

Министерство образования и науки Российской Федерации
Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
"Тамбовский государственный технический университет"

А. М. Минаев

**ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ
РЕЗАНИЕМ**

Учебно-методическое пособие



Тамбов
Издательство ТГТУ
2005

ББК 34.63
УДК 621.96
М61

Рецензент
Кандидат технических наук
Г. А. Барышев

Минаев А. М.

М6 Обработка металлов резанием: Учебно-методическое
1 пособие. Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2005. 96
с.

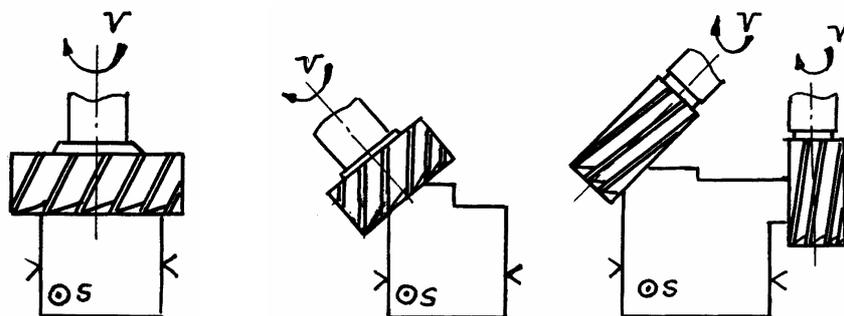
В пособии дана краткая теория основных видов обработки металлов резанием, представлены лабораторные работы и индивидуальные задания по разработке технологического процесса обработки деталей резанием.

Предназначено для студентов изучающих общеинженерные курсы: "Технологические процессы в машиностроении", "Материаловедение и технология материалов", "Основы отраслевых технологий", "Технология деталей РЭС".

ББК 34.63
УДК 621.96

© Минаев А. М., 2005
© Тамбовский государственный
технический университет
(ТГТУ), 2005

ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ РЕЗАНИЕМ



◆ Издательство ТГТУ ◆

Учебное издание

МИНАЕВ Александр Михайлович

ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ РЕЗАНИЕМ

Учебно-методическое пособие

Редактор Е. С. Мордасова

Компьютерное макетирование И. В. Евсеевой

Подписано к печати 27.01.2005

Гарнитура Times New Roman. Формат 60 × 84/16. Бумага офсетная.

Печать офсетная. Объем: 5,58 усл. печ. л.; 5,55 уч.-изд. л.

Тираж 300 экз. С. 72^М

Издательско-полиграфический центр ТГТУ
392000, Тамбов, Советская, 106, к. 14

ВВЕДЕНИЕ

Заготовки деталей машин, полученные ковкой, литьем, прокаткой в подавляющем большинстве не имеют точности размеров и качества поверхности, необходимых при установке их в различные механизмы.

Завершающей операцией в превращении заготовки в деталь машины является обработка металлов резанием.

Обработка металлов резанием – технологический процесс производства деталей машин, который заключается в срезании режущим инструментом с поверхности заготовки слоя материала в виде стружки для получения заданной геометрической формы, точности и шероховатости поверхности детали. В качестве заготовок будущих деталей машин используют прокат различного профиля, литье, поковки и сварные конструкции.

Чтобы с заготовки снять нужный слой металла ей и режущему инструменту необходимо сообщить определенные движения:

- движения резания;
- установочные движения;
- вспомогательные движения.

К движениям резания относится главное движение (v), которое определяет скорость отделения стружки и движение подачи (s), обеспечивающее врезание инструмента в последующие слои металла.

Установочными называют движения, которые устанавливают заготовку и инструмент в определенное положение перед началом резания.

К вспомогательным движениям относят: закрепление заготовки и ее снятие, холостые движения инструмента, переключение скоростей и т.д.

В настоящем пособии представлены лабораторные работы и задачи, а также изложена краткая теория по основным видам обработки металлов резанием: точению, фрезерованию и профилированию зубчатых колес, обработке отверстий, шлифованию.

Раздел 1

ТОЧЕНИЕ. ВИДЫ РАБОТ ПРИ ТОЧЕНИИ И ПРИМЕНЯЕМЫЙ ИНСТРУМЕНТ

Точение осуществляется на металлорежущих станках токарной группы. Схемы точения показана на рис. 1.

Здесь главным движением (v) является вращение заготовки, а движением подачи (s) – перемещение инструмента. Угол φ – главный угол в плане резца: это угол между горизонтальной проекцией главного режущего лезвия резца и направлением подачи (s).

Основные виды работ, выполняемые на станках токарной группы показаны на рис. 2, а основные узлы (и их назначение) наиболее распространенного токарно-винторезного станка 1К62 – на рис. 3.

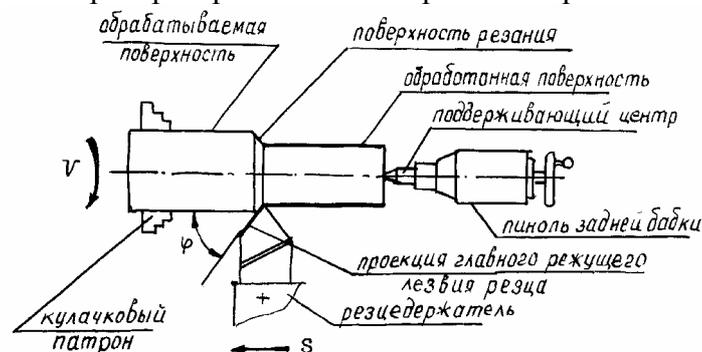
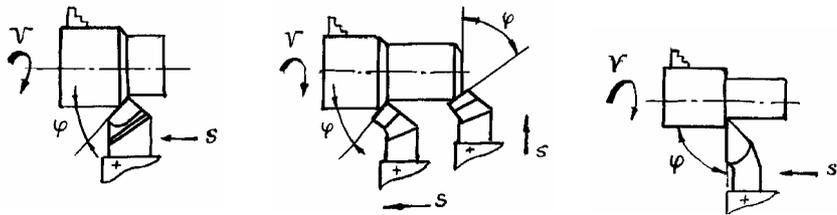
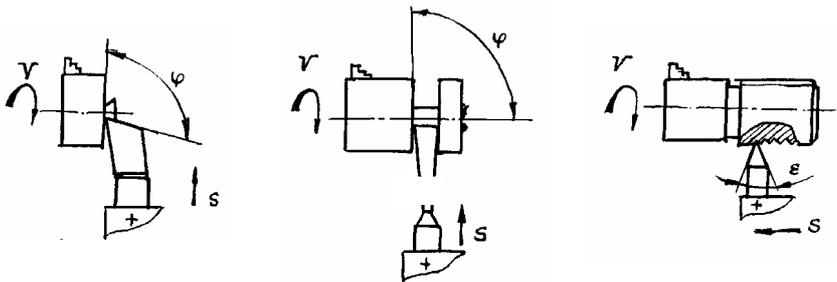


Рис. 1 Схема обработки точением



- а) Точение прямым проходным резцом
 б) Точение и снятие фаски проходным резцом с отогнутой головкой
 в) Точение проходным упорным резцом

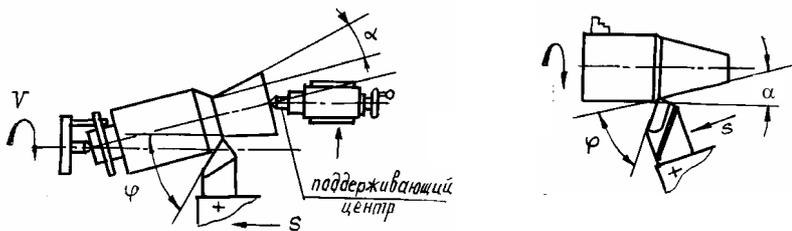


- г) Подрезание торца подрезным резцом
 д) Отрезание заготовки отрезным резцом
 е) Нарезание резьбы резьбовым резцом

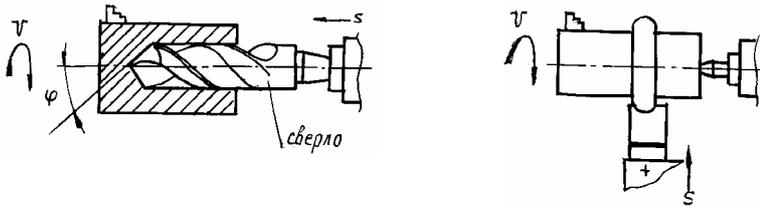
Рис. 2 Точение: виды работ и инструмент



- ж) Растачивание сквозного отверстия расточным проходным резцом с оттянутой головкой
 з) Растачивание глухого отверстия расточным упорным резцом с оттянутой головкой



- и) Точение конусной поверхности при смещенном поддерживающем центре
 к) Обработка конуса подачей резца по образующей конуса



л) Сверление глухих (сквозных) отверстий сверлом

м) обработка фасонной поверхности фасонным резцом

Рис. 2 Продолжение

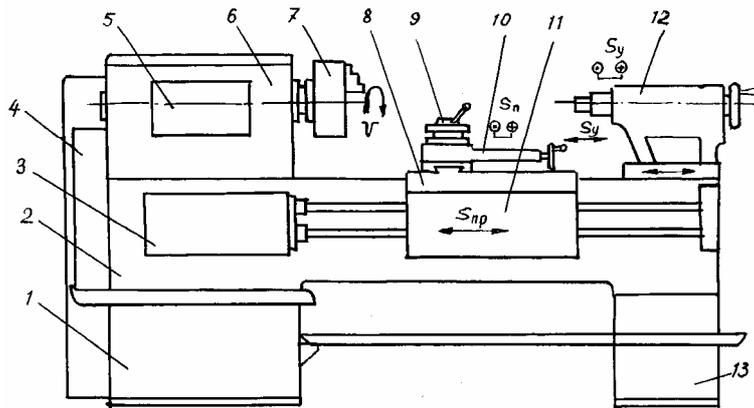


Рис. 3 Общий вид токарно-винторезного станка:

1 – передняя тумба (с электродвигателем главного привода станка); 2 – станина; 3 – коробка подач; 4 – коробка сменных зубчатых колес (для наладки станка на нарезание резьбы); 5 – панель управления коробкой скоростей; 6 – передняя бабка (в ней смонтирована коробка скоростей и шпиндель); 7 – патрон для закрепления заготовки; 8 – поворотный четырехпозиционный резцедержатель; 9 – продольный суппорт (обеспечивает продольную подачу); 10 – поперечная каретка (обеспечивает поперечную подачу и подачу под углом к оси вращения заготовки); 11 – фартук (в нем смонтированы механизмы, преобразующие вращательное движение ходового валика и ходового винта в поступательные движения суппортов); 12 – задняя бабка; 13 – задняя тумба с насосной станцией

Выбор режимов резания

К основным элементам режимов резания относят: скорость резания – v , м/мин; подачу – s , мм/об; глубину резания t , мм.

Скорость резания – путь в единицу времени точки режущей кромки инструмента относительно заготовки в направлении главного движения. Экономическую скорость резания вычисляют по экспериментальной формуле (1) или исходя из накопленного производственного опыта выбирают из справочных таблиц (табл. 1, 2, 3, 4)

$$v = \frac{C_v}{T^m t^x s^y} k_{\text{общ}}, \quad (1)$$

где C_v – коэффициент, зависящий от вида обработки, обрабатываемого материала и угла в плане φ ; m – показатель относительной стойкости инструмента; x и y – дробные показатели, $k_{\text{общ}}$ – общий поправочный коэффициент (выбираются из справочных таблиц); t – глубина резания, мм; s – величина подачи, мм/об.

**1 Среднее значения экономической скорости резания
для разных инструментов (пример)**

Инструмент	Обрабатываемый материал	Скорость резания, м/мин
Быстрорежущий резец Р9К5	Сталь	15...50
Твердосплавный резец	Сталь	100...350
Алмазный резец	Сталь	500...800

2 Скорости резания (м/мин) при черновом обтачивании заготовок из углеродистой, хромистой, хромоникелевой сталей и стальных отливок резцами из твердого сплава Т15К6 (при пределе прочности $\sigma_B = 700...800$ МПа и $\varphi > 0$)

Глубина резания, мм	Подача, мм/об						
	0,3	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,5
3	198	166	157	140	127	–	–
4	190	160	150	134	122	117	–
6	178	150	141	126	113	112	98
8	–	144	131	121	110	105	94

Примечания: 1 При $\sigma_B = 400...500$ МПа, полученные значения необходимо умножить на $k_1 = 1,65$, а при $\sigma_B = 900...1000$ МПа – $k_1 = 0,75$.

2 При главном угле в плане $\varphi < 45^\circ$, полученные значения необходимо умножить на $k_4 = 1,13$, при $\varphi = 90^\circ$ $k_4 = 0,81$.

3 Скорости резания при черновом обтачивании заготовок из серого чугуна резцами из твердого сплава ВК6 (при НВ 180...200, $\varphi = 45^\circ$)

Глубина резания, мм	Подача, мм/об						
	0,3	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,5
3	138	121	111	100	91	–	–
4	132	115	107	95	87	80	–
6	124	109	100	89	82	76	82
8	–	104	96	86	78	73	78

Примечания: 1 При НВ = 120...140, полученные значения необходимо умножить на $k_1 = 1,6$, а при НВ = 220...250 МПа – $k_1 = 0,77$.

2 При главном угле в плане $\varphi < 45^\circ$, полученные значения необходимо умножить на $k_4 = 1,2$, при $\varphi = 90^\circ$ на $k_4 = 0,79$.

4 Скорости резания при обтачивании заготовок из медных сплавов резцами из быстрорежущей стали при твердости материалов

НВ = 100...140

Глубина резания, мм	Подача, мм/об					
	0,3	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2
1	114	89	80	70	63	–
2	105	82	75	65	58	–
3	100	78	71	61	55	–
4	97	75	69	58	53	49
6	–	–	65	57	50	46

**5 Подача в зависимости от требуемой шероховатости
(резцы с пластинками из твердого сплава и быстрорежущей стали)**

Шероховатость поверхности, мкм	Обрабатываемый материал	Диапазон скоростей резания, м/мин	Подача (мм/об) при радиусе r при вершине		
			0,5	1,0	2,0
			$R_z = 40 \dots 20$ (черновое точение)	Углеродистая и легированная стали. Чугун, бронза и алюминиевые сплавы	до 50 св. 50 Весь диапазон скоростей
$R_z = 20 \dots 10$	Углеродистая и легированная стали. Чугун, бронза и алюминиевые сплавы	до 50 св. 50 Весь диапазон скоростей	0,18...0,25 25 0,25...0,3 3	0,25...0,3 3 0,3...0,3 5	0,3...0,4 0,35...0,5 5 0,4...0,6
$R_z = 2,5 \dots 1,25$	Углеродистая и легированная стали. Чугун, бронза и алюминиевые сплавы	до 50 св. 100 Весь диапазон скоростей	0,1 0,11...0,16 16 0,16...0,2 2	0,11...0,15 15 0,16...0,25 25 0,2...0,2 5	0,15...0,22 22 0,25...0,35 35 0,25...0,35 35

Выбрав экономическую скорость резания, по формуле (2) определяют частоту вращения (n) заготовки.

$$v = \frac{\pi D n}{1000}, \quad (2)$$

где D – диаметр заготовки, мм; n – частота вращения, об/мин; v – скорость резания, м/мин.

По паспорту станка выбирают ближайшую к расчетному значению частоту вращения.

Подача (s) – путь точки режущего лезвия в направлении подачи за один оборот заготовки, мм/об.

Величина подачи определяет величину шероховатостей обрабатываемой поверхности. При заданной частоте вращения заготовки величина шероховатостей тем меньше, чем меньше s и больше главный угол в плане (табл. 5).

Глубина резания t , мм – расстояние между обработанной и обрабатываемой поверхностями, измеренное в плоскости, перпендикулярной оси вращения заготовки. При точении $t = (D_3 - d)/2$, где t – глубина резания, мм; D_3 – диаметр заготовки, мм; d – диаметр обработанной поверхности, мм.

Глубина резания в основном зависит от мощности станка.

Для экономических расчетов (зарплата, себестоимость и пр.) и определения производительности необходимо знать технологическое (T_0) и штучное ($T_{шт.}$) время, затрачиваемые на обработку заготовки

$$T_0 = \frac{L}{s_{пр} n} i,$$

где T_0 – технологическое время, мин; $s_{пр}$ – продольная подача, мм/об; n – частота вращения заготовки; i – число проходов; L – расчетная (приведенная) длина пути режущего инструмента относительно заготовки в направлении подачи.

$$L = l_0 + (l_1 + l_2),$$

где l_0 – длина обрабатываемой поверхности, мм; $l_1 = t \operatorname{ctg} \varphi$ – путь врезания резца, мм; $l_2 = t \operatorname{ctg} \varphi_1$ – путь выхода резца (перебег), мм.

Штучное время ($T_{шт.}$), мин – это полное время, расходуемое на изготовление одной детали

$$T_{шт.} = T_0 + (T_{всп} + T_{обс} + T_{отд}),$$

где $T_{всп}$ – вспомогательное время; $T_{обс}$ – время обслуживания оборудования и пр.; $T_{отд}$ – время на отдых и личные надобности.

Часовую производительность (шт./ч) станка можно определить как

$$A = \frac{60}{T_{шт.}}$$

Для выбора станка с необходимой мощностью требуется определить мощность, затрачиваемую на процесс срезания стружки, $N_{эф}$ – эффективная мощность, кВт

$$N_{эф} = \frac{P_z v}{60 \cdot 102},$$

где P_z – сила резания, Н; v – скорость резания, м/мин.

Силу P_z можно определить по эмпирической формуле (для упрощенных расчетов)

$$P_z = C_p t s^{0,75},$$

где C_p – коэффициент (табл. 6); t – глубина резания, мм; s – подача, мм/об.

6 Коэффициент C_p для определения силы резания P_z

Обрабаты-	Материал	Главный угол в плане φ , °
-----------	----------	------------------------------------

ваемый материал	режущего инструмента	30	45	60	90
Стали углеродистые и легированные $\sigma_B = 650$ МПа (65 кгс /мм ²)	P6M5	194	180	176	164
	T15K6	308	285	268	253

Необходимая мощность электродвигателя станка ($N_{э.д.}$), кВт

$$N_{э.д.} = \frac{N_{эф.}}{\eta},$$

где η – КПД станка (он составляет в современных станках 0,7...0,85).

Геометрические параметры токарных резцов

При изучении геометрических параметров резцов приняты следующие условные плоскости (рис. 4).

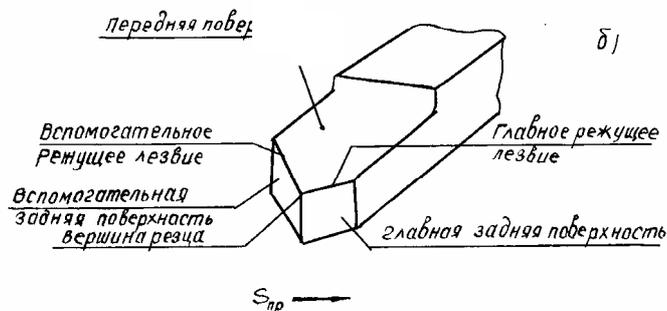
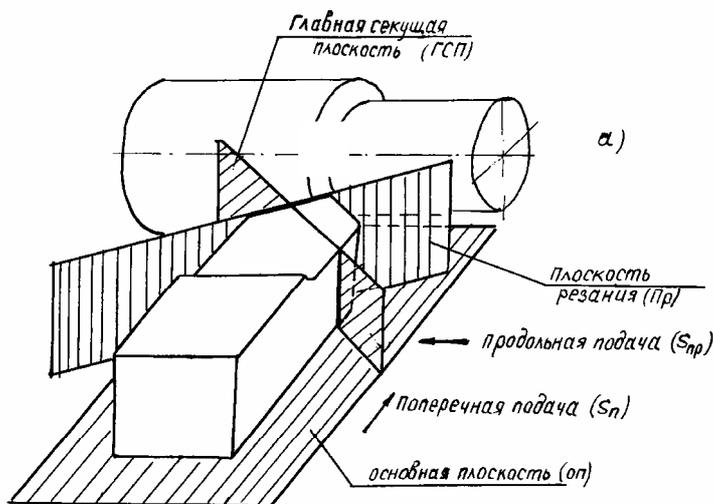


Рис. 4 Условные проектирующие плоскости (а) и

поверхности головки резца (б)

Основная плоскость (ОП) – плоскость, в которой осуществляются движения подачи резца.

