильное некруглое точение* – это поперечное некруглое точение профильным резцом, например, затылование фасонных фрез.

*Прорезное некруглое точение* – это поперечное некруглое точение паза (рис. 2.8, б).

*Некруглое обтачивание по копиру* – это точение деталей некруглой, цилиндрической формы, при котором осуществляется управление движениями резания и подачи.

Существуют специальные методы точения: с нагревом заготовки, вибрационное, реверсивное.

## 2.2. Геометрия резца

При точении (рис. 2.9) на детали различают обрабатываемую поверхность 1, обработанную поверхность 2 и поверхность резания 3. *Обрабатываемой поверхностью* называют поверхность, с которой снимается стружка. *Обработанной поверхностью* называется поверхность, полученная после снятия стружки.



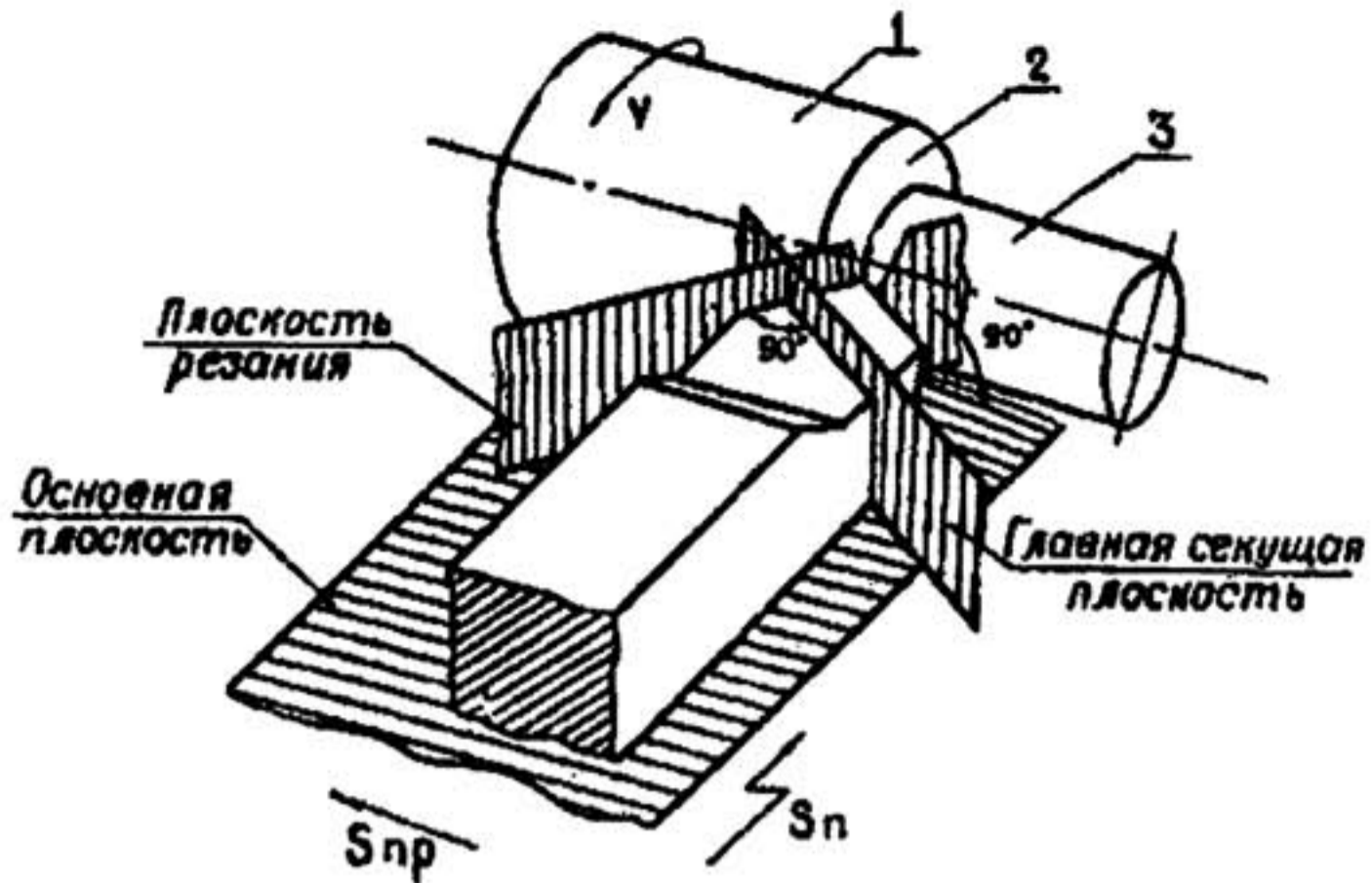


Рис. 2.9. Поверхности заготовки и координатные плоскости резца

*Поверхностью резания* называется поверхность, образуемая режущей кромкой резца в результате движений резания. Поверхность резания является переходной между обработанной и обрабатываемой поверхностями.

Рассмотрение углов режущих инструментов наиболее часто производят в статической системе координат с началом в рассматриваемой точке режущей кромки резца, ориентированной по направлению скорости главного движения резания.

### Элементы и части резца

Резец состоит (рис. 2.10) из головки А, которая является его рабочей частью, и тела Б, служащего для закрепления резца в резцедержателе.

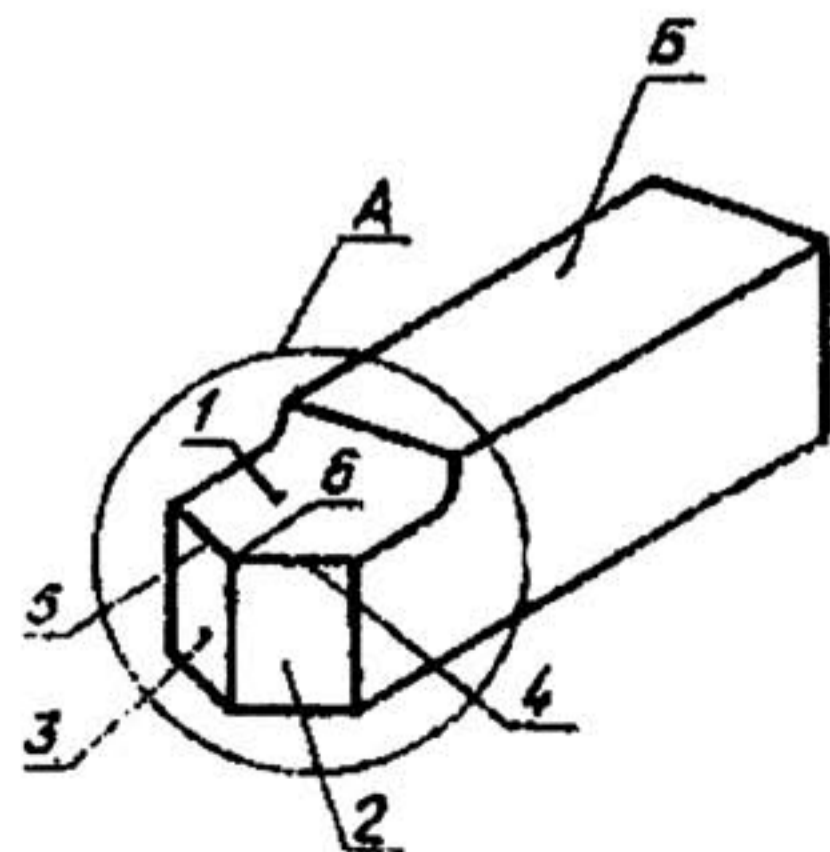


Рис. 2.10. Элементы и части токарного резца

На рабочей части имеются следующие элементы:

- передняя поверхность 1, по которой сходит стружка;

- главная задняя поверхность 2, обращенная к обрабатываемой поверхности заготовки;

- вспомогательная задняя поверхность 3, обращенная к обработанной поверхности заготовки;

- главная режущая кромка 4, образованная пересечением передней поверхности с главной задней;

- вспомогательная режущая кромка 5, образованная пересечением передней поверхности с вспомогательной задней.

### **Углы резца и их влияние на процесс резания**

У резца различают главные и вспомогательные углы. Главные углы оказывают решающее влияние на процесс резания; их измеряют в главной секущей плоскости N-N (рис. 2.11).

Главный задний угол  $\alpha$  - это угол между главной задней поверхностью и плоскостью резания. Он служит для уменьшения трения между задней поверхностью резца и поверхностью резания. Однако при значительном увеличении заднего угла снижается прочность резца. Для обработки вязких материалов и снятия тонких стружек применяют резцы с большими углами  $\alpha$ . При резании твердых и хрупких материалов выбирают меньшие углы. Обычно задний угол резцов лежит в пределах  $6...12^\circ$ .

Передний угол  $\gamma$  - это угол между передней поверхностью резца и плоскостью, перпендикулярной плоскости резания. Различают положительный передний угол (передняя поверхность направлена вверх от плоскости, перпендикулярной плоскости резания). С увеличением переднего угла облегчается врезание резца в металл, уменьшается деформация срезаемого слоя (стружки), облегчается сход стружки, уменьшаются силы резания и расход энергии. Вместе с тем, увеличение переднего угла приводит к уменьшению прочности режущего клина. Поэтому при использовании хрупких инструментальных материалов (твердые сплавы, минералокерамика и др.) для повышения прочности и стойкости инструмента следует применять отрицательные, нулевые и малые положительные передние углы, а при работе более прочным инструментом из быстрорежущих сталей используются положительные передние углы ( $10...30^\circ$ ).



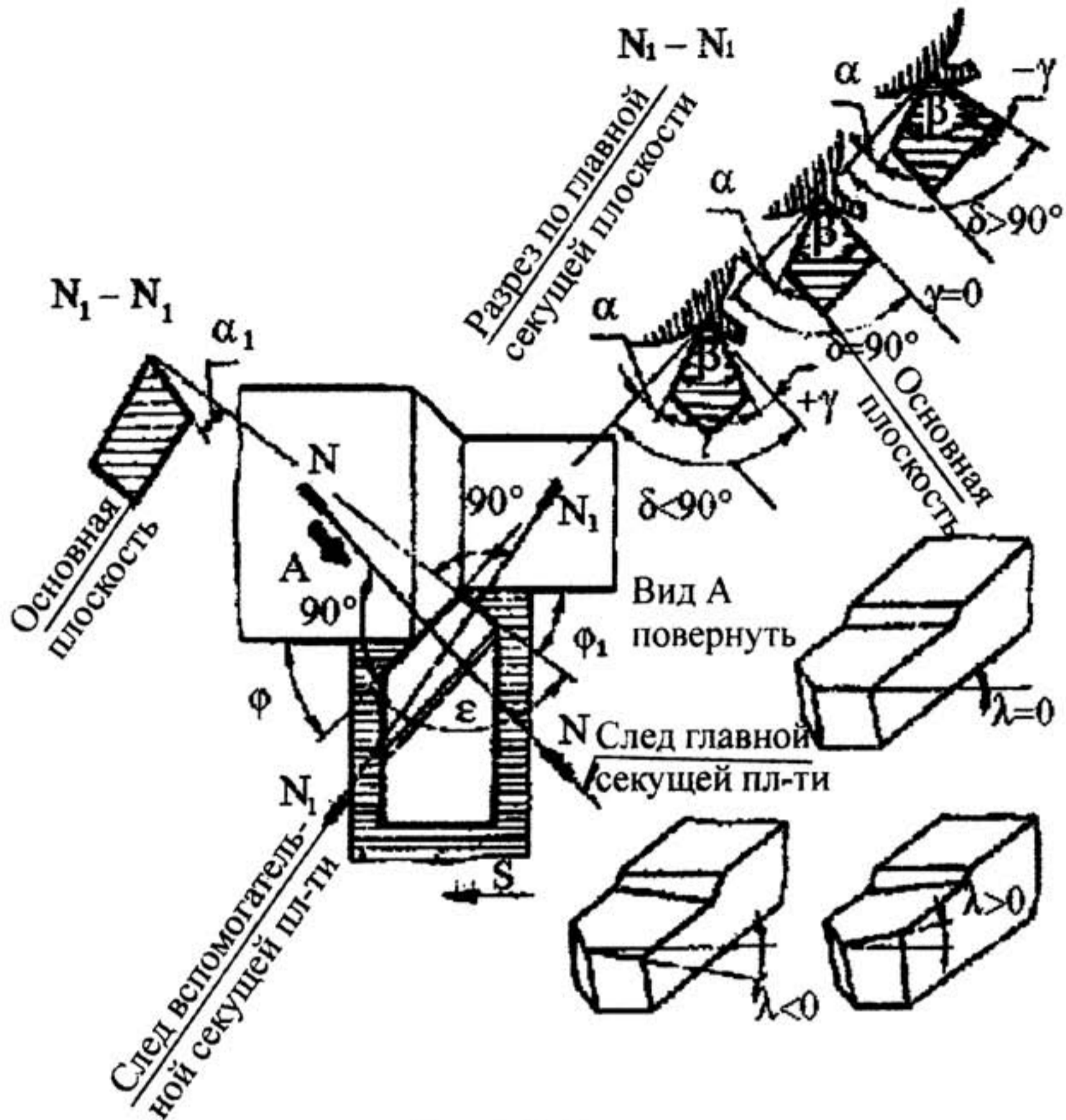


Рис. 2.11. Углы реза

Угол заострения  $\beta$  - это угол между передней и главной задней поверхностями реза. Уменьшение угла  $\beta$  приводит к ослаблению режущего клина и снижению его прочности, а также к ухудшению отвода тепла от режущей кромки реза.

Угол резания  $\delta$  - это угол между передней поверхностью реза и плоскостью резания.

Как видно из рис. 2.11 :

$$\alpha + \beta + \gamma = 90^\circ \quad (2.1)$$

$$\delta = \alpha + \beta \quad (2.2)$$

Существенное влияние на процесс резания оказывает и вспомогательный задний угол  $\alpha_1$ , измеряемый во вспомогательной секущей плоскости  $N_1-N_1$  (рис. 2.11) и представляющий собой угол между

вспомогательной задней поверхностью и плоскостью, проходящей через вспомогательную режущую кромку перпендикулярно к основной плоскости. Угол  $\alpha_1$  служит для уменьшения трения вспомогательной задней поверхности резца об обработанную поверхность заготовки.

В основной плоскости рассматриваются углы в плане (рис. 2.11).

Главный угол в плане  $\varphi$  – это угол между проекцией главной режущей кромки на основную плоскость и направлением подачи. С уменьшением угла  $\varphi$  увеличивается длина активной части режущей кромки, что улучшает теплоотвод и уменьшает износ инструмента. Одновременно улучшается шероховатость обработанной поверхности. Однако при слишком малых значениях угла  $\varphi$  резко возрастает сила резания  $P_\varphi$ , стремящаяся отжать резец от заготовки, что приводит к вибрациям технологической системы и, как следствие, ухудшению качества обработанной поверхности и увеличению износа резца. Обычно  $\varphi = 30...90^\circ$ .

Вспомогательный угол в плане  $\varphi_1$  – это угол между проекцией вспомогательной режущей кромки на основную плоскость и направлением, противоположным направлению подачи. Угол  $\varphi_1$  служит для уменьшения трения вспомогательной задней поверхности об обработанную поверхность заготовки.

Угол при вершине в плане  $\xi$  – это угол между проекциями главной и вспомогательной режущих кромок на основную плоскость.

Из рис. 2.11:

$$\varphi + \varphi_1 + \xi = 180^\circ \quad (2.3)$$





Угол наклона главной режущей кромки  $\lambda$  – это угол, заключенный между главной режущей кромкой резца и плоскостью, проведенной через вершину резца параллельно основной плоскости (рис. 2.11). Этот угол измеряется в плоскости резания и считается положительным, когда вершина резца является нижней точкой режущей кромки; отрицательным – когда вершина резца является верхней точкой режущей кромки, или равным нулю – при главной режущей кромке, параллельной основной плоскости. Угол  $\lambda$  служит для отвода стружки в направлении к обработанной (при  $\lambda > 0$ ) или обрабатываемой (при  $\lambda < 0$ ) поверхностям. Положительный угол  $\lambda$ , кроме того, упрочняет вершину инструмента. Поэтому, при черновой обработке, при прерывистом резании, а также при обработке закаленных материалов необходимо угол  $\lambda$  задавать положительным ( $15...20^\circ$ ), а при чистовой обработке для предотвращения царапания стружкой обработанной поверхности рекомендуются резцы с отрицательными значениями этого угла.



В таблице 2.1 приведены различные формы передней поверхности твердосплавных резцов, которые рекомендуется применять в зависимости от обрабатываемого материала и условий обработки.

Таблица 2.1

Формы передней поверхности твердосплавных резцов

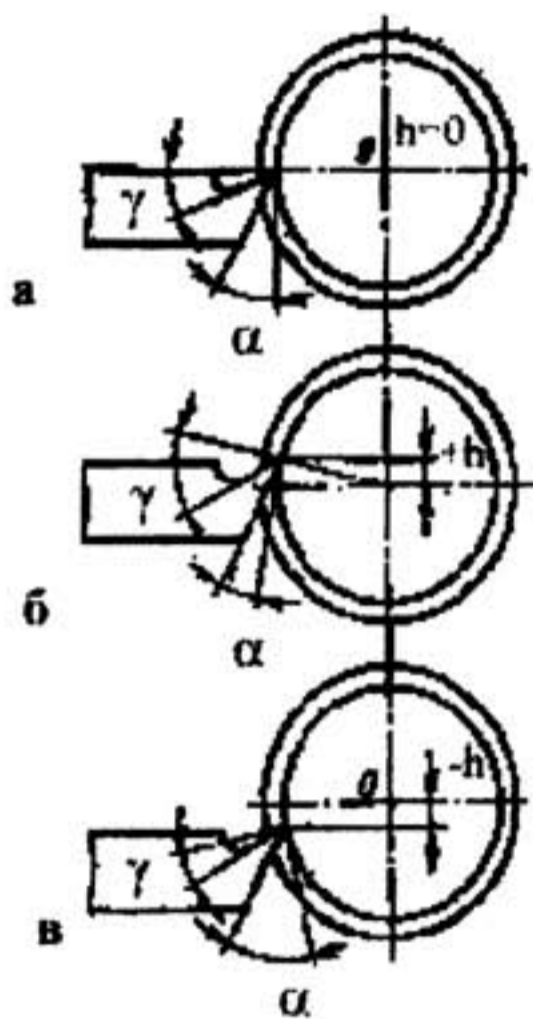
Форма	Эскиз	Применение
Плоская с фаской		Различные виды обработки стальных деталей
Радиусная с фаской		Точение и растачивание стальных деталей (радиусная лунка обеспечивает лучшее завивание стружки)
Плоская без фаски		Обработка деталей из чугуна и жаропрочных сталей и сплавов с подачами до 0,5 мм/об
Плоская отрицательная		Черновое точение и растачивание деталей из стали с $\sigma_B=1000$ МПа и стального литья с коркой, загрязненной неметаллическими включениями при точении с ударами

Величины углов  $\gamma$  и  $\alpha$  зависят от расположения резца относительно оси заготовки. Так, при обточке наружной поверхности резца, вершина которого находится выше оси заготовки (рис 2.12, б), передний угол  $\gamma$  увеличивается, а задний угол  $\alpha$  уменьшается по отношению к углам  $\alpha$  и  $\gamma$ , определенным при положении вершины резца точно на оси обрабатываемой заготовки (рис. 2.12, а); при установке вершины резца ниже оси заготовки, наоборот, угол  $\gamma$  уменьшается, а угол  $\alpha$  возрастает (рис 2.12, в).

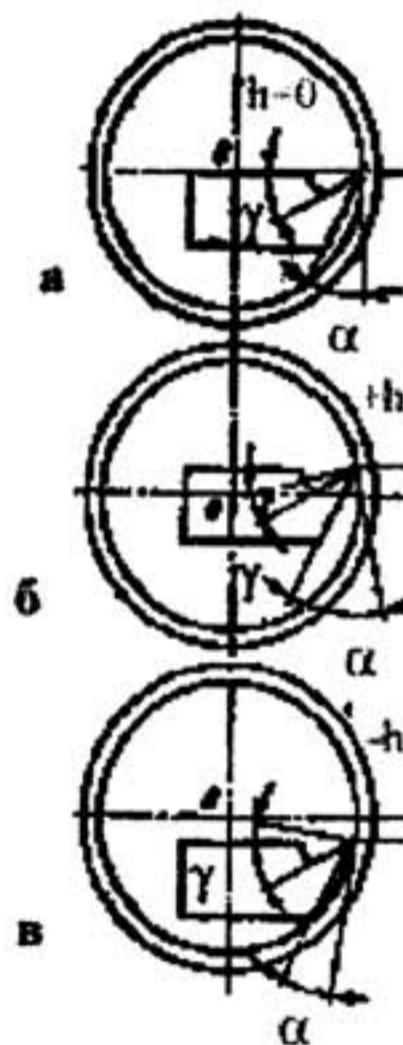
При растачивании отверстия влияние установки резца по высоте на углы  $\gamma$  и  $\alpha$  обратное (рис. 2.13). При установке вершины резца выше центра передний угол  $\gamma$  уменьшается, а задний угол  $\alpha$  возрастает; при установке вершины резца ниже центра возрастает угол  $\gamma$  и уменьшается  $\alpha$ .

При установке оси резца не перпендикулярно оси заготовки главный  $\varphi$  и вспомогательный  $\varphi_1$  углы в плане также соответственно изменяются.

Кроме углов, определяемых при неподвижном (статическом) состоянии резца и заготовки, различают так называемые кинематические углы (или углы в движении) при вращении заготовки и подаче резца. Кинематические углы несколько отличаются от статических.



**Рис. 2.12.** Углы  $\alpha$  и  $\gamma$  при установке вершины проходного резца относительно оси заготовки:  
*a* – на уровне оси;  
*б* – выше оси; *в* – ниже оси



**Рис. 2.13.** Углы  $\alpha$  и  $\gamma$  при установке расточного резца относительно оси заготовки:  
*a* – на уровне оси;  
*б* – выше оси; *в* – ниже оси



## 2.3. Конструкции токарных резцов

Классификация токарных резцов приведена в таблице 2.2.

Таблица 2.2

№ п/п	Классификационный признак	Типы резцов
1.	Вид обработки	Проходные (1, 2, 3), подрезные (4), прорезные, отрезные (6) расточные (6, 7) резьбовые, фасонные (5), фасочные (рис. 5)
2.	Характер обработки	Черновые, чистовые, для тонкого точения
3.	Направление подачи	Правые, левые (рис. 4)
4.	Форма головки	Прямые (а), отогнутые (б), оттянутые (в) (рис. 4)
5.	Способ изготовления	Цельные, с приваренной или припаянной пластиной, с механическим креплением пластины
6.	Конструкция	Стержневые, державочные, призматические, круглые
7.	Материал	Быстрорежущие, твердосплавные, минералокерамические, алмазные

Некоторые типы резцов показаны на рис. 2.14.

Форма и размеры инструмента для токарной обработки определяются технологическими задачами. Вид токарной обработки, например, обтачивание, растачивание, копировальная обработка, нарезание резьбы, а также узлы крепления инструмента на станке в значительной степени определяют форму и размеры державок инструментов (рис. 2.14). Взаимодействие режущего клина и заготовки должно происходить при правильном их относительном положении. Нагрузка на режущий клин зависит от поперечного сечения стружки, условий резания и обрабатываемости материала заготовки. Державка должна воспринимать статические и динамические нагрузки с минимальными вибрациями; державка является удлинителем несущей детали инструментального держателя, которая служит для придания правильного оптимального положения режущему клину. Жесткости инструмента, заготовки и станка влияют на допустимые режимы резания.

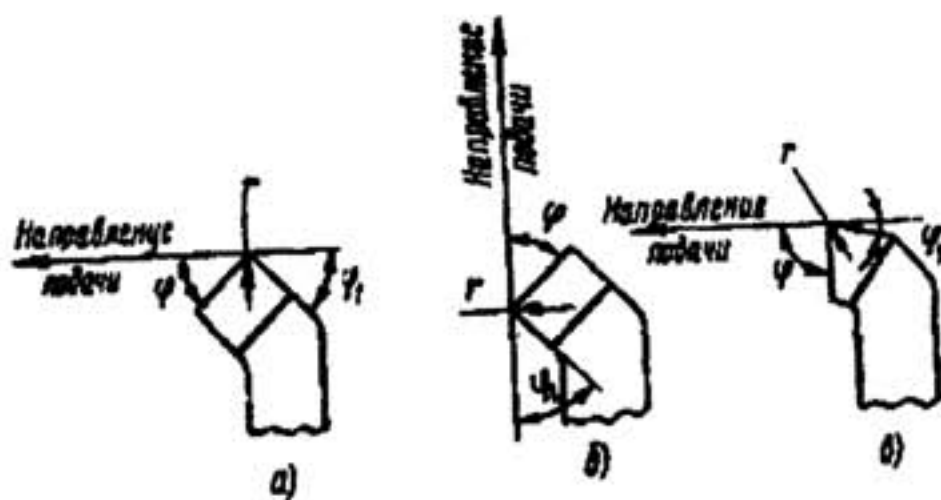
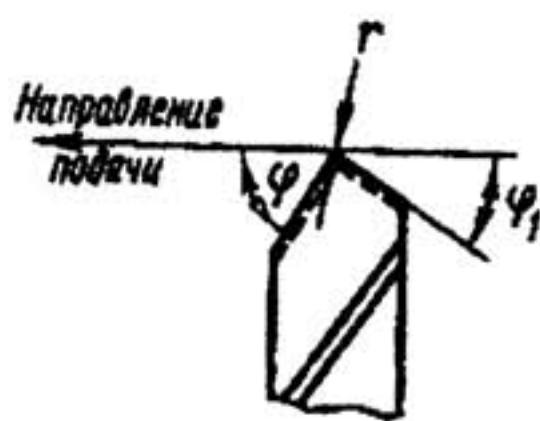
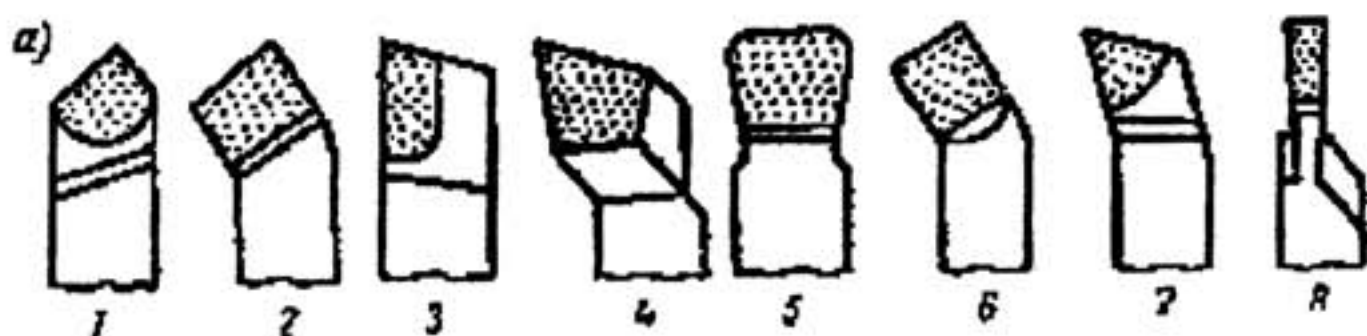
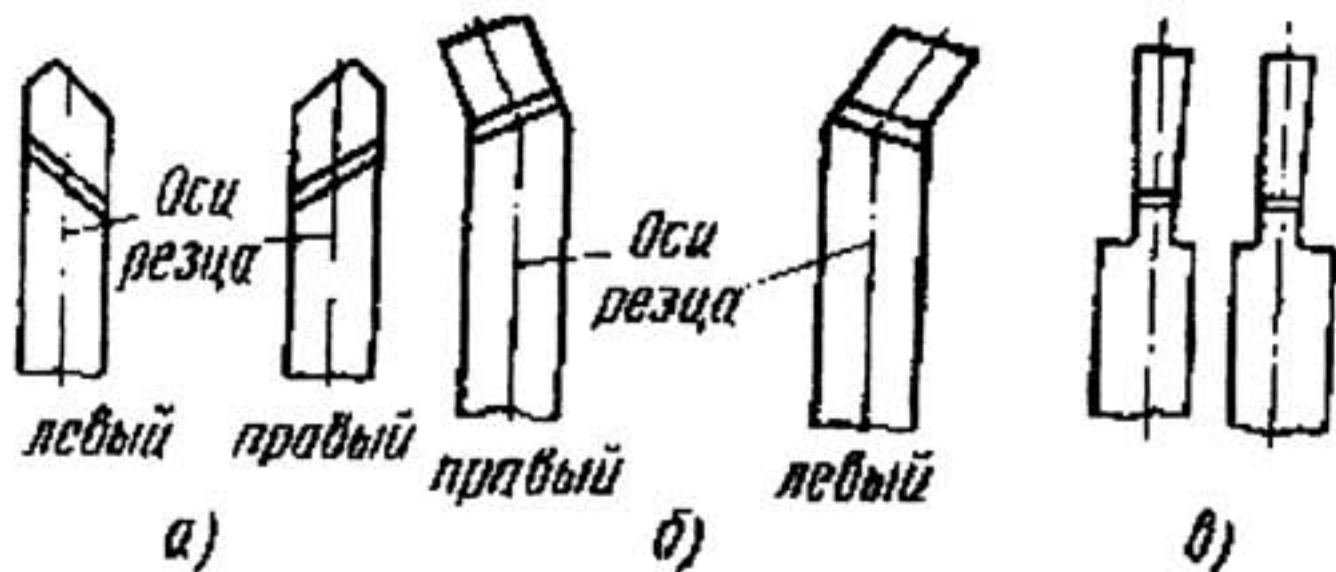


Рис. 2.14. Типы резцов

В основу развития большинства конструкций инструментов положен принцип неперетачиваемости режущих кромок на основе создания сборных конструкций с механическим креплением многогранных и круглых пластин. Этот принцип обеспечивает уменьшение времени на восстановление режущих свойств инструмента в 2-3 раза; сокращение машинного времени на 25-40%, увеличение стойкости в 1,5 раза вследствие исключения напайки и затачивания твердого сплава; сокращения в обращении необходимого инструмента в 2-3 раза.

Конструкция инструмента с многогранными режущими пластинами во многом определяется формой пластинок (рис. 2.15) [1;5]:



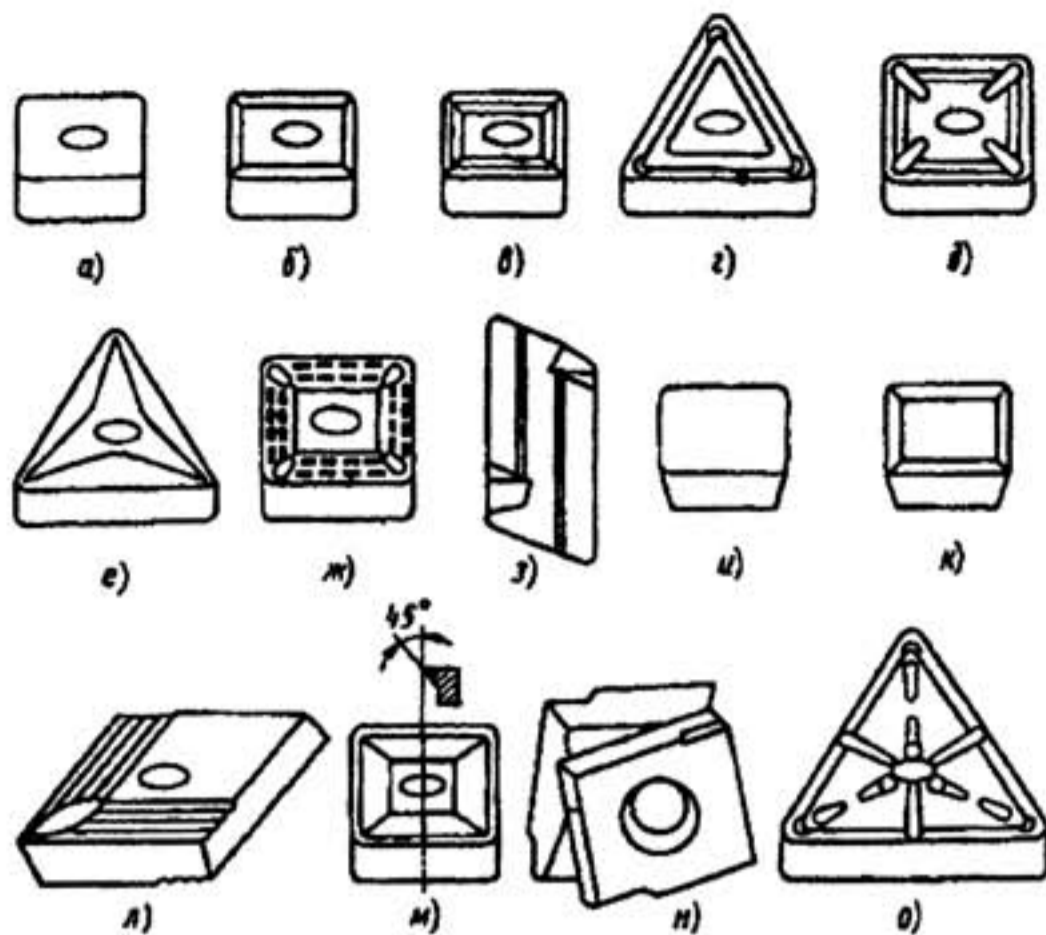
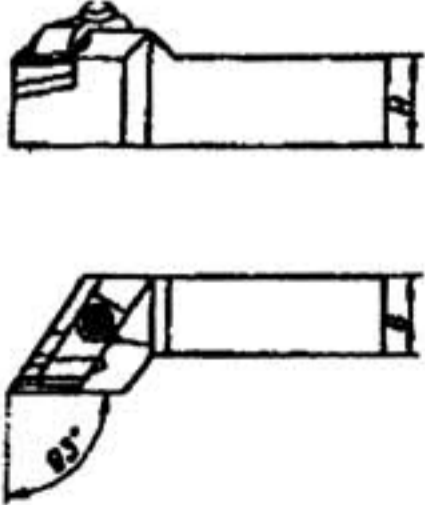
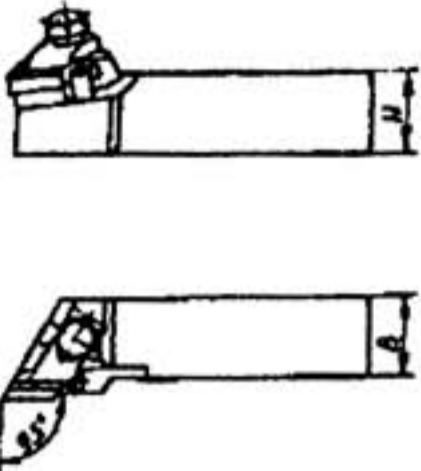
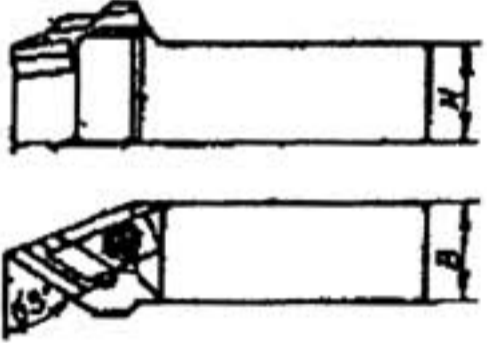
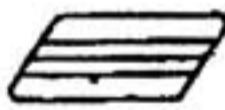
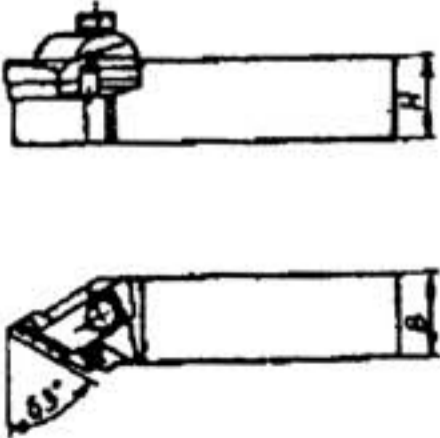


Рис. 2.15. Формы передней поверхности многогранных неперетачиваемых пластин

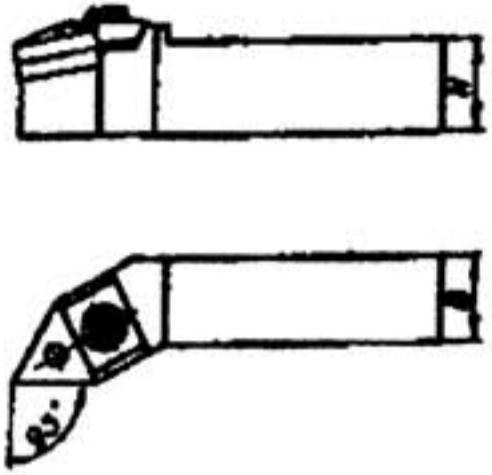

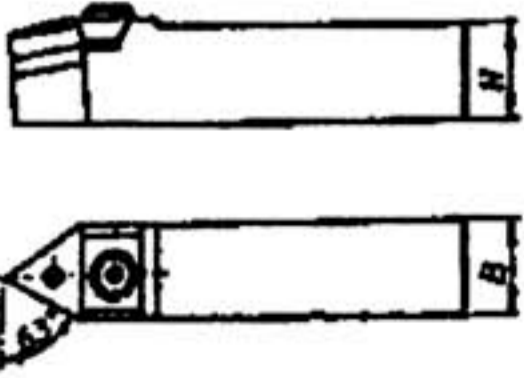
Таблица 2.3

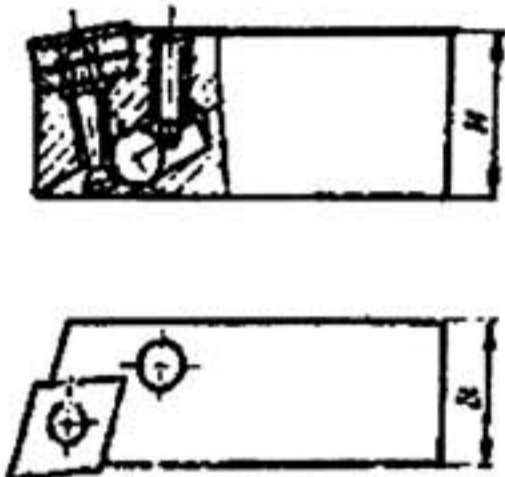



**Резцы токарные с механическим креплением многогранных твердосплавных пластин**

№	Обозначение	Нормативно-техническая документация	Основные параметры	ГОСТ пластинки и эскиз	Номер пластинки
1	2	3	4	5	6
1	<p>Резцы токарные для контурного точения, сборные, с механическим креплением параллелограммных пластинок с углом <math>\varphi=93^\circ</math>, правые и левые.</p> 	ГОСТ 20872-80 Тип 1	$\frac{H \times B}{20 \times 20}$ <hr/> 25×25 32×25 32×32 40×32 <hr/> 50×40 63×40 <hr/> 25×20	ГОСТ 19062 – 80 	08116-170405 08116-170415 <hr/> 08116-190605 08116-190615 <hr/> 08116-230610 08116-230615 08116-170405 08116-190615

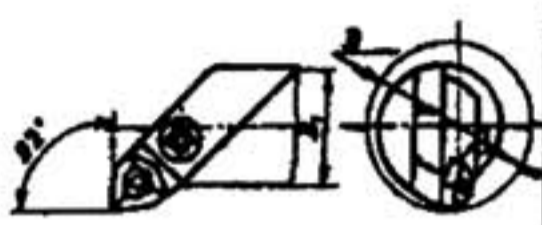

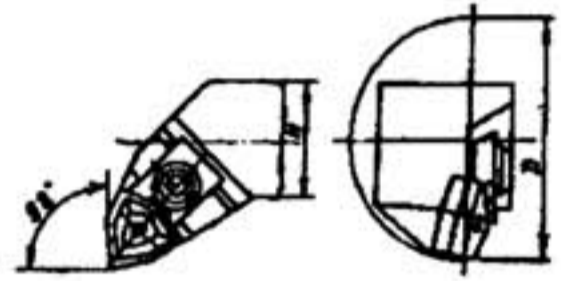
1	2	3	4	5	6
2	<p>Резцы токарные, тоже, с опорой на штифт</p> 	<p>ГОСТ 20872-80 Тип 2</p>	<p>25×20 25×25 32×25 32×32</p>	<p>Тоже</p>	<p>08116-190605 08116-190615</p>
3	<p>Резцы токарные для контурного точения, сборные, с механическим креплением параллелограммных пластинок с углом <math>\phi = 63^\circ</math>, правые и левые</p> 	<p>ГОСТ 20872-80 Тип 3</p>	<p><u>H×B</u> 20×20 — 25×20 — 25×25 32×25 32×32 40×32 — 50×40 63×40</p>	<p>ГОСТ 19062 – 80</p> 	<p>08116-170405 <u>08116-170415</u> 08116-170405 <u>08116-190615</u>  08116-190605 08116-190615  <u>08116-230610</u> <u>08116-230615</u></p>
4	<p>То же, с опорой на штифт</p> 	<p>ГОСТ 20872-80 Тип 4</p>	<p>25×20 25×25 32×25 32×32</p>	<p>Тоже</p>	<p>08116-190605 08116-190615</p>



1	2	3	4	5	6
5	<p>Резцы токарные для контурного точения, сборные, с механическим креплением трехгранных пластинок с углом <math>\varphi=93^\circ</math>.</p> 	<p>ГОСТ 20872-80 Тип 1</p>	<p><u>Н×В</u> 16×16</p> <hr/> <p>— 20×20 25×20 25×25 <u>32×2</u> <u>5</u> 32×32 40×32 50×40 63×40</p>	<p>ГОСТ 19046 – 80</p> 	<p>01114-160304 01114-160308 01114-160312 01114-160408 <u>01114-160412</u> 01114-220408 01114-220412 01114-220416</p> <hr/> <p>01114-270612 01114-270616</p>
6	<p>Резцы токарные для контурного точения, сборные с механическим креплением трехгранных пластинок с углом <math>\varphi=63^\circ</math>, правые и левые.</p> 	<p>ГОСТ 20872-80 Тип 6</p>	<p>16×16 20×16</p> <hr/> <p>— 20×20 25×20 25×25 <u>32×2</u> <u>5</u> 32×32 40×32 50×40 63×40</p>	<p>То же</p>	<p>01114-160304 01114-160308 01114-160312 01114-160408 <u>01114-160412</u> 01114-220408 01114-220412 01114-220416</p> <hr/> <p>01114-270612 01114-270616</p>

1	2	3	4	5	6
7	<p>Резцы токарные проходные, прямые, сборные, с механическим креплением ромбических пластин из твердого сплава с углом <math>\varphi = 92^\circ</math>.</p> 	Чертеж ВНИИ	<p>Н×В</p> <hr/> <p>20×25 32×25 40×32 50×40</p>	<p>ГОСТ 19059 – 80</p> 	05114-140416
8	<p>Резцы токарные расточные для сквозных отверстий, сборные, отогнутые, с механическим креплением четырехгранных пластинок с углом <math>\varphi = 45^\circ</math>.</p> 	ГОСТ 20874-75 Тип 1	<p><math>\underline{D \times D_1}</math></p> <p>35×26 50×32</p>	<p>ГОСТ 19051-80</p> 	03114-090304 03114-120408

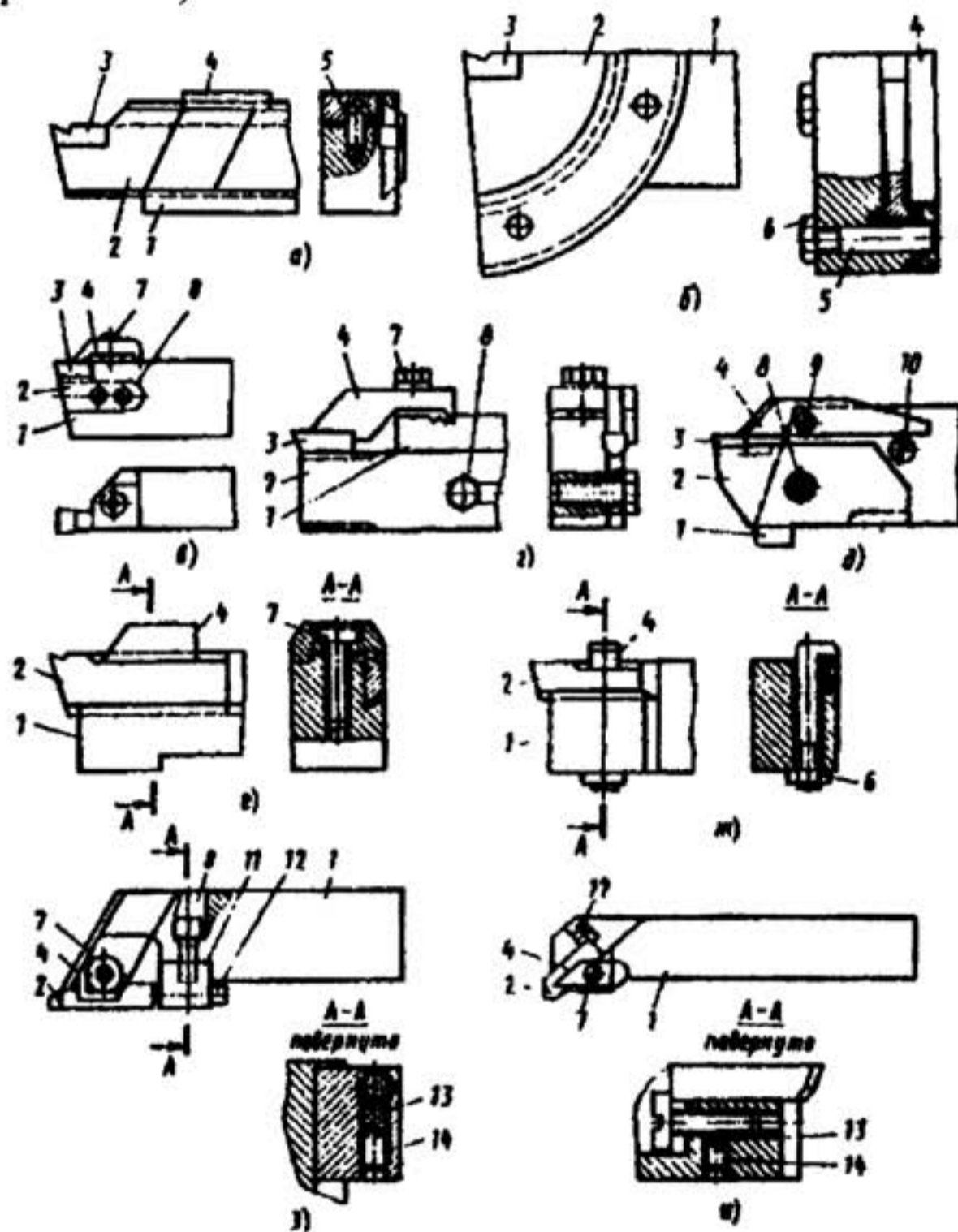


1	2	3	4	5	6
9.	<p>Резцы токарные расточные для глухих отверстий, сборные, отогнутые, с механическим креплением трехгранных пластинок с углом <math>\varphi=92^\circ</math></p> 	<p>ГОСТ 20874-75 Тип 3</p>	<p><math>\frac{D \times D_1}{35 \times 26}</math> 50×32</p>	<p>ГОСТ 19048 – 80</p> 	<p>02114-060304 02114-080408</p>
10	<p>Резцы токарные расточные, прямоугольного сечения для глухих отверстий, сборные, с механическим креплением трехгранных пластинок с углом <math>\varphi=92^\circ</math></p> 	<p>ГОСТ 20874-75 Тип 5</p>	<p><math>\frac{D \times H}{75 \times 32}</math> 75×40 87×50</p>	<p>То же</p>	<p>02114-100608</p>

В табл. 2.3 приведены конструкции (и ГОСТ) резцов токарных с механическим креплением многогранных твердосплавных пластин, а на рис. 2.16; 2.17; 2.18; 2.19; 2.20; 2.21; 2.22; 2.24 – соответственно конструкции отрезных и прорезных, резьбовых и расточных, фасонных резцов. В специальном производстве при обработке внутренних поверхностей деталей на токарных автоматах применяют дискообразный профилированный инструмент (рис. 2.23; 2.24).

Такие фасонные резцы насаживаются своим отверстием на оправку. Инструмент и оправка могут иметь диаметры, приблизительно равные диаметру предварительно обработанного отверстия; поэтому инструмент с оправкой оптимально стабилен при малых размерах и применя-

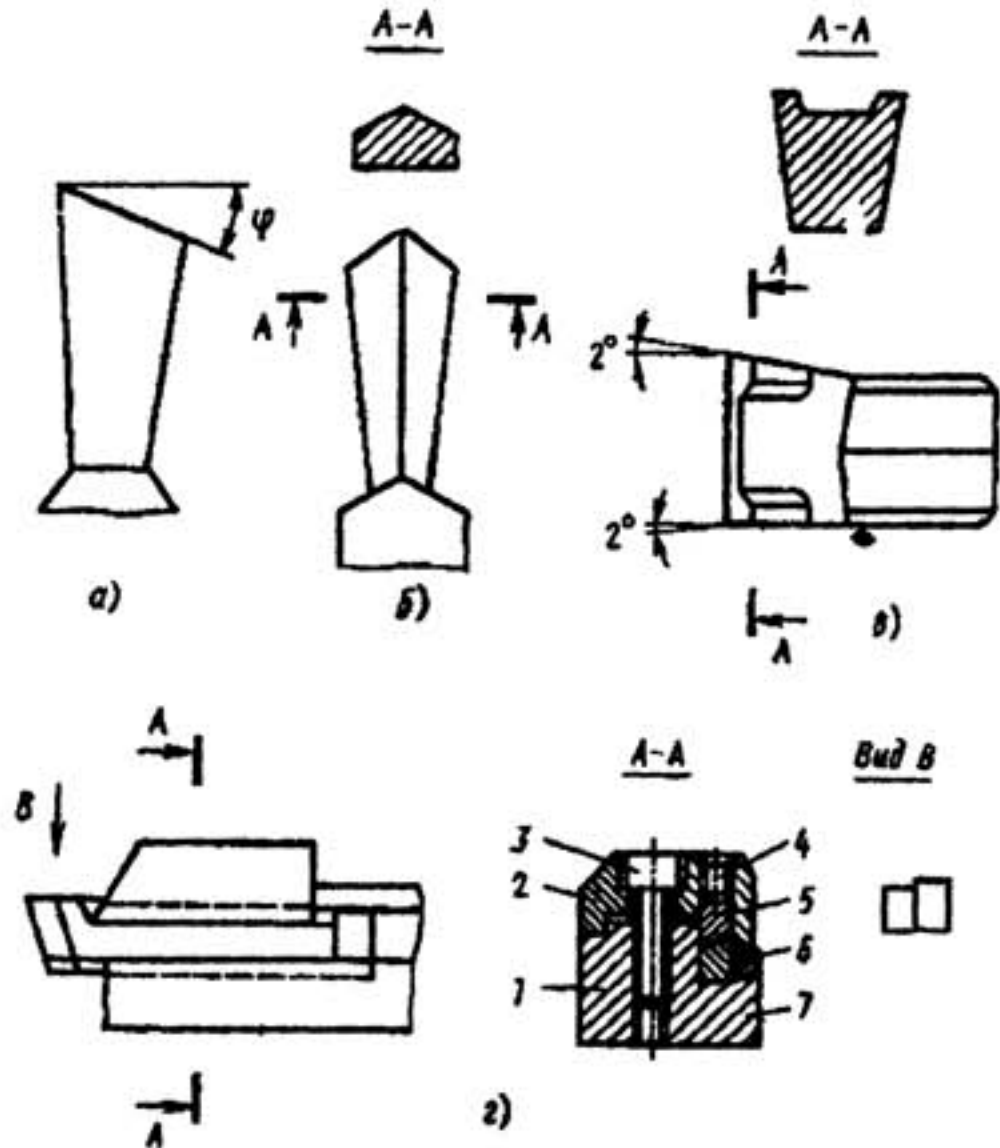
ется, например, для обработки внутренних профильных поверхностей. Для сохранения профиля профилированных шлифованных по наружной поверхности инструментов при перетачивании их прошлифовывается только передняя поверхность. Она располагается либо ниже осевой плоскости инструмента и в рабочем положении устанавливается на уровне оси заготовки, с тем чтобы не препятствовать стружкообразованию, либо в плоскости, проходящей через ось инструмента, но в рабочем положении устанавливается ниже оси заготовки, что создает задний угол (рис. 2.23)



**Рис.2.16.** Конструкции отрезных и прорезных резцов:

*а* – отрезной; *б* – отрезной с поворотной головкой; *в* – прорезной; *г* – отрезной с креплением режущей пластины прихватом; *д* – отрезной с креплением режущей пластины поворотным прихватом; *е* – для отрезки заготовок малого диаметра; *ж* – с креплением сменной головки комбинированным прихватом; *з* – для наружных канавок; *и* – резец для внутренних канавок; *1* – державка; *2* – сменная головка; *3* – режущая пластина; *4* – прихват; *5* – штифт; *6* – гайка; *7* – винт; *8* – стопорный винт; *9* – ось; *10* – эксцентрик; *11* – приставка; *12* – регулировочный винт; *13* – прокладка; *14* – крепежный винт



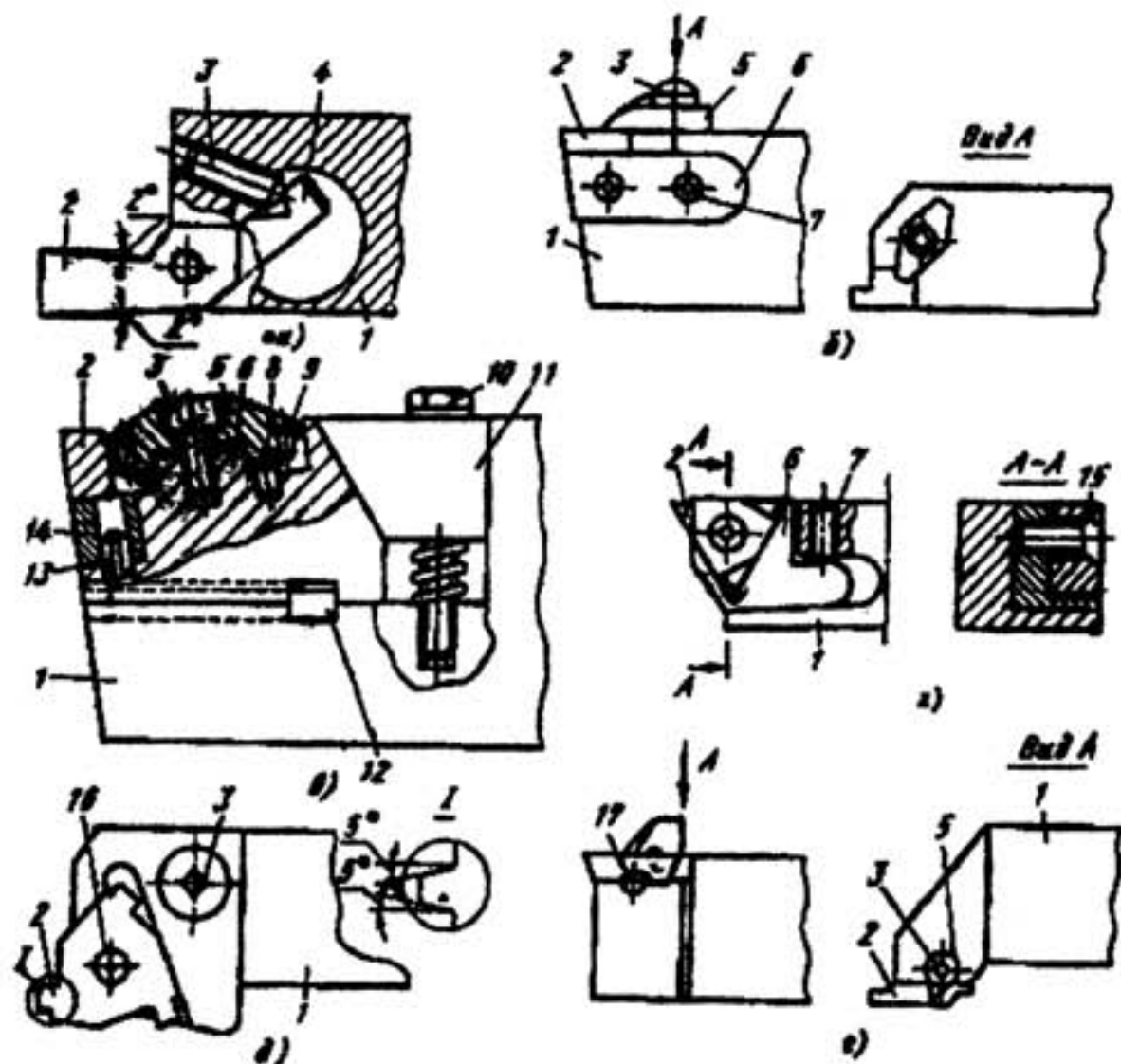


**Рис. 2.17.** Конструкция отрезных резцов с различной формой режущих кромок:  
*а* – угловой; *б* – с двойной заточкой передней грани; *в* – фирмы «Хертель»; *г* – фирмы «Хайнлайн»; 1 – державка; 2 – прихват; 3 – крепежный винт; 4 – винт; 5 – вкладыш; 6 и 7 – режущие пластины

**Рис. 2.18.** Конструкции прорезных резцов с механическим креплением неперетачиваемых режущих пластин:

*а* – фирмы «Хертель»;  
*б* – фирмы «Видиа Крупп»; *в* – для тяжелых работ; *г* – фирмы «Сандвик Коромант»; *д* – для точения канавок под уплотнительные кольца;  
*е* – канавочный; 1 – державка; 2 – режущая пластина; 3 – крепежный винт; 4 – тяга; 5 – прихват; 6 – вставка; 7 – стопорный винт; 8 и 9 – штифты;

10 – винт; 11 – клин; 12 – шпонка; 13 – втулка; 14 – подкладка; 15 – винт с конической головкой; 16 – качающийся штифт; 17 – упорный штифт




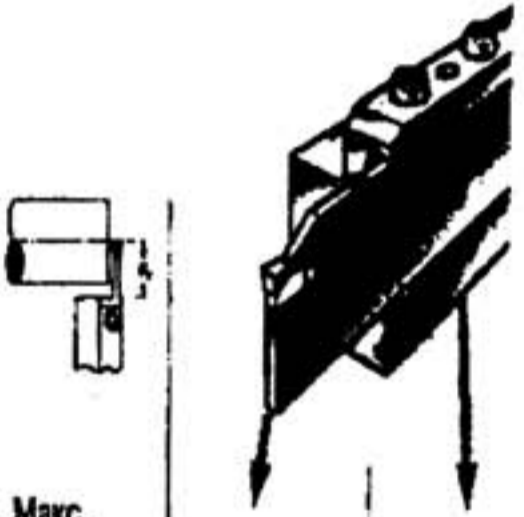
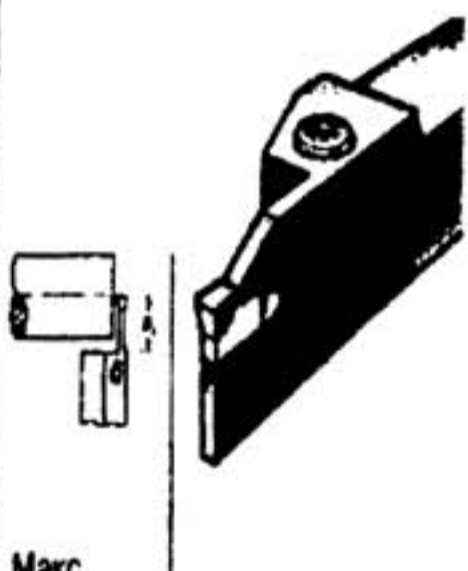
**Геометрия – 4E**  
**Приоритетный выбор**  
 при отрезке прутков.  
 Для отрезки конструкци-  
 онных сталей, стального  
 литья и чугуна.  
 Высокая прочность  
 режущей кромки.  
 Предпочтительный вы-  
 бор при прерывистом ре-  
 зании

**Геометрия – 5E**  
**Приоритетный выбор**  
 при отрезке труб.  
 Для отрезки нержа-  
 веющей стали.  
 Низкие силы резания и  
 малая склонность  
 к вибрациям.  
 Рекомендуется для от-  
 резки тонкостенных  
 труб и деталей малого  
 диаметра

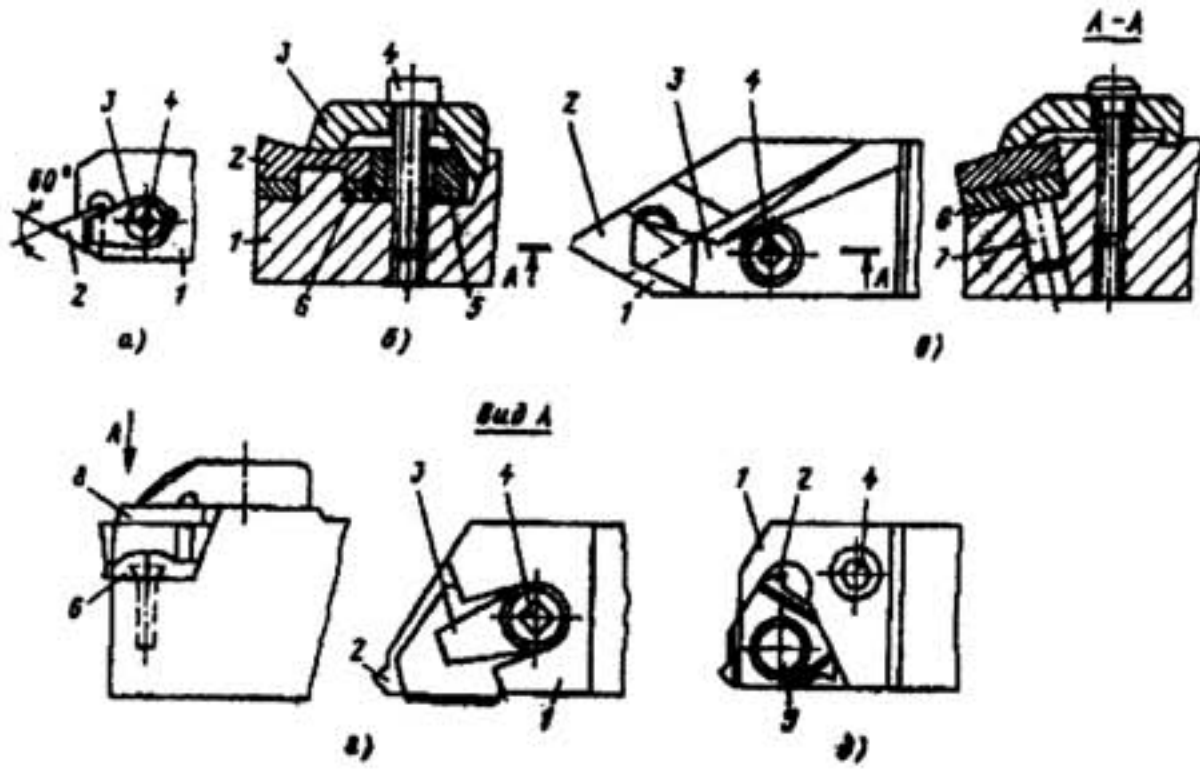
**Геометрия – 5F**  
**Альтернативный вы-  
 бор.**  
 Уменьшает вероятность  
 образования заусенца  
 благодаря острой режу-  
 щей кромке.  
 Различные углы наклона  
 режущей кромки.  
 Рекомендуется для  
 обработки нержавеющей  
 сталей, вязких и самоуп-  
 рочняющихся материа-  
 лов

Таблица 2.4

**Возможные варианты закрепления пластин Q-Cut  
 в державках МКТС**

 N151.2...-4E      N151.2...-5E      N151.2...-5F			 Макс. глубина отрезки $a_r$ , мм      Отрезная державка      Блок для закрепления державки		 Макс. глубина отрезки $a_r$ , мм      Правосторонняя державка		
–	N151.2-200-5E	N151.2-200-5F	35	151.2-21-20	151.2-2020-21M	15	R151.23-2020-20
N151.2-300-4E	–	N151.2-300-5F	60	151.2-25-30	151.2-2520-25 151.2-3232-25	15	R151.23-2525-30
N151.2-400-4E	–	N151.2-400-5F	60	151.2-25-40		25	R151.23-2525-40
–	N151.2-500-5E	N151.2-500-5F	60	151.2-25-50		32	R151.23-2525-50
–	N151.2-600-5E	–	60	151.2-25-60		32	R151.23-3225-60
N151.2-800-4E	–	–	100	151.2-45-80	151.2-4040-45	–	–





**Рис. 2.19.** Конструкции резьбовых резцов с многогранными пластинами:  
*а, д* – фирмы «Хартель»; *б* – фирмы «Кеннаметалл»; *в* – СССР; *г* – фирмы «Сандвик Коромант»;  
 1 – державка; 2 – режущая пластина; 3 – прихват; 4 – винт; 5 – вкладыш; 6 – подкладка;  
 7 – штифт; 8 – стружколом; 9 – изогнутый штифт

Таблица 2.5

### Пластины для резбонарезания

16 ER / 16 IR		$\pi C$	$s$	$d_1$	$H_A$	$H_B$
Резьба метрическая полный профиль 60° ИСО		16 ER 1.00			0,75	0,15
		ER 1.50			1,12	0,22
		ER 1.75	9,525	3,97	4,4	0,25
		ER 2.00			1,50	0,29
		ER 2.50			1,87	0,16
		16 IR 1.00			0,64	0,06
		IR 1.50			0,96	0,09
		IR 1.75	9,525	3,97	4,4	0,11
		IR 2.00			1,27	0,12
		IR 2.50			1,59	0,16

Шаг резьбы, мм	Обозначение пластин		Марки твердых сплавов			
	Правая резьбовая пластина для нарезания наружной резьбы	Правая резьбовая пластина для нарезания внутренней резьбы	с покрытием		без покрытия	
1,00	16 ER 1.00	16 IR 1.00	CT20			
1,50	1.50	1.50	★			
1,75	1.75	1.75	★			
2,00	2.00	2.00	★			
2,50	2.50	2.50	★			

CT 20÷ новый универсальный твердый сплав с PDV покрытием для нарезания резьб на различных материалах групп применения P, M, K.

