

МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Металлорежущие станки и инструменты»

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*



Могилев 2021

УДК 621.9
ББК 34.63
Т38

Рекомендовано к изданию
учебно-методическим отделом
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Металлорежущие станки и инструменты»
«12» января 2021 г., протокол № 8

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

Рецензент канд. техн. наук, доц. А. П. Смоляр

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

Учебно-методическое издание

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ

Ответственный за выпуск	С. Н. Хатетовский
Корректор	Т. А. Рыжикова
Компьютерная верстка	Е. В. Ковалевская

Подписано в печать . Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.
Печать трафаретная. Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж 38 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, 2021

Содержание

Меры безопасности при проведении лабораторных работ	4
1 Изучение конструкции и технологических возможностей токарно-винторезного оборудования	4
2 Изучение конструктивных и геометрических параметров инструментов с механическим креплением многогранных неперетачиваемых пластин для конкретных условий обработки	7
3 Исследование погрешностей установки инструментов с механическим креплением многогранных пластин, настраиваемых на размер вне оборудования	12
4 Изучение конструкции и технологических возможностей фрезерного оборудования.....	14
5 Изучение конструктивных и геометрических параметров фрез	17
6 Изучение конструкции и технологических возможностей сверлильного оборудования	19
7 Изучение конструктивных и геометрических параметров инструментов для обработки отверстий	21
8 Изучение конструкции и технологических возможностей оборудования с ЧПУ	26
9 Изучение конструкции и технологических возможностей зубофрезерного, зубострогального и зубодолбежного оборудования.....	28
10 Изучение конструктивных и геометрических параметров зубообра-зующих инструментов	41
11 Изучение конструкций и технологических возможностей оборудования, работающего абразивным инструментом.....	44
12 Изучение параметров абразивного инструмента	46
Список литературы	48

Меры безопасности при проведении лабораторных работ

Перед началом занятий провести проверку знаний с подписью в протоколе. На рабочем месте должны находиться только необходимые для работы на данном оборудовании принадлежности. Перед пуском оборудования необходимо опробовать работу механизмов вручную. При наличии обнаруженных дефектов оборудование не включать и принять меры по устранению неисправностей. Обрабатываемая заготовка и режущий инструмент должны быть надежно закреплены. При работе на оборудовании удерживать заготовку руками категорически запрещается. Проверить исправность предохранительных ограждений, имеющихся на оборудовании. Ограждения должны быть надежно закреплены. Категорически запрещается снимать ограждения во время работы оборудования. При работе на оборудовании не разрешается находиться в плоскости вращающихся частей. Удерживать руками вращающиеся инструменты и изделия запрещается. Перед началом работы на оборудовании необходимо проверить исправность инструментов и принадлежностей. При работе на оборудовании обязательно использовать предохранительные очки.

1 Изучение конструкции и технологических возможностей токарно-винторезного оборудования

Цель работы: изучение кинематики, конструкции, технологических возможностей 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 обточке; 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 1.1): станина *A*, на которой монтируют все механизмы оборудования; шпиндельная (передняя) бабка *B*, жестко сопряженная со станиной при сборке. В передней бабке размещены коробка скоростей, шпиндельный узел и другие элементы; коробка подач *B* расположена на шпиндельной бабке *B* и служит для передачи движения суппорту *Г* в продольном и поперечном направлении с заданной подачей с помощью ходового винта *Д* 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 служит для обеспечения требуемой скорости резания.