Плоскость резания (ПР) – плоскость, касательная к поверхности резания и проходящая через режущую кромку.

Главная секущая плоскость (ГСП) – плоскость, перпендикулярная проекции главной режущей кромки.

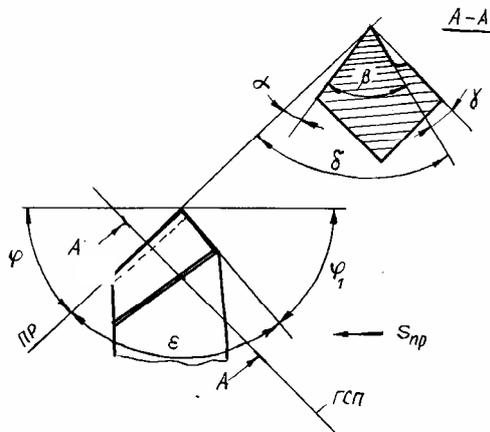


Рис. 5 Углы резца:

φ – главный угол в плане; φ_1 – вспомогательный угол в плане;
 ε – угол при вершине; γ – передний угол; α – главный задний угол;
 β – угол заострения; δ – угол резания

Главный угол в плане (φ) – угол между проекцией главной режущей кромки на ОП и направлением подачи. При обработке нежесткой детали $\varphi = 30 \dots 60^\circ$.

На рис. 5 показаны углы резца в плане и в главной секущей плоскости.

Вспомогательный угол в плане (φ_1) – угол между проекцией вспомогательной режущей кромки и направлением подачи. Угол $\varphi_1 = 10 \dots 30^\circ$. При меньших значениях φ_1 , вспомогательная режущая кромка будет врезаться в обработанную поверхность и портить ее. Сумма углов $\varphi + \varphi_1 + \varepsilon = 180^\circ$, где ε – угол при вершине.

Главный задний угол (α) – угол между главной задней поверхностью и плоскостью резания: $\alpha = 6 \dots 12^\circ$. При малом α возможно трение поверхности резания о заднюю поверхность.

Передний угол (γ) – угол между передней поверхностью и плоскостью, перпендикулярной плоскости резания.

Угол резания (δ) – угол между передней поверхностью и плоскостью резания.

Угол заострения (β) – угол между передней и задней поверхностями, измеренный в главной секущей плоскости.

При малых значениях γ стружка круто загибается вверх, что увеличивает сопротивление резанию. При больших значениях облегчается сход стружки, но ослабляется режущая кромка, поэтому такие величины γ допускаются только при обработке мягких материалов. Передний угол выбирают в зависимости от свойств обрабатываемого материала.

Угол наклона режущей кромки λ определяет величину подъема вершины по отношению к главной режущей кромке. От знака угла ("+" или "-") зависит направление схода стружки.

Углы резца измеряются различными приборами. Наиболее распространенным является прибор ВНИИ для контроля геометрии резцов (рис. 6).

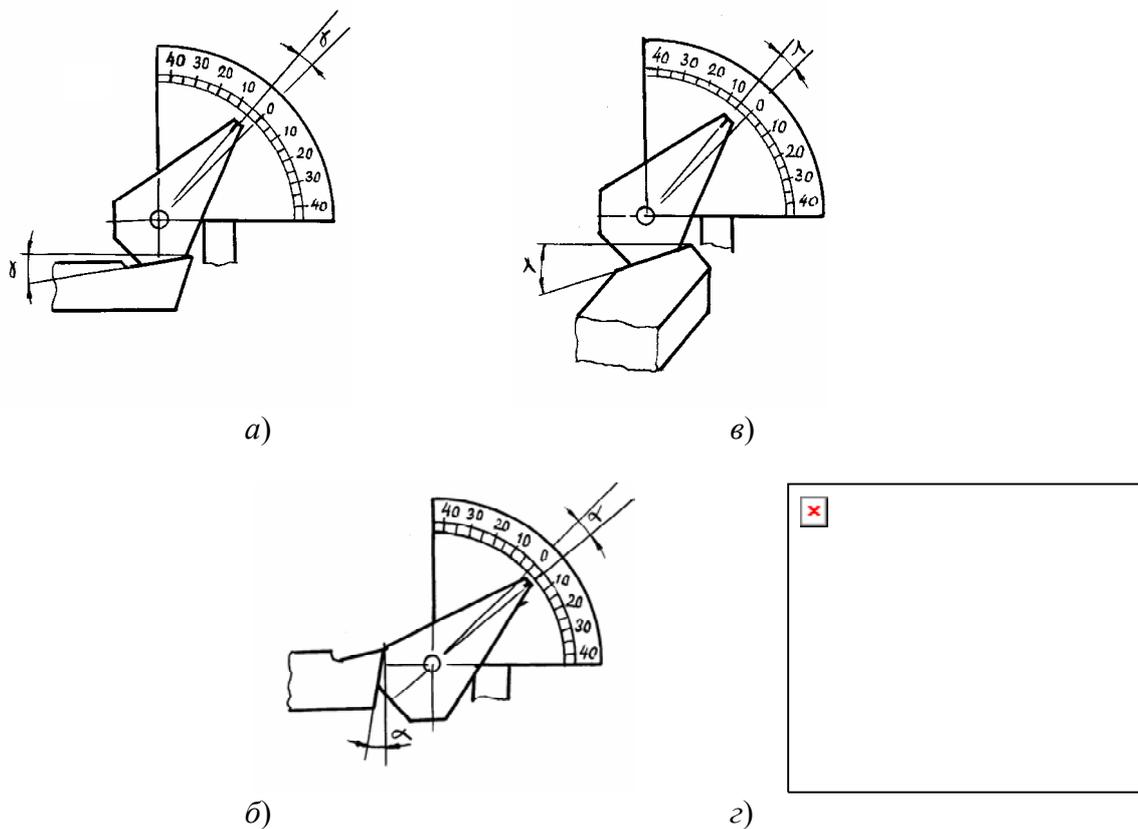


Рис. 6 Измерение углов реза прибором ВНИИ:

а – переднего угла (γ); *б* – заднего угла (α);

в – наклона режущей кромки (λ); *г* – главного угла в плане (φ)

Элементы технологического процесса

Последовательность выполнения различных видов обработки, направленная на превращение заготовки в готовую деталь, составляет **технологический процесс**.

Завершенную часть технологического процесса называют **операцией**. Часть технологической операции, которая выполняется при неизменном закреплении заготовки называется **установкой**.

Выполняемые виды работ (подрезание торца, наружное точение, растачивание отверстия и т.д.) называют **технологическими переходами**.

В единичном производстве чаще всего обрабатывают в одну операцию, т.е. на одном рабочем месте.

В серийном и массовом производстве экономически выгоднее техпроцесс разбивать на несколько операций.

Технологический процесс изготовления детали оформляется документами, предусмотренными единой системой технологической документации (ЕСТД). Основными видами технологической документации является:

1 *Маршрутная карта*. Документ, содержащий описание технологического процесса по всем операциям в технологической последовательности с указанием оборудования, оснастки, материальных и трудовых нормативов.

2 *Операционная карта*. Документ, содержащий описание операции (операций) с расчленением ее по переходам, с указанием режимов работы, расчетных норм и трудовых нормативов.

3 *Карта эскизов и схем*. Документ, содержащий графическую иллюстрацию технологического процесса изготовления изделия и отдельных его элементов.

Пример разработки техпроцесса (схема) изготовления детали типа «Палец» показан на рис. 7.

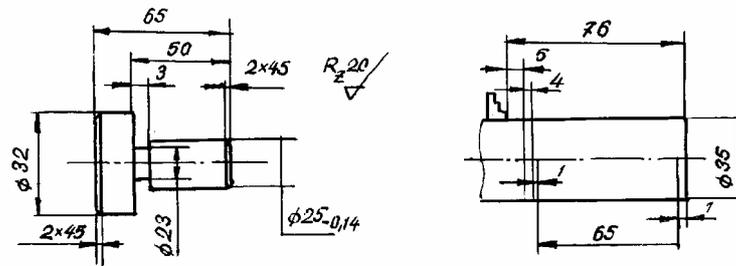
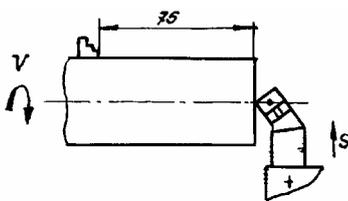


Рис. 7 Схема технологического процесса изготовления детали "Палец" в условиях единичного производства (за одну операцию)

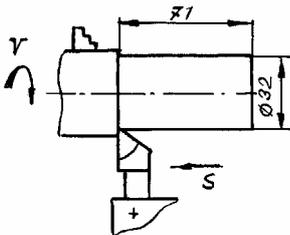
Установка А

Установить заготовку с вылетом 76 мм

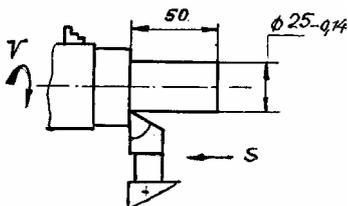
Переход 1 Обработать торец как чисто пр. 76 одним резцом с отогнутой головкой, Т15К6



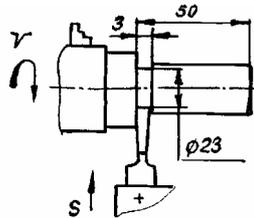
ПЕРЕХОД 2 ТОЧИТЬ Ø32 В РАЗМЕР 71 ПРОХОДНЫМ УПОРНЫМ РЕЗЦОМ, Т15К6



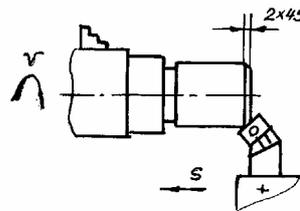
Переход 3 Точить Ø25_{-0,14} в размер 50 проходным упорным резцом, Т15К6



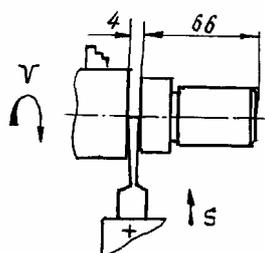
Переход 4 Выточить канавку шириной 4 мм, глубиной 1 мм канавочным резцом, Т15К6



Переход 5 Снять фаску 2x45° проходным резцом, Т15К6



Переход 6 Отрезать заготовку в размер 66 отрезным резцом, Т15К6



Установка Б

Рис. 7 Продолжение

ПЕРЕВЕРНУТЬ ЗАГОТОВКУ, УСТАНОВИТЬ, ЗАКРЕПИТЬ.

Переход 7 Обработать торец проходным резцом с отогнутой головкой, T15K6

Переход 8 Снять фаску $2 \times 45^\circ$ проходным резцом с отогнутой головкой, T15K6

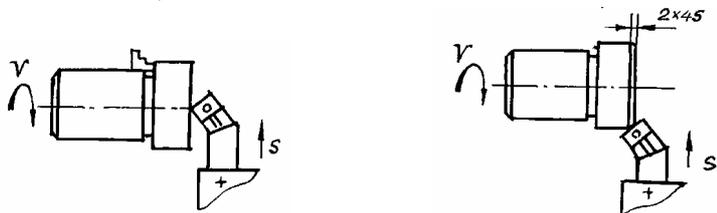


Схема наладки резцедержателя

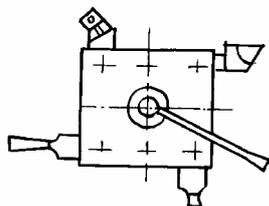


Рис. 7 Продолжение

Способы закрепления и базирования заготовок показаны на рис. 8, 9, 10,

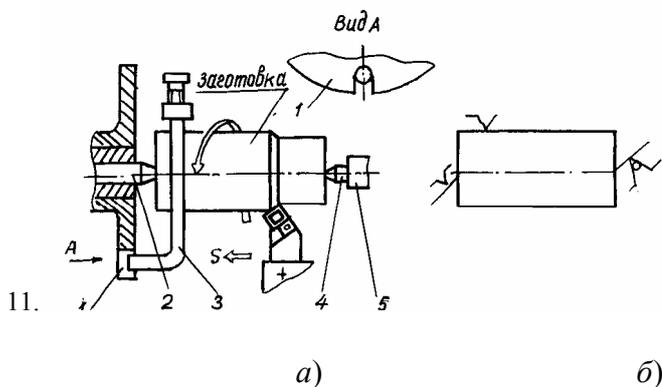


Рис. 8 Применение хомутика (а), схема обозначения (б):

1 – план-шайба; 2 – передний центр; 3 – хомутик; 4 – задний центр; 5 – пиноль задней бабки

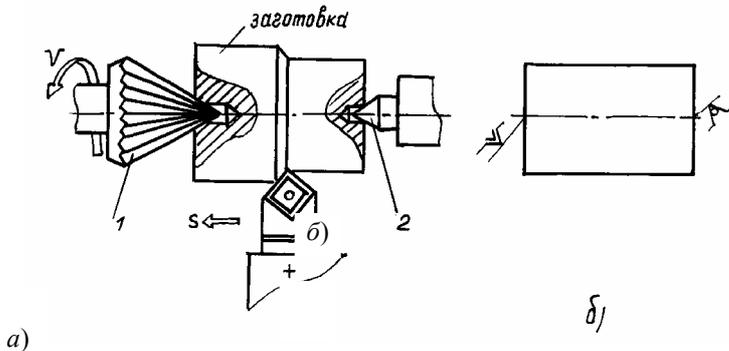


Рис. 9 Закрепление заготовки при помощи поводкового центра – "ерша" (а), схема обозначения (б):

1 – центр – "ерш"; 2 – задний центр

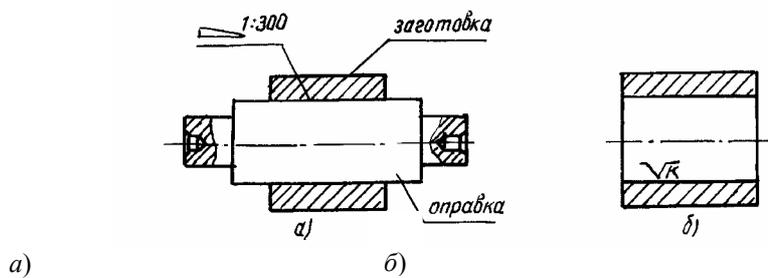


Рис. 10 Закрепление заготовки втулки на конической оправке (а), схема обозначения (б)

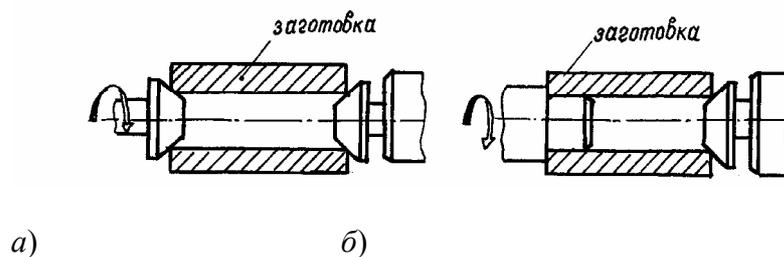


Рис. 11 Закрепление заготовок втулок при помощи поводков трения: а – в грибковых центрах; б – на оправке с подвижным грибковым центром

Лабораторная работа 1

ОЗНАКОМЛЕНИЕ С РЕЗЦАМИ

Цель работы: Изучить части, элементы, углы резца и классификацию резцов по назначению.

Порядок выполнения работы

- 1 Изобразить эскиз резца, выданного преподавателем, указать его части и элементы.
- 2 С помощью прибора ВНИИ измерить углы резца. Результаты измерений занести в таблицу.

Углы резца

Наименование угла	Значения углов, °
Главный угол в плане, φ	
Вспомогательный угол в плане, φ_1	
Передний угол, γ	
Главный задний угол, α	
Вспомогательный задний угол, α_1	
Угол заострения, β	
Угол резания, δ	

Контрольные вопросы

- 1 Какие поверхности различают на обрабатываемой заготовке?
- 2 Назовите проектирующие плоскости при измерении углов резца.
- 3 Назовите основные части, элементы, углы резца и их роль при точении.
- 4 Какие типы резцов применяют при токарной обработке? Перечислите виды работ, выполняемые ими.

**ЭЛЕМЕНТЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА
ПРИ ОБРАБОТКЕ НА СТАНКАХ ТОКАРНОЙ ГРУППЫ**

Цель работы: Изучить технологические возможности обработки заготовок на станках токарной группы (виды выполняемых работ и применяемый инструмент) и способы расчета (выбора) режимов резания и трудовых затрат.

Порядок выполнения работы

Разработать технологический процесс обработки типовой детали, предложенной преподавателем. Для одного из переходов рассчитать (выбрать) режимы резания (v, s, t), технологическое время (T_0) и затрачиваемую эффективную мощность ($N_{эф}$). Варианты типовых деталей представлен в табл. 7.

Контрольные вопросы

- 1 Перечислите виды работ, выполняемых на станке.
- 2 Назовите элементы режима резания.
- 3 От каких факторов зависят режимы резания? Как рассчитываются режимы резания?
- 4 Дайте определение технологического (T_0) и штучного ($T_{шт}$) времени.
- 5 Укажите пути увеличения производительности труда.
- 6 Назовите основные способы закрепления и базирования заготовок.
- 7 Назовите элементы технологического процесса.