# Кодовые обозначения сменных пластин для резбонарезания

**16**

Длина  
сторонны  
пластины

**E**

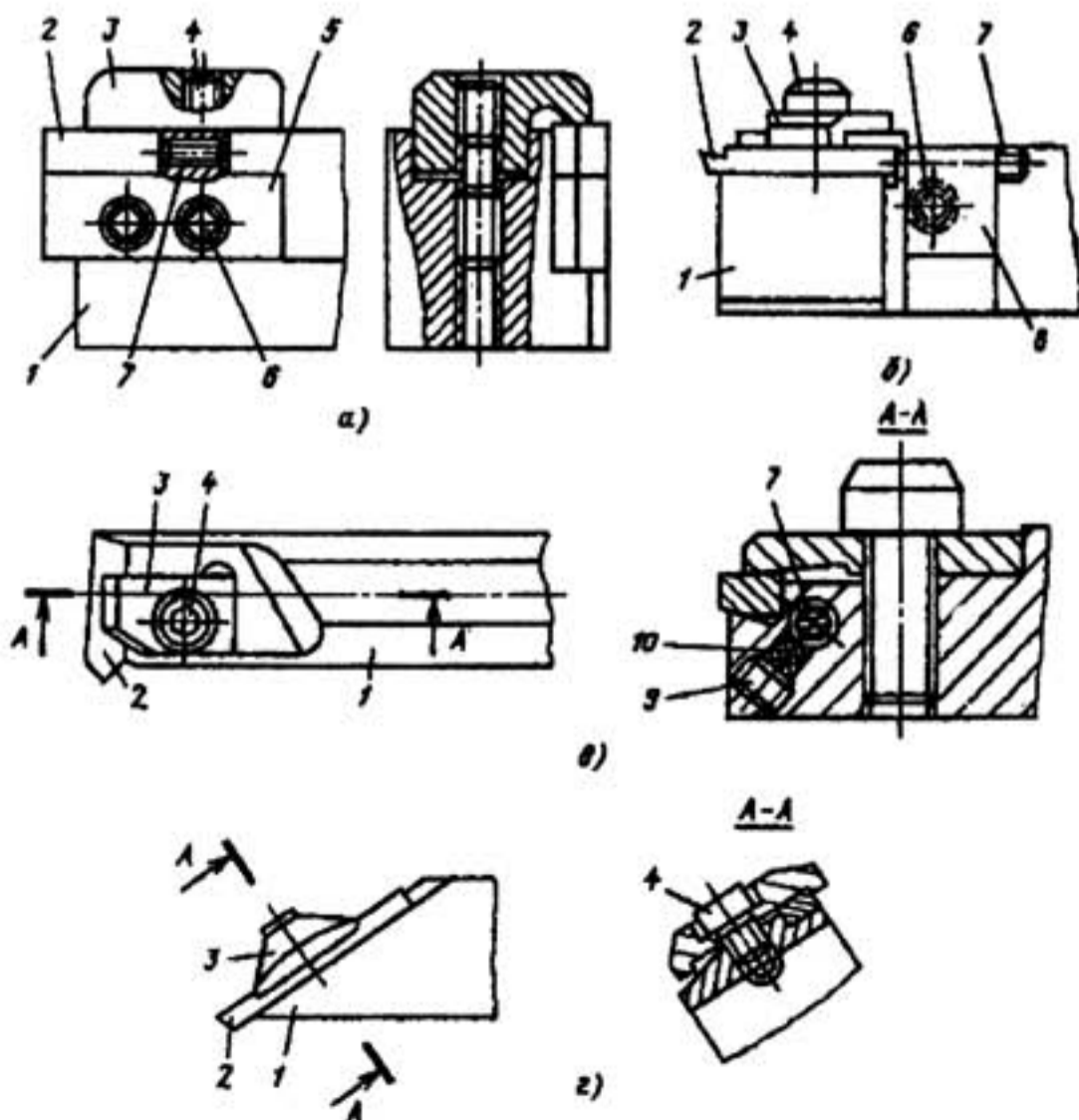
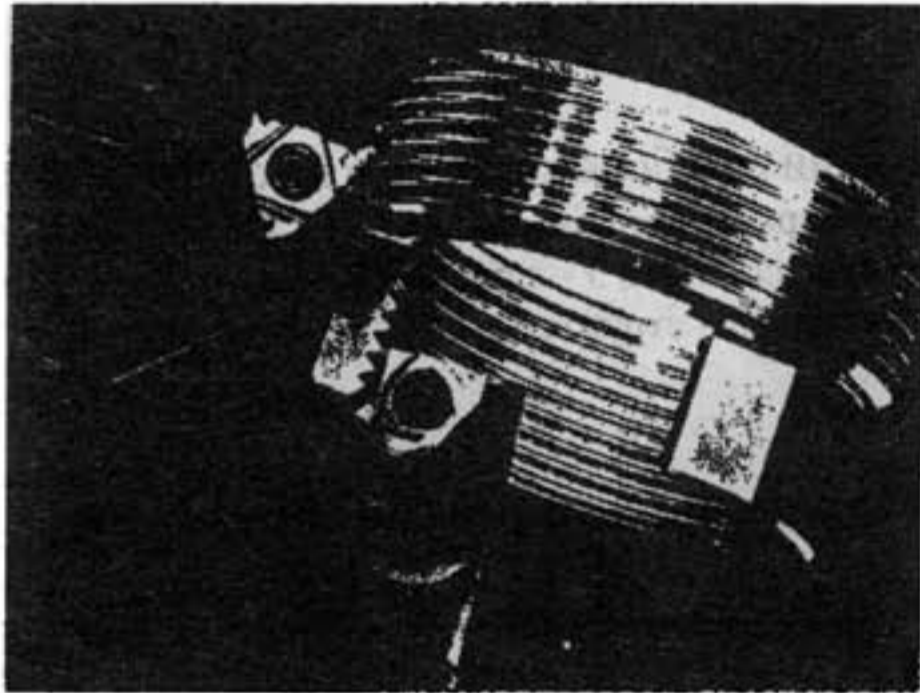
Тип резьбы:  
E= наружная  
I = внутрен-  
няя

**R**

Правая

**100**

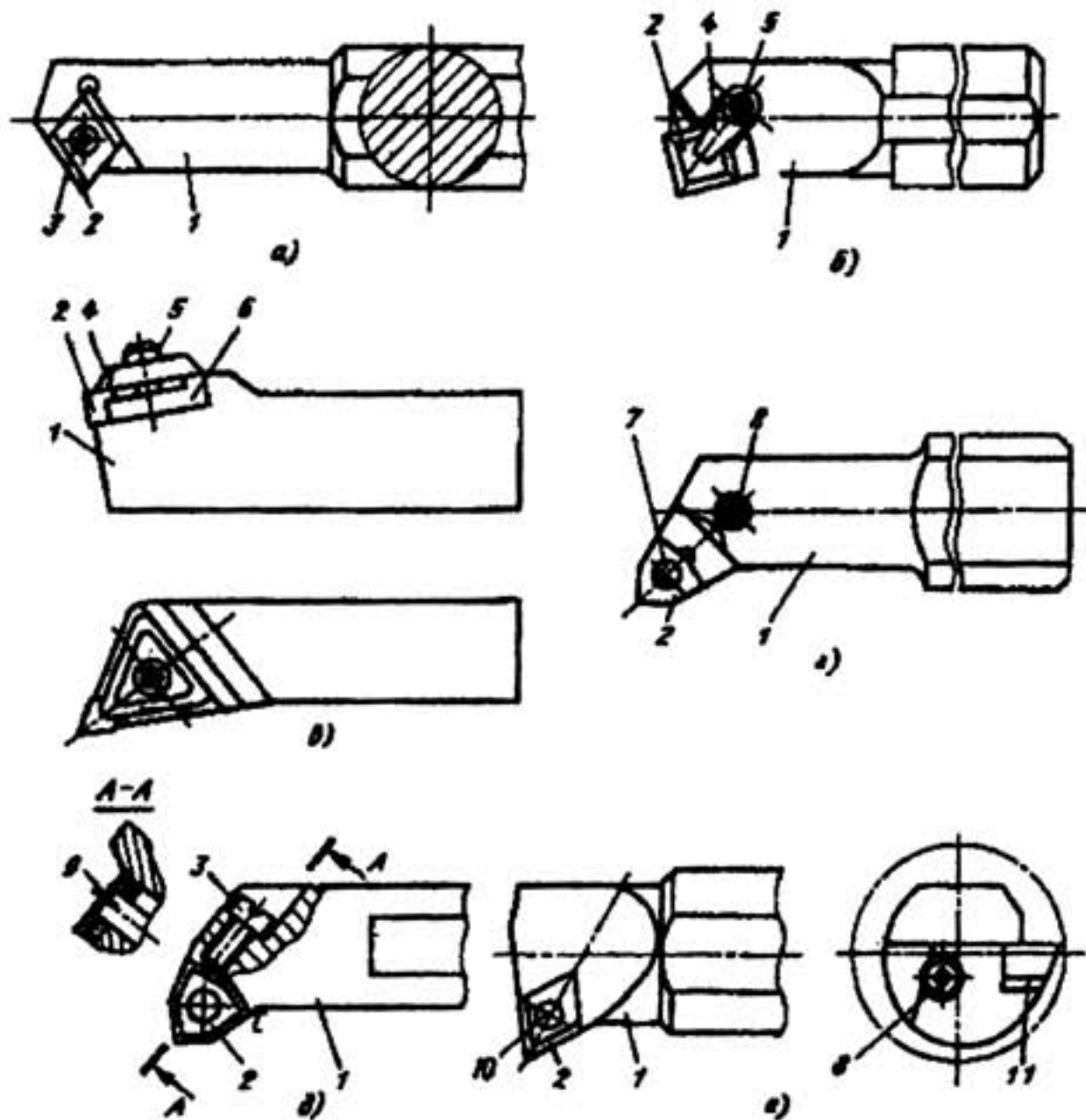
Шаг  
резьбы



**Рис. 2.20.** Конструкции резьбовых резцов с перетачиваемыми режущими пластинами:

*а* – фирмы «Кеннаметалл»; *б* – для наружной резьбы (СССР); *в* – для внутренней резьбы (СССР); *г* – для нарезания мелкой резьбы (СССР); *1* – державка; *2* – режущая пластина; *3* – прихват; *4* – крепежный винт; *5* – вставка; *6* – винт; *7* – регулировочный винт; *8* – приставка; *9* – стопорный винт; *10* – прокладка



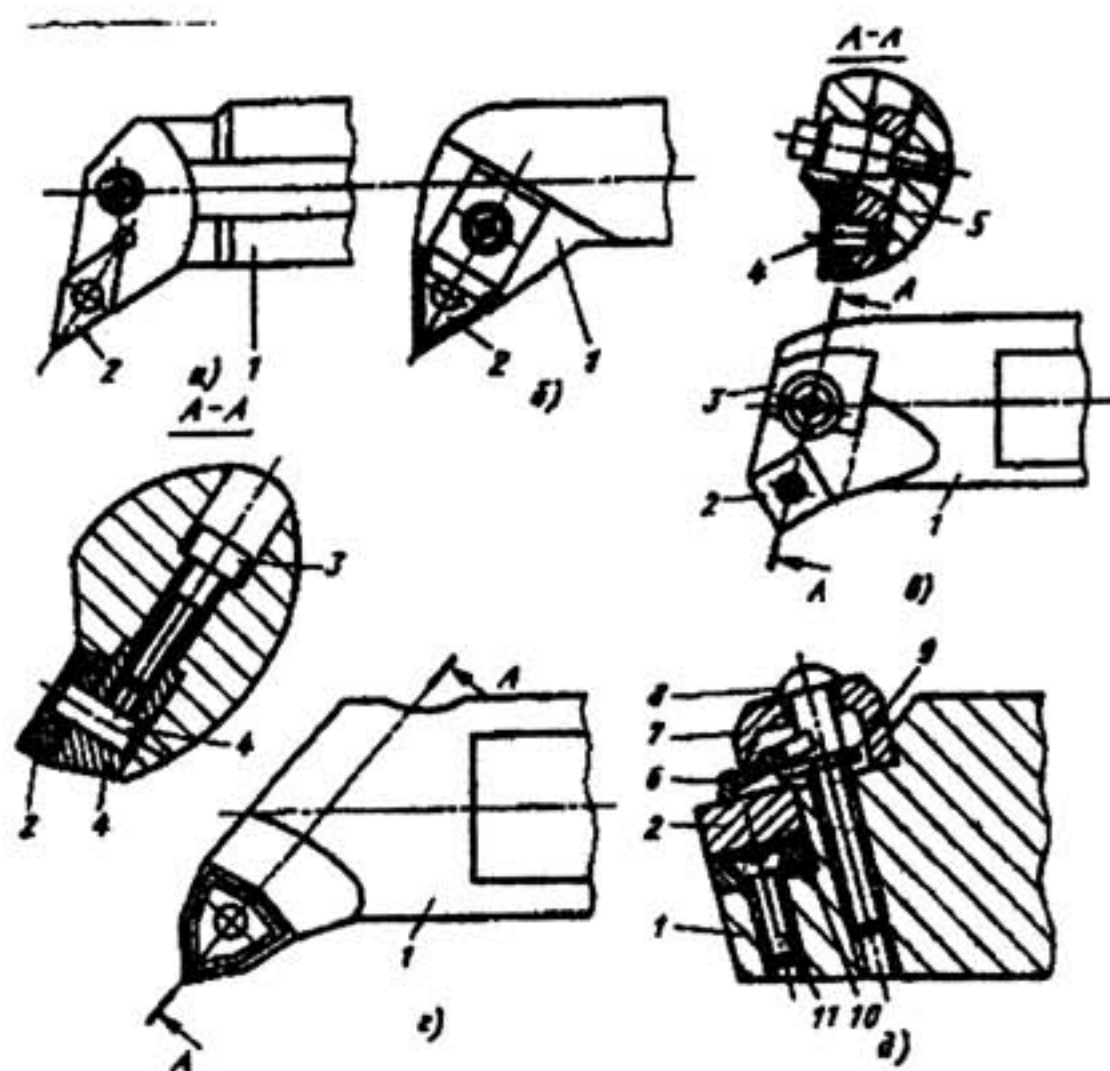


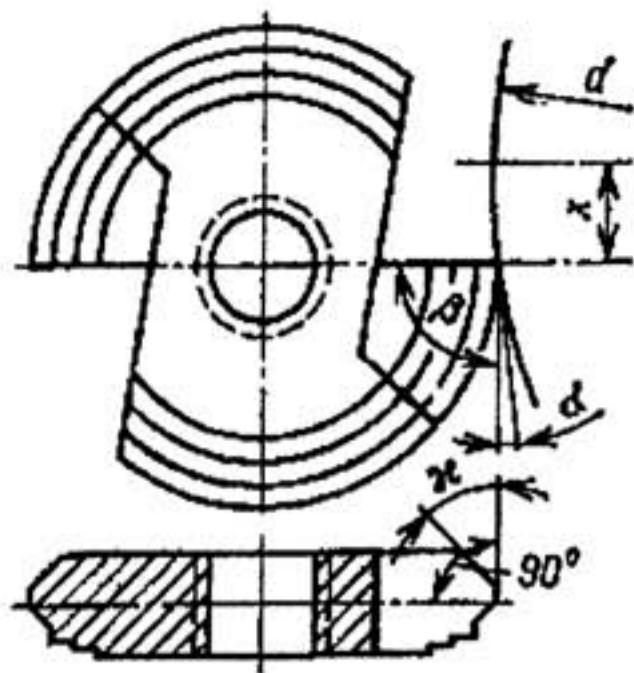
**Рис. 2.21.** Конструкции расточных резцов для обработки отверстий малого диаметра: а – фирмы «Хертель»; б – фирмы «Сандвик Коромант»; в – с креплением режущей пластины прихватом (СССР); г – с креплением режущей пластины косою тягой (СССР); д – с боковым креплением режущей пластины; з – с креплением режущей пластины тягой; 1 – державка; 2 – режущая пластина; 3 – винт с конической головкой; 4 – прихват; 5 – крепежный винт; 6 – сепаратор; 7 – косою тяга; 8 – винт; 9 – штифт; 10 – L-образная тяга; 11 – подкладка

пешный винт; 6 – сепаратор; 7 – косою тяга; 8 – винт; 9 – штифт; 10 – L-образная тяга; 11 – подкладка

**Рис. 2.22.** Конструкции расточных резцов:

а – фирмы «Хертель»; б – с креплением пластины клин-прихватом; в, г – с креплением пластины тягой; д – с накладным стружколомом; 1 – державка; 2 – режущая пластина; 3 – винт; 4 – штифт; 5 – вставка; 6 – стружколом; 7 – прихват; 8 – крепежный винт; 9 – пружина; 10 – подкладка; 11 – стопорный винт



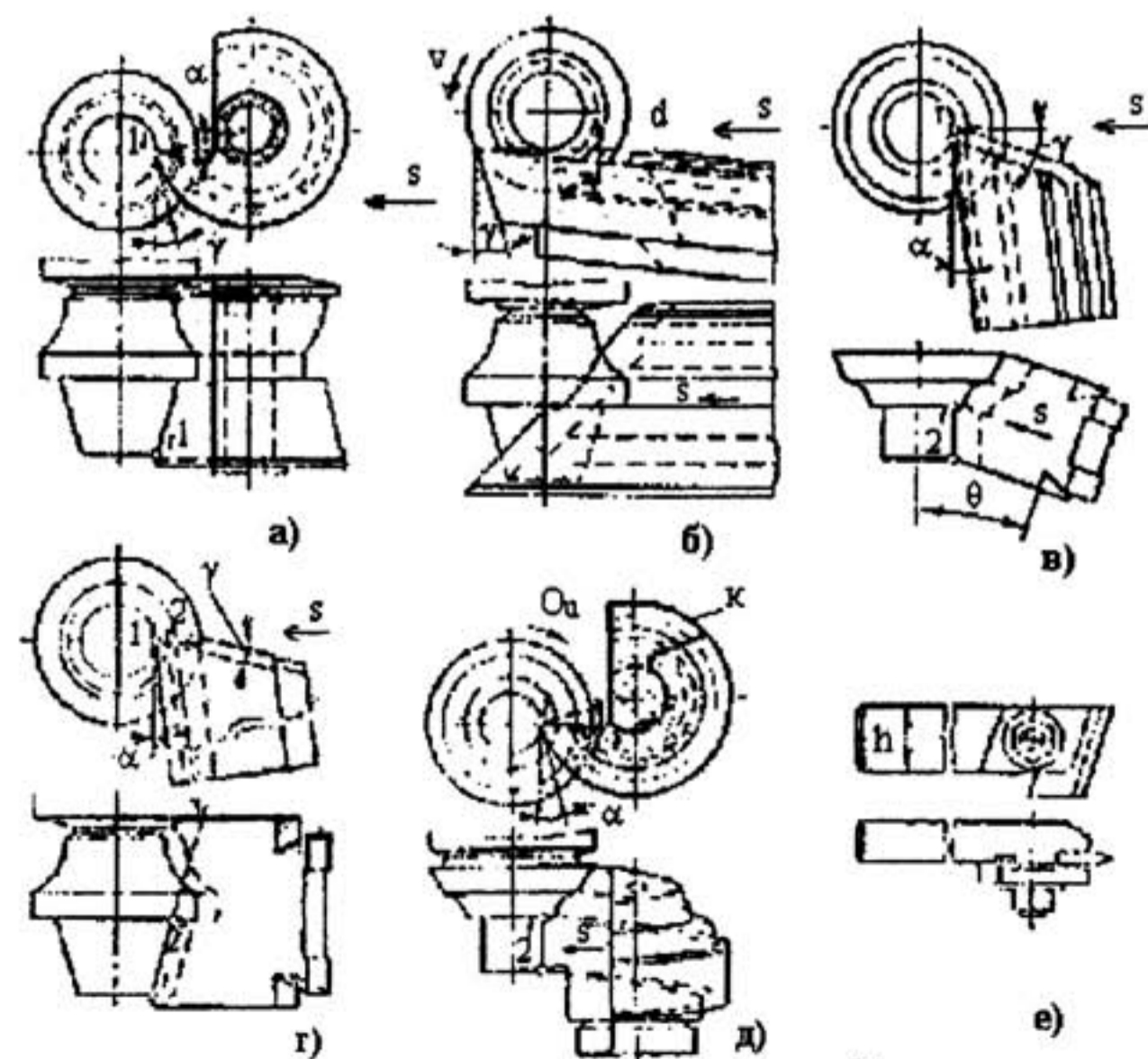


**Рис. 2.23.** Круглый фасонный инструмент (установка оси инструмента ниже оси заготовки обеспечивает создание заднего угла  $\alpha$ )

подачами относительно заготовки. База крепления резца (ось круглого или плоскость призматического) может располагаться параллельно оси заготовки (рис. 2.24, а, г, д) или наклонно (рис. 2.24, в, е).

Круглые резцы могут иметь кольцевые или винтовые образующие (рис. 2.24, д).

При обтачивании большинства деталей образование их формы осуществляется как бы одной режущей точкой: подрезание торца, расточка цилиндрического или конического отверстия и т. п. В ряде случаев заготовка копирует часть формы главной режущей кромки резца и сопряжение ее с вспомогательной режущей кромкой (резцы проходные упорные). Группа фасонных резцов позволяет обрабатывать сложные поверхности вращения с образующей более значительной протяженности. Фасонные резцы выпускают круглые (рис. 2.24, а, д) и призматические (рис. 2.24, б, г, е). Они работают с радиальной или тангенциальной (рис. 2.24, б)



**Рис. 2.24** Фасонные резцы:

а – круглый радиальный с базовой точкой 1; б – призматический тангенциальный фасонный; в – призматический с наклонной подачей и базовой линией 1-2; г – призматический радиальный с базовой линией 1-2; д – круглый радиальный с винтовой образующей (жирной линией К обведен контур сточенного резца); е – призматический плоский резбовой



Особенностью проектирования фасонных резцов является выбор так называемой базовой точки или линии, лежащей на линии центров, что находит свое отражение в классификации резцов. На рис. 2.24, *а* показан резец, для правильной работы которого необходимо установить базовую точку *1* на высоте центров, а на рис. 2.24, *в, д* – резцы с базовой линией *1-2*, расположенной на высоте центров.

Резцы закрепляются в специальных державках для установки на токарных станках, автоматах и полуавтоматах токарного типа. Изготовление фасонных резцов указанного вида связано со значительными затратами, поэтому их применение обычно целесообразно при значительном выпуске продукции или для обработки часто повторяющихся и стандартных элементов конструкций: резьбы (рис. 2.24, *е*), канавок, радиусных переходов и др.

### **Резцы со сменными многогранными пластинами (СМП) с винтовой передней поверхностью (а. с. 1690296) по ТУ 48-19-502-90[2]**

Существующие СМП, как правило, не справляются с решением проблем стружкодробления при обработке весьма вязких и прочных нержавеющей и жаропрочных сталей. Стужки этих сталей успешно завиваются СМП в цилиндрическую спираль, однако добиться коротких отрезков этой спирали не удается.

СМП с винтовой передней поверхностью разработаны для расширения зоны формирования благоприятной формы стружки, описываемой в координатах «подача – глубина резания» за счет интенсификации процесса завивания стружки в горизонтальной плоскости.

Передняя поверхность СМП выполняется как плавная винтовая поверхность, обеспечивающая уменьшение переднего угла при удалении от вершины резца вдоль как главной, так и вспомогательной режущих кромок. Форма передней поверхности СМП обеспечивает завивание стружки в горизонтальной плоскости, т. е. плоскости наибольшей жесткости стружки. При этом происходит устойчивое стружкодробление или образуется стружка в форме плоской спирали, плотность которой в десятки раз выше плотности цилиндрической спирали, характерной для резания традиционными СМП. При этом ось спирали совпадает с вектором скорости резания (направлена вниз), что благоприятствует ее

беспрепятственному удалению из зоны резания. Подавляющее большинство существующих в мире СМП не обеспечивают нужной формы стружки при обработке вязких материалов при подачах меньше 0,2 мм/об и при глубине резания меньше 1 мм. Существующие СМП не справляются с проблемой обработки весьма вязких и прочных нержавеющей и жаропрочных сталей.

Использование инструмента, оснащенного СМП с винтовой передней поверхностью, позволяет обеспечить:

- получение благоприятной формы стружки в виде плоской винтовой спирали, причем ось спирали совпадает с вектором скорости резания, поэтому она не мешает выполнению основной технологической операции, т. к. удаляется в сторону необработанной поверхности;

- устойчивые условия работы и получение благоприятных условий для удаления стружки при чистовом точении ( $t < 1,0$  мм и  $S < 0,2$  мм/об) пластичных металлов и сплавов, в том числе цветных;

- гарантированное повышение производительности труда на 10-25% за счет увеличения режимов резания (подачи на 40-60%) при сохранении среднего значения стойкости;

- повышение эффективности эксплуатации станков с ЧПУ, роботизированных токарных модулей и ГПС, рост их производительности на 15-20% за счет исключения или снижения до минимума отказов в работе оборудования, вызванных неблагоприятной формой стружки;

- обеспечение благоприятной формы стружки при сколь угодно малых значениях подачи и глубины резания;

- безопасные условия работы станочника;

- существенное уменьшение шероховатости поверхности;

- сокращение производственных площадей, занятых ёмкостями под стружку, т. к. при снятии одного и того же объема металла, объем стружки, с использованием данного инструмента, в 15-20 раз меньше за счет большей ее плотности;

- сокращение затрат на уборку, перевозку и переработку стружки с соответствующим сокращением вспомогательных рабочих;

- удобство в удалении стружки из зоны обработки и возможность автоматической транспортировки ее от станка.

Результаты многочисленных испытаний СМП с винтовой передней поверхностью позволили сделать следующие выводы по выбору марок твердых сплавов и областей их использования (табл. 2.6; табл. 2.7):



### Выбор марок твердых сплавов

Обрабатываемый материал	Характер обработки	Марка твердого сплава	Группа применения марки твердого сплава по ИСО
Стали конструкционные, углеродистые и легированные, нержавеющие стали с содержанием легирующих элементов	Получистовое точение	T15K6 T15K10	P15...P20 P20...P30
	Чистовое точение	T15K6	P05...P15
Нержавеющие стали, жаропрочные, труднообрабатываемые стали и сплавы. Титановые сплавы	Получистовое точение	BK8 BK100M BK10XOM	M10...M20
	Чистовое точение	BK6M BK8	M10...M20
Медь, алюминий, сплавы на основе меди и алюминия	Получистовое и чистовое точение	BK8 Тн-20, НТН-30	K20...K30

Стойкостные испытания СМП из твердого сплава марки T15K6 (P10), согласно требованиям ГОСТ 26613-85 «Резцы токарные с механическим креплением СМП» показали, что среднее значение стойкости одной режущей кромки равно 37 мин машинного времени.

Резцы комплектуются 21 или 31 режущими пластинами.

Таблица 2.7

### Рекомендуемые соотношения «глубина резания/подача (t/S)»

Обрабатываемый материал	Характер обработки	Рекомендуемая скорость резания, м/мин	Оптимальная стойкость режущей кромки СМП, мин	Наиболее предпочтительное отношение t/S
1	2	3	4	5
Конструкционные, углеродистые и легированные стали	Чистовое точение	120-140	60	3-10
	Получистовое точение	100-120	90	

1	2	3	4	5
Нержавеющие стали типа 12х18Н9Т	Чистовое точение	70-80	40	3-12
	Получистовое точение	50-60	40	
Медь, алюминий, сплавы на основе меди и алюминия	Получистовое и чистовое точение	300-400	Не менее 90	4-40

Ниже представлена номенклатура резцов для наружного и внутреннего точения с механическим креплением сменных многогранных пластин. Марки твердых сплавов, из которых изготавливаются СМП: Р10(Т15К6); Р30(Т5К10); К30(ВК8).

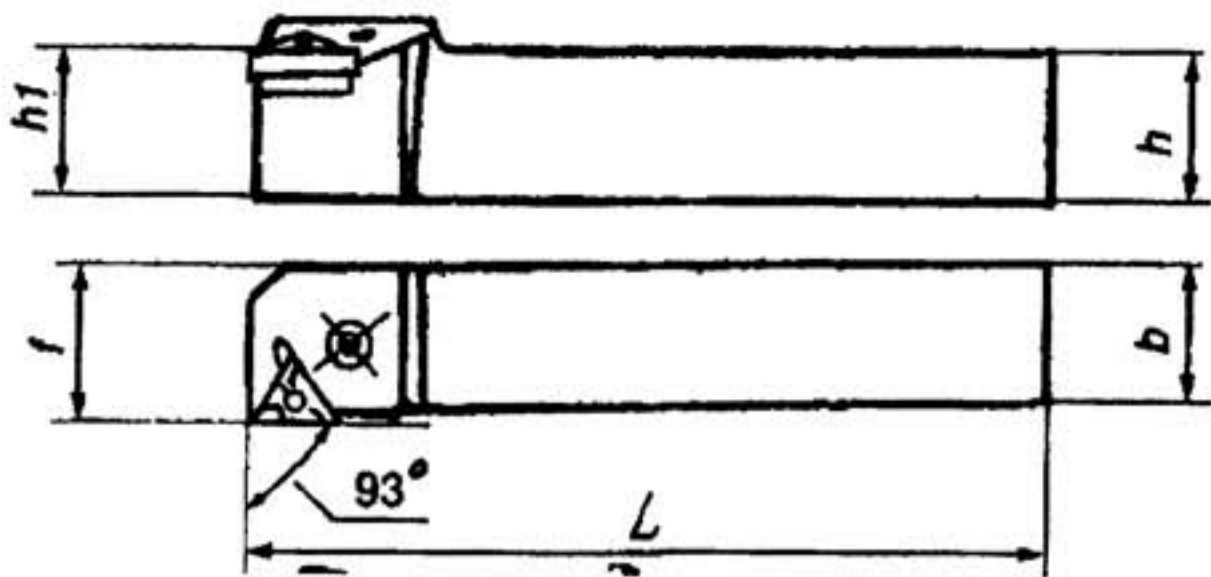
Таблица 2.8

Обозначение по ГОСТ 26476-85	Высота державки, h	Ширина державки, b	Длина инстр., L	Высота центров, hi	Ширина резца, $\varphi$ мм	Режущая пластина
РТJNR2525M22	25	25	150	25	32	2008-6516, 2008-6518 ТУ 48-19-502-90
РТJNR2525M22	25	25	150	25	32	2008-6517, 2008-6519 ТУ 48-19-502-90

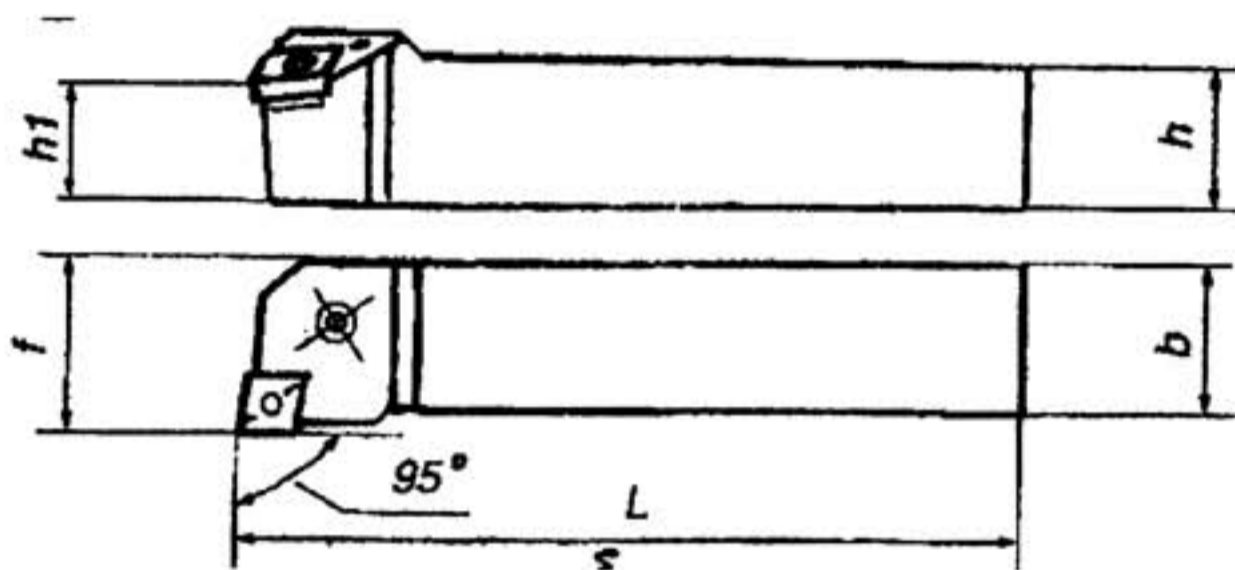
Таблица 2.9

Обозначение по ГОСТ 26476-85	Высота державки, h	Ширина державки, b	Длина инстр., L	Высота центров, hi	Ширина резца, $\varphi$ мм	Режущая пластина
РТJNR2525M12	25	25	150	25	32	2008-6520, 2008-6522 ТУ 48-19-502-90
РТJNR2525M12	25	25	150	25	32	2008-6521, 2008-6523 ТУ 48-19-502-90





а) СМП трехгранная, форма «Т» Двп.= 12,7



б) СМП ромбическая, форма «С» Двп.= 12,7

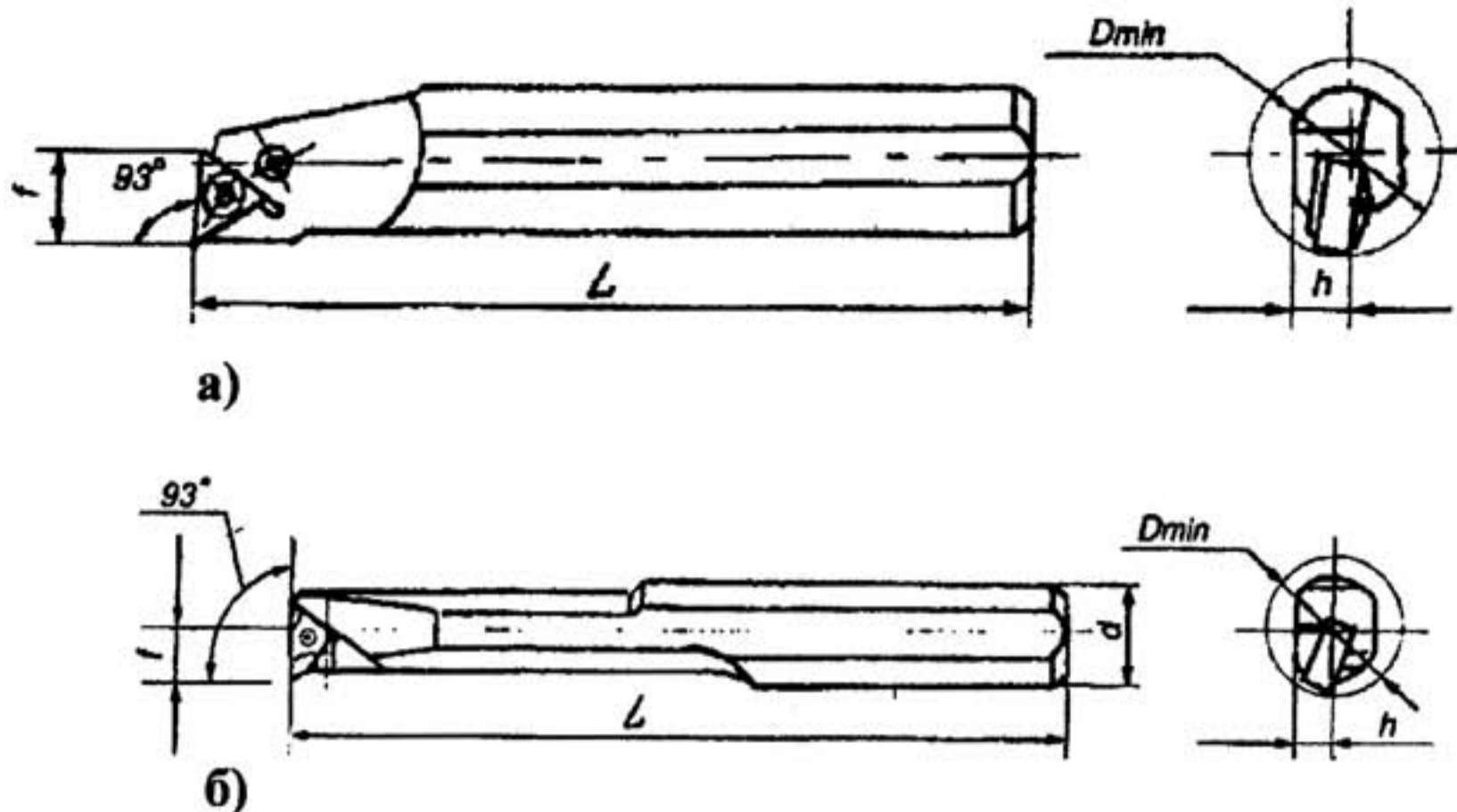
Рис. 2.25. Резцы проходные упорные

Таблица 2.10

Обозначение по ГОСТ 26476-85	Высота растачив. отверст., D min, мм	Ширина державки, d, мм	Длина инстр., L, мм	Длина режущ. кромки f, мм	Высота h, мм	Режущая пластина
S32R PTUNR22	32	25	200	19	32	2008-6517, 2008-6519 ТУ 48-19-502-90

Таблица 2.11

Обозначение по ГОСТ 26476-85	Высота растачив. отверст., D min, мм	Ширина державки, d, мм	Длина инстр., L, мм	Длина режущ. кромки f, мм	Высота h, мм	Режущая пластина
S32R PTUNR22	32	25	200	19	32	2008-6517, 2008-6519 ТУ 48-19-502-90



**Рис. 2.26. Резцы расточные**  
 а) СМП трехгранная, форма «Т» Двп.= 12,7  
 б) СМП ромбическая, форма «С» Двп.= 12,7

#### 2.4. Измерение углов резцов

Углы резца измеряют настольным и универсальным угломерами.

Настольным угломером измеряются величины углов  $\gamma$ ,  $\alpha$ ,  $\alpha_1$  и  $\lambda$ .

Настольный угломер (рис. 2.27) состоит из основания 1 и стойки 2, по которой может перемещаться вверх и вниз сектор 4 с градусной шкалой. В заданном положении сектор крепится на стойке винтом 3. На секторе укреплена поворотная пластина 5 с указателем. Положение поворотной пластины фиксируется винтом 6.

При измерениях резец укладывается на основание. Сектор устанавливается в рассматриваемой плоскости. Поворотная пластина прикладывается измерительными кромками А или Б к соответствующим поверхностям резца «без просвета». Абсолютная величина углов определяется по градусной шкале. Знаки находятся только для углов  $\gamma$  и  $\lambda$ . Остальные углы могут быть только положительными. Для измерения углов  $\gamma$  и  $\lambda$  используется кромка А поворотной пластины, для углов  $\alpha$  и  $\alpha_1$  - кромка Б.

Универсальным угломером измеряются углы в плане. Для измерения угла  $\phi$  измерительная линейка угломера  $\beta$  прикладывается к боковой стороне стержня резца; измерительная линейка  $\alpha$  подводится к



главной режущей кромке, и на шкале угломера получается значение  $\varphi$  (рис. 2.28). Аналогично измеряется вспомогательный угол в плане  $\varphi_1$ .

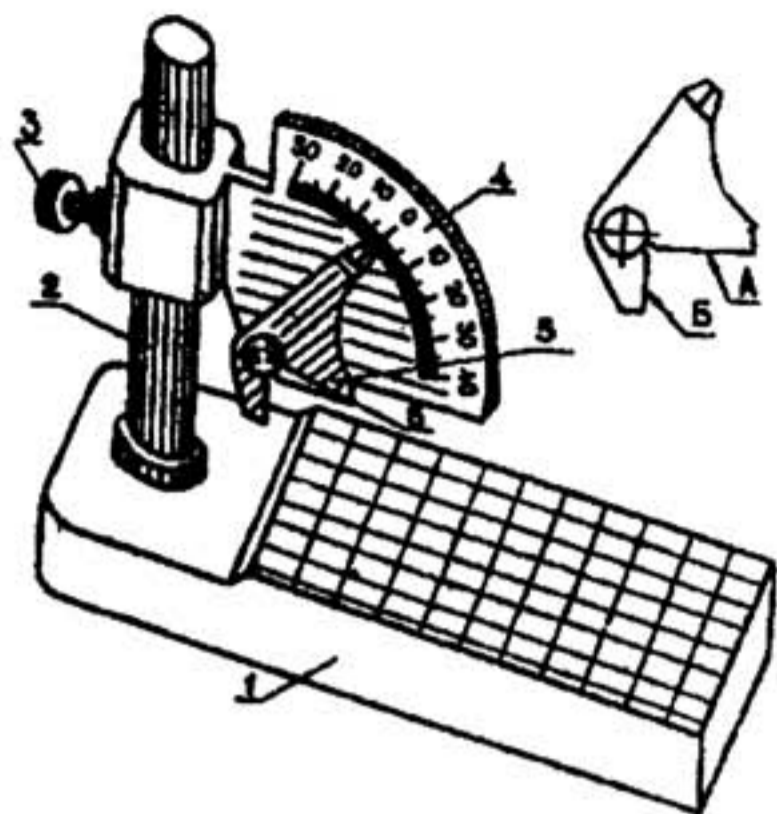


Рис. 2.27. Настольный угломер

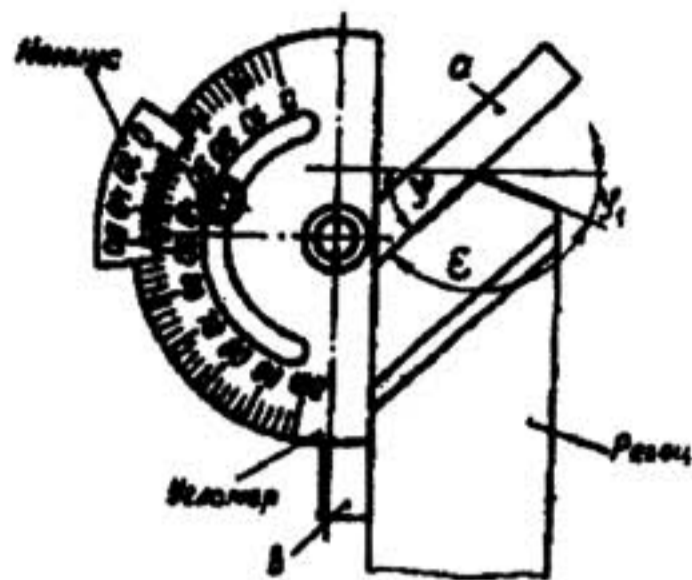


Рис. 2.28. Измерение главного угла в плане универсальным угломером

## 2.5. Основные работы, выполняемые на токарно-винторезных станках

### 2.5.1. Обработка цилиндрических поверхностей

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

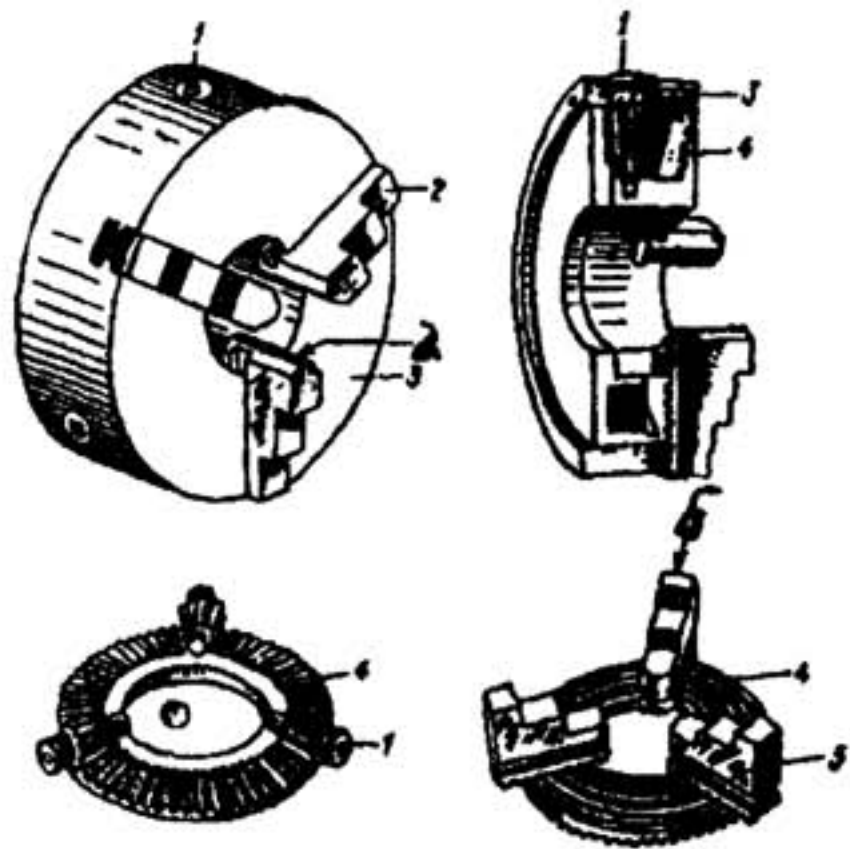
К цилиндрическим поверхностям предъявляют следующие требования:

- 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.

Установка и закрепление заготовок.

Существуют методы крепления заготовок:

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



*Рис. 2.29.* Трехкулачковый самоцентрирующий патрон

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

Трехкулачковый самоцентрирующий патрон (рис. 2.29) имеет три кулачка, которые одновременно сходятся к центру или расходятся и поэтому происходит 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.

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 (рис. 2.29, б). Для закрепления заготовок используют также четырехкулачковые, цанговые патроны, центры, хомутики, планшайбы и другие приспособления.

#### Установка резца в резцедержателе.

Резец устанавливают в резцедержателе таким образом, чтобы вершина его была расположена на уровне оси шпинделя. Установку 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 полторы высоты державки.

Резец закрепляют в резцедержателе не менее чем двумя болтами.



## 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 является главным – на него расходуется большая мощность станка. Это движение характеризуется скоростью резания,  $V$ . Путь, пройденный точкой, рассматривается относительно режущей кромки резца за единицу времени.

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000}, \text{ м/мин,} \quad (2.4)$$

где  $\pi \cdot D$  – 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  $S$  и измеряется в мм/об. Настраивается рукоятками, расположенными на коробке подач.

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

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

$$t = \frac{(D_1 - D_2)}{2}, \quad (2.5)$$

Глубина резания настраивается на лимбе поперечной подачи суппорта.

Способ комбинирования подач применяют для изготовления деталей невысокой точности и требует высокой квалификации рабочего.

### 2.5.2. Обработка торцовых поверхностей

Торцы и уступы обрабатывают подрезными, проходными отогнутыми или проходными упорными резцами.

Подрезной резец (рис. 2.30) предназначен для обработки наружных торцовых поверхностей. При подрезании торца подача резца осуществляется перпендикулярно оси обрабатываемой детали. Подрезной резец (рис. 2.30) позволяет обрабатывать различные торцовые и другие поверхности с продольной и поперечной подачами.

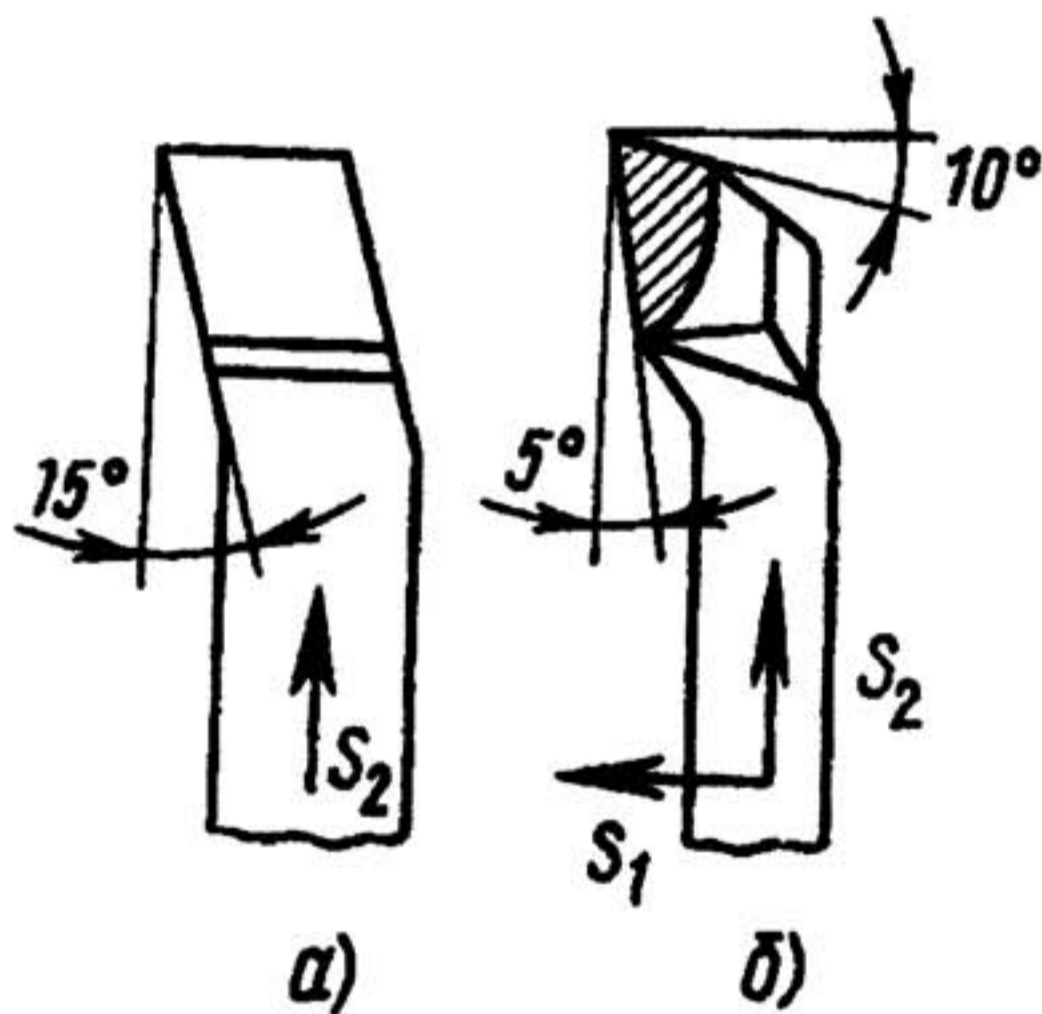
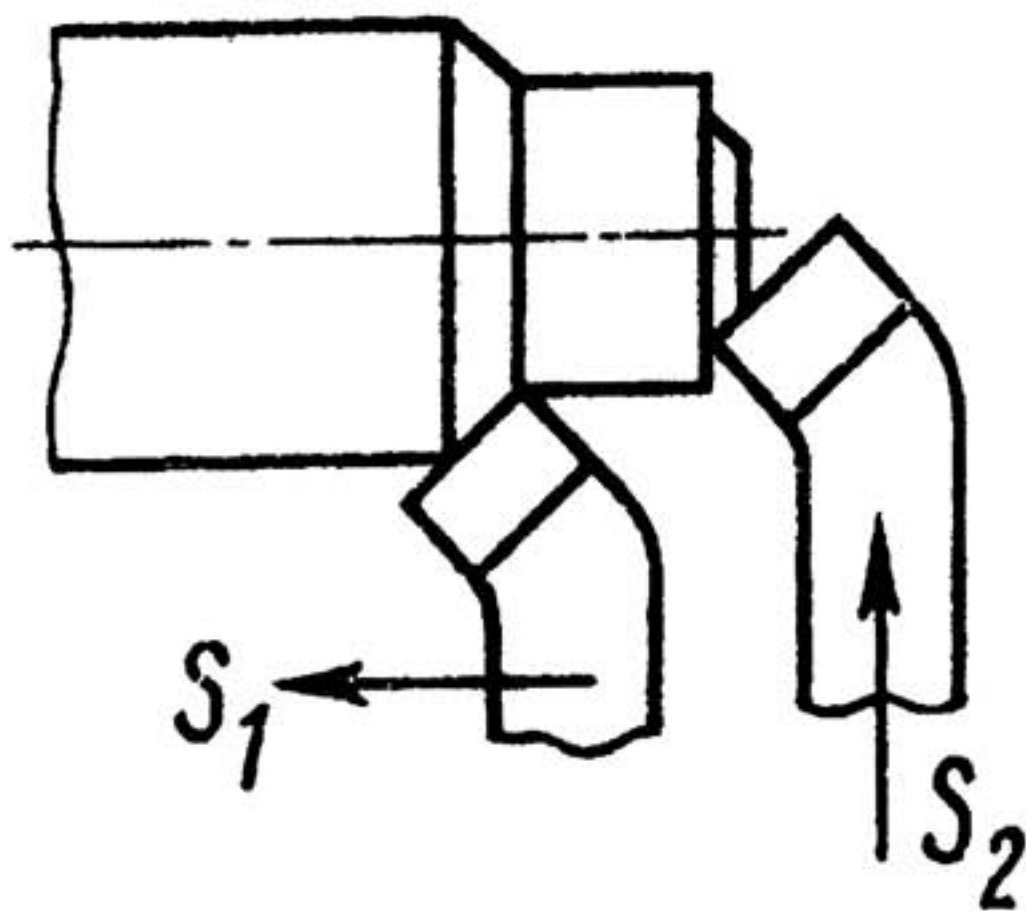


Рис. 2.30. Резцы подрезные

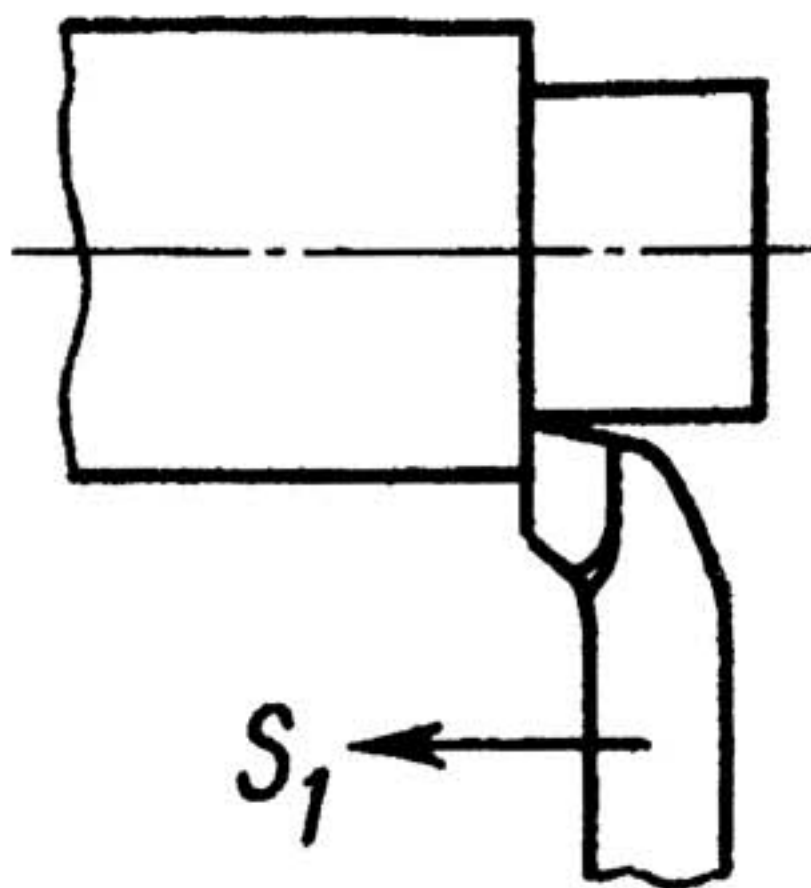
Проходным отогнутым резцом (рис. 2.31) можно выполнять подрезку торца при поперечной подаче  $S_2$  и обтачивание при продольной подаче  $S_1$  резца.





*Рис. 2.31.* Обработка проходным резцом

Проходным упорным резцом (рис. 2.32) можно подрезать торцы и обтачивать уступы при продольной подаче.



*Рис. 2.32.* Обработка проходным упорным резцом

### 2.5.3. Обработка канавок и отрезка

Узкие канавки обрабатывают прорезными резцами. Форма режущей кромки резца соответствует форме обрабатываемой канавки. Прорезные резцы (рис. 2.33) бывают прямые (а, б) и отогнутые (в, г), которые в свою очередь делятся на правые (б, г) и левые (а, в).

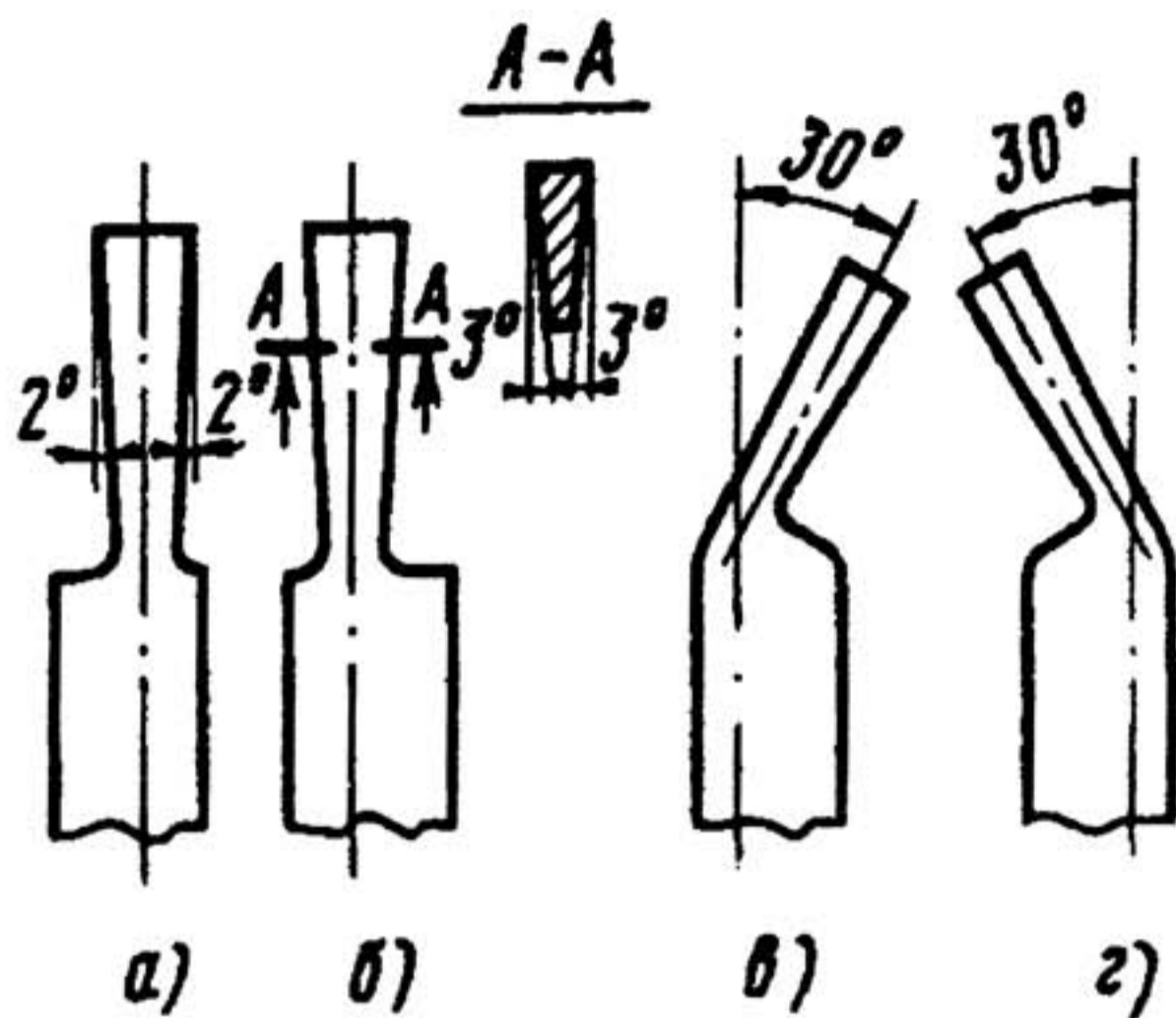


Рис. 2.33. Резцы канавочные

Чаще применяют прорезные резцы правые прямые и левые отогнутые.

Заготовки и детали отрезают отрезными резцами. Ширина режущей кромки отрезного резца зависит от диаметра отрезаемой заготовки и принимается равной 3; 4; 5; 6; 8; 10 мм. При отрезке хрупкого материала заготовка отламывается раньше, чем резец подойдет к центру заготовки, в результате чего на торце заготовки остается выступ (бобышка).

Для получения ровного торца режущую кромку резца выполняют под углом  $5-10^\circ$  (рис. 2.34).



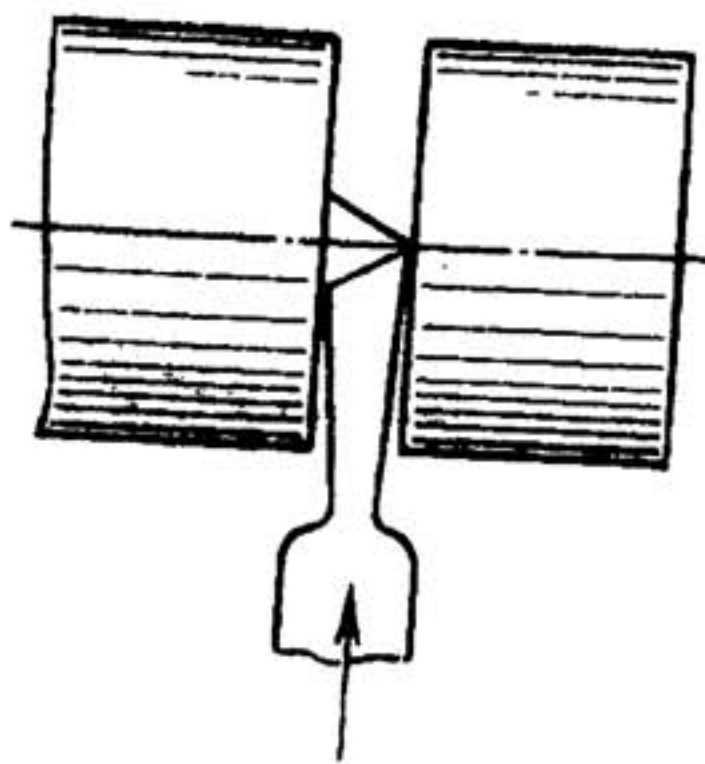


Рис. 2.34. Отрезка

После отрезки детали поперечная подача не выключается и производится срезание бобышки на заготовке.

#### 2.5.4. Обработка конических поверхностей

Приспособления для крепления заготовки и режущий инструмент при обработке наружных конусов те же, что и при обработке цилиндрических поверхностей.

Существует несколько способов обработки наружных конусов:

1. Если длина конуса не превышает 50 мм, то его обработку можно производить широким резцом (рис. 2.35).

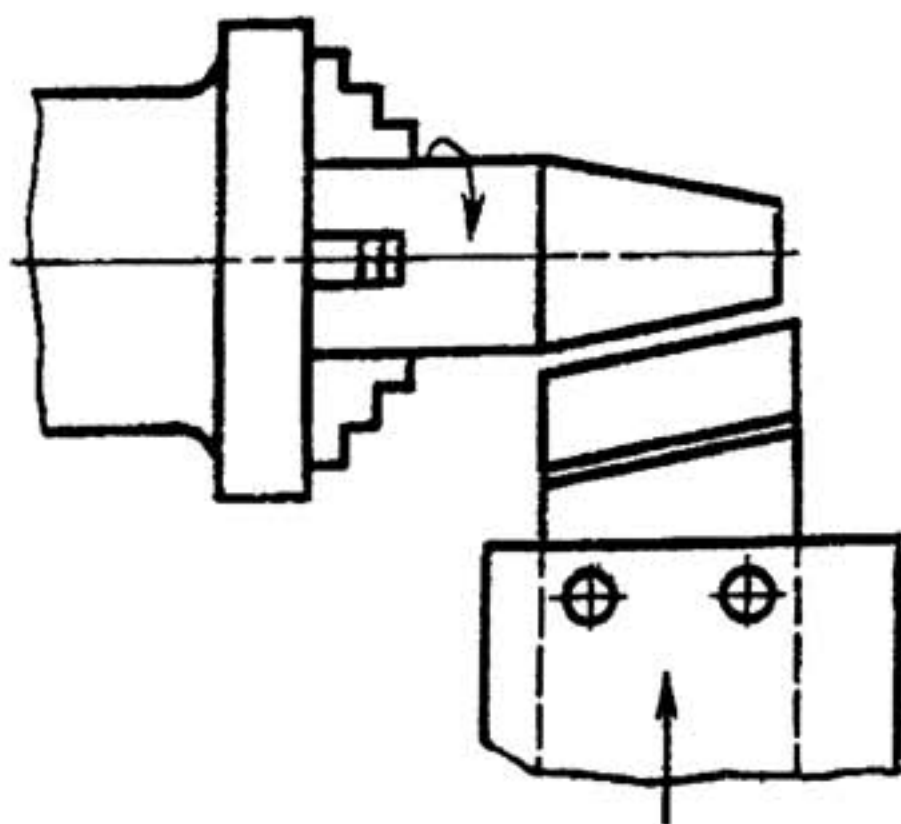


Рис. 2.35. Обработка конуса широким резцом

Угол наклона режущей кромки резца в плане должен соответствовать углу наклона конуса не обрабатываемой детали.

2. Конические поверхности с большими уклонами можно обрабатывать при повороте верхних салазок суппорта с резцедержателем на угол  $\alpha$ , равный углу наклона обрабатываемого конуса (рис. 2.36).

Подача резца производится вручную, что является недостатком этого метода.

В ряде случаев, после проверочного расчета, можно производить обточку (расточку) конических поверхностей методом двух автоматических подач (а. с. 556 897).

3. Конические поверхности большой длины с  $\alpha = 8+10^\circ$  можно обрабатывать при смещении задней бабки (рис. 2.37)

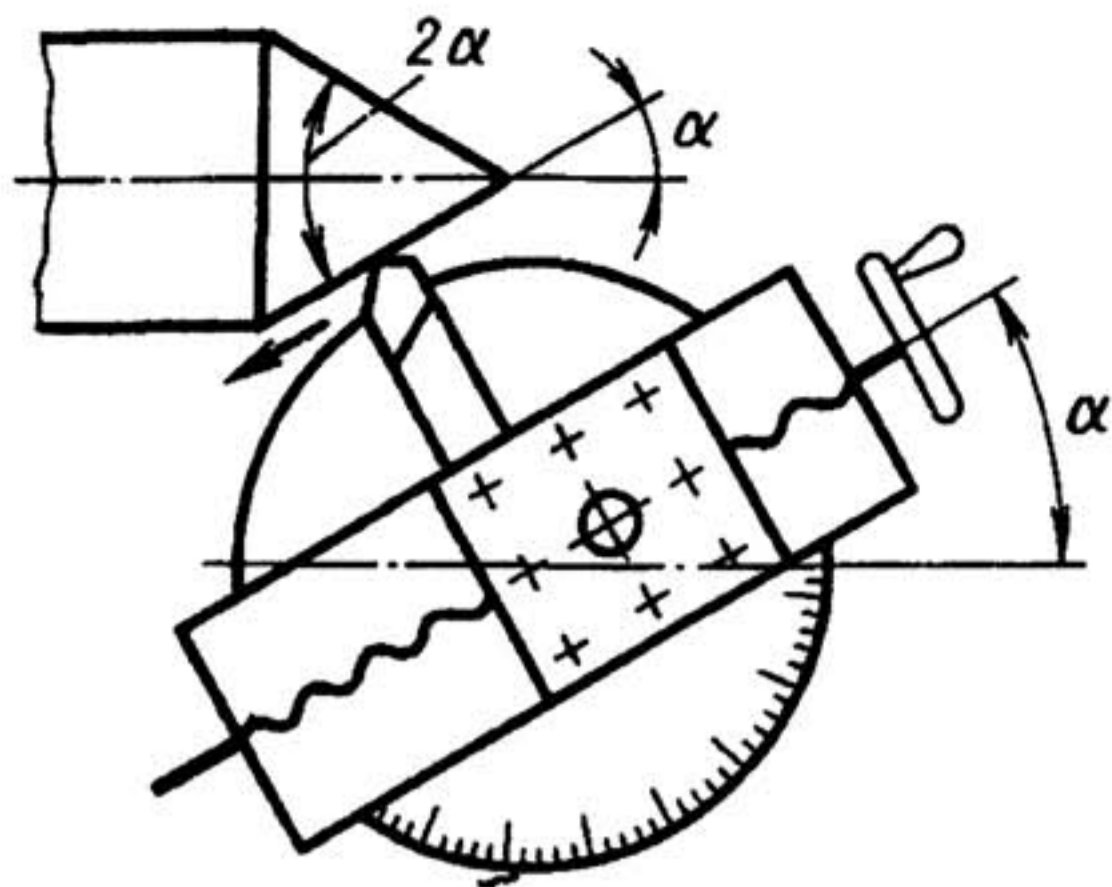


Рис. 2.36. Обработка конуса при повороте верхних салазок суппорта с резцедержателем

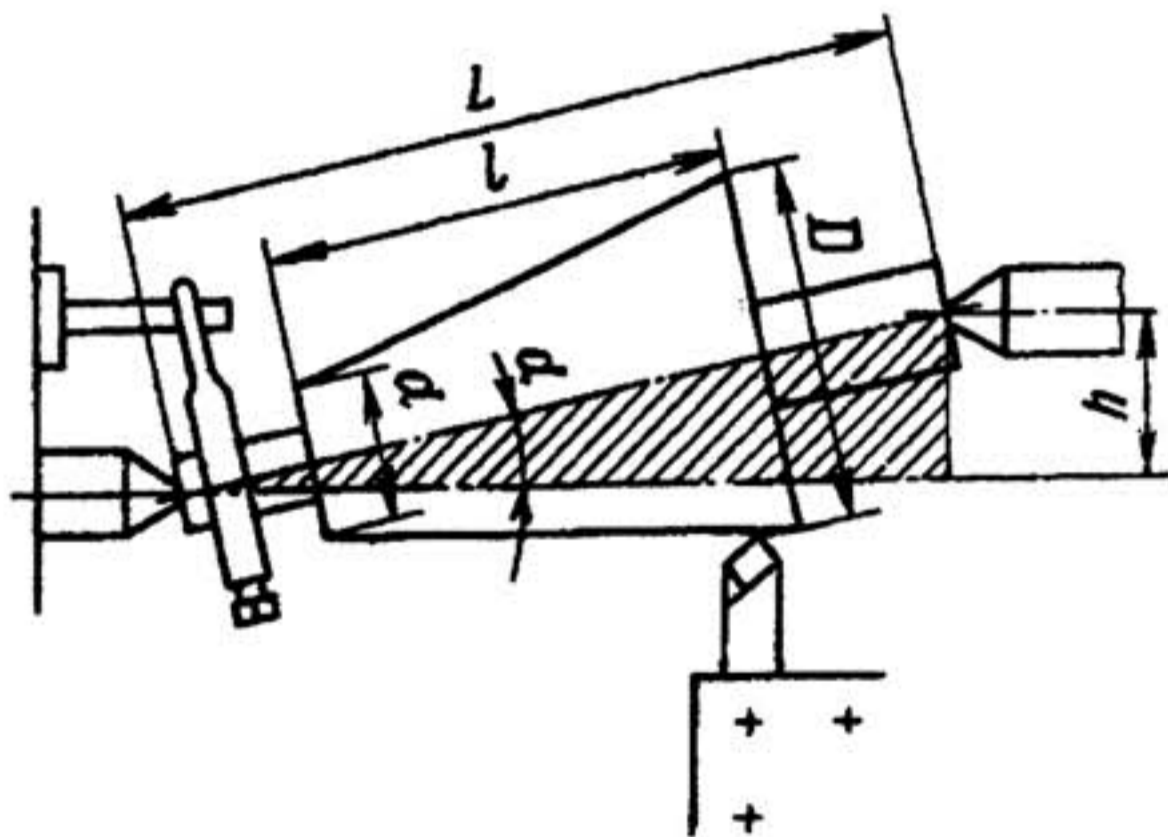


Рис. 2.37. Обработка конуса при смещении задней бабки

Величину смещения задней бабки определяют по шкале, нанесенной на торцы опорной плиты и риске на торце конуса задней бабки.

4. Распространенной является обработка конических поверхностей с применением копирных устройств.



Обработку конической поверхности 4 (рис. 2.38) производят по копиру 3, установленному в пиноли задней бабки. В резцедержателе поперечного суппорта устанавливают приспособление 1 с копирным роликом 2 и остроконечным проходным резцом. При поперечном перемещении суппорта копирный ролик 2 в соответствии с профилем копира 3 получает продольное перемещение, которое передается резцу.