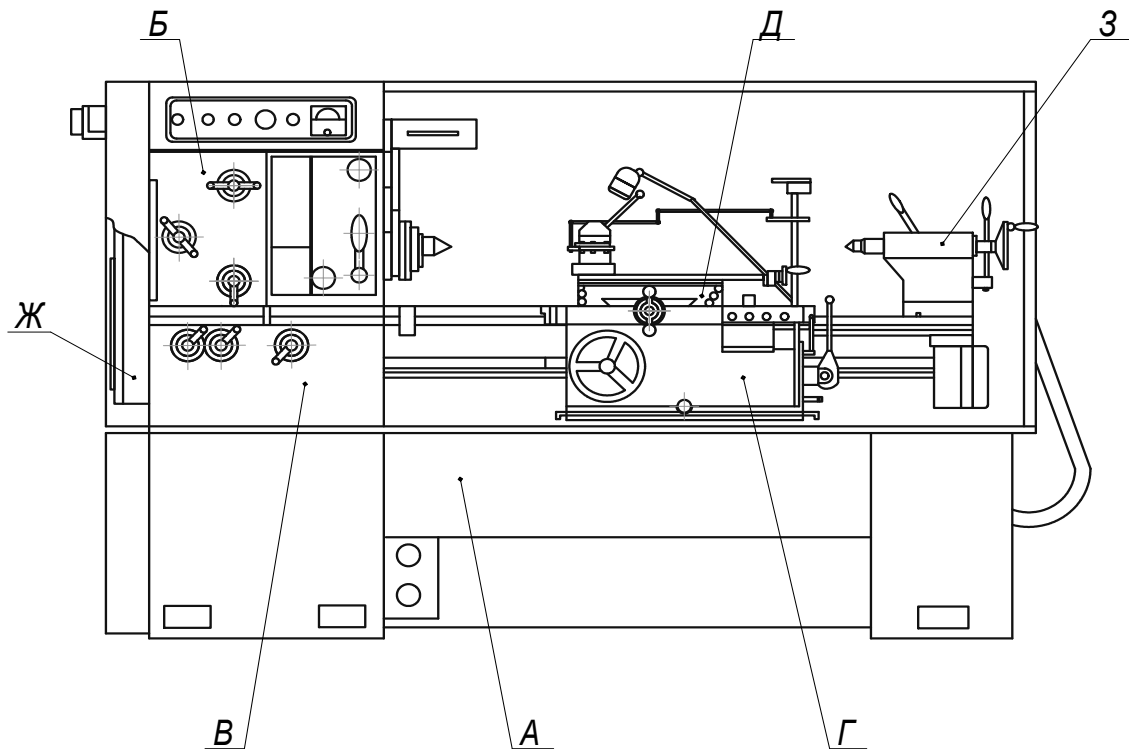


Рисунок 1.1 – Расположение составных частей станка модели 16Д25

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 P_2 , $\Phi_V(B_1P_2)$.

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 зад-

ней 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 имеет возможность подключать 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 подачи.

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:

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

Продольная подача. Конечными звеньями являются шпиндель (вал 3 → 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:

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

Порядок выполнения работы

Ознакомиться с назначением оборудования. Изучить конструкцию оборудования. Составить уравнение кинематического баланса для цепи главного движения, цепи подач. 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.

2 Изучение конструктивных и геометрических параметров инструментов с механическим креплением многогранных неперетачиваемых пластин для конкретных условий обработки

Цель работы: изучение конструкций сборных инструментов, привитие навыков самостоятельного подбора сборного режущего инструмента и выбора конструкции рабочей части.

Перечень используемого оборудования: комплекты инструментов, оснащенных круглыми и многогранными пластинками с механическим креплением. Детали с разновидностями обтачиваемых поверхностей. Набор слесарного инструмента для разборки-сборки. Настольный угломер для контроля углов, штангенциркуль.

Порядок выполнения работы

Студент получает задание на подбор конструкции сборного инструмента. Характер обрабатываемой поверхности из графы 2 задания (таблица 2.1) поясняет рисунком 2.1. По характеру обрабатываемой поверхности вычерчивается операционный эскиз. В нем показывают только те поверхности, которые подлежат обработке. По державке выбирается форма многогранной неперетачиваемой пластины. От вида державок, вида обработки и поворотных пластин (рисунок 2.3) выбирается система крепления (рисунок 2.2). Выполняют эскизный чертеж рабочей части и схемы крепления пластины.