**7 ВАРИАНТЫ ТИПОВЫХ ДЕТАЛЕЙ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА**

№	Эскиз детали	Заготовка	Материал, свойства σ_B , HB
1	<p>Палец</p>	Пруток $\varnothing 40$	Сталь 40, $\sigma_B = 50$ кГс/мм ²
2	<p>Втулка</p>	Пруток $\varnothing 60$	Бронза БрОЦС-6-6-3 HB = 120
3	<p>Втулка</p>	Литье	Чугун СЧ15 HB = 130

№	Эскиз детали	Заготовка	Материал, свойства σ_B , HB
4	<p>Втулка</p> <p>Втулка $R_2 20$</p> <p>$2 \times 45^\circ$ $2 \times 45^\circ$ $\phi 50^{+0.04}$</p> <p>$\phi 40^{+0.04}$ 2.5 2.5 $\phi 85^{-0.1}$ $50^{+0.12}$ $80^{-0.1}$</p>	Литье	Чугун СЧ15 HB = 140
5	<p>Ст. стакан</p> <p>Стакан $R_2 20$</p> <p>$2 \times 45^\circ$ $2 \times 45^\circ$ $\phi 76^{-0.08}$</p> <p>$\phi 90^{+0.12}$ 70 80</p>	Поковка	Сталь 30, $\sigma_B = 52$ кГс/мм ²
6	<p>Ст. ем</p> <p>Стакан с фланцем</p> <p>$R_2 40$ $R_2 20$ $R_2 20$</p> <p>$\phi 120$ 85 20 $\phi 55$ 30 $\phi 60^{-0.02}$ $105^{-0.05}$ $115^{-0.05}$ $90.5^{-0.02}$ 120 57 113</p>	Литье	Чугун СЧ15 HB = 140

Продолжение табл. 7

№	Эскиз детали	Заготовка	Материал, свойства σ_B , HB
7	<p>Ваг</p> <p>лий</p>	Поковка	Сталь 45, $\sigma_B = 60$ кГс/мм ²

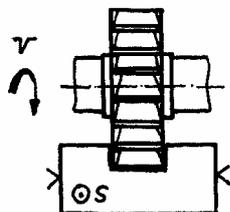
$\phi 30$

	<p>Вал эксцентриковый $R_2 20$</p>		
8	<p>Диск эксцентриковый $R_2 20$</p>	<p>Литье</p>	<p>Чугун СЧ15 НВ = 130</p>
9	<p>Кольцо $R_2 20$</p>	<p>Литье</p>	<p>Бронза БрОФ10-1</p>

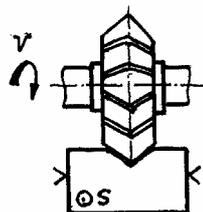
Продолжение табл. 7

№	Эскиз детали	Заготовка	Материал, свойства σ_B , НВ
10	<p>Палец шаровой $R_2 20$</p>	<p>Пруток $\varnothing 30$</p>	<p>Сталь 45, $\sigma_B = 55$ кгс/мм²</p>
11	С	<p>Литье</p>	<p>Чугун СЧ15 НВ = 130</p>

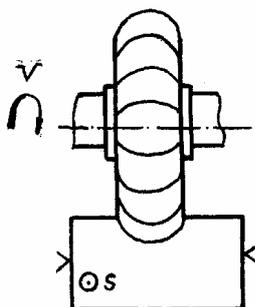
а) Обработка плоской поверхности цилиндрической фрезой



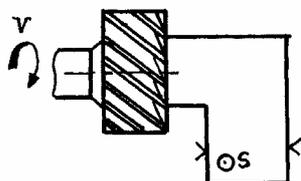
б) Обработка скоса угловой фрезой



в) Обработка прямоугольного паза дисковой фрезой



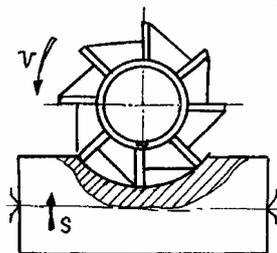
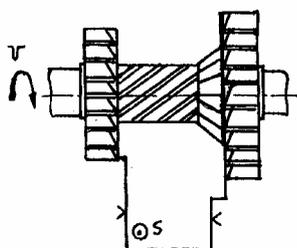
г) Обработка углового паза угловой фрезой



д) Обработка фасонного паза фасонной фрезой

е) Обработка вертикальной плоскости торцевой фрезой

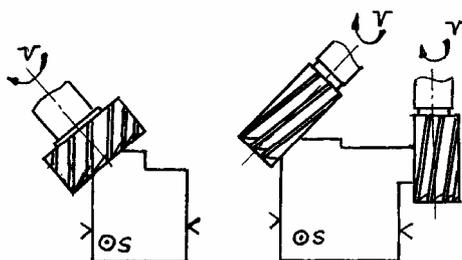
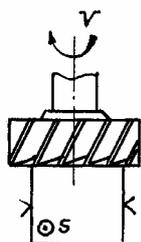
Рис. 13 Виды работ, выполняемые на горизонтально-фрезерных станках



ж) Обработка комбинированной поверхности наборной фрезой

з) Обработка паза под сегментную шпонку дисковой фрезой

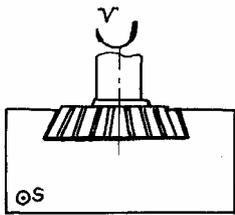
Рис. 13 Продолжение



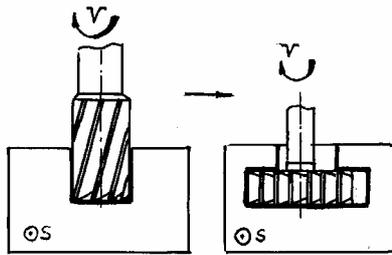
а) Обработка горизонтальной плоскости тор-

б) Обработка скосов и вертикаль-

цевой фрезой



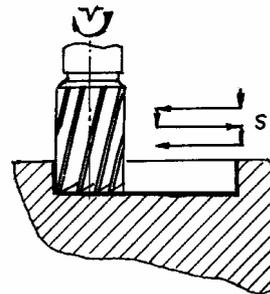
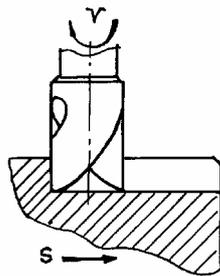
ной плоскости торцевой и концевой фрезами



г) Последовательность обработки Т-образного паза концевой и Т-образной фрезами

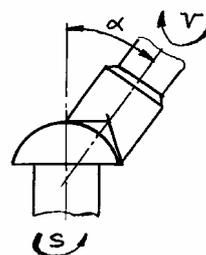
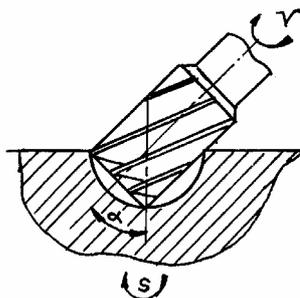
в) Обработка паза "ласточкин хвост" угловой Т-образной фрезой

Рис. 14 Виды работ, выполняемые на вертикально-фрезерных станках



д) Обработка открытого шпоночного паза шпоночной фрезой

е) Обработка закрытого шпоночного паза концевой фрезой



ж) Фрезерование внутренней сферической поверхности концевой фрезой

з) Фрезерование наружной сферической поверхности резцовой головкой

Рис. 14 Продолжение

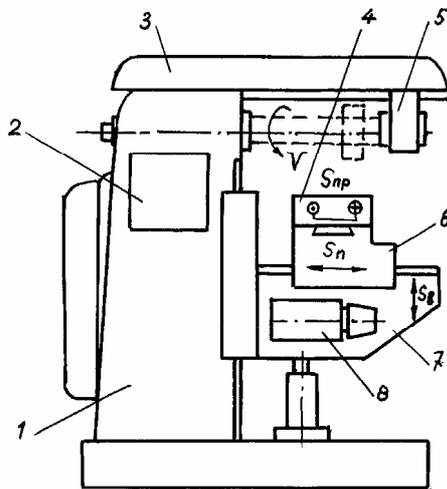


Рис. 15 Компонка основных узлов горизонтально-фрезерного станка:

1 – станина; 2 – коробка скоростей; 3 – хобот; 4 – стол для установки и закрепления заготовки; 5 – подвеска (серьга) для поддержания оправки с фрезой; 6 – салазки; 7 – консоль; 8 – коробка подач

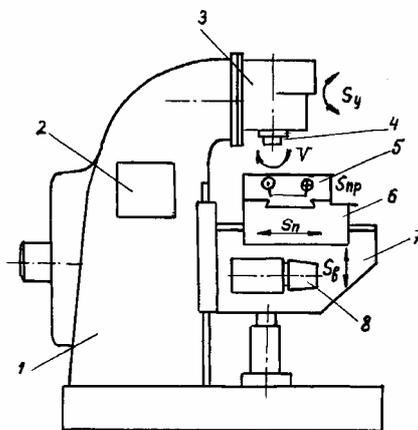
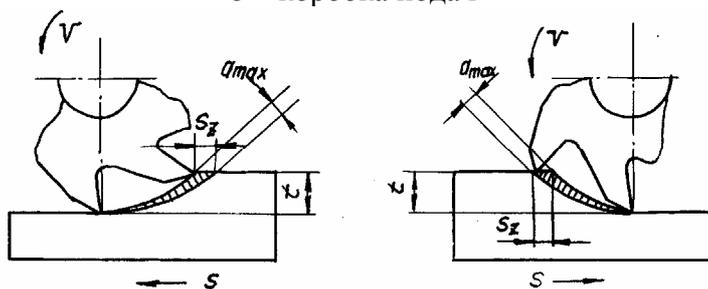


Рис. 16 Компонка основных узлов вертикально-фрезерного станка:

1 – станина; 2 – коробка скоростей; 3 – шпиндельная головка; 4 – шпиндель; 5 – стол для установки и крепления заготовки; 6 – салазки; 7 – консоль; 8 – коробка подач



а)

б)

Рис. 17 Элементы режимов резания при фрезеровании:

a – встречное фрезерование; *б* – попутное фрезерование

При чистовом фрезеровании $s_z = 0,02...0,1$ мм/зуб. Глубина резания (t) и ширина фрезерования (B) зависят от мощности станка.

В технологических расчетах применяют и другие размерности подачи: s_0 , мм/об; s_m , мм/мин

$$s_m = s_0 n = s_z z n,$$

где z – число зубьев фрезы; n – частота вращения фрезы (шпинделя), об/мин.

Для определения мощности, затрачиваемой при фрезеровании, необходимо определить главную силу P_z кГс (окружную силу) по приближенной формуле

$$P_z = C_p B s_z^{0,75},$$

где B – ширина фрезерования, мм; s_z – подача на один зуб (мм/зуб); C_p – эмпирический коэффициент ($C_p \approx 39...80$ в зависимости от условий фрезерования, табл. 8а). Эффективная мощность $N_{эф}$, кВт

$$N_{эф} = \frac{P_z v}{60 \cdot 120}.$$

Пр и м е р. Фрезерование фрезой из стали Р6М5

$$v = 20 \text{ м/мин}, \quad s_z = 0,5 \text{ мм/зуб}, \quad B = 40 \text{ мм}.$$

Из табл. 8а определяем $C_p = 40$

$$P_z = 40 \cdot 40 \cdot 0,5^{0,75} = 40 \cdot 40 \cdot 0,6 = 960 \text{ кГс}.$$

8а Значение коэффициента C_p при фрезеровании

Тип фрезы	Материал заготовки	C_p
Цилиндрические и концевые	Сталь, $\sigma_B = 75 \text{ кгс/мм}^2$	68
Торцевые		82
Угловые		39
Цилиндрические и концевые	Чугун серый (НВ 190)	30
Торцевые		50

$$N_{\text{эф}} = \frac{960 \cdot 20}{60 \cdot 102} \approx 3,1 \text{ кВт.}$$

Необходимая мощность станка (при КПД = 0,8)

$$N_{\text{эл.дв}} = \frac{N_{\text{эф}}}{\eta} = \frac{3,1}{0,8} = 3,9 \text{ кВт.}$$

Если эта мощность больше мощности выбранного станка, то необходимо уменьшить v и B .

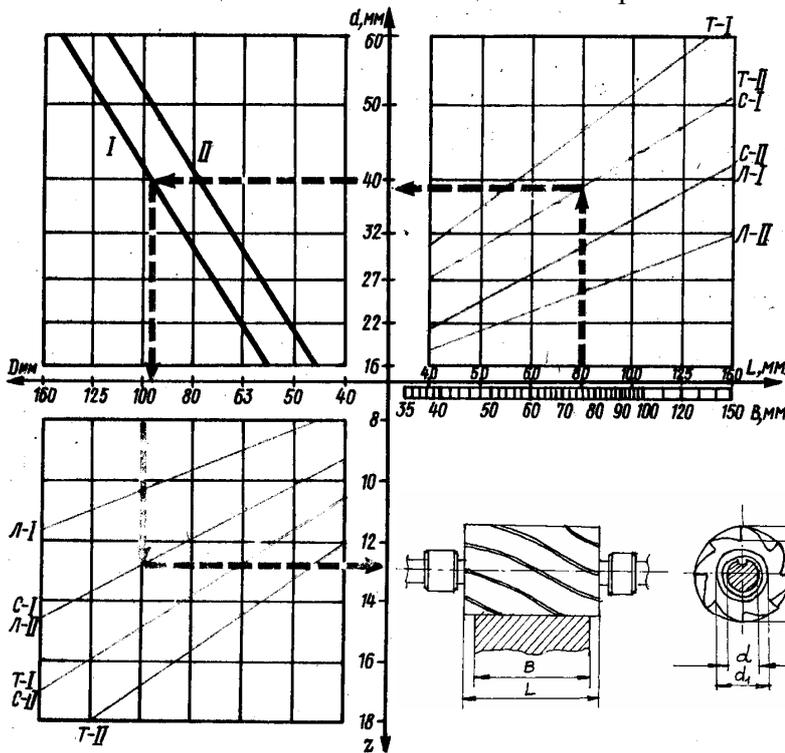


Рис. 18 Номограмма выбора оптимального типоразмера цельных цилиндрических фрез

Технологическое время (T_0) рассчитывается по такой же формуле как и при точении

$$T_0 = \frac{L}{S_0 n} i, \text{ мин,}$$

где i – число проходов; L – приведенная длина (путь фрезы), мм; s_0 – подача, мм/об; n – частота вращения фрезы, об/мин.

При определении величины L необходимо учитывать путь врезания фрезы (γ) и перебег (Δ), т.е.

$$L = l + y + \Delta, \text{ мм,}$$

где l – длина участка заготовки, подлежащей фрезерованию; y – путь врезания; Δ – перебег.

Величина y для цилиндрических, дисковых, отрезных, фасонных фрез определяется по формуле

$$y = \sqrt{t(D-t)},$$

где t – глубина фрезерования; D – диаметр фрезы.

Для торцевых и концевых фрез $y = D - \sqrt{(D^2 - t^2)/2}$. Величина перебега Δ выбирается в пределах 2...5 мм в зависимости от диаметра фрезы.

При выборе типа и размера фрезы определяющими факторами являются конкретные условия обработки: размеры обрабатываемой заготовки, марка обрабатываемого материала, величина припуска на обработку и пр.

Фрезы с крупным зубом используют для черновой и получистовой обработки, а фрезы с мелким зубом – для получистовой и чистовой обработки. Для выбора размеров цельных цилиндрических фрез с мелким и крупными размерами зубьев можно пользоваться номограммой рис. 18, где приняты следующие обозначения: Т – труднообрабатываемые материалы (нержавеющие, жаропрочные стали и др.); С – материалы средней трудности обработки (конструкционные стали, серые чугуны и пр.); Л – легкообрабатываемые материалы (медь и ее сплавы, алюминий и его сплавы и т.д.); I – черновая обработка, II – чистовая обработка. Порядок пользования номограммой указан пунктирными стрелками.

Основными размерами торцевых фрез являются диаметр D , длина фрезы L , диаметр отверстия d и число зубьев z . Эти параметры однозначно определены стандартами (ГОСТ 1695–80, ГОСТ 1092–8, ГОСТ 9473–80 и др.). Диаметр торцевой фрезы можно выбрать по ширине фрезерования (t) из формулы $D = (1,2, \dots, 1,6) t$.

Число зубьев z торцевой фрезы связано с диаметром (D) соотношениями:

- для мелкого зуба $z \geq 0,075 D$;
- для среднего зуба $0,055 D < z < 0,075 D$;
- для крупного зуба $z \leq 0,055 D$.

Наиболее распространены торцевые фрезы с $D = 125; 160; 200; 250; 315; 400$ и 500 мм (стандарт СТ СЭВ 200–75).

Концевые фрезы изготавливают чаще всего из быстрорежущей стали диаметром 3...20 мм с цилиндрическим хвостовиком (ГОСТ 17025–71) и диаметром 10...63 мм с коническим хвостовиком (ГОСТ 17026–71). С числом зубьев от 3 до 6 в зависимости от диаметра фрезы.

Типы фрез и их геометрические параметры

В зависимости от назначения и вида обрабатываемой поверхности различают следующие типы фрез (рис. 13, 14): цилиндрические, торцевые, дисковые, концевые, угловые, шпоночные, фасонные. Режущие лезвия могут быть прямыми и винтовыми.

Фрезы могут иметь остроконечную и затылованную формы зуба. У остроконечного зуба передняя и задняя поверхности плоские; у затылованного зуба передняя поверхность плоская, а задняя выполнена по спирали Архимеда. При переточке затылованного зуба по передней поверхности сохраняется профиль зуба (это важно для фасонных и зуборезных фрез), рис. 21.

Кроме того фрезы могут быть цельные и сборные, с напайными и вставными ножами.

Элементы и геометрия фрезы

На рис. 19 изображена цилиндрическая фреза с винтовым зубом, а на рис. 20 – с прямым зубом.

К геометрическим параметрам цилиндрической фрезы относятся (рис. 22):

- 1 Торцевой шаг t – расстояние между зубьями по торцу фрезы.
- 2 Осевой шаг t_0 – расстояние между зубьями вдоль оси фрезы

$$t_0 = t \operatorname{ctg} \omega.$$

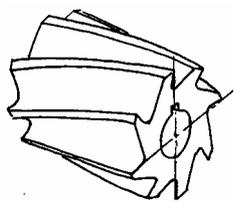


Рис. 19 Цилиндрическая фреза с винтовым зубом

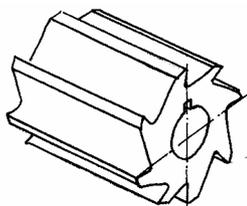


Рис. 20 Цилиндрическая фреза с прямым зубом

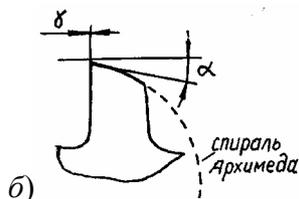
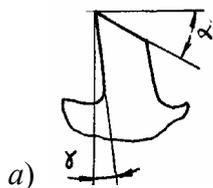


Рис. 21 Формы зубьев фрезы:
а – остроконечный зуб; б – затылованный зуб

3 Угол наклона винтовой канавки ω . У стандартных фрез он равен $25... 30^\circ$.

4 Центральный угол между зубьями $\theta = \frac{360^\circ}{z}$ (z – число зубьев).

5 Передний угол γ измеряется в плоскости, перпендикулярной главной режущей кромке (сечение А–А, рис. 22, а).

6 Главный задний угол α измеряется в плоскости, перпендикулярной оси фрезы (рис. 22, б).

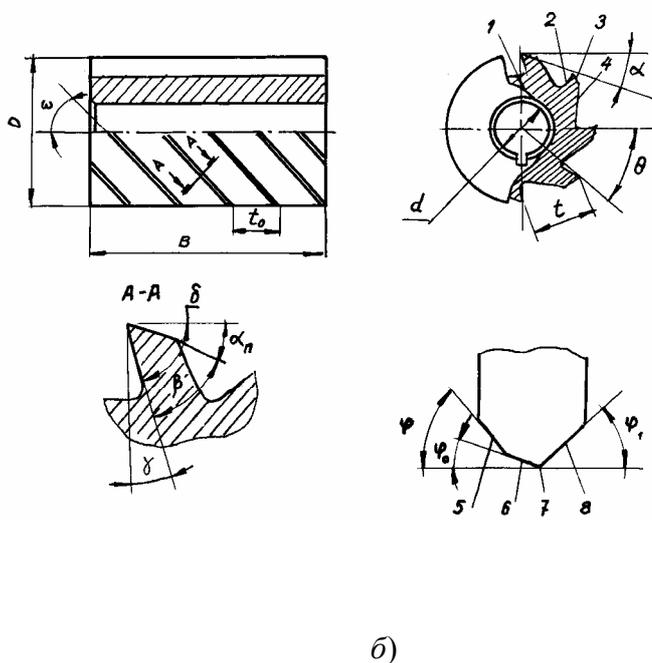


Рис. 22 Элементы и геометрия цилиндрической фрезы (а) и геометрия зуба торцевой фрезы (б):

1 – корпус фрезы; 2 – передняя поверхность зуба; 3 – задняя поверхность; 4 – спинка зуба; 5 – главное режущее лезвие; 6 – переходное лезвие; 7 – вершина зуба; 8 – вспомогательное лезвие; φ – главный угол в плане; φ_1 – вспомогательный угол в плане; φ_0 – угол в плане на переходном лезвии (остальные обозначения в тексте)

Если задний угол измеряется в плоскости, перпендикулярной к главной режущей кромке (сечение А–А), то тогда этот угол обозначается α_n и называется нормальным задним углом

а) с остроконечными б) с затылованными зубьями								
4 Конструкция: а) цельная б) с вставными зубьями в) сборная								
5 Способ крепления: а) с отверстиями (насадные) б) с коническим или цилиндрическим хвостовиком								
6 Материал: а) режущей части б) корпуса ножей в) корпуса фрезы г) хвостовика								

Форма 2

Геометрические параметры цилиндрической фрезы

Наименование	Данные, полученные измерением и вычислением
1 Материал фрезы	
2 Диаметр фрезы, мм	
3 Число зубьев фрезы	
4 Задний угол α , °	
5 Передний угол γ , °	
6 Угол наклона винтовых канавок ω , °	
7 Торцевой шаг t , мм	
8 Осевой шаг t_0 , мм	
9 Шаг винтовой линии H , мм	
10 Угол заострения β , °	
11 Угол резания δ , °	
12 Центральный угол между зубьями θ , °	

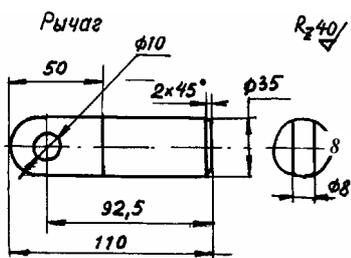
Лабораторная работа 4

ЭЛЕМЕНТЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПРИ ОБРАБОТКЕ НА СТАНКАХ ФРЕЗЕРНОЙ ГРУППЫ

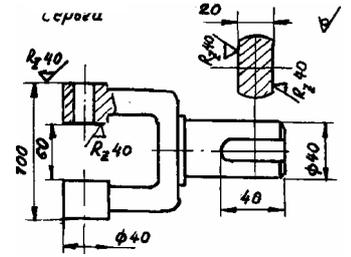
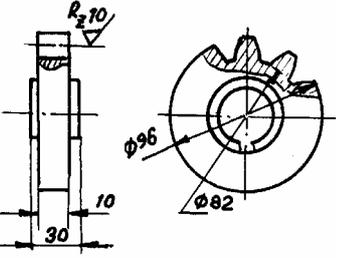
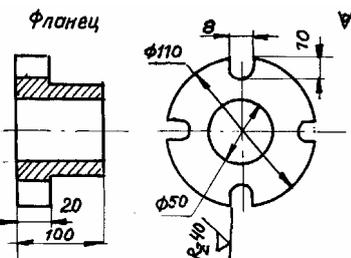
Цель работы: Изучить технологические возможности обработки заготовок на станках фрезерной группы (виды выполняемых работ и применяемый инструмент), способы расчета (выбора) режимов резания и трудовых затрат.