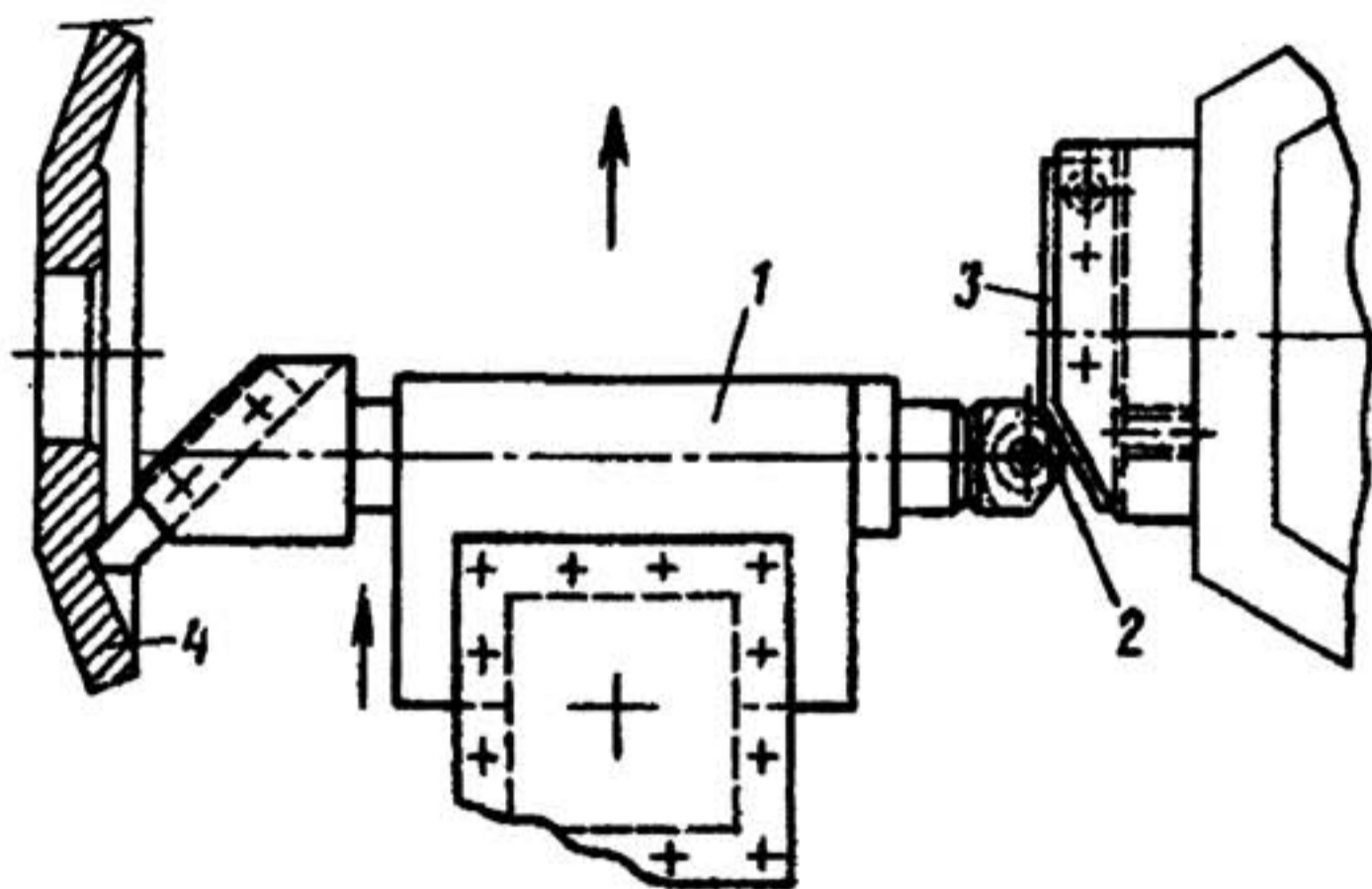
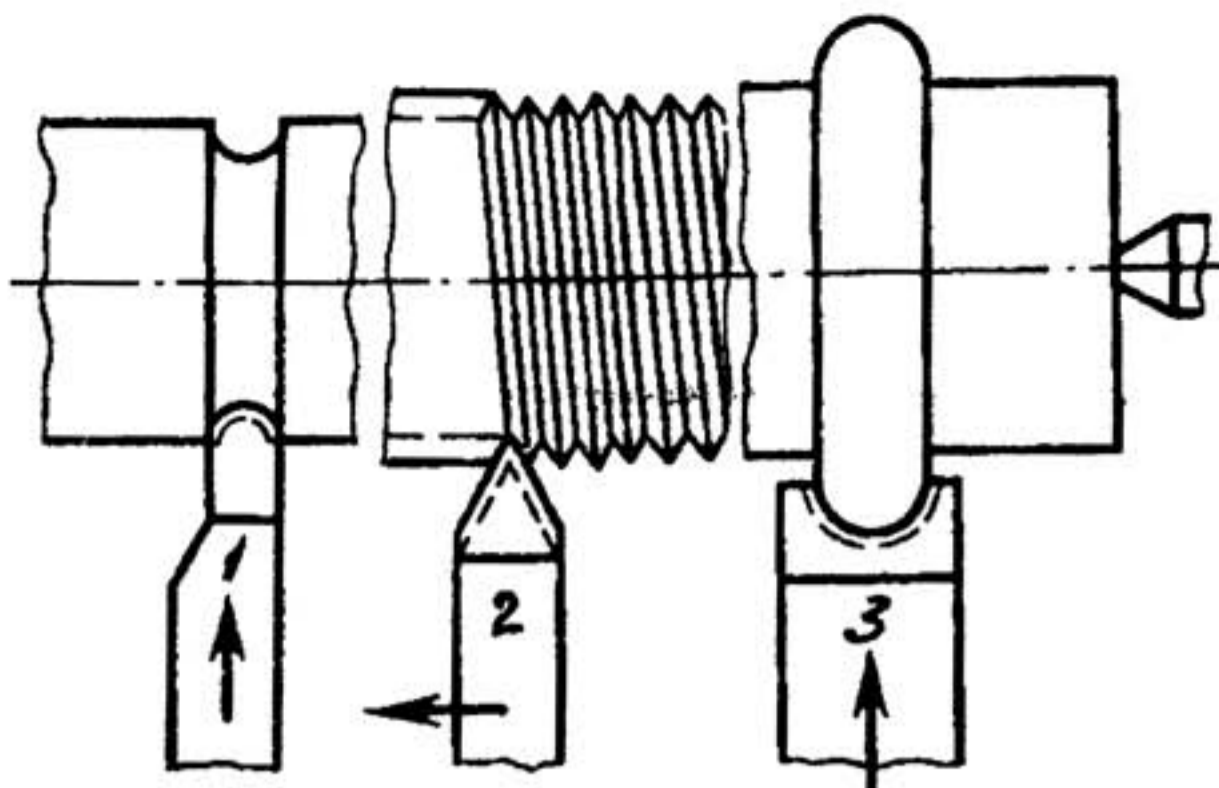


Рис. 2.38. Обточка конуса по копиру

### 2.5.5. Обработка фасонных поверхностей

Поверхности, получаемые как след перемещения криволинейной образующей по направляющей, называются фасонными.

На токарных станках фасонные поверхности обрабатываются фасонными резцами, комбинированием продольной и поперечной подачи и по копиру. Обработку фасонными резцами можно применять при ширине фасонного участка 30...40 мм. Профиль режущей кромки фасонных резцов полностью совпадает с профилем обрабатываемой поверхности. На рис. 2.39 показаны: галтельный 1, резбовой 2 резцы и резец для обработки бурта 3.



*Рис. 2.39.* Резцы: галтельный (1), резьбовой (2) и фасонный (3)

### **2.5.6. Обработка резьбовых поверхностей**

Резьбы в основном подразделяют на цилиндрические и конические. Цилиндрические резьбы в отечественной промышленности применяют в соответствии с ГОСТами, которыми предусмотрена метрическая система их измерений. Одновременно следует учесть, что одни и те же диаметры деталей могут иметь резьбы различных шагов (крупных и мелких). Допуски на резьбовые соединения в соответствии с ГОСТ 16093-81 при изготовлении деталей регламентируются степенями точности.

Специальные цилиндрические резьбы применяют в некоторых отраслях промышленности: трубная резьба мелкая имеет закругленные впадины и измеряется в дюймах; трапецеидальную резьбу применяют для передачи движения, она имеет увеличенное сечение; упорная резьба используется для передачи односторонних движений с наличием больших усилий, например в прессах; круглая резьба имеет усиленный профиль и предусматривает передачу больших динамических нагрузок; часовая резьба предназначена для изделий диаметром до 1 мм.

Специальные конические резьбы имеют применение в виде трубных резьб с закругленным профилем. Благодаря своим особенностям их используют для герметизации трубных стыков и не требуют дополнительных уплотняющих средств. В зависимости от назначения резьбовые соединения подразделяют на неподвижные и кинетические, или ходовые.



Традиционным способом является нарезание резьбы на токарном станке резцом, имеющим профиль впадин этой резьбы. Этот способ может быть рекомендован в мелкосерийном и единичном производствах, причем резьба здесь может быть выполнена как на наружных, так и на внутренних поверхностях. Для получения резьбы требуемого шага необходимо обеспечить автоматическое передвижение резца, закрепленного в суппорте, на величину шага резьбы, отнесенного к одному обороту детали.

При наличии станка, имеющего коробку передач, это осуществляется в соответствии с данными, приведенными в специальной таблице, имеющейся на станке. Если станок оснащен лишь набором зубчатых колес и имеет сменные колеса, устанавливаемые в гитаре, то необходимо произвести специальную настройку. Следует иметь в виду, что в обоих случаях настройка системы подачи суппорта станка производится согласно требуемому передаточному отношению, соответствующему отношению шага нарезаемой резьбы к шагу резьбы ходового винта.

Передаточное отношение может быть выражено следующими зависимостями:

При шаге нарезаемой резьбы  $P_p$

$$i = \frac{P_p}{P_{x.в}} \quad , \quad (2.6)$$

где  $P_{x.в}$  – шаг ходового винта, мм;

при шаге нарезаемой резьбы, выраженном числом ниток на один дюйм  $n$ ,

$$i = \frac{127}{5n P_{x.в}} \quad ; \quad (2.7)$$

при шаге нарезаемой резьбы, выраженном модулем  $m$ ,

$$i = \frac{\pi m}{P_{x.в}} \quad (2.8)$$

Эти формулы могут быть использованы при передаточном числе станка (между шпинделем и валиком, несущим первое ведущее смен-

ное колесо), равном единице, а при другом его значении вводятся соответствующие коррективы.

При нарезании торцовой спиральной резьбы передаточное отношение зубчатых колес

$$i = \frac{P}{i_k i_c P_B}, \quad (2.9)$$

где  $i_k$  — передаточное число зубчатых колес между шпинделем станка и ходовым валиком;  $i_c$  — передаточное число всех передач, расположенных в фактуре суппорта;  $P_B$  — шаг винта поперечной подачи суппорта.

При нарезании резьбы резцами применяют в основном два метода (рис. 2.40).

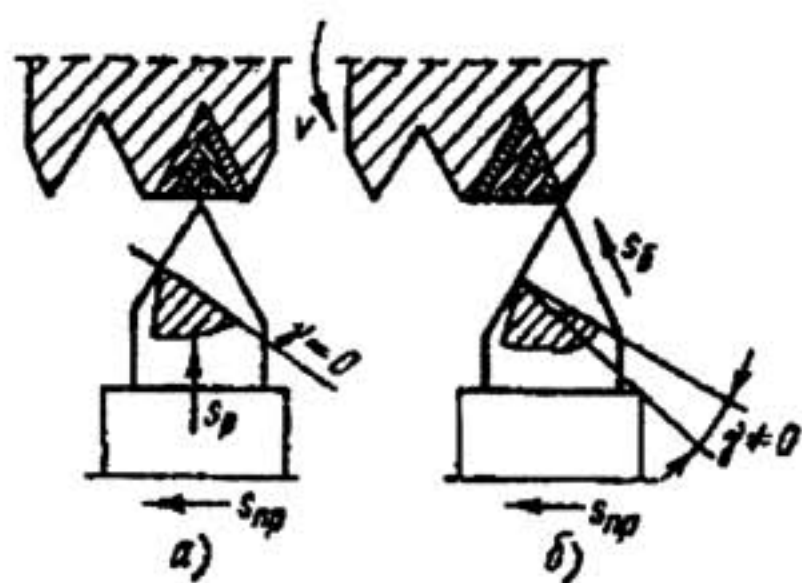


Рис. 2.40. Нарезание резьбы резцами

Первый метод, приведенный на рис. 2.40, а, заключается в обработке с поперечной подачей резца  $S_p$  и последующем его перемещении в направлении продольной подачи  $S_{np}$ , которая составляет величину, полученную в результате настройки станка по приведенным выше формулам. Для лучшего отделения стружки и сохранения режущих свойств инструмента перед каждым новым рабочим ходом производят сме-

ещение резца поочередно влево и вправо на величину 0,1-0,15 мм. Такой метод применяют в основном для резьб с шагом 2-2,5 мм.

Для получения резьб больших шагов используют схему нарезания, показанную на рис. 2.40, б, где черновое срезание слоев производится под углом, который равен половине угла профиля резьбы. Чистовое нарезание резьбы при этом производят по первому методу.

Резцы для нарезания резьб изготавливают из быстрорежущих сталей. Для скоростного нарезания резьбы применяют резцы, оснащенные твердосплавными пластинами. Они могут быть цельными, напайными или с механическим креплением пластины из твердого сплава. В зависимости от вида резьбы выбирают тип резьбонарезного инструмента.



Изготовление резьб в условиях единичного или мелкосерийного производства и нарезание крупных резьб производят стержневыми (рис. 2.41, а, б, в), призматическими односторонними и многосторонними (рис. 2.41, г, д), круглыми (дисковыми) односторонними и многосторонними (рис. 2.41, е, ж) резцами.

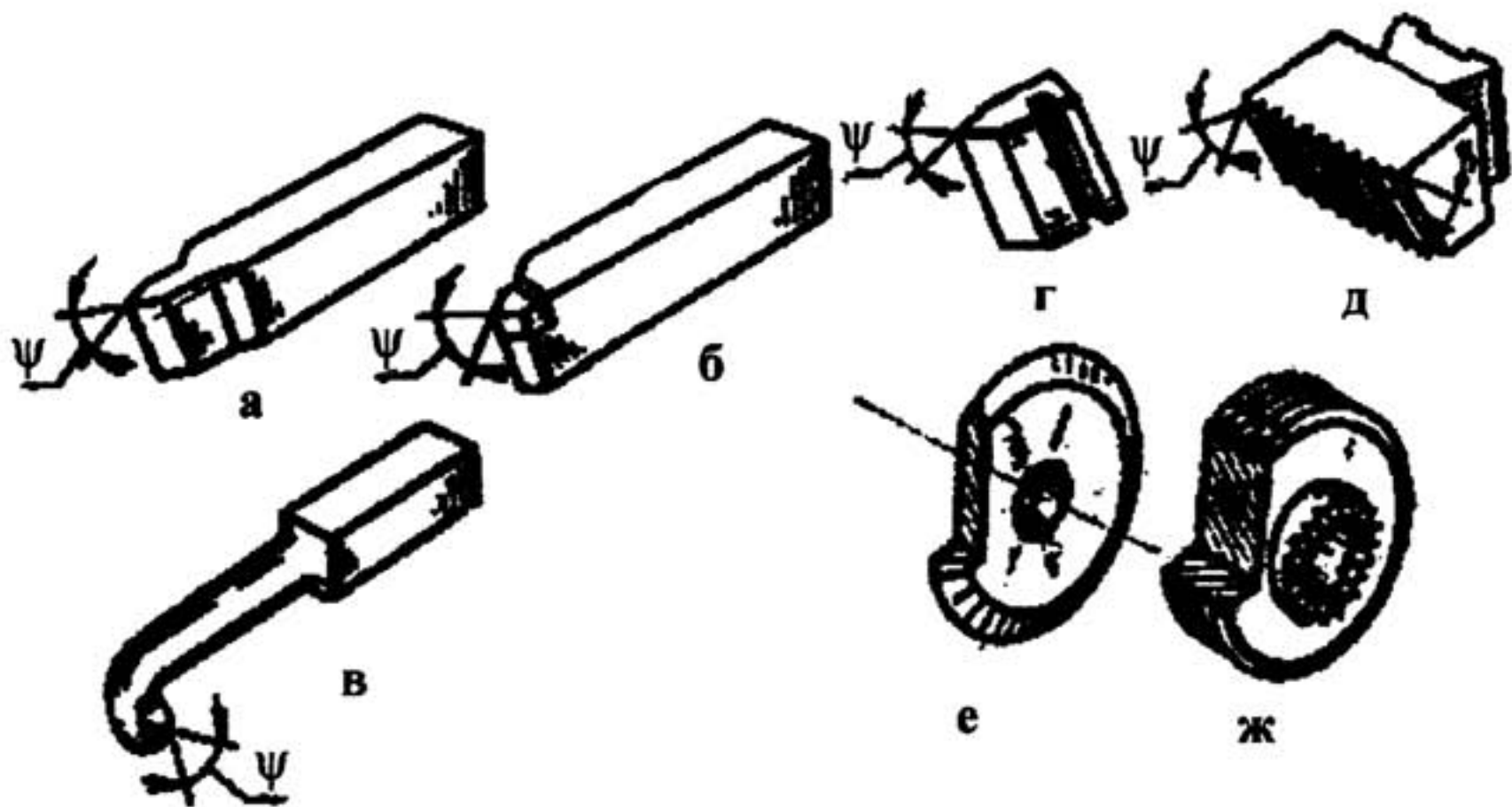


Рис. 2.41. Типы резьбовых стержневых (а, б, в) и фасонных (г, д, ж, е) резцов

Стержневой быстрорежущий резец (рис. 2.41, а, б, в) применяют для нарезания цилиндрических и конических наружных резьб. Стержневой отогнутый резец (см. рис. 2.41, в) служит для нарезания внутренних резьб.

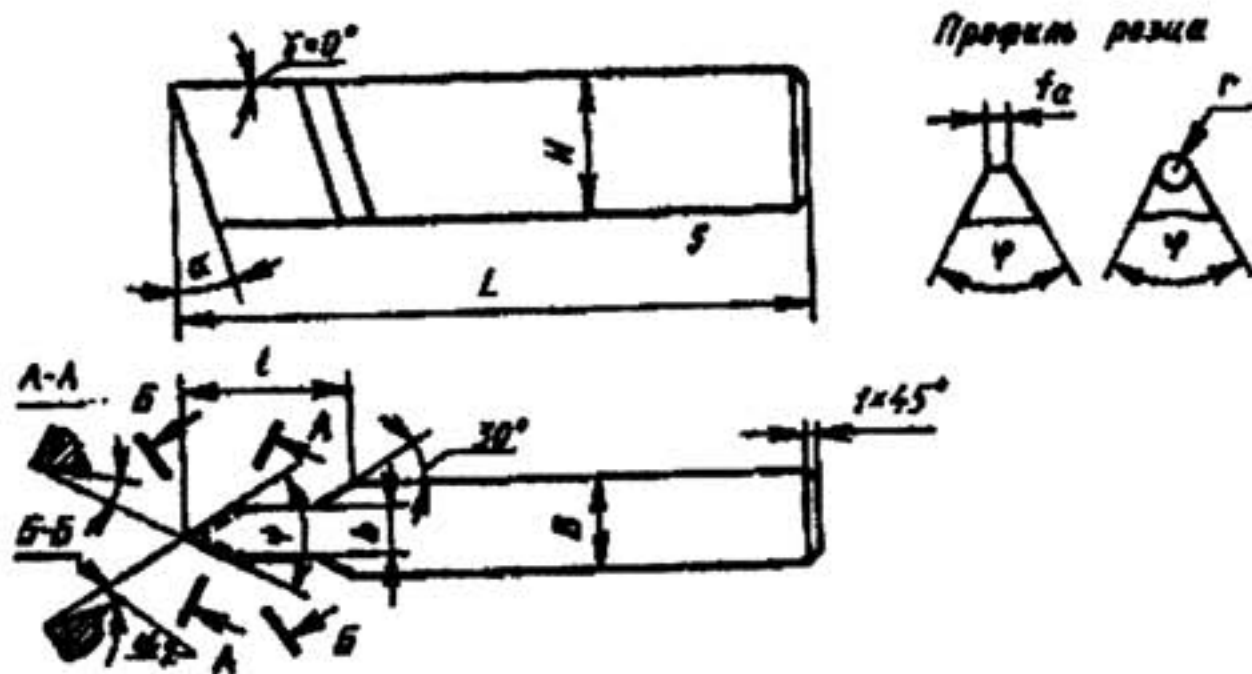


Рис. 2.42. Стержневой резьбовой резец из быстрорежущей стали

Габаритные размеры  $L, B, H$  (см. рис. 2.42) стержневого резьбового резца такие же, как и у проходных токарных резцов. Размеры рабочей части резца ( $b = 5...10\text{мм}$ ,  $l = 15...30\text{мм}$ ) выбирают в зависимости от величины шага нарезаемой резьбы (большие размеры соответствуют большей величине шага). Задние углы бокового профиля  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  при нарезании правой резьбы принимаются в зависимости от величины угла подъема  $\omega$  резьбового витка.

На вершине резьбового резца или делают прямолинейную кромку  $f_a$ , или скругляют радиусом  $r$  в зависимости от типа нарезаемой резьбы. Задний угол при вершине  $\alpha = 10...12^\circ$ . Передний угол на резцах для чистовой обработки по фаске  $\gamma$  равен 0. У резцов для черновой обработки передний угол  $\gamma = 5...20^\circ$  в зависимости от механических свойств материала обрабатываемой заготовки.

Призматические и круглые резьбовые резцы являются разновидностью фасонных резцов. Основное их преимущество по сравнению со стержневыми – возможность большого числа повторных заточек. Необходимые величины переднего  $\gamma$  и заднего  $\alpha$  углов у призматического резца достигают наклонной установкой резца в державке. Обычно задний угол  $\alpha = 15...20^\circ$ .

Многониточные резцы для нарезания резьбы на всю глубину за один рабочий ход имеют угол в плане  $\phi = 30^\circ$  (см. рис. 2.41,  $\delta$ ).

Призматические и круглые резцы закрепляют в специальных державках – жестких и пружинящих. Пружинящие державки обеспечивают более низкую шероховатость нарезаемой резьбы.

Для нарезания метрической резьбы угол профиля резьбового резца  $\phi = 60^\circ$ , задний угол  $\alpha = 12...15^\circ$ . Задние углы бокового профиля  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  зависят от заднего угла  $\alpha$  и возрастают по мере его увеличения. При нарезании резьбы с малыми углами подъема винтовой линии (до  $2^\circ$ ) эти углы делают одинаковыми и равными  $4-5^\circ$ . Передний угол  $\gamma$  резьбовых резцов обычно равен нулю, причем для получения правильного профиля резьбы необходимо, чтобы резец был установлен на высоте центральной линии станка.

Угол профиля быстрорежущих резцов для нарезания дюймовой и трубных резьб делают  $\phi = 55^\circ$ , а твердосплавных  $5^\circ...54^\circ 31'$ . Все остальные углы и другие элементы профиля резцов для нарезания указанных резьб определяют так же, как и для резцов, предназначенных для нарезания метрических резьб.

Резец для нарезания прямоугольной резьбы, передняя грань которо-



го устанавливается параллельно оси резьбы, для обеспечения свинчиваемости винта и гайки должен иметь ширину большую половины шага на  $0,01 \dots 0,04$  мм. Передний угол  $\gamma$  такого резца обычно равен нулю; при нарезании резьбы на заготовках из мягкой стали иногда  $\gamma = 4 \dots 6^\circ$ .

Задний угол  $\alpha$  выполняют равным  $6 \dots 8^\circ$ . Углы  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  на боковых сторонах выбирают по правилам, относящимся к резцам для нарезания метрических резьб.

Резцы для чернового нарезания трапецеидальной резьбы делают с углом профиля, равным  $60^\circ$ . Вершина резца закругляется радиусом  $r$  до 1 мм в зависимости от шага нарезаемой резьбы. Задний угол  $\alpha$  и боковые углы  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  выбирают по правилам, относящимся к резцам для метрической резьбы.

Резцы для чистовой обработки модульной резьбы подобны резцам, применяемым для обработки трапецеидальной резьбы. Угол профиля резца для чистовой обработки делают равным углу профиля резьбы, если материал резца – быстрорежущая сталь, и на один градус – полградуса меньше этого угла, если материал резца – твердый сплав. Высота и ширина притупления резца должна быть не больше соответствующих величин впадины резьбы.

**Нарезание резьбы резцами.** Токарно-винторезные станки позволяют нарезать наружную и внутреннюю резьбу (рис. 2.43) различными способами.

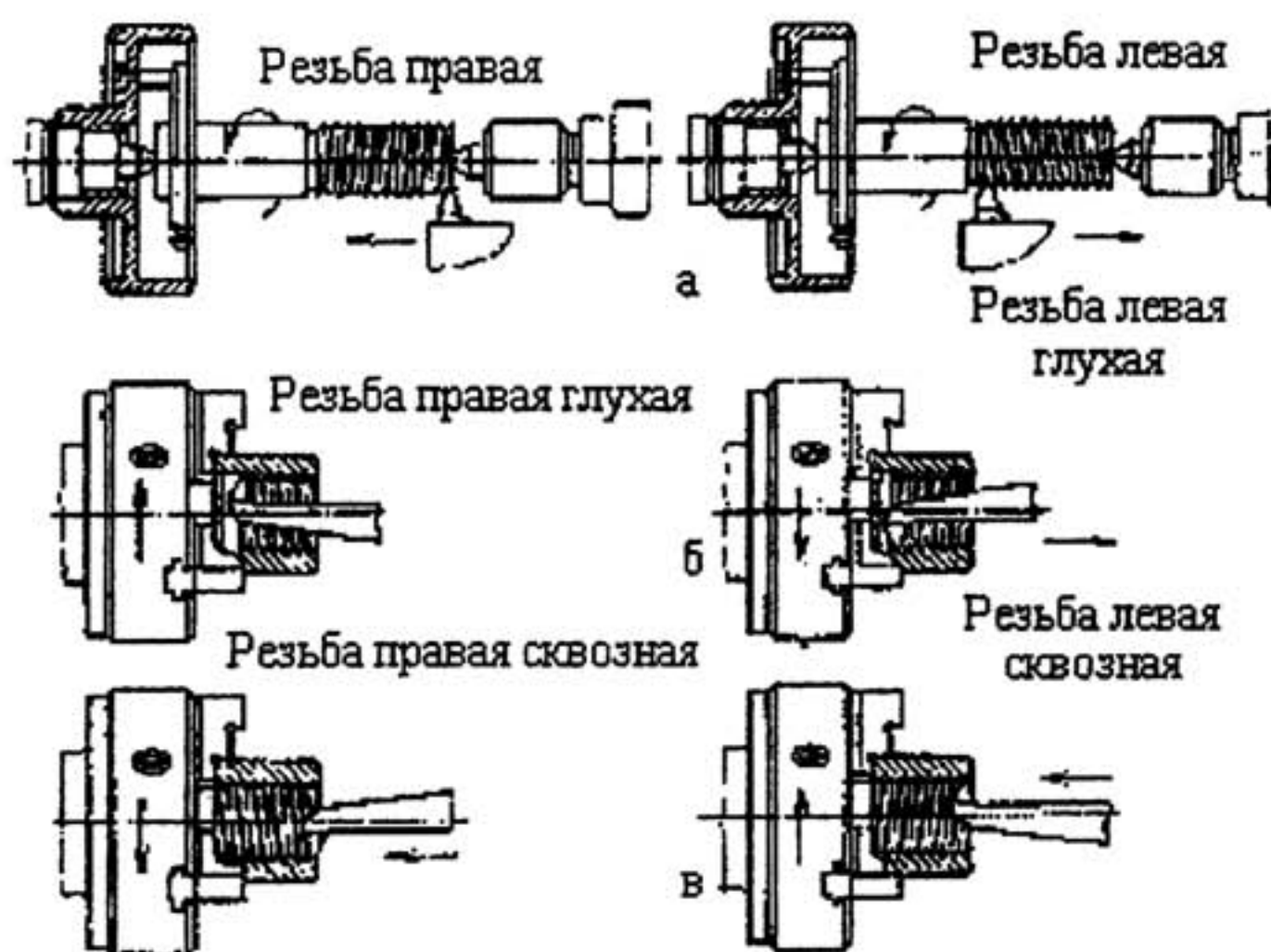


Рис. 2.43. Схема нарезания резьбы:

а – правая и левая; б – правая и левая глухая; в – правая и левая сквозная

Нарезание резьбы резцами производят в несколько рабочих ходов, так как острый угол при вершине в плане не допускает больших нагрузок. Число рабочих ходов зависит от размеров впадины, т. е. от величины срезаемого слоя металла, и требуемой точности. После каждого рабочего хода резец отводят от заготовки, возвращают в исходное положение и поперечным перемещением устанавливают на требуемую глубину резания для следующего рабочего хода. Поперечное перемещение возможно либо в направлении, перпендикулярном оси заготовки, либо под углом профиля резьбы. После установки резца на требуемую глубину резания включают механическую продольную подачу и производят следующий рабочий ход. При поперечной подаче, перпендикулярной оси заготовки, в резании участвуют обе режущие кромки и вершина резца, что ухудшает условия стужкообразования.

При подаче на врезание под углом, равным половине угла профиля, основную работу резания производит главная режущая кромка.

Величина поперечной подачи устанавливается по лимбу суппорта. При нарезании более точных резьб используют индикаторный упор.

Трапецеидальные резьбы крупнее треугольных и объем металла, подлежащего снятию, значительно больше. С технологической точки зрения трапецеидальные резьбы целесообразно разбить на три группы: крупные (шаг резьбы более 25 мм), средние (шаг резьбы от 6 до 25 мм), мелкие (шаг резьбы менее 5,5 мм). Для многозаходных резьб указывают число заходов.

Мелкие резьбы нарезают профильным резцом за один рабочий ход и лишь резьбы высокой точности калибруют отделочным резцом. Черновое нарезание многоходовых резьб производят резцом, передняя грань которого установлена в плоскости, нормальной к винтовой линии на среднем диаметре резьбы. Такая установка резца искажает профиль резьбы, поэтому при чистовом нарезании необходимо либо корректировать профиль резца, либо установить его так, чтобы режущие кромки находились в осевой плоскости.

Очень важно обеспечить правильное относительное расположение витков резьбы, т. е. постоянную величину шага резьбы.

Одним из рациональных способов является метод образования резьбовых поверхностей с помощью вращающихся резцов. При этом способе заготовка, закрепленная в патроне или центрах станка, имеет частоту вращения 3-40 об/мин, а резец, установленный в специальной головке, вращается вместе с последней со значительно большей частотой, равной 1000-3000 об/мин. Процесс нарезания резьбы может быть осу-



ществлен способами внутреннего (рис. 2.44, а) и внешнего (рис. 2.44, б) касания.

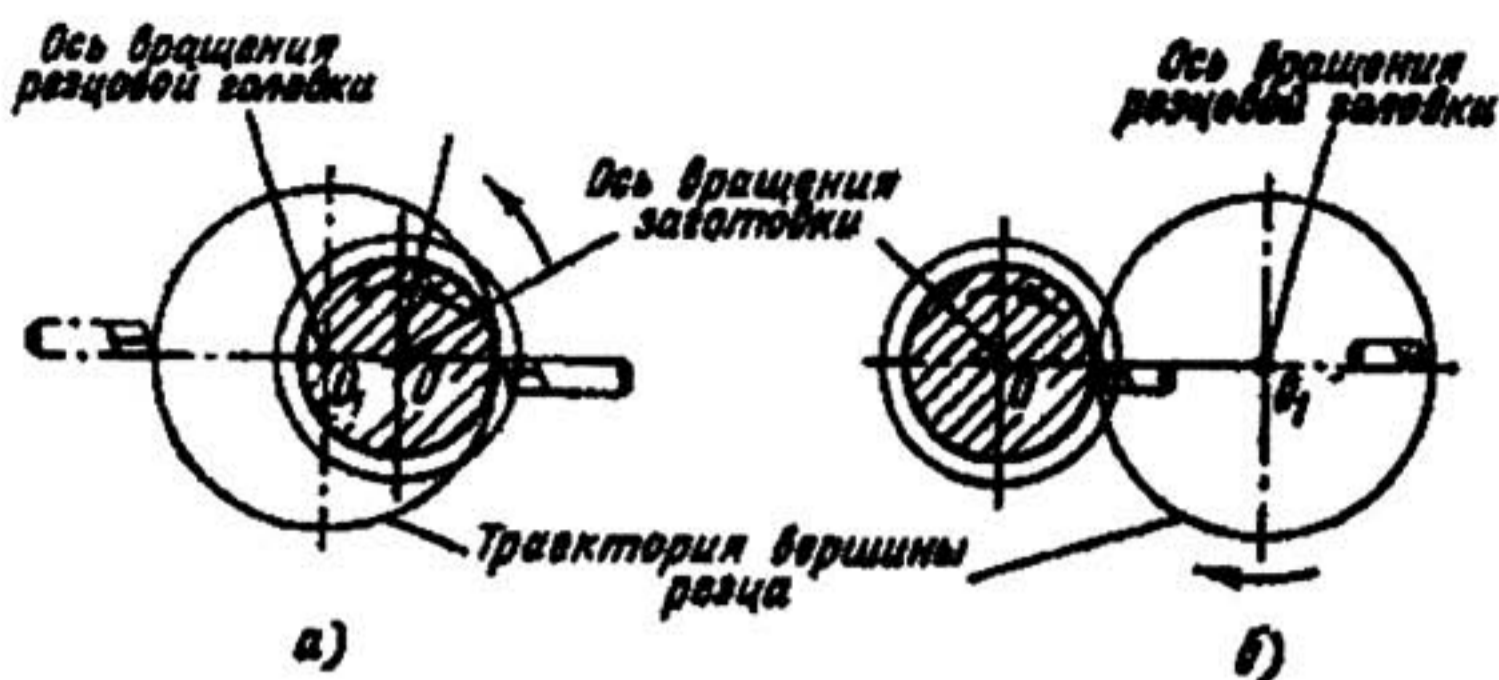


Рис. 2.44. Нарезание резьбы вращающимися резцами

При первом способе нарезания деталь расположена внутри резцовой головки и вращается вокруг оси  $O$ , а головка с резцом вращается вокруг оси  $O_1$ . Оси  $O$  и  $O_1$  смещены относительно друг друга, вследствие чего резец касается поверхности детали периодически на протяжении дуги контакта, составляющей обычно  $1/3$  длины окружности резьбы. При втором способе деталь находится в соприкосновении с резцом, будучи от него в стороне, причем площадь контакта весьма мала и кратковременна. Первый способ обеспечивает более высокое качество нарезаемой резьбы, так как резец плавно входит в соприкосновение с деталью, обеспечивая при этом более совершенное снятие стружки.

Параметры процесса нарезания резьбы вращающимися резцами, расположенными по методу внутреннего касания, рассчитывают по формулам:

$$n_d = \frac{s_z z n_p}{\pi d}; \quad (2.10)$$

$$n_p = \frac{1000 v}{\pi D}, \quad (2.11)$$

где  $n_d$  – частота вращения нарезаемой детали, об/мин;  $d$  – диаметр резьбы наружный;  $n_p$  – частота вращения резцовой головки, об/мин;  $s_z$  – круговая подача детали на резец, составляющая обычно 0,6-0,8 мм;  $z$  – число резцов;  $v$  – окружная скорость резцов, м/мин;  $D$  – диаметр, на котором расположены резцы, мм. Экспериментальными исследованиями установлены оптимальные значения ряда величин, определяющих

высокое качество резьбовых поверхностей наружных и внутренних, получаемых методами вращающихся резцов.

При нарезании наружных треугольных резьб рекомендуется, чтобы

$D$

$\frac{D}{d} = 1,4 \div 1,6$ ; скорость резания  $V = 150:300$  об/мин, круговая подача

$d$

$s_z = 0,3:0,8$  мм на резец. При нарезании внутренних поверхностей отношение диаметров должно составлять

$\frac{D}{d} = 0,5 \div 0,55$ , причем резцы крепят в специальной оправке с коническим

хвостовиком, вставляемым в шпиндель станка. Оправки оснащены специальными маховичками, обеспечивающими плавность их вращения.

Далее будет рассмотрена группа методов резьбонарезания с применением специальных инструментов (плашек, метчиков, резьбонарезных головок). Плашки изготовляют обычно круглые, раздвижные и специальные. Круглые плашки, выпускаемые по ГОСТ 9740-71, имеют цельную, разрезную и трубчатую конструкции. Круглыми плашками выполняют работу на деталях, имеющих диаметр 1-52 мм за один рабочий ход, причем их цельная конструкция обеспечивает получение резьбы более высокого качества.

Разрезная конструкция плашки имеет прорезь размером 0,5-1,5 мм, позволяющую производить регулировку диаметра резьбы в диапазоне 0,1-0,25 мм. Плашки применяют при ручном методе резьбонарезания и при использовании станков, имеющих вращательное движение.

Более производительным методом нарезания наружной и внутренней резьбы следует считать способ с применением резьбонарезных головок (рис. 2.45).

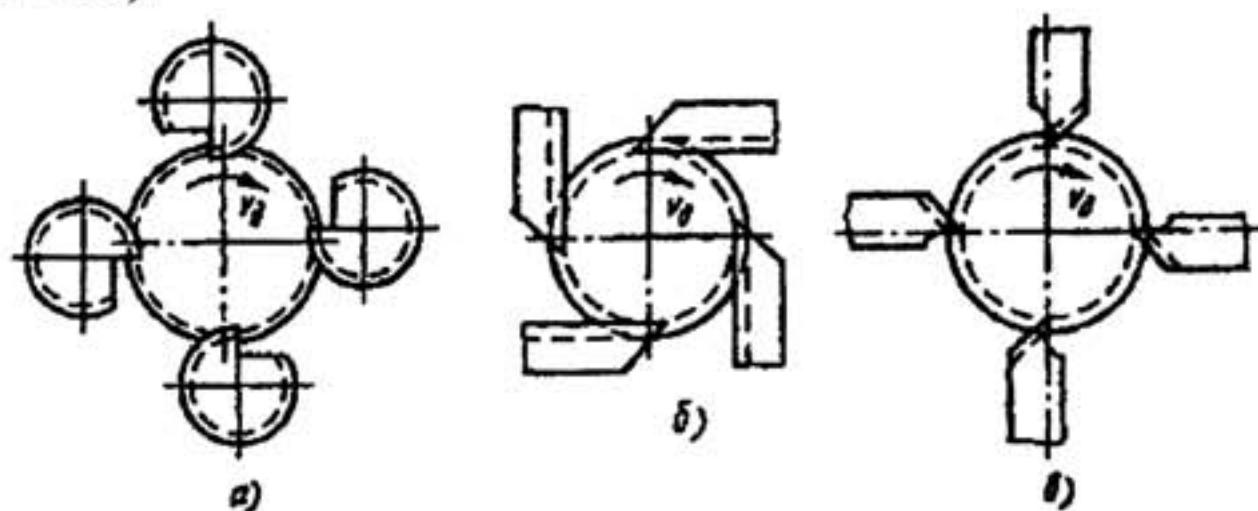


Рис. 2.45. Схемы нарезания резьбы головками:

$a$  – оснащенными дисковыми гребенками;  $b, в$  – призматическими



При этом способе наружную резьбу нарезают винторезными, а внутреннюю – гайконарезными головками. Расположение резьбонарезных инструментов может быть радиальным или тангенциальным.

Резьбонарезные головки, помимо высокой производительности, позволяют получить резьбы 2-й степени точности с шероховатостью поверхности  $Ra = 5,0 \div 2,5$  мкм и могут быть использованы при работе на токарных, сверлильных, револьверных станках и станках-автоматах, т. е. в условиях серийного и массового производства.

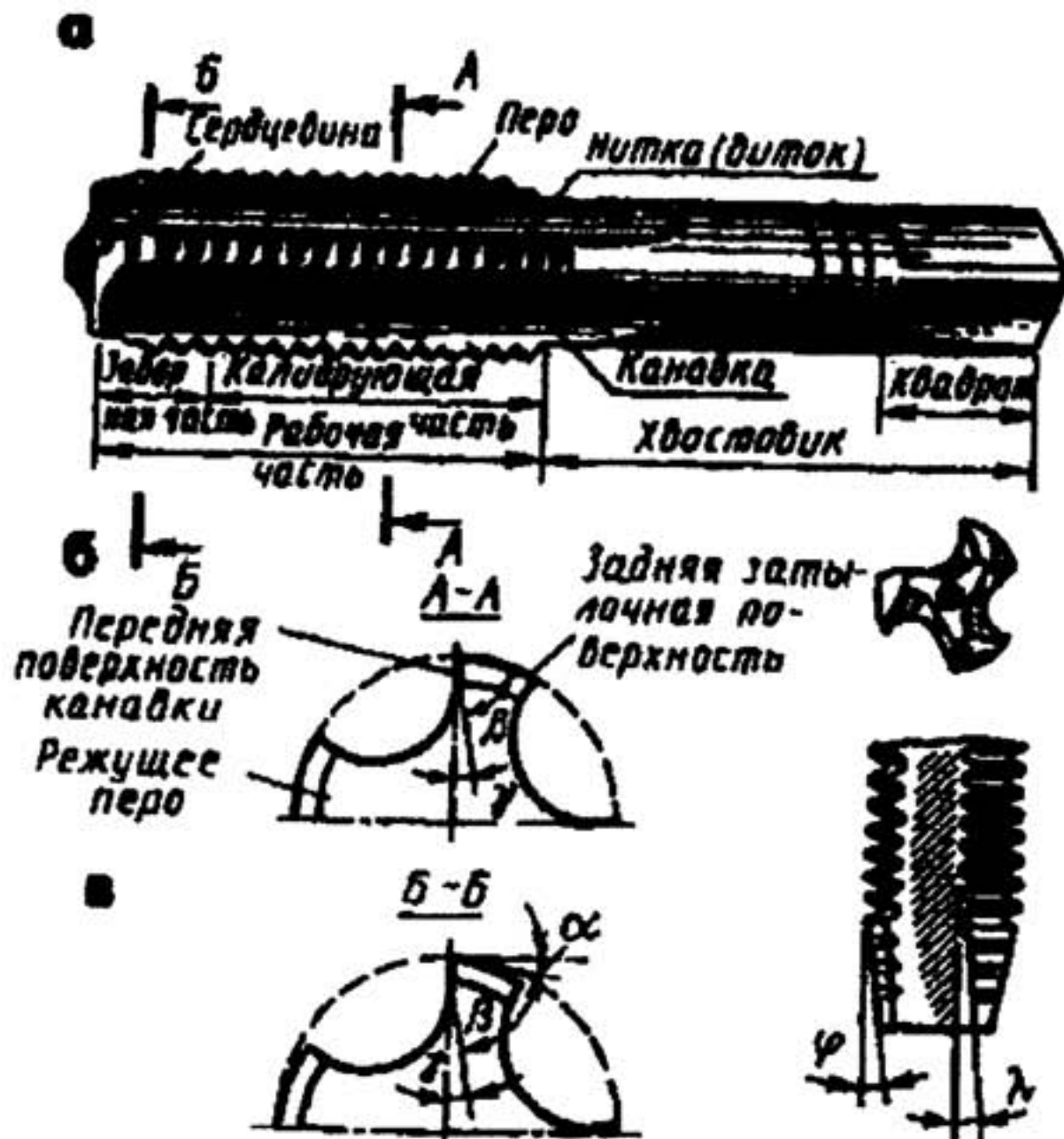
Преимуществом головок является отсутствие необходимости свинчивания их после нарезания, так как они способны самооткрываться.

На рис. 2.46 представлена резьбонарезная головка типа КБ (АО «Фрезев»). Она предназначена для нарезания внутренних резьб диаметром 52-62 мм,  $1\frac{1}{4}$  " – 2" и растачивания отверстий на токарных, револьверных, резьбонарезных, сверлильных станках и автоматах.



*Рис. 2.46.* Головка резьбонарезная типа КБ

В процессе работы головки могут вращаться и не вращаться. Внутренние резьбы можно обрабатывать также с помощью метчиков четырех степеней точности и двух исполнений.



2.47. Части и элементы метчика

Метчики ручного исполнения имеют степени точности Е и Н, а машинного исполнения — С и Д. Первые из них применяют для нарезания резьб диаметром 2-52 мм вручную, причем их выпускают комплектами, состоящими из двух или трех метчиков. Машинные метчики служат для нарезания глухих резьб тех же диаметров на сверлильных, револьверных, агрегатных и станках-автоматах.

Разновидностью метчиков для нарезания сквозных отверстий являются универсальные гаечные метчики, применяемые как на станках, так и для работы вручную. Эти метчики имеют удлиненные хвостовики-накопители нарезаемых гаек и выпускаются диаметрами 2-33 мм.

Необходимо учитывать, что поверхности, предназначенные для нарезания резьбы, должны иметь такие размеры, которые бы учитывали увеличение диаметров при нарезании наружных и уменьшение при нарезании внутренних резьб.

Наружную резьбу нарезают плашками вручную и на станках. В зависимости от конструкции плашки подразделяют на круглые (лерки) и раздвижные (призматические) (рис. 2.48).



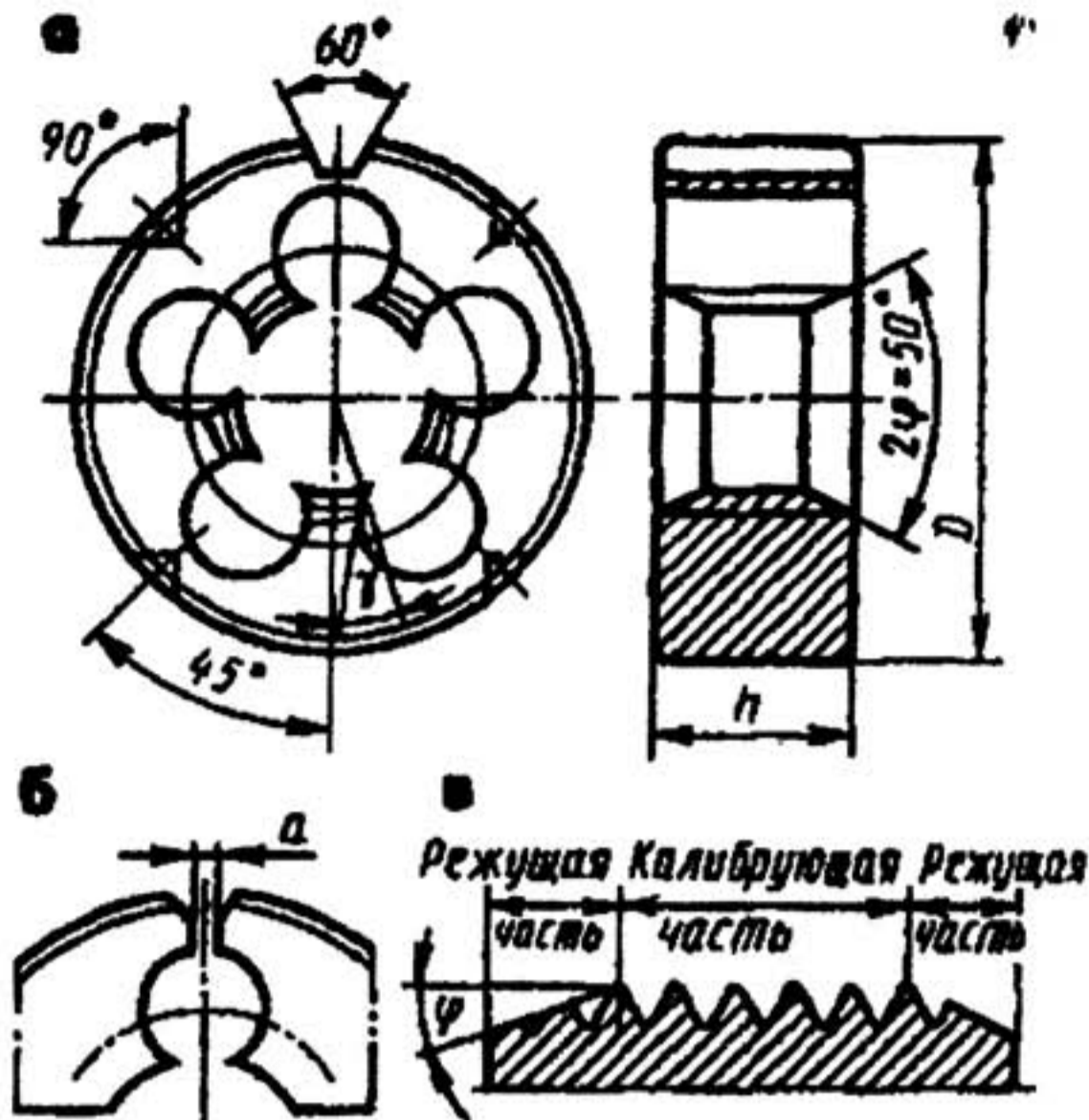


Рис. 2.48. Части и элементы круглой плашки: а – круглая плашка до разрезания, б – разрезанная круглая плашка, в – профиль резьбы рабочей части

Круглые плашки изготавливают цельными (рис. 2.48, а) и разрезными (рис. 2.48, 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. 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.

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.

Одним из высокопроизводительных методов получения резьбы, обеспечивающим одновременно упрочнение ее профиля, является накатывание, которое осуществляют цилиндрическими роликами или

плоскими плашками. Накатыванием роликами получают резьбы диаметром от 0,3 до 150 мм, длиной 100-120 мм, с точностью 6-7 квалитетов, шероховатостью  $Ra = 1,25 \div 0,63$  мкм. Резьбонакатные головки типа ВНГН выпускает АО «Фрезер», г. Москва.

### ***2.5.7. Токарная обработка на станках с ЧПУ.***

В условиях серийного производства наиболее эффективной по точности и производительности является обработка ступенчатых, конических и фасонных поверхностей на станках с ЧПУ. Станки токарной группы оснащены контурными системами ЧПУ с линейно-круговым интерполятором и устройством для нарезания резьбы, они имеют широкие технологические возможности, так как снабжаются револьверными головками или магазинами сменных резцовых блоков, позволяющими осуществлять автоматическую смену режущего инструмента по заданной программе. Достижимый квалитет точности обработки по диаметральным и линейным размерам 7-8. Возможности токарных станков с ЧПУ схематично представлены на рис. 2.49.

## **Лабораторная работа № 2**

1. Токарные работы. Резцы, геометрия, параметры. Резцы со сменными многогранными пластинами. Измерения углов резца.

Цель работы: изучение видов токарных работ, видов и конструкций резцов, геометрии, в т. ч. резцов со сменными неперетачиваемыми пластинами; ознакомление с конструкциями пластин, обеспечивающих стружкодробление; освоение навыков измерения углов резца.

Студент должен:

- изучить определения элементов процесса точения, классификацию способов токарной обработки;

- изучить геометрию токарного резца и роль элементов, научиться измерять углы;

- изучить виды и особенности токарных резцов, сменных пластин. области применения;

- ознакомиться с элементами и условиями применения пластин, обеспечивающих дробление стружки;

- изучить виды работ, выполняемых на токарных станках, приобрести практические навыки; изучить элементы режимов резания;



Элементы деталей	Эскиз режущего инструмента	Элементы деталей	Эскиз режущего инструмента	Элементы деталей	Эскиз режущего инструмента
					<

- изучить методы обработки конусов и нарезки резьб;
- ознакомиться с особенностями токарной обработки на станках с ЧПУ.

1.2. Оборудование: токарно-винторезный станок 16К20, 16Б16 и др.

1.3. Содержание отчета.

1.3.1. Наименование и цель работы.

1.3.2. Классификация токарных работ.

1.3.3. Классификация токарных резцов.

1.3.4. Геометрия токарного резца и роль элементов.

Схемы измерений углов.

1.3.5. Методы точения конусов.

1.3.6. Методы нарезания резьб.

1.3.7. Обеспечение дробления сливной стружки.

1.4. Порядок выполнения работы по п. 1.3.3 и 1.3.4.

1. Ознакомиться с основными типами токарных резцов, их назначением и геометрией. Получить у преподавателя резец для измерения углов.

2. Штангенциркулем (или линейкой) измерить общую длину резца, длину головки и стржня, размеры поперечного сечения стержня.

3. Настольным угломером измерить углы резца -  $\gamma$  и  $\alpha$  в главной секущей плоскости, для чего поворотная пластина визуально устанавливается перпендикулярно проекции главной режущей кромки на основную плоскость;

-  $\alpha_1$  во вспомогательной секущей плоскости;

-  $\lambda$  в плоскости резания, для чего кромка А поворотной пластины совмещается с главной режущей кромкой.

4. Универсальным угломером измерить углы  $\varphi$  и  $\varphi_1$ .

5. Результаты измерений занести в протокол результатов измерений.

5.1. Протокол результатов измерений:

Тип резца \_\_\_\_\_

Материал режущей части \_\_\_\_\_



Измеряемые элементы	Обозначение	Величина
1	2	3
1. Общая длина резца, мм	L	
2. Длина головки, мм	$l_1$	
3. Длина стержня, мм	$l_2$	
4. Сечение стержня, мм	H×B	
5. Главный передний угол, град.	$\gamma$	
6. Главный задний угол, град.	$\alpha$	
7. Угол заострения, град.	$\beta$	
8. Вспомогательный задний угол, град.	$\alpha_1$	
9. Главный угол в плане, град.	$\varphi$	
10. Вспомогательный задний угол, град.	$\varphi_1$	
11. Угол при вершине, град.	$\xi$	
12. Угол наклона главной режущей кромки, град.	$\lambda$	
13. Угол резания, град.	$\delta$	
14. Радиус закругления вершины резца, мм	r	

### 1.5. Контрольные вопросы:

- Какие способы токарной обработки вам известны? Классификация.
- Дать определения элементов геометрии резца.
- Влияние углов резца на процесс резания.
- Формы передней поверхности резца, применение.
- Классификация токарных резцов, формы сменных многогранных пластинок.
- Как обеспечить дробление сливной стружки?
- Средства измерения углов резцов.
- Виды работ, выполненных на токарных станках.
- Методы и средства базирования и крепления заготовки на токарном станке.
- Как рассчитать скорость резания?
- Инструменты для обработки наружных, внутренних и торцовых поверхностей, канавок. Отрезка.
- Методы обработки конических и фасонных поверхностей.
- Методы обработки резьб.

14. В чем заключается эффективность обработки на станках с ЧПУ? Достигаемая точность и шероховатость поверхностей.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Коган Б. И.* Выбор инструментов и режимов резания резцами с механическим креплением многогранных твердосплавных пластин: Методические указания. – Кемерово, КузГТУ, 1999. – 50 с.
2. *Коган Б. И.* Прогрессивная технология горного машиностроения. Часть 2. Новые технологические процессы. – Кемерово: Кузбассвузиздат, 2000. – 332 с.
3. *Некрасов С. С. и др.* Практикум по технологии конструкционных материалов и материаловедению. – М.: Колос, 1983. – 256 с.
4. *Некрасов С. С.* Обработка металлов резанием. – М.: Агропромиздат, 1997.
5. *Андреев В. Н.* Совершенствование режущего инструмента. – М.: Машиностроение, 1993. – 240 с.



## ТЕМА 3.

### Обработка резанием концевыми инструментами на сверлильных станках (сверление, зенкование, зенкерование, развертывание)

Сверление представляет собой обработку с вращательным круговым движением резания. При этом инструмент осуществляет движение подачи только в направлении оси вращения. Независимо от движения подачи ось кругового движения резания совпадает с осью инструмента и сохраняет свое положение относительно заготовки. Способы обработки делятся на сверление, рассверливание, зенкерование и развертывание.

Сверление – это способ обработки резанием, с помощью которого можно получать отверстия, увеличивать диаметр отверстий или изменять их форму. Обработка спиральными сверлами представляет собой черновую обработку, которая часто не дает хорошего качества поверхности и соответствия заданным размерам. С помощью разверток улучшают поверхность стенки отверстия и повышают точность его размера. Посредством зенкерного инструмента изготавливают плоские или фасонные поверхности (благодаря форме инструмента).

Спиральное сверло диаметром  $d$ , закрепленное в рабочем шпинделе с помощью зажимного патрона или конуса Морзе вращается вокруг своей оси с частотой  $n$  (рис. 3.1).

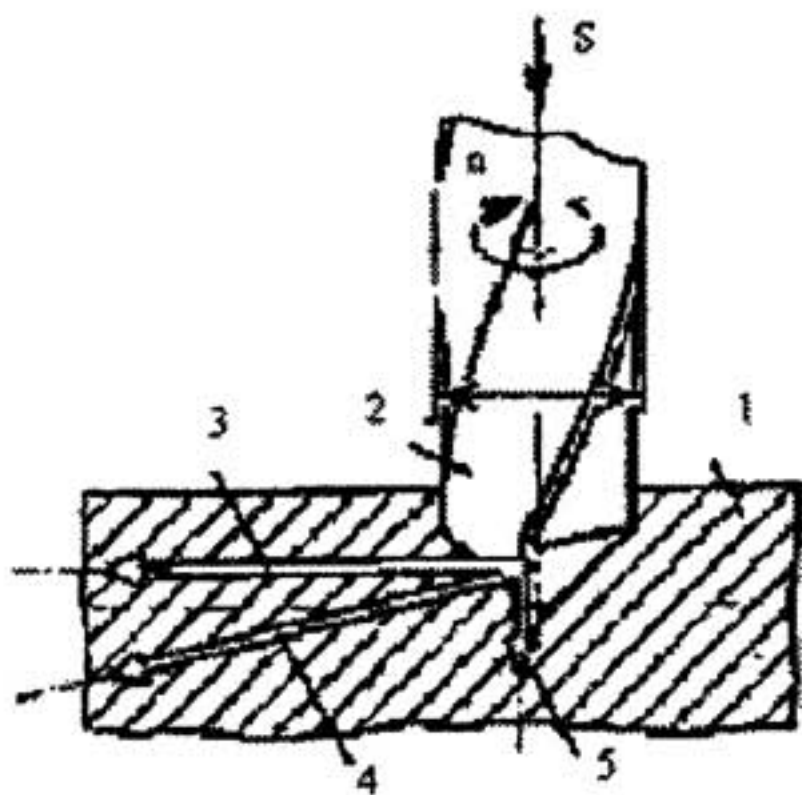


Рис. 3.1 Принцип действия спирального сверла.

1 – заготовка; 2 – инструмент (спиральное сверло) движения; 3 – резания; 4 – действительное; 5 – подачи.

Одновременно с помощью привода подачи осуществляется движение подачи  $s$ . Обе режущие кромки спирального сверла описывают двухзаходную винтовую поверхность, а их вершины – двухзаходную линию.

По принципу шнекового конвейера срезанная стружка удаляется из отверстия по спиральным канавкам. В зависимости от обрабатываемого материала (за исключением литейного чугуна и сплавов магния) во избежание перегрева инструмента и для уменьшения трения в зону обработки для охлаждения режущего инструмента подает-

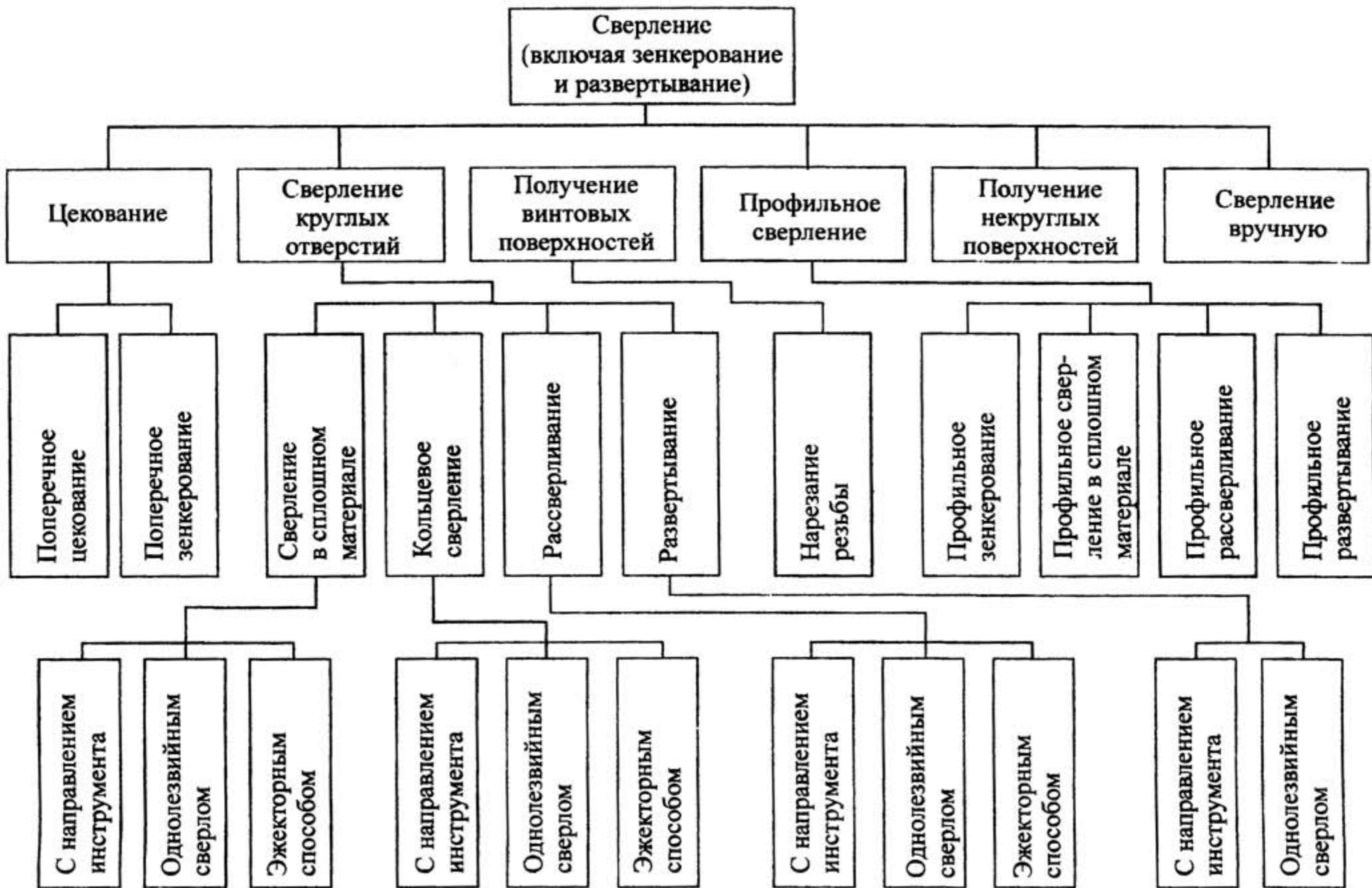


Рис. 3.2. Способы сверления



ся эмульсия или высококачественное масло. При глубоком или горизонтальном сверлении смазочно-охлаждающая жидкость подается к режущей кромке через внутренние каналы в инструменте.

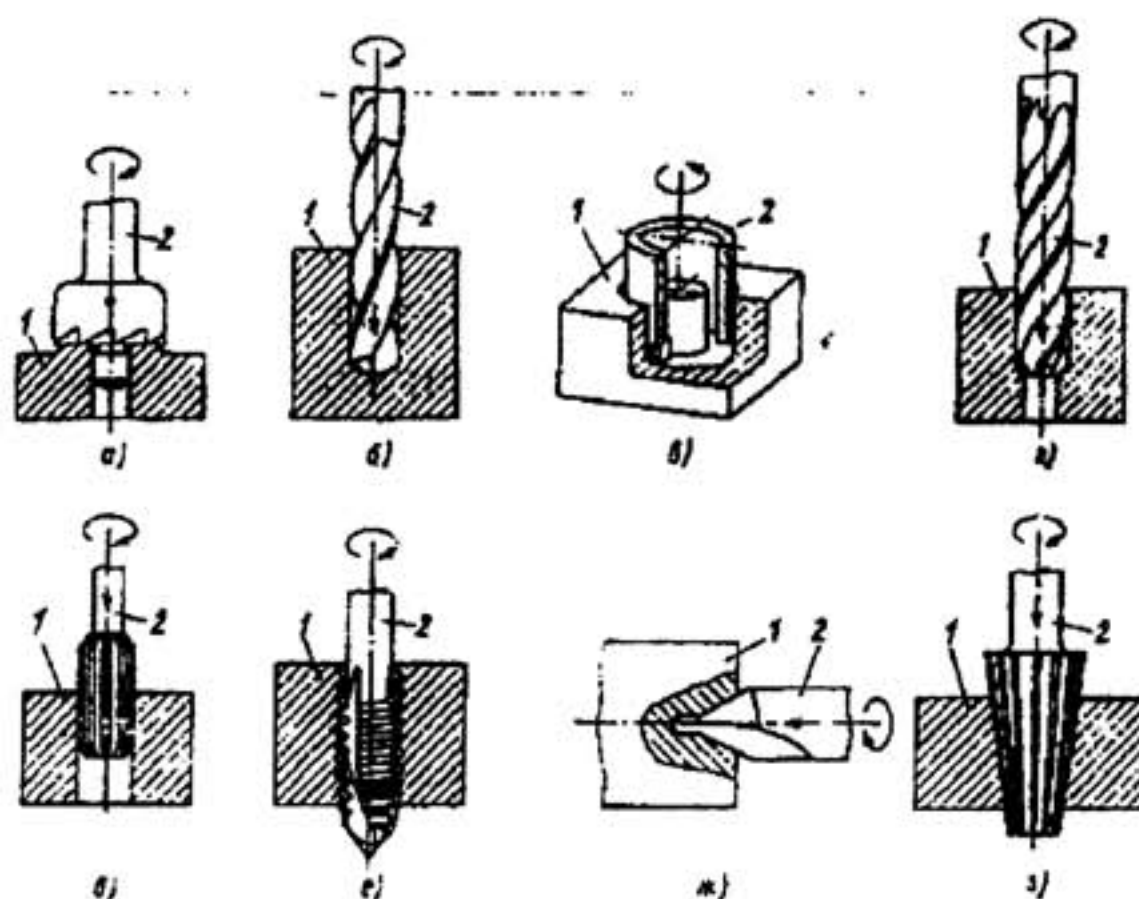
При кольцевом сверлении инструмент вырезает в материале кольцевое углубление, причем одновременно с отверстием получается цилиндрический стержень, обработанный по наружному диаметру. Кольцевое сверление делится на сверление с центрированием по главным режущим кромкам (рис. 3.3, в), сверление одноперовыми сверлами, эжекторное кольцевое сверление.

На рис. 3.2 систематизированы способы обработки концевыми инструментами, а на рис. 3.3 даны схемы обработки.

Расверливание — это сверление для увеличения диаметра уже имеющегося отверстия. Расверливание можно разделить на расверливание с центрированием по главной режущей кромке (рис. 3.3, г), расверливание одноперовыми сверлами и эжекторное расверливание.

Развертывание — это расверливание с незначительной толщиной среза с помощью развертки с целью получить точные по размеру и форме цилиндрические внутренние поверхности высокого качества. Оно делится на развертывание с центрированием по главным режущим кромкам (рис. 3.3, д) и развертывание однолезвийной разверткой.

Винтовое сверление — это сверление инструментом с винтовым профилем для получения внутренних винтовых поверхностей, соосных оси вращения инструмента, в отверстии, обработанном сверлом или полученным другим способом. Сюда же относится нарезание внутренней резьбы метчиком (рис. 3.3, е).



**Рис. 3.3** Способы сверления  
*а* — цекование; *б* — сверление в сплошном металле спиральным сверлом; *в* — кольцевое сверление корончатой головкой; *г* — расверливание; *д* — развертывание; *е* — нарезание резьбы метчиком; *ж* — сверление фасонных отверстий в сплошном металле; *з* — развертывание нецилиндрической поверхности; *1* — заготовка; *2* — инструмент

Под поперечным цекованием понимают способ получения плоских поверхностей. При этом способе сверление осуществляется цекованием, обрабатываемые поверхности расположены перпендикулярно к оси кругового движения резания (рис. 3.3, *а*). Под поперечным зенкованием понимают зенкование с целью получения углубленных плоских поверхностей, расположенных перпендикулярно к оси кругового движения резания.

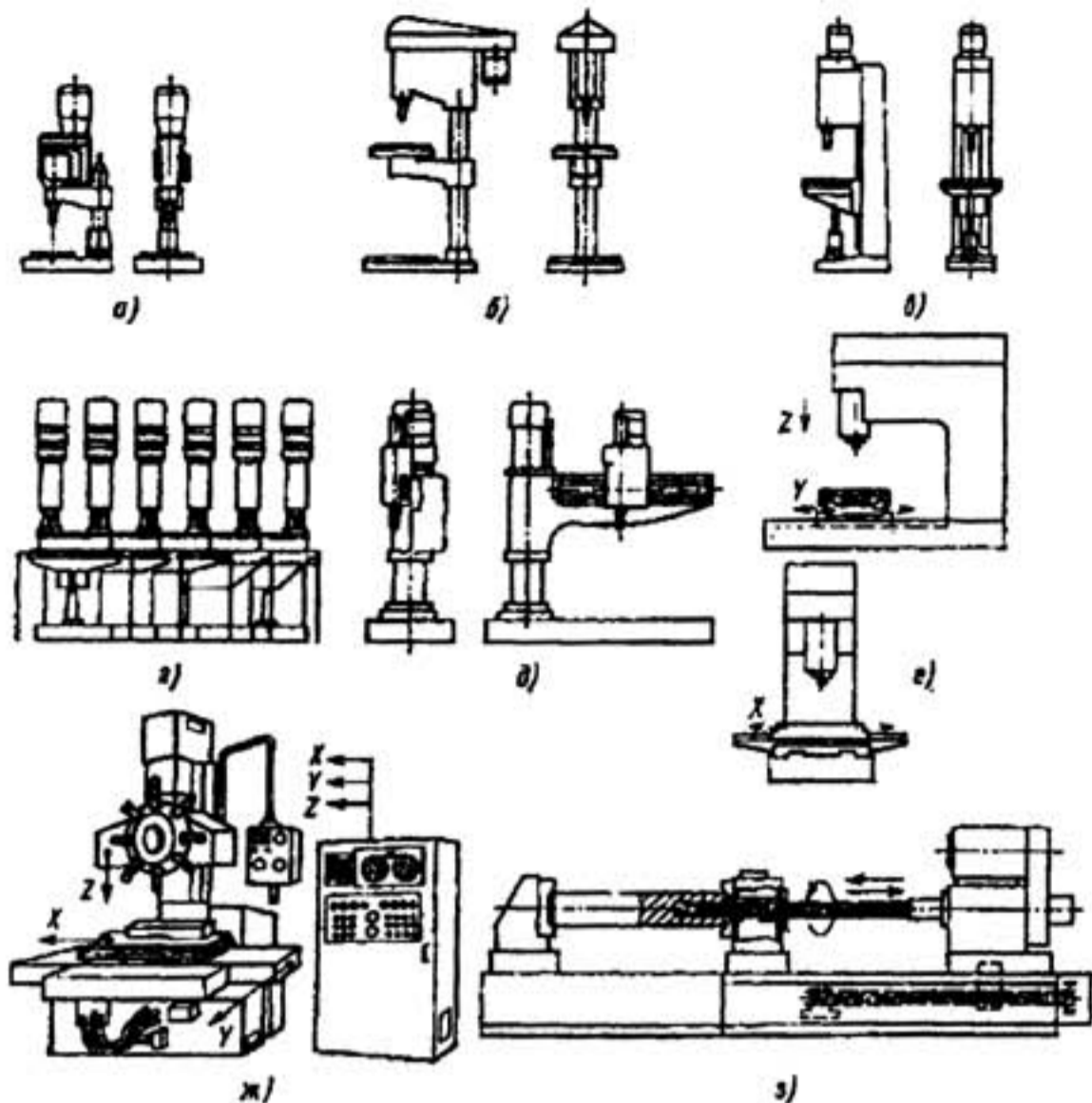
Следующая группа способов сверления – растачивание нецилиндрических поверхностей. Сверление выполняется фасонным профилированным инструментом с целью получения внутренних поверхностей вращения с непрямолинейными образующими, форма которых определяется профилем главной режущей кромки инструмента. Эта группа способов обработки делится на следующие подгруппы: профильное зенкерование, сверление фасонных отверстий в сплошном материале, профильное рассверливание и развертывание. Профильное зенкерование представляет собой способ получения фасонных отверстий, реализуемый фасонным зенкерным инструментом (фасонной цековкой). Способ обработки фасонных поверхностей сверлением в сплошном металле осуществляется фасонным инструментом (рис. 3.3, *ж*). Если уже имеется отверстие, как правило, профилированное, которое рассверливается фасонным инструментом, то говорят о профильном рассверливании. Профильное развертывание – это развертывание фасонным инструментом (рис. 3.3, *з*).

