

МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Металлорежущие станки и инструменты»

ОСНОВЫ ТЕОРИИ РЕЗАНИЯ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ

*Методические рекомендации к лабораторным работам
для студентов специальности
1-40 05 01 «Информационные системы и технологии
(по направлениям)» дневной и заочной форм обучения*

Часть 1



Могилев 2023

УДК 621.9
ББК 34.63
О75

Рекомендовано к изданию
учебно-методическим отделом
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Металлорежущие станки и инструменты»
«24» января 2023 г., протокол № 8

Составитель канд. техн. наук, доц. В. А. Логвин

Рецензент канд. техн. наук, доц. А. Е. Науменко

Методические рекомендации к лабораторным работам для студентов специальности 1-40 05 01 «Информационные системы и технологии (по направлениям)» дневной и заочной форм обучения.

Учебно-методическое издание

ОСНОВЫ ТЕОРИИ РЕЗАНИЯ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ

Часть 1

Ответственный за выпуск	С. Н. Хатетовский
Корректор	А. А. Подошевка
Компьютерная верстка	Н. П. Полевничая

Подписано в печать . Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.
Печать трафаретная. Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж 44 экз. Заказ №

Издатель и полиграфическое исполнение:
Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования
«Белорусско-Российский университет».

Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/156 от 07.03.2019.

Пр-т Мира, 43, 212022, г. Могилев.

© Белорусско-Российский
университет, 2023

Содержание

Меры безопасности при проведении лабораторных работ.....	4
1 Расчет оптимальных параметров режима резания при точении.....	5
2 Исследование деформации срезаемого слоя.....	8
3 Типы резцов и геометрические параметры режущей части основных их типов.....	14
4 Изучение конструкции и технологических возможностей токарно-винторезного оборудования.....	21
5 Изучение конструкции и технологических возможностей фрезерного оборудования	24
6 Изучение конструкции и технологических возможностей сверлильного оборудования.....	27
7 Изучение конструкции и технологических возможностей оборудования с ЧПУ.....	29
8 Изучение конструкции и технологических возможностей зубофрезерного, зубострогального и зубодолбежного оборудования.....	31
9 Изучение конструкций и технологических возможностей оборудования, работающего абразивным инструментом.....	44
Список литературы.....	46

Меры безопасности при проведении лабораторных работ

1 Перед началом занятий проветрить помещение.

2 Прежде чем приступить к работе, необходимо установить исправность механизмов, инструментов, приспособлений, наличие ограждений пусковых устройств.

3 Исправность оборудования необходимо проверять путем осмотра токоведущих частей электроаппаратуры и кнопочного управления, состояние смазки оборудования, состояние заземляющего провода и плотность его прилегания.

4 При обнаружении неисправности оборудования или плохого заземления ограждений не начинать работу, а доложить об этом ответственному по лаборатории.

5 Не допускается останавливать и тормозить движущиеся и вращающиеся звенья оборудования руками.

6 По окончании работы:

- отключить оборудование;
- разборку, очистку и смазку оборудования производить только при отключенной системе питания с соответствующей табличкой на рубильнике;
- убрать рабочее место;
- не допускается убирать пролившееся масло руками, для этого используется совок и ветошь;
- промасленную ветошь убирать в специальную тару и регулярно выносить из помещения в специально отведенное место;
- обо всех недостатках, обнаруженных во время работы, поставить в известность заведующего кафедрой.

1 Расчет оптимальных параметров режима резания при точении

Цель работы – изучить параметры режима резания; ознакомиться с методикой расчета оптимальных параметров режима резания при точении; назначить оптимальный режим резания при точении.

Основные положения

Назначить оптимальный режим резания при точении сравнительно сложно, т. к. параметры режима резания (t , S_0 , V) являются функциями целого ряда переменных. При металлообработке надо стремиться к получению максимальной производительности при заданных параметрах качества обработанных поверхностей, а производительность в первую очередь зависит от интенсивности процесса резания, которая определяется произведением глубины резания t на подачу S_0 и на скорость резания V .

При определении оптимальных режимов резания решается ряд задач, связанных с выбором конструкции инструмента, марки инструментального материала, состава и способа подвода смазочно-охлаждающей технологической среды (СОТС), формы и геометрических параметров режущей части инструмента, схемы крепления заготовки, назначение глубины, подачи и скорости резания. При этом учитывают виброустойчивость технологической среды, прочность режущего инструмента, износостойкость и теплостойкость инструментального материала, качество поверхностного слоя обработанной поверхности, точность, мощность и прочность приводов станка, размеры обрабатываемой поверхности за период стойкости.

Расчёт режимов резания при точении осуществляют в следующей последовательности:

- 1) выбирается материал режущей части инструмента;
- 2) определяется оптимальная геометрия инструмента в зависимости от свойств обрабатываемого материала и условий обработки;
- 3) назначается глубина резания t с учетом величины припуска на обработку. Количество проходов при черновой обработке устанавливается учитывая возможность снятия повышенных припусков. Глубина резания

$$t = \frac{D - d}{2}, \quad (1.1)$$

где D – диаметр заготовки до обработки, мм;

d – диаметр детали после обработки, мм.

Получистовая обработка проводится в несколько рабочих ходов. Черновая обработка осуществляется с глубиной резания $t = (0,6 \dots 0,75)h$, окончательная – с $t = (0,3 \dots 0,25)h$. При снятии припуска свыше 2 мм за один рабочий ход качество обработанной поверхности невысокое, а точность недостаточна.

При чистовой обработке глубину резания назначают в зависимости от точности и шероховатости поверхности в пределах 0,5...2,0 мм на диаметр. При обработке с шероховатостью поверхности менее $R_a = 1,6$ мкм – в пределах 0,1...0,4 мм.

Глубина резания является первым из назначенных параметров режима резания, затем следует выбор подачи и скорости резания, обеспечивающих требуемую стойкость. Это обусловлено влиянием элементов режима резания на температуру в зоне резания и интенсивность изнашивания рабочих поверхностей инструмента;

4) подача S_0 , мм/об, назначается максимально допустимой. При черновой обработке она устанавливается с учетом жесткости технологической среды, прочности, способа крепления заготовки, прочности и жесткости режущего инструмента, прочности механизма подачи станка и установленной глубины резания.

При чистовом точении подача определяется заданной величиной шероховатости обработанной поверхности и качеством точности, учитывая при этом возможную величину прогиба детали под действием сил резания и погрешности геометрической формы обработанной поверхности:

$$S_0 = \frac{C_S R_z^y r^u}{t^x \varphi^z \varphi_1^z}, \quad (1.2)$$

где C_S – постоянный коэффициент;

R_z – средняя высота микронеровностей, мкм;

r – радиус сопряжения режущих кромок при вершине резца, мм;

φ, φ_1 – главный и вспомогательный углы в плане, град;

y, u, x, z – показатели степеней;

5) определяется скорость резания, как наиболее влияющая на период стойкости T инструмента, производительность, себестоимость и энергоемкость.

Скорость резания, допускаемая режущим инструментом при определенном периоде его стойкости, зависит от глубины резания и подачи, материала режущей части и его геометрических параметров, от обрабатываемого материала, вида обработки, охлаждения и других факторов.

По принятым значениям глубины резания, подачи и периода стойкости рассчитывают скорость резания, обеспечивающую заданную стойкость:

$$V_P = \frac{C_v}{T^m t^{X_v} S^{Y_v}} \cdot K_v, \quad (1.3)$$

где C_v – коэффициент, учитывающий условия работы инструмента, принятые в справочнике за основу;

T – период стойкости режущего инструмента;

K_v – коэффициент, учитывающий отличие конкретных условий работы инструмента от принятых за основу;

m, X_v, Y_v – показатели степени.

Значительное увеличение периода стойкости требует снижения скорости

резания, а значит, и производительности обработки, что экономически невыгодно. Уменьшение периода стойкости по сравнению с нормативным на 25 % увеличивает стоимость обработки всего на 2 %.

По скорости резания определяют необходимую частоту вращения шпинделя станка:

$$n_P = \frac{1000 \cdot V_P}{\pi \cdot D_3}, \quad (1.4)$$

где D_3 – диаметр обрабатываемой заготовки.

Полученную расчетную частоту вращения шпинделя уточняют по паспорту станка и принимают ближайшее меньшее значение из имеющихся на станке. Превышать расчетную частоту допускается не более чем на 5 %.

По действительной частоте вращения шпинделя определяют фактическую (действительную) скорость резания

$$V_D = \frac{\pi \cdot D_3 \cdot n_D}{1000}. \quad (1.5)$$

При чистовом точении силы резания незначительные, а при черновом точении осуществляется проверка выбранного режима резания по мощности станка. В этом случае должно соблюдаться соотношение

$$N_{ст} \geq 1,2 \cdot N_{рез}, \quad (1.6)$$

где $N_{ст}$ – мощность электродвигателя станка;

$N_{рез}$ – мощность резания, определяемая по таблицам или формулам, при известной величине силы резания P_Z и V_D (при точении).

Если мощности электродвигателя станка, на котором должна производиться обработка, не достаточна, принимают более мощный станок. Если это невозможно, необходимо уменьшить выбранную частоту вращения или подачу, перейдя на ближайшие меньшие значения. При этом необходимо, чтобы произведение n и S было наибольшим, это гарантирует наименьшее машинное время обработки и наибольшую производительность.

Порядок выполнения работы

- 1 Ознакомиться с параметрами режимов резания при точении.
- 2 Ознакомиться с методикой расчета оптимальных параметров режимов резания при точении.
- 3 Назначить оптимальный режим резания при точении.

Содержание отчета: цель работы; расчет режимов резания; выводы.

Контрольные вопросы

- 1 Параметры режимов резания.
- 2 Выбор режимов обработки.
- 3 Расчет скорости при точении.
- 4 Период стойкости инструмента.
- 5 Выбор станка при точении.
- 6 Технологические ограничения при точении.

2 Исследование деформации срезаемого слоя

Цель работы – ознакомиться со способом непосредственного определения коэффициента усадки стружки; исследовать влияния скорости резания, подачи и величины переднего угла резца на коэффициент усадки стружки; исследовать влияния обрабатываемого материала, скорости резания и подачи на тип стружки.

Основные положения

В процессе резания по мере продвижения резца передняя поверхность с некоторой силой сжимает объем обрабатываемого материала, который находится впереди резца. Под действием силы сжатия напряжения в срезаемом слое превышают прочность обрабатываемого материала, вызывая пластическую деформацию срезаемого слоя и превращая его в стружку. Форма стружки и степень ее деформации свидетельствуют о напряжениях в срезаемом слое и характеризуют затраты энергии на процесс резания, а также условия работы режущего инструмента и интенсивность его изнашивания.

Цель изучения процесса стружкообразования состоит в том, чтобы выявить условия, при которых работа, затраченная на удаление срезаемого слоя, была бы наименьшей.

Важным показателем пластического деформирования срезаемого слоя является коэффициент усадки стружки K , который характеризует изменение формы и размеров срезаемого слоя.

Явление изменения размеров срезаемого слоя при превращении в стружку называется усадкой стружки.

Срезаемый слой металла, в отличие от своих первоначальных размеров L , a и b , характеризуется длиной L_c , толщиной a_c и шириной b_c . При этом, как правило, $L_c < L$ и $a_c > a$ (рисунок 2.1, а). Ширина стружки b_c мало отличается от ширины срезаемого слоя b .

Отношение длины пути L (рисунок 2.1, б), проходимого резцом, к длине деформированной стружки L_c называется *коэффициентом продольной усадки стружки*, определяется по формуле

$$K_L = \frac{L}{L_c}. \quad (2.1)$$

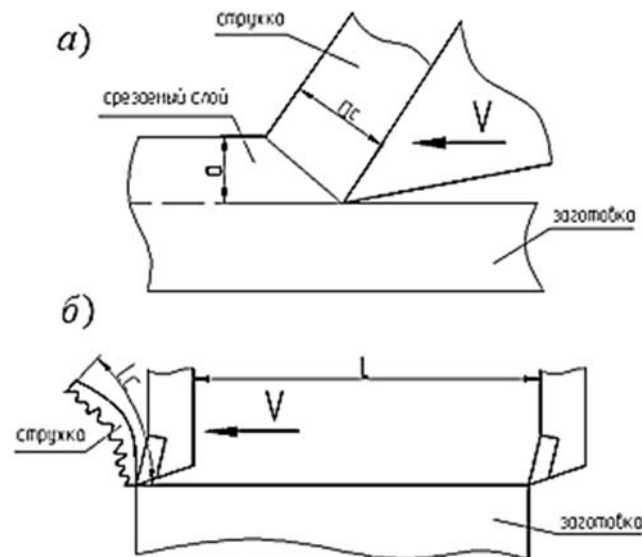


Рисунок 2.1 – Схема утолщения (а) и укорочения (б) стружки

Коэффициент поперечной усадки стружки определяется по формуле

$$K_a = \frac{a_c}{a}. \quad (2.2)$$

Объем деформированного тела, срезаемого слоя и стружки не меняется:

$$a \cdot b \cdot L = a_c \cdot b_c \cdot L_c. \quad (2.3)$$

Откуда

$$\frac{L}{L_c} = \frac{a_c \cdot b_c}{a \cdot b} = \frac{a_c}{a}, \quad (2.4)$$

или

$$K_L = K_a.$$

Продольная усадка стружки равна ее поперечной усадке. Величина коэффициента K при обработке сталей колеблется от 2 до 5. Чем выше пластическая деформация, тем меньше усадка стружки. Наименьший коэффициент K соответствует наилучшим условиям процесса резания. Коэффициент K определяют различными способами в зависимости от имеющегося в лаборатории оборудования.

Весовой способ. Для определения коэффициента используется отношение площадей поперечного сечения стружки и срезаемого слоя:

$$K_L = \frac{a_c \cdot b_c}{a \cdot b}. \quad (2.5)$$

От исследуемой стружки отламывается кусочек произвольной длины L_c

и взвешивается на весах; если масса этого кусочка будет G , тогда объем этой стружки

$$W = \frac{G}{\gamma}, \quad (2.6)$$

где γ – удельная масса обрабатываемого материала.