Порядок выполнения работы

Разработать технологический процесс обработки типовой детали, предложенной преподавателем. Для одного из переходов рассчитать (выбрать) режимы резания (v , s , t , n), технологическое время (T_0) и затрачиваемую эффективную мощность. Типовые детали по вариантам приведены в табл. 9.

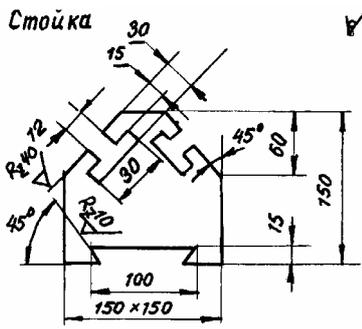
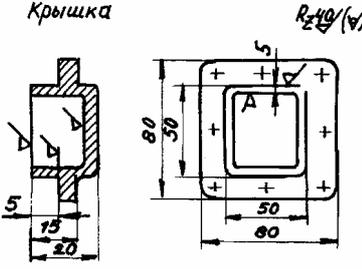
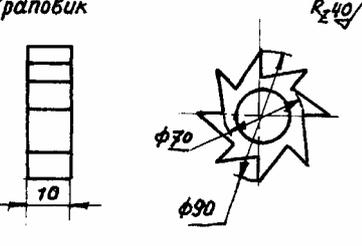
5	Рычаг 	Пруток $\varnothing 35$	Сталь 20, $\sigma_B = 45$ кГс/мм ²
---	--	-------------------------	---

Продолжение табл. 9

№ п/п	Эскиз детали	Заготовка	Материал, свойства σ_B , НВ
6	Серьга 	Литье после токарной обработки и сверления	Чугун СЧ21, НВ = 140
7	Шестерня, $z = 23$, $m = 4$ 	Поковка после токарной обработки	Сталь 45, $\sigma_B = 70$ кГс/мм ²
8	Фланец 	Литье после токарной обработки	Чугун СЧ15 НВ = 120

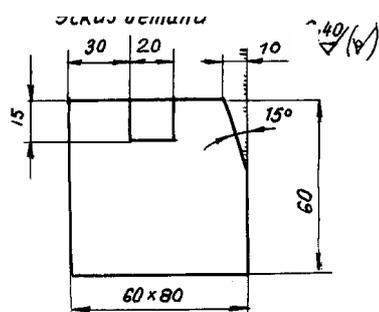
Окончание табл. 9

№	Эскиз детали	Заготовка	Материал,
---	--------------	-----------	-----------

п/п			свойства σ_B , НВ
9	Стойка 	Прокат 150 × 150	Сталь 20, $\sigma_B = 40$ кгс/мм ²
10	К ₁ 	Литье, припуск на обработку 3 мм	Чугун СЧ15 НВ = 120
11	Храповик 	Прокат после токарной обработки	Сталь 45, $\sigma_B = 70$ кгс/мм ²

Пример разработки техпроцесса фрезерования

Эскиз детали



Заготовка:
прокат 60 × 80 × 60,
сталь 20, $\sigma_B = 40$ кгс/мм²

Оборудование: широкоуниверсальный фрезерный станок 675П

Установ 1

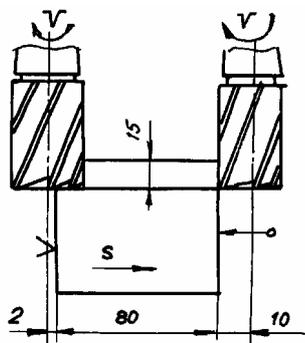
Закрепить заготовку на

столе фрезерного станка в

тисках

Переход 1

Фрезеровать паз $20 \times 15 \times 80$ концевой фрезой $\varnothing 20$, $z = 4$, материал фрезы сталь Р6М5



Режим резания (из табл. 8 и прил. П1 – П5).

Скорость резания $v = 23$ м/мин, подача $s_z = 0,04$ мм/зуб.

Частота вращения фрезы:

$$n = \frac{v \cdot 1000}{\pi D} = \frac{23 \cdot 1000}{3,14 \cdot 20} = 366 \text{ об/ми}$$

н,

принимаем 360 об/мин по паспорту станка.

Технологическое время:

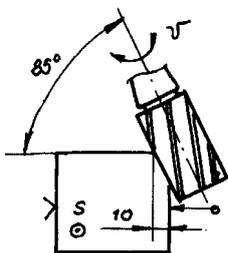
$$T_0 = \frac{L}{s_0 n} = \frac{92}{0,16 \cdot 360} = 1,6 \text{ мин,}$$

где $L = 2 + 80 + 10 = 92$ мм;

$s_0 = s_z z = 0,04 \cdot 4 = 0,16$ мм/об.

Переход 2

Фрезеровать скос концевой фрезой $\varnothing 20$, $z = 4$; материал фрезы сталь Р6М5



Режим резания (из табл. 8 и прил. П1 – П5): Скорость резания $v = 42$ м/мин, подача $s_z = 0,1$ мм/зуб.

Частота вращения фрезы:

$$n = \frac{42 \cdot 1000}{3,14 \cdot 20} = 669 \text{ об/мин,}$$

принимаем $n = 670$ об/мин по паспорту станка.

Технологическое время:

$$T_0 = \frac{L}{s_0 n} = \frac{10 + 80 + 2}{0,1 \cdot 4 \cdot 670} = 0,4 \text{ мин.}$$

Раздел 3

ОБРАБОТКА ОТВЕРСТИЙ НА СТАНКАХ СВЕРЛИЛЬНОЙ ГРУППЫ

При обработке отверстий главное движение (v) и движение подачи (s) осуществляется режущим инструментом. Наиболее распространенные виды работ и применяемый инструмент показаны на рис. 23.

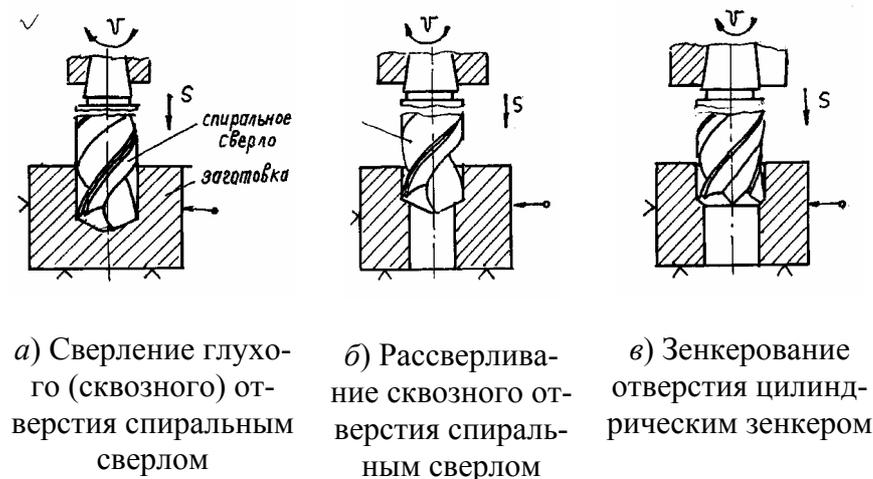


Рис. 23 Схема обработки отверстий и применяемый режущий инструмент

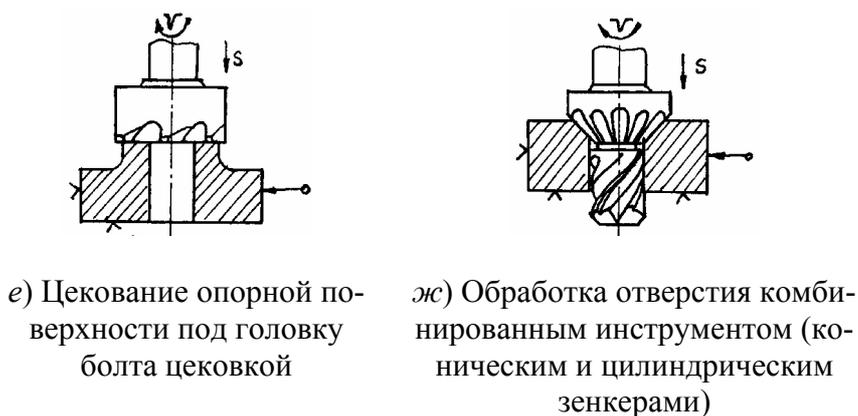
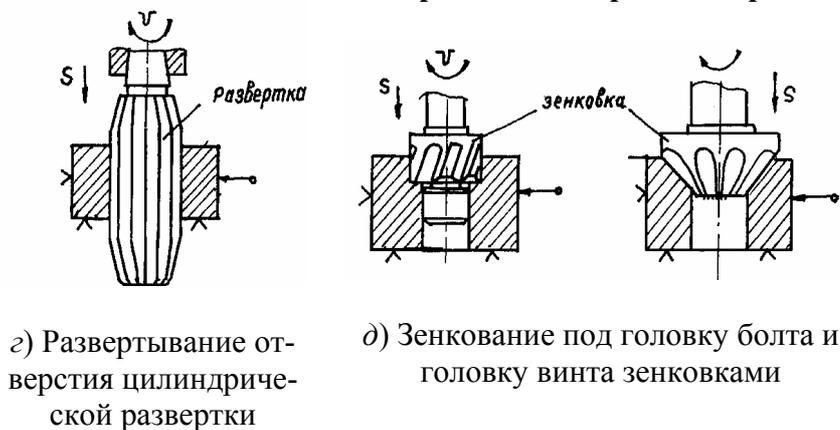
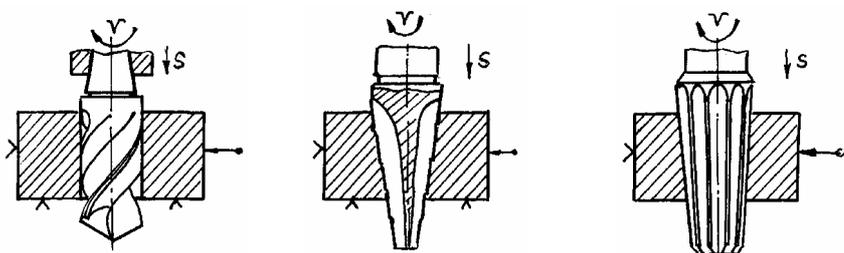


Рис. 23 Продолжение

На рис. 24 показана последовательность обработки стандартного конического отверстия.



- а) Сверление б) Зенкерование ступенчатым коническим зенкером в) Развертывание конической разверткой

Рис. 24 Последовательность обработки стандартного конического отверстия

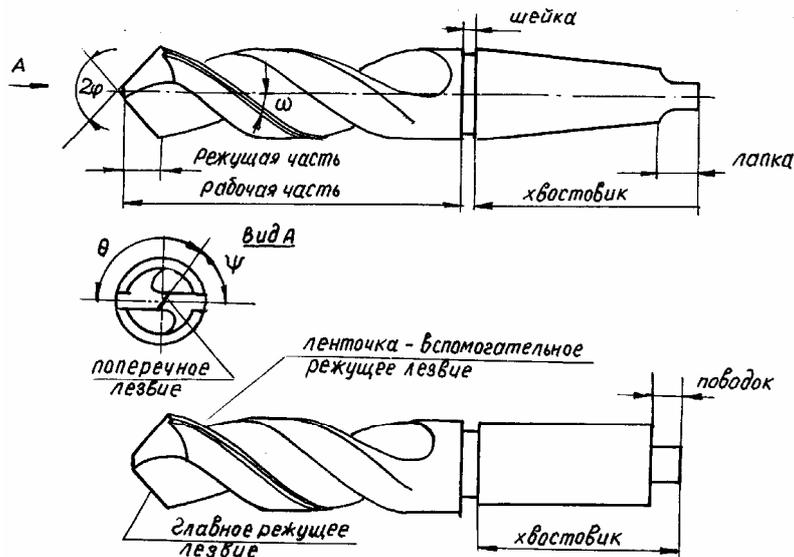


Рис. 25 Основные части спирального сверла (с коническим и цилиндрическим хвостовиками)

Элементы и геометрические параметры спирального сверла

Спиральные сверла предназначены для сверления глухих и сквозных отверстий и для рассверливания имеющихся отверстий.

На рис. 25 показаны два спиральных сверла: одно с коническим, другое с цилиндрическим хвостовиками. Геометрические параметры спирального сверла изображены на рис. 26.

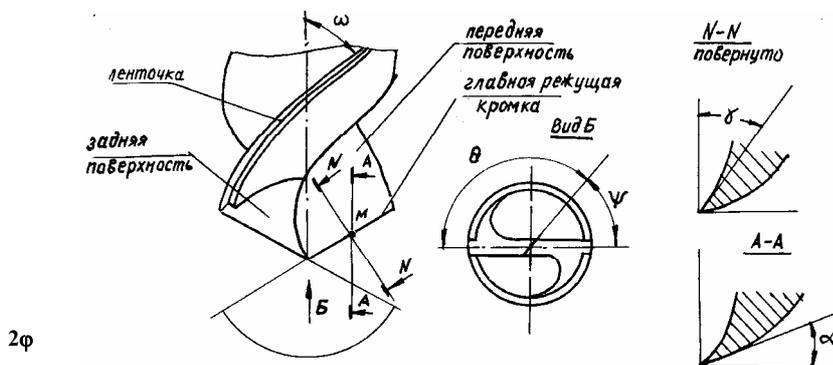


Рис. 26 Геометрические параметры спирального сверла

Спиральные сверла имеют пять режущих кромок (лезвий): две главные, две вспомогательные (вдоль ленточек) и поперечную, которая не режет, а вдавливается в металл. Основными геометрическими параметрами спирального сверла являются:

- 1 Угол при вершине:
 $2\varphi = 116 \dots 118^\circ$ при обработке стали, чугуна, твердой бронзы.
 $2\varphi = 130^\circ$ для обработки латуни, мягкой бронзы.
 $2\varphi = 125^\circ$ при обработке красной меди.
 $2\varphi = 140^\circ$ при обработке алюминия, дуралюмина, баббита.
 $2\varphi = 80 \dots 90^\circ$ для обработки стекла, мрамора.
- 2 Угол наклона винтовых канавок $\omega = 24 \dots 38^\circ$.
- 3 Угол наклона поперечной кромки ψ колеблется от $47 \dots 50^\circ$ (при диаметре сверла ≤ 12 мм) до $50 \dots 52^\circ$ (при диаметре сверла больше 12 мм).

4 Передний угол γ является переменной величиной:

$\gamma = 0^\circ$ у перемычки сверла и $\gamma = 25 \dots 30^\circ$ на периферийной точке сверла.

5 Задний угол α также переменная величина:

$\alpha = 7 \dots 15^\circ$ у периферийной точки сверла и $\alpha = 20 \dots 26^\circ$ у перемычки сверла.

6 Вспомогательный угол φ_1 .

Элементы режима резания при сверлении показаны на рис. 27.

Допустимую скорость резания v (м/мин) при заданной стойкости осевого инструмента (сверла, зенкера, развертки и т.д.) чаще всего выбирают из справочных таблиц (табл. 11).

Значения подач (мм/об) приведены в табл. 10.

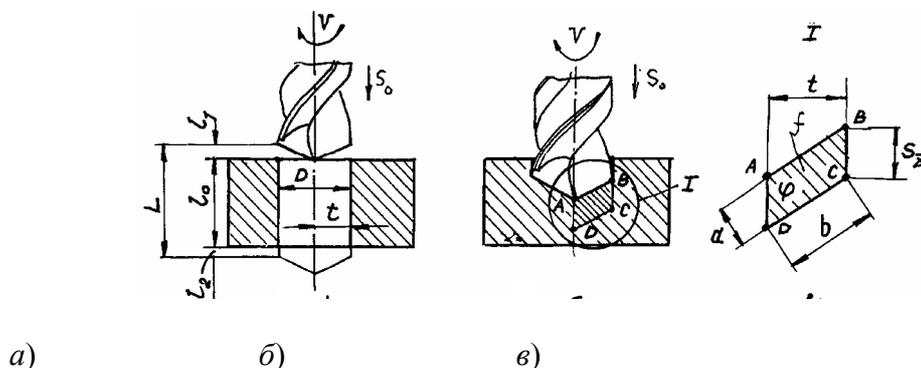


Рис. 27 Элементы режима резания при сверлении:

D – диаметр сверла (отверстия); t – глубина резания; S_0 – подача, мм/об;
 s_z – подача, мм/зуб, $s_z = \frac{S_0}{2}$; f – площадь поперечного сечения срезаемого

слоя; L – приведенная длина; l_0 – глубина сверления;

l_1 – путь врезания; l_2 – перебега сверла

10 Подача (мм/об) при сверлении стальных заготовок сверлами из быстрорежущих сталей

Диаметр сверла, мм	Предел прочности при растяжении (σ_b), МПа		
	до 800	800...1000	1000
2...5	0,06...0,11	0,05...0,1	0,04...0,08
6...9	0,09...0,16	0,1...0,17	0,08...0,14
10...15	0,23...0,32	0,17...0,24	0,14...0,2
16...25	0,33...0,46	0,24...0,32	0,2...0,26

11 ОРИЕНТИРОВОЧНЫЕ СКОРОСТИ РЕЗАНИЯ (М/МИН) ПРИ СВЕРЛЕНИИ СТАЛЕЙ СВЕРЛАМИ ИЗ БЫСТРОРЕЖУЩИХ СТАЛЕЙ

Диаметр сверла, мм до	Подача S , мм/об				
	до 0,11	св. 0,11 до 0,16	св. 0,16 до 0,27	св. 0,27 до 0,49	св. 0,49 до 0,88
До 5	32	32...34	24...18	18...13	13...10
10	–	32	28...20	20...15	15...10
20	–	–	32...24	24...18	18...13
30	–	–	32	28...20	20...15
60	–	–	–	32...24	24...18

Примечание:

1 При сверлении чугуна скорость резания увеличивается примерно на 50 % (при НВ = 200).

2 При сверлении твердосплавными сверлами скорость резания увеличивается в два раза.

При зенкерованиях величины подачи больше, чем при сверлении и составляют при зенкерованиях глухих отверстий $s = 0,3 \dots 0,6$ мм/об, а при обработке сквозных отверстий подача может измениться в пределах от 0,5 (диаметр зенкера до 15 мм) мм/об до 2 мм/об при диаметре зенкера 60 мм.

В табл. 12 приведены укрупненные данные по величинам скорости резания при зенкерованиях.

12 Ориентировочные скорости резания (м/мин) при зенкерованиях отверстий в стальных заготовках зенкерами из быстрорежущих сталей

Диаметр зенкера, мм (тип зенкера)	Глубина резания, мм	Подача, мм/об				
		до 0,3	св. 0,3 до 0,56	св. 0,56 до 0,75	св. 0,75 до 1,3	св. 1,3 до 3,2
15...35	0,5...1	30	30...22	22...19	19...14	14...9,0
	1,1...2,0	26	26...19	19...17	17...12	12...8,0
	св. 2,0	24	24...17	17...15	15...11	11...7,0
36...80 (насадной)	0,5...1,0	27	27...20	20...17	17...13	13...8,0
	1,1...2,0	24	24...18	18...15	15...11	11...7,0
	св. 2,0	21	21...16	16...13	13...10	10...6,0

При развертывании отверстий в стальных заготовках подача находится в пределах 0,5...0,8 (при диаметре развертки до 10 мм) и 0,6...1 (при диаметре развертки до 30 мм). Скорость резания при развертывании отверстий в стальных заготовках не превышает как правило 2...4 м/мин.