Таблица 2.1 – Варианты заданий к лабораторной работе

Номер варианта	Характер обрабатываемой поверхности (см. рисунок 2.1)	Угол возможного заплечика	Вид обработки
1	1; 2; 3	30	Черновая обработка
2	1; 4	90	Чистовая обработка
3	5; 4	60	Грубое точение по копиру
4	1; 2	95	Чистовое точение по копиру
5	3; 2	60	Чистовая обработка
6	1; 8	90	Грубое точение по копиру
7	3; 6	45	Черновая обработка
8	4; 8	–	Черновая обработка
9	8; 5	30	Грубое точение по копиру
10	6; 3	15	Чистовое точение по копиру
11	7; 1	90	Черновая обработка
12	7; 5	45	Грубое точение по копиру
13	7; 6	60	Чистовое точение по копиру
14	2; 8	25	Чистовая обработка
15	1; 4	90	Черновая обработка
16	5; 1	45	Грубое точение по копиру
17	2; 1	93	Чистовая обработка
18	3; 2	25	Чистовое точение по копиру
19	8; 1	90	Черновая обработка
20	3; 5	45	Чистовая обработка

Приводятся эскизный чертеж и операционный эскиз поверхности деталей, которые можно обработать данным инструментом. Указываются вид обработки и система крепления пластин.

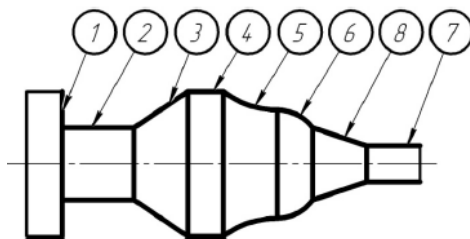


Рисунок 2.1 – Характер обрабатываемой поверхности

Вид обработки	Система державок				
Черновая обработка	+	–	(+)	–	–
Чистовая обработка	+	+	(+)	–	–
Черновая расточка	+	(+)	–	–	(+)
Чистовая расточка	(+)	+	–	–	+
Черновое точение по копиру	+	–	–	–	(+)
Чистовое точение по копиру	+	–	(+)	–	+
Достоинства	Простота конструкции, свободный сход стружки, стабильность рычажного зажима, широкий диапазон применения	Простота конструкции, хороший сход стружки, малые размеры державки	Простота конструкции, наличие стружколомателя	Стабильный зажим независимо от направления подачи	

Рисунок 2.2 – Выбор механизма крепления пластинки в зависимости от вида обработки

Содержание отчета

Отчет должен содержать задание (таблица 2.2), эскиз детали (рисунок 2.4), эскиз рабочей части резца (рисунок 2.5), типовые обозначения поворотной пластины (рисунок 2.6) и державки (рисунок 2.7)

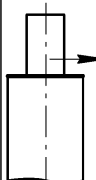
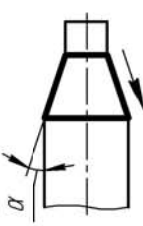
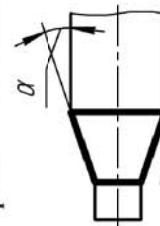

Условия и характер обработки	Форма рабочей части																	
	PRGN	PRGN	PCLN	PDIN	PTJN	PTGN	PTGN	PTGN	PSBN	PCBN	PTEN	PTDN	PSDN	PSSN	PSSN	PSKN	PTFN	
Главный угол в плане ϕ , град	-	-	95	93	93	90	90	90	90	75	75	60	45	45	45	75	90	
Типовое обозначение по ISO	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	
Продольное точение	-	-	95	93														
Угол заплечика α , град	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	
 Поперечная обработка «На себя»	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	
Копирование «На себя» 																		
Копирование «На себя» 																		
Поперечная обточка «От себя» 	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Угол заплечика α , град	-	-	5									45		45	45	15	0	0

Рисунок 2.3 – Выбор державок резцов для обработки наружных поверхностей

Таблица 2.2 – Задание

1	2	3	4
29	3, 2, 1	25	Чистовая обработка

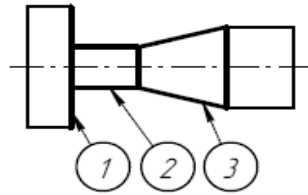


Рисунок 2.4 – Эскиз детали

Обозначение державки – РТJN. Система крепления – 2.