При резании в силу несжимаемости металла

$$W = L_C \cdot a_C \cdot b_C = L \cdot a \cdot b. \quad (2.7)$$

Тогда при известных a и b

$$L = \frac{W}{a \cdot b}. \quad (2.8)$$

Следовательно, зная L_C , получим

$$K_L = \frac{W}{L_C \cdot a \cdot b}. \quad (2.9)$$

Способ измерения длины пути резания L . Снимается стружка длиной L_C (см. рисунок 2.1, б). Длина пути реза измеряется штангенциркулем, а длина стружки – гибкой мерой (упругой стальной проволочкой или лентой).

Коэффициент усадки стружки в этом случае определится как

$$K_L = \frac{L}{L_C}. \quad (2.10)$$

Способ непосредственного измерения. Основан на измерении толщины стружки a_C при известной толщине среза a (см. рисунок 2.1, а). Определение коэффициента усадки стружки K_a состоит в следующем.

Осуществляется свободное точение стальной трубы подрезным резцом (рисунок 2.2). При этом толщина среза a равна величине подачи S . Толщина стружки измеряется на инструментальном микроскопе. Для этого участок стружки, полученной при некотором режиме, закрепляется в струбине (рисунок 2.3) и подвергается шлифованию на плоскошлифовальном станке. Таким способом осуществляется продольное или косое сечение стружки. Поскольку ее противорезцовая сторона имеет пилообразную форму, то толщина стружки должна оцениваться как среднее арифметическое между наименьшим и наибольшим значениями 5–6 замеров.

Коэффициент усадки стружки в этом случае определяется как

$$K_a = \frac{a_c}{a}. \quad (2.11)$$

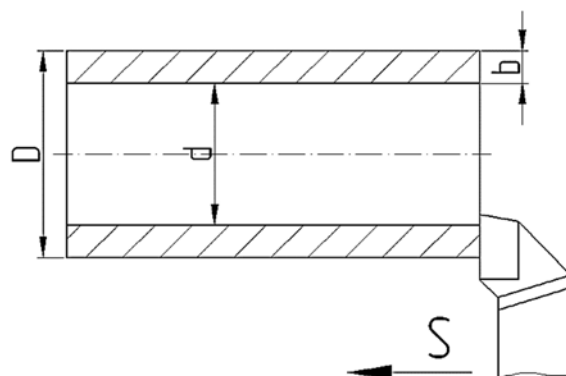


Рисунок 2.2 – Схема свободного резания

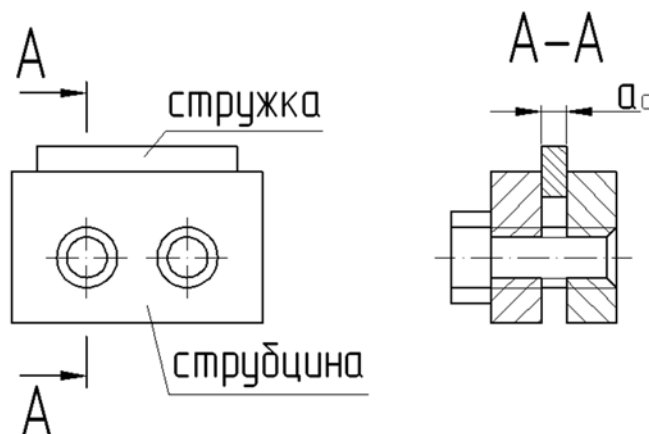


Рисунок 2.3 – Стружка, закрепленная в струбцине

Типы стружек

Согласно классификации И. А. Тиме различают четыре типа стружек (рисунок 2.4):

1) *элементная стружка* состоит из отдельных сильнодеформированных элементов (рисунок 2.4, а), приблизительно одинаковой формы, не связанных или слабо связанных между собой. Границу *тп*, образования элемента стружки от срезаемого слоя, называют *поверхностью скалывания*. По ней разрушается срезаемый слой. Она образуется при скорости резания 1...3 м/мин;

2) *суставчатая стружка* состоит из отдельных элементов, прочно связанных друг с другом (рисунок 2.4, б), и образуется при повышении скорости резания до 10...15 м/мин;

3) *сливная стружка* представляет собой сплошную непрерывно сходящую ленту, на которой отдельные элементы трудно различимы (рисунок 2.4, в). Поверхность стружки, прилегающую к передней поверхности инструмента, называют *контактной стороной стружки*, она гладкая. Противоположная сторона называется *свободной поверхностью стружки*, покрыта мелкими зубчиками и имеет

бархатистый вид и образуется при скорости резания свыше 60...100 м/мин;

4) *стружка надлома* образуется при резании чугуна и других хрупких металлов (рисунок 2.4, *г*), состоит из отдельных кусочков, имеющих различные размеры и форму, ей сопутствует мелкая металлическая пыль. Поверхность разрушения *mn* должна располагаться ниже поверхности резания, которая покрыта следами из кусочков стружки.

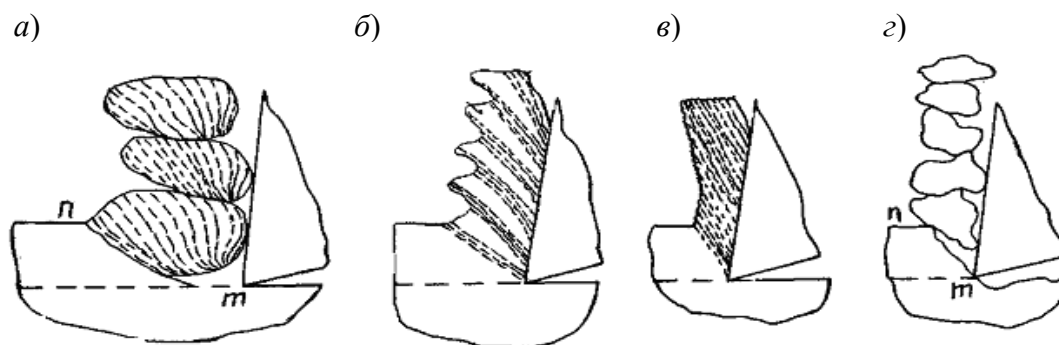


Рисунок 2.4 – Типы стружек

При резании пластичных материалов возможно образование элементной, суставчатой и сливной стружек. По мере увеличения твердости и прочности обрабатываемого материала сливная стружка переходит в суставчатую, а затем в элементную. Из геометрических параметров инструмента наибольшее влияние на тип стружки оказывает передний угол. С его увеличением элементная стружка переходит в суставчатую, а затем и в сливную. Глубина резания не оказывает влияния на тип стружки. Увеличение подачи при резании пластичных материалов приводит к переходу сливной стружки в суставчатую, а затем в элементную, а при резании хрупких материалов приводит к переходу элементной стружки в стружку надлома.

Оборудование, приборы и инструменты: токарный станок; плоскошлифовальный станок; инструментальный микроскоп; заготовка в виде трубы; резцы подрезные с одинаковыми задними и передними углами: $\gamma = -10^\circ, 0^\circ, 10^\circ, 20^\circ$; штангенциркуль; струбины специальные (14 шт.); плоскогубцы.

Порядок выполнения работы

- 1 Ознакомиться с инструментами, приспособлениями и станками.
- 2 Измерить геометрические параметры резцов.
- 3 Провести три серии опытов, меняя один из параметров, определяя коэффициент усадки стружки:

- при $\gamma = -10^\circ, 0^\circ, 10^\circ, 20^\circ, V = 120$ м/мин; $S = 0,15$ мм/об;
- при $\gamma = 10^\circ, V = 120$ м/мин; $S = 0,07; 0,15; 0,29; 0,67$ мм/об;
- при $\gamma = 10^\circ; V = 5, 20, 30, 60, 150, 190$ м/мин; $S = 0,15$ мм/об.

Остальные условия опыта сохраняются постоянными.

Для третьей серии опытов:

Контрольные вопросы

- 1 Причины деформации срезаемого слоя.
- 2 Влияние режимов резания на усадку стружки.
- 3 Влияние геометрических параметров инструмента на усадку стружки.
- 4 Методы определения усадки стружки.
- 5 Типы стружек.

3 Типы резцов и геометрические параметры режущей части основных их типов

Цель работы – ознакомиться с типами резцов и с элементами лезвия резца; изучить геометрические и конструктивные параметры резцов различных типов, а также изучить методику измерения и измерить геометрические параметры резцов; приобрести навыки эскизирования резцов.

Основные положения

Резец – это однолезвийный инструмент для обработки деталей с поступательным или вращательным главным движением резания и возможностью движения подачи в любом направлении.

Резец является наиболее распространенным инструментом, его используют на токарных, револьверных, карусельных, расточных, строгальных и долбежных станках, токарных автоматах и полуавтоматах и на многих специальных станках.

Основные типы резцов. Резцы различают по следующим признакам.

- 1 По виду обработки.

Проходные для обработки наружных цилиндрических поверхностей. Проходные резцы могут быть прямыми (рисунок 3.1, *а*) и отогнутыми (рисунок 3.1, *б*). Отогнутые резцы получили широкое распространение из-за универсальности, позволяющей вести обработку не только цилиндрических, но и торцовых поверхностей с поперечной подачей. Проходные упорные резцы (рисунок 3.1, *в*) имеют угол в плане $\varphi = 90^\circ$, их используют при обтачивании ступенчатых валиков и при обработке нежестких деталей.

Подрезные (рисунок 3.1, *г*) предназначены для обработки торцовых поверхностей, перпендикулярных оси вращения детали, эти резцы работают с поперечной подачей. Расточные (рисунок 3.1, *д*) предназначены для обработки отверстий. Отрезные (рисунок 3.1, *е*) для отрезки заготовок или обработанных из прутка деталей. Резьбонарезные (рисунок 3.1, *ж*) предназначены для нарезания резьбы. Резцы для контурного точения (рисунок 3.1, *з*) обеспечивают возможность обработки тел вращения с фасонной образующей на станках с ЧПУ и на станках с копировальными устройствами. Эти резцы имеют увеличенные вспомогательные углы в плане.

Фасонные резцы предназначены для обработки деталей сложного профиля

на токарных, револьверных станках, автоматах и полуавтоматах.

2 По характеру обработки: черновые, чистовые, для тонкого точения.

3 По установке относительно заготовки: радиальные и тангенциальные.

4 По направлению подачи: правые и левые.

5 По конструкции головки: прямые, отогнутые, изогнутые и оттянутые.

6 По сечению корпуса: прямоугольные, квадратные и круглые.

7 По конструкции: цельные, составные и сборные.

8 По материалу рабочей части: из инструментальных сталей, из твердого сплава, из керамических материалов, из алмаза, сверхтвердых синтетических материалов.

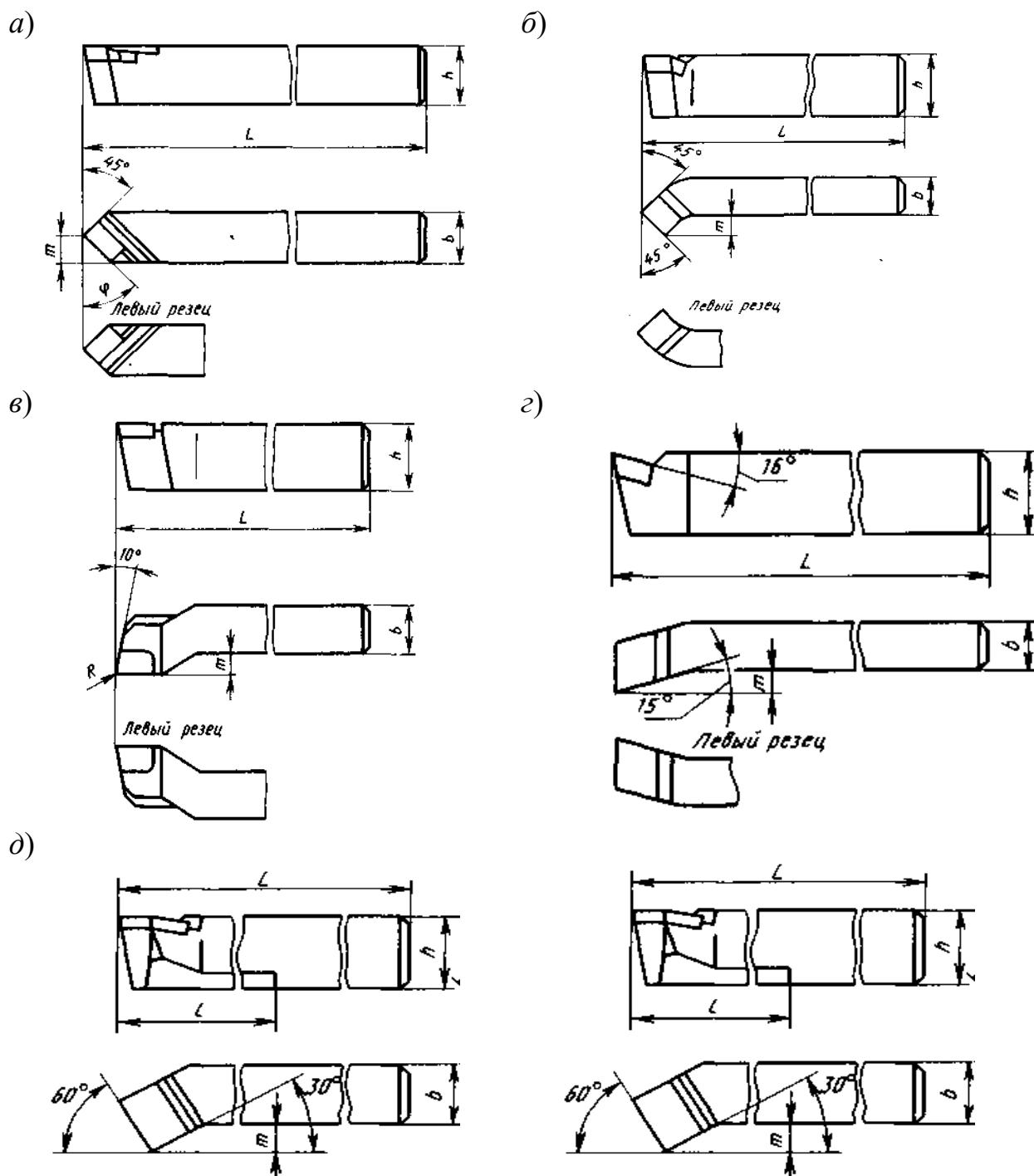
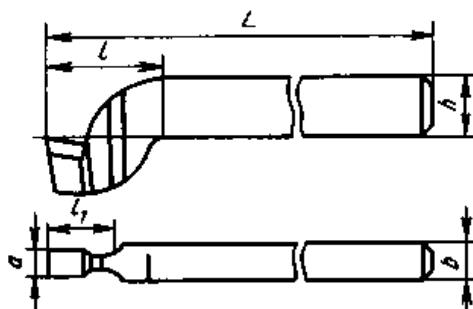
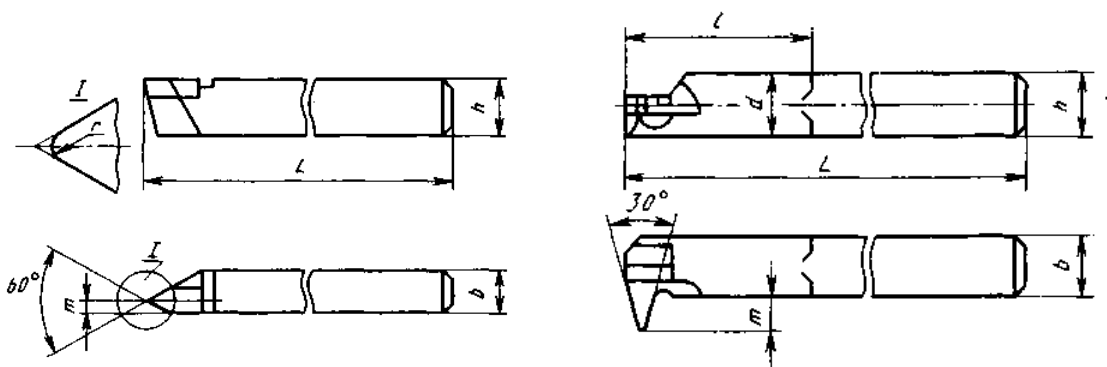