Сверление некруглых поверхностей – это сверление с некруговым движением резания, которое определяется движением инструментоносителя и движением подачи в направлении оси вращения заготовки для получения некруглых отверстий.

### **Сверлильные станки**

В зависимости от расположения и числа шпинделей разнообразные типы сверлильных станков можно разделить на вертикальные, горизонтальные, одно- и многошпиндельные. Кроме того, существуют переносные и стационарные сверлильные станки. При необходимости можно провести классификацию станков по точности их работы.

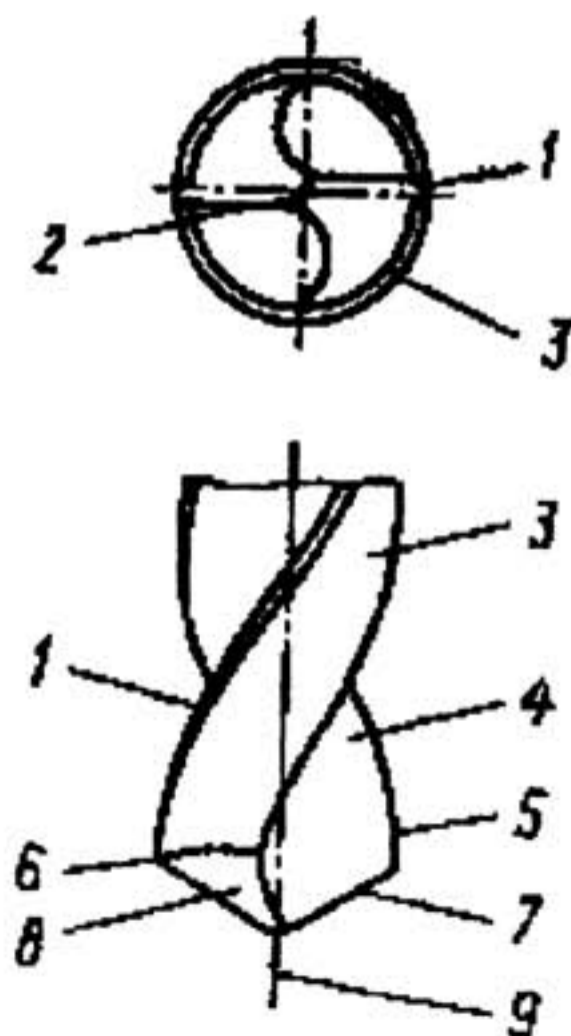




**Рис. 3.4.** Типы сверлильных станков:

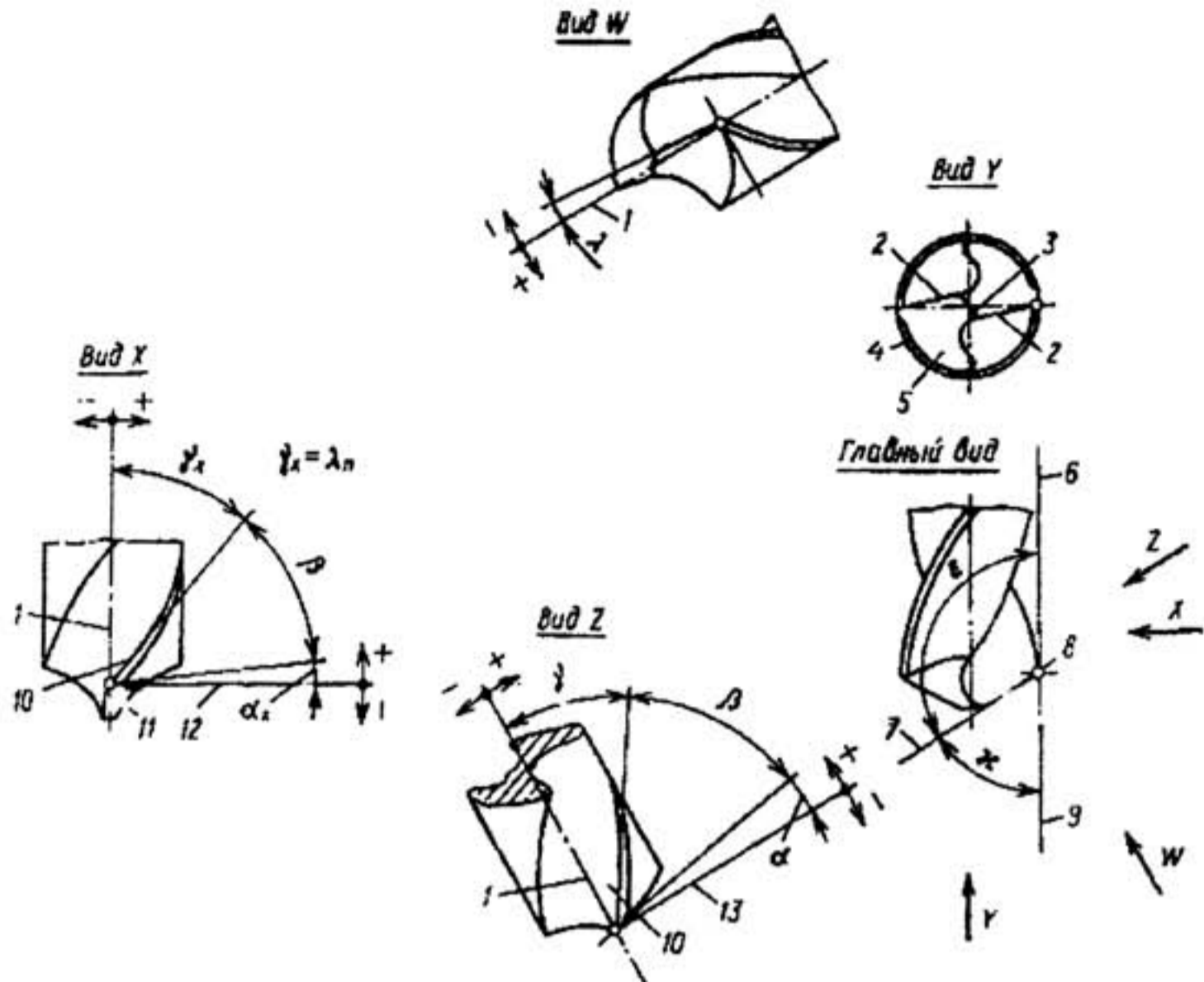
*a* - настольный; *б* - вертикально-сверлильный с колонной; *в* - вертикально-сверлильный со стойкой; *г* - однорядный многошпиндельный; *д* - радиально-сверлильный; *е* - координатно-расточный; *ж* - с ЧПУ; *з* - для глубокого сверления

### Геометрия режущей части сверла (рис. 3.4, 3.5, 3.6)



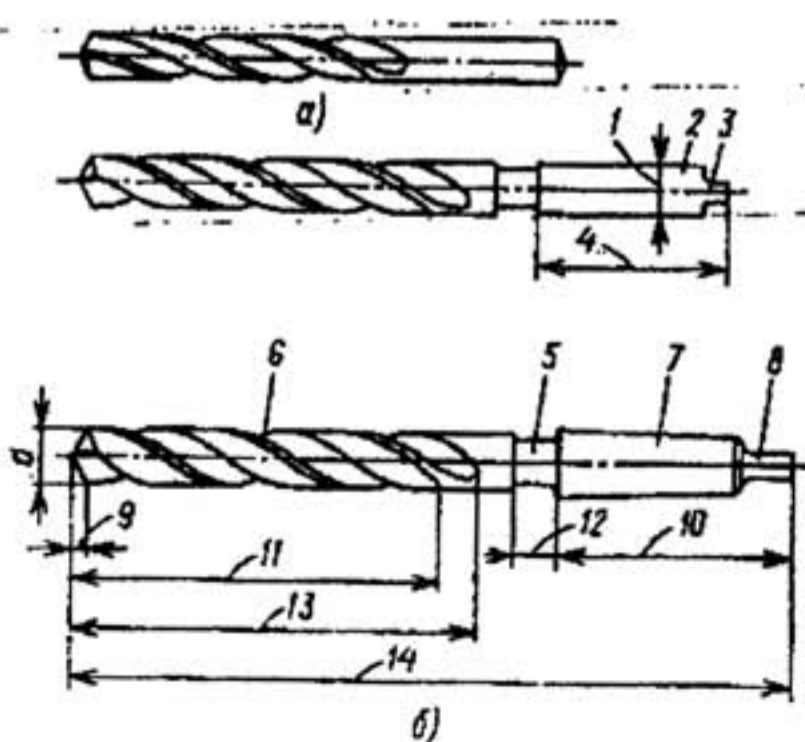
**Рис. 3.4.** Поверхности, режущие кромки и вершины режущих кромок спирального сверла:

*1* - ленточка вспомогательной задней поверхности сверла; *2* - перемычка (ломаная часть главной режущей кромки); *3* - вспомогательная задняя поверхность сверла; *4* - передняя поверхность сверла; *5* - вспомогательная режущая кромка; *6* - вершина режущей кромки; *7* - главная режущая кромка; *8* - главная задняя поверхность сверла; *9* - ось инструмента



**Рис. 3.5.** Рабочие углы спирального сверла:

1 – базовая плоскость инструмента; 2 – главная режущая кромка; 3 – перемычка, ломаная часть главной режущей кромки; 4 – вспомогательная задняя поверхность сверла; 5 – главная задняя поверхность сверла; 6 – плоскость резания вспомогательной режущей кромки; 7 – плоскость резания главной режущей кромки; 8 – рассматриваемая точка режущей кромки; 9 – принятая рабочая плоскость; 10 – передняя поверхность сверла; 11 – задняя поверхность сверла; 12 – плоскость, перпендикулярная к принятой рабочей плоскости и базовой плоскости инструмента; 13 – плоскость резания инструмента; 14 – плоскость чертежа главного вида, соответствующей базовой плоскости инструмента



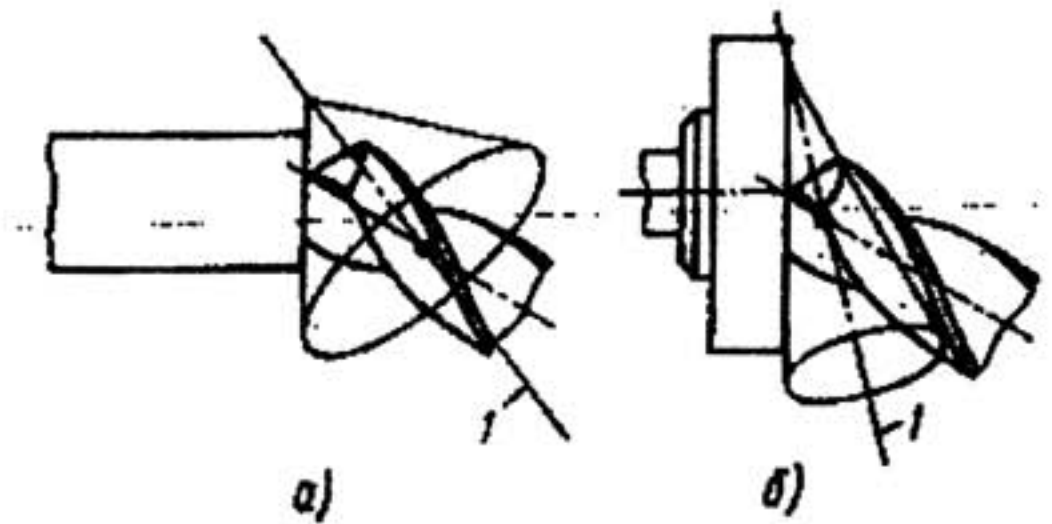
**Рис. 3.6.** Размеры спирального сверла:

а – с цилиндрическим хвостовиком; б – с коническим хвостовиком; 1 – диаметр хвостовика; 2 – цилиндрический хвостовик; 3 – поводок; 4 – длина хвостовика; 5 – шейка сверла (место маркировки); 6 – рабочая часть; 7 – конический хвостовик; 8 – лапка хвостовика; 9 – длина режущей части сверла; 10 – длина конуса; 11 – длина рабочей части; 12 – длина шейки; 13 – длина стружечной канавки; 14 – длина сверла;  $d$  – диаметр сверла

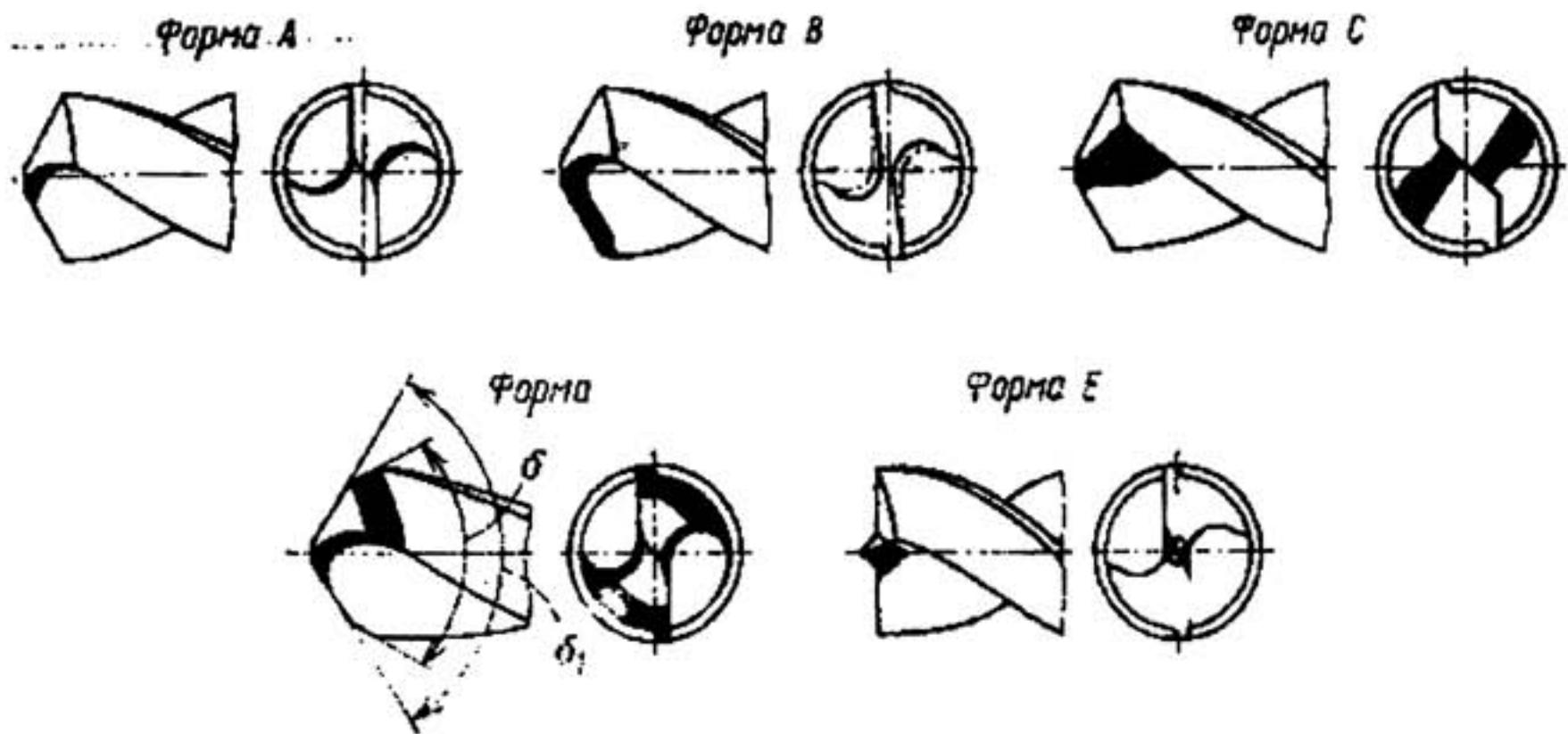


Сверло затачивают по боковой поверхности конуса. Причем задняя поверхность является частью боковой поверхности конуса (рис.3.7). Задний угол легко изменить при заточке, используя наладки. Переточка осуществляется на относительно простых (центровых) шлифовальных станках.

**Рис. 3.7.** Способы заточки инструмента по конусу:  
 а – периферией шлифовального круга; б – торцом шлифовального круга; *l* – ось наклона конуса



В результате изменения угла при вершине или длины перемычки с помощью корректировки главной режущей кромки получают специальные формы заточки (рис. 3.8), так что сверла, имеющие заточку по конусу, можно приспособить ко всем методам сверления и к любым материалам.



**Рис. 3.8.** Формы заточки сверла по задней поверхности

Подточкой (рис. 3.9, а) уменьшают длину перемычки. Вследствие этого значительно уменьшается необходимая сила подачи и увеличивается пространство для схода стружки вблизи перемычки.

Форма подточки должна соответствовать профилю канавки спирального сверла. Рекомендуемые параметры для подточки:

для сверл диаметром до 10 мм:  $l = 15d$ ,  $r = 0.3d$ ,  $b_1 = 0.5b$ ;

для сверл диаметром 10 - 30 мм:  $l = 0.100d$ ,  $r = 0.2d$ ,  $b_1 = 0.3b$ ;

для сверл диаметром св. 30 мм:  $l = 0.075d$ ,  $r = 0.3d$ ,  $b_1 = 0.25b$ ;

Чтобы получить форму стружки, наиболее благоприятную для некоторых производственных материалов, наряду с подточкой осуществляют дополнительную корректировку переднего угла инструмента (рис. 3.9, б). При малом угле и большом угле заострения сохраняется стойкость режущих кромок.

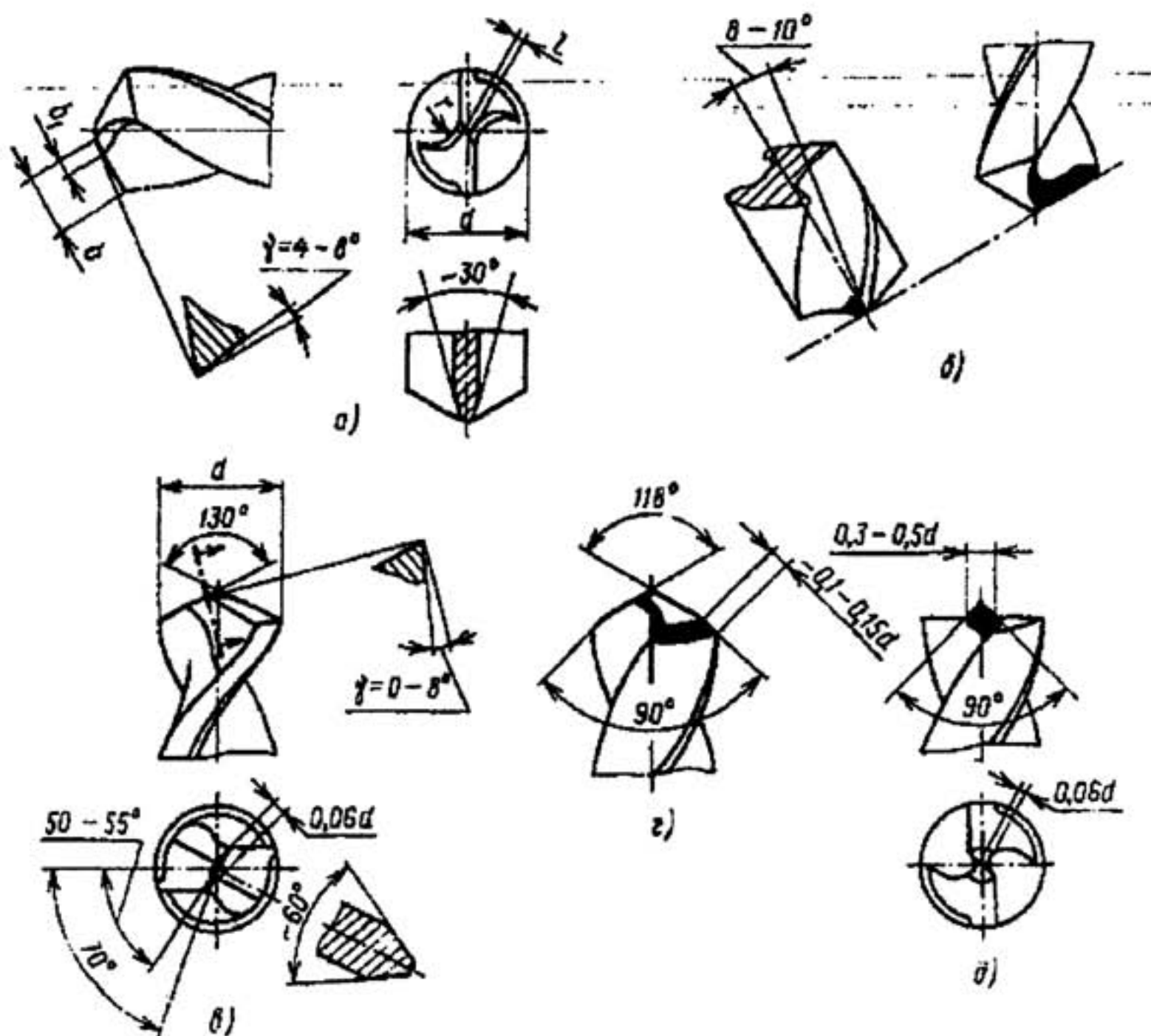


Рис. 3.9. Элементы специальных заточек:

*a* – подточка; *б*- подточка и корректировка нормального переднего угла; *в* – крестообразная подточка; *г* - подточка для обработки деталей из серого чугуна; *д* - форма заточки сверла для обработки листовых материалов

Перемычки можно уменьшить также с помощью крестообразной подточки (рис. 3.9, в). Эта форма подточки вершины сверла используется прежде всего для спиральных сверл с толстой сердцевиной, например, для спиральных сверл для глубокого сверления и позволяет



легко выполнить центрование при небольшом уходе сверла в результате уменьшенной подачи. Центровочные сверла благодаря хорошему центрирующему эффекту крестообразной подточки позволяют получить точно расположенные отверстия.

Заточка для обработки серого чугуна (рис. 3.9, г) состоит в комбинации подточки сердцевинки (рис. 3.9, а) с двойной заточкой по заборному конусу. Ломаная главная режущая кромка предохраняет вершину сверла при врезании в твердую литейную корку.

Спиральные сверла с заострением по центру (рис. 3.9, д) применяются для сверления тонких листовых материалов. Специальная форма режущей части (заострение вершины сверла под углом  $90^\circ$ ) обеспечивает точное центрирование без ухода, потом одновременно режут обе режущие кромки, а направляющие ленточки упираются в стенку отверстия. Таким образом, получается круглое отверстие без заусенцев.

Наряду с простой формой заточки по конусу хорошо зарекомендовали себя другие виды заточек спирального сверла. К ним относятся плоскостная заточка поверхности и винтовая заточка по линии.

Для сверл диаметром до 1 мм выполняют двухплоскостную заточку. Задние поверхности сверл большего диаметра затачивают по четырем плоскостям (рис. 3.10, а). Новая форма заточки поверхности (рис. 3.10, б).

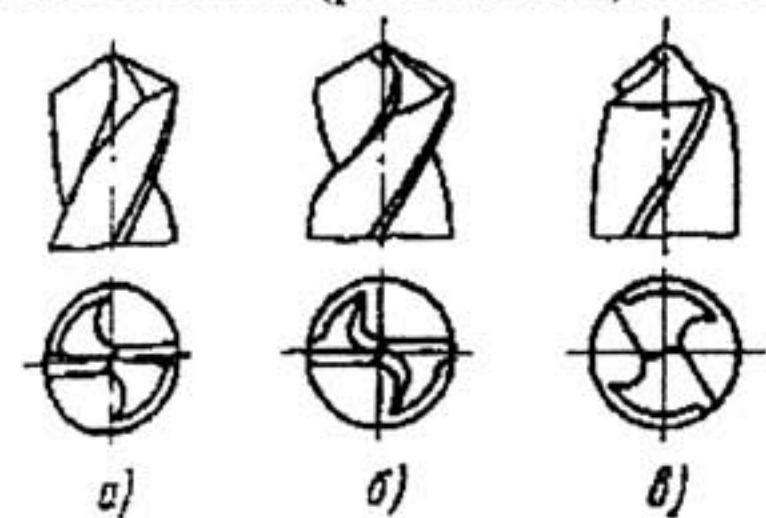


Рис. 3.10. Дополнительные специальные заточки спиральных сверл:

а – четырехплоскостная заточка; б – заточка системы Авиак (Авуас) в – винтовая заточка

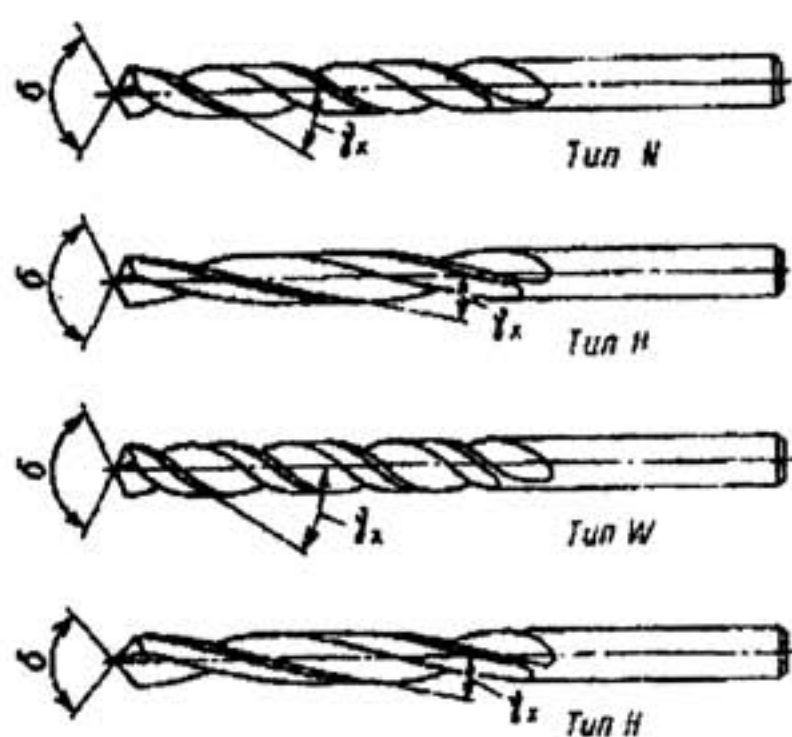


Рис.3.11. Исполнение спиральных сверл типа N, H, W и H для обработки пластмасс

так называемая трехфасочная заточка, представляет собой комбинацию заточки, показанной на рис. 3.10, а, с подточкой сердцевинки и имеет очень хорошие центрирующие свойства. С помощью заточки по винто-

вой поверхности (рис. 3.10, в) увеличивают задний угол вблизи перемычки. Это облегчает засверловку по центру, но затрудняет сверление при больших подачах. Чтобы улучшить режим резания, часто проводят дополнительную подточку перемычки.

Два последних способа подточки вершины сверла имеют тот недостаток, что для переточки необходимы специальные центровые шлифовальные станки. Шлифование сложно и занимает много времени, так что стоимость переточки выше стоимости заточки по конусу.

Стандартизованные типы спиральных сверл (рис. 3.11) отличаются в основном углами наклона винтовой канавки, углами при вершине, шириной пера и толщиной сердцевины.

Стандартизованные типы инструментов предназначены для обработки различных материалов:

тип *N* (боковой угол наклона винтовой канавки  $\gamma_x = 18 \div 30^\circ$ , угол при вершине  $\delta = 118^\circ$ ) – для мягких сталей и сталей средней твердости, стального литья и чугуна, ковкого чугуна, дающего сливную стружку никеля, дающей сливную стружку латуни и для общего использования;

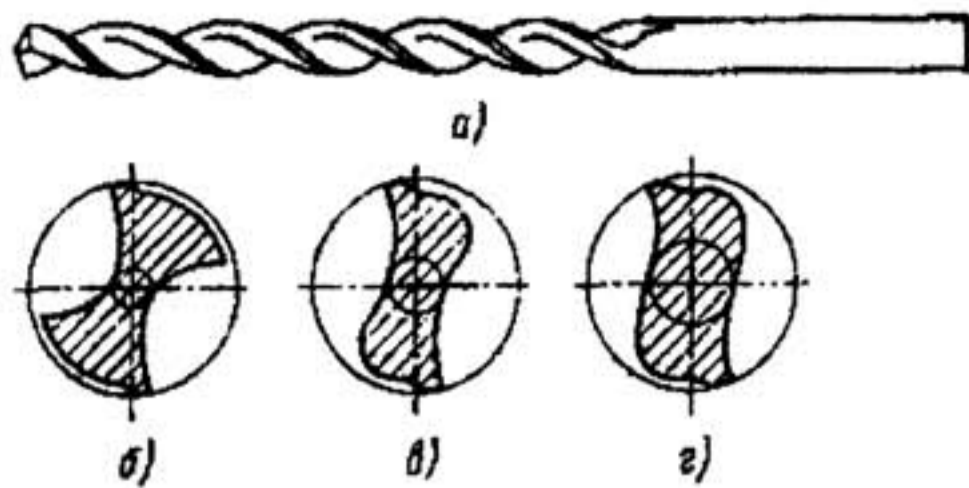
тип *H* ( $\gamma_x = 10 \div 15^\circ$ ,  $\delta = 130^\circ$ ) – для хрупких латуней и бронз, магния, аустенитных сталей;

тип *W* ( $\gamma_x = 35 \div 40^\circ$ ,  $\delta = 130^\circ$ ) – для алюминия, мягких алюминиевых сплавов, меди, фосфористой бронзы, мягких пластмасс;

тип *H* ( $\gamma_x = 10 \div 15^\circ$ ,  $\delta = 80 \div 90^\circ$ ) – для изоляционных материалов, бакелита, эбонита, синтетических смол, прессованных пластмасс.

Наряду со стандартизованными типами спиральных сверл в последние годы все более широко распространяются спиральные сверла с широкими открытыми канавками, называемые также сверлами с плоской канавкой. Эти спиральные сверла имеют больший диаметр сердцевины, чем сверло типа *N*. Поскольку с увеличением диаметра сердцевины сверла возрастает длина поперечной кромки у вершины и увеличивается сила подачи, необходимо уменьшить длину поперечной кромки с помощью подточек или крестообразной заточки. Широкие канавки дают намного большее пространство для схода стружки, что обеспечивает лучший отвод стружки и сток охлаждающей жидкости. На рис. 3.12 показаны профили сверл с плоской канавкой и сверла типа *N*.





**Рис. 3.12.** Сравнение профилей спиральных сверл с плоской канавкой с профилем сверла типа  $N$ :  $a$  – спиральное сверло с плоской канавкой;  $b$  – профиль сверла типа  $N$  (диаметр сердцевины сверла  $k_N = 1$ ; доли площади поперечного сечения сверла  $V_B = 43\%$  и пространство для стружки  $V_S = 57\%$ );  $b$  – профиль V70 ( $k/k_N = 1,3$ ,  $V_B = 35\%$ ,  $V_S = 65\%$ );  $г$  – профиль V63 ( $k/k_N = 2$ ,  $V_B = 52\%$ ,  $V_S = 48\%$ )

Спиральные сверла с плоской канавкой для обработки глубоких отверстий, в большинстве случаев имеют боковой угол наклона винтовой канавки ( $\gamma_x = 40^\circ$ ), что улучшает отвод стружки. Ленточки делаются очень узкими, чтобы предотвратить схватывание с материалом заготовки.

Если попадание охлаждающей жидкости на режущие кромки спирального сверла не гарантируется, применяют *спиральные сверла с внутренней подачей охлаждающей жидкости*. Это особенно важно при обработке глубоких отверстий и горизонтального сверления, а также в тех случаях, когда кондукторные втулки, кондукторы или сама стружка отклоняют струю охлаждающей жидкости.

Для того чтобы одним инструментом выполнить комбинированные сверлильные операции, такие, как сверление и снятие заусенцев, сверление и зенкерование или сверление отверстий двух или нескольких диаметров (рис. 3.13), применяют ступенчатые сверла. Комбинация этих рабочих ходов не только приводит к значительному сокращению рабочего времени, но и позволяет получить точно соосные ступенчатые отверстия, а при применении на многооперационных станках или в автоматических линиях может сократить число рабочих позиций.

Ступенчатые сверла получают, главным образом, из обычных спиральных сверл с обработкой передней части без изменения формы канавки. Применение ступенчатых сверл целесообразно при незначительной потребности в инструменте, так как в этом случае их изготовление из уже имеющихся спиральных сверл быстро и экономично. Однако при переточке ступенчатых сверл повреждаются ленточки у отверстий малого диаметра и поэтому инструмент может использоваться только до определенной длины канавки.

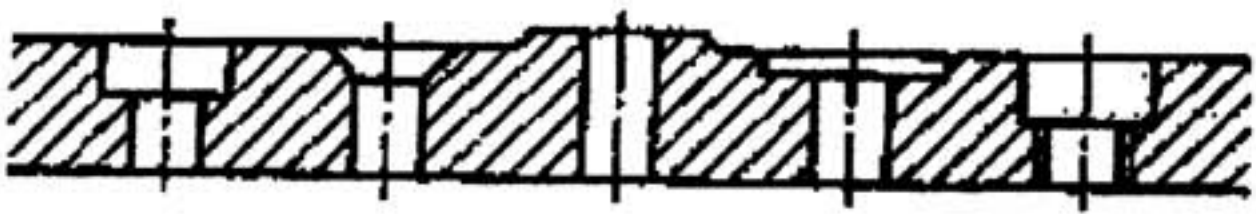


Рис. 3.13. Отверстия, обрабатываемые ступенчатыми сверлами

Особую форму спиральных сверл представляют собой *центровочные сверла*. Три наиболее часто встречающихся исполнения показаны на рис. 3.14. Для работы на фрезерно-центровальных станках выпускают центровочные сверла с поверхностью, заточенной на конус с обоих концов. Эти сверла позволяют одновременно выполнять зацентровку и подрезку торца одним инструментом с перетачиваемой (поворотной) режущей пластинкой.

Для обработки особо твердых сталей и отбеленного чугуна, а также для искусственных материалов, таких, как бакелит, гетинакс или текстолит, используют *твердосплавные сверла*, которые, однако, крайне хрупки. Одного толчка при центровании или при проходе сверла достаточно, чтобы повредить режущую кромку. Стандартизированные инструменты делаются более короткими для обеспечения большей жесткости. Размеры рабочего шпинделя должны быть большими, а шпиндель не должен иметь осевого и радиального биений. Кроме того, необходимо работать при малой механической подаче и закреплении, не дающем биения.



Рис. 3.14. Сверла для зацентровки под углом  $60^\circ$ :

*а* – форма *А* с прямой режущей кромкой; *б* – форма *В* с изогнутой режущей кромкой; *в* – форма *В* с двойной заточкой под углом  $60$  или  $120^\circ$

### Перовые сверла

Спиральные и менее распространенные перовые сверла (рис. 3.15) предназначены для обработки отверстий в сплошном материале. Двухлезвийные режущие пластинки из быстрорежущей стали или твердого



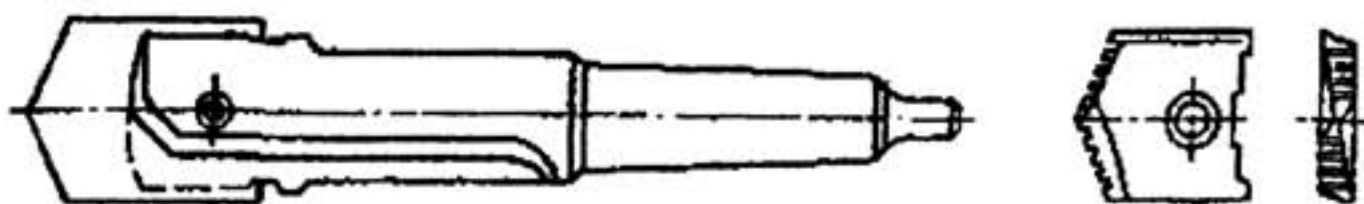


Рис. 3.15. Перовое сверло

сплава закрепляются в державках с механическим креплением и используются на карусельно-токарных станках в неподвижном состоянии или во вращении. Диаметр пластин составляет 25-128 мм, в особых случаях – 140 мм. С помощью сверхдлинных специальных державок можно получить глубокие отверстия; для этого используются державки с механическим креплением и внутренним подводом охлаждающей жидкости. Применяя соответственно заточенные специальные перовые сверла, можно получить профильно просверленные и профильно раззенкованные отверстия.

Инструменты для глубокого сверления в данном учебном пособии не рассматриваются.

## Зенкеры

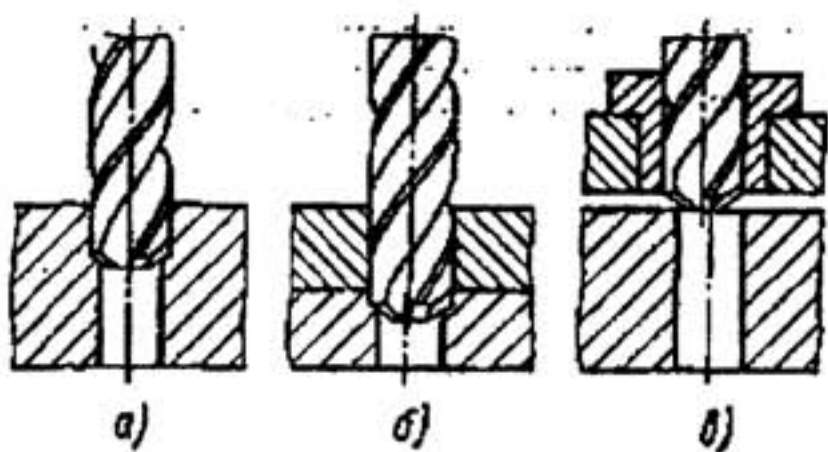


Рис. 3.16. Применение зенкеров:

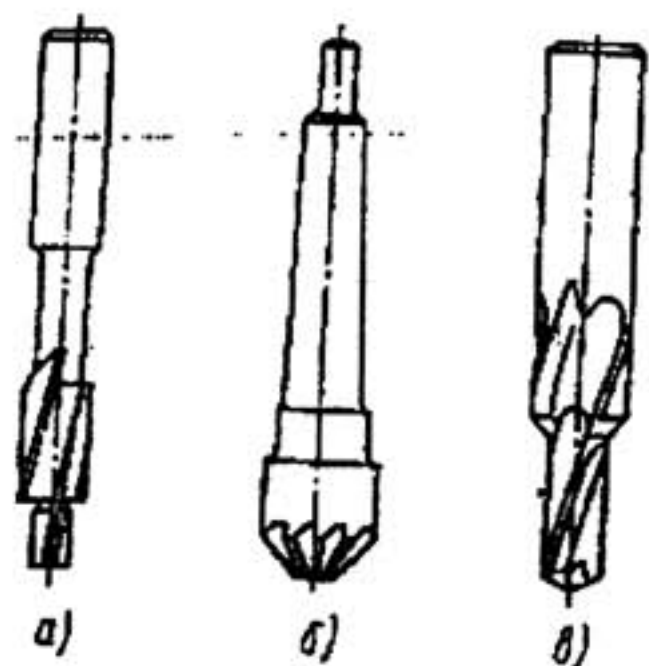
*а* – получение точных отверстий (достижимые квалитеты 10-12) с помощью сверла заниженного диаметра; *б* – рассверливание эксцентричных отверстий; *в* – рассверливание отверстий, полученных литьем

Для зенкерования предварительно просверленных заготовок или заготовок с пробитыми отверстиями и отверстиями, полученными при литье, двухлезвийные инструменты, например спиральные сверла, мало пригодны. Зенкеры, называемые ранее спиральными или трехканавочными зенкерами, являются в этом случае наиболее распространенными инструментами. На рис. 3.16 показаны наиболее частые области применения зенкеров.

## Инструменты для зенкования

В то время как при зенкерованиях увеличиваются уже имеющиеся отверстия, при зенковании речь идет о профильном углублении с по-

мощью вращающегося инструмента, причем подача осуществляется в направлении оси вращения. Зенкуют черновые отверстия. Инструменты с торцовыми режущими кромками, которые проходят до оси инструмента, например центровые или ступенчатые сверла, относятся к разряду сверлильных инструментов. Зенкерные инструменты можно разделить на цековки, конические зенковки и специальные зенкеры (рис. 3.17).



Для зенкования отверстий для винтов с цилиндрической и шестигранной головкой и для цекования гнезд для шайб, пружинящих колец или прокладок используют цековки с неподвижной или сменной направляющей цапфой.

Коническими зенковками с углами  $60^\circ$ ,  $90^\circ$  и  $120^\circ$  осуществляют раззенковку отверстий для винтов с потайной головкой и заклепок с потайной головкой. Кроме того, их используют для зачистки и снятия фасок. Бывшие до сих пор типичными многолезвийные конические зенковки все чаще заменяются трехлезвийными инструментами. Преимущество трехлезвийных инструментов заключается в наличии большого пространства для стружек в канавках и лучшей геометрии режущих кромок.

Рис. 3.17. Инструменты для зенкования:

а - цековка с направляющей цапфой; б - коническая зенковка; в - ступенчатый зенкер

При крупносерийном производстве часто возникает необходимость в использовании специальных инструментов, с помощью которых за одну рабочую операцию можно получить несколько ступеней отверстия с различными углами или радиусами зенкования. Если раззенковываются двух- или трехступенчатые отверстия, то инструмент представляет собой комбинированный ступенчатый зенкер. По сравнению со ступенчатыми сверлами комбинированный ступенчатый зенкер имеет для каждого диаметра собственную переднюю поверхность и отдельное пространство для стружки. Для зенкования сложных профилей используют так называемые профильные зенковки, у которых режущие кромки всех ступеней расположены последовательно в направлении оси и имеют общую переднюю поверхность.

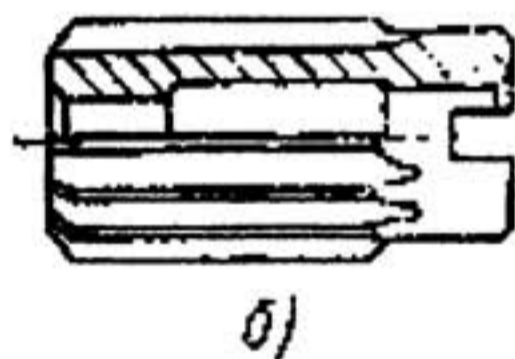
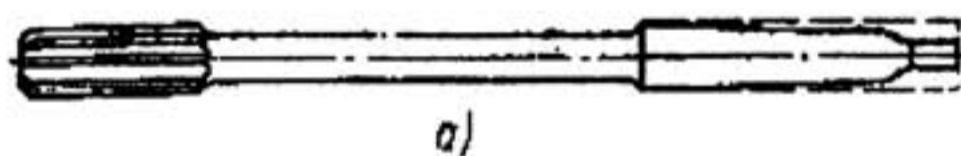


Твердосплавные зенковки применяют, главным образом, для обработки деталей из литейного чугуна, медных сплавов, сплавов легких металлов и синтетических материалов с абразивными включениями. При этом преимущественно используются твердые сплавы групп К10 и К20; при зенковании стали хорошо зарекомендовал себя также твердый сплав группы Р40.

### Инструменты для развертывания

С помощью развертывания получают отверстия высокой точности (обычно квалитет 7, реже – 6) и высокое качество поверхности. Отверстия, точные по форме и положению, можно получить в том случае, когда безупречно выполнено черновое сверление и рассверливание, достаточен припуск на развертывание и обеспечено хорошее смазывание.

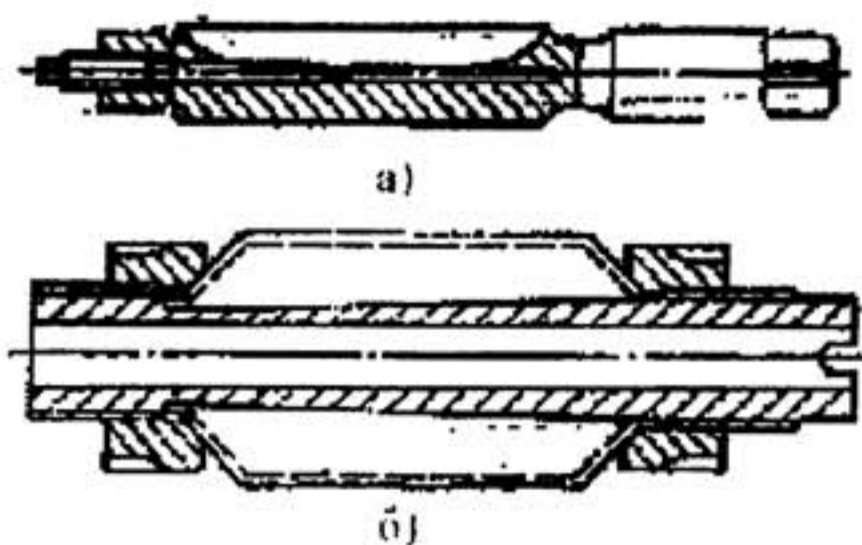
*Машинные развертки* вследствие жесткого крепления в шпинделе станка и хорошего центрирования имеют меньшую рабочую длину, чем ручные развертки, и короткую заборную часть (рис. 3.18). Они стандартизованы с конусом Морзе, с цилиндрическим хвостовиком и как насадные развертки. Несмотря на лучшее центрирование в шпинделе станка, развертки не могут исправить погрешность обработки



*Рис. 3.18.* Машинные развертки:  
*а* – с цилиндрическим хвостовиком или с хвостовиком с конусом Морзе; *б* – насадная развертка

чернового отверстия (например, смещение центра), так как заборный конус центрируется в черновом отверстии. Развертки с левой винтовой линией ( $\sim 7-8^\circ$ ) используют для обработки прерывистых конических отверстий с канавками или поперечными отверстиями, чтобы их перекрыть. Развертки применяют также для обработки гладких сквозных отверстий в материалах, дающих длинную сливную стружку, так как стружки отводят из отверстия в направлении подачи.

На рис. 3.19 показаны регулируемые развертки.



*Рис. 3.19. Регулируемые развертки: а – разжимная ручная развертка; б – регулируемая насадная развертка*

Преимущество регулируемости заключается в том, что развертку можно снова использовать при том же допуске на диаметр и после изнашивания. После регулирования инструмент с помощью круглого шлифования и заточки доводится до нужного размера.

*Развертки, армированные пластинками твердого сплава, применяют, преимущественно, для обработки литейного чугуна, причем можно добиться большей стойкости, чем у инструментов из быстрорежущей стали. Подачу на зуб следует выбирать так, чтобы получались мелкие стружки. Чем меньше припуск на развертывание, тем более точным по размеру будет отверстие, однако глубина резания должна быть не меньше 0,05 мм.*

### **Присоединительные элементы режущих инструментов**

Для получения высокоточных отверстий важно надежно и без зазора закрепить инструмент. Необходимо следить за тем, чтобы внутренний конус шпинделя был чистым и неповрежденным, а хвостовик инструмента – точным.

### **Сверлильный патрон**

В качестве приспособления для закрепления сверлильных инструментов с цилиндрическим хвостовиком используется в большинстве случаев самоцентрирующийся двухкулачковый или трехкулачковый сверлильный патрон, который закрепляется в шпинделе с помощью конического хвостовика. Для работы со сверлильными патронами, оснащенными цангами на каждый диаметр хвостовика необходима цанга, которая центрирует инструмент. Хвостовик инструмента зажимается с помощью накидной гайки.



*Быстросменные патроны* (рис. 3.20) предназначены для тех случаев, когда последовательно выполняются различные процессы обработки отверстий (например, сверление, зенкерование, нарезание резьбы метчиком). Быстросменный патрон закрепляется в шпинделе посредством внешнего конуса Морзе, а каждый инструмент закреплен в отдельной вставке и может вставляться в патрон или выниматься из него во время работы станка.

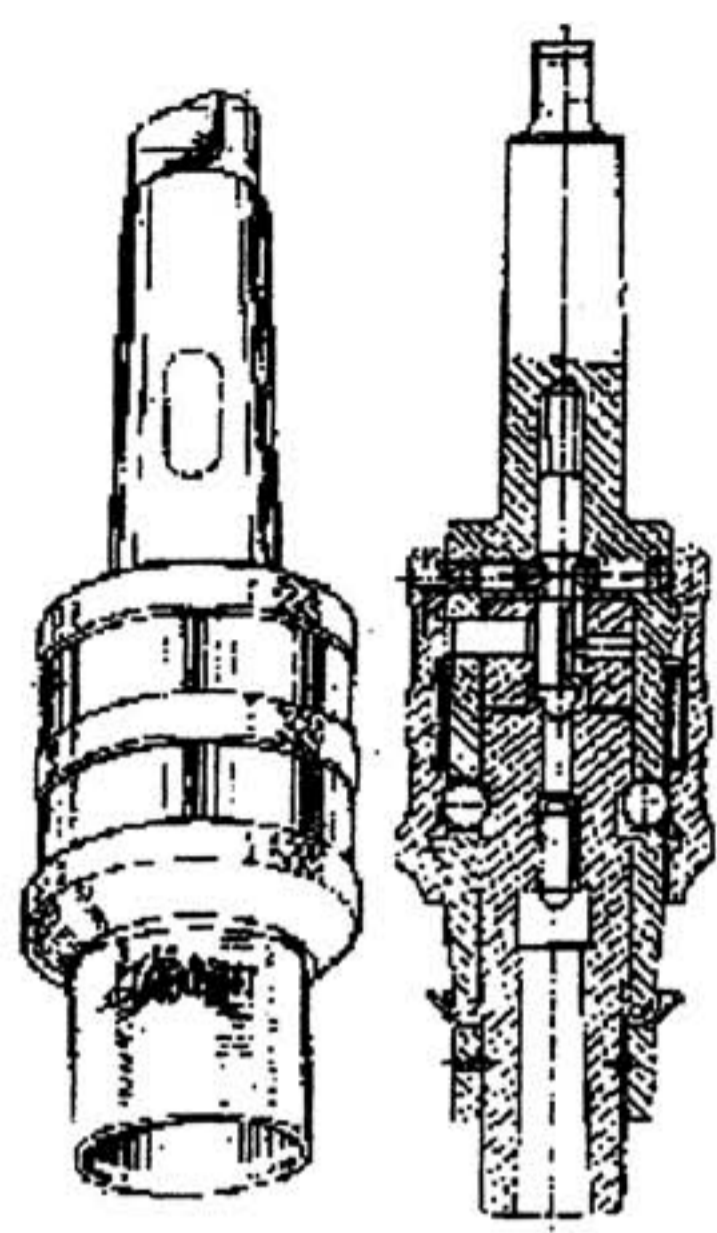


Рис. 3.20. Быстросменный патрон

*Плавающие патроны* (рис. 3.21) следует применять при развертывании прежде всего в том случае, когда обрабатываемое отверстие не соосно со шпинделем изделия. Обработка осуществляется равномерно точно по оси; кроме того, инструмент предохраняется от поломки. Существуют плавающие вставки для быстросменных патронов.

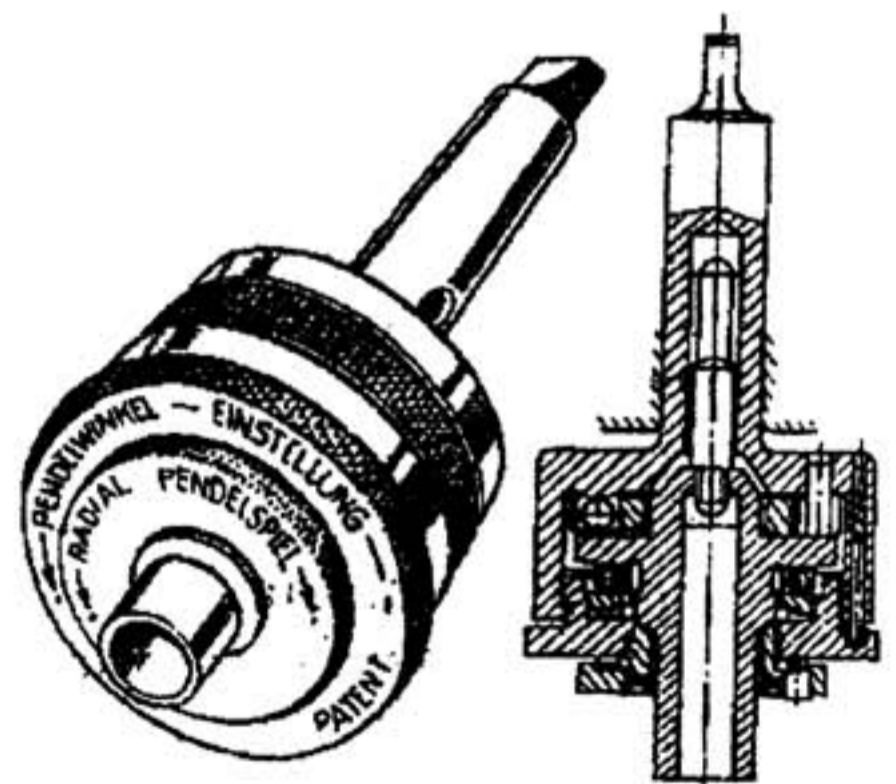


Рис. 3.21. Плавающий патрон

### Переходные зажимные втулки

Сверлильные инструменты с хвостовиком с конусом Морзе следует закреплять непосредственно во внутреннем конусе шпинделя станка.

Если конический хвостовик инструмента меньше внутреннего конуса шпинделя, то используются переходные втулки.

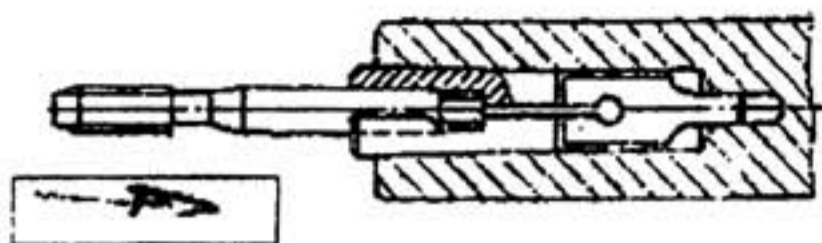


Рис. 3.22. Коническая зажимная втулка

Если инструменты с цилиндрическим хвостовиком закрепить в шпинделе станка без сверлильного патрона, то можно применить конические зажимные втулки (рис. 3.22) Тогда на цилиндрическом хвостовике необходимо поместить поводок или, когда речь идет о метчиках, квадрат.

### Лабораторная работа № 3

#### 1. Обработка на сверлильных станках.

Цель работы: изучить конструкции концевых инструментов для обработки отверстий и технологии их применения; приобретение навыков работы на сверлильных станках.

##### 1.1. Задание на выполнение лабораторной работы

Студент должен:

- изучить конструкции и условия работы сверл, зенковок, зенкеров и разверток, кинематику резания, схемы обработки отверстий;
- изучить и нарезание, устройство сверлильных станков;
- изучить и освоить способы заточек сверл, в том числе специальных заточек;
- ознакомиться с устройством соединительных приспособлений.

##### 1.2. Оборудование: вертикально-сверлильный станок мод. 2Н125.

##### 1.3. Содержание отчета.

###### 1.3.1. Наименование и цель работы.

###### 1.3.2. Классификация сверлильных работ, схемы.

###### 1.3.3. Классификация концевых инструментов.

###### 1.3.4. Геометрия сверла.

###### 1.3.5. Виды и методы заточки концевых инструментов.

###### 1.3.6. Виды сверлильных станков.

###### 1.3.7. Устройство вертикально-сверлильного станка.

##### 1.4. Контрольные вопросы:

1. Что такое сверление? Принцип действия сверла.

2. Виды обработки отверстий.



3. Типы и назначения сверлильных станков. Устройство.
4. Элементы геометрии концевых инструментов.
5. Формы заточек сверла. Способы.
6. Элементы режимов резания.
7. Роль и способы подачи СОЖ.
8. Особенности сверления глубоких отверстий.
9. Присоединительные элементы концевых инструментов, установочные патроны, переходные втулки.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Некрасов С. С. Обработка металлов резанием. – М.: Агропромиздат, 1997.
2. Некрасов С. С. и др. Практикум по технологии конструкционных материалов и материаловедению. – М.: Колос, 1993.- 256 с.
3. Инструменты для обработки цилиндрических отверстий. – Новосибирск : ООО МП «Институт конверсии», 2000. – 62 с.

## Тема 4. Разрезание материалов пилами

### 4.1. Способы разрезания пилами

В зависимости от вида инструмента и движения, осуществляемого им, различают четыре способа разрезания пилами: ножовкой, ленточной, дисковой и цепной пилами. В зависимости от формы получаемых поверхностей различают еще три способа разрезания пилами: разрезание с целью получения плоских поверхностей со следующими разновидностями: отрезание пилой, разрезание пилой послойное, прорезание пазов пилой (рис.4.1, а-в); вырезание круговых (цилиндрических) деталей, выполняемое ножовочным или ленточным полотном, либо торцовой круговой пилой (рис. 4.1, г, д), причем вырезание торцовой круговой пилой с кинематической точки зрения аналогично обработке буром-коронкой; разрезание (вырезание) деталей любой формы, реализуемое изменением движений подачи способами копирования или средствами числового программного управления (рис.4.1, е).

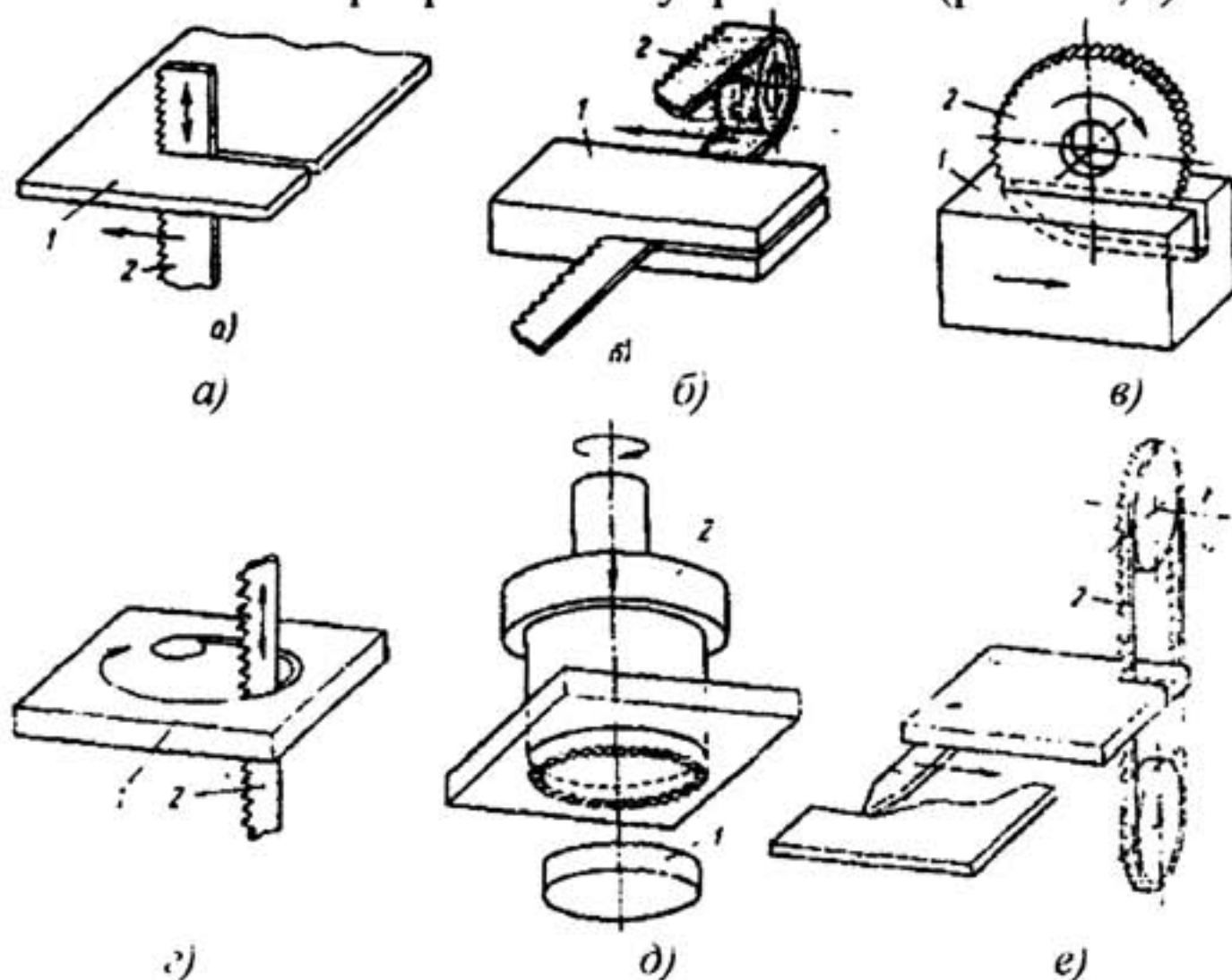


Рис.4.1. Способы разрезания пилами:

а- отрезание при возвратно-поступательном движении пилы; б- продольное разрезание ленточной пилой; в - прорезание паза дисковой пилой;  
г-вырезание круга пилой с возвратно-поступательным движением;  
д - то же торцовой корончатой пилой; е - разрезание (вырезание) по копиру; 1 --- заготовка; 2 — инструмент; 3 - управляющее устройство



Элементы ленточной ножовочной пилы представлены на рис 4.2 , а кинематика принципа резания пилами - на рис .4.3.

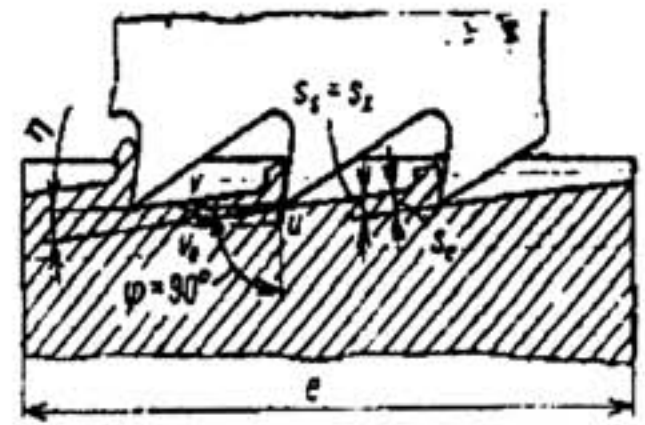
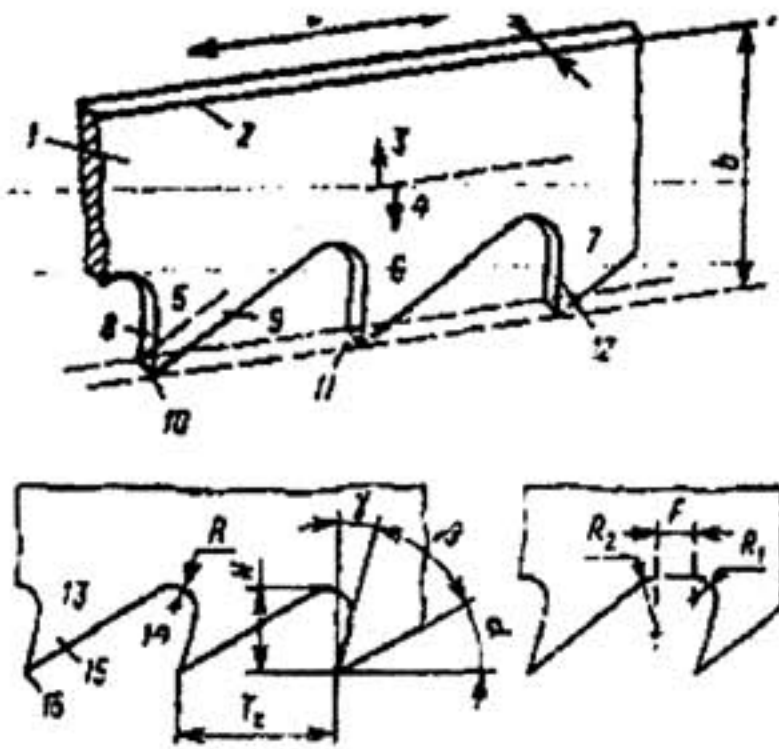


Рис.4.3.

Кинематика процесса  
резания пилами

Рис. 4.2. Элементы ленточной ножовочной пилы:  
1— боковая поверхность; 2 — верхний край;  
3 — спинка (основа) и 4 — режущая часть ленты;  
5, 6, 7 — первый, второй, третий зубья;  
8 и 9 — передняя и задняя поверхности;  
10 — вершина режущей кромки;  
11, 12 — главная и боковая режущие кромки;  
13 — основание; 14 — впадина;  
15, 16 — головка и вершина зуба;  
 $v$  — ширина,  $d$  — толщина и  
 $L$  — длина ленты

#### 4.2. Обрабатываемые материалы

Разрезание пилами применяется для обработки весьма разнообразных обычных технических материалов, таких, как легкие и черные металлы (например, прессованные алюминиевые профили или медные трубы нелегированные, легированные и высоколегированные стали, дерево, искусственные материалы (пластмассы), текстиль и кожа в пакетах, природные и искусственные (например, клинкерный кирпич) камни и стекло. Для уменьшения износа зубьев, точнее, их режущих кромок, должны применяться смазочно-охлаждающие жидкости, состав кото-

### 4.3. Станки для разрезания пилами

#### 4.3.1. Ножовочные станки (рис.4.4)

Эти станки с возвратно-поступательным движением инструмента характеризуются тем, что ножовочное полотно закрепляется в пильной раме, которая перемещается в горизонтальном, вертикальном или наклонном направлении по прямолинейной траектории. Рама приводится в движение эксцентриком или кривошипом, выполняющим тяговое или толкающее воздействие по пространственной траектории или по дуге окружности. Привод в таких станках осуществляется чаще всего электродвигателем с переключением полюсов. В зависимости от размеров станка мощность двигателя может составлять 1,5—6 кВт. Частота вращения ротора редуцируется примерно в отношении 1:4 посредством плоскоременной передачи. Вращательное движение от кривошипного механизма преобразуется в возвратно-поступательное по прямолинейным направляющим балки или пильной рамы с ножовочным полотном. Число ходов в минуту устанавливают в пределах 20—25. В зависимости от устанавливаемой длины хода получают соответствующие скорости резания.

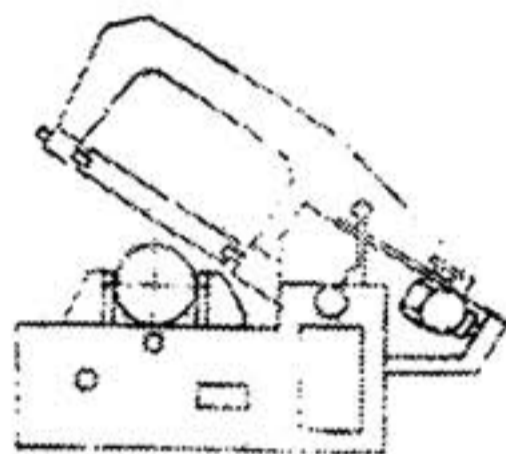


Рис.4.4. Ножовочный станок с наклонным возвратно-поступательным движением полотна

Движение подачи пильной рамы на большинстве станков осуществляется качанием рамы вокруг цапфы. Требуемое усилие подачи устанавливают с помощью жестко закрепляемого (или переустанавливаемого) груза или гидроцилиндра. В станках с поступательным рабочим движением в вертикальной плоскости на ножовочное полотно вручную или гидравлически должна подаваться заготовка. На период возвратного движения в целях предохранения зубьев полотна от поломок пильная рама отводится от заготовки механической или гидравлической системой управления. В качестве инструмента в разрезных станках с возвратно-поступательным движением пилы применяют сменные



ножовочные полотна длиной 300—600 мм. Пилы чаще всего, имеют фрезерованные островершинные зубья с положительным, отрицательным или нулевым передним углом. Развод, обеспечивающий свободное резание, выполняют приданием волнообразной формы участкам ножовочного полотна или оттибанием отдельных зубьев по схеме направо—прямо—налево или направо—налево.

Ножовочные полотна изготавливают из инструментальной стали реже из быстрорежущей. Благодаря высокой производительности во всевозрастающих размерах применяют соединяемые электронно—лучевой сваркой биметаллические ножовочные полотна, состоящие из несущей ленты и зубьев из быстрорежущей стали. Перетачивают обычно только биметаллические ножовочные полотна.

#### 4.3.2. Ленточно-разрезные станки

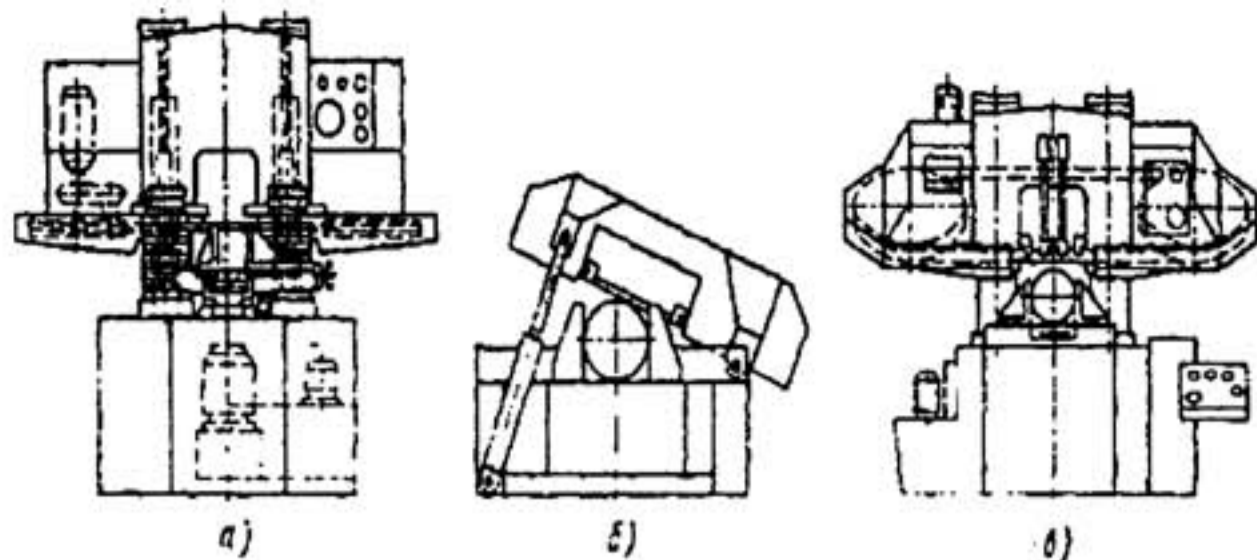
В промышленности применяются главным образом станки для обработки узкими ленточными пилами с вертикальной траекторией движения; при этом обрабатываемый контур реализуется ручным перемещением (рис.4.5,а) или посредством управляемого копировальной системой перемещения - контурное резание на станке с ЧПУ (рис. 4.5,в).