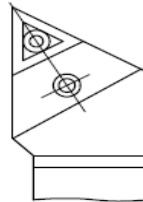


Рисунок 2.5 – Эскиз рабочей части резца

T	N	H	F	10	06	04	F	R
----------	----------	----------	----------	-----------	-----------	-----------	----------	----------

Рисунок 2.6 – Типовое обозначение поворотной пластины в ISO

P	T	J	N	R	20	20	H	10
----------	----------	----------	----------	----------	-----------	-----------	----------	-----------

Рисунок 2.7 – Типовое обозначение державки в ISO

По заданию инструмент предназначен для чистовой обточки последовательно трех поверхностей с величиной заплечика 25 град. Поскольку поворотная пластина предназначена для чистовой обточки, то допуск на ее размеры минимальный, задний угол берут из расчета обеспечения также минимальной величины размерного износа и требуемой шероховатости. Для решения долговечности пластина выбрана с двухсторонними фасками, что допускает ее многократное использование. Припуск при чистовой обточке незначителен, то и длина режущей кромки мала. Наличие фасок с двух сторон пластины вызывает увеличение ее толщины в сравнении с пластиной одностороннего резания. Радиус закругления выбран исходя из требований эскиза на обрабатываемую деталь. Выбранный вид режущей кромки обеспечивает высокую точность обработки. Державка выбрана по варианту задания как более предпочтительная (см. рисунок 2.2). Главный угол в плане принят равным 93 град, т.к. по заданию в последнем переходе надо подрезать торец 1. Габаритные размеры державки приняты минимальными, т. к. силы резания при чистовой обточке невелики.

Контрольные вопросы

1 Укажите, какие устройства используются для ломания стружки при обработке заготовок из вязких материалов инструментами, оснащенными МНП.

2 Перечислите преимущества инструментов, оснащенных многогранными пластинами, по сравнению с напайными пластинами из твердого сплава.

3 Исследование погрешностей установки инструментов с механическим креплением многогранных пластин, настраиваемых на размер вне оборудования

Цель работы: исследование конструкции и точности позиционирования быстросменных инструментов, настраиваемых на размер вне оборудования.

Перечень используемого оборудования: приспособления для настройки инструментов. Эталон для установки нулевого показания индикатора с маркировкой номинального и фактического размера длины. Приспособление для измерения точности позиционирования. Резцовая вставка с винтом для настройки длины L , оснащенная многогранной твердосплавной пластиной.

Основные положения

На токарном оборудовании быстросменность обеспечивается использованием резцовых вставок с регулировочными винтами, резцедержателей с цилиндрической или базовой призмой для оборудования с ЧПУ, в гнездах которых устанавливают резцы или другие инструменты (рисунок 3.1). Приспособление для настройки на размер вне оборудования представлено на рисунке 3.3. Индикатор приспособления настраивают по эталону (рисунок 3.2).