Рисунок 3.1 – Типы резцов

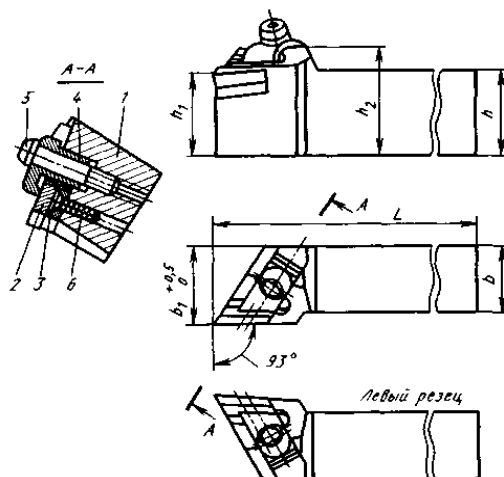
e)



ж)



з)



Окончание рисунка 3.1

Элементы лезвия резца. Рабочая часть любого режущего инструмента (резца, сверла, фрезы и др.) состоит из одного или многих режущих лезвий. На лезвии затачиваются передняя поверхность, контактирующая в процессе резания со срезаемым слоем и стружкой; главная задняя поверхность, контактирующая с поверхностью резания; вспомогательная задняя поверхность, обращенная к обработанной поверхности (рисунок 3.2). При пересечении передней и главной задней поверхностями образуется главная режущая кромка, а передней и вспомогательной задней – вспомогательная режущая кромка. Главной режущей кромкой формируется большая сторона сечения срезаемого слоя, а вспомогательной – меньшая. Режущие кромки никогда не бывают абсолютно острыми; образующие их поверхности сопрягаются по радиусу округления ρ . Место сопряжения главной и вспомогательной режущих кромок называется вершиной режущего лезвия.

Координатные плоскости. Для определения положения режущих кромок резца принимают следующие координатные плоскости (рисунок 3.3): 1 – основная; 2 – резания; 3 – рабочая; 4 – главная секущая, а также вспомогательная секущая плоскость (на рисунке не показана).

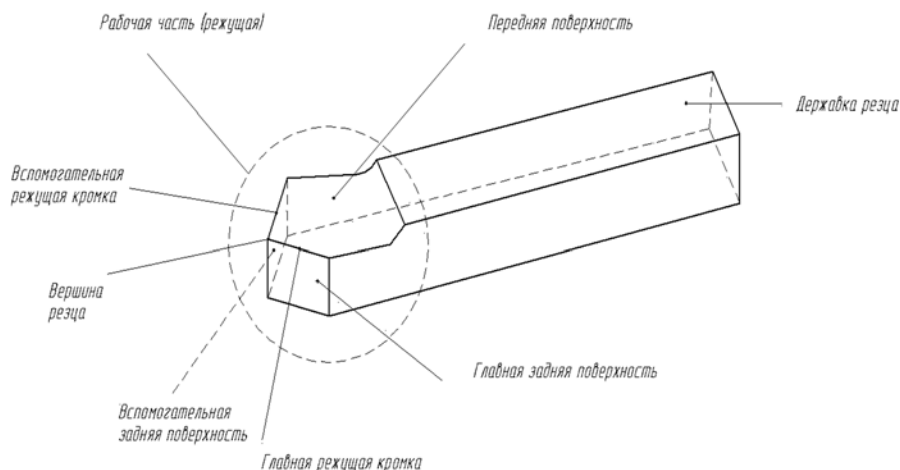


Рисунок 3.2 – Рабочие поверхности и режущие кромки резца

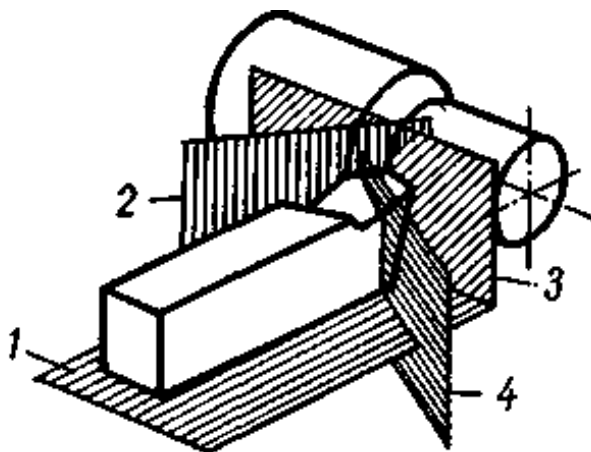


Рисунок 3.3 – Координатные плоскости

Координатные плоскости рассматривают в различных системах координат. Статическая система имеет начало в рассматриваемой точке режущей кромки и ориентирована относительно направления скорости главного движения резания, кинематическая – относительно направления скорости результирующего движения резания, инструментальная – относительно элементов режущего инструмента, принятых за базу.

Основной плоскостью (в статической системе координат) называется плоскость, проведенная перпендикулярно направлению скорости главного движения. У токарных резцов эта плоскость совпадает с их нижней опорной поверхностью.

Плоскостью резания называется плоскость, касательная к режущей кромке в рассматриваемой точке и перпендикулярная к основной плоскости. При установке токарного резца по линии центров станка и отсутствии подачи плоскость

резания расположена перпендикулярно к нижней опорной поверхности резца.

Рабочая плоскость – плоскость, в которой расположены направления скоростей главного движения и движения подачи.

Углы резца двугранные, определяются они в секущих плоскостях. Эти плоскости должны быть перпендикулярны к ребру угла, которым является режущая кромка. Главной секущей плоскостью 4 называется координатная плоскость, перпендикулярная к линии пересечения основной плоскости 1 и плоскости резания 2 . В связи с тем, что плоскость резания касательная к главной режущей кромке в рассматриваемой точке, главная секущая плоскость всегда нормальна к ее проекции на основную плоскость. Вспомогательной секущей плоскостью называется плоскость, перпендикулярная (в рассматриваемой точке) к проекции вспомогательной режущей кромки на основную плоскость.

Геометрические параметры резцов. По расположению режущих кромок относительно координатных плоскостей определяют геометрию режущего лезвия (углы его заточки). Углы, определяемые в главной секущей плоскости, называются главными (они определяют режущий клин, отделяющий от припуска слой металла, превращаемый в стружку), во вспомогательной секущей плоскости – вспомогательными.

В главной секущей плоскости $N-N$ рассматривают главные задний и передний углы, углы заострения и резания (рисунок 3.4).

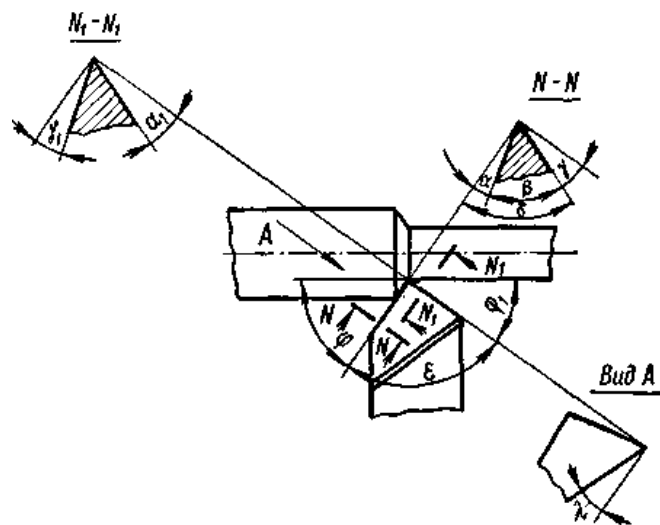


Рисунок 3.4 – Геометрические параметры резца

Главным задним углом α называется угол между главной задней поверхностью резца (или касательной к ней) и плоскостью резания.

Углом заострения β называется угол между главной задней и передней поверхностями резца (или касательными к ним).

Главным передним углом γ называется угол между передней поверхностью резца (или касательной к ней) и основной плоскостью в рассматриваемой точке главной режущей кромки. Он имеет положительное значение, если передняя поверхность направлена вниз от режущей кромки; отрицательное – если передняя поверхность направлена вверх от нее; равен нулю – если передняя поверхность

параллельна основной плоскости.

Углом резания δ называется угол между плоскостью резания и передней поверхностью резца (или касательной к ней).

Между этими углами существует соотношение $\alpha + \beta + \gamma = 90^\circ$; $\delta + \gamma = 90^\circ$. Во вспомогательной секущей плоскости $N_1 - N_1$ рассматривают вспомогательные задний α_1 и передний γ_1 углы. Вспомогательный задний угол – это угол между касательной к вспомогательной задней поверхности резца и плоскостью, проведенной через точку вспомогательной режущей кромки перпендикулярно к основной плоскости.

В основной плоскости измеряются углы в плане. Главным углом в плане ϕ называется угол между плоскостью резания и рабочей плоскостью. Для резца он определяется проекцией главной режущей кромки на основную плоскость и направлением подачи. Вспомогательным углом в плане ϕ_1 называется угол между проекцией вспомогательной режущей кромки на основную плоскость и направлением подачи. Углом в плане при вершине ε называется угол между проекциями главной и вспомогательной режущих кромок на основную плоскость. Между этими углами существует соотношение $\phi + \phi_1 + \varepsilon = 180^\circ$.

В плоскости резания измеряется угол наклона главной режущей кромки λ . Это угол между главной режущей кромкой и основной плоскостью. Если вершина резца – низшая точка кромки, то угол λ – положительный, если высшая – отрицательный. Если режущая кромка параллельна основной плоскости, угол λ равен нулю. Все перечисленные углы резца соответствуют данным определениям, если вершина резца установлена на уровне оси вращения обрабатываемой детали и геометрическая ось стержня резца расположена перпендикулярно к оси вращения обрабатываемой детали. Нарушение этих условий приводит к изменению углов.

Габаритные размеры резцов. С целью унификации присоединительных размеров резцедержателей станков сечения резцов стандартизированы. Принят следующий ряд размеров сечения $H \times B$, мм²: квадратные 4×4 ; 6×6 ; 8×8 ; 10×10 ; 12×12 ; 16×16 ; 20×20 ; 25×25 ; 32×32 ; 40×40 ; прямоугольные: 16×10 ; 20×12 ; 20×16 ; 25×16 ; 25×20 ; 32×20 ; 32×25 ; 40×25 ; 40×32 ; 50×32 ; 50×40 ; 63×50 ; круглые диаметром от 10 до 40 мм. Прямоугольная форма сечения принята с отношением сторон $H \times B = 1,6$ для получистовой и чистовой обработки и $H \times B = 1,25$ для черновой обработки.

Измерение геометрических параметров резцов. Измерение габаритных размеров резца выполняют масштабной линейкой или штангенциркулем, а угловых параметров – универсальным, настольным или маятниковым угломером.

Задние углы, передние углы и углы наклона главной режущей кромки измеряются настольным угломером.

При измерении передних и задних углов резец устанавливают на плите настольного угломера так, чтобы ножи измерителя лежали в главной секущей плоскости или перпендикулярно проекции главной режущей кромки на основную плоскость.

Для измерения заднего угла измеритель устанавливают на нужную высоту

и закрепляют винтом. Нож подводят до соприкосновения с главной задней поверхностью и на шкале угломера отсчитывают величину угла α .

Для измерения переднего угла нож измерителя подводят до соприкосновения с передней поверхностью и на шкале угломера наблюдают величину угла γ .

Для измерения вспомогательных углов ножи измерителя устанавливаются во вспомогательной секущей плоскости или в плоскости, перпендикулярной проекции вспомогательной режущей кромки, на основную плоскость, затем ножи измерителя подводят поочередно до соприкосновения с вспомогательной задней и передней поверхностями и по шкале угломера отсчитывают величину углов.

Для измерения угла наклона главной режущей кромки нож измерителя устанавливают в плоскости, проходящей через эту кромку, подводят до соприкосновения с режущей кромкой и по шкале угломера отсчитывают величину угла λ .