На складах полуфабрикатов обычно применяются ленточно-разрезные станки горизонтальной компоновки с продольным разворотом ленты или без него и с поступательным (рис.4.6,а) или качательным (рис.4.6,в) движением подачи.



Рис. 4.5. Станок с вертикальным движением ленточной пилы:

а - с ручным управлением; б - с ЧПУ



**Рис. 4.6.** Станок с горизонтальным движением ленточной пилы:

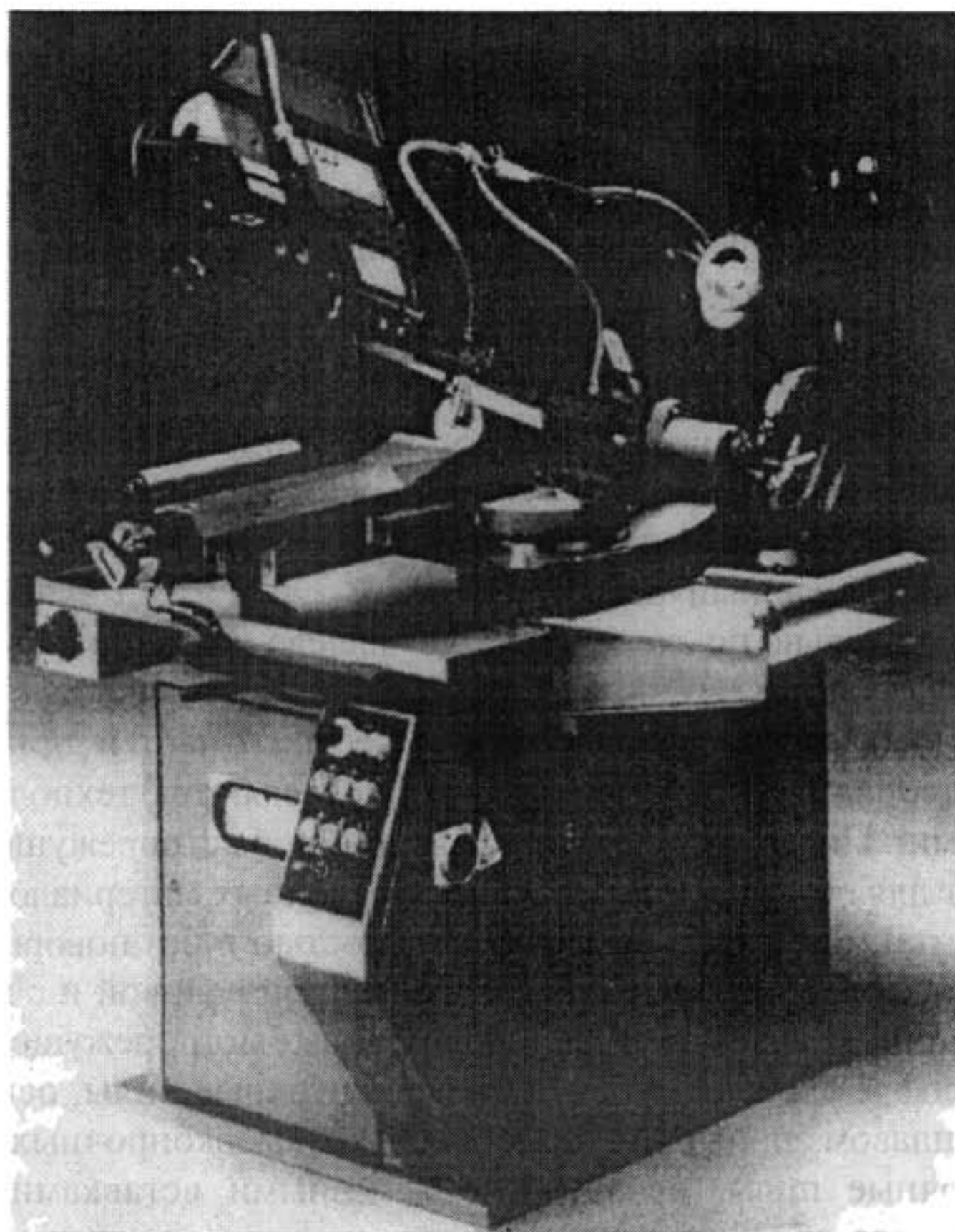
*а* - с движением подачи, осуществляемым опусканием лентопротяжного узла; *б* - с качательным движением лентопротяжного узла; *в* — крупный горизонтальный ленточно-разрезной станок с движением подачи, осуществляемым опусканием лентопротяжного узла

На рис. 4.7 показан ленточнопильный станок - один из 25 моделей, выпускаемых итальянской фирмой " FMB srl " и распространяемых в России фирмой " Росмарк - Сталь " (г. С-Петербург). Имея основу полотна из пружинной стали и зуб из быстрорежущей стали, ленточные пилы способны резать металлы с твердостью до 45 HRC. Кратковременность работы каждого зуба в процессе пиления, нормальное охлаждение и смазывание определяют относительно длительный срок службы пилы. Так, для прутка  $\varnothing 60$  мм из углеродистой стали средняя стойкость пилы размером  $2700 \times 27 \times 0,9$  из стали M42 (аналог P2M5K8) составляет почти  $5 \text{ м}^2$ , что примерно равно 1760 резам. Зубья пилы с твердостью 68-69 HRC обладают высокой износо- и красностойкостью, что позволяет работать со сравнительно большими скоростями резания. Для углеродистых сталей рекомендуемый диапазон скоростей пилы - 80-100 м/мин, такие скорости обеспечивают производительность 50-75  $\text{см}^2/\text{мин}$  для прутка  $\varnothing 100$  мм, а для прутка  $\varnothing 200$  мм она примерно в полтора раза выше. Поэтому ленточнопильные станки оказываются вне конкуренции при массовой распиловке проката больших диаметров. Применение штабельной резки для малых и средних диаметров сокращает время резания в среднем на 30-35%. Для ленточнопильных станков практически нет ограничения по форме профильного проката, т.е. они успешно пилят как сплошной прокат, так и тонкостенный коробчатый.

Вторым достоинством ленточнопильных технологий, приведшим к



их массовому применению, кроме высокой производительности является относительно низкая стоимость резки. В основном эта стоимость складывается из затрат на инструмент, на электроэнергию, на заработную плату рабочих. Простота конструкции, быстрая переналадка и легкая настройка не требуют очень высокой квалификации обслуживающего персонала. А высокая производительность минимизирует трудозатраты. Например, заготовка  $\varnothing 400$  мм из стали 40Х была разрезана в восемь раз быстрее, чем сегментной пилой.



*Рис 4.7.* Ленточнопильный станок FMB.

Ленточнопильные станки выгодно отличаются от другого отрезного оборудования низкими энергозатратами. Так, мощность станков фир-

мы FMB (Италия) для заготовок до 500 мм - 3,75 кВт. В пересчете на один рез ленточнопильные станки потребляют в 4 - 6 раз меньше электроэнергии, чем при отрезке абразивом или пилами Геллера. Такое низкое энергопотребление обуславливается небольшими усилиями резания, т.к. ширина полотна составляет всего 0,9-1,3 мм. Размер полотна существенно влияет и на экономию металла. На заготовках большого диаметра, которые в России традиционно режутся сегментными пилами, расход металла в стружку уменьшается в 5 - 7 раз при переходе на ленточное пиление. Экономический эффект особенно заметен при распиловке заготовок из нержавеющей стали и цветных металлов. Кроме того, небольшой допуск на длину заготовки в пределах 0,1-0,5 мм и шероховатость поверхности торца около Rz 80, в ряде случаев позволяют снизить припуск или исключить операцию торцевания. Это влияет на металло- и энергосбережение, трудозатраты. Таким образом, все вышеперечисленные факторы и повлияли на массовое применение в промышленно развитых странах ленточнопильных станков.

В качестве инструмента применяют сварные бесконечные ленты длиной 3500—6000 мм. Толщина ленты 0,4—1,2 мм, а ширина 4—52 мм. Узкие ленты обычно используют при копировальном вырезании деталей, а широкие — при разрезании блоков. В одной секции ленточной пилы расположено четыре-восемь зубьев. Обычной формой зуба является фрезерованный островершинный зуб. Развод зубьев выполняют исключительно по схеме направо—налево или направо—прямо—налево.

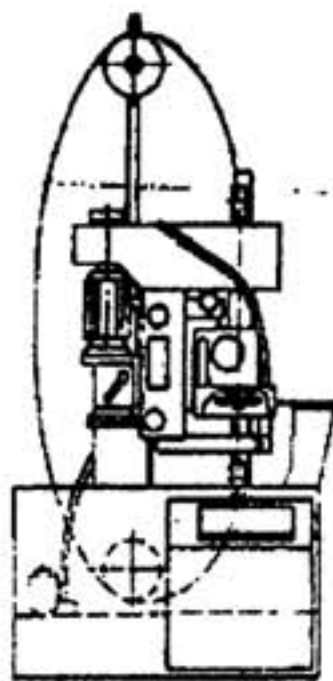
В ленточных пилах для режущей и несущей частей применяются разные материалы. Конкретные марки определяются технологическими задачами. Пилы из инструментальной и быстрорежущей сталей применяют для обработки дерева и искусственных материалов, а также для обработки металлов с невысокой точностью и без поворота ленты. Биметаллические ленточные пилы с эластичной основой и с приваренной электронным лучом режущей полосой из быстрорежущей стали, в которой профрезерованы зубья, а также ленточные пилы, оснащенные твердым сплавом, пригодны для обработки высокопрочных материалов. Ленточные пилы, оснащенные алмазными вставками, находят применение для обработки природных и искусственных камней, причем алмазные вставки напаивают на предварительно обработанную ленту-основу.

Стойкость высокопроизводительных ленточных пил чаще в меньшей степени зависит от износа зубьев и гораздо сильнее лимитируется на-



дежностью соединения режущего материала с материалом основы. Кроме того, стойкость бесконечных ленточных пил, работающих с поворотом зависит от усталостной прочности сварного соединения на изгиб.

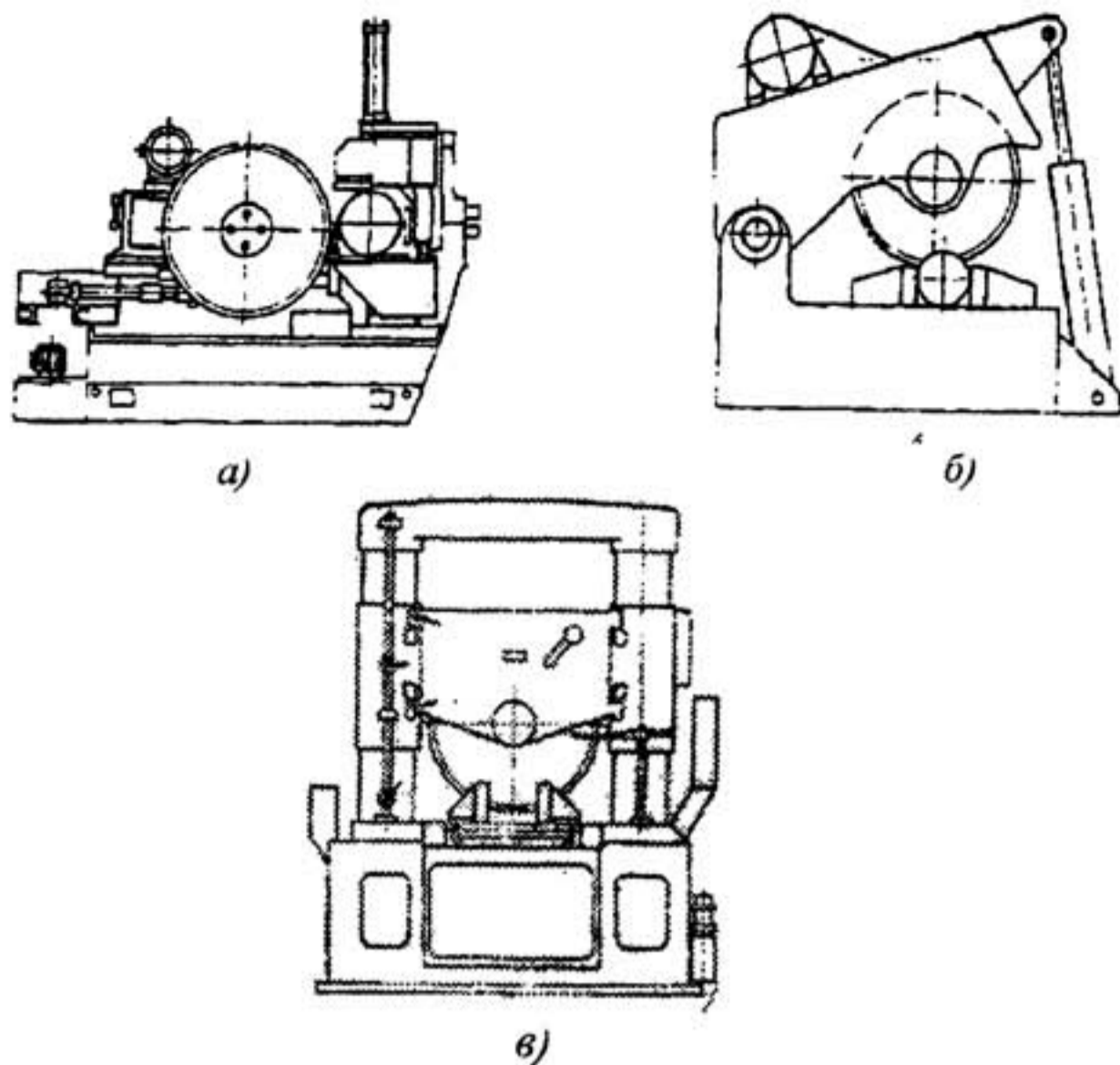
Для затачивания биметаллических ленточных пил обычно применяют шлифовальные станки вертикальной компоновки, экономящие производственные площади (рис 4.8).



*Рис.4.8.* Станок для затачивания ленточных пил

### ***4.3.3 . Станки для холодного разрезания дисковыми пилами (рис .4.9 )***

Эти станки обычно имеют горизонтально расположенный шпиндель, на котором установлена дисковая пила. В них привод осуществляется асинхронным двигателем переменного тока мощностью 2,5–12,5 кВт. Между двигателем и шпинделем расположены нерегулируемая гибкая передача с демпфирующим многоручьевым клиновым ремнём и многоступенчатая передача с передвигными зубчатыми колёсами. Эти станки обычно имеют горизонтально расположенный шпиндель, на котором установлена дисковая пила. В них привод осуществляется асинхронным двигателем переменного тока мощностью 2,5–12,5 кВт. Между двигателем и шпинделем расположены нерегулируемая гибкая передача с демпфирующим многоручьевым клиновым ремнём и многоступенчатая передача с передвигными зубчатыми колёсами.



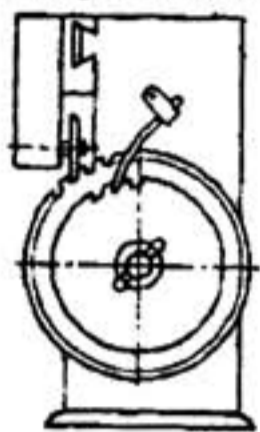
**Рис. 4.9.** Станки для холодного разрезания металла дисковыми пилами с горизонтальным (а), качательным (б) и вертикальным (в) движениями подачи.

Последующая ступень передачи главного движения выполнена с использованием червячной или гипоидной передачи с предварительным регулированием. Этот привод позволяет устанавливать скорость резания 6—34 м/мин. Для разрезания меди, латуни и алюминия обычно применяют приводы, обеспечивающие скорость резания 200, 400 или 1500 м/мин и обладающие соответственно нарастающей приводной мощностью. Подача может быть реализована по прямолинейной траектории в горизонтальной или вертикальной плоскостях вниз или вверх, а также по дуговой траектории качательным движением вокруг цапфы или как круговая подача для поворачиваемой заготовки.

Постоянное усилие подачи 10—60 кН обеспечивается гидросистемой. Имеющая место при этом различная скорость подачи приводит, однако, к неодинаковой нагрузке зубьев пилы, поэтому в новых разрезных станках с дисковыми пилами, приводы подач выполняют механическими с шариковым ходовым винтом и электродвигателем, обеспечивающими постоянные скорости подач. В станках для холодного разрезания дисковыми пилами для качательной подачи предусмотрен гидроцилиндр, поддерживающий качающуюся раму. Дисковые пилы для холодного разрезания выпускают диаметром 15—200 мм при ши-



рине реза 0,5—10 мм. В одной секции располагаются два—восемь зубьев. Пилы небольших размеров изготавливают цельными из инструментальной или высокопроизводительной быстрорежущей стали. Дисковые пилы больших размеров оснащают сегментами с быстрорежущими или твердосплавными зубьями. Твердосплавные зубья напаивают или крепят механически. Дисковые пилы затачивают на специальных заточных станках (рис. 4.10) шлифованием по передней и задним поверхностям, обеспечивая точную геометрию режущего клина.



*Рис. 4.10* Станок для затачивания дисковых пил.

## Лабораторная работа №4

### 1. Разрезание материалов пилами.

Цель работы: изучить способы, кинематику разрезания материалов пилами и устройство современных ножовочных, ленточно-пильных станков.

#### 1.1. Задание на выполнение лабораторной работы.

Студент должен:

- ознакомиться с четырьмя способами разрезания пилами (по видам инструмента), тремя способами (по форме получаемых поверхностей);
- изучить элементы ленточной ножовочной пилы и кинематику процесса резания пилами;
- ознакомиться с видами станков для разрезания пилами;
- изучить устройство и принцип действия ножовочного и ленточно-пильного станка;
- освоить работу на разрезных станках;
- изучить материалы для ленточных пил;
- освоить заточку ленточных пил и ножовочных полотен, дисковых пил.

1.2. Оборудование: ножовочный станок мод.8А726 и ленточно-пильный станок мод.8Б531, фрезерно-отрезной станок мод.8Б66.

### 1.3. Содержание отчёта:

1.3.1. Наименование и цель работы.

1.3.2. Способы разрезания материалов, инструменты, схемы.

1.3.3. Элементы инструментов и кинематика резания.

1.3.4. Станки для разрезания. Устройство лабораторных станков.

1.3.5. Особенности резания на ленточнопильных станках и преимущества.

1.3.6. Схемы и правила заточки пил.

### 1.4. Контрольные вопросы:

1. Способы разрезания пилами.

2. Элементы ленточной ножовочной пилы.

3. Кинематика процесса резания пилами.

4. Область применения разрезания пилами.

5. Станки для разрезания пилами.

6. Достоинства ленточно-пильных технологий.

7. Схемы заточки пил.

### 1.5. Литература.

Некрасов С.С. Обработка металлов резанием.-М.:Агропромиздат 1997.

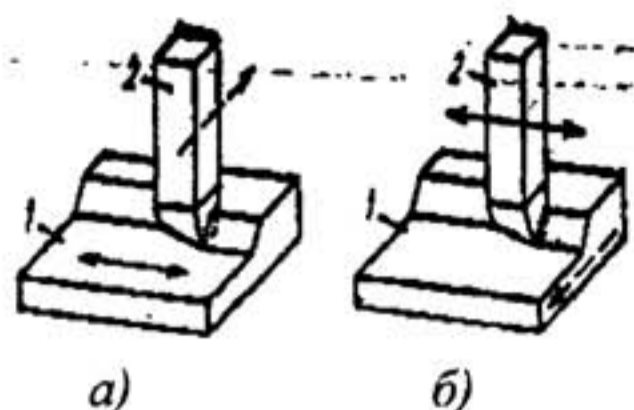
## Тема 5. Строгание и долбление

При строгании и долблении рабочий цикл состоит из рабочего и обратного ходов, после чего совершается движение подачи, обычно направленное перпендикулярно к главному движению резания. В зависимости от направления движения подачи, которое при строгании может быть горизонтальным, вертикальным или наклонным, можно обрабатывать плоскости в соответствующем положении (рис.5.2,а). Таким же образом можно обрабатывать пазы и канавки различного профиля (рис.5.2,в).

Общим признаком строгания и долбления является резание однолезвийным инструментом, находящимся в периодическом контакте с обрабатываемым материалом. Различие состоит в том, что при строгании на продольно-строгальном станке (при продольном строгании) обрабатываемая деталь обычно совершает прямолинейное возвратно-поступательное главное движение резания, а инструмент — периодическое движение подачи (рис.5.1,а), в то время как при долблении, а также при обработке на поперечно-строгальных станках (поперечное строгание) главное движение резания совершает инструмент, а движе-

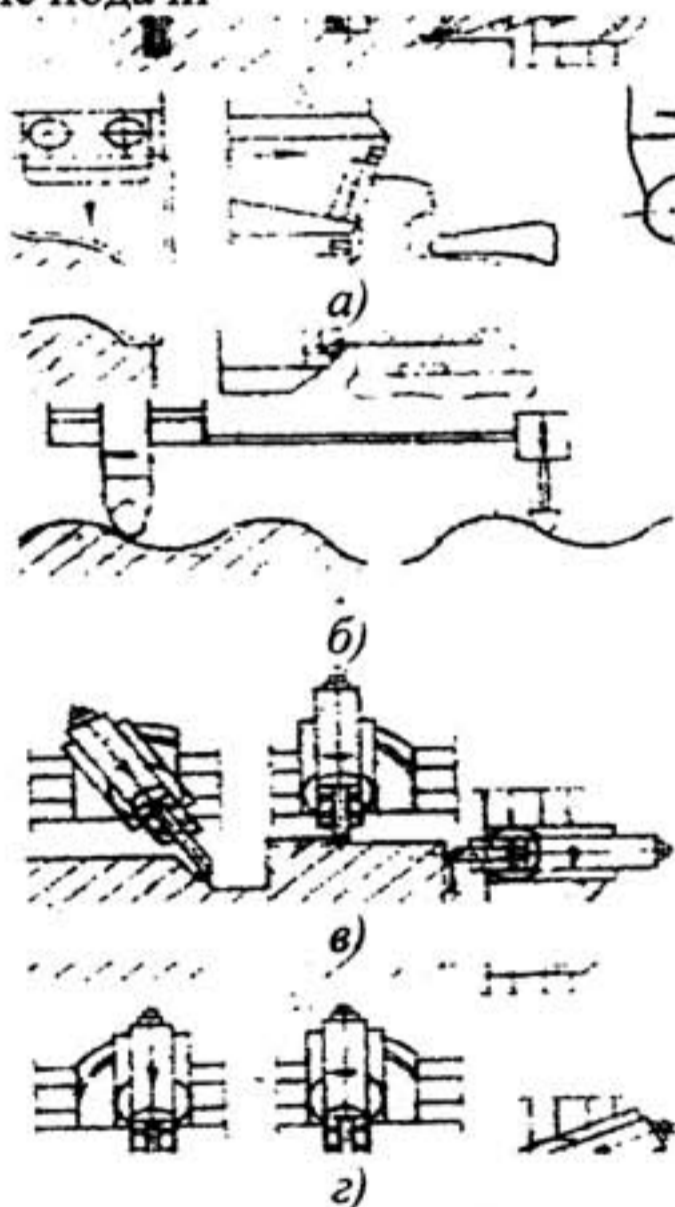


ние подачи — обрабатываемая деталь (рис. 5.1, б).



**Рис. 5.1.** Основные движения:

*a* - при продольном строгании; *б* — при долблении и поперечном строгании; 1 - обрабатываемая деталь; 2 — резец; — — — — — главное движение резания; - — — — — → движение подачи



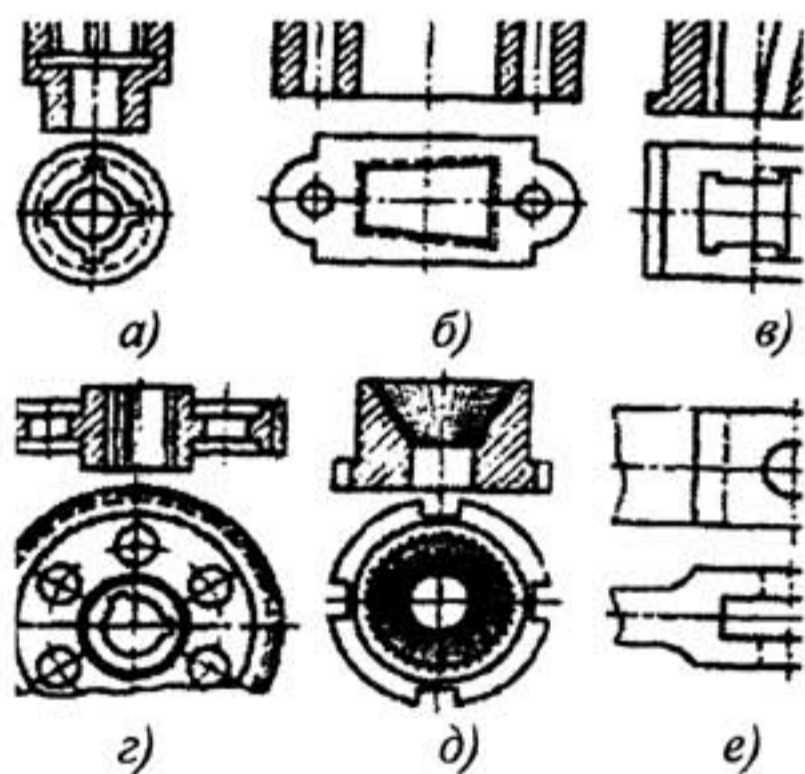
**Рис. 5.2.** Обработка на строгальных и долбежных станках:

*a* — наклонных, горизонтальных и вертикальных плоскостей; *б* — пазов и канавок; *в* - профильное строгание и долбление; *г* — копировальное строгание и долбление

Применяя строгальные или долбежные резцы, форма которых соответствует профилю детали, можно получать также неплоские поверхности, например, выпуклые и вогнутые скругления, скосы и т. п. (рис.5.2, в). С помощью копировальных устройств, применяемых для строгальных станков, возможна обработка любых профилей постоян-

ной длины (рис.5.2, г). Кроме того, возможно применение управляющих устройств, изменяющих положение резца по высоте во время рабочего хода, в результате чего обрабатываются вогнутые или выпуклые поверхности. Таким образом, например, на строгальных станках обрабатывают направляющие токарных станков с заранее установленной выпуклостью или вогнутостью.

В отличие от продольно- и поперечно-строгальных операций при долблении главное движение резания осуществляется в вертикальном или отличающемся от вертикального направлении, определяемом наклоном ползуна. В результате долблением обрабатывают преимущественно внутренние поверхности и лишь те наружные, обработка которых фрезерованием или точением затруднительна или совсем невозможна, а применение протягивания неэкономично из-за больших затрат на инструмент, приспособления и т.п. Примеры некоторых типовых деталей, полученных методом долбления, представлены на рис.5.3.

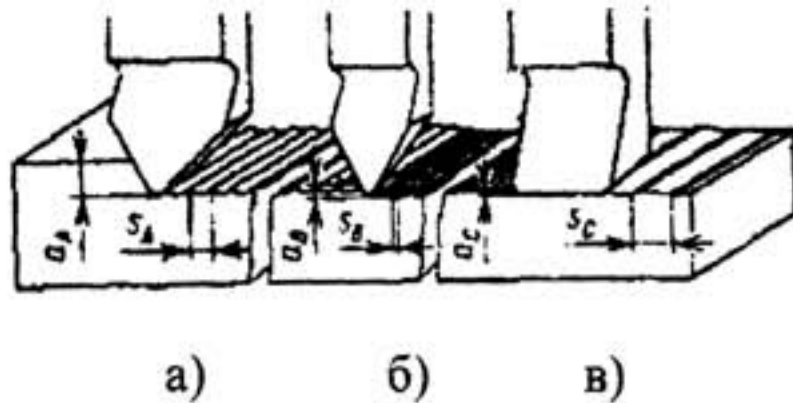


**Рис.5.3.** Детали, полученные долблением:

*а* - соединительная муфта; *б* - фасонная рама, *в* - деталь с внутренними направляющими; *г* - зубчатое колесо со шпоночными пазами; *д* - зубчатый конус дробильной машины; *е* — вилка на конце штанги

Для всех поверхностей, обработанных строганием и долблением, типичны параллельные линейчатые микронеровности, определяемые формой резца, глубиной резания и подачей (рис.5.4, а и б).





*Рис. 5.4.* Поверхность, образуемая при строгании и долблении:

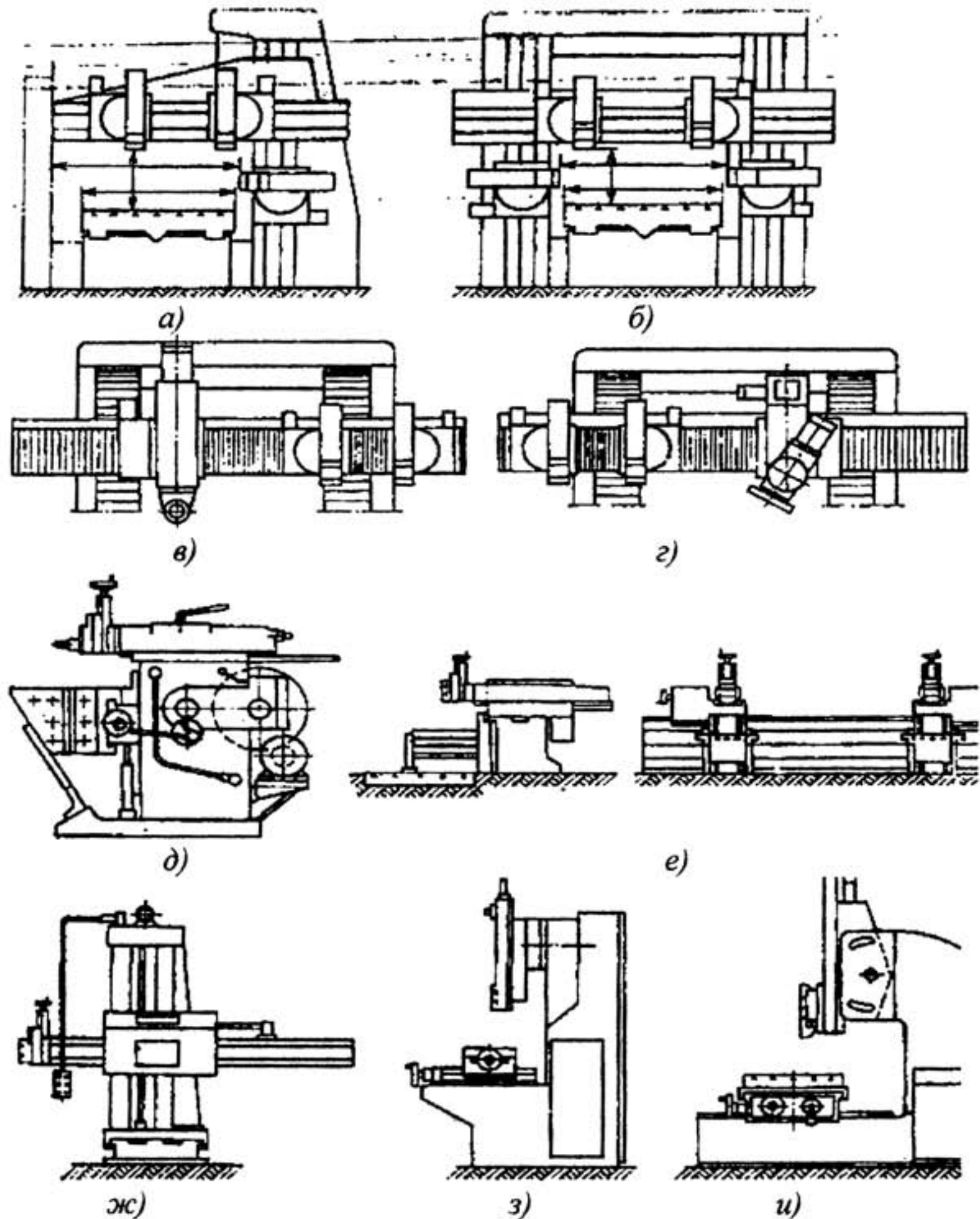
*a* — при больших глубине резания  $a_A$  и подаче  $s_A$  (черновая обработка); *б* — при малых глубине резания  $a_B$  и подаче  $s_B$  (чистовая обработка); *в* — при особо малой глубине  $a_C$ , но большой подаче  $s_C$  (чистовая обработка широким резцом)

При строгании или долблении широким резцом, режущая кромка которого параллельна обрабатываемой поверхности и в 2—3 раза шире подачи, достигается малая шероховатость поверхности, в особенности при обработке материалов, дающих короткую стружку (поэлементную стружку скалывания), например чугуна, — среднее арифметическое отклонение профиля  $Ra = 2—4$  мкм.

### *Строгальные и долбежные станки*

Наиболее часто применяемые типы строгальных и долбежных станков представлены на рис. 5.5. Одностоечные продольно-строгальные станки (рис. 5.5, а) имеют открытую с одной стороны станину с перемещаемой по высоте траверсой, под которую при необходимости подводят вспомогательную опору. С открытой стороны на станине укрепляют опорные ролики и с их помощью подпирают крупные детали, свисающие со стола. Строгальные суппорты расположены преимущественно на траверсе, иногда также на стойке. Такие станки применяют в тяжелом машиностроении для обработки крупногабаритных заготовок, не помещающихся в закрытом объеме двухстоечных станков.

Главный привод стола (одинарного или двойного, разделенного поперек) может быть механическим от электродвигателя постоянного тока с параллельным возбуждением через коробку передач и зубчатую рейку, а также гидравлическим. При гидравлическом приводе обычно используют приводимый от асинхронного электродвигателя насос, давление от которого соответствующим образом передается в систему гидроцилиндров.



**Рис.5.5.** Стругальные и долбежные станки:

*а, б* — соответственно одностоечный и двухстоечный продольно-строгольные; *в* — комбинированный строгольно-фрезерный; *г* — комбинированный строгольно-шлифовальный; *д* - обычный поперечно-строгольный; *е* — поперечно-строгольный станок с передвижными ползунами; *ж* — передвижной поперечно-строгольный; *з, и* — долбежный станок с монолитной и составной станинами.

Двухстоечные станки (рис.5.5,б) имеют закрытую порталную станину большой жесткости, по вертикальным стойкам которой перемещается траверса, снабженная одним или несколькими суппортами. У тяжелых станков суппорты (боковые) расположены также на стойках.



Главный привод и исполнение стола в принципе аналогичны имеющимся у одностоечных станков.

В ряде случаев выпускаются продольно-строгальные станки одно- и двухстоечного исполнения, которые имеют на траверсе дополнительную фрезерную (рис. 5.5, в) или шлифовальную (рис. 5.5, а) головки, снабженные собственными механизмом подачи, устройством для подвода смазочно-охлаждающей жидкости (СОЖ) и средствами защиты направляющих. Эти станки применяются при необходимости или дополнительно получить поверхности, которые невозможно выполнить строганием, или прошлифовать с того же станка деталь, предварительно обработанную строганием.

Поперечно-строгальные станки (рис. 5.5, д) отличаются наличием в верхней части станины ползуна, совершающего возвратно-поступательное движение резания, а на передней части-стола для закрепления обрабатываемой детали. Ползун приводится в движение либо от механического привода через коробку скоростей и кулисный механизм, либо от гидропривода. Область применения этих станков, которые могут также иметь стол с поперечной и круговой подачей, охватывает обработку поверхностей на заготовках малых и средних размеров. Для обработки крупных и громоздких деталей, а также в ремонтных цехах применяются поперечно-строгальные станки, у которых один или два ползуна могут перемещаться на салазках по станине в поперечном направлении (рис. 5.5, е). Ползуны имеют гидравлический привод. Заготовки закрепляются на жестких столах или плитах. Передвижные поперечно-строгальные станки (рис. 8.5, ж) имеют подвижную относительно станины стойку. На каретке, перемещаемой по стойке в вертикальном направлении, расположен ползун, совершающий возвратно-поступательное движение.

Долбежные станки малых типоразмеров (рис. 5.5, з) имеют монолитную станину, а у тяжелых долбежных станков станина составная, (рис. 5.5, и), состоит из основания и стойки. Ползун долбежных станков либо расположен строго вертикально, либо при обработке наклонных поверхностей может поворачиваться вокруг одной или двух осей. Он приводится в движение от механического привода через коробку скоростей и качающуюся кулису или от гидропривода. Для закрепления обрабатываемой детали служит крестовый стол, на который дополнительно можно устанавливать вращающийся стол.

Для обработки криволинейных поверхностей применяются долбежные станки с копировальным устройством, состоящим из копира и ко-

пировального щупа, перемещения которого передаются крестовому столу с помощью серводвигателей через ходовые винты или гидроцилиндры.

Долбежные станки служат для обработки внутренних и наружных поверхностей, которые невозможно или весьма затруднительно получить фрезерованием или точением. В основном это детали больших размеров, как правило, изготавливаемые при единичном и мелкосерийном производстве. В крупносерийном и массовом производстве долбежные станки не применяются: в этом случае преимущественно используется метод протягивания.

Возможности автоматизации долбежных станков весьма ограничены и заключаются в программировании простых рабочих циклов с помощью кулачковых механизмов, иногда в сочетании с операцией деления. Для решения специальных производственных задач долбежные станки также могут оснащаться копировальными устройствами.

Точность долбежных станков при наружной обработке соответствует точности продольно-строгальных. Это же относится и к шероховатости обработанной поверхности.

По типу привода различают долбежные станки с механическим и гидравлическим приводами. У малых станков с длиной хода ползуна до 630 мм преобладает механический привод. На рис. 5.6 представлены схемы механического привода с кривошипным механизмом, лежащим в поперечной (а) и в продольной (б) плоскостях станка. При больших ходах ползуна в ограниченном объеме станка трудно разместить элементы механического привода, поэтому в этом случае чаще выбирают гидравлический привод.

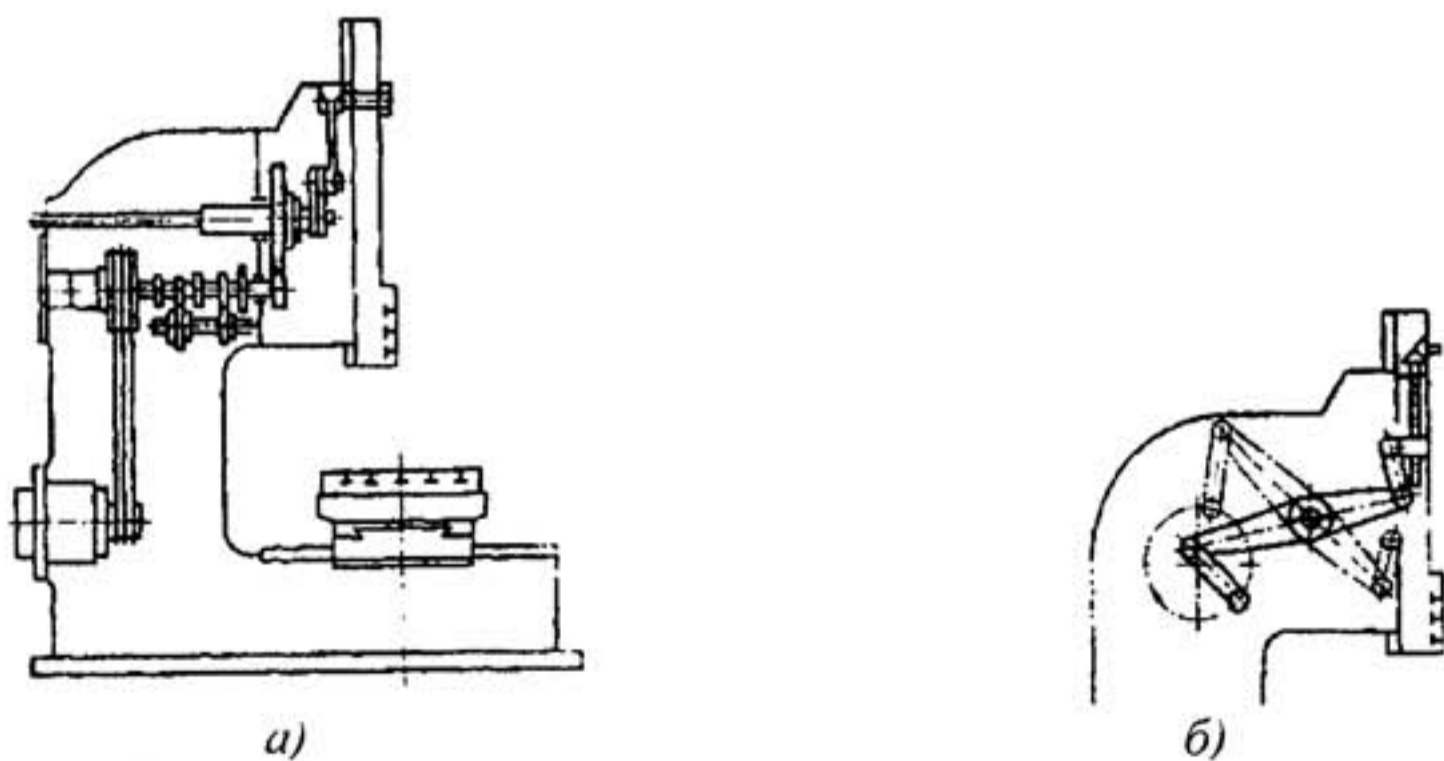


Рис. 5.6. Механический привод долбежного станка с кривошипным механизмом, лежащим в поперечной (а) и продольной (б) плоскостях станка.



### 1. Стругание и долбление

Цель работы: изучить конструкции и принципы работы строгальных и долбежных станков, виды выполняемых работ и инструменты: приобрести навыки работы.

#### 1.1. Задание на выполнение лабораторной работы.

Студент должен:

- изучить устройство и принцип работы строгального и долбежного станков;
- ознакомиться с типами станков и их возможностями;
- приобрести практические навыки работы на строгальном и долбежном станке.

#### 1.2. Оборудование: поперечно-строгальный станок мод.7М36, долбежный станок мод.7А412.

#### 1.3. Содержание отчёта.

##### 1.3.1. Наименование и цель работы.

##### 1.3.2. Технологическая схема обработки деталей.

##### 1.3.3. Типы строгальных и долбежных резцов.

##### 1.3.4. Типы строгальных и долбежных станков.

#### 1.4. Контрольные вопросы:

##### 1. Типы и характеристики строгальных и долбежных станков.

##### 2. Устройство станков.

#### Литература.

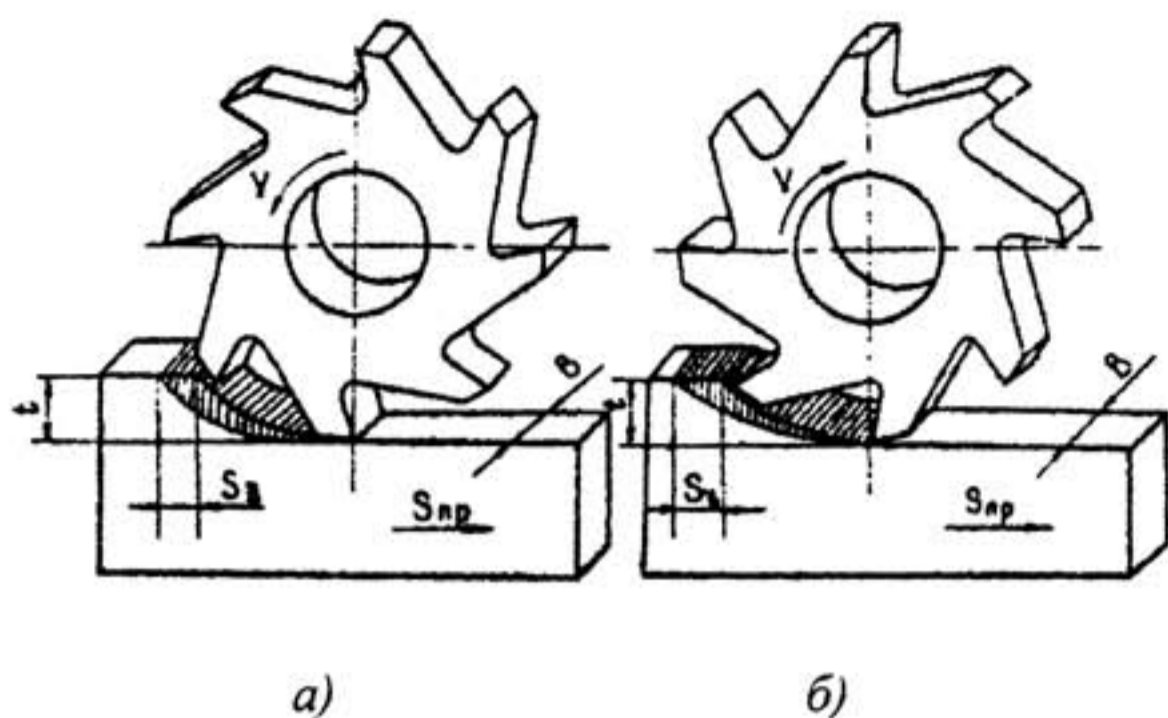
Некрасов С.С. Обработка металлов резанием.-М: Агропромиздат, 1997.

## Тема 6. Фрезерование

### 6.1. Сущность процесса фрезерования

Фрезерование заключается в постепенном срезании тонкими слоями всего металла, подлежащего удалению. Это достигается сочетанием двух движений: главного вращения фрезы вокруг своей оси со скоростью  $V$  и поступательного перемещения детали относительно фрезы (движения подачи продольной  $S_{пр}$ , поперечной  $S_{п}$  и вертикальной  $S_{в}$ ).

В практике находят применение два метода фрезерования - встречное, когда направление вращения фрезы противоположно направлению движения подачи (рис.6.1,а) и попутное, когда направление вращения фрезы совпадает с направлением движения подачи (рис.6.1,б).



*Рис. 6.1.* Схемы попутного (а) и встречного (б) фрезерования

При попутном фрезеровании зуб фрезы сразу начинает срезать слой максимальной толщины и подвергается максимальной нагрузке. Это исключает начальное проскальзывание зуба, уменьшает износ фрезы и шероховатость обработанной поверхности. Сила, действующая на заготовку, прижимает ее к столу станка, что уменьшает вибрации. Однако попутное фрезерование возможно только на тех станках, которые имеют специальные устройства для устранения зазора в паре "винт-гайка".

Фреза представляет собой многолезвийный режущий инструмент, построенный по типу тел вращения, у которого по окружности или на торце расположены режущие зубья, представляющие простейшие резцы. Процесс фрезерования отличается высокой производительностью, поскольку работа резания выполняется большим количеством зубьев.

## **6.2. Классификация фрез**

### **6.2.1. Классификация фрез по назначению**

По назначению фрезы делятся на: фрезы общего назначения; фрезы фасонные. Фрезы общего назначения предназначены для обработки плоских поверхностей и тел вращения. Фрезы фасонные применяются для обработки разнообразных криволинейных поверхностей.



### **6.2.2. Классификация фрез по форме задней поверхности зубьев**

По форме задней поверхности фрезы подразделяются на:

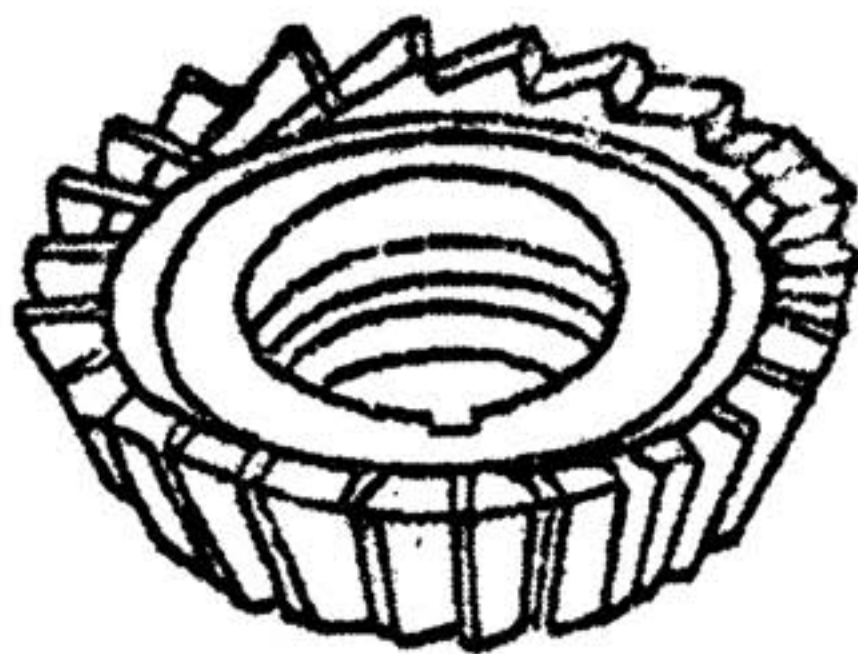
фрезы с острозаточенными зубьями; фрезы с затылованными зубьями. У фрез с острозаточенными зубьями задняя поверхность оформляется по плоскости. При переточках такие фрезы не сохраняют постоянным профиль зуба. У затылованных фрез задняя поверхность зуба оформляется по логарифмической спирали и при переточках они сохраняют заданный профиль зуба. Затылованную форму зубьев имеют фасонные фрезы.

### **6.2.3. Классификация фрез по конструкции зубьев**

По конструкции зубьев фрезы подразделяются на: цельные фрезы; фрезы со вставными зубьями. У цельных фрез зубья сделаны заодно с телом. У фрез со вставными зубьями зубья изготавливаются из другого материала, чем корпус. Такие фрезы дороже цельных, но их преимущество в том, что затупившиеся зубья могут быть заменены новыми, а корпус используется многократно.

### **6.2.4. Классификация фрез по способу крепления**

По способу крепления фрезы делятся на: насадные (рис.6.2) и концевые (рис.6.3).



*Рис 6.2. Насадная фреза*

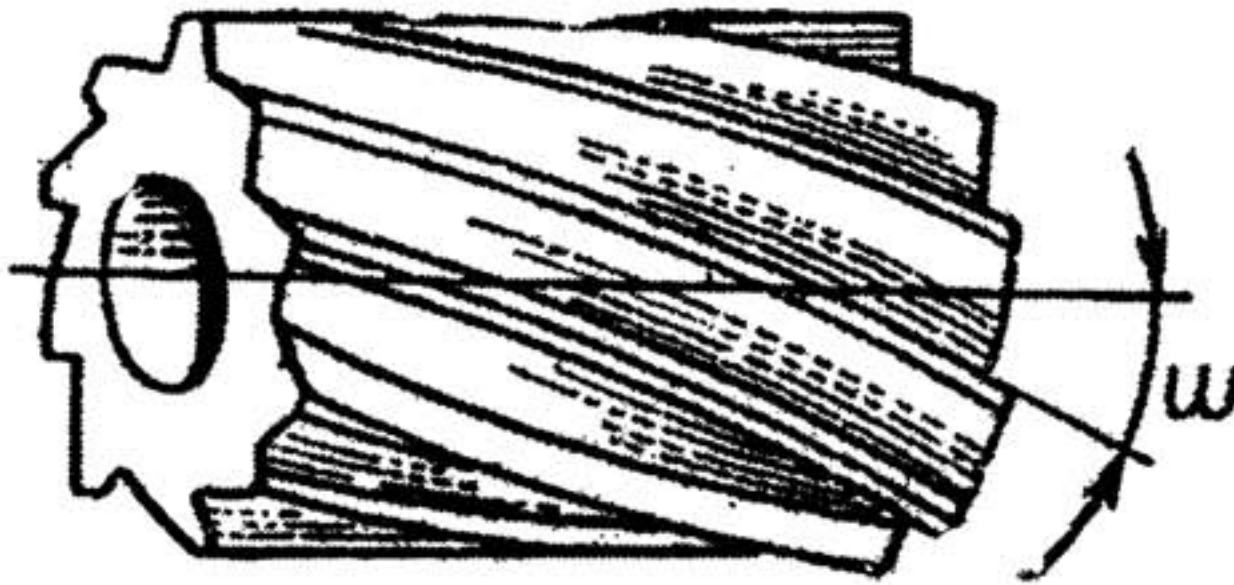
Насадные фрезы имеют отверстие для крепления на оправке станка. Концевые крепятся на станке при помощи цилиндрического или конического мостовика.



*Рис. 6.3. Концевая фреза*

### *Фрезы общего назначения*

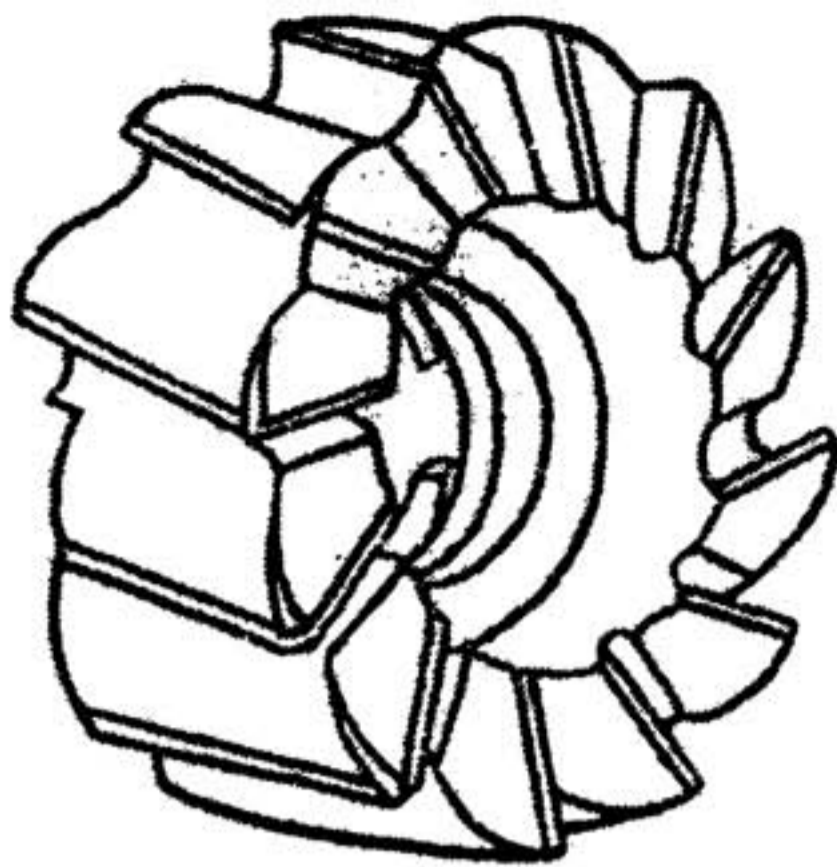
Наиболее широкое распространение из фрез общего назначения имеют цилиндрические фрезы (рис. 6.4), торцовые фрезы и шарошковые фрезы.



*Рис. 6.4. Цилиндрическая фреза*

Цилиндрические фрезы имеют режущие зубья только на цилиндрической части. Зубья могут располагаться под некоторым углом к оси фрезы.





*Рис 6.5. Торцовая фреза*

Торцовые фрезы имеют зубья на одном торце. Основную работу по удалению металла выполняют зубья на цилиндрической части. Зубья на торце зачищают обработанную поверхность.

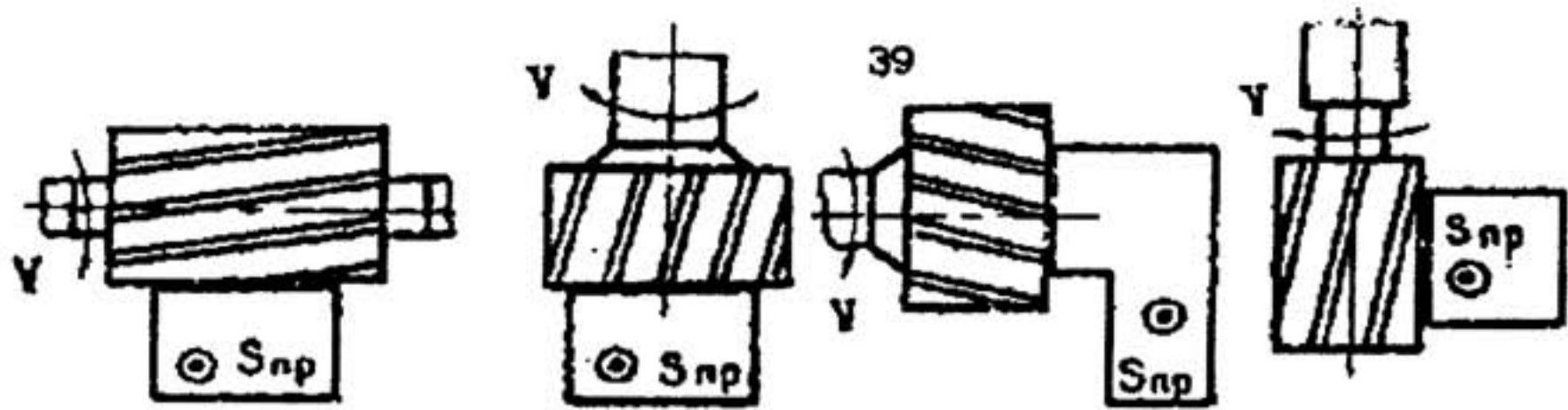
Дисковые фрезы могут иметь зубья только на цилиндрической поверхности (двухсторонние) или на цилиндрической и на одном торце (двухсторонние). Также могут быть на цилиндрической и на обоих торцах (трёхсторонние).

### **6.3. Виды фрезерных работ**

Горизонтальные поверхности фрезеруют цилиндрическими (с горизонтального шпинделя (рис.6.6,а) или торцовыми (с вертикального шпинделя (рис.6.6,б) фрезами. Цилиндрическими фрезами целесообразно обрабатывать горизонтальные плоскости шириной до 120 мм. при этом длина фрезы должна быть немного больше ширины обрабатываемой заготовки. В большинстве случаев плоскости удобнее обрабатывать торцовыми фрезами вследствие большей жесткости их крепления в шпинделе и более плавной работы, так как число одновременно работающих зубьев торцовой фрезы больше числа зубьев цилиндрической фрезы.

Вертикальные плоскости фрезеруют с горизонтального шпинделя торцовыми фрезами (рис.6.6, в) и торцовыми фрезерными головками. а с вертикального шпинделя - концевыми фрезами (рис.6.6, г).

Наклонные плоскости и скосы фрезеруют торцовыми (рис.6.6, д) и концевыми (рис.6.6. е) фрезами с вертикального шпинделя при его

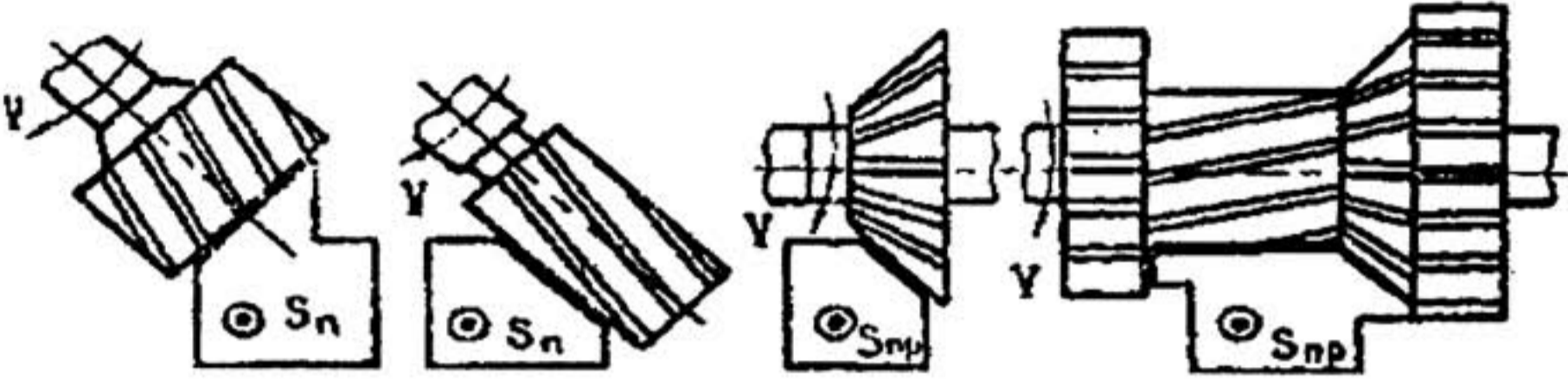


a)

б)

в)

г)

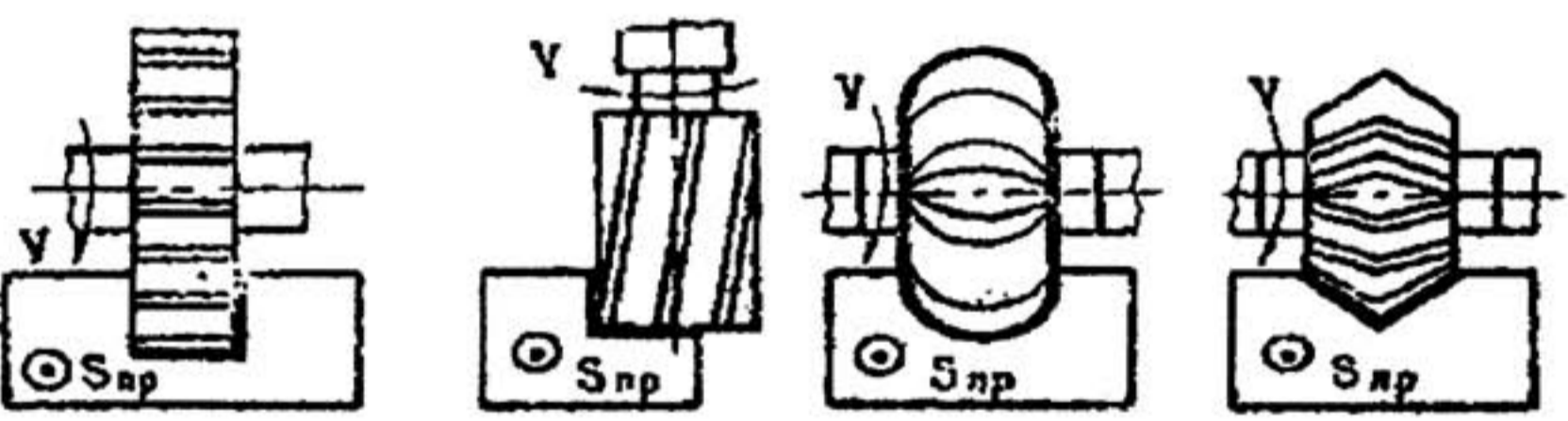


д)

е)

ж)

з)

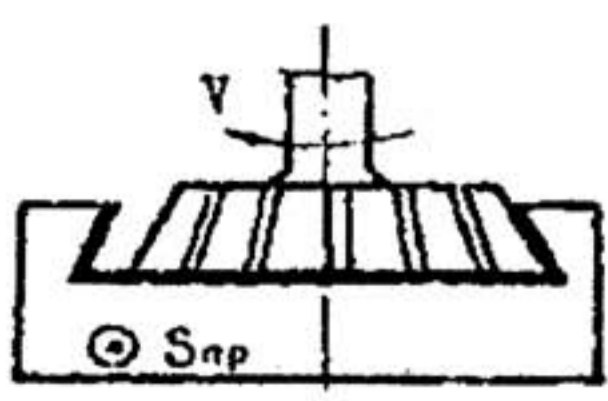


и)

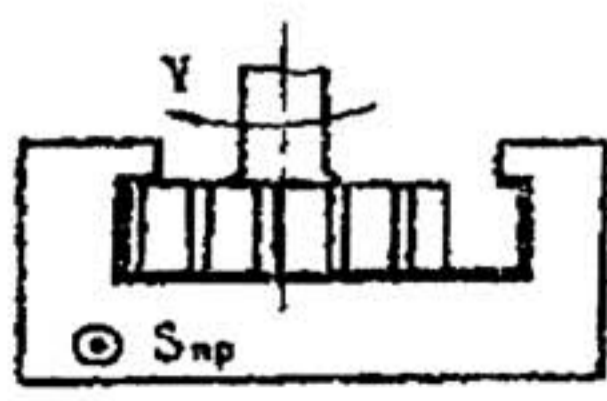
к)

л)

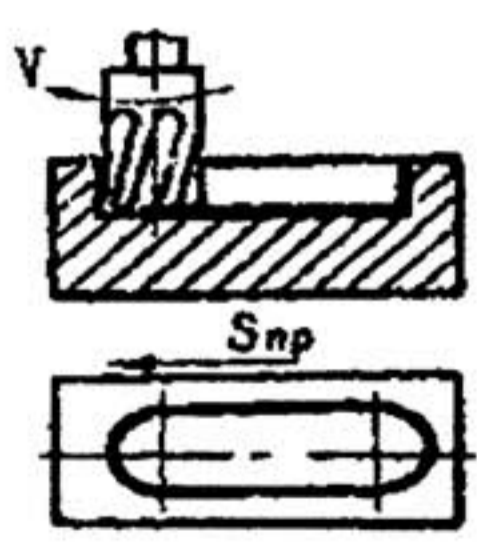
м)



н)

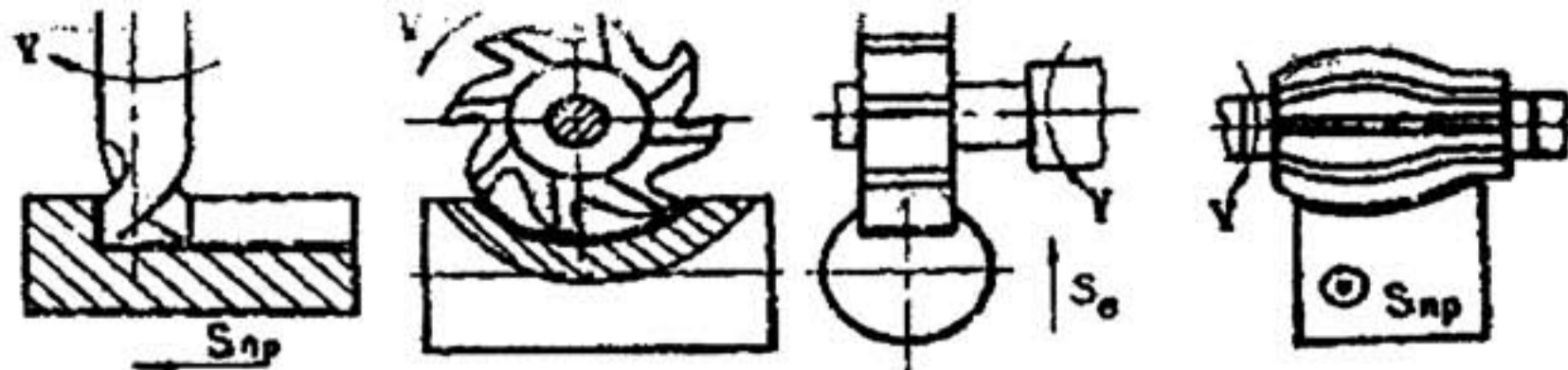


о)



п)





p)

c)

m)

**Рис. 6.6.** Схемы обработки поверхностей заготовок на универсально-фрезерных станках

повороте в вертикальной плоскости. Скосы могут также фрезероваться с горизонтального шпинделя одноугловой фрезой (рис.6.6,ж).

Комбинированные поверхности фрезеруют набором фрез (рис.6.6,з) с горизонтального шпинделя. Точность взаиморасположения обработанных поверхностей зависит от жесткости крепления фрез по длине оправки. С этой целью применяют дополнительные опоры (подвески), а также избегают использовать несоразмерные по диаметру фрезы (рекомендуемое отношение диаметров фрез не более 1,5).

Уступы и прямоугольные пазы фрезеруют дисковыми (рис.6.6, и) и концевыми (рис.6.6,к) фрезами как с вертикального, так и с горизонтального шпинделей. Предпочтительней, однако, уступы и пазы фрезеровать дисковыми фрезами, так как они имеют большее число зубьев и допускают работу с большими скоростями резания.

Фасонные пазы фрезеруют дисковыми (рис.6.6, л), угловые пазы - одноугловой и двухугловой (рис.6.6,м) фрезами с горизонтального шпинделя.

Пазы типа "ласточкин хвост" фрезеруют с вертикального шпинделя за два прохода: прямоугольный паз - концевой фрезой, затем скосы паза " концевой одноугловой фрезой (рис.6.6,н).

T-образные пазы (рис.6.6, о), которое широко применяют в машиностроении как станочные пазы (например, на столах фрезерных станков), фрезеруют обычно за два прохода: вначале паз прямоугольного профиля концевой (реже дисковой фрезой), затем нижнюю часть паза - T-образной фрезой.

Закрытые шпоночные пазы фрезеруют концевыми фрезами (рис.6.6,п), а открытые - концевыми или шпоночными (рис.6.6,р) фрезами с вертикального шпинделя. Точность получения шпоночного паза является важным условием при фрезеровании так как от нее зависит

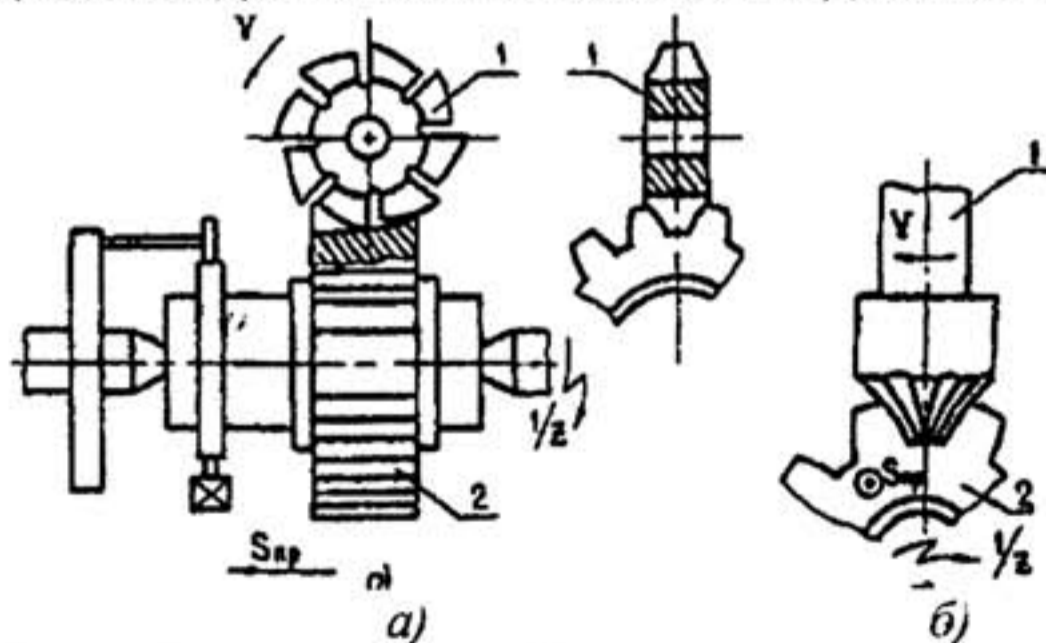
характер посадки на шпонку сопрягаемых с валом деталей. Фрезерование шпоночной фрезой обеспечивает получение более точного паза: при переточке по торцовым зубьям диаметр шпоночной фрезы практически не изменяется.