Технологическое (машинное) время при сверлении вычисляется по формуле

$$T_0 = \frac{L}{s_0 n} = \frac{l_1 + l_0 + l_2}{s_0 n},$$

где $l_1 = \frac{D}{2} \operatorname{ctg} \varphi$ – путь врезания инструмента, мм; l_0 – глубина сверления, мм (рис. 27); l_2 – величина выхода обычно принимается равной 1...2 мм.

Эффективная мощность (кВт) определяется по крутящему моменту $M_{кр}$, Н·м

$$N_{эф} = \frac{M_{кр} n}{60 \cdot 10^3}, \text{ кВт}; \quad M_{кр} = P_z D/2;$$

$$P_z = C_p b a^{0,75},$$

где b – ширина среза; a – толщина среза

$$b = t; \quad a \approx s_z = \frac{s_0}{2};$$

$$C_p \approx 180 - 200.$$

Мощность электродвигателя

$$N_{э.д} = \frac{N_{эф}}{\eta}, \text{ кВт},$$

где КПД $\eta \approx 0,8$.

Лабораторная работа 5

ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ СПИРАЛЬНОГО СВЕРЛА

Цель работы:

- 1 Изучить конструктивные элементы, геометрические параметры спирального сверла.
- 2 Изучить измерительные приборы и овладеть методикой измерения.
- 3 Ознакомиться с типовыми конструкциями сверла, зенкеров, разверток.

Оборудование, приспособления, инструмент:

- 1 Набор спиральных сверл с цилиндрическими и коническими хвостовиками.
- 2 Линейка металлическая, транспортир, штангенциркуль.
- 3 Универсальный угломер Семенова.
- 4 Копировальная бумага.
- 5 Таблица для определения конуса Морзе.

Последовательность выполнения работы

Изучить геометрические параметры и конструктивные элементы. Результаты измерения конструктивных элементов и геометрических параметров внести в табл. 13.

13 Результаты измерения конструктивных элементов и геометрических параметров сверла

1	Название и тип сверла	
2	Материал режущей части	
3	Материал хвостовой части	
<i>Конструктивные элементы</i>		
1	Диаметр сверла D , мм	
2	Диаметр у хвостовика D_1 , мм	
3	Наибольший диаметр конуса D_k , мм	
4	Длина режущей части l_p , мм	
5	Длина калибрующей части l_k , мм	
6	Длина рабочей части $l_{раб}$, мм	
7	Длина шейки $l_{ш}$, мм	
8	Длина хвостовика l_x , мм	
9	Длина лапки l_l , мм	
<i>Геометрические параметры</i>		
1	Угол при вершине 2ϕ	
2	Угол наклона винтовой канавки ω	
3	Угол наклона поперечного лезвия ψ	
4	Угол вспомогательный в плане ϕ_1	
5	Номер конусности хвостовой части	

Методика измерения геометрических параметров спирального сверла

Угол при вершине измеряется универсальным угломером, как показано на рис. 25.

Угол наклона винтовой канавки определяется по отпечатку, полученному прокатыванием сверла через копировальную бумагу, рис. 26.

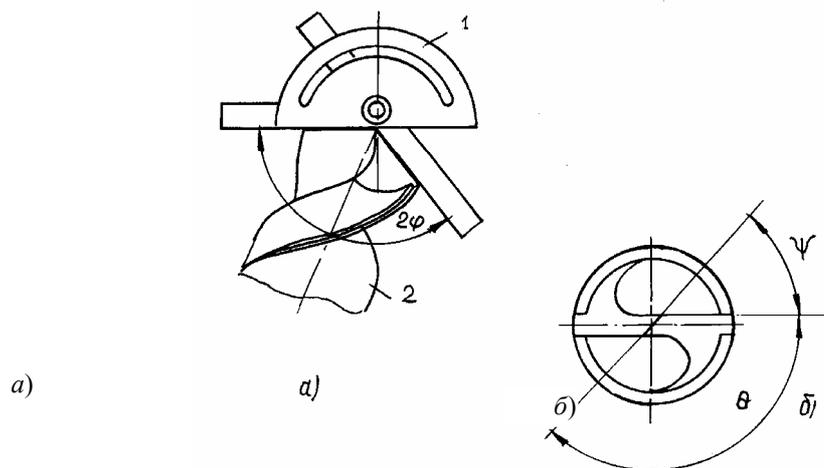


Рис. 28 Схема измерения угла 2φ (а) и ψ (б):
1 – угломер; 2 – сверло

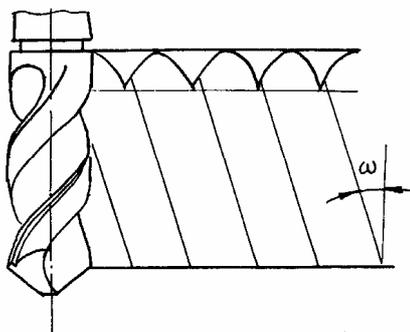


Рис. 29 Метод прокатывания сверла для измерения угла ω

Передний угол γ_x , в любой точке режущей кромки (D_x) определяется из выражения

$$\operatorname{tg} \gamma_x = \frac{D_x}{D} \frac{\operatorname{tg} \omega}{\sin \varphi},$$

где D_x – диаметр сверла, на котором расположена рассматриваемая точка; D – диаметр сверла; ω – угол наклона винтовой канавки; φ – половина угла при вершине сверла.

Контрольные вопросы к защите лабораторной работы

- 1 Виды осевого инструмента и виды работ, выполняемых этими инструментами.
- 2 Геометрические параметры спирального сверла, зенкера, развертки.

Лабораторная работа 6

ЭЛЕМЕНТЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ОБРАБОТКИ ОТВЕРСТИЙ ОСЕВЫМ ИНСТРУМЕНТОМ НА СТАНКАХ СВЕРЛИЛЬНОЙ ГРУППЫ

Цель работы: Изучить технологические возможности обработки заготовок на станках сверлильной группы (виды работ и применяемый инструмент), способы расчета (выбора) режимов резания и трудовых затрат.

Порядок выполнения работы

Разработать технологический процесс обработки отверстий в заготовке, предложенной преподавателем. Для одного из переходов рассчитать (выбрать) режимы резания (v , s , t , n), технологическое время (T_0) и затрачиваемую эффективную мощность. Варианты работ приведены в табл. 14.

Контрольные вопросы к защите лабораторной работы

- 1 Технологические возможности обработки отверстий осевым инструментом (виды выполняемых работ и применяемый инструмент).
- 2 Режимы резания при обработке отверстий.

14 Варианты типовых деталей для составления техпроцесса обработки отверстий осевым инструментом

№ п/п	Эскиз детали	Заготовка	Материал, свойства σ_B , НВ
1	<p>Крышка</p>	<p>Литье после фрезерования плоскостей</p>	<p>Чугун СЧ20 НВ = 140</p>
2	<p>Щека кронштейна</p>	<p>Литье после фрезерования плоскостей</p>	<p>Сталь 20, $\sigma_B = 42$ кгс/мм²</p>
3	<p>Втулка</p>	<p>Прокат $\varnothing 60$ после точения</p>	<p>Латунь Л58, НВ = 100</p>

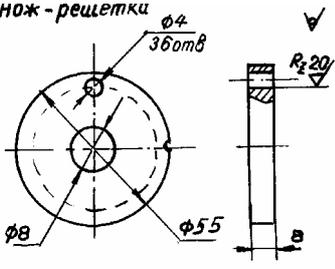
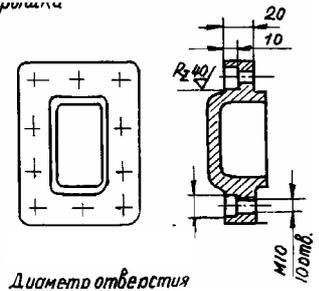
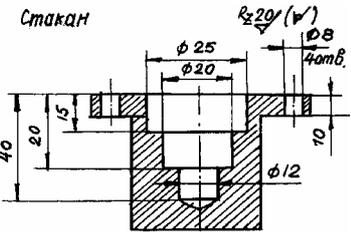
--	--	--	--

Продолжение табл. 14

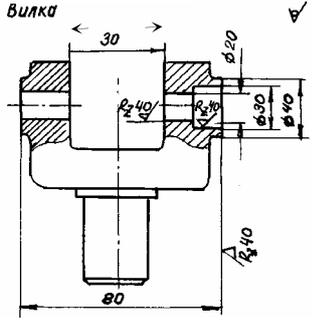
№ п/п	Эскиз детали	Заготовка	Материал, свойства σ_B , НВ
4	<p>Корпус клапана</p>	Прокат после фрезерования плоскостей	Латунь Л58, НВ = 100
5	<p>Отверстие центровое</p>	Заготовка вала	Сталь 45, $\sigma_B = 75$ кГс/мм ²
6	<p>Штуцер</p>	Поковка после токарной обработки	Сталь 25, $\sigma_B = 45$ кГс/мм ²

Продолжение табл. 14

№ п/п	Эскиз детали	Заготовка	Материал, свойства σ_B , НВ

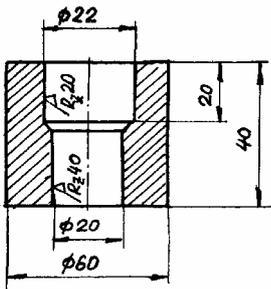
7	<p>Нож-решетка</p> 	<p>ПРОКАТ ПОСЛЕ ТО- КАРНОЙ ОБ- РАБОТКИ И фрезерования паза</p>	<p>Сталь У10 НВ = 220 $\sigma_B = 45$ кГс/мм² (по- сле отжига)</p>
8	<p>Крышка</p>  <p>Диаметр отверстия под М10 $d = 8,5$ мм</p>	<p>Литье после фрезерования</p>	<p>Чугун СЧ20 НВ = 140</p>
9	<p>Стакан</p> 	<p>Литье после точения</p>	<p>Чугун СЧ20 НВ = 140</p>

Окончание табл. 14

№ п/п	Эскиз детали	Заготовка	Материал, свойства σ_B , НВ
10	<p>Вилка</p> 	<p>Поковка после точения и фрезерования</p>	<p>Сталь 25, $\sigma_B = 40$ кГс/мм²</p>

Пример техпроцесса обработки отверстия осевым инструментом

Эскиз детали



Установ 1

Заготовка:

прокат $\varnothing 80$,
материал сталь 25,
 $\sigma_B = 40 \text{ кгс/мм}^2$

Оборудование: вертикально-
сверлильный станок 2Н125

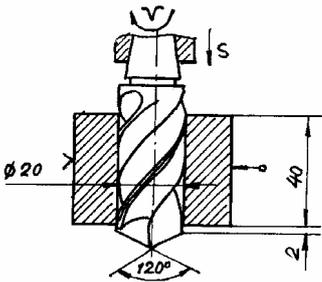
Инструмент: спиральное
сверло,
цилиндрический зенкер;
материал инструмента сталь
Р6М5.

Закрепить заготовку в машинных тисках

Переход 1

Сверлить сквозное отверстие $\varnothing 20$ спиральным сверлом $\varnothing 20$,
 $2\varphi = 120^\circ$.

Режим резания (из табл. 10, 11 и прил. П1 – П5).



$$v = 30 \text{ м/мин}, \quad s_0 = 0,2 \text{ мм/об.}$$

$$n = \frac{v \cdot 1000}{\pi D} = \frac{30 \cdot 1000}{3,14 \cdot 20} = 478 \approx 480 \text{ об/мин.}$$

$$T_0 = \frac{L}{s_0 n} = \frac{47,8}{0,2 \cdot 480} \approx 0,5 \text{ мин.}$$

$$L = l_1 + l_0 + l_2 = 5,8 + 40 + 2 = 47,8.$$

$$l_1 = \frac{D}{2} \operatorname{ctg} \varphi = 10 \cdot 0,58 = 5,8, \quad l_2 = 2, \quad l_0 = 40.$$

Переход 2

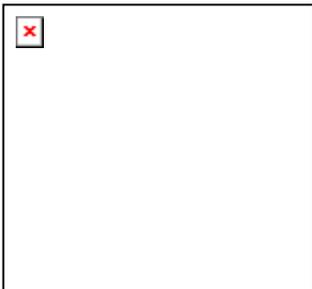
Зенкеровать отверстие $\varnothing 22$ в размер "20" цилиндрическим зенкером ($\varphi = 60^\circ$).

Режим резания (из табл. 12 и прил. П1 – П5):

$$s_0 = 0,3 \text{ мм/об}, \quad v = 30 \text{ м/мин}, \quad t = 1 \text{ мм.}$$

$$n = \frac{v \cdot 1000}{\pi D} = \frac{30 \cdot 1000}{3,14 \cdot 20} = 434 \approx$$

$$\approx 430 \text{ об/мин.}$$



$$T_0 = \frac{L}{s_0 n} = \frac{20,6}{0,3 \cdot 430} \approx 0,16 \text{ мин.}$$

$$L = l_1 + l_0 + l_2 = 20,6 \text{ мм.}$$

$$l_1 = t \operatorname{ctg} \varphi = 1 \cdot 0,58 \approx 0,6, \quad l_2 = 0, \quad l_0 = 20.$$

Эффективная мощность, затрачиваемая на сверление:

$$N_{\text{эф}} = \frac{M_{\text{кр}} n}{974000}, \text{ кВт,} \quad M_{\text{кр}} = C_M D^{x_M} s_0^{y_M}, \text{ кгс} \cdot \text{мм.}$$

$C_M = 34, \quad x_M = 1,9, \quad y_M = 0,8$ (таблица поправочных коэффициентов),
 $D = 20 \text{ мм,} \quad s_0 = 0,2 \text{ мм/об,} \quad D^{x_M} = 20^{1,9} \approx 400, \quad s_0^{y_M} = 0,2^{0,8} = 0,276.$

$$M_{\text{кр}} = 34 \cdot 400 \cdot 0,276 = 3753,6 \text{ кгс} \cdot \text{мм;} \quad M_{\text{эф}} = \frac{3753,6 \cdot 480}{974000} = 1,85 \text{ кВт.}$$

Поправочные коэффициенты

Обрабатываемый материал	C_M	x_M	y_M
Сталь конструктивная средней твердости	34	1,9	0,8
Чугун:			
серый НВ 190	23	1,9	0,8
ковкий НВ 150	20	1,9	0,8

Раздел 4

ЗУБОРЕЗНЫЕ РАБОТЫ (ПРОФИЛИРОВАНИЕ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС)

У большинства зубчатых колес и шестерен профиль зуба выполнен по эвольвенте. Основные параметры цилиндрического зубчатого колеса изображены рис. 30.

К основным методам нарезания зубчатых колес, а также их отделки, относятся методы копирования и обкатки.

При методе копирования зубья шестерни нарезаются фасонным инструментом, имеющим профиль впадины между зубьями. Цилиндрические прямозубые и косозубые колеса нарезаются дисковыми и пальцевыми модульными фрезами (на фрезерных станках). Зубонарезание ведется последовательно по одной впадине. По окончании фрезерования одной впадины стол с заготовкой отводят в исходное положение и заготовку с помощью делительной головки поворачивают на $1/z$ часть оборота (z – число зубьев нарезаемого зубчатого колеса), рис. 31.

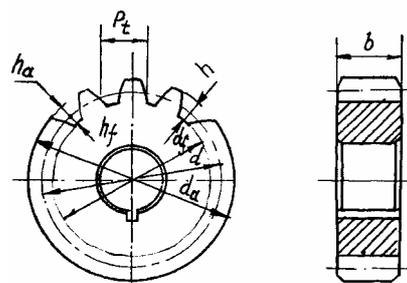


Рис. 30 Параметры цилиндрического зубчатого колеса:

b – ширина венца; m – модуль; z – число зубьев;
 h – высота зуба; $h = 2,25m$; высота головки $h_a = m$, высота ножки $h_f = 1,25m$;
 d – делительный диаметр, $d = mz$; P_t – окружной шаг, $P_t = \pi m$;

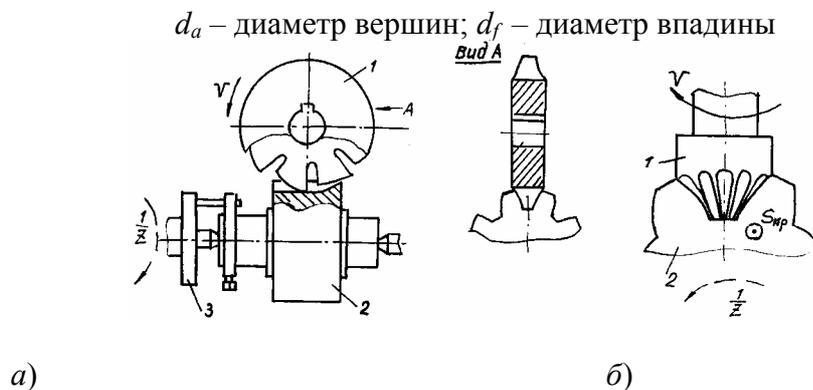


Рис. 31 Схемы нарезания зубьев, по методу копирования:

- а – нарезание зубьев дисковой модульной фрезой;
- б – нарезание зубьев пальцевой модульной фрезой;
- 1 – фреза; 2 – нарезаемое колесо; 3 – делительная головка

Нарезание зубчатых колес по методу обката (рис. 32) заключается в том, что в процессе обработки воспроизводится зацепление воображаемой зубчатой рейки с нарезаемым колесом или зацепление пары зубчатых колес. В первом случае рейка, а во втором – одно из зубчатых колес являются режущим инструментом. Метод обката отличается более высокой производительностью и точностью, чем метод копирования.

Важной особенностью метода обката является возможность использовать один и тот же инструмент для обработки колес с разным числом зубьев.

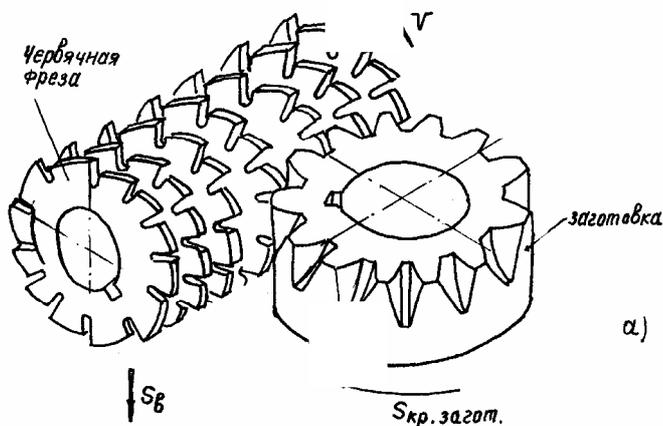
Из других видов зубообработки можно отметить нарезание зубьев гребенкой на зубострогальном станке, обработка многорезцовой головкой на зубодолбежном станке, строгание зубьев по копиру одним или двумя резцами на зубострогальном станке и др. После нарезания зубьев проводятся зубоотделочные операции: шевингование шевером на зубо-шевин-говальном станке, шлифование на зубошлифовальном станке и др.

Элементы и геометрические параметры зуборезного инструмента

Наиболее распространенными инструментами при методе копирования являются дисковые модульные фрезы, а при методе обкатки – зуборезные долбяки. Элементы и основные геометрические параметры этих инструментов показаны на рис. 33.

Режимы резания при методе копирования дисковыми модульными фрезами принимают такими же как и при фрезеровании дисковыми фасонными фрезами (см. табл. 8).

Режимы резания червячными фрезами из быстрорежущей стали приведены в табл. 16, рис. 34.