Порядок выполнения работы

1 Ознакомиться и дать характеристику каждому из трех резцов различных типов.

2 Сделать эскиз каждого резца. На эскизах обозначить соответствующими буквами углы резца. С помощью настольного и универсального угломеров измерить углы резца.

3 Оформить отчет по лабораторной работе.

4 Результаты измерения геометрических параметров режущей части резца свести в таблицу 3.1.

Таблица 3.1 – Геометрические параметры режущей части резцов

Наименование и тип резца	Угол резца, град							
	передний γ	задний α	заострения β	резания δ	главный угол в плане φ	вспомогательный угол в плоскости φ_1	при вершине ϵ	наклона режущей кромки λ

Содержание отчета: цель работы; эскизы резцов; результаты измерений углов резцов в таблице 3.1; выводы по работе.

Контрольные вопросы

- 1 Основные типы резцов.
- 2 Элементы лезвия резца.
- 3 Геометрические параметры резца.
- 4 Координатные плоскости.
- 5 Измерение геометрических параметров резца.

4 Изучение конструкции и технологических возможностей токарно-винторезного оборудования

Цель работы – изучить кинематику, конструкцию, технологические возможности и настройки токарно-винторезного оборудования на нарезание однозаходных и многозаходных резьб.

Перечень используемого оборудования: токарно-винторезный станок модели 16Д25.

Основные положения

Токарно-винторезное оборудование предназначено для выполнения разнообразных токарных работ: продольной и поперечной обточки; обработки конусов и других поверхностей тел вращения; нарезание резьб различных типов; сверления; зенкерования и расточки отверстий; с помощью копировального устройства на оборудовании можно выполнять копировальные работы.

В конструкцию входят (рисунок 4.1): станина *А*, на которой монтируют все механизмы оборудования; шпиндельная (передняя) бабка *Б*, жестко сопряжена со станиной при сборке.

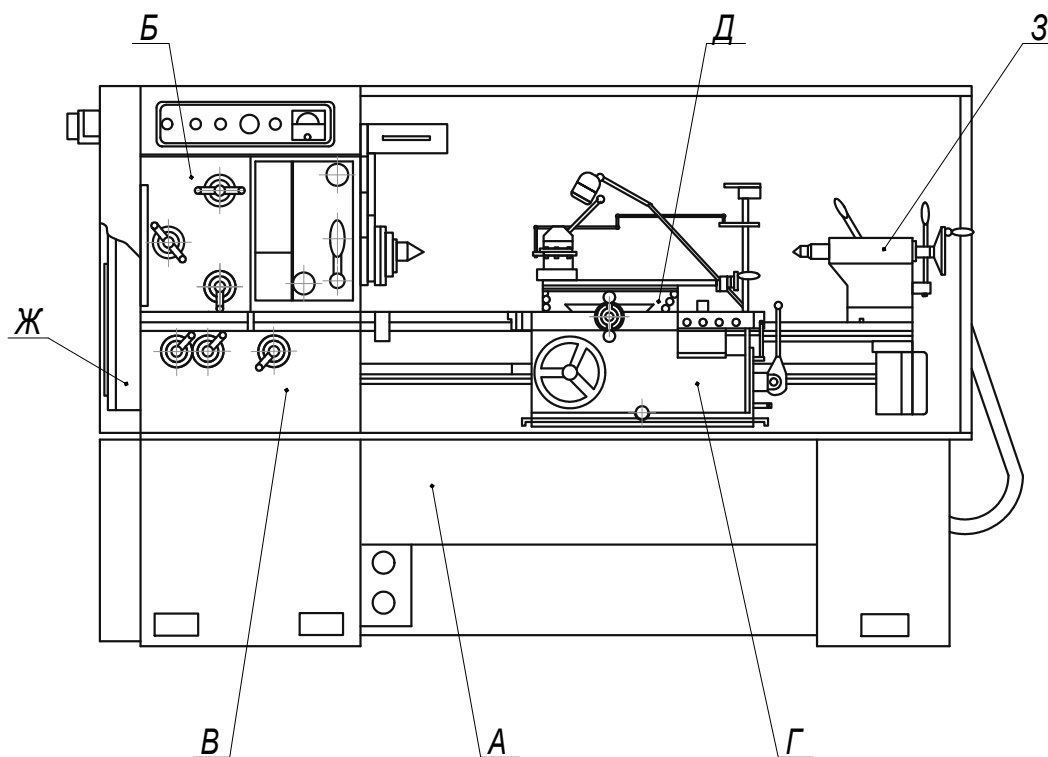


Рисунок 4.1 – Расположение составных частей станка модели 16Д25

В передней бабке размещены коробка скоростей, шпиндельный узел и другие элементы; коробка подач *В* расположена на шпиндельной бабке *Б* и служит для передачи движения суппорту *Г* в продольном и поперечном направлении с

заданной подачей с помощью ходового винта D при нарезании резьбы или ходового вала $Ж$ при обработке других поверхностей, а также для включения ходового винта; суппорт $Г$, который крепится к фартуку $З$ станины винтами, несет резцедержатель с резцами и сообщает ему, относительно оси заготовки продольное и поперечное движение в горизонтальной плоскости. Суппорт состоит из нижних салазок (каретки), перемещающихся по направляющим станины. По направляющим нижних салазок в направлении, перпендикулярном линии центров, перемещаются поперечные салазки, на которых установлена резцовая каретка с резцедержателем.

Задняя бабка расположена на направляющих станины. В пиноли задней бабки может быть установлен центр для поддержки обрабатываемой заготовки или осевой инструмент (сверло, развертка и т. п.) для обработки центрального отверстия в заготовке, закрепленной в патроне.

Коробка скоростей, которая служит для обеспечения требуемой скорости резания.

Кинематическая структура оборудования. Кинематическая структура оборудования изучается по схеме, которая выдается преподавателем. Геометрическое образование винтовой поверхности происходит за счет перемещения образующей линии. Образующая линия получается методом копирования, а направляющая линия реализуется как след при одном винтовом движении формообразования. Движение формообразования Φ_V является сложным и состоит из двух элементарных движений вращательного движения заготовки B_1 и согласованного с ним поступательного движения резца $П_2$, $\Phi_V(B_1П_2)$.

Движения в оборудовании. Главным движением, определяющим скорость резания, является вращение шпинделя, несущего заготовку. Движением, определяющим продольные и поперечные подачи, является движение суппорта, на котором установлены резцы, а при обработке заготовки осевым инструментом движение подачи сообщается задней бабке или пиноли задней бабки. Вспомогательными движениями являются: ускоренная продольная и поперечная подача; ручное перемещение каретки (при обработке конических поверхностей); ручное перемещение пиноли задней бабки. Продольная подача выражается значением перемещения суппорта за один оборот шпинделя. Конечными звеньями этой цепи являются шпиндель и реечная передача. Конечными звеньями поперечной подачи являются шпиндель и ходовой винт. На данном оборудовании возможно нарезание метрических, дюймовых, модульных и питчевых резьб.

Привод главного движения. Источником движения привода главного движения является асинхронный электродвигатель, преобразующим устройством – автоматическая коробка передач (АКП) и переборная коробка.

Переборная коробка с помощью включений зубчатых колес 16, 19, 20 и 22 первую ступень зубчатых колес; 18, 25, 26 и 21 – вторую ступень зубчатых колес; 17, 24, 26 и 21 – третью ступень частоты вращения. Таким образом, шпиндель имеет 27 скоростей вращения.

Привод осуществляется следующим образом: от электродвигателя M_1 через

клиноременную передачу 1 ($\varnothing 122$) и 2 ($\varnothing 195$) вращение передается на АКП. Через зацепления $\frac{36}{36}$ и $\frac{15}{58}$ или $\frac{30}{42}$ и $\frac{15}{58}$ вращение передается на шкивы 14 ($\varnothing 135$) и 15 ($\varnothing 243$) и далее на вал 1. С вала 1 на вал 2 вращение передается через зацепление $\frac{55}{30}$, далее на вал 3 (шпиндель) через зацепление $\frac{30}{60}$ – это один путь передачи вращения от АКП на шпиндель. Второй путь: через шкивы 14 ($\varnothing 135$) и 15 ($\varnothing 243$) на вал 1. С вала 1 вращение через зацепление $\frac{57}{38}$ передается на вал 4, затем через зацепление $\frac{80}{60}$ на шпиндель вал 3. Например:

$$n_{\text{шп}} = n_{\text{дв}} \cdot \frac{122}{195} \cdot 0,985 \cdot \frac{36}{36} \cdot \frac{15}{58} \cdot \frac{135}{243} \cdot 0,985 \cdot \frac{55}{30} \cdot \frac{30}{60}.$$

Привод подач

Поперечная подача. Конечными звеньями являются шпиндель (вал 3) и вал 0053 (фартук) ($I_{\text{об.шп}} \rightarrow S_{\text{попер}}$). Движение осуществляется следующим образом: от шпинделя (вал 3) через зубчатые колеса 21–26 на вал 4, далее через зацепление 23–29 на вал 6, гитару сменных колес $K-L-M-N$ на вал 7, с вала 7 на вал 53 через зацепление 33–51, через зацепление 54–57 на вал 01; с вала 01 на вал 10 через зацепление 64–46, далее на вал 7 через зацепление 44–37, затем 38–43, 42–66, 67–41 на вал 06, через зацепление 68–69 на вал 061, через зацепление 69–70 на вал 08, через зацепление 70–71 на вал 010–00, через 90–89 переходим на перпендикулярный вал и через зацепления 84–83, 83–76; зубчатую муфту и зацепления 77–75, 74–92, 92–91 на винт поперечной подачи 0020. Например:

$$S_{\text{попер}} = 1_{\text{об.шп.}} \cdot \frac{60}{80} \cdot \frac{60}{60} \cdot \frac{K}{L} \cdot \frac{N}{M} \cdot \frac{28}{28} \cdot \frac{28}{35} \cdot \frac{18}{45} \cdot \frac{15}{48} \times \\ \times \frac{23}{40} \cdot \frac{24}{39} \cdot \frac{28}{35} \cdot \frac{30}{32} \cdot \frac{32}{32} \cdot \frac{32}{30} \cdot \frac{21}{4} \cdot \frac{36}{36} \cdot \frac{34}{55} \cdot \frac{55}{29} \cdot \frac{29}{16} \cdot t_{\text{х.с.}}$$

Продольная подача. Конечными звеньями являются шпиндель (вал 3 \rightarrow рейка 72/73 – вал 002 – фартук). Движение осуществляется следующим образом: от шпинделя (вал 3) через зубчатые колеса 21–26 на вал 4, далее через зацепление 23–29 на вал 6, гитару сменных колес $K-L-M-N$ на вал 7, с вала 7 на вал 53 через зацепление 33–51, через зацепление 54–57 на вал 01; с вала 01 на вал 10 через зацепление 64–46, далее на вал 7 через зубчатые колеса 44–37, затем 38–43, 42–66, 67–41 на вал 06, через зацепление 68–69 на вал 061, через зацепление 69–70 на вал 08, через зубчатые колеса 70–71 на вал 010–00, через 90–89

переходим на перпендикулярный вал и через зацепления 84–83, 83–76; зубчатую муфту и зацепления 77–75 на вал 002, на котором находится зубчатое колесо 73, которое обкатывается по зубчатой рейке 72 (характеристика зацепления – $\pi \cdot m \cdot z$). Например:

$$S_{\text{нопер}} = 1_{\text{об.шт.}} \cdot \frac{60}{80} \cdot \frac{60}{60} \cdot \frac{K}{L} \cdot \frac{M}{N} \cdot \frac{28}{28} \cdot \frac{28}{35} \cdot \frac{18}{45} \times \\ \times \frac{15}{48} \cdot \frac{23}{40} \cdot \frac{24}{39} \cdot \frac{28}{35} \cdot \frac{30}{32} \cdot \frac{32}{32} \cdot \frac{32}{30} \cdot \frac{21}{4} \cdot \frac{36}{41} \cdot \frac{17}{66} \cdot \pi \cdot m \cdot z.$$

Порядок выполнения работы

- 1 Ознакомиться с назначением оборудования.
- 2 Изучить конструкцию оборудования.
- 3 Составить уравнение кинематического баланса для цепи главного движения, цепи подачи.
- 4 Произвести расчет режимов резания.

Содержание отчета: цель работы; назначение оборудования; уравнения кинематического баланса; расчет режимов резания; выводы.

Контрольные вопросы

- 1 Для чего предназначено токарно-винторезное оборудование?
- 2 Назначение шпинделя.

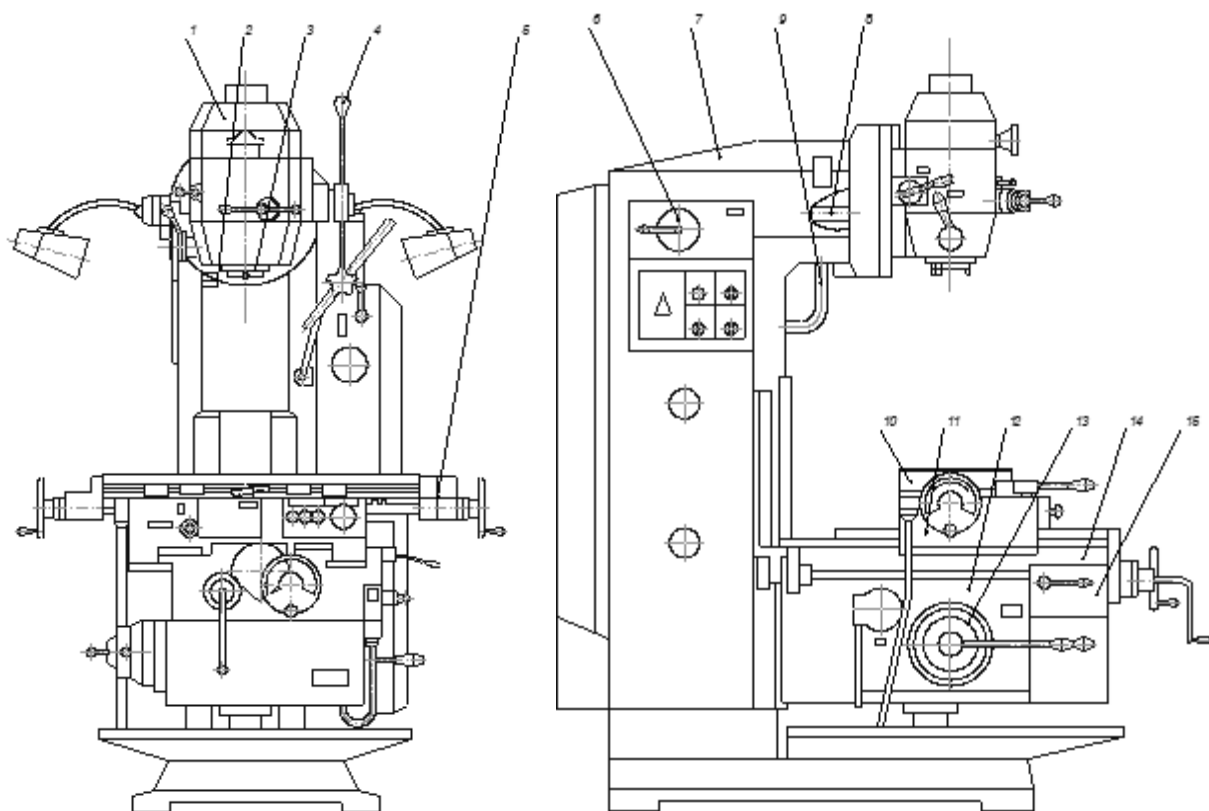
5 Изучение конструкции и технологических возможностей фрезерного оборудования

Цель работы – ознакомиться с кинематикой, конструкцией и назначением фрезерного оборудования.