Пазы под сегментные шпонки фрезеруют с горизонтального шпинделя дисковыми фрезами (рис.6.6, с). Заготовке при этом сообщают вертикальную подачу.

Фасонные поверхности незамкнутого контура с криволинейной образующей и прямолинейной направляющей фрезеруют с горизонтального и вертикального шпинделей фасонными фрезами соответствующего профиля (рис.6.6,т). Применение фасонных фрез эффективно при обработке узких и длинных фасонных поверхностей. Широкие профили обрабатывают набором из фасонных фрез.

#### *Фрезерование цилиндрических зубчатых колес*

Фрезерование цилиндрических зубчатых колес на универсально-фрезерном станке производится методом копирования. Данный метод основан на профилировании зубьев фасонным инструментом, профиль режущей части которого соответствует профилю впадины нарезаемого зубчатого колеса. По этому методу зубчатые колеса нарезают дисковой модульной фрезой с горизонтального шпинделя (рис.6.7,а) и пальцевой модульной фрезой с вертикального шпинделя (рис.6.7,б) последовательно по одной впадине с использованием делительной головки.



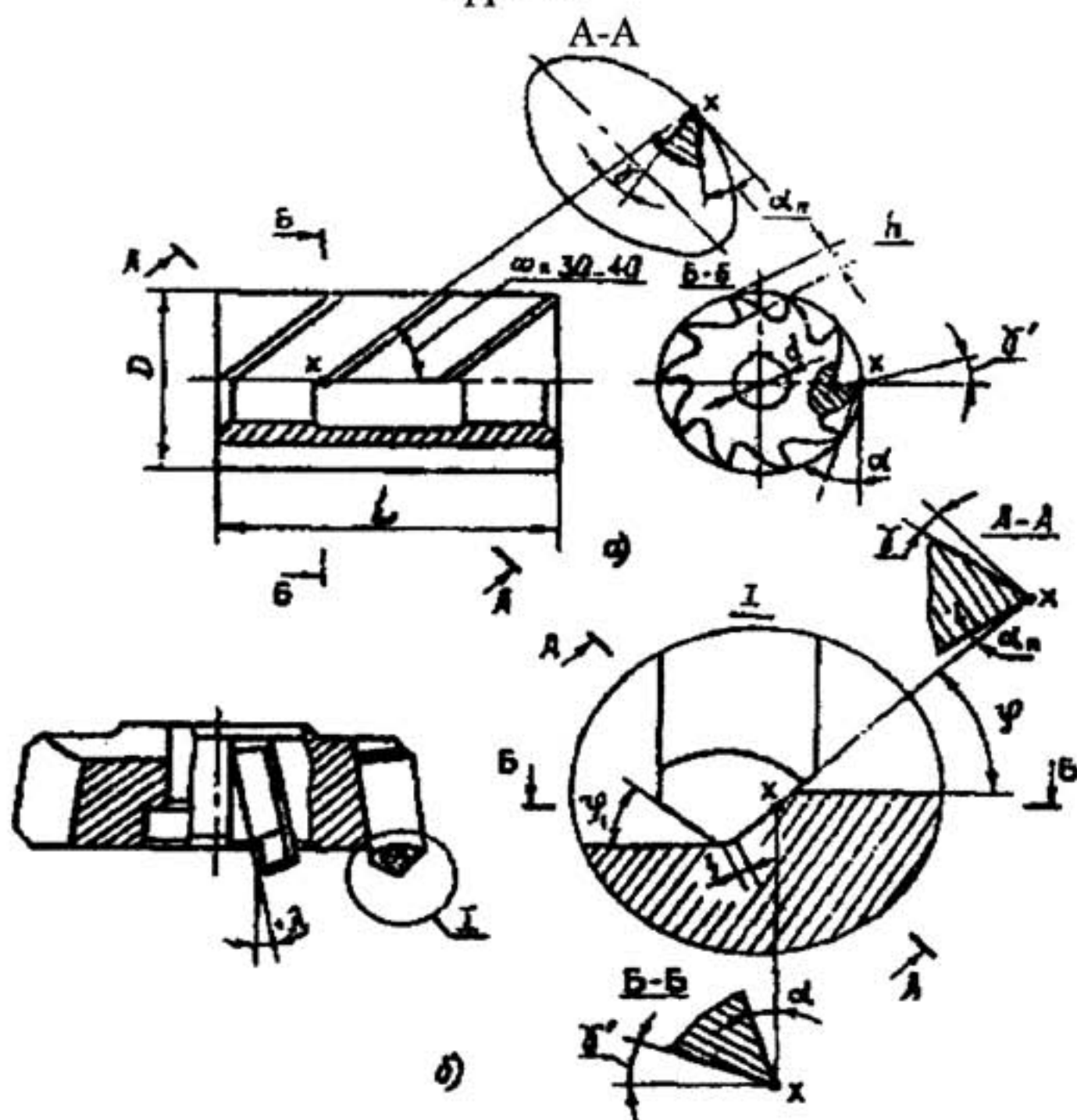
**Рис. 6.7** . Схемы фрезерования зубчатых колес методом копирования на универсально - фрезерных станках . (1 - фреза, 2 - нарезаемое колесо)

В процессе фрезерования впадины между зубьями колеса фрезе сообщают главное вращательное движение, а заготовке - продольную подачу. По окончании фрезерования одной впадины стол отводят в ис-



ходное положение и заготовку поворачивают на  $1/2$  часть оборота ( $Z$  - число зубьев нарезаемого зубчатого колеса). Пальцевыми фрезами нарезают зубчатые колеса больших модулей, а также шевронные колеса. Элементы режущего зуба сборной торцевой фрезы соответствуют элементам проходного токарного резца: это главная и вспомогательная задние поверхности, передняя поверхность, главная и вспомогательная режущие кромки, вершина и т.п. Цилиндрическая фреза имеет зуб с передней и задней поверхностями и одним режущим лезвием.

На рис. 6.8 показаны геометрические параметры режущей части фрезы.



**Рис. 6.8.** Геометрические параметры:  
*a* - цилиндрической фрезы с винтовым  
 (спиральным) зубом,  
*б* - сборной торцевой фрезы (головки)

Главный передний угол  $\gamma$  рассматривается в плоскости, перпендикулярной к главной режущей кромке и проходящей через данную точку

“х” (сечение А-А). Он измеряется между касательной к передней поверхности в точке “х” режущего лезвия и радиусом фрезы в этой точке. У торцовой фрезы (рис. 6.8, б) главная режущая кромка направлена под некоторым углом  $\varphi$ ; у цилиндрической фрезы с винтовым зубом (рис. 6.8, а) направление главной режущей кромки совпадает с направлением винтовой линии.

Для фрез из быстрорежущих сталей величина главного переднего угла колеблется в пределах 10...20 градусов. У торцовых и дисковых фрез, оснащенных пластинками из твердых сплавов, угол  $\gamma = +5...-10^\circ$ . Отрицательный угол  $\gamma$  делается на фаске шириной 1...1,5 мм.

Иногда передние углы задают в плоскости, нормальной к оси фрезы - угол  $\gamma'$  в сечении ББ. Для перехода от угла  $\gamma'$  к углу  $\gamma$  можно пользоваться следующими формулами:

- для торцовой фрезы

$$\operatorname{tg} \gamma = \operatorname{tg} \gamma' \cdot \sin \varphi + \operatorname{tg} \omega \cdot \cos \varphi \quad (6.1)$$

- для цилиндрической фрезы

$$\operatorname{tg} \gamma = \operatorname{tg} \gamma' \cdot \cos \omega, \quad (6.2)$$

где  $\omega$  - угол наклона винтовой линии;

$\varphi$  - главный угол в плане.

Главный задний угол  $\alpha$  рассматривается в плоскости, перпендикулярной оси фрезы (сечение ББ). Он заключен между касательной к задней поверхности зуба фрезы в рассматриваемой точке главной режущей кромки (х) и касательной к окружности вращения данной точки. Иногда главный угол задается в нормальном к главной режущей кромке сечении (угол  $\alpha_n$  в сечении АА). Угол  $\alpha_n$  называется нормальным задним углом.

Для цилиндрической фрезы

$$\operatorname{tg} \alpha = \operatorname{tg} \alpha_n \cdot \cos \omega. \quad (6.3)$$

Для главной режущей кромки торцовой фрезы

$$\operatorname{tg} \alpha_n = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\sin \varphi}. \quad (6.4)$$

Задний угол зависит от характера износа режущей кромки зуба фрезы. Чем больше задний угол, тем меньше трение и тем меньше износ, но зуб становится менее прочным и может выкрашиваться.

У фрез из быстрорежущих сталей величина главного заднего угла ко-



леблется в пределах  $12...30^\circ$  (в зависимости от типа фрезы). У торцовых фрез с твердосплавными пластинками  $\alpha_n = 6...15^\circ$ . Угол наклона винтовой канавки  $\omega$  (для цилиндрических фрез) - это угол между осью фрезы и касательной к винтовой линии по наружному диаметру фрезы. Угол  $\omega$  обеспечивает равномерность врезания режущей кромки цилиндрической фрезы в материал заготовки.

Торцевые фрезы характеризуются также углами в плане ( $\varphi$  и  $\varphi_1$ ) и углом наклона главной режущей кромки  $\lambda$  (рис. 6.8, б). Главный угол в плане  $\varphi$  влияет на толщину и ширину среза (при одной и той же подаче и глубине), стойкость фрезы и качество обработанной поверхности. Чем меньше этот угол, тем меньше толщина среза и нагрузка на единицу длины режущей кромки (при одной и той же подаче), выше стойкость фрезы, чище обработанная поверхность, но больше осевая составляющая силы резания (а следовательно, больше и вибрация). Поэтому малое значение угла  $\varphi = 10...30^\circ$  используется лишь при достаточно жесткой технологической системе. Малый угол в плане  $\varphi$  затрудняет работу с большой глубиной резания, т.к. вызывает необходимость увеличения длины режущей части кромки, а потому работа фрезой с углом  $\varphi < 30^\circ$  рекомендуется при глубине резания не более 3...4 миллиметров. Часто при фрезеровании на проход  $\varphi = 60^\circ$ .

Для упрочнения вершины зуба фрезы и для получения одинаковых элементов у всех ее зубьев у торцовых твердосплавных фрез делается обычно переходная кромка  $f = 1...2$  мм, направленная под углом  $\varphi_0 = 1/2\varphi$ . Вспомогательный угол в плане  $\varphi_1$  для торцовых фрез делается  $2...10^\circ$ , для дисковых трехсторонних фрез -  $2...5^\circ$ .

Угол наклона главной режущей кромки  $\lambda$  (определяется так же, как и у резца) влияет на прочность и стойкость зуба; при положительном его значении ( $+\lambda$ ) место входа (место удара) зуба фрезы отодвигается от вершины зуба, являющейся наиболее слабой и ответственной частью. Положительное значение угла  $\lambda$  способствует и более плавному входу зуба в заготовку и выходу из нее. Однако при увеличении угла  $+\lambda$  уменьшается продольный передний угол, что приводит к большим силам при резании и большому расходу мощности. У торцовых твердосплавных фрез угол  $\lambda$  делается от  $0^\circ$  до  $+15^\circ$ .

### *Режимы резания*

К режимам резания при фрезеровании относят скорость резания  $V$ , по-

дачу  $S$ , глубину резания  $t$  и ширину фрезерования  $B$ .

Скорость резания (м/мин), то есть окружная скорость вращения фрезы, определяется по формуле:

$$V = \frac{\pi D n}{1000}, \quad (6.5)$$

где  $D$  - диаметр фрезы, мм;  $n$  - частота вращения фрезы, об/мин.

Подача - величина перемещения обрабатываемой заготовки относительно вращающейся фрезы. Различают 3 вида подач:

- подача на зуб фрезы  $S_z$  (мм/зуб) - величина перемещения заготовки относительно фрезы за время ее углового поворота на один зуб;
- подача на оборот фрезы (оборотная подача)  $S_o$  (мм/об) - величина перемещения заготовки относительно фрезы за один ее оборот;
- минутная подача  $S_m$  (мм/мин) - величина перемещения заготовки в минуту.

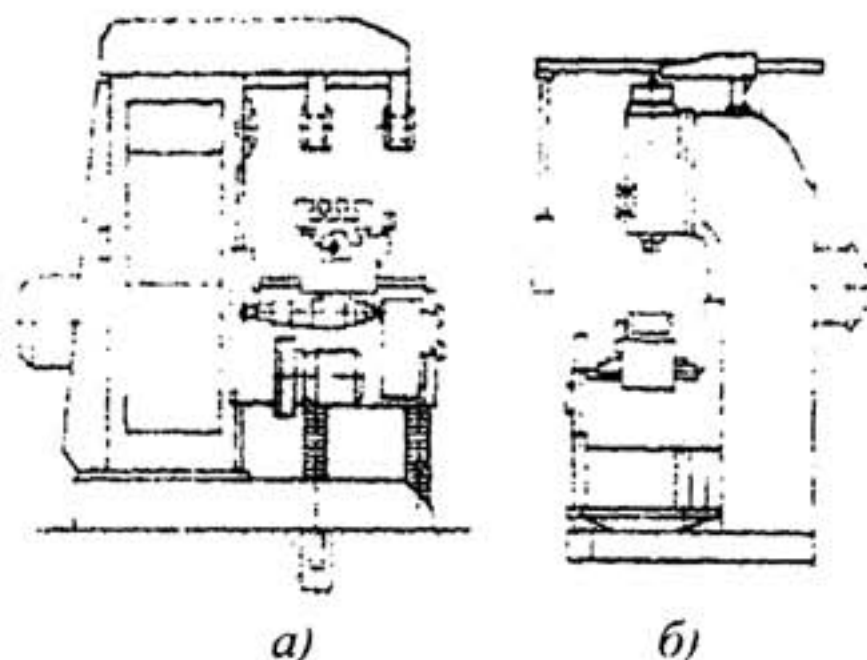
Эти подачи связаны между собой зависимостью:

$$S_m = S_o n = S_r Z n, \quad (6.6)$$

где  $Z$  - число зубьев фрезы.

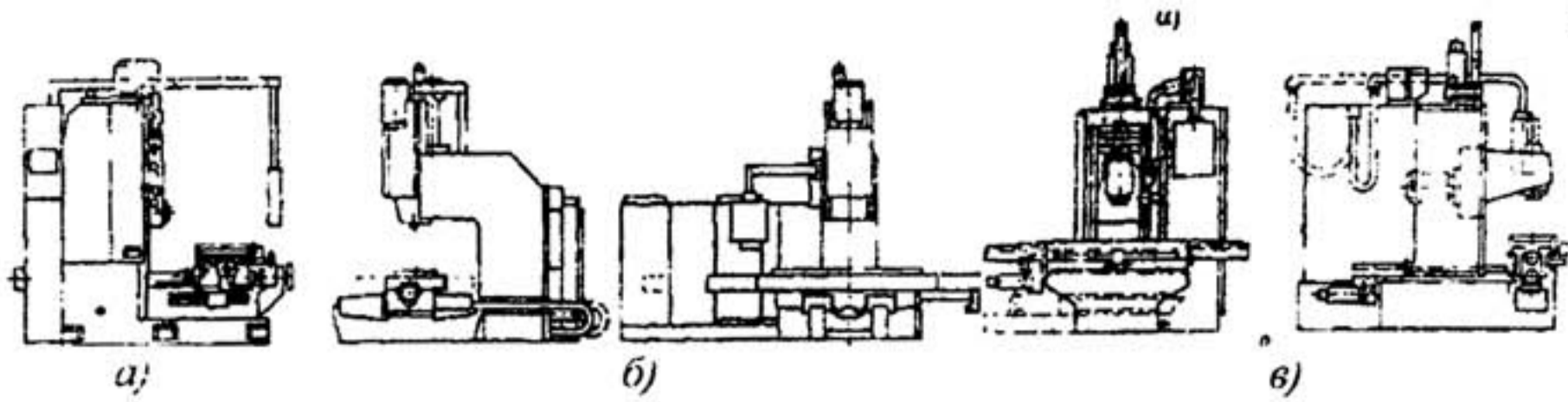
Глубина резания  $t$  (мм) показана на рис.6.1. Ширина фрезерования  $B$  (мм) - величина обрабатываемой поверхности, измеренная в направлении, параллельном оси фрезы при цилиндрическом фрезеровании и перпендикулярном к направлению подачи при торцовом фрезеровании.

*Конструкции фрезерных станков  
( рис.6.9 ; 6.10 ; 6.11 ; 6.12 ; 6.13 ; 6.14 ).*



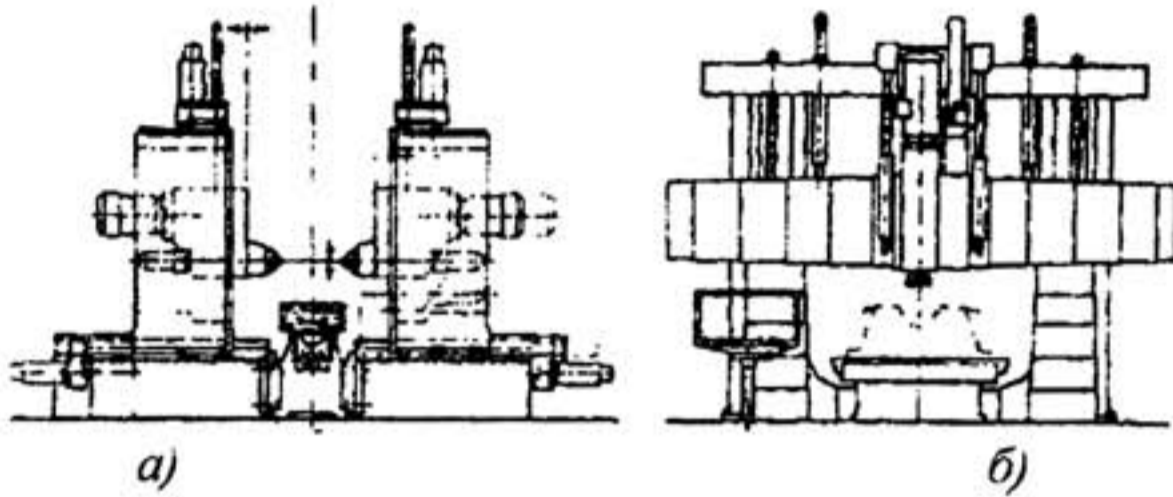
**Рис. 6.9.** Консольные фрезерные станки:  
а - горизонтальный; б - вертикальный





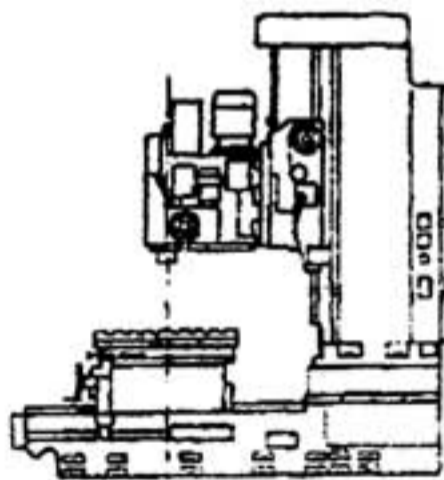
**Рис. 6.10.** Фрезерные станки бесконсольные:

*a* - горизонтальный с крестовым столом; *б* — вертикальный с крестовым столом; *в* - вертикальный с передвигающейся стойкой.

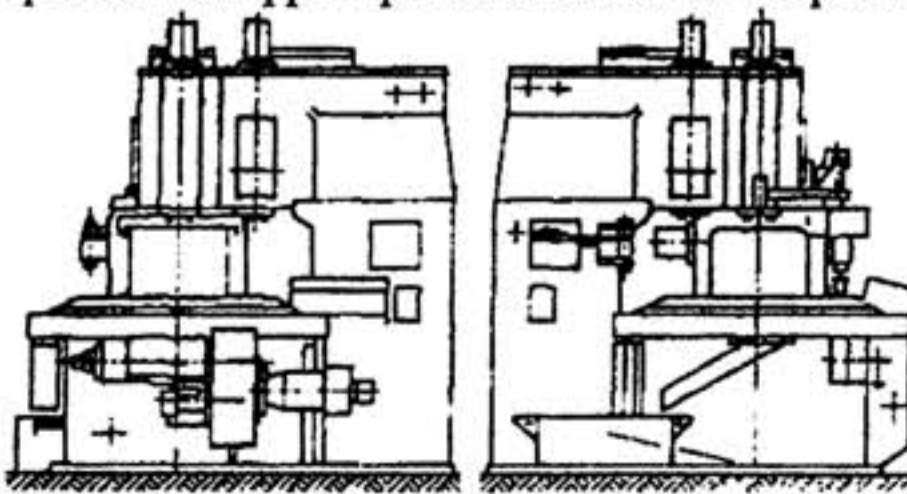


**Рис. 6.11.** Продольно-фрезерные станки:

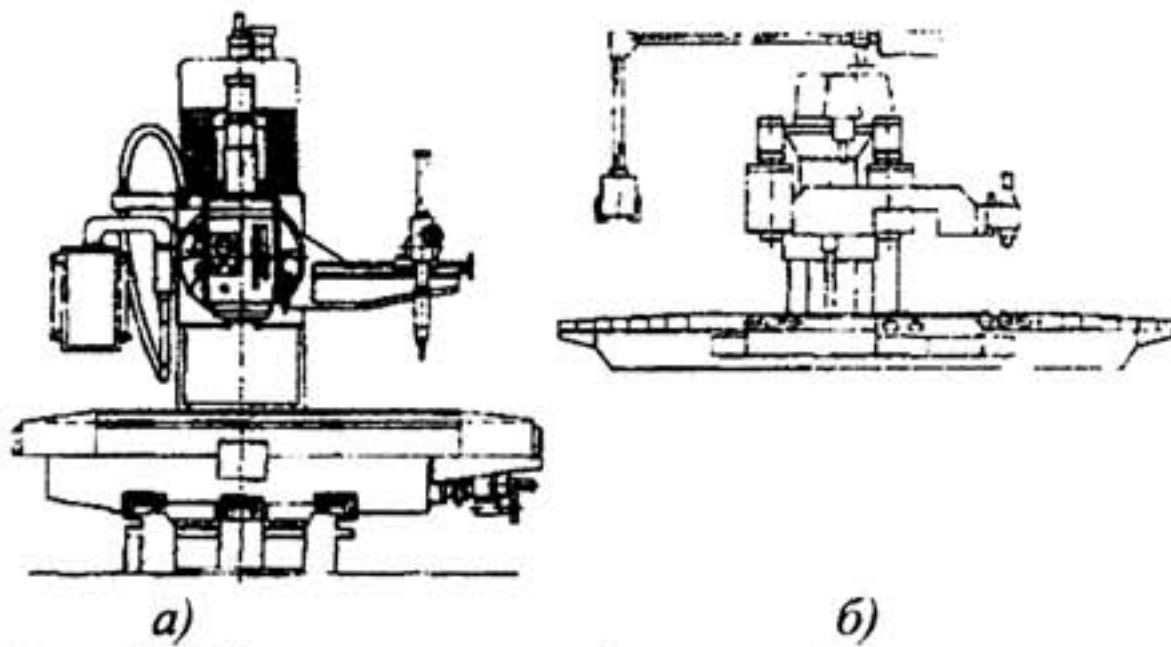
*a* — с двумя стойками, перемещающимися в поперечном направлении и несущими по одному шпиндельному узлу, перемещающемуся в вертикальном направлении; *б* —портальной конструкции



**Рис 6.12.** Универсальный фрезерный станок с поворотной фрезерной головкой



**Рис.6.13.** Фрезерный станок с круглым столом



**Рис.6.14.** Копировальный фрезерный станок:  
*а* — одношпиндельный; *б* — двухшпиндельный

Устройство универсально-фрезерного станка мод.675 (рис .6.15).

Основание 1 служит для установки станка на фундаменте. Станина 2 предназначена для монтирования на ней всех основных частей станка. На передней части станка имеются вертикальные направляющие, по которым перемещается стол 3. В верхней части станины на поперечных направляющих установлена шпиндельная бабка 4. Оправка с фрезой 5 одним концом вставляется в шпиндель 6, а другим - поддерживается консолью 7. К нижней части станка крепится корыто 8 для сбора стружки.

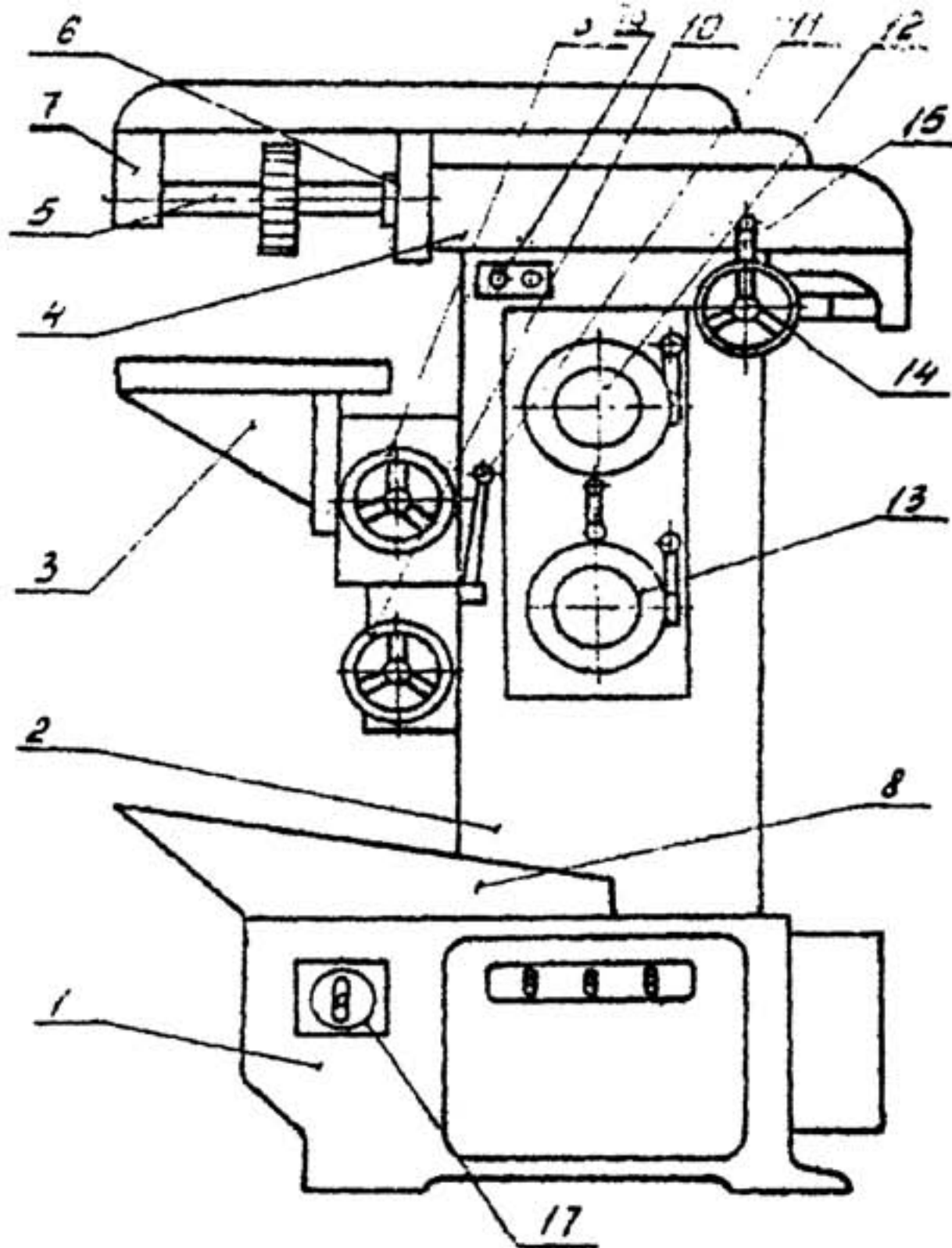
На столе размещены маховики продольной 9 и вертикальной 10 ручных подач стола. Справа на станине размещена рукоятка 11 механической вертикальной и продольной подач стола, диск 13 для установки различных скоростей вращения фрезы, маховик ручного перемещения шпиндельной бабки 14, рукоятка механической подачи шпиндельной бабки 15, выключатель главного двигателя 16. На основании размещен сетевой выключатель 17.

К станку придается также и вертикальный шпиндель, который может быть установлен на шпиндельной бабке.

**Принцип работы.**

Обрабатываемую заготовку устанавливают на столе или в универсальных приспособлениях: тисках, делительной головке, на круглом столе





*Рис. 6.15. Универсально-фрезерный станок мод. 675*

и т.д. Для выполнения всевозможных работ станок модели 675 снабжается следующими приспособлениями: угловым горизонтальным столом, универсальным поворотным столом, станочными тисками, круглым делительным столом, делительной головкой, гитарой сменных зубчатых колес к делительной головке, долбежной головкой, быстросходной головкой и др. Режущий инструмент укрепляют на горизонтальном или вертикальном шпинделе с помощью различных оправок. Настройка станка в соответствии с конфигурацией и размерами детали производится продольным или вертикальным перемещением стола, а также поперечным перемещением шпиндельной бабки.

## Лабораторная работа №6

### 1. Фрезерование

Цель работы: изучение схем и закономерностей фрезерования, кинематики процессов, классификации фрез, их геометрии, влияние элементов геометрии, конструкций и устройства фрезерных станков, приобретение практических навыков работы.

#### 1.1. Задание на выполнение лабораторной работы.

Студент должен:

- ознакомиться со схемами фрезерования кинематикой;
- ознакомиться с классификацией фрез назначением, конструкциями: геометрией;
- изучить виды фрезерных работ;
- научиться устанавливать режимы резания;
- ознакомиться с конструкциями, назначением, устройством фрезерных станков;
- приобрести практические навыки работы на универсально-фрезерном станке мод.675.

#### 1.2. Оборудование: универсально-фрезерный станок мод.675.

#### 1.3. Содержание отчёта.

1.3.1. Наименование и цель работы.

1.3.2. Схемы фрезерования и кинематики.

1.3.3. Классификация фрез, назначение, геометрия.

1.3.4. Виды фрезерных работ, схемы.

1.3.5. Режимы резания.

1.3.6. Типы фрезерных станков, особенности.

#### 1.4. Порядок выполнения работы (к п. 1.3.3):

1. Ознакомиться с основными типами фрез, их классификацией и конструкцией. Получить у преподавателя фрезу для измерения углов.

2. Выполнить чертеж фрезы (рис. 6.4).

3. Измерить штангенциркулем наружный диаметр  $D$ , ширину фрезы  $L$ , диаметр отверстия  $d$  насадной фрезы (диаметры отверстий стандартизованы и имеют значения 16, 19, 22, 27, 32, 40, 50 мм), высоту зуба  $H$ .

4. Измерить универсальным угломером угол наклона винтовой канавки  $\omega$  (рис.6.15). При этом одну линейку угломера прижать к торцу фрезы, а другую установить по касательной к винтовой линии режущей кромки зуба в точке ее пересечения с плоскостью торца фрезы.



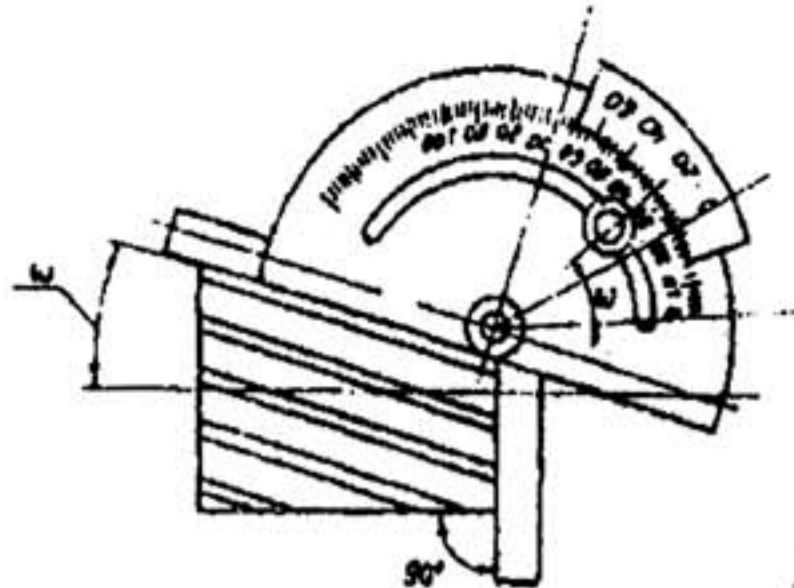


Рис. 6.15. Измерение угла наклона винтовой канавки  $\omega$  цилиндрической фрезы

5. Универсальным угломером измерить передний угол  $\gamma'$  и главный задний угол  $\alpha$  фрезы в торцовом сечении (т.е. в плоскости, перпендикулярной оси фрезы) (рис. 6.16 и 6.17).

6. Универсальным угломером измерить главный и вспомогательный углы в плане  $\varphi$  и  $\varphi_1$  (для торцовых фрез) (рис. 6.18).

7. Получить отпечаток зуба фрезы путем прокатывания фрезы во-круг ее оси по копировальной бумаге. По отпечатку замерить:

- величину шага винтовой канавки  $H'$ ;
- угол наклона главной режущей кромки  $\lambda$  - для торцовой фрезы угол  $\lambda$  измеряется между отпечатанной на бумаге линией и линией, параллельной оси фрезы).

8. Определить окружной шаг зубьев  $t_s$ :

$$t_s = \frac{\pi D}{Z}, \quad (6.7)$$

где  $D$  – диаметр фрезы, мм

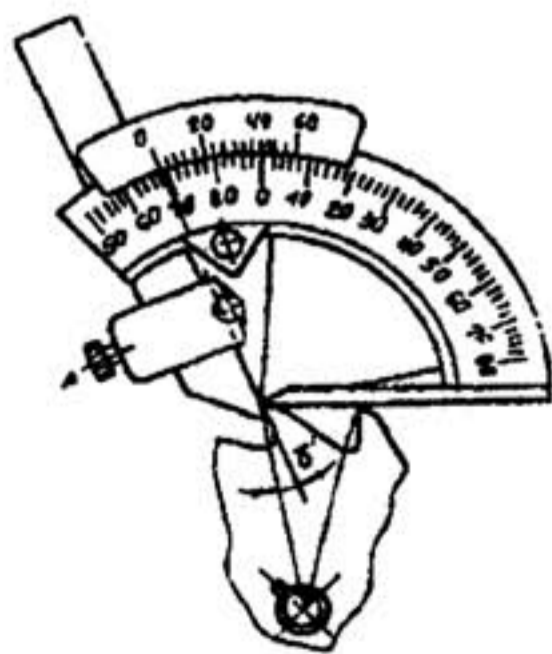


Рис. 6.16. Измерение переднего угла фрезы

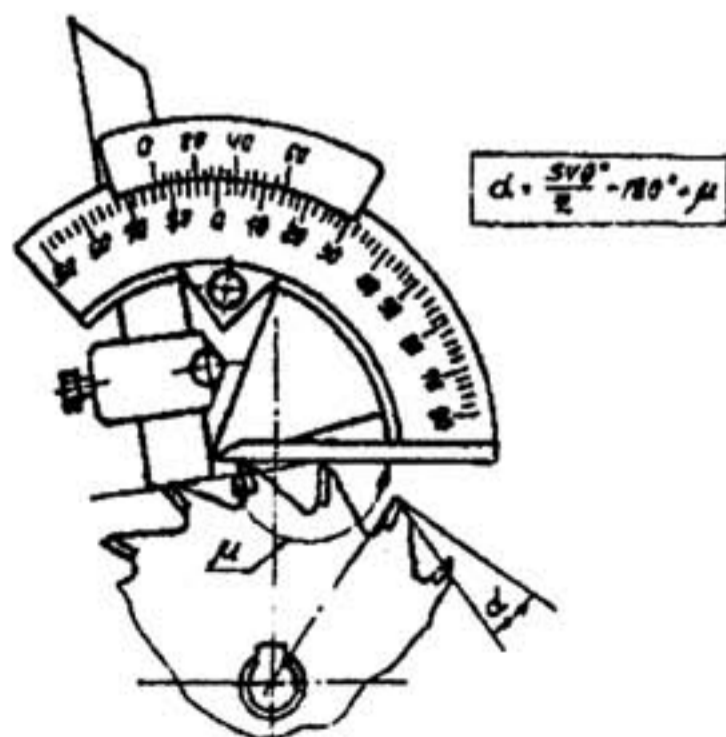
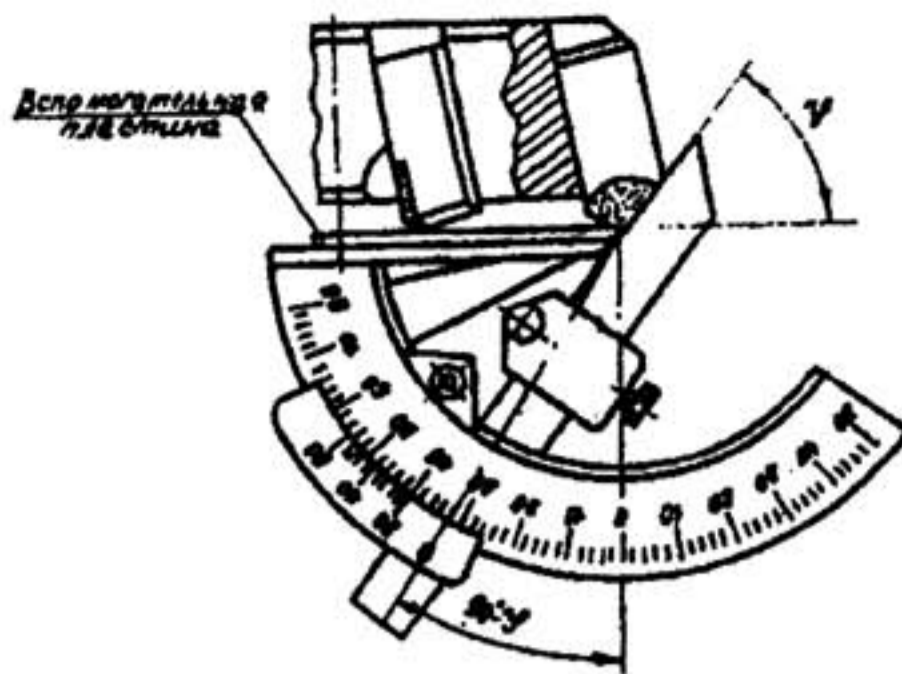


Рис. 6.17. Измерение главного заднего угла фрезы  $\alpha$



**Рис. 6.18.** Измерение главного угла в плане  $\varphi$  торцевой фрезы  
9. Рассчитать шаг в нормальном сечении зубьев:

$$t_n = t_s \cos \omega = P_i D / (Z) \cos \omega, \text{ мм} \quad (6.8)$$

10. Результаты измерений и вычисленные параметры занести в протокол измерений и расчетов.

Протокол результатов измерений и расчетов:

Тип фрезы.....

Материал режущей части .....

Параметры	Обозначение	Величина
1	2	3
1. Число зубьев, мм	Z	
2. Диаметр фрезы, мм	D	
3. Ширина фрезы, мм	B	
4. Диаметр отверстия под оправку, мм	d	
5. Высота зуба, мм	H	
6. Окружной шаг зубьев, мм	t <sub>s</sub>	
7. Шаг зубьев в нормальном сечении, мм	t <sub>n</sub>	
8. Шаг винтовой канавки, мм	H'	
9. Угол наклона винтовой канавки, град	$\omega$	
10. Передний угол в торцевом сечении, град	$\gamma'$	
11. Передний угол в нормальном сечении, град	$\gamma$	
12. Главный задний угол, град	$\alpha$	
13. Задний угол в нормальном сечении, град.	$\alpha_n$	
14. Главный угол в плане, град	$\varphi$	
15. Вспомогательный угол в плане, град	$\varphi_1$	
16. Угол наклона главной режущей кромки, град	$\lambda$	



## 1.5. Контрольные вопросы:

1. Дайте схемы встречного и попутного фрезерования. Особенности.
2. Геометрия фрезы.
3. Классификация фрез по назначению, по форме задней поверхности зубьев, по конструкции зубьев, по способу крепления.
4. Режимы фрезерования.
5. Типы фрезерных станков, особенности.
6. Устройство станка мод. 675.

## 1.6. Литература.

1. Некрасов С.С. Обработка металлов резанием. – М.: Агропромиздат, 1997.
2. Коган Б.И. Инструменты для фрезерования. Геометрия и подготовка. – Новосибирск : ООО МП «Институт конверсии », 2000. – 33с.

## Тема 7. Абразивная обработка

### 7.1. Шлифование

Шлифованием называют процесс обработки материалов резанием с помощью шлифовальных кругов. Режущими элементами шлифовального круга являются абразивные (от латинского "abrasio" - соскабливание) зерна. Абразивные зерна расположены в круге беспорядочно; их удерживает связующий материал. При вращательном движении круга в зоне его контакта с заготовкой одна часть зерен срезает материал. Другая часть ориентирована так, что резать не может, но производит работу трения по поверхности резания (рис.7.1). Таким образом, обработанная поверхность представляет собой совокупность микроследов абразивных зерен. Шлифованием достигается точность по 6 – 7 квалитету, а шероховатость поверхности 1,25 – 0,32 мкм.

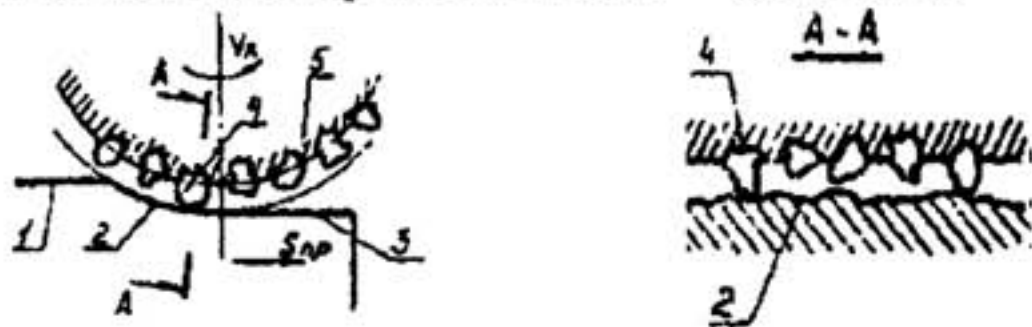


Рис. 7.1. Схема микрорезания при шлифовании:

1 - обрабатываемая поверхность; 2 - поверхность резания; 3 - обработанная поверхность; 4 - абразивное зерно; 5 - связка

Элементами режима резания при шлифовании являются скорость резания, подача и глубина резания. Скорость резания принимается равной окружной скорости точки, расположенной на периферии шлифовального круга. Она определяется по формуле:

$$V_k = P_i D_k n_k / (1000 \cdot 60) \quad \text{м/с}, \quad (7.1)$$

где  $D_k$  - наибольший диаметр круга, мм,  
 $n_k$  - частота вращения круга, об/мин.

Подачами являются перемещения заготовки или инструмента вдоль или вокруг координатных осей. Выражения и размерности подач определяются схемами шлифования. Глубина резания  $t$  (в мм) определяется толщиной слоя материала, срезаемого за один ход.

Как при плоском, так и при круглом шлифовании главным движением является вращение круга  $V_k$  (рис. 7.2).

При плоском шлифовании возвратно-поступательное перемещение заготовки является продольной подачей  $S_{пр}$  (мм/мин) (рис. 7.2,а). Для обработки поверхности на всю ширину заготовке сообщается поперечная подача  $S_{п}$  (мм/дв. ход). Это движение происходит прерывисто при крайних положениях заготовки в конце продольного хода. Периодически происходит и подача  $S_{в}$  (в мм) на глубину резания, которая осуществляется также в крайних положениях заготовки, но в конце поперечного хода.

При круглом шлифовании (рис. 7.2,б) продольная подача осуществляется за счет возвратно-поступательного движения заготовки. Величина  $S_{пр}$  (в мм/об.заг.) соответствует осевому перемещению заготовки за один ее оборот. Вращение заготовки является круговой подачей  $S_{кр}$  (в м/мин):

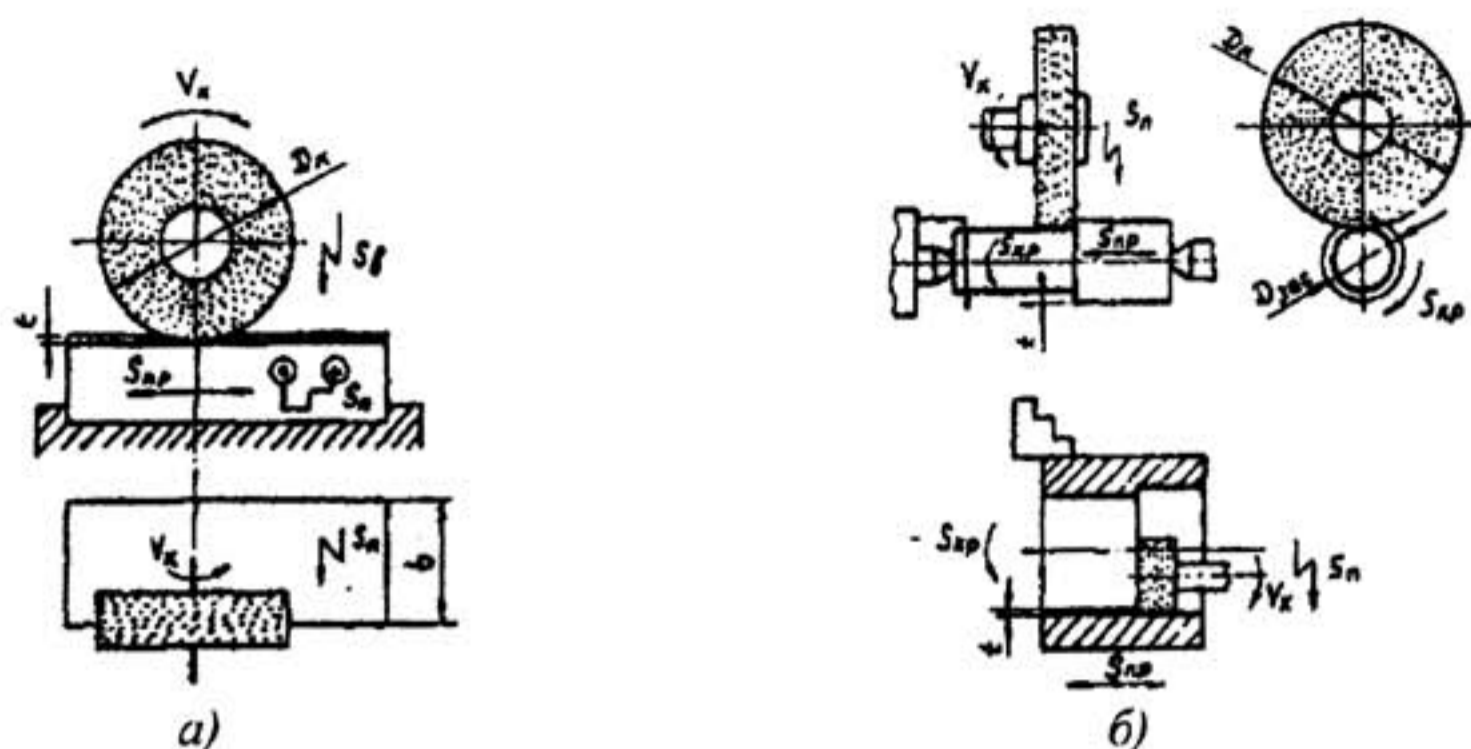
$$V_k = \frac{P_i D_{заг} n_{заг}}{1000 \cdot 60} \quad \text{м/мин},$$

где  $D_{заг}$  - диаметр заготовки, мм,  $n_{заг}$  - частота вращения заготовки, об/мин.

Подачу  $S_{п}$  (в мм/дв.ход или мм/ход) на глубину резания производят при крайних положениях заготовки. Шлифование ведется при больших скоростях резания (30-60 м/с) и малых сечениях среза, что дает возможность обеспечивать высокую точность и малую высоту неровностей профиля обработанной поверхности. Шлифование чаще всего яв-



ляется окончательной (чистовой) операцией, но может применяться и для снятия больших объемов металла, заменяя обработку заготовки резцом или фрезой.

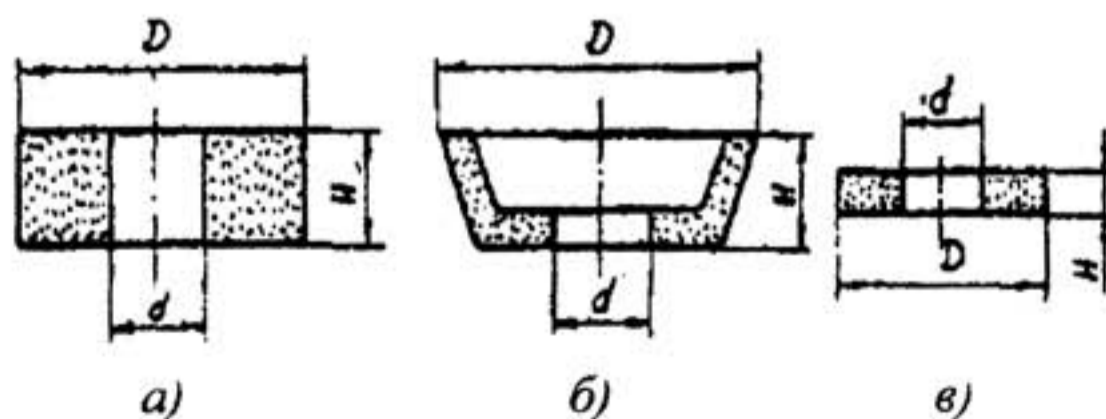


**Рис. 7.2.** Схемы обработки: *а* - на плоскошлифовальном станке (плоское шлифование); *б* - на круглошлифовальном станке (круглое шлифование и внутреннее шлифование)

### *Характеристика и выбор абразивного инструмента*

Шлифовальные круги выпускают в виде различных колец, тарелок, чашек и т.п. Форма, размеры и обозначения кругов приведены в ГОСТ (рис.7.3). Конкретные формы и размеры круга определяются видом шлифования и размерами обрабатываемой поверхности и станка.

Характеристика шлифовального круга, кроме формы и размера, включает вид абразивного материала, размер режущего зерна (зернистость), твердость инструмента, структуру круга, материал связки, точность размеров круга и др.



**Рис. 7.3.** Формы шлифовальных кругов (*а* - плоский прямого профиля; *б* - чашечный конический; *в* - дисковый)

Абразивные материалы подразделяются на две группы: естественные (алмаз, корунд) и искусственные (электрокорунд, карбид кремния, син-

тетический алмаз, эльбор). Наиболее распространены материалы второй группы. Выбор абразивного материала зависит от марки обрабатываемого материала.

## 7.2. Общее устройство универсального плоскошлифовального станка мод.3Г71

Универсальный плоскошлифовальный станок мод.3Г71 с прямоугольным столом предназначен для шлифования плоскостей, а при наличии специальных приспособлений - и для профильного шлифования.

Станок имеет станину 1 (рис.7.4), по которой в поперечном направлении перемещается крестовый суппорт 2. По направляющим крестового суппорта в продольном направлении перемещается стол 3 с электромагнитной плитой. С задней стороны на станине установлена колонна 4, по вертикальным направляющим которой перемещается шлифовальная бабка 5. Шлифовальный круг 6 закрепляется на шпинделе и приводится во вращение от отдельного электродвигателя ( $N = 2,2$  кВт,  $n = 2860$  об/мин).

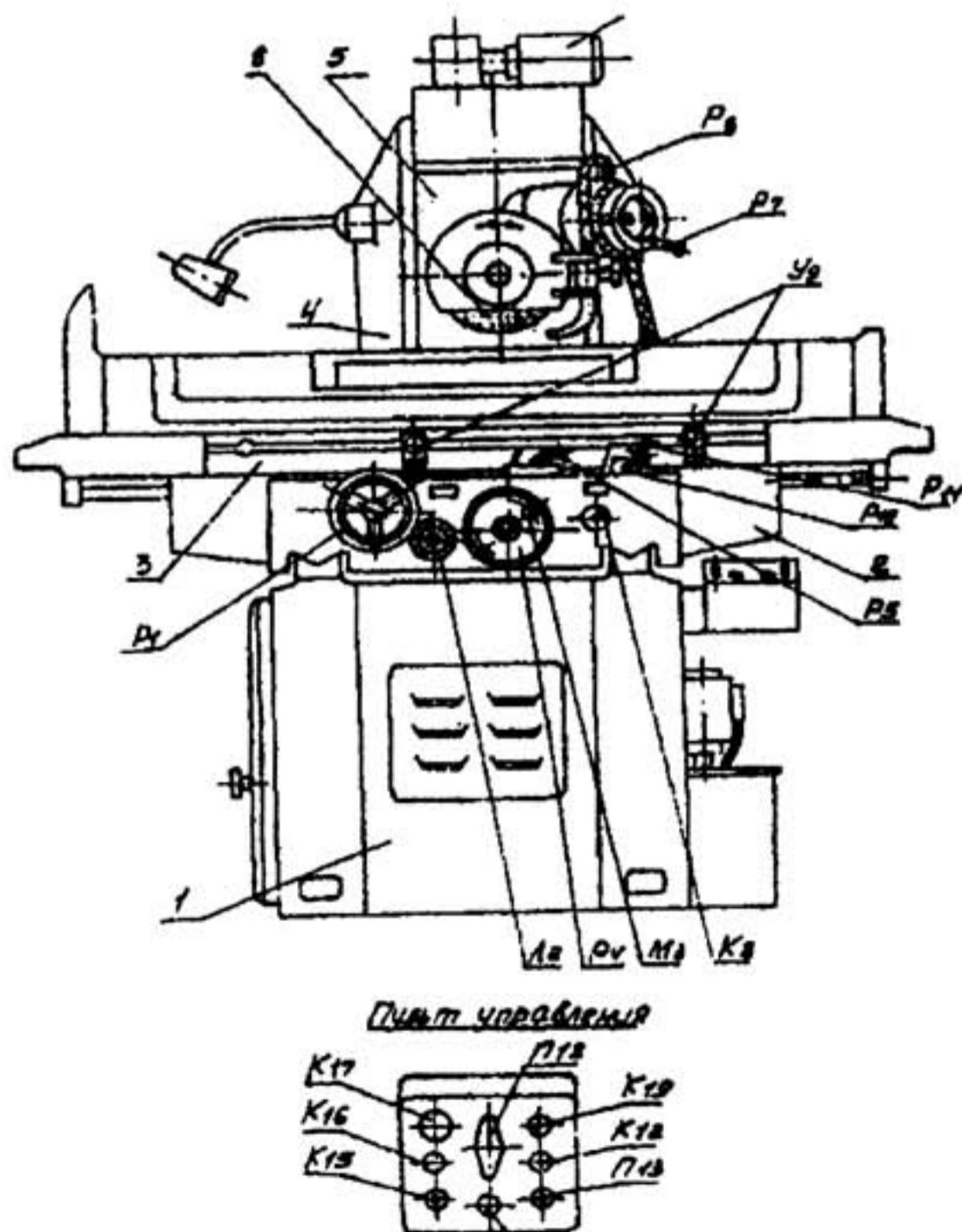


Рис. 7.4. Универсальный плоскошлифовальный станок мод.3Г71.



Возвратно-поступательное движение стола осуществляется движением продольной подачи  $S_{пр}$  (в пределах 5...20 м/мин). Пуск и остановка стола производятся рукояткой  $P_{11}$ . Продольная подача совершается автоматически при помощи гидроцилиндра или вручную с помощью рукоятки  $P_1$ . Ручное и автоматическое движения заблокированы так, что при включении автоматического движения ручное отключается. Направление перемещения продольного стола при автоматической подаче изменяется с помощью передвижных упоров  $У_{10}$ , а при ручной подаче - рукояткой  $P_5$ . Скорость продольного перемещения стола регулируется рукояткой  $P_{12}$ .

Поперечная подача осуществляется крестовым суппортом вместе со столом и может осуществляться вручную или гидравлически. Для ручной подачи служит рукоятка  $P_4$  или маховичок  $M_3$ , обеспечивающий малые подачи. Гидравлическая поперечная подача осуществляется посредством лопастного гидроцилиндра (сервомотора) через храповый механизм и ряд зубчатых колес. Величину автоматической поперечной подачи  $S_{п}$  (в пределах 0,3...4,2 мм/ход) устанавливают по лимбу  $L_2$ . На станке имеется механизм поперечного реверса стола при автоматической поперечной подаче, управляемый кнопкой  $K_9$ .

Вертикальное перемещение шлифовальной бабки выполняют вручную рукояткой  $P_7$  или автоматически с помощью сервомотора, подключенного к гидроприводу. Автоматическое перемещение устанавливают рукояткой  $P_6$  (в пределах 0,005...0,05 мм). Ускоренное движение шлифовальной бабки осуществляют от отдельного электродвигателя 7.

Органы управления станком приведены в табл 7.1.

Таблица 7.1

### Органы управления станком

Обозначение на рис. 7.4	Органы управления и их назначение
$P_1$	Рукоятка ручного продольного перемещения стола
$L_2$	Лимб установки величины автоматической поперечной подачи стола

М <sub>3</sub>	Маховик ручной поперечной микрометрической подачи стола
Р <sub>4</sub>	Рукоятка ручной поперечной подачи стола
Р <sub>5</sub>	Рукоятка ручного продольного реверсирования стола
Р <sub>6</sub>	Рукоятка установки величины автоматической вертикальной подачи
Р <sub>7</sub>	Рукоятка ручной вертикальной подачи
К <sub>8</sub>	Кнопка включения и реверсирования поперечной подачи
У <sub>9</sub>	Упоры продольного реверса стола
У <sub>10</sub>	Рукоятка "Пуск" стола, "Стоп" стола и "Разгрузки гидропривода"
Р <sub>11</sub>	Рукоятка регулирования скорости движения стола
К <sub>12</sub>	Кнопка "Пуск" гидропривода
П <sub>13</sub>	Переключатель режима работы "С плитой" и "Без плиты"
Л <sub>14</sub>	Лампа сигнализации "Станок включен"
К <sub>15</sub>	Кнопка-переключатель магнитной плиты
К <sub>16</sub>	Кнопка "Пуск" шпинделя
К <sub>17</sub>	Кнопка "Все стоп"
П <sub>18</sub>	Переключатель ускоренного перемещения шлифовальной головки
К <sub>19</sub>	Кнопка "Стоп" гидропривода

### Назначение станка

Универсальный плоскошлифовальный станок мод. ЗГ71 предназначен для шлифования плоскостей различных деталей из стали, чугуна или цветных металлов периферисей круга. С применением специальных приспособлений на станке возможно профильное шлифование различных деталей.



Абразивный круг закрепляется на конце шпинделя шлифовальной бабки. Обрабатываемую деталь в зависимости от формы и размера можно закрепить непосредственно на столе станка, в тисках или на магнитной плите. Стол с деталью получает возвратно-поступательное движение в продольном направлении ( $S_{пр}$ , мм/мин). Длина хода стола определяется длиной шлифуемой детали и ограничивается передвижными упорами. При шлифовании деталей, ширина которых больше ширины круга, столу станка сообщают поперечную подачу ( $S_{п}$ , мм/дв.ход). Это движение происходит прерывисто (периодически) при крайних положениях заготовки в конце продольного хода. Периодически производится и вертикальная подача на глубину резания ( $S_{в}$ , мм), которая осуществляется также в крайних положениях заготовки, но в конце поперечного хода.

#### **7.4. Виды работ, выполняемые на плоскошлифовальных станках**

На практике наиболее распространены четыре схемы плоского шлифования (рис.7.5). Шлифуют периферией и торцевой поверхностью круга. Заготовки 2 закрепляют на прямоугольных или круглых столах I. Возможно закрепление одной или одновременно многих заготовок. Прямоугольные столы совершают возвратно-поступательные движения, обеспечивая продольную подачу. В случае, когда ширина круга меньше ширины заготовки (рис.7,5, а), осуществляется поперечная подача. Круглые столы (рис .7.5, в) совершают вращательное движение, обеспечивая круговую подачу ( $S_{кр}$ ). Остальные движения совершаются по аналогии с движениями при шлифовании на прямоугольных столах.

Более производительно шлифование торцом круга, так как в работе одновременно участвует большое число абразивных зерен (рис.7.5,б,г). Шлифование периферией круга с использованием прямоугольных столов расширяет технологические возможности станка. Периферией круга шлифуют, например, дно паза, производят профильное шлифование, предварительно заправив по соответствующей форме шлифовальный круг, а также другие работы. Меньшее тепловыделение при этом приводит к меньшему короблению шлифуемых заготовок. Круги, работающие торцом и имеющие большие диаметры, выполняют составными из отдельных частей - сегментов. Сегменты закрепляют на массив-

ном металлическом диске, выступ которого надежно их охватывает. При этом повышается безопасность шлифования, а глубина резания может быть достаточно большой. Становится возможным шлифовать заготовки без их предварительной обработки.

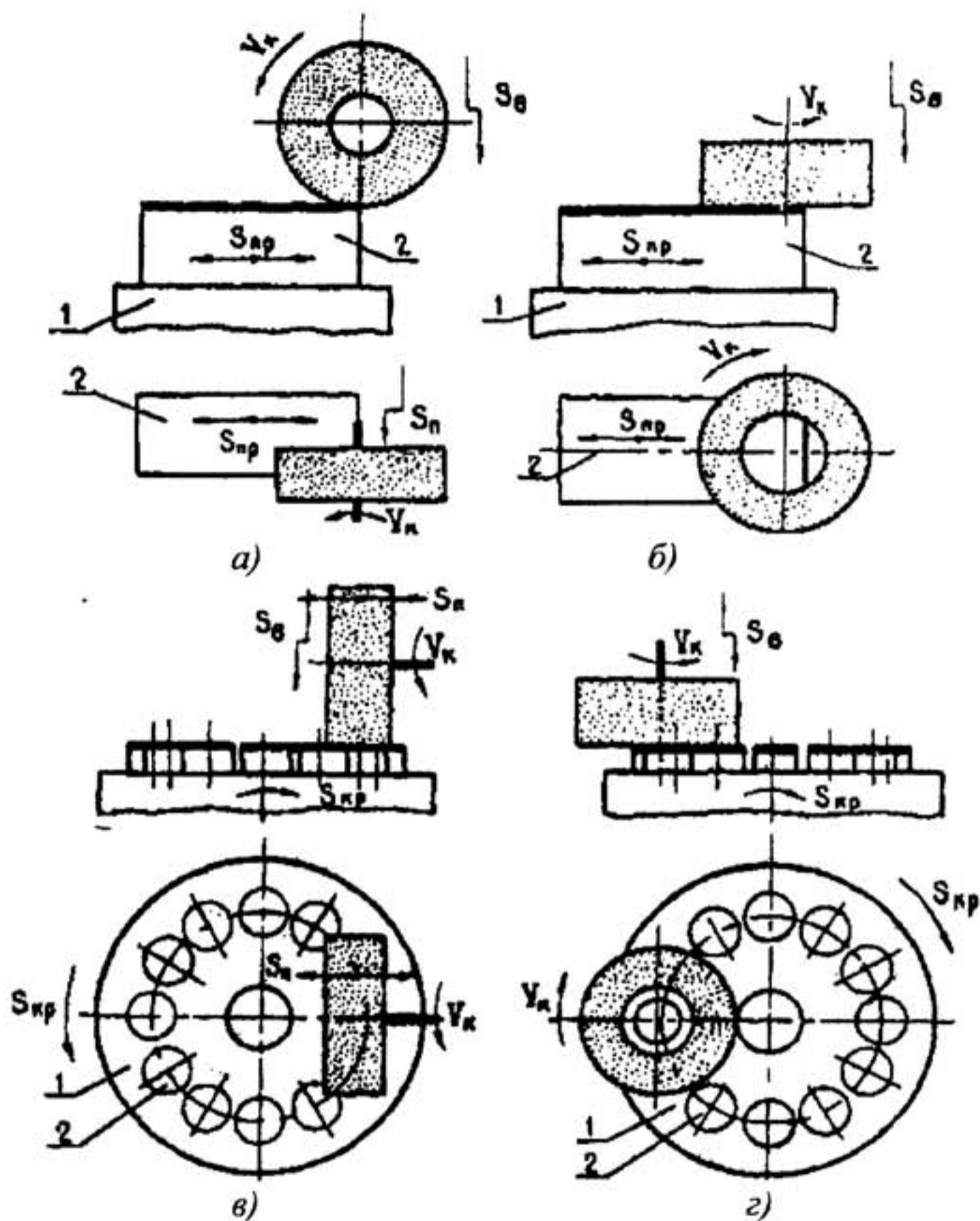


Рис. 7.5. Схемы обработки заготовок на плоскошлифовальных станках

### Круглое шлифование

Шлифование наружных цилиндрических и конических поверхностей (называемое круглым) производят на круглошлифовальных станках. Обрабатываемая деталь может быть закреплена в центрах станка. Скорость периферийных точек шлифовального круга обычно составляет около 30 м/сек., а детали - 16...50 м/сек.



Различают три способа круглого шлифования:

- шлифование с продольной подачей,
- глубинное шлифование,
- шлифование с поперечной подачей (врезное).

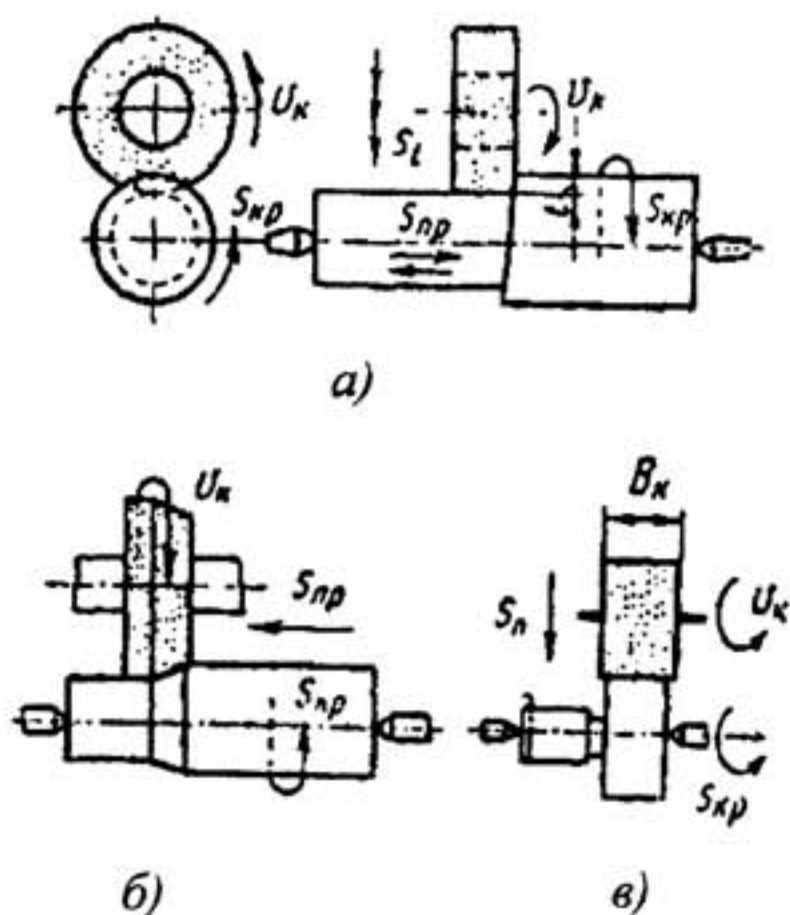


Рис. 7.6. Способы круглого шлифования

Первый способ заключается в том, что при шлифовании деталь имеет продольные перемещения, попеременно в обе стороны.

Поперечная подача шлифовального круга производится по окончании каждого продольного движения (рис. 7.6,а).

Эта схема обработки является наиболее распространённой при шлифовании длинных валов.

При глубинном шлифовании (рис. 7.6, б) весь припуск на заготовке срезается за один проход. С этой целью шлифовальный круг на длине 8 - 12 мм заправляется в конус, который является шлифующей частью, а цилиндрический участок является зачищающей частью.

Шлифование врезанием (рис. 7.6,в) применяется при обработке коротких поверхностей, которые могут быть перекрыты шириной круга  $B_k$ , а также при шлифовании кольцеобразных фасонных поверхностей. В этом случае шлифовальному кругу придают форму, соответствующую шлифуемому профилю. Заготовка получает вращательное движение, а шлифовальный круг - вращение и поперечное перемещение.

Шлифование врезанием является самым производительным методом. Шлифование коротких шеек на жестких валах производится методом врезания.

Этот метод применяют при обработке как сквозных, так и глухих отверстий, имеющих форму цилиндра или конуса.

Шлифование производится периферией круга на внутришлифовальных станках.

На рис 7.7. показаны две схемы шлифования отверстий: с круговой подачей (а) и с планетарной подачей круга (б).

При симметричной форме заготовок шлифование отверстий осуществляется сочетанием следующих движений (рис.7.7.а): вращением круга, возвратно-поступательным перемещением круга вдоль своей оси, вращением заготовки и поперечным перемещением круга в конце каждого двойного хода.

Шлифование отверстий в несимметричных и тяжёлых заготовках производят с планетарной подачей круга. Заготовка находится в неподвижном состоянии, а все необходимые движения приданы шлифовальному кругу.