а)

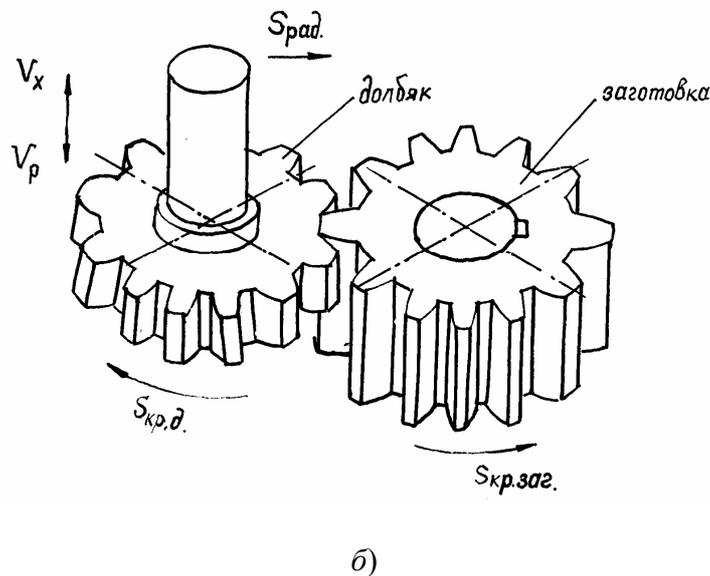


Рис. 32 Схема нарезания зубьев методом обката червячной модульной фрезой (а) и долбяком (б)

Глубина резания и число рабочих ходов при обработке червячными фрезами

Черновое нарезание зубчатых колес следует производить за один рабочий ход инструмента. Если мощность станка позволяет, то черновое фрезерование ведут за два рабочих хода: за первый рабочий ход глубина резания составляет $h_1 = 1,4$ модуля, а за второй – $h_2 = 0,7$ модуля. При чистовом фрезеровании делается несколько рабочих ходов; на последнем рабочем ходе оставляют припуск $0,1 \dots 0,15$ мм.

Подача и скорость резания

Подача выбирается с учетом мощности главного привода станка, заданного качества обрабатываемой поверхности и параметров зубчатого колеса, табл. 16.

Скорость резания назначается по выбранному значению подачи и модулю нарезаемого колеса. На рис. 34 приведена номограмма для выбора скорости резания при фрезеровании в зависимости от подачи.

15 Технические данные некоторых зубофрезерных станков

Модель станка	Наибольшие размеры обрабатываемых зубчатых колес, мм		
	диаметр	модуль	ширина венца
	Вертикальные		
5304В	80	1,5	100
52А13	125	4...6	150
53А30	320	6	220
	Горизонтальные		
5В370	500	20	2500

16 Выбор подачи при черновом зубофрезеровании

Модуль m , мм	Мощность электрода двигателя станка, кВт			
	1,5...2,8	3...4	5...9	10 и выше
Подача на один оборот детали s , мм/об				
До 1,5	0,8...1,2	1,4...1,8	1,6...1,8	–

2,5	1,2...1,6	2,4...2,8	2,4...2,8	2,4...2,8
4	1,6...2	2,2...3,0	2,8...3,2	2,8...3,2
6	1,2...1,4	2,2...2,6	2,4...2,8	2,6...3,0
8	—	2,0...2,2	2,2...2,6	2,4...2,8
12	—	—	2,0...2,4	2,2...2,6

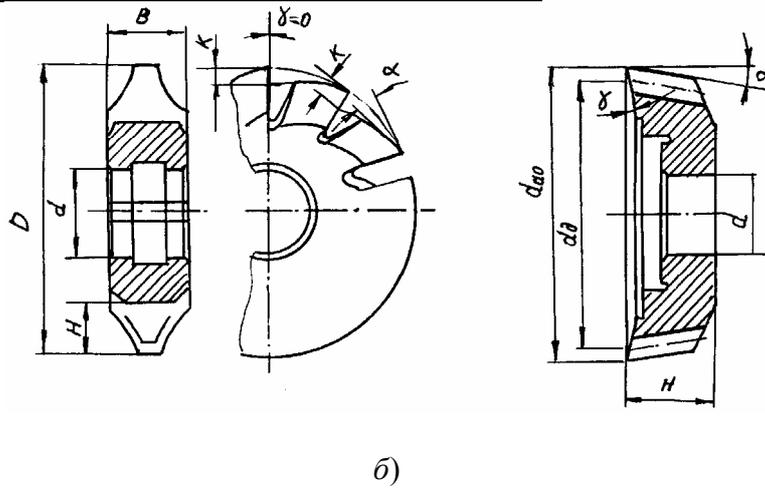


Рис. 33 Геометрические параметры дисковой модульной фрезы (а) и долбяка (б)

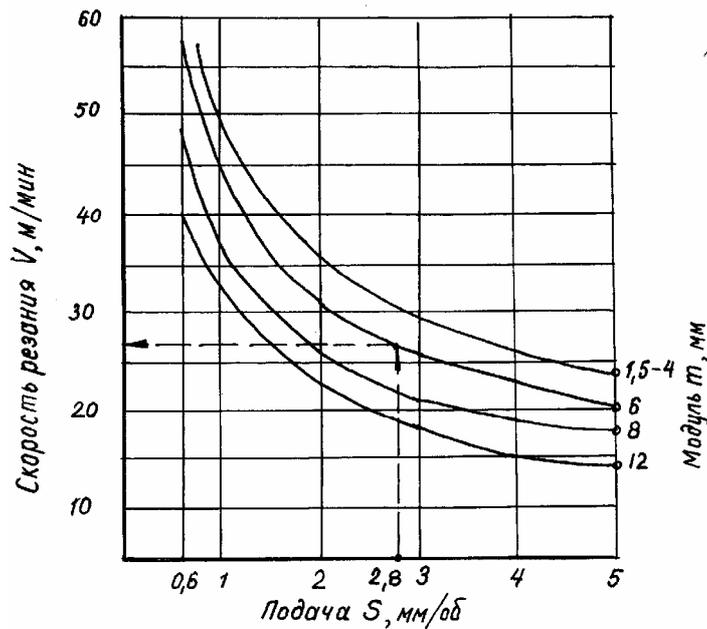


Рис. 34 Номограмма выбора скорости резания при зубофрезеровании

Основное (технологическое) время при зубофрезеровании определяется по формуле, общей для всех видов обработки

$$T_0 = \frac{L}{s_M} i,$$

где L – длина хода фрезы, мм; s – минутная подача, мм/мин; i – число рабочих ходов.

При зубофрезеровании (рис. 35) $L = b + l + l_1$. По аналогии с цилиндрическими фрезами $l = \sqrt{h(d_{ao} - h)}$, где h – глубина фрезерования, мм; d_{ao} – наружный диаметр фрезы; (перебег) принимается в пределах 3...5 мм.

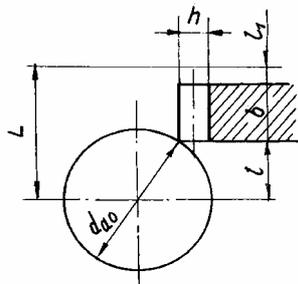


Рис. 35 Величины вырезания (l) и перебега (l_1) при нарезании зубчатых колес

Минутная подача выражается формулой

$$s_M = sK n_{\phi} / z_k,$$

где s – подача за один оборот фрезы, мм/об; K – число заходов червячной фрезы; n_{ϕ} – число оборотов фрезы в минуту, об/мин; z_k – число зубьев нарезаемого колеса. Расчетная формула для основного времени:

$$T_0 = [(b + l + l_1) z_k / sK n_{\phi}],$$

Нарезание зубьев на зубодолбежных станках

Зубодолбление целесообразно применять при нарезании блоков зубчатых колес с близко расположенными венцами и колес внутреннего зацепления (рис. 36).

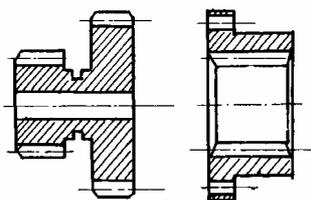


Рис. 36 Типы зубчатых колес, нарезаемых на зубодолбежных станках:

При зубодолблении долбяк совершает рабочий ход (v_p) и холостой ход (v_x) – возвратно-поступательное движение; радиальное врезание в заготовку v_1 ; синхронное вращение колеса

($s_{\text{круг.заг}}$) и долбяка ($s_{\text{круг.долб}}$); возвратно-поступательное движение колеса (v_2) в начале и конце обратного хода ($v \approx 0,4 \dots 0,5$ мм).

В табл. 17 приведены технические данные некоторых зубодолбежных станков.

17 Технические данные зубодолбежных станков

Модель станка	Наибольшие размеры обрабатываемых зубчатых колес, мм		
	диаметр	модуль	ширина венца
	Вертикальные		
5111	80	1	20
5122	200	5	50
5M150	500	8	100
	Горизонтальные		
5171	800	10	150

Выбор режима обработки при зубодолблении определяют в следующей последовательности: число проходов i выбирают из табл. 18; круговую подачу $s_{\text{кр}}$ по табл. 19 в зависимости от модуля колеса; ра-

диальные подачи принимают равными $s_{p, \text{долб}} = (0,1 \dots 0,3) s_{\text{кр}}$.

Скорость резания определяется по табл. 21. Число двойных ходов долбяка в минуту $n_d = 1000v \cos \beta / 2L$, где L – длина хода долбяка, состоящая из ширины нарезаемого зубчатого венца и перебегов в обе стороны от венца; β – угол наклона зубьев.

Основное (технологическое) время (мин)

$$T_0 = \frac{\pi m_t z}{n_d s_{\text{кр}}} i + \frac{h}{n_d s_p},$$

где z – число нарезаемых зубьев; h – высота зуба, мм; m_t – делительный окружной модуль, мм; s_p – радиальная подача, мм/дв. ход; $[s_p \approx (0,1 \dots 0,3) s_{\text{кр}}]$; n_d – число двойных ходов (дв. ход/мин).

18 Число проходов при нарезании зубьев долбяком стальных колес (HB < 220)

Модуль, мм	Проходы		
	черновые	получистовые	чистовые
2...3	–	–	1
4...6	1	–	1
8...12	1	–	1
14...20	2	1	1
20...30	3	1	1

19 Круговые подачи $s_{\text{кр}}$ (мм/дв. ход) при обработке

зубчатых колес долбяком

Проход	Модуль, мм	Мощность привода станка, кВт		
		1,5	1,5...2,5	2,6...5
Черновой	2...4	0,35	0,45	–
	5	0,25	0,40	–
	6	0,20	0,35	0,45
	8	–	–	0,35
	10	–	–	0,25
	12	–	–	0,15
Чистовой	2...12	0,25...0,3		

20 Перебеги долбяков

Ширина венца зубчатого колеса, мм, не более	Перебег долбяка в обе стороны венца, мм	Ширина венца зубчатого колеса, мм, не более	Перебег долбяка в обе стороны венца, мм
19	5	85	15
51	8	122	20
72	12	165	25

21 Скорость (м/мин) резания при нарезании зубчатых колес долбяками

Круговая подача, мм/дв. ход	Модуль нарезаемого зуба, не более, мм			
	2	4	6	8
0,1	40,5	32,5	27,5	25
0,13	35,5	28,8	24	22
0,16	32	26	21,5	19,7
0,20	28,5	23	19,3	17,8
0,26	25	20,5	17,0	15,5
0,32	22,5	18,2	15,3	14
0,42	19,8	16	13,4	12,5
0,52	17,7	14,3	12	10,9

Лабораторная работа 7

ЭЛЕМЕНТЫ И ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ЗУБОРЕЗНОГО ИНСТРУМЕНТА

Цель работы:

- 1 Ознакомиться с типовыми конструкциями зуборезного инструмента.
- 2 Изучить конструктивные элементы и геометрические параметры зуборезного инструмента.

Оборудование, приспособления, инструмент:

- 1 Набор зуборезного инструмента: дисковые, пальцевые и червячные модульные фрезы, долбяки, шевер и зубострогальные резцы.
- 2 Штангенциркуль, угломер Семенова.

Последовательность выполнения работы

- 1 Изучить зуборезный инструмент и методы нарезания зубчатых колес.
- 2 Измерить геометрические параметры долбяка.

Содержание отчета

Заполнить формы 1 и 2. Изобразить эскиз долбяка. На эскизе обозначить элементы и геометрические параметры режущей части долбяка.

22 Основные характеристики долбяков (ГОСТ 9323–79) (прямозубые)

Тип	Наименование долбяка	Модуль m , мм	Диаметр делительной окружности, мм	Число зубьев
1	Дисковый прямозубый	1...5 1...8 5...9 6...10 8...12	80 100 125 160 200	$d = mz$
2	Дисковый косозубый ($\beta = 15; 23^\circ$)	1...7	100	
3	Хвостовой косозубый	1...4	38	

($\beta = 15; 23^\circ$)			
----------------------------	--	--	--

Форма 1

**Характеристика дискового зуборезного долбяка,
рис. 32, б**

- 1 Материал режущей части
- 2 Класс точности
- 3 Модуль, m
- 4 Число зубьев, z
- 5 Нормальный угол сцепления, $^\circ$
- 6 Номинальный делительный диаметр, d_d
- 7 Диаметр окружности выступов, d_o
- 8 Диаметр отверстия, d
- 9 Ширина ступицы, H
- 10 Передний угол у вершины, γ
- 11 Задний угол у вершины, α
- 12 Задний угол боковых сторон профиля зуба
- 13 Угол заострения, β
- 14 Угол резания, δ

Форма 2

Конструктивные элементы зуборезных инструментов

Конструктивные элементы \ Зуборезный инструмент	Дисковая модульная	Пальцевая модульная	Червячная модульная	Долбяк	Шевер
1 Область применения зуборезного инструмента					
2 Направление зуба: а) с прямыми б) с наклонными в) с винтовыми г) с разнонаправленными					
3 Конструкция зуба: а) остроконечная б) затылованная					
4 Конструкция инструмента: а) цельная б) со вставными зубьями					
5 Способ крепления инструмента: а) с отверстием (насадной)					

б) с коническим или цилиндрическим хвостовиком

Лабораторная работа 8

ЭЛЕМЕНТЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПРИ НАРЕЗАНИИ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС

Цель работы: Изучить способы нарезания зубчатых колес, способы расчета (выбора) режимов резания и трудовых затрат.

Порядок выполнения работы

Выбрать способ нарезания зубчатого колеса. Разработать технологический процесс зубообработки в заготовке, предложенной преподавателем. Рассчитать режим обработки (v, s) и машинное время (T_0).

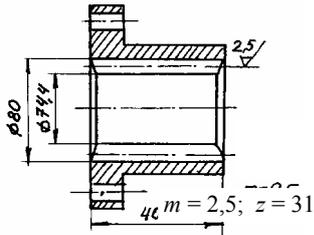
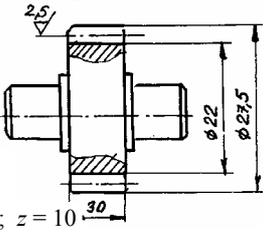
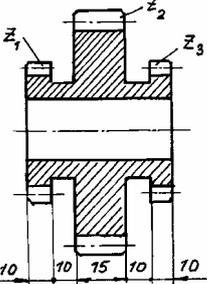
Варианты работ приведены в табл. 23.

23 Варианты типовых деталей для разработки техпроцесса зубонарезания

№ п/п	Эскиз детали	Заготовка	Материал, свойства
1	<p>Шестерня</p> <p>$m = 2,5; z = 31$</p>	Прокат после точения и обработки шпоночного паза	Сталь 45, $\sigma_B = 50$ кГс/мм ²
2	<p>Шестерня с фланцем</p> <p>$m = 4; z = 25$ $m = 4; z = 25$</p>	Поковка после точения, сверления и обработки шпоночного паза	Сталь 45, $\sigma_B = 50$ кГс/мм ²

Окончание табл. 23

№ п/п	Эскиз детали	Заготовка	Материал, свойства
-------	--------------	-----------	--------------------

3	Шестерня с внутренним зацеплением 	Поковка после точения и сверления	Сталь 45, $\sigma_B = 50$ кгс/мм ²
4	Вал-шестерня 	Прокат после точения	Сталь 40Х, $\sigma_B = 65$ кгс/мм ²
5	Блок-шестерня  $z_1 = 10 \quad z_2 = 30 \quad z_3 = 15$ $m_1 = m_2 = m_3 =$ $2,5 \quad 2,5 \quad 2,5$ $d_{d1} = d_{d2} = d_{d3} = 40$ $27,5 \quad 77,5 \quad d_{f3} =$ $d_{f1} = 22 \quad d_{f2} = 72 \quad 34,5$	Поковка после точения	Сталь 45, $\sigma_B = 50$ кгс/мм ²

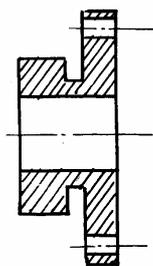
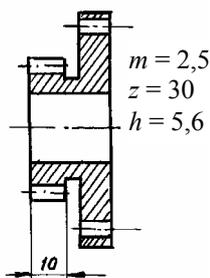
Пример техпроцесса нарезания зубьев колеса

Эскиз детали

Эскиз заготовки

Материал

Сталь 45,
 $\sigma_B = 50$ кгс/мм²



Выбор инструмента и оборудования. Так как зубчатое колесо имеет фланец (бурт), закрывающий венец, то для зубонарезания выбирают процесс долбления на зубодолбежном вертикальном станке типа 5122 (табл. 17) долбяком (ГОСТ 9323–79) с диаметром делительной окружности $d = 80$, $m = 2,5$; материал долбяка – сталь Р6М5 (табл. 22).

Установ 1 Установить заготовку на вертикальную оправку станка, закрепить

Переход 1

Режим резания:

Провести чистовое нарезание зубьев за один проход

$s_{кр} = 0,3$ мм/дв. ход (табл. 19),
 $v = 20$ м/мин (табл. 21).

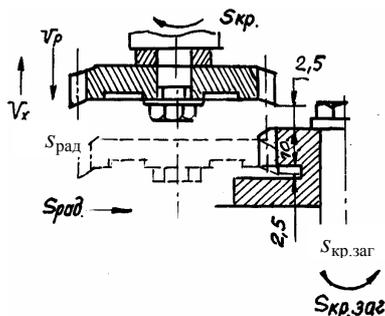
Число двойных ходов долбяка в минуту:

$$n = \frac{1000 v}{2l} = \frac{1000 \cdot 20}{15} = 67 \text{ дв.х./мин.}$$

$$T_0 = \frac{h}{s_{рад} n} + [\pi m z_k / n s_{кр}] i,$$

$$s_{рад} \approx (0,1 \dots 0,3) s_{кр} = 0,3 \cdot 0,3 = 0,09 \text{ мм/дв.х., } h = 5,6 \text{ мм, } i = 1,$$

$$T_0 = \frac{5,6}{0,09 \cdot 67} + \frac{3,14 \cdot 2,5 \cdot 30}{67 \cdot 0,3} \cdot 1 = 0,9 + 11,7 = 13,5 \text{ мин.}$$



Раздел 5

ОБРАБОТКА ЗАГОТОВОК НА ШЛИФОВАЛЬНЫХ СТАНКАХ

Шлифованием называют процесс обработки резанием абразивными кругами. Абразивные зерна в круге располагаются беспорядочно и удерживаются связующим материалом. С заготовки срезается очень большое количество тонких стружек (до 100 млн. в мин). Шлифовальные круги работают с очень большими скоростями резания: до 30 м/с и более.

С помощью шлифования производится чистовая и отделочная обработка деталей с высокой точностью. Режущей составляющей абразивного инструмента являются зерна абразивных материалов: окиси алюминия, карбида кремния, алмаза, кубического нитрида бора.

Абразивный материал имеет свою маркировку:

- а) электрокорунд нормальный – 12А – 18А;
- б) электрокорунд белый – 23А – 25А;
- в) хромистый электрокорунд – 32А – 34А;
- г) монокорунд – 43А – 45А;
- д) карбид кремния – 55С – 63С;
- е) карбид бора – К5;
- ж) алмаз природный – А1 – А8;
синтетический – АС2 – АС50;
- з) кубический нитрид бора – ЛО; ЛП; ЛД; ЛОМ и др.

Средняя величина зерен абразивного материала характеризуется зернистостью:

Группа материалов	Размер зерна, мкм	Зернистость
Шлифзерно	2000...160	200...16
Шлифпорошки	125...40	12...4
Микрошлифпорошки	63...10	М63...М14
Тонкие шлифпорошки	10...3	М10...М5

Связка абразивного материала в инструменте может быть керамическая (К0...К7), бакелитовая (Б...Б4), вулканитовая (В...В3), глифталиевая (ГФ) и поливинилформалиевая (ПФ).