Перечень используемого оборудования: фрезерный станок ВФ-130.

Основные положения

Станок ВФ-130 (рисунок 5.1) предназначен для выполнения всех видов фрезерных работ, фрезерования плоскостей, уступов, пазов, косозубых колес и других видов работ. Главное движение – вращательное движение фрезы. Движение подачи – продольное или поперечное перемещение стола или вертикальное перемещение консоли.



1 – фрезерная головка; 2 – цилиндр подъема; 3 – шпиндель; 4 – механизм быстрого перемещения шпинделя; 5 – кронштейн; 6 – механизм переключения скорости; 7 – стойка; 8 – главный привод; 9 – система охлаждения; 10 – стол; 11 – салазки; 12 – коробка подач; 13 – механизм переключения коробки подач; 14 – консоль; 15 – механизм выключения подач; 16 – гайка поперечной подачи; 17 – электрошкаф

Рисунок 5.1 – Общий вид вертикально-фрезерного станка модели ВФ-130

Привод главного движения.

Вращение шпинделя (вал VII) осуществляется от асинхронного электродвигателя 1 мощностью 3 кВт и $n = 1450 \text{ мин}^{-1}$ через клиноременную передачу 2–3 и коробку скоростей. Путем перемещения блоков 4–5, 6–7, 8–9 по шлицевому валу II на валах III и IV получаем шесть скоростей. Благодаря перебору (пары 18–20 или 19–22) на шпинделе VII получаем 12 скоростей.

В общем виде цепь главного движения имеет вид

$$n_{\text{шп}} = 1425 \cdot \frac{100}{189} \cdot 0,985 \cdot \left| \begin{array}{c} 51/51 \\ 60/42 \\ 42/60 \\ 34/68 \\ 21/81 \\ 27/75 \end{array} \right| \cdot \frac{23}{23} \cdot \left| \begin{array}{c} 67/24 \\ 24/67 \end{array} \right| \cdot \frac{36}{54} \cdot \frac{54}{38}$$

Привод подач. Перемещение стола имеет 18 рабочих и одну ускоренную подачи. Привод подач осуществляется от асинхронного электродвигателя 35 через валы XIII, XIV, коробку подач (валы XV, XVI, XVII, XVIII), и кинематическую цепь консоли (XVX, XX, XXI, XXII).

Цепь вертикальной подачи

$$S_{\text{верт}} = 1370 \cdot \frac{43}{81} \cdot \frac{35}{93} \cdot \left| \frac{26/64}{30/60} \right| \cdot \left| \frac{26/64}{40/82} \right| \cdot \left| \frac{18 \cdot 30 \cdot 60}{72 \cdot 60 \cdot 60} \right| \cdot \left| \frac{37 \cdot 25 \cdot 24}{44 \cdot 50 \cdot 36} \right| \cdot t_{\text{х.в.}}$$

Цепь поперечной подачи

$$S_{\text{попер}} = 1370 \cdot \frac{43}{81} \cdot \frac{35}{93} \cdot \left| \frac{26/64}{30/60} \right| \cdot \left| \frac{26/64}{40/82} \right| \cdot \left| \frac{18 \cdot 30 \cdot 60}{72 \cdot 60 \cdot 60} \right| \cdot \left| \frac{37 \cdot 48 \cdot 38}{44 \cdot 52 \cdot 54} \right| \cdot t_{\text{х.в.}}$$

Цепь продольной подачи

$$S_{\text{прод}} = 1370 \cdot \frac{43}{81} \cdot \frac{35}{93} \cdot \left| \frac{26/64}{30/60} \right| \cdot \left| \frac{26/64}{40/82} \right| \cdot \left| \frac{18 \cdot 30 \cdot 60}{72 \cdot 60 \cdot 60} \right| \cdot \left| \frac{37 \cdot 48 \cdot 17 \cdot 28}{44 \cdot 52 \cdot 24 \cdot 28} \right| \cdot t_{\text{х.в.}}$$

Вертикальное перемещение стола вверх или вниз осуществляется при сцеплении муфты с шестернями – кулачками 59 или 72. Аналогично происходит поперечное перемещение стола при помощи муфты и шестерни – кулачков 75 и 77. Ускоренное перемещение стола получают, используя обгонную муфту 55 вала XVIII коробки подач.

Порядок выполнения работы

Изучить назначение и конструкцию фрезерного станка. Составить уравнения кинематического баланса для цепи главного движения, цепи подач.

Содержание отчета: цель работы; назначение оборудования; конструкция основных узлов; структурная схема; уравнения кинематического баланса для цепи главного движения, цепи подач ($S_{\text{попер}}$, $S_{\text{прод}}$, $S_{\text{верт}}$); назначение делительной головки; выводы.

Контрольные вопросы

- 1 Назначение фрезерного станка.
- 2 Что такое движение подачи?

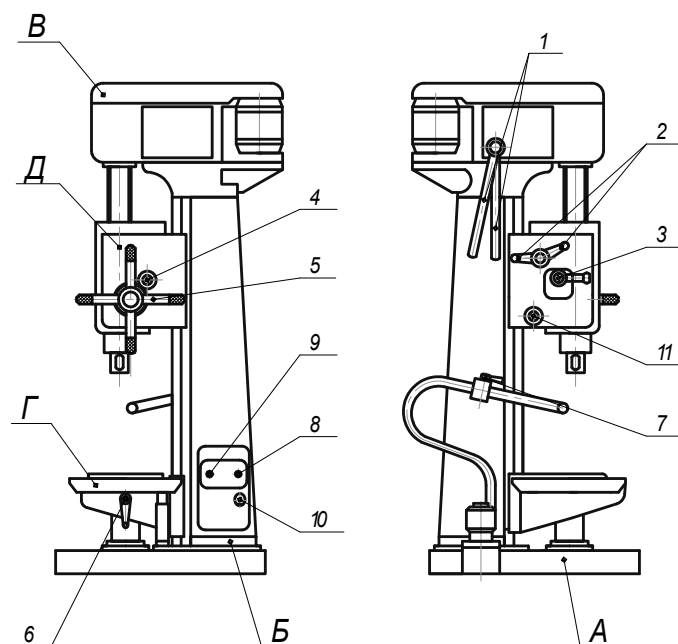
6 Изучение конструкции и технологических возможностей сверлильного оборудования

Цель работы – изучить конструкцию, технологические возможности и настройки вертикально-сверлильного оборудования на сверление отверстия.

Перечень используемого оборудования: сверлильный станок модели 2А135.

Общие положения

Станок модели 2А135 (рисунок 6.1) предназначен для сверления, зенкерования, развертывания и нарезания резьбы. Наличие девятискоростной коробки скоростей с диапазоном регулирования $68:1100 \text{ мин}^{-1}$ и одиннадцатискоростной коробки подач с диапазоном регулирования подач шпинделя $0,12:1,6 \text{ мм/об}$ обеспечивает полную избирательность нормативных режимов резания.



А – фундаментальная плита; *Б* – колонна; *В* – коробка скоростей; *Г* – стол; *Д* – шпиндельная бабка с коробкой подач; *1* – рукоятка переключения; *2* – рукоятки переключения подач; *3* – рукоятка включения электродвигателя; *4* – кулачки автоматического реверса и выключения подачи; *5* – штурвал; *6* – рукоятка подъема стола; *7* – кран подачи; *8* – выключатель местного освещения; *9* – сетевой выключатель; *10* – квадрат подъема шпиндельной бабки

Рисунок 6.1 – Общий вид станка модели 2А135

Кинематическая структура состоит из привода главного и привода подачи.

Режим резания. Глубина резания t . При сверлении в сплошном металле $t = D/2$ мм, при зенкеровании, рассверливании и развертывании $t = 0,5 (D - d)$.

Подача S равна перемещению сверла или детали по оси за один оборот (сверла или детали) и измеряется в миллиметрах на оборот.

Скорость резания при сверлении V , м/мин, определяется по формуле

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot k_v, \quad (6.1)$$

где k_v – общий поправочный коэффициент;

C_v – постоянный коэффициент;

D – диаметр инструмента, мм;

T – период стойкости инструмента, мин;

S – подача инструмента, мм/об;

m, q, y – показатели степени у соответствующих параметров.

$$k_v = k_{lv} \cdot k_{mv} \cdot k_{uv},$$

где k_{mv} – поправочный коэффициент в зависимости от обрабатываемого материала;

k_{lv} – поправочный коэффициент в зависимости от глубины сверления;

k_{uv} – поправочный коэффициент в зависимости от материала инструмента.

Согласно исходным данным, приведенным в таблице 6.1, провести расчет режимов резания.

Таблица 6.1 – Исходные данные

Диаметр отверстия, мм	Материал режущей части	Обрабатываемый материал	Твердость, НВ	Глубина сверления, мм
8	T15K6	Сталь жаропрочная	160	15
12	P6M5	Сталь конструкционная	180	24
14	BK8	Чугун серый	140	35
16	P6M5	Чугун ковкий	200	48
18	P6M5	Сталь жаропрочная	260	49
10	BK8	Сталь конструкционная	310	70
18	P6M5	Чугун серый	150	75
16	P6M5	Чугун ковкий	180	75
14	T5K10	Сталь жаропрочная	170	65
12	P6M5	Сталь конструкционная	220	54
10	BK8	Чугун серый	165	45

Порядок выполнения работы

Изучение назначения и конструкции основных узлов сверлильного станка 2A135. Расчет режимов резания по методике, приведенной выше.

Содержание отчета: цель работы; назначение и конструкция основных узлов оборудования; структурная схема; расчет режимов резания; выводы.

Контрольные вопросы

- 1 Назначение сверлильного оборудования.
- 2 От чего зависит скорость резания при сверлении?

7 Изучение конструкции и технологических возможностей оборудования с ЧПУ

Цель работы – ознакомиться с назначением, конструкцией и принципом действия оборудования с ЧПУ.

Перечень используемого оборудования: станок вертикально-фрезерный с ЧПУ модели ТМ-1.

Общие положения

Токарное оборудование с ЧПУ предназначено для обработки в замкнутом полуавтоматическом цикле заготовок типа тел вращения со ступенчатым и криволинейным профилем, включая нарезание крепежных резьб. Оснащаются устройствами числового программного управления с вводом программы обработки изделия с клавиатуры или внешней памяти.

Конструктивные особенности оборудования с ЧПУ. Основные узлы и органы управления. Оборудование с ЧПУ имеют расширенные технологические возможности при сохранении высокой надежности работы. Конструкция оборудования с ЧПУ должна обеспечить удобство загрузки заготовок, выгрузки деталей, автоматическое или дистанционное управление сменой инструмента и т. д.

Повышение точности обработки достигается: высокой точностью изготовления; высокой жесткостью оборудования, превышающей жесткость обычного того же назначения, для чего проводят сокращение длины его кинематических цепей, используют автономные приводы, по возможности сокращают число механических передач; приводы оборудования с ЧПУ должны также обеспечивать высокое быстродействие.

Базовые детали (станины, колонны, основания) выполняют более жесткими за счет введения дополнительных ребер жесткости. Повышенную жесткость имеют и подвижные несущие элементы.

Основание представляет собой жесткую отливку, на которой устанавливаются станина, электродвигатель главного движения, станции смазки направляющих каретки и шпиндельной бабки, насос подачи СОТС.

Станина имеет коробчатую форму с поперечными ребрами П-образного профиля, закаленные шлифовальные направляющие.

Направляющие оборудования с ЧПУ имеют высокую износостойкость и малую силу трения, что позволяет снизить мощность следящего привода, увеличить точность перемещений, уменьшить рассогласование в следящей системе.

Направляющие качения имеют высокую долговечность, характеризуются небольшим трением, причем коэффициент трения практически не зависит от скорости движения. В качестве тел качения используют ролики.

Предварительный натяг повышает жесткость направляющих в 2–3 раза, для создания натяга используют регулирующие устройства.

Привод продольного перемещения включает как правило шариковую передачу винт–гайка качения, опоры винта, приводной электродвигатель постоянного тока с редуктором, датчик обратной связи, который встроен в асинхронный электродвигатель. Выбор зазора в зубчатом зацеплении редуктора проводится перемещением переходной плиты с электродвигателем при помощи поворота эксцентрика.

Привод поперечного перемещения включает шариковую передачу винт–гайка качения, опору винта, редуктор, приводной электродвигатель постоянного тока, датчик обратной связи, встроенный в асинхронный электродвигатель.