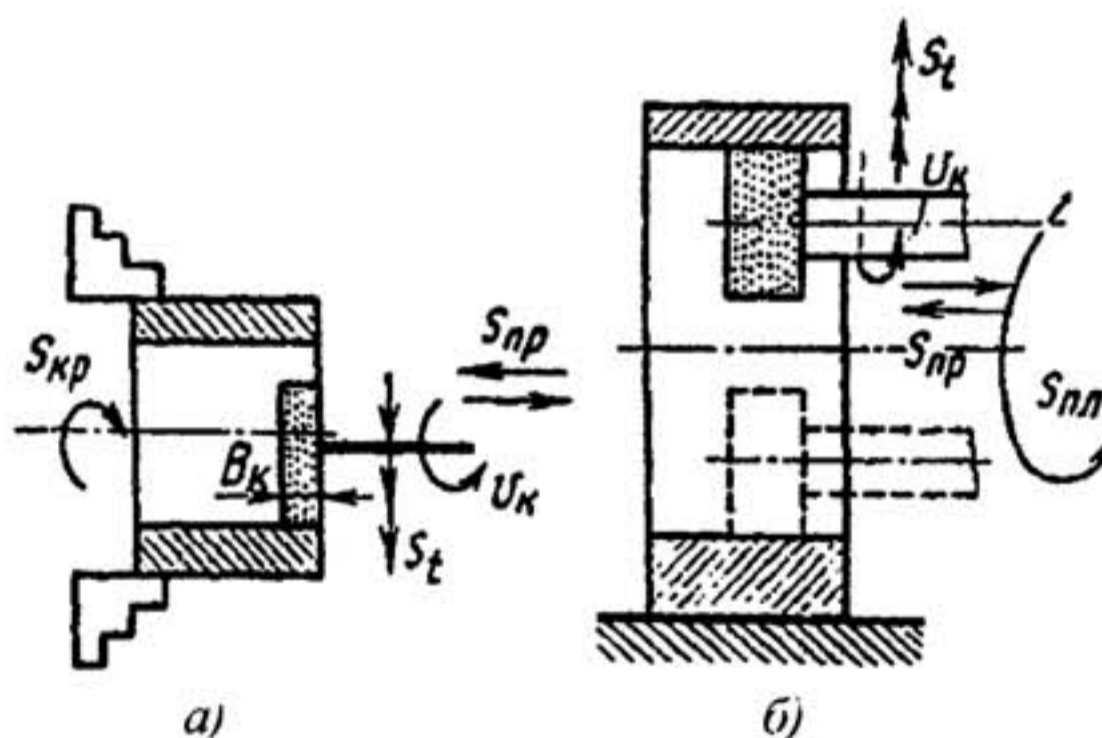
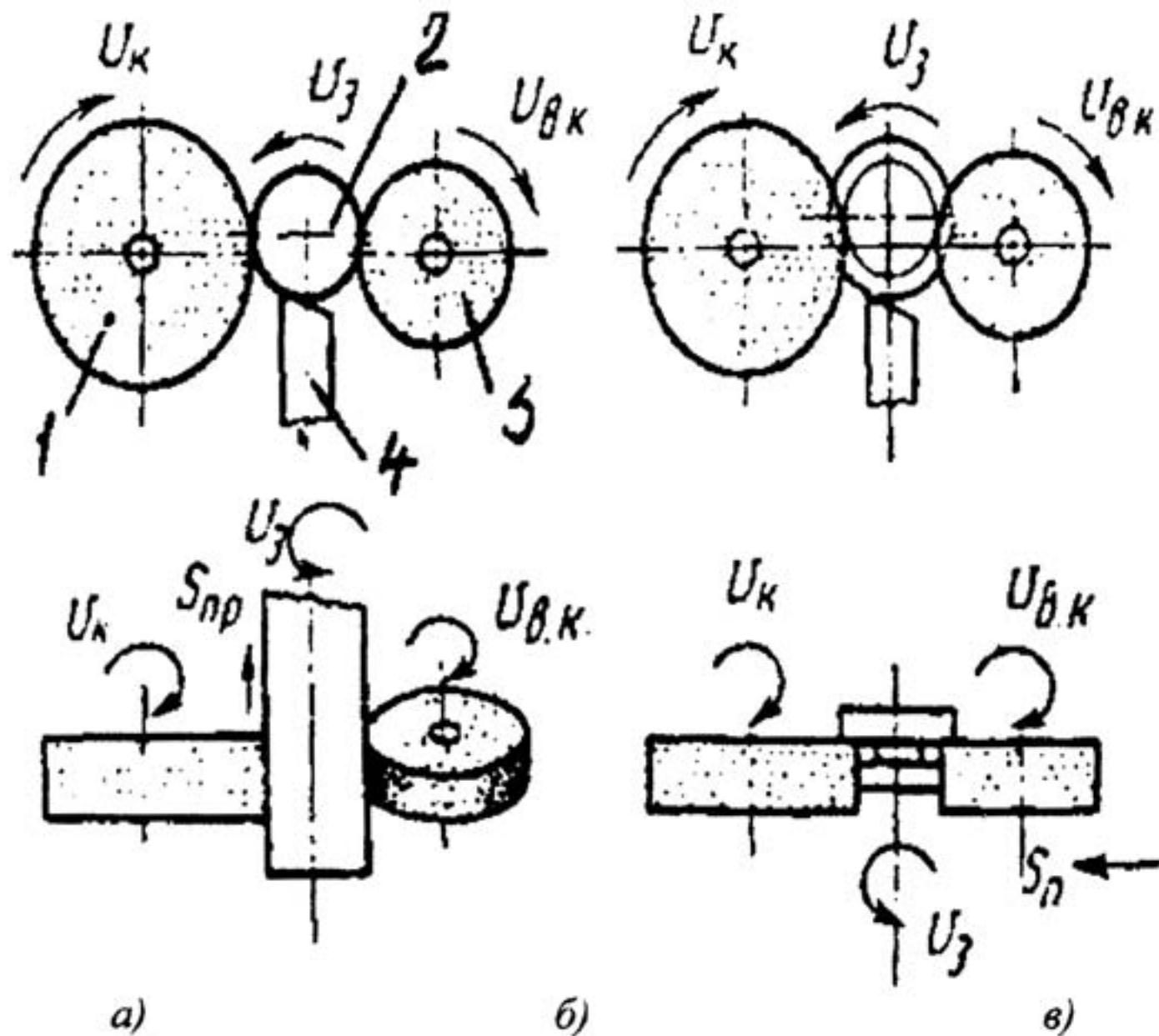


Рис. 7.7. Внутреннее шлифование.

### Бесцентровое шлифование.

На рис.7.8. изображены две схемы бесцентрового шлифования наружных поверхностей вращения с продольной подачей на проход (рис.7.8,а) и с поперечной подачей (рис.7.8,б) коротких заготовок.

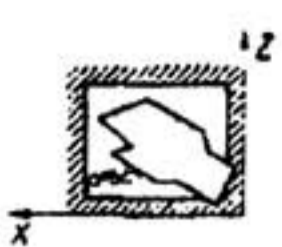
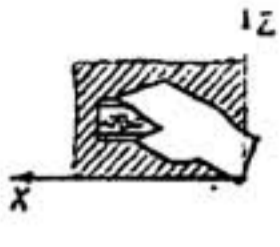
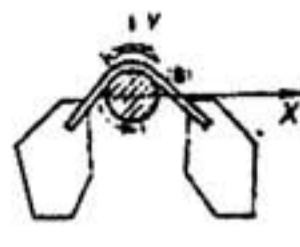





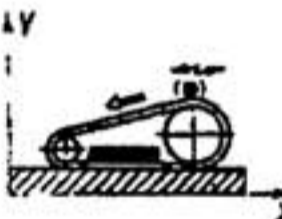
**Рис. 7.8.** Бесцентровое шлифование

При этом способе деталь 2 помещается между шлифующим 1 и ведущим 3 кругами на опоре со скосом 4, благодаря чему деталь прижимается к ведущему кругу. Ведущий круг вращается с небольшой скоростью и приводит во вращение деталь. При шлифовании на проход ведущий круг за счёт поворота оси вращения относительно оси вращения детали сообщает детали ещё и продольное перемещение.

**Шлифование вручную**

<p>1. Шкуркой</p> 	<p>2. Бруском</p> 	<p>3. Круглое</p> 	<p>3. Плоское на шкурке, деталь подвижная</p> 
--	---	--	---

**Шлифование ручными машинами**

<p>5. Плоское</p> 	<p>6. Диск</p> 	<p>7. Торцовое</p> 	<p>8. Профильное</p> 	<p>9. Внутренне круглое</p> 
<p>10. Внутреннее коническое</p> 	<p>11. Лепестковым ровальным кругом</p> 	<p>12. Ленточное фильное</p> 	<p>13. Ленточное плоское</p> 	<p>14. Ленточно фасонное</p> 

**Шлифование на стационарных станках.**

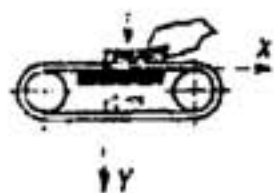
<p>Ручная подача инструмента</p>	<p>Механическая подача инструмента</p>	
<p>15. Поворотный ленточный станок для внутреннего шлифования с опорным роликом</p> 	<p>16. Маятниковый ленточно-шлифовальный станок с опорным роликом</p> 	<p>17. Ленточный плоскошлифовальный станок с направляющей прямолинейного движения с опорным роликом</p> 



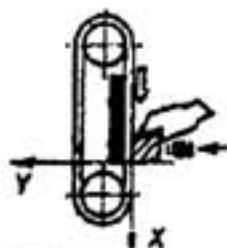
**Ручная подача инструмента**

**Шлифование на стационарных станках**

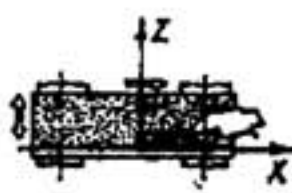
18. Стол ленточно-шлифовального станка с горизонтальной опорной плитой



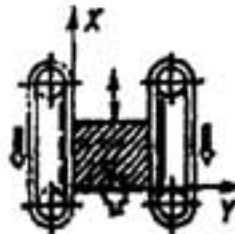
19. Стол ленточно-шлифовального станка с вертикальной опорной плитой



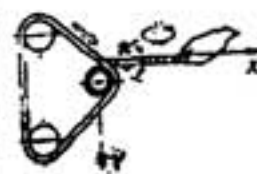
20. Стол ленточно-шлифовального станка с боковой опорной плитой



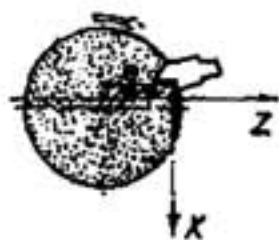
21. Ленточно-шлифовальный станок с параллельными боковыми опорными плитами



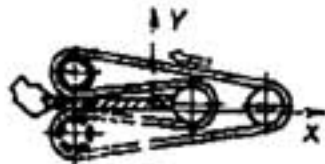
22. Ленточно-шлифовальный станок для фасок



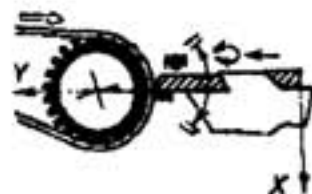
23. Дисковый шлифовальный станок



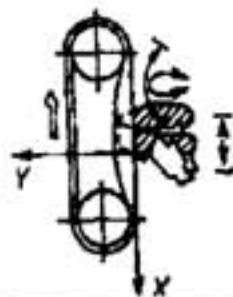
24. Двусторонний ленточный плоско-шлифовальный станок с опорными роликами



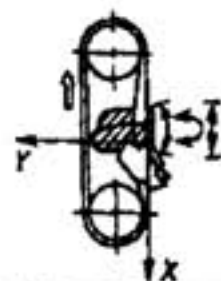
25. Ленточно-шлифовальный станок с опорным кронштейном



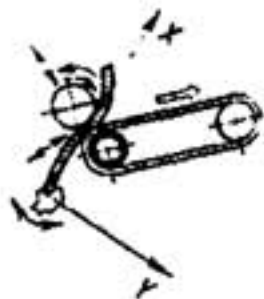
26. Ленточно-шлифовальный станок с вертикальным ходом свободной абразивной ленты



27. Ленточно-шлифовальный станок с вертикальным ходом свободной абразивной ленты



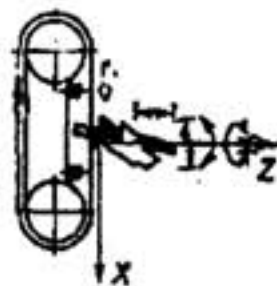
28. Ленточно-шлифовальный станок для шлифования криволинейных профилей



29. Ленточно-шлифовальный станок с пневматическим прижимом к ролику



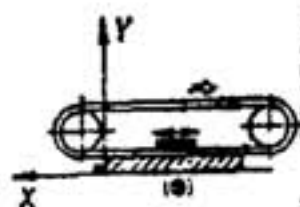
30. Ленточно-шлифовальный станок для шлифования вилкообразных деталей



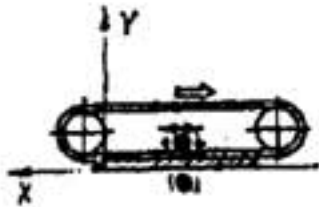
## Ручная подача

Механическая подача  
инструмента

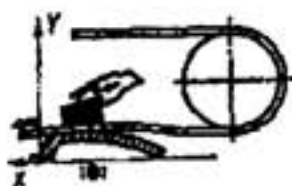
31. Продольный ленточно-шлифовальный станок с опорным башмаком



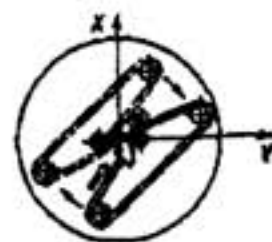
32. Продольный ленточно-шлифовальный станок с опорным роликом



33. Продольный ленточно-шлифовальный станок с опорной колодкой



34. Двухленточный круглошлифовальный станок с вращающимся инструментомносителем

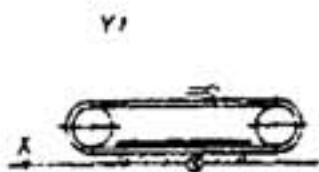


## Машинная подача детали

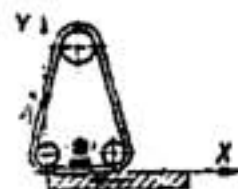
## Шлифование на стационарных станках

## Неподвижный инструмент

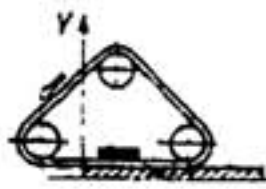
35. Продольный ленточно-шлифовальный станок с опорной колодкой



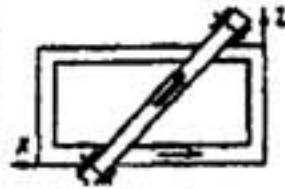
36. Продольный ленточно-шлифовальный станок с широкой лентой и опорной колодкой



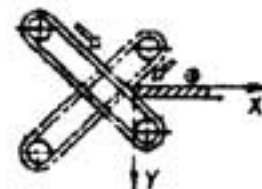
37. Ленточно-шлифовальный станок с опорной плитой



38. Ленточно-шлифовальный станок с наклонной лентой и опорной колодкой

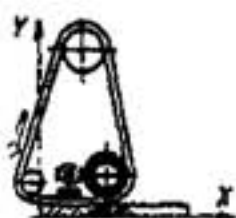


39. Ленточно-шлифовальный станок для двухсторонней обработки фасок

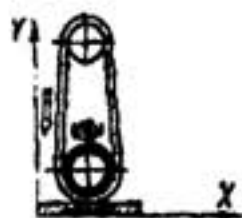




40. Комбинированный ленточно-шлифовальный станок с широкой лентой и опорными роликами и колодкой



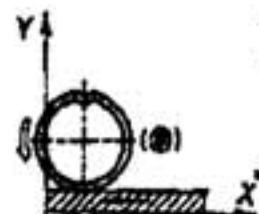
41. Ленточно-шлифовальный станок с широкой лентой, опорным роликом и подъемным столом



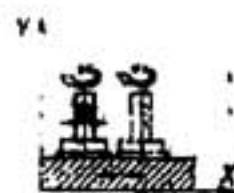
42. Ленточно-шлифовальный станок с широкой лентой и опорным роликом



43. Барабанно-шлифовальный станок

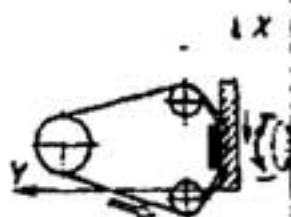


44. Торцовый шлифовальный станок



### Неподвижный инструмент

45. Профильный ленточно-шлифовальный станок с опорным башмаком



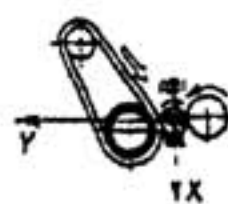
46. Профильный шлифовальный станок с профильным кругом



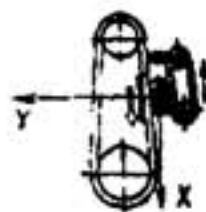
47. Профильный ленточно-шлифовальный станок с опорным роликом



48. Бесцентровый ленточный круглошлифовальный станок с регулированием натяжения ленты

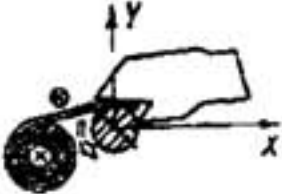

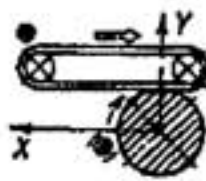
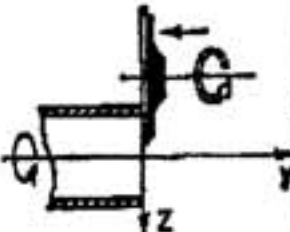
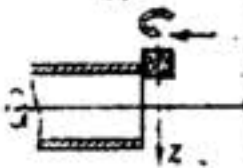


49. Бесцентровый ленточный круглошлифовальный станок с регулированием натяжения ленты



<p>50. Шлифовальный станок с лепестковым кругом</p> 	<p>51. Ленточно-шлифовальный станок для шлифования круглых фасок</p> 	<p>52. Торцешлифовальный станок с двумя дисками</p> 	<p>53. Ленточно-шлифовальный станок для обработки проушин</p> 	<p>54. Плоскошлифовальный станок с перематываемой лентой и опорным роликом</p> 
---	--	--	---	--

**Ручная подача инструмента**

<p>55. Круглое шлифование сматываемой лентой</p> 	<p>56. Шлифование торцов сматываемой лентой</p> 	<p>57. Ленточный круглошлифовальный станок с маятниковым циклом</p> 	<p>58. Шлифование дисков из абразивной шкурки</p> 	<p>59. Торцевое шлифование с применением абразивного круга</p> 
---	---	--	---	--

**Механическая подача инструмента**

<p>60. Ленточно-шлифовальный станок для наружного круглого шлифования с маятниковым циклом</p> 	<p>61. Профильный ленточно-шлифовальный станок для внутреннего шлифования с маятниковым циклом</p> 	<p>62. Ленточный станок для круглого шлифования шеек коленчатых валов</p> 	<p>63. Профильный ленточно-шлифовальный станок с поворотным столом</p> 	<p>64. Копировальный ленточно-шлифовальный станок</p> 
--	--	--	--	---



### Механическая подача инструмента

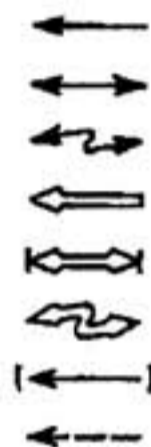
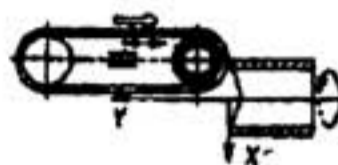
65 Ленточный внутришлифовальный станок с продольным ходом



66. Профиле- и плоскошлифовальный станок с подушкой, движущейся возвратно-поступательно



67. Профильный ленточно-шлифовальный станок с круглым столом



Непрерывное движение рабочей подачи или подача на врезание

Движение подачи вперед и назад

Движение подачи в любом направлении

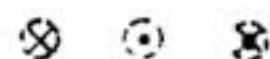
Непрерывное движение резания

Возвратно-поступательное движение резания

Любое движение резания

Дополнительное движение

Шаговое движение подачи



## Лабораторная работа №7

### 1. Абразивная обработка

Цель работы: изучить сущность процесса абразивной обработки, виды шлифования, изучить виды и устройства шлифовальных станков; ознакомиться со схемами шлифования абразива на подкладке; приобрести практические навыки работы на шлифовальных станках.

#### 1.1. Задание на выполнение лабораторной работы.

В ходе работы студент должен:

Произвести правильный выбор шлифовального круга.

Обработать изделие на плоскошлифовальном станке.

1.2. Оборудование, инструмент, приспособления.

Плоскошлифовальный станок.

Шлифовальные круги.

1.3. Содержание отчёта.

Наименование работы.

Краткое содержание теоретической части.

Эскиз обрабатываемой детали.

1.4. Контрольные вопросы.

Виды шлифования, их схемы.

#### Литература.

1. **Коган Б.И.** Абразивный инструмент. Типы, формы, структуры, технические характеристики, рекомендации по применению. – Новосибирск: ООО МП « Институт конверсии », 1999. – 61с.
2. **Некрасов С.С.** Обработка металлов резанием. – М.: Агропромиздат, 1997.

## **Тема 8. Классификация металлорежущих станков**

По технологическому назначению (в зависимости от вида обработки) все металлорежущие станки подразделяются на девять групп. В каждой группе предусмотрены девять типов станков, отличающихся друг от друга технологическим назначением (например, протяжные станки для внутренней обработки), расположением их главных рабочих органов (например, горизонтально-протяжные), степенью автоматизации (полуавтомат или автомат).



Стан- ки	Гру- ппы	Тип станка								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
То- кар- ные	1	Автоматы и полуавтоматы		Ре- воль- вер- ные	Токар- но-ре- воль- вер- ные полу- авто- маты	Кару- сель- ные	То- кар- ные и ло- бото- кар- ные	Много- рез- цовые и ко- пиро- валь- ные	Спе- циа- лизи- рован- ные	Разные
		одно- шпин- дель- ные	мно- гош- пин- дель- ные							
С в е р л и л ь н ы е  и  р а с т о ч н ы е	2	На- столь- но и верти- каль- но- свер- лиль- ные	Одно- шпин- дель- ные	Полу- авто- ма- ты: мно- гош- пин- дель- ные	Коор- ди- натно- расточ- ные	Ради- аль- но и коор- ди- нат- но- свер- лиль- ные	Рас- точ- ные	Отде- лоч- но-рас- точ- ные	Гори- зон- таль- но- свер- лиль- ные	Разные

		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Шлифовальные, полировальные, доводочные, заточные	3	Круглошлифовальные, безцентровошлифовальные	Внутришлифовальные	Обди-роч-ношлифовальные	Специализированные шлифовальные	Продольношлифовальные	Заточные	Плоскошлифовальные	Притирочные, полировальные, хонинговальные, доводочные	Разные, работающие абразивом
Зуборезы и боры	5	Зубострогальные и зубодолбежные для цилиндрических колёс	Зуборезные для конических колёс	Зубофрезерные для цилиндрических колёс и шлицевых валов	Для нарезания червячных колёс	Для обработки торцов зубьев колёс	Резьбофрезерные	Зубоотделочные, проверочные и обкатные	Зуборезы и шлифовальные	Разные



		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Фре- зер- ные	6	Вер- ти- каль- но- фре- зер- ные кон- соль- ные	Фре- зер- ные непре- рыв- ного дей- ствия	Про- доль- ные од- нос- точ- ные	Копи- рваль- ные и гра- виро- валь- ные	Верти- каль- но- фре- зер- ные бескон- соль- ные	Про- доль- ные двух- стоеч- ные	Ши- роко- уни- вер- саль- ные	Гори- зон- тально- фре- зерные консоль- ные	Раз- ные
Стро- галь- ные, долбёж- ные, про- тяжные	7	Продоль- ные: од- носто- еч- ные		Попе- реч- но- стро- галь- ные	Дол- бёж- ные	Про- тяж- ные гори- зон- таль- ные	Протяж- ные верти- кальные для протя- гивания:		-	Раз- ные
		двух стоеч- ные	вну- тре- нне- го				на- руж- ного			
Р а з р е з н ы е	8	Отрезные, рабо- тающие: рез цом			Правиль- ноот- рез- ные	Лен- точ- но- пиль- ные	От- рез- ные с дис- кой пи- лой	От- рез- ные ножо- воч- ные	-	-
		Абра- зив- ным кру- гом	Глад- ким или на- сеч- ным дис- ком							
Р а з н ы е	9	Тру- бо- и муф- тооб- раба- ты- ваю- щие	Пи- лона- сека- тель- ные	Правиль- но- и бесцен- трово- обди- роч- ные	-	Для испы- тания инст- ру- мента	Дели- тель- ные ма- ши- ны	Ба- ланси- ро- воч- ные	-	-

Условное обозначение (индекс) станка состоит из трех или четырех цифр и букв, которые обозначают: первая цифра—группу станка (например, 1—токарная группа, 6—фрезерная, 7 — протяжная и т. д.); вторая—тип или разновидность станка (например, в сверлильно-расточной группе цифра 1 означает вертикально-сверлильный станок; во фрезерной группе 1 — вертикально-фрезерный станок и т. д.); третья (или третья и четвертая) —его типоразмер. Следующая цифра (или две цифры) является главным параметром обработки (например, максимальный диаметр сверления для станков сверлильной группы).

Буква, стоящая после первой цифры, указывает на различное исполнение станков; буква в конце цифровой части означает модификацию базовой модели, степень точности или особенность станка. Например, индекс 2Г106П-2 расшифровывается: вертикально-сверлильный станок в двухшпиндельном исполнении повышенной точности, позволяющий обрабатывать отверстия с максимальным диаметром 6 мм; индекс 1Г325 означает: 1—станок токарной группы, Г—модификация, 3 — револьверный, 25 — максимальный диаметр обрабатываемого прутка. При наличии дополнительных конструктивных особенностей (программное управление, цифровая индикация, магазин с автоматической сменой инструмента) в индекс добавляют следующие буквы: Ц—цикловое программное управление; Ф1—цифровая индикация; Ф2—числовое позиционное программное управление; Ф3 — числовое контурное программное управление; Р—поворотная револьверная головка для автоматической смены инструмента; М—магазин; Ф4 и Ф5 — многооперационные станки.

Станки также подразделяют: по степени универсальности—на универсальные, специальные и специализированные; по массе—на легкие (до 1 т), нормальные (до 10 т), крупные (до 30 т), тяжелые (до 100 т) и уникальные (более 100 т); по точности—нормальной (Н) точности, повышенной (П), высокой (В), особо высокой (А), особо точные или прецизионные (С).

*Выбор оборудования.* Вопросы выбора групп, типов и моделей оборудования рассматриваются на различных стадиях технологической подготовки производства ТПП. Предварительно группу оборудования выбирают при назначении способа обработки поверхности, обеспечивающего выполнение технических требований, предъявляемых к поверхностям. Затем при составлении технологического маршрута обработки и при его технико-экономическом обосновании выбирают конкретную модель станка по следующим показателям: 1) вид обработки—токарная, фрезерная, сверлильная и т. п.; 2) точность и жесткость станка; 3) габаритные размеры станка (высота и расстояние между цен-



трами, размеры стола); 4) мощность станка, частота вращения шпинделя, скорость подачи; 5) возможность механизации и автоматизации выполняемой операции и т. п., 6) цена станка.

После изменения формы собственности многие станкостроительные заводы (акционерные общества) присваивают своим станкам индексы вне рассмотренной системы классификации. Также индексируются специальные станки. В этих случаях характеристику можно узнать только по паспорту или рекламному проспекту. Например, вертикально-сверлильные центры мод. 400V, 500V, 600V, 800V, 800VF6 и др., выпускаемые АО «Стерлитамакский станкостроительный завод».

## Лабораторная работа №8

### 1. Классификация металлорежущих станков

Цель работы: изучение системы обозначения типов станков по их назначению, компоновке, размерам установочных и фиксирующих элементов, максимальным размерам обрабатываемых поверхностей и др.

#### 1.1. Задание на выполнение лабораторной работы.

Студент обязан:

- разобраться с системой классификации металлорежущих станков, установить основные параметры станков разных типов.
- научиться расшифровывать модели станков.

#### 1.2. Справочная документация: классификация станков, каталоги.

#### 1.3. Содержание отчёта.

Наименование работы, классификация МРС, расшифровки моделей станков, указанных преподавателем.

#### 1.4. Контрольные вопросы.

Значения цифр и букв в обозначении моделей станков: 16K20, 2C132, 8B66, 675, 3B151, 5K32, 7A523, 1Г340П, 2733П, 4K722АФ1, 8B531, 1508 и др.

#### Литература.

1. Каталог металлорежущих станков.
2. Балабанов А.Н. Краткий справочник технолога-машиностроителя. – М.: Издательство стандартов, 1992.-464с.

### 9.1. Требования к материалам режущих инструментов

Режущая часть (режущий клин) инструментов при работе подвергается истиранию, тепловым воздействиям и силовым нагрузкам, осуществляя непрерывное деформирование срезаемого слоя. Эти очень тяжелые условия работы определяют требования к материалам режущей части. Пригодность подобных материалов определяется их твердостью, теплостойкостью, механической прочностью, износостойкостью, технологичностью и стоимостью).

Понятно, что внедрение одного материала (клина) в другой (заготовку) возможно лишь при преобладающей твердости первого. Твердость большинства конструкционных материалов ниже твердости соответствующего инструмента. Однако под воздействием высокой температуры при резании твердость многих материалов снижается и, в частности, твердость инструмента может оказаться недостаточной для осуществления резания. Свойство материала сохранять необходимую твердость при высокой температуре называется теплостойкостью, которая характеризуется критической температурой. Инструмент при температуре выше критической эффективно работать не будет. Очевидно, что эта температура определяет допустимую скорость резания.

Важность механической прочности для инструментальных материалов обусловлена особенностью нагружения режущих зубьев:

консольным расположением (закреплением) зуба, возможностью ударных нагрузок, работой режущих элементов на изгиб, растяжение и сжатие. Поэтому пределы прочности на изгиб и сжатие и ударная вязкость являются основными показателями прочности инструментальных материалов.

Способность противостоять трению также является важным свойством материала инструмента, так как при работе он подвергается истиранию в местах контакта с заготовкой. Износостойкость характеризуется работой трения, отнесенной к величине стёртой массы материала.

Технологичность инструментального материала, т.е. степень его соответствия технологии термической обработки, обработка давлением, механической обработки и др., является свойством, определяющим возможность использования его в конструкции режущего инструмента.



Так, материалы с плохой шлифуемостью будут неудобны при изготовлении и переточке инструмента; слишком узкий температурный интервал нагрева материалов при термообработке может привести к браку и т.п. Технологичность материала может оцениваться и такими его свойствами, как свариваемость, припаиваемость и др .

Понятно, что материал режущих инструментов не должен состоять лишь из дорогих и дефицитных элементов, поскольку это будет сказываться на его стоимости и применяемости.

## ***9.2. Классификация инструментальных материалов***

Все материалы для изготовления инструментов делятся на три группы: металлические, неметаллические, промежуточные.

### ***9.2.1. Металлические инструментальные материалы***

Инструментальные стали применяют достаточно широко для изготовления корпусной и крепёжно-присоединительной частей режущих инструментов, а во многих случаях - и их режущей части. Если инструмент работает при низких скоростях резания и не нагревается выше 200-220°C, то его можно изготавливать из углеродистой инструментальной стали марок У7А, У8А, У10А, У13А и др. Обычно режущий инструмент для таких слесарных работ, как опилование, шабрение, рубка, нарезание резьбы (т.е. напильники, шаберы, зубила, метчики, плашки и др.), делается из этих сталей и после термической обработки может иметь высокую твердость (до HRC 64). Закалка (охлаждение) сталей ведется через воду в масле. Однако и в этом случае ввиду высокой критической скорости закалки эти стали прокаливаются на небольшую глубину, и сердцевина инструмента остается вязкой. Для снятия внутренних напряжений применяют отпуск при температуре 120-150°C. Химический состав и марки инструментальных углеродистых сталей

приведены в ГОСТ-1435-90.

Для повышения тех или иных свойств инструментальных сталей в их состав вводят так называемые легирующие элементы, обозначаемые соответствующими буквами в марках стали: - никель (Н) после соответствующей термообработки стали сообщает ей тонкую структуру, определяющую высокую пластичность и вязкость, увеличивает прокаливаемость; - марганец (Г) увеличивает прокаливаемость и прочность стали, ускоряет процесс цементации и повышает износостойкость; - хром (Х) упрочняет сталь в результате его растворения в железной основе и образования карбидов; - вольфрам (В) повышает твердость путем образования сложных карбидов и сохраняет твердость сплава при отпуске, уменьшает его склонность к росту зерна при нагреве, повышает износостойкость и теплостойкость; - ванадий (Ф) резко уменьшает рост зерна при нагреве, увеличивает устойчивость против снижения твердости при отпуске, улучшает свариваемость, но ухудшает шлифуемость материала; - молибден (М) уменьшает склонность стали к отпускной хрупкости, повышает прокаливаемость, придает повышенную прочность, пластичность и вязкость; - кремний (С) улучшает прокаливаемость стали, снижает её чувствительность к перегреву, равномернее распределяет карбиды.

Марки и химический состав инструментальных сталей определены ГОСТ 5950-73. Теплостойкость их не превышает 250-300°C, что позволяет несколько увеличить скорость резания (табл. 1,2) инструментами из этих материалов. Низколегированные стали Х, В2Ф, 13Х и др. применяют для слесарных инструментов (плашек, разверток, метчиков, шаберов, зубил и др). Высоколегированные стали ХВСТ, 9ХС, ХВГ и др. служат для изготовления разверток, фасонных резцов, свёрл малого диаметра, концевых фрез, протяжек, метчиков и других инструментов, работающих при скоростях резания до 0.33 м/с.



Особую группу составляют быстрорежущие стали, имеющие содержание вольфрама от 6 до 18%. ГОСТ 19265-73 предусматривает более десяти марок этих сталей. В состав этих сталей входят кобальт (К), молибден (М), ванадий (Ф) и вольфрам (В), причем все эти стали имеют 3,0-4,6% хрома и 0,7-1,3% углерода. Стали P18, P12, P9 относятся к вольфрамовым быстрорежущим, P6M3 и P6M5 - к вольфрамолибденовым, P18Ф2, P14Ф1, P9Ф5 - к вольфрамованадиевым, P9K5 и P9K10 - к вольфрамокобальтовым, P18K5Ф2, P10K5Ф5 и др. к сложнолегированным быстрорежущим.

Быстрорежущие стали отличаются высокой теплостойкостью, достигающей у лучших марок до 650 °С. Они пригодны для режущей части инструментов, работающих при скоростях резания 0,8-1,0 м/с. Так, из стали нормальной производительности P9, P18, P6M5 делают режущую часть автоматных и фасонных резцов, сверл, зенкеров, фрез, разверток, зуборезного инструмента, а из быстрорежущих сталей повышенной производительности P18Ф2, P14Ф4, P9Ф5 и др. - аналогичные инструменты для обработки высокопрочных и труднообрабатываемых материалов. Ввиду дефицитности вольфрама инструмент из этих сталей делают во многих случаях составным, т.е. режущую часть из быстрорежущей стали, а корпусную или крепёжно-присоединительную - из конструкционной стали. Инструмент после термообработки имеет высокую твердость режущей части (до HRC 64 и выше).

Рекомендации по применению быстрорежущих сталей даны в табл. 9.1 и 9.2.

## Рекомендации по применению быстрорежущих сталей и сплавов.

Таблица 9.1

Тип инструмента	Цветные металлы и сплавы		Чугун серый		Стали углеродистые и низколегированные (НВ=250) $\Delta=100\text{кгс/мм}^2$		Стали аустенитные	
	1	2	3	4	5	6	7	8
	Марка	Относительная стойкость	Марка	Относительная стойкость	Марка	Относительная стойкость	Марка	Относительная стойкость
Резцы токарные	P6M5	3,0	P6M5	3,0	P6M5	1,0	P6M5 P6M5 K6	1,0 4,0
Резцы фасонные	P6M5	3,0	P6M5	3,0	10 P6M5 P6M5	1,0 0,7	P6M5 K5	3,0
Свёрла спиральные	10P8 M3 P6M5	2,5 2,0	10P6M5 P6M5	2,5 2,0	P6M5 10P6 M5	1,0 1,5	P6M5 K6	4,0
Зенкеры и развёртки	P6M5	3,0	P6M5	3,0	P6M5	1,0	P6M5	0,8
Метчики, планки и др. резьбонарезные инструменты	P6M5	3,0	P6M5	3,0	P6M5	1,0	P9M4 K6	3,0
Фрезы всех типов	P6M5 11M5 Ф	2,0 1,0	P6M5	3,0	P6M5 10P6 M5 10P8 M3	1,0 1,5 1,5	P6M5 K6 P9M4 K8 P6M5 K511	3,0 3,5 3,5
Протяжки	P6M5	2,0	P6M5	2,0	P6M5 P12 10P8 M3	0,9 1,0 1,3	P12 P6M5 K5 P5M4 K811	1,0 1,0 3,0



1	2	3	4	5	6	7	8	9
Зуборезные инструменты	P6M5	2,0	P6M5	2,0	P6M5	1,0	P6M5K5	1,0
					P6M5K5	1,2	P9M4K9	5,0

стойкость инструмента из стали P18 принята за 1

Таблица 9.2

Тип инструмента	Стали высокопрочные (HRC до 40, $\Delta > 100 \text{ кгс/мм}^2$ )		Сплавы на никелевой основе		Титановые сплавы		Тугоплавкие сплавы	
	Марка	Относительная стойкость	Марка	Относительная стойкость	Марка	Относительная стойкость	Марка	Относительная стойкость
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Резцы токарные	P6M5K5	5,0	P6M5K5	4,0	P6M5 K5 B11M 7K23	5,0  10,0		
	P6M4K8	5,0	P9M4K3	4,0				
			P8M3K6C	5,0				
Резцы фасонные	P6M5K5	4,0	P6M5K5	3,0	H11M 7K23	7,0		
			P9M4K9	3,5				
Свёрла спиральные	10P6M3	1,5	P6M5K5	3,0	P6M5 K5	2,0		
	P6M5	1,0	P9M4K8	3,5				
	P6M5K5	4,0	P6M3K6C	3,5				
Зенкеры и развёртки	P6M5K5	3,0	P8M3K6	4,0	P6M5 K5	1,5		

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Метчики, планки и др. резьбонарез- ные инстру- менты	P6M5K5 P9M4K8	3,0  2,0	P9M4K8 P6M3K6 C	 1,5  5,0	B11M7 K23	6,0		
Фрезы всех типов	P6M5K5 P6M5K5 П	1,2  1,2	P2M6Ф2 K8AT P6M5K5 P8M3K6 C	 1,3 4,0 5,0	B11M7 K23 B3M12 K23	 5,0 5,0	P6M5K 5 P0M6Ф 2 K8AT P6M5K 6П	1,0    1,0 1,2
Протяжки	P9M4K9	1,5	P9M4K9	3,0	P9MK8 P6M5K 5	2,0 1,0		
Зуборезные инструменты	P6M5K5	1,6	P8M3K6 C	5,0				

### 9.2.2. Твердые сплавы

Промышленность выпускает свыше 30 марок твердых сплавов (ГОСТ 3882-74), в том числе около 20 марок для изготовления режущей части инструментов. Эти материалы представляют собой сплавы карбидов тугоплавких металлов с кобальтом, являющимся своеобразной связкой. Их получают методом прессования шихты и последующего спекания полученных элементов режущего инструмента (пластин, зубьев, коронок и т.п.). Вольфрамовые твердые сплавы разделяют на одно-, двух- и трёхкарбидные. Однокарбидные сплавы производятся на базе карбида вольфрама и называются вольфрамокобальтовыми (группа ВК). В марках ВК2, ВК4, ВК6, ВК8 цифра показывает процентное содержание кобальта (остальное - карбид вольфрама). Сплавы этой группы наиболее прочные. С увеличением содержания кобальта повышается сопротивле-



ние сплава ударным нагрузкам, но уменьшается его износостойкость. Применяются для обработки чугуна, цветных металлов и их сплавов и неметаллических материалов точением, фрезерованием и т.п. Предельная теплостойкость этих материалов определяется началом интенсивного окисления карбидов, т.е. температурой 950-100°С.

Двухкарбидные твердые сплавы, помимо компонентов группы ВК, содержат карбиды титана и называются титановольфрамкобальтовыми (группа ТВК и ТК). В марках Т5К10, Т14К8, Т15К6, Т3ОК4 цифры после буквы Т показывают процентное содержание карбидов титана, после К – содержание металлического кобальта (остальное – карбиды вольфрама). Сплавы этой группы более износостойки и менее прочны, чем сплавы группы ВК. Применяются при обработке углеродистых и легированных конструкционных сталей точением, фрезерованием и т.п. Предельная теплостойкость этих материалов определяется началом интенсивного окисления карбидов, т.е. температурой 1100-1150°С.

Трехкарбидные твердые сплавы по сравнению со сплавами группы ТВК включают еще и карбиды тантала и называются титанотантало-вольфрамкобальтовыми (группа ТТК). В марках ТТ7К12, ТТ8К6, ТТ20К9 цифра перед К показывает суммарное процентное содержание карбидов титана и тантала, после К – содержание кобальта (остальное – карбиды вольфрама). Сплавы этой группы имеют высокую прочность и применяются при обработке жаропрочных сталей и сплавов, титановых сплавов.

В нашей стране и за рубежом ведутся работы по использованию особо мелкого зерна карбидов вольфрама в производстве вольфрамкобальтовых и титановольфрамкобальтовых сплавов. Особомелкозернистая структура (ОМ) способствует повышению износостойкости материала без существенного снижения его прочности. Сплавы ВК6-ОМ, ВК10-ОМ, ВК15-ОМ имеют основную массу зерен размером менее 1 мкм, ГОСТ 3882-74 предусматривает применение мелкозернистых (М)

вольфрамокобальтовых сплавов ВКЗ-М, ВК6-М и др.

Каждая марка твердого сплава может эффективно применяться лишь в конкретных условиях. Наша промышленность производит твердые сплавы для всех условий обработки.

Твёрдые сплавы в соответствии с рекомендациями международной организации стандартов ИСО делятся на три группы в зависимости от материалов, для обработки которых они предназначены ( табл. 9.3).

Для обработки чугуна, цветных металлов, пластиков и других материалов, образующих при резании стружку надлома, следует применять сплавы группы «К».

Сплавы группы «М» являются универсальными, удовлетворительно работают как при обработке стали, так и чугуна. Главное назначение этих сплавов - обработка нержавеющей, жаропрочных сталей, титановых сплавов и ковких легированных чугунов.

Сплавы группы «Р» рекомендуются для обработки стального литья и других материалов, дающих сливную стружку. Основные группы применения разбиты на подгруппы, обозначенные двухзначным индексом. Увеличение значения индекса означает, что при обработке резанием предъявляются повышенные требования к прочности сплава. С понижением значения индексов возрастают требования к твердости, сопротивлению износу, а следовательно, повышается допустимая скорость резания.

Рекомендации по выбору марки твердого сплава в зависимости от вида, характера обработки и обрабатываемого материала приведены в табл. 9.3;9.4;9.5.



## Области применения спеченных твердых сплавов

Группа применения			Марки твердого сплава производства	
1	2	3	4	5
Обозначение	Обрабатываемый материал и тип стружки	Вид обработки и условия применения	КЗТС «Победит»	ВНИИТС
P01	Сталь, стальное литье, дающее сливную стружку	Чистовое точение, растачивание, развертывание. Высокая точность обработки и высокое качество поверхности изделия	ТЗОК4	BT100
P10		Отсутствие вибрации во время работы. Точение, точение по копиру, нарезание резьбы, фрезерование, рассверливание, растачивание	T15K6 KHT16	BT110 BT112
P20	Сталь, стальное литье, ковкий чугун и цветные металлы, дающие сливную стружку	Точение, точение по копиру, фрезерование, чистовое строгание	T14K8 KHT16	BT 120

1	2	3	4	5
P25	Сталь нелегированная, низко- и средне-легированная	Фрезерование, в том числе и фрезерование глубоких пазов, другие виды обработки, при которых предъявляются повышенные требования к сопротивлению сплава тепловым и механическим нагрузкам	ТТ20К9 МС137	ВТ125 ВТ126
P30	Сталь, стальное литье, ковкий чугун, дающие сливную стружку	Черновое точение, фрезерование, строгание. Для работ в неблагоприятных условиях	Т5К10 ТТ10К8Б МС131 ТВ4	ВТ130 ВТ 142
P40	Сталь, стальное литье с включениями песка и раковинами	Черновое точение, строгание. Для работ в особо неблагоприятных условиях	ТТ7К12 МС146	ВТ141 ВТ142
M05	Сталь, стальное литье. Высоколегированные стали, в	Точение и развертывание.	ВК6-ОМ	ВТ210
M10	том числе аустенитные, жаропрочные труднообрабатываемые стали и сплавы, серый, ковкий и легированный чугуны, дающие как сливную, так и стружку надлома	Точение, фрезерование, развертывание и сверление	ВК6М МС221	ВТ210 ВТ220



1	2	3	4	5
М20	Стальное литье, аустенитные стали, марганцовистая сталь, жаропрочные труднообрабатываемые стали и сплавы, серый и ковкий чугуны, дающие как сливную, так и стружку надлома.	Точение и фрезерование.	ВК6ВС ТТ10К8Б МС221	ВТ142 ВТ220 ВТ331
М30	Стальное литье, аустенитные стали, жаропрочные труднообрабатываемые стали и сплавы, серые и ковкие чугуны, дающие как сливную, так и стружку надлома.	Точение, фрезерование, строгание. Условия резания неблагоприятные.	ВК10- ХОМ ВК8	ВТ332
М40	Низкоуглеродистая сталь с низкой прочностью, автоматная сталь и другие металлы, дающие как сливную, так и стружку надлома.	Точение, фасонное точение, отрезка преимущественно на станках-автоматах.	ТТ7К12 МС241	ВТ142 ВТ331

1	2	3	4	5
К15	Легированные и отбеленные чугуны, закаленные стали, нержавеющей высокопрочные и жаропрочные стали и сплавы, дающие стружку надлома.	Чистовое и получистовое точение, растачивание, развертывание, нарезание резьбы.	BK6-M BK6-OM TT8K6	BT310 BT210
К17	Серый и ковкий чугуны преимущественно повышенной твердости, закаленная сталь, алюминиевые и медные сплавы, пластмассы, стекло, керамика, дающие стружку надлома	Точение, растачивание, фрезерование, сверление, шабрение.	BK9-M BK6-OM MC318	BT310 BT210
К20	Серый чугун, цветные металлы, сильно абразивная прессованная древесина, пластмассы.	Точение, фрезерование, строгание, сверление, растачивание.	BK4, BK5 BK6BC, MC301	BT301 BT111 BT201
К30	Серый чугун низкой твердости и прочности, стали низкой прочности, древесина, цветные металлы, пластмасса, плотная древесина, дающие стружку надлома.	Точение, фрезерование, строгание, сверление Работы в неблагоприятных условиях. Допустимы большие передние углы заточки инструмента.	BK3 MC301	BT351 BT352
К40	Цветные металлы, древесина, пластмассы, дающие стружку надлома.	Точение, фрезерование, строгание. Допустимы большие передние углы заточки инструмента.	BK8 MC347	BT330



Неблагоприятными условиями работы следует считать работу с переменной глубиной резания, прерывистой подачей, ударами, вибрацией, с наличием литейной корки и абразивных включений в обрабатываемом материале.

## Выбор марок твердых сплавов для резания сталей.

Вид обработки	Характер обработки	Стали углеродистые качественные, конструкционные	Стали хромни-келевые, хром-марганцевые, хромо-никель-молиб-деновые, шарико-подшип-никовые	Стали инст-румен-тальные легиро-ванные, быст-роре-жущие, хромо-никель-вольф-рамо-вые	Стали высо-комар-ганцо-вистые	Стали корро-зионно-стойкие нержавеющие фер-ритного и мар-тенсит-ного класса	Стали корро-зионно-стойкие, кисло-тостой-кие ау-стенит-ные и аусте-нитно-мартен-ситные	Закален-ные стали HRC <sub>э</sub> >50
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Точение	Чисто-вое $t = 0,2-2$ мм $s=0,05-0,3$ мм/об	ТЗОК4	ТЗОК4	В013 ТЗО К41	ВОК60 ВК6-ОМ ВК3-М	Т15К6 ВК3-М ВК6-ОМ	ВК6-ОМ ВК6-М	ВОК60 ТЗОК4
	Полу-чисто-вое $t = 2-4$ мм $s=0,10,5$ мм/об	КНТ16 Т15К6 МС221	КНТ16 Т15К6 МС211 Т14К8	КНТ16 Т15К6 МС211	ВК6-М ВК10-Х ОМ	ВК6-М ВКЮ-ХОМ	ВК6-М ВКЮ-ХОМ	ВОК60 Т15К6 ВК6-ХОМ.
	Чер-новое $t=4-10$ мм $s=0,5-1,5$ мм/об	Т5К10 Т14К8 МС146	Т5К10 МС146	Т5К10 МС146	ВК10-ОМ	ВК10-ОМ	ВК8 ВК10-ОМ	
	Тяжелое черно-вое $t=10-30$ мм $s=1,0-2,5$ мм/об	МС146 ТТ7К1:	МС146 ТТ7К12	МС146 ВК10-ОМ ТТ7К12	ВК10-ОМ ВК15-ХОМ	ВК10-ОМ ВК15-ХОМ ВК8	ВК10-ОМ ВК15-ХОМ ВК8	



1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Нарезание резьбы	T15K6	T15K6 T14K8	1BK3.M BK6-OM	BK6-OM	BK6-OM	BK3M BK6-OM	-
	Отрезка и прорезка канавок	T14K8 T15K6	T14K8 T15K6	T14K8 T5K10	BK6-M BK 10-OM	BK10-OM	BK6-M BK10-OM BK6, BK8	
Фрезерование	Получистое и чистое	KHT16 T15K6 MC137	KHT1 6 T14K8	T15K6 MC121	BK6-M BK 10-OM	BK6-M BK10-OM	BK6-M	T3OK4
	Черновое	T14K8 T5K10 MC137	T5K10 MC146 MC137 T14K8	T5K10 MC146 TT7K12 T14K8	BK10-OM BK8	BK10-OM BK8	BK8 BK10-OM	
Сверление	Черновое	T5K10 T4K8 MC146	T5K10; MC146	T5K10 MC146	-	BK8 BKЮ- XOM	BK8 BK6 BKЮ- OM	
	Чистое	T15K6	T14K8 T15K6	T14K8 T15K6	BK6-M BK10-OM	BK6 BK6-M BK 10-OM	BK6-M BK6	T3OK4 T15K6
Развертывание		T3OK4 T15K6	T3OK4 T15K6	T3OK4 T15K6	BK6-OM BK6	BK6-OM BK6-M	BK6-OM BK6-M	-

### Выбор марок твердых сплавов для обработки резанием цветных металлов, жаропрочных и титановых сплавов

Вид обработки	Характер обработки	Жаро-стойкие деформируемые сплавы на железо-никелевой и никелевой основе	Окалино-стойкие и жаро-прочные литейные сплавы на никелевой основе	Сплавы на титановой основе	Медь, латунь и другие сплавы на основе алюминия	Тугоплавкие сплавы на основе вольфрама молибдена ниобия
1	2	3	4	5	6	7
Точение	Чистовое $t = 0,2-2$ мм $s =$ $0,05-0,3$ мм/об	ВК6-ОМ ВК6-М	ВК6-ОМ ВК6-М	ВК6-ОМ ВК6-М	КНТ16 ВК6-ОМ ВК6-М ВК3 ВК3-М	ВК6-ОМ ВК3-М
	Получис- товое $t =$ $2-4$ мм $s =$ $0,2-0,5$ мм./ об	ВК6-М ТТ10К8Б	ВК6-М	ВК6-М ВК6 ВК 10-ОМ	КНТ16 ВК6-ОМ ВК6-М ВК6	ВК6-М ВК 10-ОМ
	Черновое $t = 6-12$ мм $s = 0,4-$ $1,0$ мм/об	ВК6 ВК8	ВК8	ВК8	ВК6 ВК8	ВК 10-ОМ
Отрезка, прорезка канавок		ВК8	ВК8	ВК8	ВК6-М ВК6 ВК8	ВК 10-ОМ
Нарезание резьбы		ВК6-ОМ ВК6-М	ВК6-М	ВК6-ОМ ВК6-М	ВК6-М ВК6	ВК6-М ВК 10-ОМ
Фрезеро- вание	Получис- товое и чистовое	ВК6-М ВК6 ВК10-ОМ	ВК6-М ВК6	ВК6 МС318	ВК6-М, ВК6	ВК6-М
	Черновое	ВК6 ВК8 МС318	ВК6 ВК8	ВК8	ВК6 ВК8	

1	2	3	4	5	6	7
Сверление	Черновое	ВК6-М ВК6 ВК10-М	ВК6-М ВК6ВК 10-ОМ	ВК6-М ВК8 ВК10-ОМ	ВК6 ВК8	ВК6-М ВК6-ОМ
	Чистовое	ВК6-М ВК6	ВК6-М ВК6	ВК6-М В 10-ОМ	ВК6-М ВК6	ВК6-ОМ ВК 10-ОМ
Зенкеро- вание	Черновое	ВК8	ВК6-М ВК6	ВК6 ВК8	ВК6 ВК8	ВК6-ОМ ВК6-М
Разверты- вание		ВК6-ОМ ВК6-М ВК10-ОМ	ВК6-М ВК10-ОМ	ВК6-М ВК10-ОМ	ВК6-М ВК6	ВК6-М ВК6-ОМ

Таблица 9.6.

**Выбор марок твердых сплавов для обработки резанием чугунов**

Вид обра- ботки	Характер обработки	Серые чугуны (НВ < 240) типа СЧ 25, СЧ 30, СЧ40	Чугуны ковкие, отбе- ленные НВ = 400-570 типа ВЧ45, КЧ35, КЧ45
	Чистовое точение $t = 0,3-2$ мм $s = 0,05-0,2$ мм/об	ВОК63, ВОК71, ВК3, ВК3-М, ВК6- ОМ	ВОК63, ВОК71, ВК3- М, ВК6-ОМ
Обработка на станках токарного типа	Получистовое точение $t =$ 2-4 мм $s = 0,2-0,5$ мм/об	ВОК63, ВОК71, ВК6-М, ВК6-ОМ, ВК6ВС, МС321	В3, ВОК63, ВОК71, ВК6-ОМ, МС321
	Черновое точение $t=4-10$ мм $s= 0,5-1,5$ мм/об	ВК3, ВК6, ВК6ВС	ВК8, ВК10-ОМ
	Отрезка и прорезка канавок	ВК6-М, МС321	ВК6-М, МС321
	Нарезание резьбы	ВК6-М ВК6-ОМ	ВК3-М, ВК6-М, ВК6- ОМ
Строгание и долбление	Получистовое и чистовое	ВК6 МС321	ВК8, ВК10-ОМ
	Черновое	ВК8, ВК6, ВК6ВС	--
Фрезерова- ние	Получистовое	МС318, ВК6	МС318, ВК10-ОМ
	Черновое	ВК6, МС318, ВК8	ВК8, ВК10-ОМ
Сверление		ВК6-М, ВК6,	ВК6-М
Зенкерова- ние		ВК6, ВК8	ВК6-М, ВК10-ОМ
Разверты- вание		ВК6-М, ВК6-М, ВК6	ВК6-ОМ, ВК6-М, ВК10-ОМ



В сплавах ВК 10-ХОМ и ВК 15-ХОМ карбид тантала заменен карбидом хрома. Из них изготавливают пластины для концевых фрез с винтовой режущей кромкой, предназначенных для резания труднообрабатываемых материалов. Они также могут с успехом применяться для силового точения с большим съёмом металла.

### ***9.2.3. Безвольфрамовые твёрдые сплавы***

Разработка безвольфрамовых твердых сплавов продиктована возрастанием дефицита на вольфрамовую руду ( $WO_3$ ) и кобальт, используемые в производстве обычных твердых сплавов (некоторые зарубежные фирмы называют их металлокерамикой, так как эта группа сплавов представляет собой композиционный материал, получаемый спеканием керамики и металлической связки). Статистический анализ, проводимый за рубежом, предсказывает значительное возрастание объёма применения универсального и эффективного инструмента из безвольфрамовых твердых сплавов (до 30-35% на операциях скоростного резания на станках с ЧПУ).

Впервые безвольфрамовые твердые сплавы нашли применение на предприятиях фирмы "Форд". Это был спеченный композит TiC-Ni с добавкой молибдена. В 1970-1973 гг. стали выпускать улучшенные сплавы, легированные карбидами тантала, вольфрама, молибдена, а в качестве связующего стал применяться никель или кобальт. Многие современные безвольфрамовые твердые сплавы помимо TiC и других карбидов легированы, как правило, нитридами титана и тантала, причем количество нитридов в сплавах повышено до 10-15%.

Выпускается несколько марок безвольфрамовых твердых сплавов, состав и свойства которых приведены в табл. 9.6.

Таблица 9.6

Марка сплава	Химический состав				Свойства			
	TiC +C	Ti- TiC	TiC		MO	Плот- ность г/см <sup>3</sup>	Кгс/м <sup>2</sup>	Твёрдость HRA
ТМ 1	90			5,0	5,0	5,8	80	92
ТМ 3	64			21,0	15,0	6,9	120	89
МНТ- 12			79,8	16,8	4,6	5,5	105	91
ТНМ- 20			79,0	16,0	6,0	5,5	110	91
ТНМ- 25			74,0	20,0	6,0	5,7	120	90
ТНМ- 30			69,0	24,0	7,0	6,9	130	89
КНТ- 16		84		8,0	8,0	5,8	115	90
КНТ- 20		80		10,0	10,0	6,0	135	89
КНТ- 30		70		15,0	15,0	6,4	170	87

Безвольфрамовые твердые сплавы отличаются повышенной жаростойкостью и низкой схватываемостью со сталью. Благодаря высокой плотности при заточке на инструменте можно получить острую кромку, что особенно ценно для чистового инструмента. Инструмент из этих сплавов работает по стали практически без наростообразования. Все эти свойства безвольфрамовых сплавов определяют наиболее рациональные области их применения: чистовое и получистовое точение малолегированных сталей и некоторых цветных металлов (при этом необходимо учитывать низкую стойкость этих сплавов к ударным и термическим нагрузкам). Из безвольфрамовых твердых сплавов рациональнее изготавливать инструмент с неперетачиваемыми пластинами, так как в процессе пайки пластин к державке возможно появление трещин и других дефектов.

В табл.9.7 указаны (в сравнении) режимы резания и стойкость при работе безвольфрамовыми твёрдыми сплавами.

Операция, марка обрабатываемой стали	Инструмент и его геометрия	Твёрдый сплав	Скорость резания м/мин	Подача мм/об	Глубина резания мм	Стойкость инструмента
1	2	3	4	5	6	7
Подрезка торца ступицы ведомого вала, сталь 40X(НВ207)	Резец с мех. креплением трёхгранных пластин ( $\gamma=90^\circ$ , $\varphi=5^\circ$ , $\alpha=10^\circ$ )	T15K6 МНТ-А2	80	0,6	3,0	25,3 25,3
Расточка поршня, сталь 4DY (HRC 30-35)	Резец с мех. креплением пластины формы 0141А ( $\gamma=42^\circ$ , $\varphi=5^\circ$ , $\alpha=8^\circ$ )	T15K6 T30K4 ТМ МНТ-12 КНТ-16	135	0,21	0,3	23,8 40,2 52,0 47,2 40,2
Точение силового вала, сталь 40ХА( $\sigma=60$ кгс/мм <sup>2</sup> )	Резец с напайкой пластины формы 1227А( $\gamma=60^\circ$ , $\varphi=15^\circ$ , $\alpha=8^\circ$ )	T30K4 ТМ	280	0,15	0,5	26,3 21,1
Обточка тарелки, сталь 0X16Н10Т ( $\sigma=50$ кгс/мм <sup>2</sup> ) НВ=131	Резец с мех. креплением пластины формы 0141А( $\gamma=75^\circ$ , $\varphi=7^\circ$ , $\alpha=10^\circ$ )	T15K6 МНТ-А2 КНТ-16	104	0,21	1,5	20,6 14,3 13,2
Расточка корпуса, сталь 0X18Н9Т ( $\sigma=50$ кгс/мм <sup>2</sup> ) НВ=131	Резец с мех. креплением пластины формы 0141А( $\gamma=60^\circ$ , $\varphi=8^\circ$ , $\alpha=5^\circ$ )	T15K6 МНТ-А2 КНТ-16	60	0,21	1,0	45,1 33,0 14,6
Расточка, сталь 18ХГТ(HRC 45-50)	Резец с напайкой пластиной ( $\gamma=45^\circ$ , $\varphi=10^\circ$ , $\alpha=8^\circ$ )	ТС0К4 Тм	80	0,11	0,2	37,0 76,4



#### **9.2.4 Износостойкие покрытия твердосплавного инструмента**

Согласно зарубежным статистическим данным, потребление твердосплавных пластин с покрытиями составляет 25% всего объема применения твердых сплавов; 40-50% всех твердосплавных пластин, применяемых при точении, имеют износостойкие покрытия, в состав которых входят карбиды титана, нитриды гафния, окись алюминия и др.

Одним из наиболее прогрессивных направлений в усовершенствовании твердосплавного инструмента является создание многослойных покрытий. Ведущие за рубежом фирмы выпускают широкий ассортимент инструмента с многослойными покрытиями из карбонитридов TiN- TiC<sub>2</sub>- TiC- TiCN, сложных комбинированных сочетаний карбидов и нитридов с керамикой TiC - TiCN - Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; TiC - Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Многослойные покрытия улучшают условия резания, снижают адгезию к обрабатываемому материалу и повышают прочность сцепления износостойкого слоя с твердосплавной подложкой. Пластины с многослойными покрытиями применяются для силового и прерывистого резания, скоростного точения широкого сортамента сталей и чугунов при скоростях резания до 300-500 м/мин и подаче до 0,8 мм/об.

Общая толщина покрытия, как правило, 3-4 мкм (для одного слоя) и 5-6 мкм для двух- и трехслойных покрытий, в некоторых случаях толщина слоя покрытия может быть повышена до 10-12 мкм.

Среди электрофизических методов нанесения износостойких покрытий на твердые сплавы в настоящее время наиболее перспективными считаются методы ионно-плазменного реактивного напыления в вакууме. Созданы установки типа "Пуск", "Булат" и др. для нанесения покрытий методом КИБ (конденсация из плазмы в условиях ионной бомбардировки), на которой можно варьировать физические и механические свойства наносимых покрытий.

Большим преимуществом метода КИБ является достаточно низкая

температура подложки ( $450^{\circ}\text{C}$ ) в процессе нанесения покрытий.

Применение износостойких покрытий на твердосплавном инструменте позволяет сократить количество применяемых твердых сплавов и получить идеальный инструмент с твердым износостойким поверхностным слоем и вязкой сердцевиной, который обеспечивает повышение скоростей резания и расширяет диапазон обрабатываемых материалов. Согласно прогнозам ведущих зарубежных фирм, в ближайшие годы объем применения твердых сплавов с покрытиями возрастет до 70%.

Одним из самых новых направлений в развитии твердых сплавов в последние годы является также разработка новых литых бескарбидных и карбидных сплавов, в том числе получаемых СВС-технологией (само распространяющимся высокотемпературным синтезом).

#### ***9.2.5. Инструментальная минералокерамика***

Современная инструментальная минералокерамика подразделяется на два основных вида: белую оксидную керамику, содержащую до 99,7% окиси алюминия ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) (ЦМ332), и черную карбамиднооксидную керамику с добавлением к окиси алюминия карбидов титана ( $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{TiC}$ ), которую часто называют керметом.

Инструментальная минералокерамика обладает высокой твердостью (HRA 90-94), износостойкостью и повышенной теплостойкостью (до  $1200^{\circ}\text{C}$ ). Так, твердость минералокерамических режущих пластин при  $20^{\circ}\text{C}$  составляет HV 2100-2300, а при  $1000^{\circ}\text{C}$  - HV 1900, в то время как современный твердосплавной инструмент при нагреве до  $800^{\circ}\text{C}$  теряет твердость до HV 1000. Химическая инертность и высокая теплостойкость минералокерамики, объясняемая устойчивостью оксида  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , позволяет производить скоростное резание без активной диффузии материала инструмента в обрабатываемый материал и получать малую шероховатость поверхности.



Выполнен комплекс работ по созданию инструментальной минералокерамики марок ВЗ, ВОК-60 и ВОК-63. В состав этих марок входит до 40% карбидов титана, вольфрама и молибдена. В 1973 г. освоен серийный выпуск шлифованных неперетачиваемых пластин марки ВЗ, а с 1976 г.-марки ВОК-60.

Заготовки пластин шлифуются по всем поверхностям на специальных станках и выпускаются по ТУ 48-19-65-73 прецизионной и нормальной точности. Пластины из керамики ВЗ и ВОК-60 выпускаются трёх- и четырехгранной формы с диаметром вписанной окружности соответственно 9,525 и 12,7 мм, толщиной 4,76 и 8 мм и радиусом при вершине 0,8, 1,2 и 1,6. Пластины предназначены для использования в режущем инструменте с механическим креплением, геометрические параметры режущей части определяются геометрией установочных элементов державки. При проектировании инструмента из минералокерамики учитываются основные принципы: пластины должны быть больших размеров, чем твердосплавные, державка массивной, а вылет резца минимальным. В большинстве случаев пластины должны иметь отрицательный передний угол с большим радиусом при вершине. Сравнительные испытания минералокерамики и твердых сплавов показали, что при чистовом точении стали ШХ15Г твердости HRC 61-63 стойкость резцов из минералокерамики ВЗ в 10-30 раз больше, чем резцов из твердого сплава ВК6-ОМ. При ресурсе резцов 10 мин, допустимая скорость резания минералокерамики ВЗ в десять раз выше.

Проведённые испытания показали, что для минералокерамики ВЗ и ВОК-60 существует нижний предел допустимых скоростей резания (100 м/мин), дальнейшее снижение скорости ( $< 100$  м/мин) вызывает хрупкое разрушение режущей кромки. Высоколегированные стали обрабатываются керамикой ВЗ и ВОК-60 значительно хуже вследствие возникновения высоких температур в зоне резания и снижения твердо-



сти инструментального материала при повышенной температуре. Не рекомендуется применение ВЗ и ВОК-60 при черновой обработке сырых и закаленных сталей по корке, а также при наличии раковин и включений. Стойкость пластин из минералокерамики в три - семь раз выше стойкости твердосплавных пластин, а скорость резания может быть повышена в два- три раза. Преимуществом минералокерамических пластин является их универсальность - одной пластиной можно обрабатывать и мягкие, и закаленные стали.

Высокие эксплуатационные характеристики показали пластины высокопрочной оксидной минералокерамики. Применение пластин из оксидной керамики ВО-13 при обработке сталей твердостью до HRC 30 позволяет увеличить уровень скоростей резания в 1,5 раза и улучшить качество обработанной поверхности. Опробуется также улучшенная оксидная керамика ВШ-75, полученная методом горячего прессования, которая по сравнению с керамикой ЦМ-332 обладает повышенными вязкостью и прочностью.

В настоящее время ведутся исследования по изысканию новых химических соединений для керамических материалов. Разработаны различные композиции на основе боридов титана, которые имеют высокую температуру плавления, повышенную теплопроводность, небольшой коэффициент трения, высокие твердость и износостойкость. Проведены исследования режущих свойств боридов титана, сложного боридов (TiCr) B<sub>2</sub> и боридно-карбидной керамики (80% TiCB<sub>2</sub>; 20% Mo<sub>2</sub>C- твердости HV 3300).

Минералокерамику рекомендуется применять при чистовой и получистовой обработке резанием закаленных сталей, серых и ковких чугунов, цветных металлов, графита и других материалов взамен вольфрамсодержащих твердых сплавов (табл. 9.8).

Выбор марки режущей керамики производства Днепропетровского завода твердых сплавов при токарной обработке

Обрабатываемый материал	Твердость	Марка режущей керамики
Стали конструкционные углеродистые и легированные	160-200 НВ, 200-260 НВ 42-57 HRCэ	ВОК60, ВОК71
Чугун серый	НВ200	ВОК60, ВОК71
Чугун ковкий, высокопрочный	HRC до 63	ВОК60
Стали нержавеющие	HRC до 50	ВОК71

Таблица 9.8

Физико-механические свойства режущей керамики, выпускаемой ГП ВНИИТС

Марка	Основа	Плотность г/см <sup>2</sup>	Твердость HRA	Предел прочности при изгибе
ВО-100(В1)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,16	92	600
ВОК-200 (В2)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +TiC	4,20-4,30	93	650
ВОКС-300(В3)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +TiC	4,25	93	950
ТВИН-200 (Т2)	Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> +оксиды	3,45	93,5	750
ТВИН-400 (Т4)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +SiC	3,70-3,80	94	850

Рекомендуемые области применения и режимы резания режущей керамики выпускаемой ГП ВНИИТС

Обрабатываемый материал	Твердость по Бринелю НВ	ВО-100	ВОК-200	ВОК-300	ТВИН-200	ТВИН-400
		Подача, мм/об				
		0,4-0,1	0,4-0,1	0,4-0,1	0,4-0,1	0,4-0,1
		Скорость резания, м/мин				
Углеродистая сталь	90-200	500-900	400-800	400-800		
	200-275	350-700	300-550	300-550		
Низколегированная сталь	150-220	400-700	300-600	300-600		
	220-340	300-600	250-500	250-500		
Высоколегированная сталь	150-250	250-400	200-350	200-350		170
	250-360		250-300	150-300		
Закаленная сталь (включая быстрорежущую сталь)	HRC38... 54>58		125-300	125-300		
			170	170		
Ковкий чугун	110-370	450-700	350-600	350-600		
Серый литой чугун	125-280	350-700	300-600	300-600		
Чугун с шаровидным графитом (чугун с пластичным графитом)	125-300	250-500	200-400	200-400		
Отбеленный чугун	375-450		150-200	150	150-200	150-200
	450-630		160		100-160	100-160

Разработан новый вид инструментального материала - силинит-Р (на основе нитрида кремния  $Si_3N_4$ ), который отличается исключительно высокой теплостойкостью ( $1600^{\circ}C$ ). Силинит-Р изготавливается из дешевого сырья и не требует сложного оборудования. Из силинита-Р полу-



чают заготовки диаметром до 50 мм. Твердость силинита-Р, HRA 94, прочность на изгиб  $\gamma_{изг} = 60$  кгс/мм<sup>2</sup>, прочность на сжатие ( $\gamma_{сж.} = 250$  кгс/мм<sup>2</sup>. При точении стали ХВГ (HRC 62) (скорость резания 80 м/мин, глубина резания 0,2 мм) стойкость резцов из силинита-Р составляет 50 мин, твердосплавных резцов из ТЗОК4 - 10 мин, а из эльбора-Р - 75 мин. При фрезеровании чугуна (скорость резания 400м/мин, подача на зуб 0,2 мм; стойкость резцов из силинита-Р на 30% выше стойкости минералокерамики. Силинит-Р рекомендуется применять для обработки мягких и закалённых сталей, чугуна, бронзы и других цветных металлов и сплавов.

В качестве инструментального материала опробуется также спеченный карбид бора твердостью HV 4000. Из него изготовлены пластины для обработки графита, огнеупоров и других неметаллических абразивных материалов. При обработке графита стойкость этих пластин в 2,5 - 3 раза выше, чем пластин из твердого сплава ВК8.