Важной характеристикой абразивного инструмента является его твердость, т.е. сопротивляемость связки вырыванию абразивных зерен с поверхности инструмента под влиянием сил резания. Чем тверже круг, тем большая сила необходима, чтобы вырвать зерно из связки, но в то же время в большей степени проявляется склонность инструмента к "засаливанию" (забиванию пор стружкой) особенно при шлифовании вязких материалов. По твердости абразивные инструменты классифицируют на:

- мягкие и среднемягкие (М1 ... М3, СМ1 ... СМ2);
- среднемягкие и средние (СМ2, С1, С2);
- средние и среднетвердые (С2, СП, СТ3);
- среднетвердые и твердые (СП, СТ2, Т1, Т2);
- весьма твердые и чрезвычайно твердые (ВТ1, ВТ2, ЧТ1, ЧТ2).

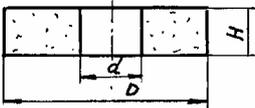
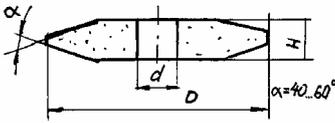
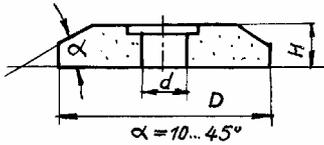
В характеристику абразивного инструмента входит структура, которая определяется объемной долей (%) зерна в круге. Различают три группы структур номеров: 1 – 5 (60...52 % зерен) – закрытые; 6 – 10 (42...48 % зерен) – открытые и 11 – 18 (40...26 % зерен) – высокопористые.

Форма и размеры инструмента со связанным абразивом стандартизированы. Основные размеры кругов – наружный D и внутренний d диаметры и высота H .

В соответствии с ГОСТ 2424–83 различают три класса точности кругов: АА, А и Б.

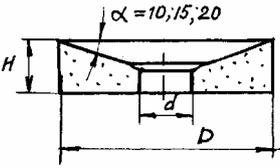
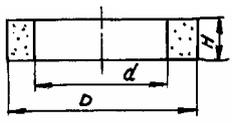
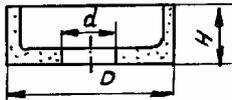
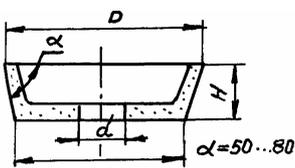
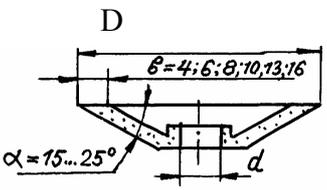
Все перечисленные характеристики входят в маркировку абразивного инструмента. Например марка ПП350 40 127 45А 16СМ17К535м/сА1 кл ГОСТ 2424–83 расшифровывается следующим образом:

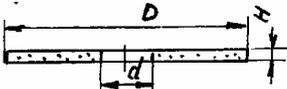
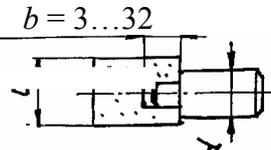
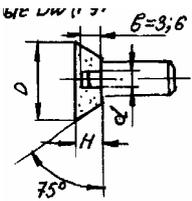
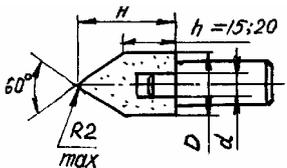
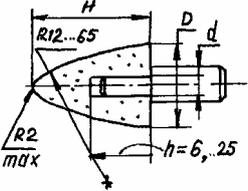
24 Основные типы кругов на керамической, бакелитовой в вулканитовой связках ГОСТ 24-24-83

Круги	Основные размеры			Область применения
	D	d	H	
Плоские: прямого профиля (ПП) 	30...10 60	1...30 5	6...20 0	Шлифованное круглое плоское периферией круга, зубо- и шлицешлифование, заточка инструмента
С двухсторонним коническим профилем (2П) 	250...5 00	76...2 03	8...12	
С коническим профилем (3П) 	63...50	10...2 03	6...40	То же; заточка пил

Продолжение табл. 24

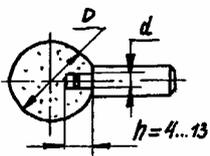
Круги	Основные размеры			Область применения
	D	d	H	

<p>С конической выточкой (ПВК)</p> 	300...7 50	127...30 5	50; 80	Шлифование с одновременной подрезкой торцевой поверхности; шлифование заготовок с буртиками и фланцами
<p>Кольцевые (К)</p> 	200...6 00	76...4 80	63...1 60	Отрезка, прорезка канавок
<p>Чашечные: цилиндрические (ЧЦ)</p> 	40...30 0	13...1 50	25...1 00	Плоское шлифование торцем круга, заточка и доводка режущего инструмента
<p>Конические (ЧК)</p> 				
<p>Тарельчатые (Т)</p> 	80...25 0	13...3 2	8...25	
				Заточка и доводка режущего инструмента зубошлифование

Круги	Основные размеры			Область применения
	D	d	H	
<p>Круги отрезные (D) (ГОСТ 21963–82)</p> 	50...12 50	10...1 00	0,3...1 5	Отрезка, прорезка пазов
<p>Головки шлифовальные: (ГОСТ 24247–82) Цилиндрические ЛW(ГЦ)</p> 	3...40	1...13	6...60	Обработка фасонных поверхностей, поверхностей пресс-форм и штампов, зачистка отливок и сварных швов; шли- фование центров (головка EW 60°)
<p>Угловые DW(ГУ)</p> 	12...45	6	6...10	
<p>Конические с углом конуса 60° EW(ГК 60°)</p> 	10...32	3; 6	25...5 0	
<p>Сводчатые F-1W(ГСВ)</p> 	6...38	2...10	10...5 0	Обработка фасонных поверхностей, поверхностей пресс-форм и штампов

Окончание табл. 24

Круги	Основные размеры			Область применения
Шаровые F-2W(ГШ)	10...32	3; 6	h = =	



4...13

- "ПП" – прямого профиля (табл. 24);
- "350 40 127" – размеры круга в мм, $D = 350$, $d = 127$, $H = 40$;
- "45A" – монокорунд;
- "16" – зернистость, средний размер зерна 160 мкм;
- "СМ1" -твердость: среднемягкий № 1;
- "7" – структура: открытая пористость;
- "К5" – керамическая связка;
- "35 м/с" – для работы с окружной скоростью 35 м/с;
- "А1" – класс точности при классе неуравновешенности 1.

Виды выполняемых работ на шлифовальных станках и применяемый инструмент показаны на рис. 37, 38, 39.

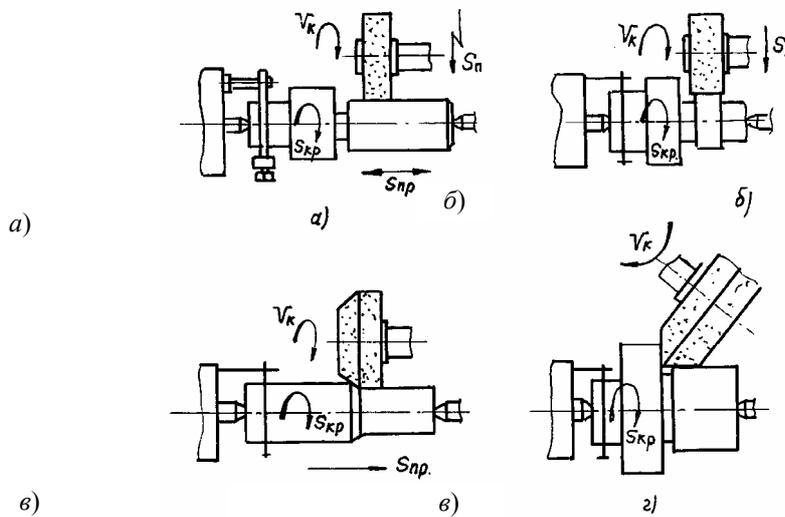


Рис. 37 Схемы обработки заготовок на круглошлифовальных станках:

a – шлифование с продольной подачей; *б* – врезное шлифование; *в* – глубинное шлифование; *г* – совместное шлифование цилиндрической поверхности и торца

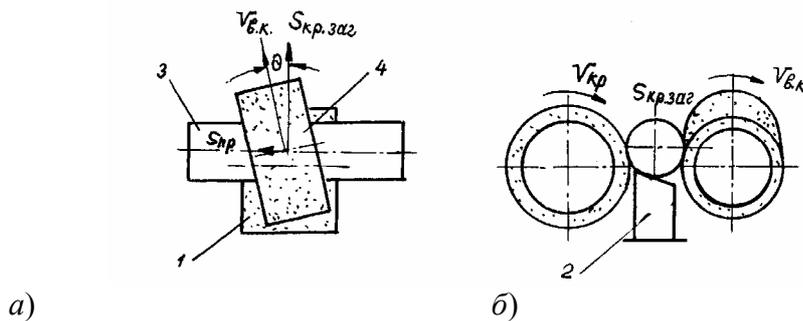
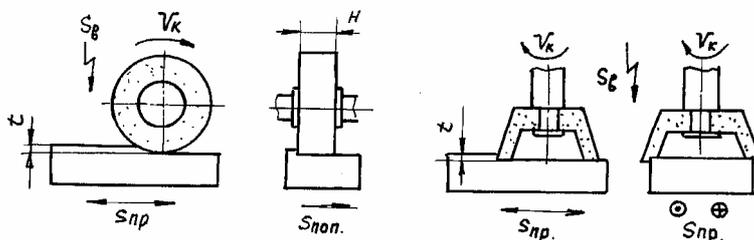


Рис. 38 Схема обработки заготовок на бесцентрово-шлифовальных станках:

1 – рабочий круг; *2* – поддерживающий нож; *3* – заготовка;
4 – ведущий круг повернут на $\theta = 1...7^\circ$ для обеспечения продольной подачи



а)

б)

Рис. 39 Схемы плоского шлифования:с – периферией круга с поперечной подачей ($S_{\text{поп}}$); б – торцом круга

При круглом шлифовании с продольной подачей (рис. 37, а) заготовка совершает продольную возвратно-поступательную ($s_{\text{пр}}$) и круговую подачу ($s_{\text{кр}}$). В конце каждого хода круг перемещается на $s_{\text{п}}$. Скорость резания обеспечивается скоростью вращательного движения круга (v), м/с.

При врезном шлифовании (шлифуемый участок меньше ширины круга), рис. 37, б, круг перемещается с поперечной подачей $s_{\text{п}}$ (мм/об. заг) до достижения необходимого размера заготовки.

При глубинном шлифовании (рис. 37, в) весь слой металла снимается за один проход. В этом случае на шлифовальном круге формируют конический участок длиной 8...12 мм, который осуществляет основную работу, а цилиндрический – зачищает обработанную поверхность.

Технологическое время, необходимое для круглого шлифования по схеме рис. 37, а, определяется по формуле

$$T_0 = \frac{L}{s_{\text{пр}} n_{\text{заг}}} i,$$

где L – длина хода, мм; i – число ходов; $s_{\text{пр}}$ – продольная подача, мм/мин; $n_{\text{заг}}$ – частота вращения заготовки, об/мин.

Режимы резания при круглом шлифовании (ориентировочно):

$v_{\text{к}} = 30...40$ м/с; $s_{\text{кр}} = 10...30$ м/мин при черновом шлифовании и $s_{\text{кр}} = 15...80$ м/мин при чистовом шлифовании; поперечная подача $s_{\text{п}} = 0,01...0,028$ м/мин; продольная подача $s_{\text{пр}} = (0,5...0,8) B_{\text{к}}$ мм/об.заг ($B_{\text{к}}$ – ширина круга).

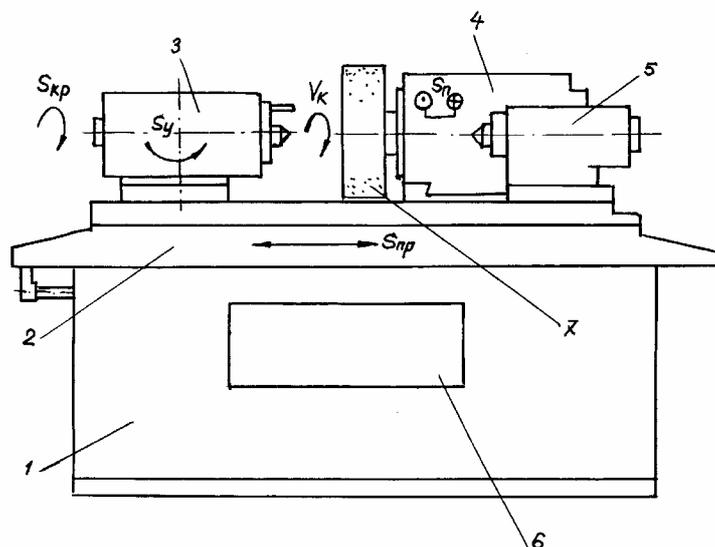
Широкое распространение получило шлифование тел вращения на бесцентрово-шлифовальных станках. При этом методе заготовка (вал) обрабатывается в незакрепленном состоянии (рис. 41), располагаясь между вращающимися абразивными кругами, один из которых является рабочим, второй – ведущим.

Плоские поверхности шлифуются на плоскошлифовальных станках (рис. 42). Наиболее распространенные схемы плоского шлифования показаны на рис. 39.

Режимы резания при плоском шлифовании (ориентировочно):

$v_{\text{к}} = 30...40$ м/с; $D_{\text{прод}} = 6...25$ м/мин; поперечная подача $s_{\text{поп}} \approx (0,5...0,8)H$, мм/ход; подача на глубину $s_{\text{в}} \approx 0,003...0,08$ мм/ход.

На рис. 40, 41, 42 показаны компоновочные схемы основных шлифовальных станков.

**Рис. 40 Общий вид кругошлифовального станка:**

1 – станина; 2 – стол; 3 – передняя бабка с коробкой скоростей;
4 – шлифовальная бабка; 5 – задняя бабка; 6 – привод стола; 7 – абразивный круг

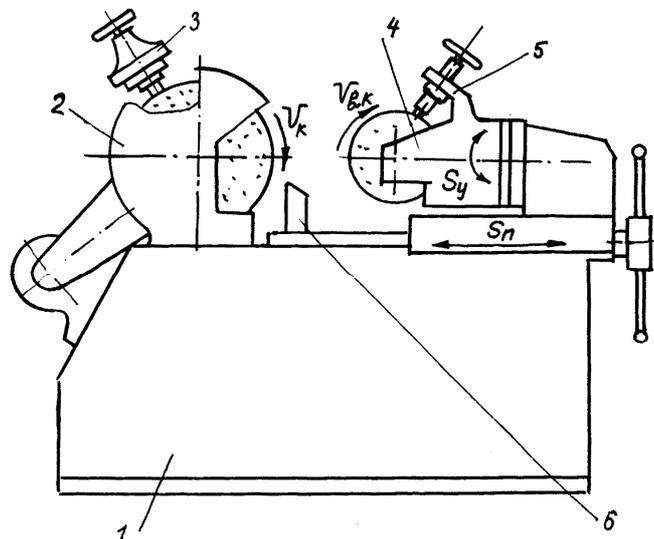


Рис. 41 Общий вид бесцентрово-шлифовального станка:
 1 – станина; 2 – бабка со шлифующим кругом; 3 и 5 – механизмы для правки кругов; 4 – бабка с ведущим кругом; 6 – поддерживающий нож

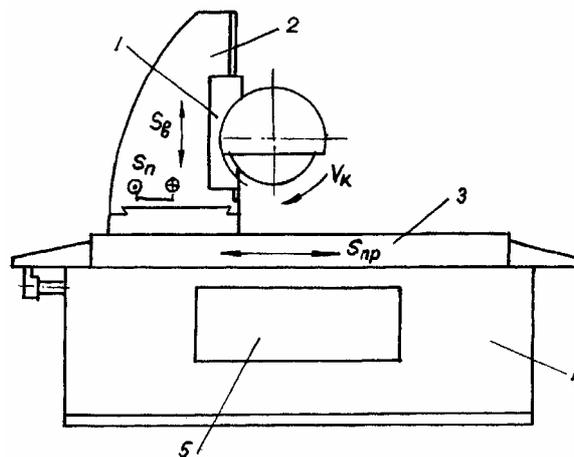


Рис. 42 Общий вид плоскошлифовального станка:
 1 – шлифовальная бабка со шлифующим кругом; 2 – стойка; 3 – стол;
 4 – станина; 5 – привод стола

Лабораторная работа 9

ВИДЫ РАБОТ ПРИ ШЛИФОВАНИИ, ОБОРУДОВАНИЕ И ПРИМЕНЯЕМЫЙ ИНСТРУМЕНТ

Цель работы:

- 1 Изучить основные виды шлифования, элементы режимов резания, узлы наиболее распространенных шлифовальных станков и их назначение.
- 2 Изучить абразивные материалы, применяемые для изготовления шлифовального инструмента, их характеристики и маркировку инструмента.

Порядок выполнения работы

- 1 Охарактеризовать предложенный преподавателем шлифовальный инструмент:
 - наименование и назначение;
 - расшифровать маркировку инструмента.
- 2 Выбрать способ шлифования поверхности детали, предложенной преподавателем (варианты таблиц 7, 9, 14), изобразить схему шлифования с указанием типа шлифовального станка и ориентировочных

режимов
резания.

Контрольные вопросы

- 1 Абразивные материалы и характеристика их свойств.
- 2 Типы и маркировка абразивного инструмента.
- 3 Виды шлифования.
- 4 Режимы резания при шлифовании.

Раздел 6

МЕТАЛЛОРЕЖУЩИЕ СТАНКИ. ОСНОВЫ КИНЕМАТИКИ

Классификация. Серийно выпускаемые станки разделены на 10 групп (табл. 25), каждая из которых разделена на 10 типов. Каждому станку присвоен цифровой индекс модели.

Первая цифра модели указывает на его принадлежность к группе, вторая – тип станка. Следующие цифры определяют одну из основных технических характеристик станка (высоту центров для токарно-винто-резных станков; наибольший диаметр отверстия для сверлильных станков и т.д. В моделях станка между цифрами или в конце их ставят буквы (А, К, М, Н и др.). Буквы после первой цифры указывают на то, что станок является модернизированным, а буквы в конце – видоизменение модели (модификацию). Так модель станка 1К62 означает, что этот станок относится к токарной группе (1), винторезный (6) с высотой центров 200 мм (2), модернизированный (К).

Привод – совокупность механизмов, передающих движение от источника движения (электродвигателя) к рабочим органам станка (шпинделю, суппорту и т.д.).

Передача – механизм, передающий движение от одного элемента к другому (от ведущего вала к ведомому). Передача характеризуется передаточным отношением, т.е. числом, показывающим во сколько раз частота вращения ведомого вала меньше (больше) частоты вращения ведущего вала

$$i = \frac{n_2}{n_1}$$

где i – передаточное отношение передачи; n_2 – частота вращения ведомого вала, об/мин; n_1 – частота вращения ведущего вала, об/мин.

Кинематическая цепь металлорежущего станка есть совокупность механизмов и передач, через которые передается движение от привода к исполнительным органам станка. Кинематическая цепь изображается условно кинематической схемой.

Из большого количества передач наиболее часто применяются ременные, цепные, зубчатые, червячные, винтовые, реечные. На рис. 43 показаны кинематические схемы основных передач.

Ременная передача (рис. 43, а). Знаком "X" показывается условное обозначение вала, на котором закреплен шкив. Передаточное отношение ременной передачи (i) определяется как

$$i = \frac{n_2}{n_1} \eta_p = \frac{d_1}{d_2} \eta_p,$$

где n_1 и n_2 – частоты вращения ведущего и ведомого валов; d_1 и d_2 – диаметры шкивов; η_p – коэффициент проскальзывания ремня, или коэффициент полезного действия передачи ($\eta_p = 0,96...0,99$).