Приводами главного движения для оборудования с ЧПУ обычно являются двигатели переменного тока – для больших мощностей и постоянного тока – для малых мощностей. В качестве приводов служат трехфазные четырехполюсные асинхронные двигатели, воспринимающие большие перегрузки и работающие при наличии в воздухе металлической пыли, стружки, масла и т. д. Поэтому в их конструкции предусмотрен внешний вентилятор. В двигатель встраивают различные датчики, например, датчик положения шпинделя, что необходимо для ориентации или обеспечения независимой координаты.

Шпиндели оборудования с ЧПУ выполняют точными, жесткими, с повышенной износостойкостью шеек, посадочных и базисующих поверхностей. Конструкция шпинделя значительно усложняется из-за встроенных в него устройств автоматического разжима и зажима инструмента, датчиков при адаптивном управлении и автоматической диагностике. Опоры шпинделей должны обеспечить точность шпинделя в течение длительного времени в переменных условиях работы, повышенную жесткость, небольшие температурные деформации. Точность вращения шпинделя обеспечивается, прежде всего, высокой точностью изготовления подшипников.

Фрезерное оборудование с ЧПУ предназначено для фрезерования по программе разнообразных деталей плоской формы торцовыми, концевыми и фасонными фрезами. Обработка контурных и криволинейных поверхностей производится одновременным перемещением исполнительных органов оборудования по двум или трем координатам.

Компоновка оборудования может быть с вертикальным или горизонтальным расположением оси шпинделя и рабочего стола в горизонтальной плоскости. Формообразующими движениями являются вертикальное перемещение шпиндельной бабки по направляющим стойки (ось Z), продольное перемещение стола направляющих салазок (ось X), поперечное перемещение салазок по

направляющим основания (ось Y).

По программе могут быть отработаны технологические координаты, включение и отключение вращения шпинделя, зажим и разжим шпиндельной бабки, включение и отключение насоса охлаждающей жидкости.

Вертикально-сверлильное оборудование с ЧПУ предназначено для выполнения различных операций: сверления, зенкерования, рассверливания, развертывания, нарезания резьбы, легкого прямолинейного фрезерования. Наличие револьверной головки или инструментального магазина для автоматической смены инструмента, крестового стола, программного управления, позволяет осуществить координатную обработку деталей типа крышек, фланцев, панелей и т. п. без предварительной разметки.

Порядок выполнения работы

Изучить назначение, технологические возможности и конструкцию станка с ЧПУ модели ТМ-1.

Содержание отчета: цель работы; назначение и конструкция оборудования; выводы.

Контрольные вопросы

- 1 Какие методы формообразования поверхностей можно реализовать на станке с ЧПУ?
- 2 Назовите базовые детали оборудования с ЧПУ.

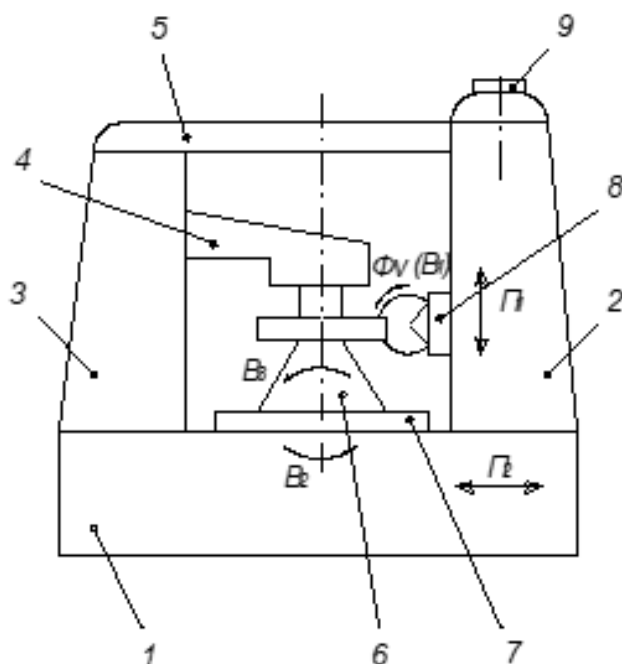
8 Изучение конструкции и технологических возможностей зубофрезерного, зубострогального и зубодолбежного оборудования

Цель работы – ознакомиться с назначением, конструкцией и технологическими возможностями зубофрезерного, зубострогального и зубодолбежного оборудования.

Перечень используемого оборудования: станки модели 5Е32, 5В12.

Общие положения

Зубофрезерное оборудование модели 5Е32 является универсальным и предназначено для фрезерования цилиндрических прямозубых и косозубых, а также червячных колес. Червячные колеса могут нарезаться с радиальной и осевой подачей фрезы. В последнем случае необходим протяжной суппорт, который поставляется по специальному заказу. Общий вид зубофрезерного оборудования представлен на рисунке 8.1.



1 – основание (станина); 2 – подвижная стойка; 3 – неподвижная стойка; 4 – контрподдержка; 5 – поперечина; 6 – оправка; 7 – поворотный стол; 8 – фрезерный суппорт; 9 – маховик

Рисунок 8.1 – Общий вид зубофрезерного оборудования 5E32

Кинематическая схема зубофрезерного оборудования 5E32 предоставляется преподавателем.

Кинематическая схема включает в себя шесть кинематических цепей: цепь главного движения; цепь деления нарезаемой заготовки (цепь обката); цепь вертикальных подач фрезы; цепь радиальных подач подвижной стойки; дифференциальная цепь; цепь ускоренных передвижений суппорта и подвижной стойки.

На основании 1 (станине) установлены подвижная стойка 2, перемещающаяся по горизонтальным направляющим в радиальном направлении, поворотный стол 7, неподвижная стойка 3 с контрподдержкой 4. Подвижная и неподвижная стойки соединены поперечиной 5. Заготовка устанавливается и закрепляется на оправке 6, установленной на поворотном столе 7. В процессе обработки оправка закрепляется контрподдержкой 4. Инструмент устанавливается на оправке, закрепленной во фрезерной головке 8, перемещающейся по вертикальным направляющим подвижной стойки 2.

Цепь главного движения. Вращение фрезы осуществляется от электродвигателя 1 через шкивы 2/3, шестерни 4/5 или 6/7, сменные шестерни A/B , конические шестерни 8/9, 10/11 и 12/13, шестерни 14/15. Необходимая частота вращения фрезы настраивается за счет сменных шестерен A и B .

Цепь деления нарезаемой заготовки. Делительная цепь связывает вращение фрезы с вращением заготовки. Эти два элементарных движения образуют одно сложное движение формообразования. За один оборот червяной фрезы стол с заготовкой должен повернуться на k/z оборотов, где k – число заходов фрезы; z – число зубьев нарезаемой заготовки.

Вращение фрезы связано с вращением заготовки через шестерни 14/15, 13/12, 11/10, 9/8, 16/17, конический дифференциал с передаточным отношением $i_d = 1$, шестерни перебора e/f , шестерни гитары деления a/v , c/d и червячную передачу 18/19. Настройка цепи обката производится подбором сменных шестерен a/v и c/d .

Цепь вертикальных подач фрезерного суппорта. При нарезании цилиндрических колес с прямыми или косым зубьями фрезерному суппорту сообщается вертикальная подача. Величина подачи измеряется в миллиметрах на оборот заготовки.

Вращение заготовки и перемещение фрезы связаны между собой кинематической цепью 19/18, 20/21, a/v , c/d , 22/23, 24/25, 26/27, 28/29, 30/31, винт с шагом $t = 10$ мм. Настройка величины подачи осуществляется сменными шестернями a/v и c/d .

Цепь радиальных подач фрезерной стойки. При нарезании червячных колес нормальной точности используется способ радиальной подачи, при котором фрезе сообщается подача в горизонтальной плоскости. Для этого подвижная стойка с фрезерным суппортом получает перемещение в радиальном направлении. Вращение заготовки и радиальное перемещение фрезы связаны между собой кинематической цепью 19/18, 20/21, a_1/v_1 , c_1/d_1 , 22/23, 24/25, 26/27, 28/29, 32/33, 34/35, 36/37, 38/39, винт с шагом $t = 10$ мм.

Дифференциальная цепь. Дифференциальная цепь применяется при нарезании цилиндрических колес с косыми зубьями; нарезании цилиндрических колес с прямыми зубьями, когда число зубьев колеса выражено простым числом, например, 127, 157, 101; нарезании червячных колес методом осевых подач.

При нарезании цилиндрических колес с косыми зубьями за счет дифференциальной цепи заготовке сообщается дополнительное вращение, которое связано с вертикальным перемещением фрезы. Время перемещения фрезы на шаг T винтовой линии нарезаемой заготовки соответствует ± 1 дополнительному обороту заготовки.

Знак «+» принимается при различных направлениях винтовой линии зубьев нарезаемого колеса и витков фрезы.

Знак «-» принимается при одинаковых направлениях винтовой линии зубьев нарезаемого колеса и витков фрезы.

Дополнительное вращение стол получает от ходового винта XVI с шагом $t = 10$ мм, через червячную передачу 31/30, 29/28, 7/26, 25/24, сменные шестерни гитары дифференциала a_2/v_2 , c_2/d_2 , червячную передачу 4/41, дифференциал ($i_d = 2$), шестерни e/f , гитару a/v , c/d и червячную передачу 18/19. Настройка цепи дифференциала производится при помощи гитары a_2/v_2 , c_2/d_2 .

Кинематическая группа движения скорости резания $\Phi_v (B_1 B_2)$ состоит из одной внутренней кинематической цепи между шпинделем фрезы и столом, проходящей через дифференциал и гитару i_x , и из цепи привода от электродвигателя M через гитару i_v . Движение Φ_v настраивается на траекторию гитарой i_x , по скорости и направлению – гитарой i_v . Этим движением осуществляется образование зуба по профилю и одновременно осуществляется делительный процесс.

Вторая кинематическая группа обеспечивает движение врезания $B_p (II_3)$.

Скорость движения настраивается гитарой подачи i_s .

Настройка кинематических цепей станка. Цепь главного движения. Движения конических звеньев – вращение вала электродвигателя и вращение фрезы.

Расчетные перемещения $n_{э.д.} \rightarrow n_{фр}$, мин⁻¹.

Уравнение кинематического баланса

$$n_{э.д.} \cdot i_{ном} \cdot i_v = n_{фр}. \quad (8.1)$$

Формула настройки гитары

$$i_v = \frac{A}{B}; \quad i_v = \frac{n_{фр}}{n_{э.д.} \cdot i_{ном}}, \quad (8.2)$$

где $i_{ном}$ – передаточное отношение цепи от электродвигателя до шпинделя фрезы.

Цепь обката. Движениями конечных звеньев здесь являются вращение фрезы и вращение стола с заготовкой.

Расчетное перемещение: $I_{об.фр.} \rightarrow k/z_{об.заг.}$, где k – число заходов фрезы; z – число зубьев нарезаемого колеса.

Уравнение кинематического баланса:=

$$I_{об.фр.} \cdot i_{ном} \cdot i_{диф} \cdot e/f \cdot i_x = \frac{k}{z_{об.заг.}}, \quad (8.3)$$

где $i_{ном}$ – передаточное отношение цепи, связывающей вращение фрезы и заготовки;

e/f – передаточное отношение перебора. При числе зубьев нарезаемого колеса $z \leq 160$, $e/f = 1/1$; $z \geq 161$, $e/f = 1/2$;

$i_{диф}$ – передаточное отношение дифференциала, $i_{диф} = 1$;

i_x – передаточное отношение гитары обката, $i_x = (a/b) \cdot (c/d)$.

Формула настройки гитары обката

$$i_x = (a \cdot c) / (b \cdot d) = k / i_{ном} \cdot i_{диф} \cdot z \cdot (e/f). \quad (8.4)$$

Цепь радиальной подачи. Для осуществления процесса врезания фрезы на высоту зуба фрезе сообщается движение $V_p(П_3)$. Величина этого перемещения измеряется в миллиметрах на оборот стола.

Движениями конечных звеньев являются вращение заготовки и перемещение фрезы: $I_{об.заг.} \rightarrow S$ перемещения фрезы.

Уравнение кинематического баланса

$$I_{об.заг.} \cdot i_{ном} \cdot i_s \cdot t_{х.в.} = S, \quad (8.5)$$

где $i_{ном}$ – передаточное отношение цепи, связывающей вращение заготовки и

ходового винта поперечной подачи;

$t_{х.в.}$ – шаг ходового винта поперечной подачи;

i_s – передаточное отношение гитары подач, $i_s = (a_1/b_1) \cdot (c_1/d_1)$;

S – величина поперечной подачи, мм/об.

Формула настройки

$$i_s = \frac{a_1 \cdot c_1}{b_1 \cdot d_1} = \frac{S}{i_{номст}} \cdot i_s \cdot t_{х.в.} \quad (8.6)$$

Во избежание предварительного износа делительного червяка скорость резания и число зубьев нарезаемой заготовки ограничиваются скоростью скольжения червяка, которая не должна быть более 5 м/с. Это ограничение выражено через максимально допустимую частоту вращения стола, равную 12 мин⁻¹.

Набор сменных шестерен гитары обката представлен в таблице 8.1.

Таблица 8.1 – Набор сменных шестерен гитары обката

Сменные зубчатые колеса гитары скоростей	Число зубьев: $z = 13, 20, 23, 27, 30$ (2 шт.), 33, 37, 40, 42
Набор зубчатых колес гитары подач, дифференциала и обката	Число зубьев: $z = 24, 25$ (2 шт.), 30, 34, 35, 37, 40, 41, 43, 45, 47, 48, 50, 53, 55, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 65, 67, 70, 71, 73, 75, 79, 80, 83, 85, 89, 90, 92, 93, 97, 98, 100

Установка и крепление заготовки. Точность установки заготовки в большей мере влияет на точность нарезаемого колеса. Установку заготовки следует проверять индикатором. Биение по наружному диаметру не должно превышать 0,02...0,03 мм. Торцевое биение заготовки должно быть не более 0,01...0,02.

Установка инструмента на высоте. У червячных колес, как правило, положение оси червяка должно выдерживаться от базового торца колеса в известных допусках. Поэтому инструмент устанавливается по высоте с замером расстояния от опорной поверхности базового торца до центра оправки суппорта при горизонтальном его положении (нулевое положение).