### ***9.2.6. Сверхтвёрдые материалы для лезвийной обработки***

Для оснащения лезвийных инструментов выпускаются поликристаллические синтетические алмазы марок АСБ (баллас) и АСПК (карбонадо). Синтетические алмазы АСБ и АСПК представляют собой поликристаллический агломерат, состоящий из мелких кристаллов в металлической фазе, и отличаются друг от друга размером кристаллов и количеством металлической фазы. Алмазы АСПК более дисперсны, по твердости, прочности, теплостойкости и теплопроводности они близки к природным алмазам, а в условиях динамических нагрузок алмазы АСПК по прочности превосходят природные. Синтетические алмазы имеют низкий коэффициент трения 0,1 - 0,3, причем он стабилен при изменении скоростей резания в широком диапазоне. В табл.9.10 приведены свойства отечественных СТМ в сравнении с другими инструментальными материалами.

Инструментальный материал	Марка	Плотность г/см <sup>3</sup>	Микротвёрдость кгс/мм <sup>2</sup>	Теплостойкость °С	Предел прочности на сжатие кгс/мм <sup>2</sup>	Предел прочности на изгиб кгс/мм <sup>2</sup>
Сталь быстрорежущая, закалённая	P18	8,5-8,7	1400	650	360	370
Твёрдый сплав	НК8	14,4-14,8	1600	900	400-500	160
	T15K6	11-11,7	2800	600	390	115
Оксидная минералокерамика	Ц11-332	3,93	2000	1200	90-150	3036
Поликристаллический КНБ (эльбор)		3,45-3,47	9000	1300 1500	50	20-30
Синтетический алмаз		3,48-3,56	10000	700-800	200	21-49

Алмазы СВ имеют поликристаллическую структуру с беспорядочной ориентацией кристаллов. Кроме алмазов, в материале присутствует вторая фаза, выделяющаяся в виде тончайших прожилок между кристаллами алмаза либо в виде скоплений неправильной формы, заполняющих пространство между зёрнами. Общее количество примесей не более 2%. Плотность алмазов СВ составляет 3,34-3,45 г/см<sup>3</sup>, что соответствует 95-98% теоретической плотности алмаза: предел прочности на сжатие более 500 кгс/мм<sup>2</sup>, т.е. в два раза превышает прочность природного алмаза. Большую популярность приобрели универсальные инструментальные материалы на основе кубического нитрида бора (КНБ). КНБ получают синтезом нитрида бора при высоких давлениях и температуре, он имеет кристаллическую решетку и физико-механические свойства, близкие к свойствам алмаза. Свойства КНБ как

инструментального материала уникальны: сочетание высокой микротвёрдости ( $9000 \text{ кгс/мм}^2$ ) с высокой теплостойкостью ( $1300-1500^\circ\text{C}$ ). По твердости КНБ немного уступает алмазу, зато теплостойкость почти в два раза выше; он в три-четыре раза превосходит по твердости твердый сплав и минералокерамику.

Высокая износостойкость КНБ (эльбора) объясняется химической инертностью, отсутствием диффузии по отношению к обрабатываемому материалу. Он сохраняет высокую твердость при повышенных температурах.

В табл.9.11 приведена химическая активность алмаза эльбора по отношению к различным обрабатываемым материалам. Изменение твердости эльбора при нагреве в сравнении с твердым сплавом показано в табл.9.12.

Таблица 9.11

Инструментальный материал	Химическая активность к обрабатываемым материалам			
	Железоуглеродистым сталям	Титану и его сплавам	Минералокерамике	Чугуну
Алмаз	Высокая	Слабая	Слабая	Слабая
КНБ (Эльбор)	Слабая	Слабая	Отсутствует	Отсутствует



Инструментальный материал	Изменение твёрдости при различных температурах, °С						
	20	200	400	600	800	1000	1200
Эльбор-Р	7000	5000	3700	2800	2000	1400	1200
T30K4	1900	1700	1400	1000	800	500	-

На основе кубического нитрида бора создана гамма сверхтвёрдых материалов (композитов) для лезвийного инструмента. Из них наиболее широкое применение нашли композиты марок: 01(эльбор-Р). 05.10 (гексанит-Р) и исмит. Выпускаются также композиты 02 (белбор) и 09 (ПТНБ).

Эльбор-Р (плотность 3,31-3,39) имеет микротвёрдость (7000-8000 кгс/мм<sup>2</sup>) несколько ниже микротвёрдости монокристаллов КНБ: теплостойкость его составляет 1100-1200°С, прочность на сжатие 120-210 кгс/мм<sup>2</sup>.

Режущие и эксплуатационные свойства белбора (композита 02) практически не отличаются от свойств эльбора-Р. Оба композита выпускаются одних и тех же размеров, по форме они близки к цилиндрической (диаметр и высота цилиндра находятся в пределах 3,8-4,2 мм, масса поликристаллов 0,8 кар.).

Композит 05 по твердости уступает композитам 01 и 02, но имеет существенное преимущество: он поставляется в виде заготовок больших размеров (диаметром до 8 мм, высотой около 6 мм, массой около 4 кар.). Это расширяет технологические возможности и позволяет вести обработку с глубинами резания до 2,5-3,0 мм.

Гексанит-Р (композит- 10) - вюрцитный нитрид бора, он выпускается в виде цилиндрических заготовок диаметром до 7-8 мм. Поликристаллы гексанита-Р имеют следующие свойства: твердость 4000-7000 кгс/мм<sup>2</sup>, теплостойкость 800-900°С; высокую теплопроводность;

коэффициент трения по закаленной стали составляет 0,2-0,3. Гексанит-Р стоек к значительным ударным нагрузкам.

Композит-09 (ПТНБ) по свойствам близок гексаниту-Р, но выпускается в виде заготовок небольших размеров (диаметром 3,8-4,2 мм и массой около 0,8 кар.).

Исмит - поликристаллический СТМ, который получен синтезом из кубического нитрида бора. Освоено производство трех марок этого материала: исмит-1, исмит-2, исмит-3, которые отличаются исходным сырьем и особенностями технологии изготовления. Заготовки исмита предназначены для применения в проходных и расточных резцах, фреззах и другом инструменте, работающем с глубиной резания до 0,5 мм и подачей 0,3 мм/об (при точении).

В табл. 9.13 приведены сводные данные по точению и растачиванию инструментом на основе КНБ.

Таблица 9.13

Обрабатываемый материал	Вид обработки	Марка композита	Скорость резания, м/мин	Подача, мм/об	Глубина, мм	Класс шероховатости обработанной поверхности
Стали инструментальные, легированные, конструкционные, 40HRC	Получистовая	05	50-100	0,1-0,2	1-2	5-6
		10	40-90	0,1-0,15	0,8-1,5	5-6
	Чистовая	05;01;	60-120	0,05-0,08	0,4-1,0	6-7
		0,2;10;	50-100	0,05-0,07	0,4-0,5	6-7
	Тонкая	0,9;	80-180	0,005-0,02	0,1-0,3	7-9
		10;0,9	60-120	0,005-0,02	0,1-0,2	7-8

1	2	3	4	5	6	7
Стали быстро-режущие, высоколегированные, инструментальные и подшипниковые 58-60 HRC	Чистовая	0,1;0,2 0,9;10	50-120 30-70	0,04-0,07 0,04-0,07	0,2-0,8 0,2-0,4	7-8 6-8
	Тонкая	01;02 09;10	60-150 40-80	0,005-0,02 0,005-0,02	0,05-0,1 0,05-0,1	
Чугуны серые и высокопрочные HB 160-270	Получистовая	05 10	200-400 200-300	0,1-0,2 0,1-0,15	1-2 0,8-1,5	5-6 5-6
	Чистовая	05;01;02 10;09	400-600 300-400	0,02-0,07 0,02-0,07	0,2-0,8 0,2-0,6	6-8 6-7
Чугуны отбеленные, HB 400-600	Получистовая	05;10	100-200	0,1-0,2	1-2	5-6
	Чистовая	05;01;02 10;09	100-200 100-150	0,02-0,07 0,02-0,07	0,2-0,8 0,2-0,6	6-8 6-7
Твёрдые сплавы (BK-15, BK20 и BK25) HRA 88-90	Чистовая	10;09	5-10	0,04-0,09	0,5-0,8	6-8
	Тонкая	10;09;01	8-12	0,05-0,02	0,1-0,2	7-9

9.3. Прогрессивные режущие материалы зарубежных фирм и совместных предприятий.

В табл. 9.14 указаны марки и области применения инструментальных материалов компании "KORLOY", прочно утвердившиеся на российском рынке.



## Точение

ИСО	P					M				K					Труднооб- раб. мате- риалы			
	P0 1	P1 0	P2 0	P3 0	P4 0	P 5 0	M1 0	M 2 0	M 3 0	M 4 0	K 0 1	K1 0	K 2 0	K3 0			K 4 0	
Твёр- дый сплав с покры- тием	NC310					NC325S				NC30 5K								
			NC320									NC31 5K						
			NC320			NC330						NC12 3K						
			NC30P															
			NC40															
Твёр- дый сплав без по- крытия	ST10P									H 0 2								
			ST15			U10E						H01						
			ST20E							U20		H05						
			MA2															
			ST30A ST30N			S T4 0		U40						H1 0 G10				
						ST45												
						ST50												

	P 0 1	P 1 0	P 2 0	P 3 0	P 4 0	P 5 0	M 1 0	M 2 0	M 3 0	M 4 0	K 0 1	K 1 0	K 2 0	K 3 0	K 4 0			
Кермет	CN10 0										CN10 0							
				С Т 1 0														
				CN2 0														
			CN2 00															
КНБ											К В 3 5 0	КВ36 0					КВ320	
																		КВ330
																		КВ420

## Фрезерование

ИСО	P					M				K					Трудно- обработ. материалы
	P0 1	P1 0	P2 0	P3 0	P4 0	P 5 0	M1 0	M 2 0	M 3 0	M 4 0	K 0 1	K 1 0	K 2 0	K 3 0	
Твёрдый сплав с покрыти- ем	NCM325						NCM 325				NCM 310K				
							NCM335				PC205K				
	NCM335						PC230				PC10 5				
	PC230						PC130				NCM325				
	PC130										NCM				





## Сверление и фрезерование (монокристаллический инструмент)

ИСО	P					M				K					Труднооб- раб. мате- риалы
	P	P1	P2	P3	P4	P	M1	M	M	M	K	K1	K	K3	
	0	0	0	0	0	5	0	2	3	4	0	0	2	0	4
	1					0		0	0	0	1		0		0
Ультра- мелкозер- нистый твёрдый сплав с по- крытием	PC210F					PC210F				PC210					
	PC220F					PC220F				PC220					PC210
Ультра- мелкозер- нистый твёрдый сплав с по- крытием	FS1					FS1				FS1					
	FCC					FA1				FA1					
	FA1														

Таблица 9.15

## Обработка нелегированной стали твердостью HB150

Пластина	Коромант СММС120408 СС4015	Конкурента
Глубина резания	1,0 мм	1,0 мм
Подача	0,5 мм/об	0,3 мм/об
Скорость резания	350м/мин	250м/мин
Производительность	676 шт./смена	527шт./смена
Экономия	2400 часов	

Новый сплав GC 4015 имеет покрытие, обеспечивающее высокую стойкость, и основу, которая позволяет сделать острую режущую кромку, что и обуславливает его небывалый успех. Именно поэтому

скорости резания можно увеличить по крайней мере на 20%, а при использовании зачистных пластин из сплава GC4015 можно повысить производительность на 28%. Именно поэтому сплав GC4015 обеспечивает высокую производительность при обработке без охлаждения. Именно поэтому сплав GC 4015 является самым лучшим в области P15.

Новый сплав GC 4035 — это надежный сплав для достижения высокой производительности в области P30. Сплав обладает достаточной прочностью и для успешной работы в области P35, как при работе с охлаждением, так и всухую, при прерывистом резании и работе с термическими ударами. На этот сплав можно рассчитывать, если необходима высокая прочность режущих кромок:

- Трехслойное износостойкое покрытие TiCN, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и TiN, нанесенное в вакуумной камере.
- Основа отличается повышенным сопротивлением пластической деформации, поверхностный слой с увеличенным содержанием кобальта обеспечивает высокую прочность режущих кромок.

Обработка нелегированной стали твердостью HB150

## **Лабораторная работа №9**

### **1. Инструментальные материалы.**

Цель работы: изучение марок режущих материалов и областей их применения.

Задание на выполнение лабораторной работы.

Студент обязан:

- ознакомиться с классификацией инструментальных материалов;
- ознакомиться с влиянием легирующих элементов, входящих в состав инструментальных материалов;
- изучить виды и марки твёрдых сплавов и области их применения;
- изучить виды, марки, области применения безвольфрамовых

твёрдых сплавов, режущей керамики, сплавов с покрытиями, сверхтвёрдых режущих материалов.

Справочная документация: каталоги инструментальных материалов.

Содержание отчёта:

Наименование работы, классификация и справочные таблицы марок инструментальных материалов и областей их применения.

Контрольные вопросы:

1. Расшифровать марки быстрорежущих сталей, твёрдых сплавов (по указанию преподавателя).
2. Область применения конкретных режущих материалов (по указанию преподавателя).

Литература.

1. Андреев В.Н. Совершенствование режущего инструмента. – М.: Машиностроение, 1993. – 240с.
2. Инструмент Сибири, - Новосибирск : ООО МП «Институт конверсии», 1999, №2; 2000, №1; 2000, №2.

## **Тема 10. Абразивные материалы**

Режущий инструмент, рабочая часть которого содержит классифицированные частицы абразивного материала, называют абразивным. Измельченный, обогащенный и классифицированный абразивный материал, твердость которого превышает твердость обрабатываемого материала и который способен в измельченном состоянии осуществлять обработку резанием, называют шлифовальным. В зависимости от вида используемого шлифовального материала различают алмазные, эльборовые, электрокорундовые, карбидкремниевые и другие абразивные инструменты.



## Шлифовальные материалы и области их применения.

Шлифовальный материал		Связка	Обрабатываемые материалы
1		2	3
Электрокорунд	нормальный (12А...13А) нормальный 14А нормальный (15А...16А, АА, А)	органическая керамическая и органическая керамическая и для шлифшкурки	углеродистые и легированные стали
	белый (22А...25А, АА, А)	керамическая и для шлифшкурки	углеродистые и легированные стали
	хромистый (32А...34А)	керамическая, свободный абразив	углеродистые и легированные стали в интенсивном режиме
	Титанистый 37А	керамическая	сталь
	циркониевый 38А		обдирочное шлифование
	сфорокорунд ЭС	различные	мягкие и вязкие материалы
	монокорунд (43А...48А)	керамическая и для шлифшкурки	инструментальные, жаропрочные и труднообрабатываемые стали
	карбид кремния	черный (53С...55С) зеленый (63С...64С)	Для шлифовальной шкурки, свободный абразив
Техническое стекло 71Г		шлифшкурка	дерево
	Корунд 92Е		стекло и металлы
	Кремень 81Кр	шлифшкурка	дерево, кожа, эбонит
	Карбид бора		порошок и пасты для доводочных операций
	Наждак	свободный абразив	для мельничных жерновов
	Гранит	шлифшкурка и свободный абразив	дерево, кожа, пластмассы, стекло

1	2	3
Кубический нитрид бора (эльбор) ЛО, ЛП кубонит Кубический нитрид бора ЛВМ, ЛПМ	органическая, керамическая, металло-керамическая, шлифшкурка, абразивная паста микрошлиф-порошки	закаленные стали, титановые сплавы и инструментальные стали
Природный алмаз А 8		буровой и правящий инструмент, камнеобработка
А5	металлическая, гальваническая	круги и дисковые пилы
А1, А2, А3	металлическая	стекло, керамика
АМ		сталь, стекло, полупроводники
АМ5, АН		алмазы, драгоценные камни, корунд
Синтетический алмаз АС2	органическая	твердый сплав и стали (доводка)
АС4	органическая и керамическая	твердый сплав и керамика
АС6	металлическая	повышенные нагрузки
АС15		стекло, камень
АС20, АС32		камень, шлифкруги
АС50		порода, гранит, стекло, корунд
АРВ1		хонингование чугунов, резка стеклопластиков
АРС3		
АСМ		пасты (ГОСТ25593-83) и суспензии для доводки и полирования стекла, полупроводников, керамики, закаленных сталей

1	2	3
АСН		для инструментов с повышенной абразивной способностью
АСМ5, АСМ1		пасты (ГОСТ 25593-83) и суспензии для сверхтонкой доводки и полирования деталей радиотехнической и электронной промышленности

Алмазные шлифпорошки в зависимости от вида сырья, из которого они изготовлены, обозначают буквенными индексами по ГОСТ 9206-80: А - из природных алмазов; АС - из синтетических алмазов; АР - из синтетических поликристаллических алмазов.

Микропорошки и субмикропорошки из природных алмазов обозначают буквенными индексами АМ, из синтетических алмазов - АСМ.

При обозначении микропорошков из природных и синтетических алмазов повышенной абразивной способности индекс М заменяют на индекс Н, т.е. АН, АСН.

Шлифпорошки из синтетических поликристаллических алмазов типа "баллас" (В), "карбонадо" (К) или "спеки" (С) обозначают соответственно АРВ, АРК, АРС в зависимости от типа поликристаллического алмаза.

Помимо буквенных обозначений добавляют цифровые индексы: в шлифпорошках из природных алмазов цифровой индекс соответствует десяткам процентов содержания зерен изометрической формы, например: А1, А2, А3, А5, А8;

в шлифпорошках из синтетических алмазов цифровой индекс соответствует среднеарифметическому значению показателей нагрузки при сжатии единичных зерен всех зернистостей данной марки, выраженному в ньютонах, например: АС2, АС4, АС6, АС 15, АС20, АС32, АС50;

в шлифпорошках из синтетических поликристаллических алмазов индекс соответствует среднеарифметическому значению показателей нагрузки на сжатие единичных зерен всех зернистостей данной марки, выраженному в сотых долях ньютонов;

в субмикропорошках цифровой индекс означает долю зерен крупной фракции в процентах, например: АМ5. АСМ5, АМ1, АСМ 1.



Основная характеристика алмазных порошков по ГОСТ 9206-80 приведена ниже.

Шлиф-порошки из природных алмазов, получаемые дроблением, содержат зерна изометрической формы, не менее:

A1 - 10%; A2 - 20%; A3 - 30%; A5 - 50%; A8 - 80%.

Шлифпорошки из синтетических алмазов:

АС2 - повышенная хрупкость; зерна представлены преимущественно агрегатами с развитой режущей поверхностью;

АС4 - зерна представлены агрегатами и сrostками;

АС6 - зерна представлены в основном поврежденными кристаллами, обломками и сrostками;

АС 15 - алмазы, представленные в основном целыми кристаллами и их обломками и сrostками, обладающими высокими прочностными свойствами с коэффициентом формы зерен не более 1,6;

АС20 - алмазы, представленные целыми кристаллами и их обломками и сrostками, обладающие повышенными прочностными свойствами, с коэффициентом формы зерен не более 1,5;

АС32 - алмазы, представленные в основном целыми кристаллами и их обломками, обладающие повышенной прочностью с коэффициентом формы зерен не более 1,3;

АС50 - алмазы, представленные в основном хорошо ограниченными кристаллами и их обломками, обладающие повышенной прочностью с коэффициентом формы зерен не более 1,18.

Шлифпорошки из синтетических поликристаллических алмазов:

АРВ 1 - алмазы, получаемые путем дробления синтетических алмазов типа "баллас";

АРК4 - алмазы, получаемые путем дробления алмазов типа "карбонадо";

АРСЗ - алмазы, получаемые путем дробления алмазов типа "спеки".

Коэффициент формы зерен представляет отношение длины проекции зерна к ширине проекции. Изометричным считается зерно, у которого коэффициент формы не превышает 1,3.

### *Зернистость и зерновой состав шлифовальных материалов*

Шлифовальные материалы из искусственных и природных абразивных материалов делят на группы в зависимости от размера зерен. ГОСТ 3647-80 устанавливает четыре группы шлифовальных материа-

лов: шлифзерно (2000÷160 мкм); шлифпорошки (125÷40 мкм); микрошлифпорошки (63÷14 мкм) и тонкие микрошлифпорошки (10÷3 мкм).

Совокупность абразивных зерен шлифовального материала в установленном интервале размеров называют фракцией. Фракцию, преобладающую по массе, объему или числу зерен, называют основной.

Цифровое обозначение зернистости в зависимости от процентного содержания основной фракции дополняют буквенным индексом в соответствии с табл. 10.2.

Таблица 10.2

Минимальное содержание основной фракции шлифовальных материалов, %

Индекс	Зернистость				
	200	6-	M63-	M20-	M10-M5
В	-	-	60	60	55
П	55	55	50	50	45
Н	45	40	45	40	40
Д	41	-	43	39	39

Пример обозначения шлифзерна зернистостью 40 с разным содержанием основной фракции с индексами П, Н, Д следующий: 40 - П; 40 - Н; 40 - Д.

Помимо основной фракции, шлифовальный материал содержит зерна, размеры которых могут отличаться от установленного интервала размеров зерен основной фракции. Различают предельную, крупную, основную, комплексную и мелкую фракции.

Характеристику конкретной совокупности абразивных зерен, выраженную размерами зерен основной фракции, называют зернистостью. В зависимости от группы материалов приняты следующие обозначения зернистости:

а) шлифзерна и шлифпорошков - как 0,1 размера стороны ячейки сита в свету в мкм, на котором задерживаются зерна основной фракции; например:

40, 25, 16 (соответственно 400, 250, 160 мкм);

б) микрошлифпорошков - по верхнему пределу размера зерен основной фракции с добавлением индекса М; например: М40, М28, М10 (соответственно 40, 28, 10 мкм);

в) алмазных шлифпорошков - дробью, числитель которой соответ-



вует размеру стороны ячейки верхнего сита, а знаменатель - размеру стороны ячейки нижнего сита основной фракции; например: 400/250; 400/315; 160/100; 160/125;

г) алмазных микропорошков и субмикропорошков - дробью, числитель которой соответствует наибольшему, а знаменатель - наименьшему размеру зерен основной фракции;

например: 40/28; 28/20; 10/7;

д) шлифзерна и шлифпорошков эльбора - в зависимости от контроля; при ситовом методе контроля - размер ячеек сита; например, Л20, Л 16, Л 10; при микроскопическом методе контроля - дробью, аналогично алмазным шлифзерну и шлифпорошкам, например, 250/200;

200/160; 125/100.

Требования к зерновому составу шлифовальных материалов приведены в ГОСТ 3647-80, для алмазных порошков общего назначения - в ГОСТ 9206-80, для эльбора в зерне - в ОСТ 2-МТ 79-2-75.

Зерновой состав алмазных шлифпорошков должен соответствовать определенным нормам (табл.10.3).

Таблица 10.3

Зерновой состав алмазных шлифпорошков

Зернистость		Массовая доля зерен, %			
		крупной фракции, не более		Основной фракции, не менее	
		широкий диапазон	узкий диапазон	широкий диапазон	узкий диапазон
2500/1600	1500/2000 2000/1600	8		90	
1600/1000	1600/1250 1250/1000	8		90	
1000/630	1000/80	8	8	90	90
	800/630		10		80
630/400	630/500	10	10	80	80
	500/400		10		60
400/250	400/315	10	10	80	80
	315/250		10		80
250/160	250/200	10	10	80	80
	200/160		12		80
160/100	160/125	12	2	75	80
	125/100		2		80
100/63	100/80	13	12	75	75
	80/63		13		75
63/40	63/50	15	3	75	75
	50/40		15		75



Шлифовальные материалы изготавливаются с зернистостями, указанными в табл. 10.4-10.6

Таблица 10.4

Размеры шлифзерна и шлифпорошков, мкм

Зернистость	Размер стороны ячейки сита в свету, при котором: зерна основной фракции	
	проходят через сито	задерживаются на сите
200	2500	2000
160	2000	1600
125	1600	1250
100	1250	1000
80	1000	800
63	800	630
50	630	500
40	500	400
32	400	315
25	315	250
20	250	200
16	200	160
12	160	125
10	125	100
8	100	80
6	80	63
5	63	50
4	50	40

Таблица 10.5

Размеры микрошлифпорошков и тонких микрошлифпорошков, мкм

Зернистость	Размер зерен основной фракции
M63	63÷50
M50	50÷40
M40	40÷28
M28	28÷20
M20	20÷14
M14	14÷10
M10	10÷7
M7	7÷5
M5	5÷3

## Размеры эльборовых шлифзерен и шлифпорошков, мкм

Зернистость при ситовом методе контроля	Размер стороны ячейки сита в свету, при котором зерна основной фракции	
	проходят через сито	задерживаются на сите
Л20	250	200
Л16	200	160
Л12	160	125
Л10	125	100
Л8	100	80
Л6	80	63
Л5	63	50
Л4	50	40

Процентное содержание в алмазных шлифпорошках крупной фракции по массе не должно превышать 0,1 %, а мелкой фракции - не более 2 %. Для марок А 1, А2, А3, АС2, АС4, АС6 зернистостью 400/315 и мельче основной фракции должно быть не менее 70 %, крупной - не более 15%.

При обозначении шлифпорошков указывают марку шлифовального материала и его зернистость. Примеры условного обозначения алмазных порошков:

из синтетических алмазов:

шлифпорошок АС6 160/125 ГОСТ 9206.80

микropорошок АСН 40/28 ГОСТ 9206-80

субмикropорошок АСМ5 0,5/0,1 ГОСТ 9206-80

из синтетических поликристаллических алмазов:

шлифпорошок АРС3 160/125 ГОСТ 9206-80.

В табл.10.7 приведены области применения абразивных, эльборовых и алмазных инструментов различной зернистости.

## Области применения абразивных инструментов различной зернистости

Зернистость инструментов		Область применения
Абразивных	алмазных	
M40-M5	1/0 40/28+5/3	Для доводки особо точных деталей. Окончательная доводка деталей с точностью $3\div 5$ мкм и менее и параметром шероховатости $Ra=0,16\div 0,02$ мкм. Суперфиниширование, окончательное хонингование. Резьбошлифование с мелким шагом.
8,6	63/50÷50/40	Чистое и тонкое шлифование деталей из твердых сплавов, металлов, стекла и других неметаллических материалов. Доводка режущего инструмента. Резьбошлифование с мелким шагом резьбы. Чистовое хонингование.
12,10	125/100÷0/63	Отделочное шлифование деталей с параметром шероховатости $Ra = 0,63\div 0,16$ мкм. Чистовое алмазное шлифование, заточка режущих инструментов. Предварительное хонингование.
25,20; 16	200/60÷125/100	Чистовое шлифование деталей, заточка режущих инструментов, предварительное алмазное шлифование, профильное шлифование с параметром шероховатости $Ra = 1,25\div 0,16$ мкм. Шлифование хрупких материалов.
40,32	315/250÷250/200	Предварительное и чистовое шлифование деталей с параметром шероховатости поверхности $Ra = 2,5\div 0,32$ мкм. Шлифование хрупких материалов
50; 63		Предварительное круглое наружное, внутреннее, бесцентровое и плоское шлифование с параметром шероховатости поверхности $Ra = 2,5\div 0,63$ мкм. Отделка металлов и неметаллических материалов. Шлифование вязких материалов. Заточка крупных и средних резцов. Отрезка. Правка инструмента.
125; 100; 80		Правка шлифовальных кругов. Ручное обдирочное шлифование заготовок после литья,ковки,штамповки,прокатки и сварки

*Связка абразивных инструментов. Твёрдость*

Вещество или совокупность веществ, применяемых для закрепления зерен шлифовального материала и наполнителя в абразивном инструменте, называют связкой. Наполнитель в связке предназначен для при-



дания инструменту необходимых физико-механических, технологических и эксплуатационных свойств. Связка влияет на геометрию рельефа рабочей поверхности инструмента, износ абразивного инструмента и параметры шероховатости обработанной поверхности.

Области применения связок абразивных инструментов приведены ниже. Керамические связки (К1, К2, К3, К4, К5, К6, К8, К10) - для всех основных видов шлифования, кроме прорезки узких пазов, обдирочных работ на подвесных станках; К2, К3 - для инструмента из карбида кремния; К2 - для мелкозернистого инструмента; К1, К5, К8 - для инструмента из электрокорунда.

Бакелитовые связки (Б, Б1, Б2, Б3, Б4, БУ, Б156, БП2) - круги с упрочняющими элементами для шлифования при скоростях круга 65, 80 и 100 м/с; кругов для скоростного обдирочного шлифования на подвесных станках и вручную, плоского шлифования торцом круга; отрезки и прорезки пазов; заточки режущих инструментов; для шлифования прерывистых поверхностей; мелкозернистые круги для отделочного шлифования; алмазные и эльборовые круги; бруски хонинговальные, сегменты шлифовальные, в том числе для работы со скоростью резания 80 м/с.

Вулканитовые и прочие связки (В, В1, В2, В3, В5, Гф, Пф, Э5.Э6) - ведущие круги для бесцентрового шлифования; гибкие круги для полирования и отделочного шлифования на связке В5, круги для отрезки, прорезки и шлифования пазов; круги для некоторых чистовых операций профильного шлифования (сферошлифования и др.); шлифовальные круги на вулканитовой связке В3, изготовленные методом прессования; гибкие плиты на связке В5; полировальные высокопористые круги на связке Пф; круги на магнезиальной связке;

тонкозернистые круги на глифталевой связке и с графитовым наполнителем для окончательного полирования.

Металлические связки - алмазные круги повышенной износостойкости для обработки твердых сплавов, а также круги для электрохимической абразивной обработки.

Керамические связки являются многокомпонентными смесями огнеупорной глины, полевого шпата, борного стекла, талька и других минеральных материалов, составленными по определенной рецептуре с добавками клеящих веществ: растворимого стекла, декстрина и др.

Спекающиеся керамические связки К2, К3 используют для закрепления зерен из карбида кремния. В процессе термической обработки они расплавляются частично и по своему состоянию и составу близки к фарфору.

Плавящиеся керамические связки К1, К5, К8 используют для закрепления зерен из электрокорундовых материалов, с которыми они вступают в химическое взаимодействие и обеспечивают прочное закрепление зерен.

По своему составу и состоянию плавящиеся связки являются стеклами.

Для бакелитовой связки используют порошкообразный или жидкий бакелит в качестве связующего компонента с соответствующими наполнителями и увлажнителями.

Основным компонентом вулканитовой связки является синтетический каучук. Введение в связку различных наполнителей и ускорителей вулканизации позволяет изменять технологические и эксплуатационные свойства абразивных инструментов.

Глифталевую смолу используют в качестве связки для инструментов из зеленого карбида кремния зернистостью 6-М 14 для полирования.

Вспененный поливинилформаль является основным связующим для поропластовых кругов, применяемых для полирования (объем пор равен 80%).

Ниже приведены рекомендации по выбору связок для алмазных кругов.

Органические связки с металлическим наполнителем: Б156; БП2; Т02 - для заточки твердосплавного инструмента, профильного шлифования, получистового и чистового шлифования твердосплавных и керамических деталей.

Органические связки с минеральным наполнителем: Б1, 01 - для чистовой заточки твердосплавного инструмента без СОЖ, чистового шлифования твердосплавных деталей.

Органические связки для алмазов без покрытия: Б3, Б1, БР, Р9, Р14Е - для полирования, тонкого шлифования и заточки твердосплавного инструмента.

Металлические связки повышенной производительности: МВ1, ПМ1 - для глубинного шлифования, чистового шлифования и заточки твер-



досплавного инструмента и деталей из твердых сплавов.

Металлические связки повышенной стойкости: М1, МК, М15 - для профильного чистового шлифования деталей и заточки инструмента из твердого сплава.

Гальваническая никелевая связка - для врезного шлифования профильными кругами.

Керамическая связка: К 1 - для шлифования и заточки инструментов при обработке твердого сплава совместно со стальной державкой или корпусом.

Токопроводящие связки: органическая БПЗ и металлические МВ1, ПМ1, МК, М1 - для электрохимического шлифования твердых сплавов, молибденовых, вольфрамовых и других сталей и сплавов.

Твердостью абразивного инструмента называют величину, характеризующую свойства абразивного инструмента сопротивляться нарушению сцепления между зернами и связкой при сохранении характеристик инструментов в пределах установленных норм.

Твердость оценивают определенными показателями в зависимости от метода измерения. Установлена следующая шкала степеней твердости абразивного инструмента:

ВМ1 и ВМ2 - весьма мягкий;

М 1, М2 и М3 - мягкие;

СМ1 и СМ2 - среднемягкий;

С1 и С2-средний;

СТ1, СТ2 и СТ3 - среднетвердый;

Т1 и Т2-твердый;

ВТ - весьма твердый;

ЧТ - чрезвычайно твердый.

Цифры 1, 2 и 3 характеризуют возрастание твердости абразивного инструмента внутри степени.

Твердость абразивных инструментов для кругов на керамической, бакелитовой и вулканитовой связках определяют по ГОСТ 18118-79. ГОСТ 21323-75.

Области применения инструментов различной твердости приведены ниже. Мягкие и среднемягкие круги М2-СМ2 - для плоского шлифования торцом круга (на бакелитовой связке), периферией круга (на керамической связке), для шлифования заготовок и заточки инструментов из твердых сплавов, минералокерамики и закаленных углеродистых и легированных сталей, для шлифования цветных металлов и сплавов.

Среднемягкие и средние круги СМ2-С2 - для чистового (круглого,



бесцентрового, внутреннего плоского периферией круга) шлифования заготовок из закаленных сталей; для шлифования резьб с крупным шагом.

Средние и среднетвердые круги С2-СТ2 - для шлифования (круглого бесцентрового, профильного, резьбошлифования) заготовок из незакаленных углеродистых и легированных сталей и сплавов, чугуна и других вязких металлов и материалов; для плоского шлифования сегментами, хонингования брусками.

Среднетвердые и твердые круги СТ2-Т2 - для обдирочного и предварительного шлифования, для шлифования профильных и прерывистых поверхностей, заготовок малого диаметра; для снятия заусенцев бесцентрового шлифования, хонингования закаленных сталей.

Весьма твердые и чрезвычайно твердые круги ВТ-ЧТ - для правки шлифовальных кругов методом обкатки и шлифования, шлифования деталей приборов с малым съемом материала (часовые механизмы), шлифования шариков для подшипников.

### *Структура абразивного инструмента и относительная концентрация шлифовального материала*

Соотношение объемов шлифовального материала, связки и пор в абразивном инструменте определяет структуру инструмента. Принято обозначать структуру номерами. Изменение объемной концентрации  $\Phi_a$  шлифовального материала на 2% в инструменте соответствует переходу от одного номера  $S_y$  структуры к другому номеру по формуле  $S_y = 0,5 (62 - \Phi_a)$ .

Для обдирочного шлифования при съеме значительного припуска (при предварительной обработке материалов с небольшим сопротивлением разрыву) рекомендуется использовать инструменты высоких номеров структур.

Для чистовой обработки, для обработки твердых и хрупких материалов, при повышенных удельных нагрузках в зоне шлифования применяют круги с меньшими номерами структур.

Рекомендации по выбору номера структуры абразивного инструмента приведены в табл. 10.8.

## Области применения абразивных инструментов с разными номерами структур

№ структуры	Объемное содержание шлифматериала, %	Область применения
1÷3	60÷56	Шлифование деталей с малым съемом материала кругами на бакелитовой связке
3,4	56,54	Отрезка. Шлифование с большими подачами и переменной нагрузкой. Профильное шлифование. Шлифование твердых и хрупких материалов
5,6	52,50	Круглое наружное, бесцентровое, плоское периферией круга шлифование металлов с высоким сопротивлением разрыву
7,8	48,46	Шлифование вязких металлов с низким сопротивлением разрыву. Внутреннее шлифование, заточка инструментов, плоское шлифование торцом круга
9÷12	44÷38	Скоростное шлифование. Профильное шлифование мелкозернистыми кругами. Шлифование резьбы. Шлифование с уменьшенным тепловыделением в зоне резания
14÷16	34÷30	Шлифование неметаллических материалов, металлов с низкой теплопроводностью (устранение ожогов и трещин)

Абразивные инструменты зернистостью 125÷80 обычно изготавливают со структурами 3 и 4, зернистостью 50,40 - со структурами 5 и 6, зернистостью 25-12 - со структурами 6 и 7.

Круги высоких номеров структур изготавливают высокопористыми: поры и капилляры в них сообщаются между собой за счет использования выгорающих порообразователей или газообразующих веществ.

В характеристике высокопористых кругов дополнительно указываются данные о марке порообразователя, его зернистости и объемном содержании, %. Например, в маркировке круга 24А 16 М2 8К5/ПСС 40 15 указано, что порообразователем является полистирол общего назначения марки ПСС зернистостью 40, объемное содержание которого в абразивной массе при прессовании составляет 15%; круг электроко-



рундовой марки 24А зернистостью 16, твердостью М2, номер структуры 8, связка керамическая К5.

Для инструментов из сверхтвердых материалов (алмаза и эльбора) объемное содержание шлифовального материала назначают в пределах  $38 \pm 12,5\%$ , что соответствует очень открытым структурам, если не учитывать наполнители. Условно принято фактическое объемное содержание шлифовального материала при маркировке увеличивать в 4 раза и обозначать в виде условной концентрации, %: 150, 125, 100, 75, 50.

### *Классы точности абразивных инструментов*

В зависимости от величин, характеризующих абразивный инструмент в нормативно-технической документации по предельным отклонениям размеров формы расположения, устанавливают классы точности абразивного инструмента (Гост 2424-83).

Шлифовальные круги изготавливают трех классов точности: АА; А; Б. Для кругов класса точности Б используют шлифовальные материалы со всеми индексами, характеризующими содержание основной фракции: В, П, Н и Д; для кругов класса точности А - только с индексами В, П, Н; для кругов класса точности АА - только с индексами В, П, т.е. с высоким и повышенным (до 55% при зернистости 200-4) содержанием основной фракции.

Величины предельных отклонений зависят от номинальных размеров инструментов по наружному диаметру  $D$ , высоте  $H$ , диаметру посадочного отверстия  $d$ .

### *Классы неуравновешенности шлифовальных кругов*

Состояние шлифовального круга, характеризующееся таким распределением масс, которое во время вращения вызывает переменные нагрузки на опорах шпинделя станка и его изгиб, называют неуравновешенностью круга. Неуравновешенной точечной массой круга называют условную массу, радиус-вектор (эксцентриситет) которой относительно оси посадочного отверстия равен радиусу наружной поверхности (периферии). В зависимости от допустимых неуравновешенных масс для шлифовальных кругов на керамической, бакелитовой, вулканитовой и специальных органических связках установлено четыре класса неуравновешенности шлифовальных кругов, обозначаемых цифрами 1, 2, 3 и 4. Допустимые неуравновешенные массы должны соответство-



Допустимые неуравновешенные массы кругов, г (по ГОСТ 3060-86)

Масса круга, кг	Класс неуравновешенности			
	1	2	3	4
0,20÷0,25	2,5	4,0	6,0	12,0
2,0÷2,50	7,5	12,0	20,0	40,0
4,0÷5,0	11,0	17,0	27,0	55,0
8,0÷10,0	15,0	25,0	40,0	75,0
16,0÷20,0	22,0	35,0	55,0	110,0
30,0÷40,0	30,0	50,0	75,0	150,0
63,0÷80,0	45,0	65,0	110,0	215,0
125,0÷160,0	60,0	95,0	150,0	300,0
250÷300,0	85,0	130,0	210,0	420

Примечание. Промежуточные значения находят экстраполированием табличных значений.

Допустимые неуравновешенные массы контролируют на станках для статической балансировки, основной частью которых являются два параллельно расположенных цилиндрических валика одинакового диаметра. Параметр шероховатости поверхности валиков и балансировочной оправки  $R_a = 2,5$  мкм.

При контроле неуравновешенности на периферии круга устанавливают грузы с массой (с учетом массы зажимов), равной допустимой неуравновешенной массе. Если после установки с балансировочной оправкой на балансировочный станок контрольный груз будет подниматься и занимать верхнее положение, то такой круг не отвечает требованиям данного класса неуравновешенности по ГОСТ 3060-86.

При маркировке в условном обозначении кругов указывают класс неуравновешенности :

1, 2, 3, 4 после величины рабочей скорости круга, например: 35 м/с 1 кл. А - маркировка для круга с рабочей скоростью 35 м/с, 1-го класса неуравновешенности, класса точности А.

### *Абразивные инструменты на гибкой основе*

Абразивный инструмент на гибкой основе с нанесенным на нее слоем

(слоями) шлифовального материала, закрепленного связкой, называют шлифовальной шкуркой.

Шлифовальную шкурку выпускают в виде рулонов, листов, лент, дисков, трубочек, колец, конусов. Размеры рулонов, листов и лент зависят от материала гибкой основы. Различают бумажную, тканевую, комбинированную, фибровую и другие основы.

Шлифовальные шкурки рулонные на тканевой основе выпускают: по ГОСТ 5009-82 шириной 725, 740, 770, 800, 830 мм, длиной 30 и 50 м; по ГОСТ 13344-79 шириной 600, 725, 745, 800, 840 мм, длиной 30 и 20 м.

Шлифовальные шкурки рулонные на бумажной основе выпускают: по ГОСТ 6456-82 шириной 720, 750, 800, 850, 900, 1000 и 1250 мм, длиной 20, 30, 50 и 100 м; по ГОСТ 10054-82 шириной 500, 650, 700, 750, 950, 1000 мм, длиной 30, 50 и 100 м.

В зависимости от свойств связки и основы различают водостойкую, неводостойкую, термостойкую и другие шкурки.

Шкурка бывает однослойной или двухслойной в зависимости от числа слоев шлифовального материала на одной из сторон гибкой основы. Если рабочие слои шлифовального материала расположены на обеих сторонах гибкой основы, то такую шкурку называют двухсторонней.

Шлифовальную шкурку в виде полосы прямоугольной формы, длина которой в направлении основы не более 1000 мм, называют шлифовальным листом. Шлифовальные листы по ГОСТ 22773-77 выпускают шириной 70, 80, 90, 100, 115, 125, 140, 155, 180, 190, 200, 210, 235, 300, 310, 360, 380, 400, 410 мм и длиной 125, 140, 150, 160, 180, 200, 225, 250, 280, 300, 310, 360, 400, 500, 600, 630, 720, 760, 820, 900, 1000 мм.

Шлифовальной лентой называют шлифовальную шкурку в виде полосы прямоугольной формы. Шлифовальную ленту с замкнутым контуром называют бесконечной шлифовальной лентой. Ее основные размеры: по ширине – от 2,5 до 2650 мм, по длине – от 220 до 12500 мм.

Несклеенные шлифовальные ленты называют лентами-бобиными типов Б, БМ. Основные размеры лент-бобин по ширине – от 2,5 до 1500 мм, по длине 25000, 30000, 40000, 50000 и 100000 мм.

Шлифовальную шкурку формы круга называют шлифовальным диском. Диски могут иметь радиальные прорезы заданной глубины. Материал основы дисков может быть тканью, бумагой, фиброй и т. д.

Диски типов Д, ДО выпускают по ГОСТ 22773-77 с основными



размерами: наружный диаметр 80, 95, 100, 125, 140, 150, 180, 200, 225, 235, 250, 300, 320, 340 мм; диаметр отверстия 6, 12, 22, 30, 40 мм. Диски с прорезями типа ДП выпускают по ГОСТ 22773-77 с наружным диаметром 100, 125, 140, 150, 160, 170 мм.

Шлифовальную шкурку формы цилиндра называют шлифовальной трубкой. По ГОСТ 22774-77 ее выпускают высотой 180 мм с диаметром отверстия 10, 15, 20, 25, 32, 40, 45, 50, 55, 60, 65 мм. Шлифовальную трубку, диаметр которой равен или превышает ее высоту, называют шлифовальным кольцом.

Шлифовальную шкурку формы конуса называют шлифовальным конусом или усеченным шлифовальным конусом. По ГОСТ 22774-77 выпускают: шлифовальные конусы типа К с наружным диаметром 25, 30, 40, 50 мм, высотой 50, 60, 80, 100 мм; усеченные шлифовальные конусы типа КУ с наружным диаметром 40, 45 мм, высотой 100, 140, 145 мм, с внутренним диаметром 32, 35 мм.

Шлифовальные крути, состоящие из радиально расположенных и закрепленных одной стороной шлифовальных листов заданной формы, называют лепестковыми шлифовальными кругами. Лепестковые круги типа КЛ выпускают по ГОСТ 22775-77 с наружным диаметром 120, 175, 300, 350, 400, 500 мм, высотой 25, 40, 50, 75, 100, 140 мм, с диаметром отверстия 32, 40 мм. Лепестковые круги типа КЛО (с оправкой) выпускают по ГОСТ 22775-77 с наружным диаметром 40, 50, 80, 112, 140 мм, высотой 10, 20, 30, 40 мм, с диаметром оправки 6, 8 мм.

Диски на фибровой основе выпускают по ГОСТ 8692-88 с наружным диаметром 60, 70, 100, 150, 178, 200, 215 и 225 мм, диаметром отверстия 6 и 22 мм. Диски на основе из нетканых материалов (объемного полотна) выпускают с наружным диаметром 125 мм, диаметром отверстия 32 мм.

фибровые диски (ГОСТ 8692-82) с диаметром отверстия от 30 до 100 мм, наружным диаметром до 250 мм;

бобины (ГОСТ 12439-79) для машинной обработки различных деталей, шириной от 205 до 1500 мм, длиной от 250 до 1000 мм;

диски двусторонние тканевые водостойкие (ТУ 2-036-878-91) для зачистки края изделий из стекла и других материалов;

лепестковые крути (ТУ 2-36-946-84) для обработки металла и деталей



сложного профиля наружным диаметром от 32 до 500 мм, высотой от 14 до 25 мм и внутренним диаметром от 32 до 44,5 мм.

### *Новые полировальные пасты и их применение*

В качестве абразивного материала используется глинозем марки ГЭБ (ГОСТ 6912-74), а также микропорошки белого электрокорунда марки 24А зернистостью от М28 до М3. Наиболее целесообразно применение паст из электрокорунда 24АМ28 и глинозема ГЭБ, как в исходном состоянии (размер частиц 30...60 мкм), так и измельченного (5...20 мкм).

Компонентами связки паст являются стеарин, синтетические жирные кислоты, олеиновая кислота, триэтаноламин, этиленгликоль, вазелиновое масло, а также специальный наполнитель "сакап", обеспечивающий длительное неоседание пасты.

Использование новых полировальных паст при полировании коррозионно-стойкой стали позволяет существенно уменьшить шероховатость поверхности. Так, при исходной шероховатости  $Ra = 0,34$  мкм в течение 4...5 мин достигается  $Ra = 0,10... 0,13$  мкм; при исходной шероховатости  $Ra = 0,16$  мкм достигается  $Ra = 0,06...0,08$  мкм. При исходной шероховатости  $Ra = 0,07...0,08$  мкм может быть получена поверхность с  $Ra = 0,026... 0,036$  мкм.

Таким образом достигается уменьшение шероховатости за одну операцию (переход) в 1...3 раза.

### *Обработка абразивными брусками. Хонингование*

Отечественная промышленность выпускает абразивные хонинговальные бруски типа БХ шириной В от 2 до 15 мм, высотой Н от 3 до 14 мм и длиной  $l_{бр}$  от 15 до 150 мм. Выбор размеров бруска зависит от размеров обрабатываемой поверхности ( $l, d$ ). Длина выхода брусков за торец хонингуемого отверстия  $l_{вых} = l_{бр}/3$ . Ширина бруска зависит от диаметра обработки и выбранного количества брусков (N) в хоне, т.е.

$$BN = (0,25...0,5)pd.$$

Материал абразивных зерен хонинговальных брусков зависит от обрабатываемого материала: для чугуна, цветных сплавов и незакаленной стали применяется карбид кремния зеленый (марка 63С), а для закаленной стали - электрокорунд (марка 24А). Зернистость абразивного материала выбирается в зависимости от требуемой шероховатости из табл. 10.10. В этой таблице указаны также исходная шероховатость и рекомендуемый припуск. Степень твердости абразивных брусков зависит от режимов хонингования и применяемых

сит от режимов хонингования и применяемых СОЖ. Она изменяется в пределах от СТ2 до Т2 для обработки серого чугуна и от С 1 до СТ2 для обработки закаленной стали.

Таблица 10.10

Рекомендуемые марки и зернистость алмазных порошков в зависимости от обрабатываемого материала, шероховатости поверхности и припуска на хонингование

Обрабатываемый материал	Припуск на диаметр, мм; параметр шероховатости поверхности, мкм						
	0,15-0,11; Rz=20-10	0,11-0,08 Ra=2,5-2,0	0,08-0,04; Ra=1,25-1,0	0,04-0,02; Ra=0,63-0,5	0,02-0,01; Ra=0,32-0,25	0,01-0,005; Ra=0,16-0,125	0,005; Ra=0,80-0,063
1	2	3	4	5	6	7	8
Серые и легированные серые чугуны	АСВ3 15/250 АСВ250 /200	АСР200/ 160 АСР160 Л25 АСР125/ 100	АСР 100/80 АСР 80/63	АСР 63/50 АСО 50/40	АСМ 28/20 АСМ 20/14	АСМ20/14  АСМ14/10	АСМ10/7
Закаленные чугуны	АСК 630/500 АСК 500/400	АСК 400/315 АСК 315/250	АСК 250/200 АСК 200/160 АСК 160/125	АСВ 125/100 АСВ 100/80	АСМ 40/28 АСМ 28/20	АСМ28/20 АСМ20/14	АСМ20/1 4 АСМ 14/10



1	2	3	4	5	6	7	8
Нетер- мооб- ра- ботан- ные стали	АСВ 3 15/250	АСВ 200/160	АСВ 100/80	АСР 63/50	АСМ 40/28	АСМ 20/14	-
	АСВ 250/200	АСВ 160/125 АСВ 125/100	АСВ 80/63	АСО 50/40	АСМ 28/20		
Зака- лен- ные	АСВ 3 15/250	АСВ 200/160	АСВ125 /100	АСВ 80/63	АСМ 40/28	АСМ20/14	АСМ 14/10
	АСВ 250/200	АСВ 160/125	АСВ 100/80	АСР 63/50	АСМ 28/20		

### *Обработка абразивными брусками. Суперфиниширование*

Материал абразивных зерен брусков выбирается в зависимости от обрабатываемого материала. Для предварительного суперфиниширования стальных деталей используется электрокорунд белый (марка 24 А), а для окончательного - хромистый электрокорунд (32А). Для суперфиниширования чугуновых, незакаленных стальных заготовок, заготовок из цветных сплавов и нержавеющей стали применяют карбид кремния зеленый (34С). Для обработки заготовок из высокотвердых легированных сталей выбирают эльбор (марки ЛО и ЛП) ГОСТ 28734-90. Для обработки деталей из твердых сплавов и технической керамики используют алмазные зерна (АСО и АСП).

Зернистость брусков определяется требованиями к шероховатости поверхности.

2. Марка алмазно-абразивного материала выбирается на основе рекомендаций, представленных в табл. 10.11.



## Рекомендации по выбору алмазно-абразивного материала

п/п	Абраз. материал	Применение
1	2	3
1	Алмаз (А, АС) ГОСТ 9206-80Е	Шлифование, заточка: доводка твердых сплавов; правка шлифкругов; обработка стекла, керамики, фарфора, заточка лезвий инструментов, обработка цветных металлов и сплавов
2..	Эльбор (ЛО, ЛП, ЛКВ) ГОСТ 9206-80Е	Окончательная обработка высокоточных заготовок из инструментальных и трудно-обрабатываемых материалов
3.	Нормальный электрокорунд (10А-19А)	Шлифование черновое, обдирочное стальных заготовок кругами на органических и неорганических связках
4.	Белый электрокорунд (20А-29А)	Шлифование окончательное стальных закалённых заготовок на органических и (преимущественно) неорганических связках
5	Хромистый электрокорунд (32А,33А,34А)	Шлифование изделий из конструкционных и углеродистых сталей с повышенной производительностью на различных связках
6	Титанистый электрокорунд (37А)	Скоростное шлифование стальных заготовок кругами на керамической и бакелитовой связках
7.	Циркониевый электрокорунд (38А)	Силовое, обдирочное шлифование стальных заготовок на бакелитовой связке при высоких скоростях и подачах
8.	Монокорунд (43А,44А,45А)	Шлифование и заточка трудно-обрабатываемых сталей и сплавов кругами на керамических связках
9.	Хромотитанистый электрокорунд (91А,92А,93А,94А)	Электрокорунды 91А, 92А аналогичны применению белого электрокорунда, а 93А, 94А - нормального электрокорунда
10	Карбид кремния чёрный (52С, 53С, 54С)	Обработка заготовок из чугуна, цветных металлов, твёрдых сплавов, гранита, мрамора шлифовальными инструментами, а также свободным абразивом
11	Карбид кремния зелёный (62С,63С,64С)	Обработка титановых и твёрдых сплавов, чугуна, алюминия, меди, гранита, мрамора инструментами на всех связках и свободным абразивом

## Назначение связок алмазных шлифовальных кругов

Связка	Алмазы	Назначение
1	2	3
БР	АСМ, АСО	Органические связки. Доводочное шлифование торцом круга и доводка инструмента с охлаждением и без него для получения шероховатости поверхности с параметрами $Ra = 0.080 + 0.020$ до $Rz = 0.100 + 0.080$ мкм
Б1	АСН	Доводка режущей части инструмента из сверхтвердых поликристаллических материалов (алмаза, эльбора-Р, гексанида-Р и др.)
	АСО, АСМ	Чистовое шлифование и чистовая заточка твердосплавной части инструмента с охлаждением и без него
	АСР (с покрытием)	Шлифование и заточка твердосплавной режущей части инструмента с охлаждением и без него
Б2	АСР (с покрытием)	Профильное шлифование и резьбошлифование; чистовое шлифование; чистовая заточка инструмента кругами с шириной рабочего слоя до 3 мм с охлаждением и без него
Б3	АСМ	Чистовое шлифование инструмента кругами из микропорошков с охлаждением и без него
Б8	АСО, АСР, АСМ (с металлическим и стеклопокрытием)	Чистовое шлифование и заточка твердосплавной части инструмента с охлаждением и без него
01	АСО, АСР (агрегированные с покрытием)	Чистовое шлифование и заточка твердосплавного инструмента с охлаждением и без него
Б156	АСР	Получистовая заточка и шлифование твердого сплава с охлаждением и без него с повышенной производительностью
БП2	АСР (с покрытием и без покрытия)	Получистовое шлифование и заточка твердосплавной части инструмента на повышенных режимах с охлаждением и без него на станках с механической подачей; профильное шлифование; шлифование и заточка инструмента узкокрючочными кругами без охлаждения; шлифование неперетачиваемых пластин в условиях массового производства
Т02	АСР (с покрытием и без покрытия)	Получистовое шлифование и заточка инструмента с охлаждением и без него с повышенной производительностью; заточка инструмента из поликристаллических сверхтвердых материалов



1	2	3
К1	АСР	Керамическая связка. Заточка и шлифование твердосплавной режущей части совместно со стальной державкой с охлаждением при жестком креплении инструмента
М1	АСР, АСВ, АСК, А (с металлическим покрытием и стеклопокрытием и без покрытия)	Металлические связки. Шлифование резьбы однониточным кругом, бесцентровое и профильное шлифование с охлаждением отрезка заготовок и прорезка пазов в твердосплавных изделиях с охлаждением; ручная заточка резцов с охлаждением при небольших поверхностях обработки, шлифование твердых сплавов при наложении электроимпульсных токов
МС6П (алмазосодержащий прокат)	АСВ, АСК, АСМ	Шлифование с охлаждением стружечных канавок мелко-размерных сверл, разверток, зенкеров, борфрез и другого инструмента
М04	АСР, АСВ (с металлическим и стеклопокрытием)	Заточка и шлифование, в том числе вместе с державкой инструмента; глубинная заточка и шлифование; глубинное шлифование стружколомающих канавок; бесцентровое шлифование с охлаждением; профильное шлифование
М07	АСР, АСВ	Шлифование резьбы инструмента многониточными кругами с применением СОМЖ
М08	АСВ	Глубинное алмазно-электролитическое шлифование стружечных канавок в цельно твердосплавных борфрезах и другом мелко-размерном инструменте
	АСВ(со стеклопокрытием)	Ручная заточка резцов
М013	АСР, АСВ(с покрытием)	Заточка, в том числе глубинная, твердосплавной части инструмента с касанием по стальной державке с охлаждением; шлифование непоретачиваемых пластин в условиях массового производства
М020	АСРС(со стеклопокрытием)	Шлифование боковых поверхностей твердосплавных непоретачиваемых пластин с охлаждением



1	2	3
МВ1	АСВ (с металлическим и стеклопокрытием)	Шлифование, в том числе бесцентровое, и заточка, в том числе глубинная, твердосплавной части с касанием по стальной державке инструмента с охлаждением: электролитическое шлифование и заточка, в том числе глубинная, инструмента совместно со стальной державкой
МС2	АСВ (с покрытием и без покрытия)	Шлифование и заточка твердого сплава при неравномерной нагрузке на рабочий слой круга с охлаждением; электролитическое шлифование и заточка пластинки твердого сплава с касанием по стальной державке или без него; электролитическое, в том числе глубинное, шлифование стружечных канавок цельно-твердосплавного мелкоразмерного инструмента (борфрезы, сверла и т.п.)
МС6	АСВ (с покрытием и без покрытия)	Заточка с охлаждением твердого сплава с касанием по стальной державке при неравномерной нагрузке на круг и ручной заточке инструмента; многопроходное шлифование стружколомающих элементов с охлаждением и без него; шлифование по целому стружечных канавок монолитного и напайного мелкоразмерного инструмента; электролитическая заточка пластинки твердого сплава с касанием по стальной державке или без него; электролитическое глубинное шлифование стружколомающих элементов инструмента
МП1	АСВ (с покрытием и без покрытия)	Шлифование, в том числе бесцентровое, и заточка твердосплавного инструмента с касанием по стальной державке (соотношение площадей 1:1) при охлаждении; глубинное шлифование с охлаждением; электролитическое шлифование и заточка пластинки твердого сплава совместно со стальной державкой
М10	АСМ	Чистовое профильное шлифование и заточка инструмента с охлаждением при высоких требованиях к стойкости кругов и шероховатости поверхности $Ra = 0,040...0,020$ ; $Rz = 0,100+0,080\text{мкм}$ )
М15	АСВ, АСК	Электролитическое шлифование пластинки твердого сплава, в том числе совместно со стальной державкой при повышенных требованиях к стойкости алмазного инструмента и точности обработки
М20	АСВ	Однопроходная вышлифовка канавок в крупноразмерном твердосплавном концевом инструменте

1	2	3
ТМ2	АСВ	Шлифование, в том числе глубинное, и заточка твердосплав-ной режущей части инструмента с охлаждением
ТМ2-3	АСВ	Шлифование твердосплавных неперетачиваемых пластин, вышлифовка канавок на резцах и других инструментах
Э1(гальвани-ческая)	АСР, АСВ, АСК	Фасонное шлифование твердого сплава инструмента с охлаждением и ручная доводка его надфилем без съема со станка

Ниже приведены типы абразивных инструментов и примеры их маркировки по ГОСТ.

Типы кругов:

- 1 – прямоугольного профиля;
- 2 - кольцевые;
- 3 - с коническим профилем;
- 4 - с двухсторонним коническим профилем;
- 5 - с выточкой;
- 23 - с конической выточкой;
- 7 - с двухсторонней выточкой;
- 6 - чашечные цилиндрические;
- 11 - чашечные конические;
- 12 и 14 – тарельчатые;
- 36 – с запрессованными крепёжными элементами;
- 10 - с двухсторонней выточкой и ступицей;
- 26 - с двухсторонней конической выточкой.

Пример условного обозначения круга типа 1, с наружным диаметром  $D=500$ мм, высотой  $T=50$ мм, диаметром посадочного отверстия  $H=305$ мм, из белого электрокорунда марки 24А, зернистости 10-П, степени твердости С2, номером структуры 7, на керамической связке КПГ с рабочей скоростью 35 м/с, класса точности А, 1-го класса неуравновешенности: 1 500×50×305 24А 10-П С2 7 КПГ 35 м/с А 1кл Гост 2424-83.

Типы кругов эльборовых шлифовальных:

- 1А1 – плоского прямоугольного профиля;
- А8 - плоского прямоугольного профиля без корпуса;
- 1Е1, 1Е6Q, 1Д1 – плоские с двухсторонним коническим профилем;
- 1V1, 1R1 - плоские с односторонним коническим профилем;



1A2 - плоского прямоугольного профиля;  
1F1X – плоские с полукругло-выпуклым профилем;  
4V9 – профильные;  
6A2 – плоские с выточкой;  
9A3 - плоские с двухсторонней выточкой;  
12A2 – 45; 11A2; 12V5-45; 12B2; 12C2 – чашечные конические;  
12R9, 12V9, 12A2-20, 12R4, 12V5-20 – тарелочные;  
14A1 - плоские прямоугольного профиля;  
14EE 1X - плоские с двухсторонним коническим профилем.

Пример условного обозначения эльборового шлифовального типа 1A1 исполнения 1, наружным диаметром  $D=100\text{мм}$ , высотой  $H=20\text{мм}$ , диаметром посадочного отверстия  $d=20\text{мм}$ , толщиной эльбороносного слоя  $S=5\text{мм}$ :

1A1-1 100•20•20•5 Гост 17123-79Е.

Типы брусков: 1 – прямоугольные; 2 – треугольные; 3 – полукруглые; 4 – с вогнутым профилем.

Пример условного обозначения бруска длиной  $L=100\text{мм}$ , шириной  $B=12\text{мм}$ , высотой  $H=6\text{мм}$ , толщиной алмазоносного слоя  $S=3\text{мм}$ , с радиусом  $r=50\text{мм}$ , из алмазных порошков марки АС6, зернистостью 125/100, относительной концентрацией 100, на металлической связке марки М2-С1:

2768-0049 АС6 125/100 100 М2-01 Гост 25594-83Е.

Пример условного обозначения абразивного эльборового бруска типа 4, шириной  $B=10\text{мм}$ , длиной  $L=50\text{мм}$ , с радиусом  $r=6,5\text{мм}$ ;

4 10•50-6,5 Гост 28734-90.

Типы головок алмазных шлифовальных: АW – цилиндрические; DW – угловые; EW – конические; D1W – усечённые конические; F1W – FW – полушаровые.

Пример условного обозначения головки типа DW наружным диаметром  $D=8\text{мм}$ , высотой  $H=6\text{мм}$ , посадочным диаметром  $d=3\text{мм}$  из микропорошка марки АСМ, зернистостью 60/40, с относительной концентрацией алмазов 100, на металлической связке марки М2-01:

DW 8•6•3 АСМ 60/40 100 М2-01 Гост 17122-85.

Типы шлифовальных шкурок: 1 – для машинной и ручной обработки древесины, пластмассы, лаковых покрытий и сплавов с низкой твёрдостью; 2 – для машинной и ручной обработки твёрдых и прочно вязких металлов и сплавов.

Виды шлифовальных шкурок: О – однослойная, Д – двухслойная.

Пример условного обозначения водостойкой тканевой двухслойной



шлифовальной шкурки типа 2 с шлифовальным материалом, нанесённым электростатическим способом, шириной 820мм, длиной 20м на тканевой основе из гладкокрашеной сажки №1, из зелёного карбида кремния марки 63С, зернистости 40-Н и 25-П, на фенолоформальдегидной смоле, класса А:

Д2 Э 820•20 У1Г 63С 40-Н/25-П СРЖ А Гост 14344-79.

Пасты алмазные по смываемости: смываемые водой (В), смываемые водой и органическими растворителями (ВО), смываемые органическими растворителями (О).

По консистенции: мазеобразные (М), твёрдые (Т), жидкие (Ж).

По массовым долям: с нормальной (Н), повышенной (П), высокой (В).

Область применения паст в зависимости от марок.

Марка алмазного порошка	Рекомендуемая область применения
А1, А3, АС2	Шлифование, грубая доводка различных материалов
АМ, АСМ, АН, АСН	Полировка, доводка, тонкое шлифование чёрных и цветных сплавов, металлов и неметаллических материалов
АМ1; АСМ1; АМ5; АСМ5	Тонкое полирование металлических сплавов, неметаллических материалов

Пример условного обозначения пасты из синтетических алмазных порошков марки АСМ, зернистостью 7/5 с нормальной массовой долей (Н), смываемых водой (В), твёрдой консистенции (Т), типа С:

Паста алмазная АСМ 7/5 НВТ С Гост 25593-83Е.

## Лабораторная работа №10

### Абразивные материалы

Цель работы: изучить материалы, применяемые для абразивной обработки, их состав, область применения.

1.1. Задание на выполнение лабораторной работы.

Студент обязан:

- изучить классификацию шлифовальных кругов и применяемые для их изготовления материалы;

- научиться расшифровывать обозначения шлифовальных кругов;
- научиться выбирать шлифовальный круг для конкретного применения;

1.2. Справочная документация: каталог абразивного инструмента.

1.3. Содержание отчёта.

Наименование работы, сведения(таблицы) об абразивных материалах, связках, назначении; маркировка шлифовальных кругов.

1.4. Контрольные вопросы:

1. Расшифровать обозначение шлифовального круга.
2. Применяемость конкретных абразивных материалов, связок, твёрдости и др.(по указанию преподавателя).
3. Что такое зернистость шлифовальных кругов?
4. Что такое твёрдость шлифовального круга?
5. Области применения шлифовальных алмазных кругов и из эльбора. Роль стеклопокрытий.

1.5. Литература.

1. Абразивная и алмазная обработка материалов  
Под ред. А.Н.Резникова. – М.: Машиностроение, 1977.- 391с.
2. Абразивные материалы и инструменты: Каталог/Под ред.  
В.Н.Тыркова. – М.: ВНИИТЭМР, 1986. – 357с.
3. Справочник инструментальщика/Под ред. И.А.Ординарцева.  
– Л.: Машиностроение, 1987.- 846с.
4. Коган Б.И. Абразивный инструмент. Типы, формы, структуры,  
технические характеристики, рекомендации по применению.  
– Новосибирск : ООО МП «Институт конверсии», 1999.-61с.

Министерство образования Российской Федерации  
Департамент кадровой политики и образования  
Министерства сельского хозяйства Российской Федерации

Кемеровский сельскохозяйственный институт  
Кафедра технологии металлов и ремонта машин

*Б. И. Коган, М. В. Чибряков*

# **ОБРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ РЕЗАНИЕМ**

**Лабораторный практикум**

Учебное пособие  
рекомендовано Министерством сельского хозяйства  
Российской Федерации в качестве учебного пособия  
для самостоятельной работы студентов инженерных  
специальностей сельскохозяйственных вузов

Кемерово  
Кузбассвузиздат  
2002



ББК 34.63

К 57

УДК 621.91.03.30–82(031)

**Рецензенты:**

Восточный научно-исследовательский и проектно-технологический институт машиностроения (ВНИПТИМ) и профессор, д.т.н., заслуженный деятель науки Российской Федерации В. Ф. Горбунов

**Коган Б. И., Чибряков М. В.**

**К 57** Обработка материалов резанием: Лабораторный практикум/ Учебное пособие для самостоятельной работы студентов инженерных специальностей с/х. вузов. – Кемерово: Кузбассвузиздат, 2002.–233 с.

ISBN 5–202–00495–8.

Одобрено и рекомендовано к печати методической комиссией факультета механизации сельского хозяйства Кемеровского сельскохозяйственного института (протокол № 19 от 11 февраля 2002 г.).

Учебное пособие содержит сведения о теории процессов обработки материалов резанием (точением, обработкой концевыми инструментами, строганием фрезерованием, протягиванием, шлифованием), современных материалах для режущих инструментов и их конструкциях, металлорежущем оборудовании. Методические указания по выполнению лабораторных работ помогают студентам приобрести практические навыки по обработке материалов резанием на основе сведений о современных технологических средствах производства и ориентируют их на обеспечение качества сельскохозяйственной техники технологическими методами.

Учебное пособие отличается лаконичностью изложения при большом объеме информации, наличием необходимых иллюстраций, справочных материалов и библиографией. Предназначено для студентов сельскохозяйственных вузов.

К  $\frac{2704040000}{Т45(03)-2002}$  Без объявл.

**ББК 34.63**

ISBN 5–202–00495–8

© Коган Б. И., Чибряков М. В., 2002  
© Изд-во “Кузбассвузиздат”. 2002

Учебное издание  
Коган Борис Исаевич  
Чибряков Михаил Владимирович

Обработка материалов резанием  
Лабораторный практикум

Редактор В.И. Труханова

Лицензия на издательскую деятельность  
ЛР №071467 от 11.07.97

Лицензия на полиграфическую деятельность  
ПЛД № 44-12 от 10.11.99

Подписано к печати 12.03.2002 Формат 60X84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Бумага офсетная. Гарнитура типа «Таймс».  
Печать офсетная. Усл. печ. л. 14. Уч. – изд. 11,8.  
Тираж 300 экз. Заказ №244

Издательство «Кузбассвузиздат»  
650043 Кемерово ул. Ермака, 7. Тел. 23-34-48.

## Оглавление

	Стр.
Введение.....	3
Тема 1. Устройство металлорежущих станков. Техника безопасности при работе на металлорежущих станках.....	4
Лабораторная работа №1. Техника безопасности при работе на металлорежущих станках.....	25
Тема 2. Токарные работы. Резцы, геометрия, параметры; резцы с неперетачиваемыми многогранными пластинами. Новые конструкции резцов для нарезки резьбы, проточки канавок, стружкодробления. Измерение углов резца.....	28
Лабораторная работа №2. Токарные работы.....	82
Тема 3. Обработка резанием концевыми инструментами на сверлильных станках. (сверление, зенкование, зенкерование, развёртывание).....	87
Лабораторная работа №3. Обработка на сверлильных станках....	104
Тема 4. Разрезание материалов пилами.....	106
Лабораторная работа №4. Разрезание материалов пилами.....	115
Тема 5. Строгание и долбление.....	116
Лабораторная работа №5 Строгание и долбление.....	123
Тема 6. Фрезерование.....	123
Лабораторная работа №6. Фрезерование.....	138
Тема 7. Абразивная обработка.....	141
Лабораторная работа №7. Абразивная обработка.....	157
Тема 8. Классификация металлорежущих станков.....	158
Лабораторная работа №8. Классификация металлорежущих станков.....	163
Тема 9. Инструментальные материалы для обработки резанием...	164
Лабораторная работа №9. Инструментальные материалы.....	201
Тема 10. Абразивные материалы.....	202
Лабораторная работа №10. Абразивные материалы.....	230