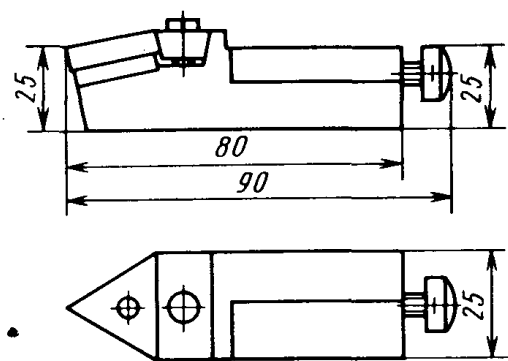


Рисунок 3.1 – Резцовая вставка

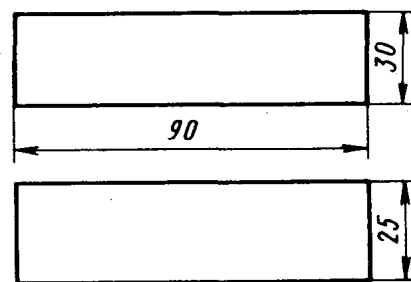
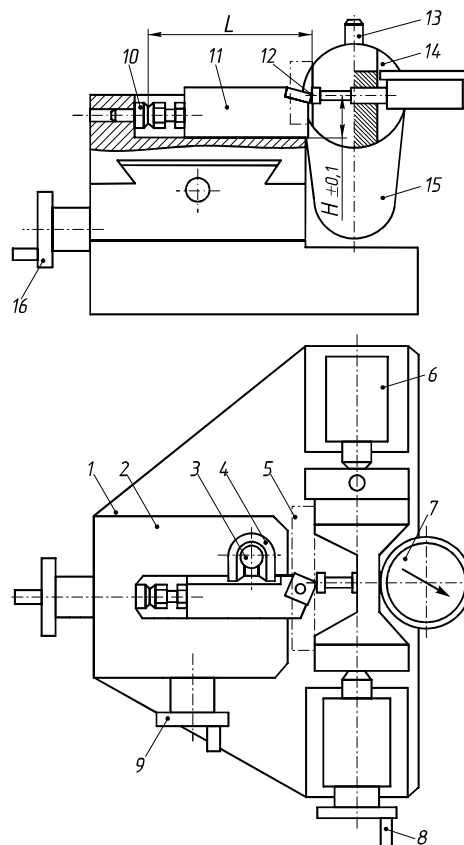


Рисунок 3.2 – Эталон



1 – плита; 2 – резцедержатель; 3 – винт; 4 – клин; 5 – планка; 6 – центровые бабки; 7 – индикатор; 8, 13 – рукоятка; 9 – рукоятка продольного перемещения; 10 – упор; 11 – резцовая вставка; 12 – вершина резца; 14 – оправка; 15 – противовес

Рисунок 3.3 – Схема индикаторного приспособления для исследования точности позиционирования резцов

Порядок выполнения работы

Настраивают длину L резцовой вставки в приспособлении для настройки вне оборудования. Нулевое показание индикатора устанавливают по эталону с длиной L . Фактическую длину эталона L маркируют на боковой стороне. Эталон изготавливают из стали 40Х с твердостью HRC 50...55 и точностью $\pm 0,01$ мм. Рекомендуемое сечение эталона – 25×30 мм. Устанавливают нулевое показание шкалы индикатора приспособления с натягом около 1 мм. Записывают фактический размер эталона и показание индикатора. Затем устанавливают в приспособление резцовую вставку и настраивают ее на длину L с точностью $\pm 0,01$ мм. Записывают действительный размер.

Погрешность установки резцовой вставки определяют специальным контрольным индикаторным приспособлением (см. рисунок 3.3).

Запись и обработку полученных данных проводят в соответствии с таблицей 3.1. По данным таблицы 3.1 определяют точность обработки (калитет) детали, например, диаметром 40 мм при данном способе крепления (без учета жесткости технологической системы и влияния на точность обработки режимов резания).

Таблица 3.1 – Данные измерений и расчетов

Измеряемый или рассчитываемый параметр, формула для расчета	Получаемое значение параметра, мм
Погрешность эталона, $\delta_{\Delta} = L - L_{\Phi}$	
Показание индикатора приспособления после настройки резца на размер δ_p	
Показания индикатора контрольного приспособления при повторных установках и закреплениях резца $\delta_{y1}, \delta_{y2}, \dots, \delta_{y10}$	
Погрешность позиционирования (настройки), $\delta_H = 1,2 \cdot \sqrt{\delta_{\Delta}^2 + \delta_p^2 + \delta_y^2}$	

Содержание отчета

Цель работы. Таблица 3.1. Выводы по лабораторной работе.

Контрольные вопросы

- 1 Как на станках обеспечивается быстросменность?
- 2 Назначение приспособления.
- 3 Как определяется точность размерной настройки инструментов?

4 Изучение конструкции и технологических возможностей фрезерного оборудования

Цель работы: ознакомление с кинематикой, конструкцией и назначением фрезерного оборудования.