Установка глубины фрезерования. Установка глубины фрезерования червячного колеса практически сводится к установке упора автоматического выключения подачи, включения подающего червяка. Для установки упора автоматического выключения подачи необходимо подсчитать полную высоту зуба по формуле

$$h = 2,2 \cdot m, \quad (8.7)$$

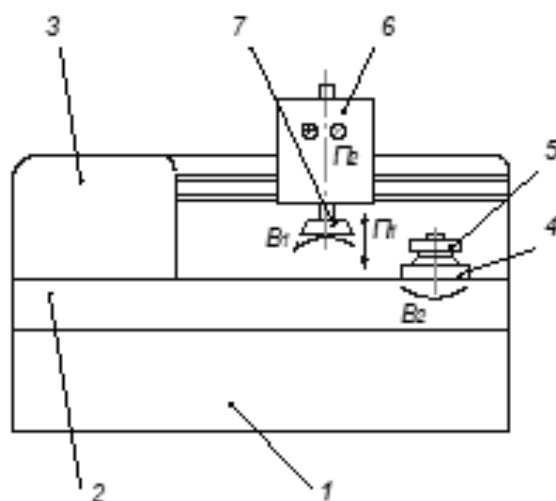
где h – высота зуба;

m – модуль нарезаемого колеса.

На зубодолбежном оборудовании нарезание зубьев проводят методом обката круглыми долбяками и зубчатыми гребенками, а также методом копирова-

ния специальными многорезцовыми головками. Нарезание зубьев круглыми долбьями является основным и наиболее распространенным методом, зубчатые гребенки используют в основном при нарезании крупномодульных колес. Зубодолбление колес с модулем до 3 мм обладает производительностью, как и при зубофрезеровании. При увеличении модуля производительность зубодолбления уменьшается. Долбьями класса *AA* достигается 6-я степень точности колеса, *A* – 7-я и класса *B* – 8-я. Шероховатость поверхности профиля зубьев $Ra = 0,8 \dots 1,6$ мкм. Характерным параметром оборудования является максимальный диаметр обрабатываемого колеса.

Зубодолбежное оборудование модели 5В12 предназначено для нарезания прямозубых цилиндрических зубчатых колес наружного и внутреннего зацепления по методу обката. При этом воспроизводится зацепление двух зубчатых колес. Функцию одного колеса выполняет режущий инструмент – долбьяк, а функцию другого колеса – нарезаемая шестерня. Общий вид станка представлен на рисунке 8.2, а кинематическая схема предоставляется преподавателем.



1 – нижняя станина; 2 – средняя станина; 3 – верхняя станина; 4 – стол; 5 – заготовка; 6 – суппорт; 7 – инструмент (долбьяк)

Рисунок 8.2 – Общий вид зубодолбежного станка

Процесс геометрического образования поверхности зубьев зубчатого колеса на зубодолбежном станке заключается в сочетании метода следа (образующая линия) и метода обката (направляющая линия).

Формообразующая часть кинематической структуры состоит из трех кинематических групп: движение резания (Π_1) с органом настройки *M*; движение подачи (B_2, B_3) с органом настройки *M*; движение врезания (BP, Π_4), которое настраивается сменными кулачками.

Имеется кинематическая группа вспомогательного движения B_{cn} (Π_5), предназначенная для отвода заготовки при обратном ходе долбьяка.

В процессе обработки зубьев на станке совершаются следующие движения: *главное движение* – возвратно-поступательное движение долбьяка. Кинематиче-

ская цепь главного движения связывает источник движения со штосселем; *движение круговой подачи* – вращательное движение долбяка. Цепь круговых подач связывает главное движение с вращательным движением долбяка; *движение обката (деления)* – вращательное движение заготовки, согласованное с вращательным движением долбяка. Цепь деления кинематически связывает вращение заготовки зависимостью, присущей зубчатой передаче: поворот долбяка на один зуб соответствует повороту заготовки также на один зуб. Эта зависимость и будет расчетной для цепи деления; *движение радиальной подачи (врезания)* – поступательное перемещение долбяка в радиальном направлении к центру заготовки. Цепь радиальных подач связывает главное движение с перемещением суппорта в радиальном направлении; *качательное движение стола* – перемещение с заготовкой в радиальном направлении. Это движение необходимо, т. к. при обратном ходе долбяка обработки не происходит, а заготовка и долбяк вращаются непрерывно. Поэтому, чтобы избежать выкрашивания зубьев долбяка, а также царапания обработанной поверхности зубьев шестерни, при обратном ходе долбяка заготовка отводится от инструмента.

Особенностью кинематической структуры является короткая кинематическая цепь обката. В кинематических цепях отсутствуют конические колеса, что повышает точность, улучшает его производство, эксплуатацию и ремонт.

Наладка и настройка станка на обработку прямозубого колеса наружного зацепления. Настройка и наладка проводится в следующей последовательности.

Установка долбяка. Перед установкой посадочные места шпинделя и долбяка должны быть тщательно протерты. Долбяк устанавливается режущей кромкой вниз.

Установка оправки и крепление заготовки. Оправка устанавливается в коническое отверстие шпинделя стола снизу. После установки оправка проверяется на биение. Биение оправки не должно превышать 0,02 мм. Рукояткой стол отключается от кинематической схемы, а вращая квадрат, медленно вращают стол. Заготовка должна плотно садиться на оправку. Затем заготовка закрепляется и проверяется биение заготовки. Допустимое биение от 0,02 до 0,06 мм в зависимости от диаметра и степени точности нарезаемого колеса.

Установка длины хода долбяка. Наименьшая длина хода долбяка определяется по формуле

$$L = 5/4 B, \quad (8.8)$$

где L – длина хода долбяка, мм;

B – ширина колеса (группы колес).

Установка числа двойных ходов долбяка. Число двойных ходов в минуту долбяка определяется по формуле

$$n = \frac{1000V}{2L}. \quad (8.9)$$

Скорость резания принимается по таблице 8.2. На станке перестановкой

ремня можно получить четыре ступени чисел двойных ходов долбяка в минуту: 200, 315, 425, 600. Вычисленное число двойных ходов округляют до ближайшего значения по станку и определяют фактическую скорость резания.

Таблица 8.2 – Скорость резания при зубодолблении

Нарезание зубьев	Модуль m , мм	Скорость резания V , м/мин		
		Сталь 40Х	Сталь 35, сталь 45	Чугун
Черновое	До 3	20...24	22...26	28...33
	3,5...4,5	18...22	20...24	25...31
Чистовое по сплошному металлу	До 3	22...25	24...27	32...35
	3,5...4,5	20...23	22...25	28...32
Чистовое предварительно прорезанных зубьев	До 3	30	33	42
	3,5...4,5	28	31	39

Установка хода долбяка относительно заготовки. Устанавливают место хода долбяка относительно заготовки так, чтобы режущая кромка долбяка при своем верхнем или нижнем положении выходила за торец заготовки примерно на 0,1 длины хода долбяка.

Настройка гитары деления. Гитара деления подбирается набором колес. Шестерня A является ведущей. Условия сцепляемости колес гитары:

$$A + B \leq C + (15...20); \quad (8.10)$$

$$C + D \geq B + (15...20). \quad (8.11)$$

Для настройки гитары деления имеется следующий набор сменных шестерен: $Z = 24$ (2 шт.); 25 (2 шт.); 28, 30 (2 шт.); 31, 36, 39, 40, 43, 44 (2 шт.); 45, 47, 48 (2 шт.); 49, 50, 52, 56, 57, 58, 60 (4 шт.); 62, 64, 65, 66, 68, 69, 70, 72 (2 шт.); 74, 75 (2 шт.); 76 (2 шт.); 77, 78, 80, 81, 82, 84, 85, 86, 87, 88, 90, 92, 94, 95, 96, 98 (2 шт.)

$$A + B = 120. \quad (8.12)$$

Настройка гитары круговых подач. Возвратно-поступательное движение долбяка с вращением долбяка связывают цепь круговых подач. Размерность подачи – миллиметров на двойной ход. Гитара настраивается двумя шестернями. Шестерня A – ведущая.

$$A_1 + B_1 = 110. \quad (8.13)$$

Для настройки гитары подач имеется комплект сменных шестерен: 35, 40, 46, 52, 58, 60, 64, 70, 75. Величина подачи выбирается по таблице 8.3.

Настройка подач на глубину врезания. Настройка подач на глубину врезания производится сменными кулачками. Станок комплектуется тремя сменными

кулачками: однопроходным, двухпроходным и трехпроходным. Двух-, трехпроходные кулачки применяются при обработке колес наибольшего модуля для увеличения точности обработки.

Таблица 8.3 – Выбор подачи при зубодолблении

Нарезание зубьев	Модуль, мм	Круговая подача, мм/дв. ход		
		Сталь 40Х	Сталь 35, сталь 45	Чугун
Черновое	До 3	0,40...0,45	0,44...0,49	0,55...0,63
	3,5...4,5	0,35...0,40	0,33...0,44	0,49...0,56
Чистовое по сплошному металлу	До 3	0,20...0,25	0,22...0,27	0,28...0,35
	3,5...4,5	0,30...0,25	0,22...0,27	0,28...0,35
Чистовое предварительно прорезанных зубьев	До 3 3,5...4,5	0,22...0,25	0,24...0,27	0,31...0,35

Пуск оборудования проводится в следующей последовательности: включается насос смазки, затем включается привод главного движения. Для ускорения подвода долбяка к заготовке поворачивают квадрат до тех пор, пока долбяк не подойдет к заготовке. Дальнейшее врезание происходит автоматически. После обработки проверяется точность нарезаемого колеса.

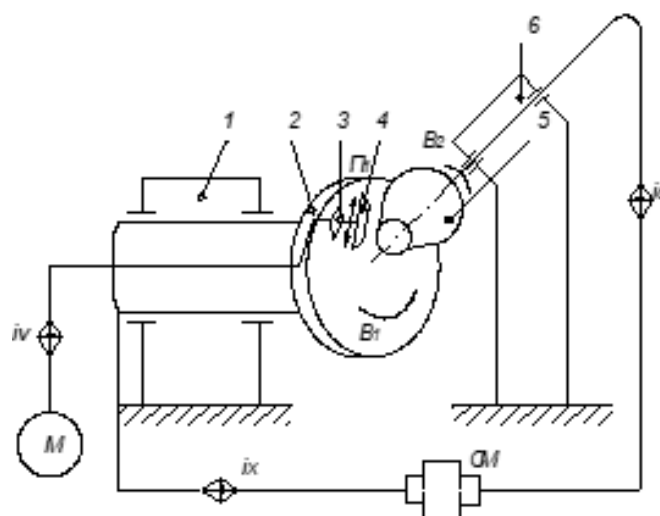
Обработка зубьев конических колес на зубострогальном оборудовании модели 5П23БП по методу обката, основана на представлении о производящем колесе – воображаемом плоском коническом колесе, с которым обкатывается в процессе заготовки. Зубострогальный полуавтомат повышенной точности модели 5П23БП предназначен для нарезания конических зубчатых колес с прямыми зубьями диаметром до 125 мм и модулем до 2,5 мм методом обката. В качестве инструмента на станке используются зубострогальные резцы. Оборудование используется в условиях мелкосерийного и единичного производства.

На рисунке 8.3 представлен общий вид оборудования. Кинематическая схема предоставляется преподавателем. Кинематическая структура для нарезания прямозубого конического колеса по методу обката состоит из двух формообразующих групп, а в некоторых станках добавлена отдельная группа деления. Одна группа обеспечивает движение качения B_1 и B_2 заготовки по плоскому колесу, вторая – образование формы зуба по длине ($П_1$). Если резцу 4, размещенному на люльке 2 станка, сообщить прямолинейное возвратно-поступательное движение (от кривошипа 3) по образующей конуса заготовки 5, то на воображаемом плоском колесе и на нарезаемом коническом колесе получится зуб.

Для работы оборудования необходимы следующие движения.

Главное движение. Возвратно-поступательное прямолинейное перемещение резцов. Конечными звеньями являются электродвигатель и резцы. Органом настройки цепи является iV – гитара сменных зубчатых колес. *Цепь обката.* Конечными звеньями цепи являются люлька и заготовка. Для их согласованного движения в цепи предусмотрен орган настройки iX . С целью получения качательного движения на люльке в цепи вводится составное зубчатое колесо 5. Тогда

люлька будет совершать рабочий ход, при котором резцы обрабатывают зуб и холостой ход – возвращение люльки в исходное положение в обратном направлении с большой скоростью. *Цепь деления.* Для возможности образования всех зубьев на заготовке в станке необходима делительная цепь между заготовкой и делительным механизмом. Так как станок делительного механизма не имеет, то делительной цепью связывают заготовку и распределительный вал δ с кулачком 7, с помощью которого отводится узел станка b с заготовкой от резцов в момент деления. Орган настройки цепи – гитара id . *Цепь подачи.* Под подачей понимают скорость перемещения какой-либо точки люльки по дуге начальной окружности колеса. Конечные звенья – электродвигатель и распределительный вал. Орган настройки iS .



1 – передняя бабка; 2 – люлька; 3 – кривошипно-шатунный механизм, преобразующий вращение электродвигателя в прямолинейное возвратно-поступательное движение резцов; 4 – инструмент-резец; 5 – заготовка; 6 – бабка изделия

Рисунок 8.3 – Общий вид зубострогального станка

Цепь главного движения. От главного электродвигателя мощностью 1,1 кВт, 930 мин⁻¹, и зубчатых колес 42–43–44 (валы I, V) и 9–10–11 через смежные зубчатые колеса А и В, далее через зубчатые колеса 12–13–14–15 (валы VI, VII, VIII) вращательное движение передается кривошипно-шатунному механизму, преобразующему вращательное движение в возвратно-поступательное суппортов с резцами. *Цепь подачи.* Осуществляется от вала I и передается на гитару настройки времени рабочего хода (гитара подач). Набор сменных шестерен этой гитары состоит из двух пар сменных шестерен a_2, v_2, c_2, d_2 , которыми осуществляется настройка времени рабочего хода от 3,5 до 112 с/зуб. От ведомого вала гитары подачи зубчатые колеса 4–5 через фрикционную муфту и зубчатые колеса 6–7–8 (валы II, III), коническую пару 29–30 и червячную пару 31–32 (валы IV, XV) движение передается распределительному валу XVI, который делает один оборот за время нарезания одного зуба.