Цепная передача (рис. 43, б). Цепная передача осуществляется роликовой (или другой) цепью, которая соединяет звездочки. Передаточное отношение может быть определено отношением частот вращения валов или отношением числа зубьев звездочек:

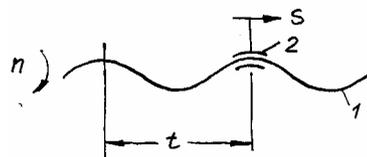
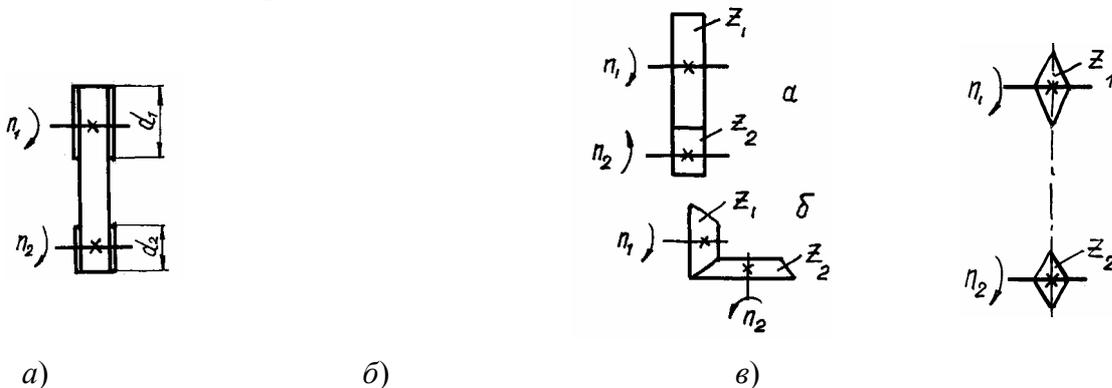
$$i = \frac{n_2}{n_1} = \frac{z_1}{z_2},$$

где n_1 и n_2 – частоты вращения ведущего и ведомого валов; z_1 и z_2 – число зубьев на ведущей и ведомой звездочках.

Зубчатая передача (рис. 43, в). Зубчатая передача может быть составлена цилиндрическими или коническими зубчатыми колесами.

Передаточное отношение зубчатой передачи:

$$i = \frac{n_2}{n_1} = \frac{z_1}{z_2}.$$



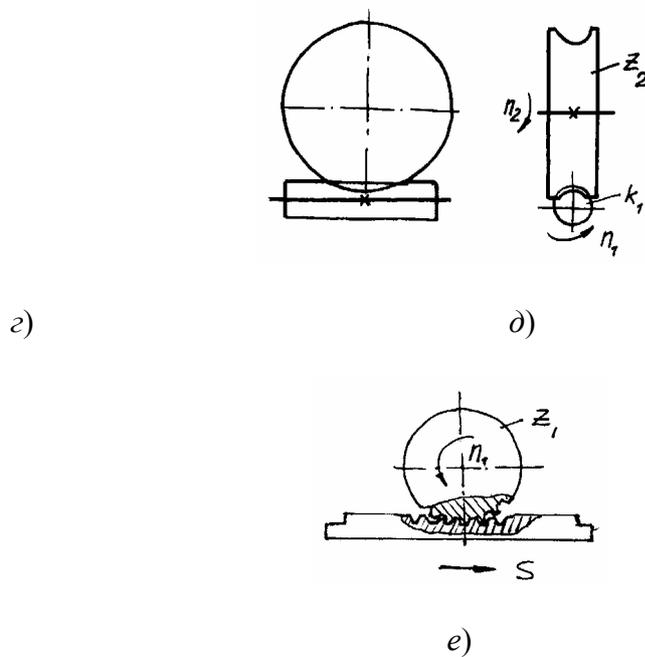


Рис. 43 Передача:

a – ременная; *б* – цепная; *в* – зубчатая: *а* – цилиндрические колеса;
б – конические колеса; *г* – червячная; *д* – винтовая;
1 – винт; *2* – гайка; *е* – реечная

Червячная передача (рис. 43, *г*). Червячная передача состоит из зубчатого колеса с числом зубьев z_2 и червяка (винта) с числом заходов k_1 и служит для резкого изменения частоты вращения ведомого вала с зубчатых колесом.

$$i = \frac{n_2}{n_1} = \frac{k_1}{z_2}.$$

Реечная передача (рис. 43, *е*). Представляет собой зубчатое колесо, находящееся в зацеплении с зубчатой рейкой. Перемещение (s) рейки определяется по формуле

$$s = n_1 \pi m z_1,$$

где m – модуль зубьев рейки и колеса; z_1 – число зубьев колеса; n_1 – частота вращения колеса.

Винтовая передача (рис. 43, *д*). Состоит из винта (1) и гайки (2). Как и реечная передача винтовая служит для преобразования вращательного движения (винта) в поступательное движение гайки (и связанном с ней элементом). Перемещение (s) гайки

$$s = n t k,$$

где t – шаг винта, мм; k – число заходов резьбы; n – частота вращения винта, об/мин.

Механизмы металлорежущих станков

Некоторые механизмы станков изображены на рис. 44 – 50. Передаточное отношение кинематической цепи механизма станка равно произведению передаточных отношений всех передач.

На рис. 44 показана двухступенчатая зубчатая передача, для которой

$$i_{1-2} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{z_1}{z_2}; \quad i_{2-3} = \frac{n_3}{n_2} = \frac{z_2}{z_3};$$

$$i_{\text{общ}} = i_{1-2} i_{2-3} = \frac{n_3}{n_1} = \frac{z_1 z_2}{z_2 z_3}$$

Механизм с блоком шестерен (Б), свободно вращающемся на валу II, изображен на рис. 45. Передаточное отношение этого механизма

$$i_{\text{общ}} = \frac{n_3}{n_1} = \frac{z_1 z_3}{z_2 z_4}$$

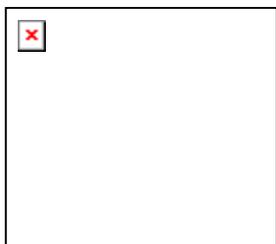
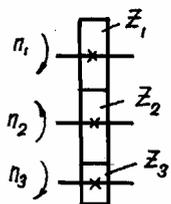


Рис. 44 Двухступенчатая зубчатая передача

Рис. 45 Механизм с блоком (Б) шестерен, свободно вращающимся на валу

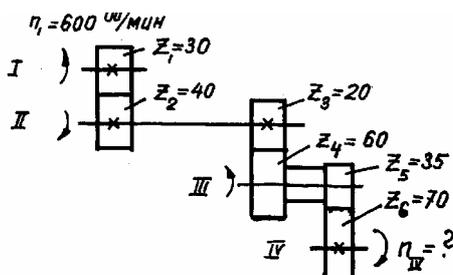
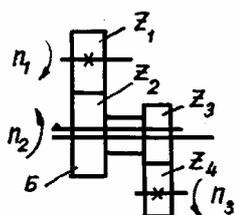


Рис. 46 Механизм с подвижным блоком шестерен (Б)

Рис. 47 Кинематическая цепь

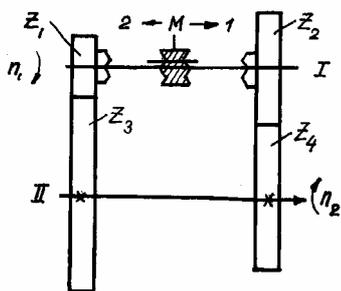
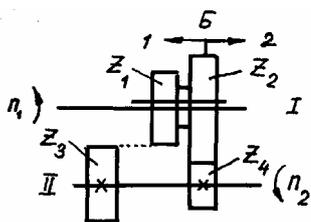
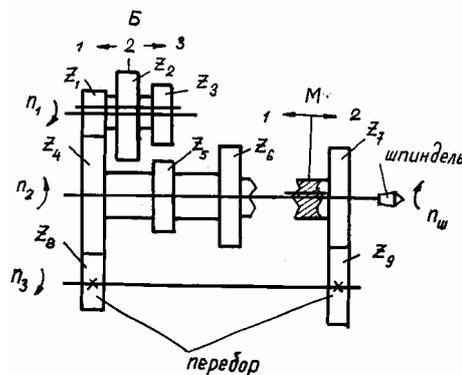


Рис. 48 Механизм с подвижным блоком Б

Рис. 49 Механизм с переключающей муфтой М

Рис. 50 Простейшая коробка скоростей



На рис. 46 показан механизм с подвижным блоком шестерен (Б). Блок Б может перемещаться вдоль оси вала, но вращается только с ним

$$i_{\text{общ}} = \frac{n_3}{n_1} = \frac{z_1}{z_2} \frac{z_3}{z_4}.$$

Пример. Определить передаточное отношение кинематической цепи и частоту вращения вала IV механизма, изображенного на рис. 47.

Решение:

$$i_{\text{общ}} = \frac{n_{IV}}{n_I}; \quad n_{IV} = n_I i_{\text{общ}};$$

$$i_{\text{общ}} = i_{I-II} i_{II-III} i_{III-IV} = \frac{z_1}{z_2} \frac{z_3}{z_4} \frac{z_5}{z_6} = \frac{30}{40} \frac{20}{60} \frac{35}{70} = 0,125;$$

$$n_{IV} = 600 \cdot 0,125 = 75 \text{ об/мин.}$$

Для регулирования частоты вращения шпинделя (скорости резания) и подачи служат коробки скоростей и подачи. Регулирование осуществляется специальными механизмами, некоторые из них изображены на рис. 48, 49.

Механизм с подвижным блоком (рис. 48). С помощью подвижного блока Б можно получить две разные частоты вращения вала II:

1 Положение блока Б → 2. В зацеплении находятся шестерни z_2 и z_4 :

$$i = \frac{n_2}{n_1} = \frac{z_2}{z_4}, \quad n_2 = n_1 \frac{z_2}{z_4}.$$

2 Положение блока Б → 1. В зацеплении находятся шестерни z_1 и z_3 :

$$i = \frac{n_2}{n_1} = \frac{z_1}{z_3}, \quad n_2 = n_1 \frac{z_1}{z_3}.$$

Механизм с переключающей муфтой (рис. 49). Шестерни z_1 и z_2 свободно вращаются на валу I. М – муфта, вращается вместе с валом I и может, перемещаясь на шлицах по валу I, входить в зацепление с шестернями z_1 и z_2 . При нейтральном положении муфты М шестерни z_1 и z_2 проскальзывают на валу (не вращаются) и поэтому не передают вращение на вал II.

Если муфта находится в положении М → 1, то шестерня z_2 начнет вращаться вместе с муфтой и валом I, передавая движение через шестерню z_4 на вал II. При этом

$$n_2 = n_1 i_1; \quad i_1 = \frac{z_2}{z_4} \quad \text{и} \quad n_2 = n_1 \frac{z_2}{z_4}.$$

При положении М → 2:

$$n_2 = n_1 i_2; \quad i_2 = \frac{z_1}{z_3} \quad \text{и} \quad n_2 = n_1 \frac{z_1}{z_3}.$$

Коробка скоростей. Простейшая коробка скоростей с передвижным блоком Б, кулачковой муфтой М и перебором изображена на рис. 50. При положениях подвижного блока Б и переключающей кулачковой муфты М, указанных на рис. 50

$$i_{\text{общ}} = \frac{n_{\text{шп}}}{n_1} = \frac{z_1}{z_4} \frac{z_4}{z_8} \frac{z_9}{z_7}.$$

Частота вращения шпинделя:

$$n_{\text{шп}} = n_1 i_{\text{общ}} = n_1 \frac{z_1}{z_4} \frac{z_4}{z_8} \frac{z_9}{z_7}.$$

Частоты вращения шпинделя при других комбинациях положений муфты М и подвижного блока Б предоставляется студентам определить самостоятельно.

Ряд чисел оборотов в любой коробке скоростей должен подчиниться геометрической прогрессии, где каждая последующая частота вращения получается умножением предыдущей на постоянный множитель (φ), который называется знаменателем прогрессии, т.е.

$$n_2 = n_1 \varphi; \quad n_3 = n_2 \varphi = n_1 \varphi^2; \quad n_k = n_1 \varphi^{k-1}$$

или

$$n_{\text{max}} = n_{\text{min}} \varphi^{k-1},$$

где k – число ступеней заданного ряда чисел оборотов. Множитель φ может иметь следующие значения: 1,06; 1,12; 1,26; 1,41; 1,58; 1,78; 2.

Лабораторная работа 10

МЕТАЛЛОРЕЖУЩИЕ СТАНКИ. ОСНОВЫ КИНЕМАТИКИ

Цель работы:

- 1 Изучить основные узлы (и их назначение) токарного, фрезерного и сверлильного станков.
- 2 Изучить классификацию и маркировку металлорежущих станков.
- 3 Изучить основные типы передач в кинематических цепях металлорежущих станков. Уметь определять передаточное отношение и частоту вращения на выходе кинематической цепи.

Порядок выполнения работы

- 1 Расшифровать марку металлорежущего станка (табл. 26).
- 2 Изобразить схему кинематической цепи, предложенной преподавателем, рассчитать передаточное отношение и частоту вращения выходного вала (рис. 51).

26 МЕТАЛЛОРЕЖУЩИЕ СТАНКИ (МАРКИРОВКА)

Вариант	Модель станка	Вариант	Модель станка
1	16K20	9	6Т12
2	1А616	10	675П
3	1К62	11	6П11Ц
4	16Б16	12	2М55
5	16К40		

6	6P83Г	13	2H125
7	6P13Б	14	2Ш55
8	6Т82	15	2H135

Контрольные вопросы к защите лабораторной работы

- 1 По какому принципу классифицируются и маркируются металлорежущие станки?
- 2 Что называется передачей, передаточным отношением?
- 3 Чему равно передаточное отношение кинематической цепи?
- 4 Основные типы передач и их обозначение на кинематических схемах.

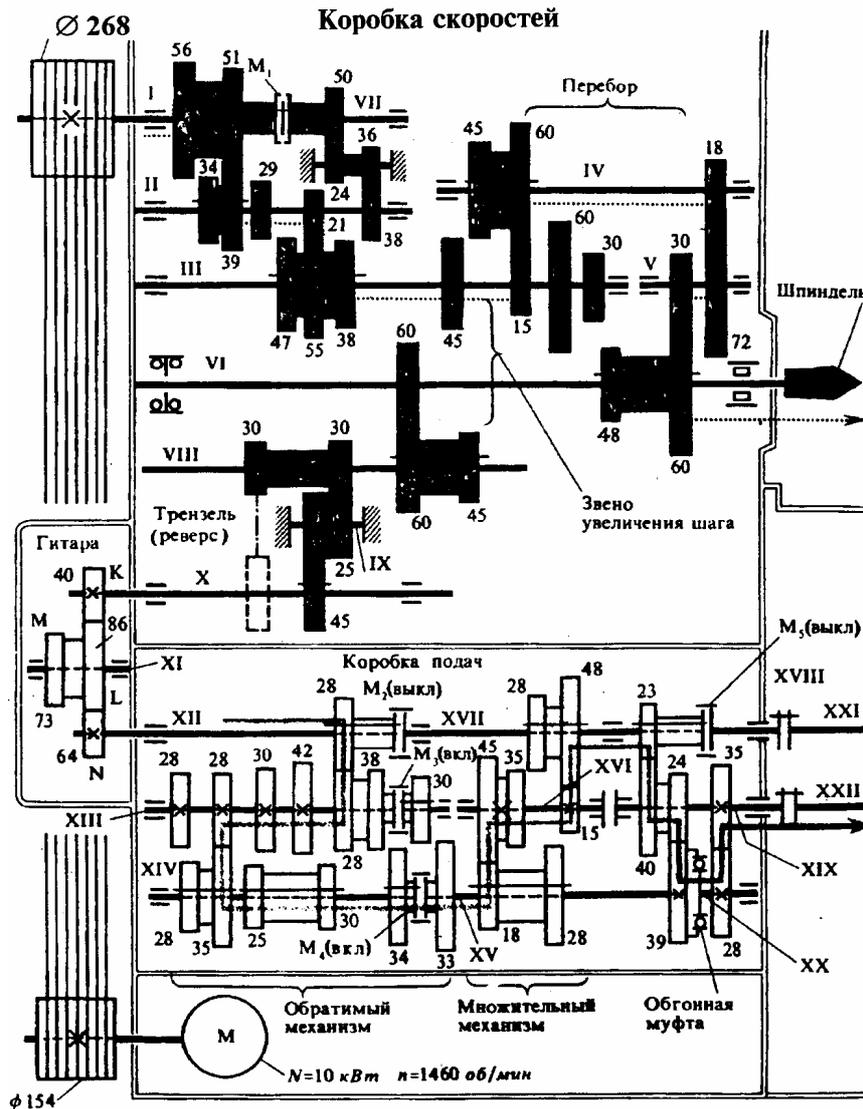


Рис. 51 Кинематическая схема токарно-винторезного станка 16K20

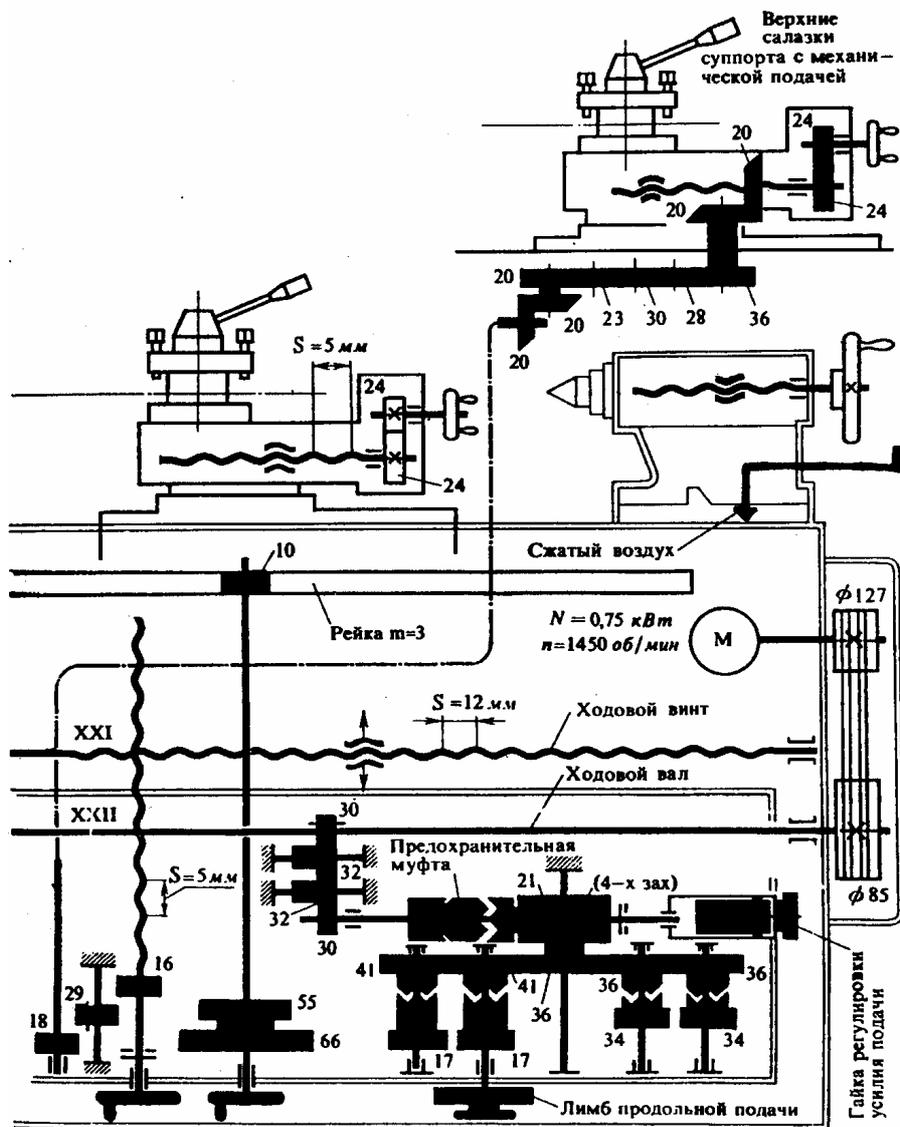


Рис. 51 Продолжение

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

- 1 Технология конструкционных материалов: Учебник для технических вузов. М.: "Машиностроение", 1987.
- 2 Некрасов С. С., Зильберман Г. М. Технология материалов. Обработка конструкционных материалов резанием. М.: "Машиностроение", 1974.
- 3 Краткий справочник металлиста / Под общ. ред. д-ра техн. наук. П. Н. Орлова. М.: "Машиностроение", 1987.
- 4 Грановский Г. И., Грановский В. Г. Резание металлов: Учебник для вузов. М.: Высшая школа, 1985.
- 5 Режимы резания металлов: Справочник / Под ред. Ю. В. Барановского и др. М.: Машиностроение, 1974.
- 6 Барбашов Ф. А. Фрезерные работы: Учебное пособие. М.: Высшая школа, 1986.
- 7 Денежный П. М. и др. Токарное дело: Учебник. М.: Высшая школа, 1986.