На распределительном валу находятся два кулачка: один из них (верхний)

служит для отвода и подвода стола в соответствующие моменты цикла, другой (нижний) предназначен для врезания. На валу также имеются переставные кулачки, которые действуют на золотник гидросистемы, переключающий фрикционную муфту с рабочего хода на ускоренный. При ускоренном ходе движение от вала 1 передается валу IV через постоянные зубчатые колеса 42–43 и 6–7–8 и т. д. Кроме этого, на распределительном валу XVI установлен кулачок, управляющий через золотник работой счетчика циклов.

Делительная цепь. Делительного механизма как такового станок не имеет. Цепью деления в данном случае называется кинематическая цепь, связывающая распределительный вал XVI со шпинделем изделия. Кинематическая связь шпинделя изделия с распределительным валом осуществляется через червячную передачу 32–31, конические передачи 30–29, 34–35, 36–37, 38–39 (валы XV, IV, IX, XIII), гитару деления a_1-v_1 , c_1-d_1 и червячную передачу 41–40 (валы XII, XI). Шпиндель изделия постоянно вращается в одном направлении и за время цикла поворачивается на угол одного зуба обрабатываемой детали.

Цепь обкатки. Цепь обкатки получает движение от валика II гитары настройки времени и цикла. Движение через зубчатые колеса 4–5, 6–7–8, 28–27, валы (III, IV), конические шестерни 26–25 передается на зубчатое колесо 24 (вал XVII), сцепленное с составным колесом, состоящим из участка внутреннего зацепления 22 и сектора наружного зацепления 21, соединенных между собой полушестернями внутреннего зацепления.

Зубчатое колесо 24, вращаясь, заставляет составное колесо совершать возвратно-вращательное движение. Во время зацепления зубчатого колеса 24 с участком внутреннего зацепления происходит рабочий ход, а при сцеплении с остальной частью колеса – холостой ход.

При зацеплении колеса 24 с переходными секторами 23 происходит его перемещение вместе с конической парой 26–25 и зубчатым колесом 27, которое перемещается по широкому колесу 28.

К диску составного колеса прикреплен зубчатый венец 20, сцепляющийся с кольцом 19.

Возвратно-вращательное движение составного колеса через зубчатые колеса 19–18, гитару обката $a-v$, $c-d$, червячную передачу 17–16 передается люльке.

Настройка станка

Цепь главного движения. Конечными звеньями цепи являются электродвигатель и резцы, совершающие возвратно-поступательное движение. Число двойных ходов резцов равно числу оборотов зубчатого колеса 15.

Тогда расчетные перемещения резцов запишутся следующим образом:

$$N_{эл.д.} \rightarrow N_{дв.х./мин. резцов.} \quad (8.14)$$

Уравнение кинематического баланса

$$930 \cdot \frac{21}{25} \cdot \frac{35}{65} \cdot \frac{65}{30} \cdot \frac{23}{52} \cdot \frac{52}{36} \cdot i_V \cdot \frac{37}{44} \cdot \frac{44}{44} \cdot \frac{44}{62} = n_{\text{дв. х./мин.}} \quad (8.15)$$

Откуда получаем формулу настройки $i_0 = \frac{A}{B} = \frac{n}{348}$.

Число двойных ходов определяется в зависимости от скорости резания по формуле

$$n = \frac{1000 \cdot V}{2(1+c)}, \quad (8.16)$$

где V – скорость резания;

l – длина зуба;

c – перебеги резца, обычно $c = 3 \dots 5$ мм.

Цепь подачи. Подачей люльки (производящего колеса) называется путь, проходимый какой-либо ее точкой на дуге начальной окружности этого колеса в единицу времени.

Длина дуги при повороте люльки на угол Q

$$L = \frac{\pi \cdot m \cdot Z_c \cdot Q}{360^\circ}. \quad (8.17)$$

За время цикла при ходе инструмента вперед и назад люлька поворачивается на дугу, равную $2L$. Если S_p и S_k – подачи, соответствующие рабочему и холостому ходам, то время одного цикла движений

$$T = \frac{L}{S_p} + \frac{L}{S_k}. \quad (8.18)$$

Распределительный вал за это время совершает один оборот, причем рабочему ходу соответствует поворот на 209° , или 0,581 оборота, а холостому – 151° , или 0,419 оборота. Следовательно, за 1 с распределительный вал делает $1/T$ рабочих и холостых ходов.

Принимая за конечные звенья люльку и электродвигатель, расчетные перемещения запишутся как

$$n_{\text{эл.дв.}} \rightarrow n \cdot 0,581 \cdot \frac{1}{T} \text{ раб. обороту распред. вала.} \quad (8.19)$$

Уравнение кинематического баланса

$$\frac{930}{60} \cdot \frac{21}{25} \cdot i_s \cdot \frac{35}{65} \cdot \frac{31}{71} \cdot \frac{71}{61} \cdot \frac{19}{19} \cdot \frac{1}{40} = 0,581 \cdot \frac{1}{T}. \quad (8.20)$$

Откуда формула настройки

$$i_s = \frac{Q_2 \cdot G_2}{B_2 \cdot d_2} = \frac{6,6}{T}. \quad (8.21)$$

Назначение времени обработки зависит от материала резцов и их заданной стойкости, жесткости крепления ее на оправке, от требуемой точности и шероховатости обработки нарезаемого колеса. Обычно для мелкосерийного производства рекомендуется принимать при обработке зубчатых колес шириной 8...25 мм, $T = 7...8$ с/зуб с модулем $mt_e = 1,5$ мм и для углеродистых конструкционных сталей и серого чугуна.

Цепь деления. На станке нарезание происходит через несколько зубьев, а не последовательно зуб за зубом, но так, чтобы при каждом цикле заготовка поворачивалась на целое число зубьев Z_i , не имеющее общих множителей с числом зубьев нарезаемого колеса. Конечными звеньями цепи деления будут распределительный вал и заготовка.

За время одного оборота распределительного вала заготовка должна повернуться на $\frac{Z_i}{Z}$ оборота.

Расчетные перемещения запишутся таким образом:

$$1 \text{ об. распр. вала} \rightarrow \frac{Z_i}{Z} \text{ заготовки.} \quad (8.22)$$

Уравнение кинематического баланса

$$1 \frac{40}{1} \cdot \frac{19}{19} \cdot \frac{19}{19} \cdot \frac{19}{19} \cdot \frac{20}{20} \cdot i_g \cdot \frac{1}{120} = \frac{Z_i}{Z}. \quad (8.23)$$

Формула настройки

$$i_g = \frac{A_1}{B_1} = \frac{C_i}{d_1} = \frac{3Z_i}{Z}. \quad (8.24)$$

Цепь обката. Конечными звеньями этой цепи будут производящее колесо, люлька и заготовка. Когда люлька повернется на один зуб производящего колеса, заготовка также должна повернуться на один зуб.

Расчетные перемещения в таком случае

$$\frac{1}{B_c} \rightarrow \frac{1}{Z}. \quad (8.25)$$

Уравнение кинематического баланса

$$\frac{1}{Z_c} \cdot \frac{72}{2} \cdot \frac{34}{110} \cdot \frac{110}{315} \cdot \frac{210}{34} \cdot \frac{32}{16} \cdot \frac{60}{24} \cdot \frac{19}{19} \cdot \frac{19}{19} \cdot \frac{20}{20} \cdot i_g \cdot \frac{1}{120} = \frac{1}{Z}. \quad (8.26)$$

Учитывая, что $i_g = \frac{3Z_i}{Z}$, получим из уравнения формулу настройки

$$i_0 = \frac{a}{b} = \frac{c}{d} = \frac{3Z_i}{Z_c}. \quad (8.27)$$

Подбор сменных зубчатых колес цепи обката должен производиться с точностью 0,0001.

Порядок выполнения работы

Изучить назначение, технологические возможности и конструкцию станков моделей 5Е32 и 5В12.

Содержание отчета: цель работы; назначение оборудования; уравнения кинематического баланса; формулы настройки; данные о нарезаемом колесе; расчет режимов резания; расчет чисел зубьев сменных колес всех гитар; схемы всех гитар с указанием числа зубьев; выводы.

Контрольные вопросы

- 1 Какие основные методы формообразования реализуются при зубообразовании?
- 2 Какие виды инструментов используются при зубообразовании?

9 Изучение конструкций и технологических возможностей оборудования, работающего абразивным инструментом

Цель работы – изучение кинематики, технологических возможностей и настройки плоскошлифовального станка на шлифование плоской поверхности.

Перечень используемого оборудования: станок плоскошлифовальный модели 3Д721-ЛФ11, абразивный инструмент.

Общие положения

Шлифовальным называют оборудование, работающее инструментами из абразивного материала или алмазных зерен. Основное назначение – чистовая обработка, в особенности при высокой твердости их материала (закаленные стали, твердые сплавы и т. д.). При этом достигаются малая шероховатость обработанной поверхности, малое отклонение формы размеров деталей.

Главное движение – вращение шлифовального круга. Высокая скорость

главного движения резания v (35,5 м/с и выше) требует высокой частоты вращения шлифовального шпинделя, в особенности при небольших диаметрах кругов. Вследствие быстрого износа инструмента необходима его правка. Правящее устройство, срезая слой абразива, придает шлифовальному кругу необходимую геометрическую форму, восстанавливает ее и режущую способность круга после изнашивания и затупления. Высокое качество правки достигается при использовании алмазного инструмента: алмаз в оправе, алмазно-металлического карандаша, алмазного ролика (с алмазным слоем на наружной поверхности). Безалмазная правка проводится с помощью правящего шлифовального круга или твердосплавного ролика.

От состава смазочно-охлаждающей технологической среды (СОТС) и способа ее подвода в зону обработки зависит режущая способность круга и нагрев в зоне контакта, а следовательно, производительность и качество обработки.

Схемы плоского шлифования представлены на рисунке 9.1.

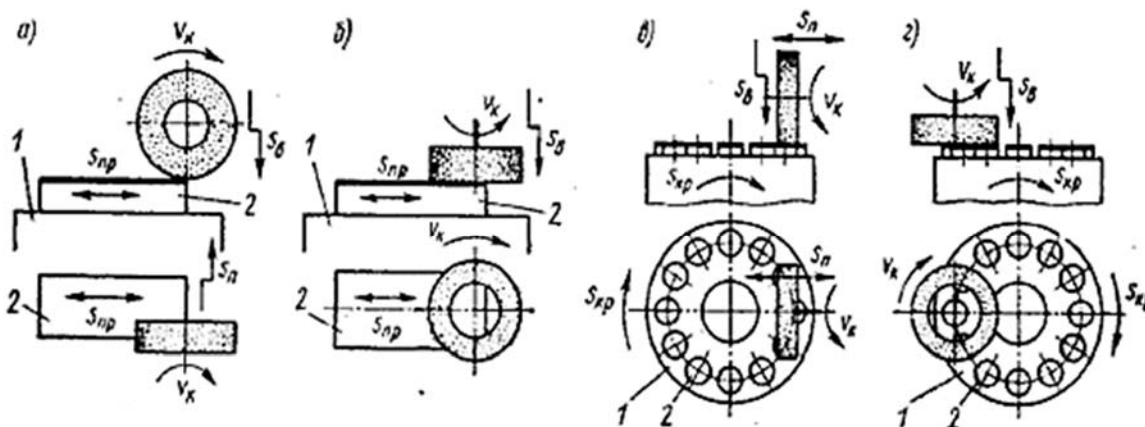


Рисунок 9.1 – Схемы плоского шлифования

Основные узлы и движения. Главное движение – вращение шлифовального круга, ось которого горизонтальна. Заготовку закрепляют на прямоугольном столе, который совершает продольное возвратно-поступательное движение по крестовому суппорту (направляющие скольжения). Суппорт вместе со столом может перемещаться в поперечном направлении по станине (направляющие качения). Третье поступательное движение по вертикали сообщается шлифовальной головке по направляющим качения колонны. Станок снабжен приводами поперечного и вертикального перемещения. При шлифовании горизонтальной плоскости продольное и поперечное движение используют для подачи, вертикальное – для углубления.

Порядок выполнения работы

Изучить назначение, технологические возможности и конструкцию станков модели ЗД721-ЛФ11.

Содержание отчета: цель работы; схемы плоского шлифования; назначение станка; структурная схема станка; уравнения кинематического баланса; выводы.

Контрольные вопросы

- 1 Какие методы формообразования поверхностей реализуются при шлифовании?
- 2 Какими приводами снабжен плоскошлифовальный станок?

Список литературы

- 1 **Кудряшов, Е. А.** Резание материалов : учебное пособие / Е. А. Кудряшов. – Москва : Альфа-М ; ИНФРА-М, 2014. – 224 с.
- 2 **Барботько, А. И.** Резание материалов : учебное пособие / А. И. Барботько. – Старый Оскол : ТНТ , 2011. – 432 с.
- 3 Справочник технолога-машиностроителя : в 2 т. / Под ред. А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова. – Москва : Машиностроение, 1985. – Т. 2. – 496 с.
- 4 **Ящерицын, П. И.** Теория резания: учебник / П. И. Ящерицын, Е. Э. Фельдштейн, М. А. Корниевич. – 2-е изд., испр. и доп. – Минск : Новое знание, 2006. – 512 с.
- 5 Обработка металлов резанием : справочник технолога / А. А. Панов [и др.] ; под общ. ред. А. А. Панова. – Москва : Машиностроение, 1988. – 736 с.
- 6 Технологическое обеспечение машиностроительного производства: учебное пособие / В. А. Логвин [и др.], под ред. Ж. А. Мрочка. – Минск: РИВШ, 2021. – 560 с.
- 7 Основы инженерного образования: учебное пособие / В. А. Логвин [и др.]; под ред. Ж. А. Мрочка. – Минск: РИВШ, 2020. – 488 с.