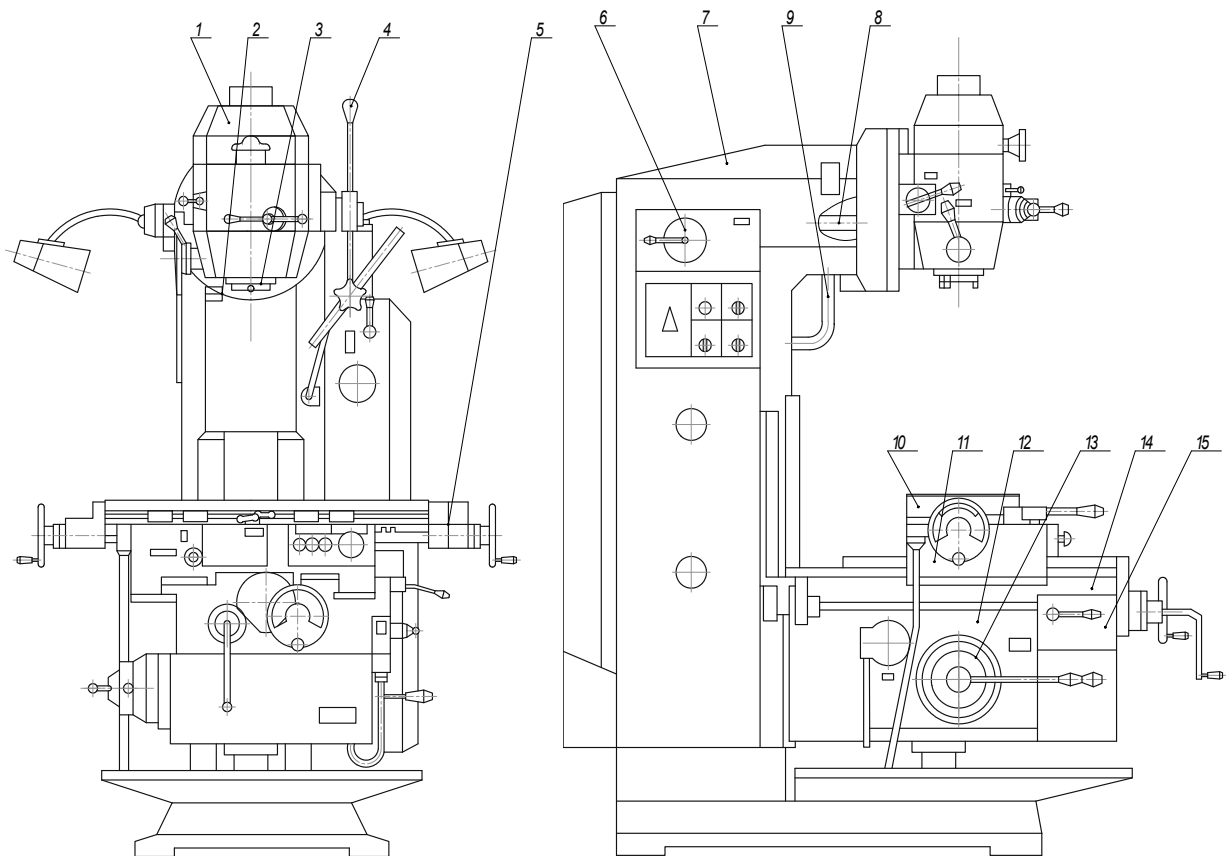
Перечень используемого оборудования: фрезерный станок ВФ-130.

Основные положения

Станок ВФ-130 (рисунок 4.1) 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.

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.



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 – электрощаф

Рисунок 4.1 – Общий вид вертикально-фрезерного станка модели ВФ–130

В общем виде цепь главного движения имеет вид

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

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

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

Цепь поперечной подачи

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

Цепь продольной подачи

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

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 получает, 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?

5 Изучение конструктивных и геометрических параметров фрез

Цель работы: закрепление теоретических знаний о назначении, применении и конструкции фрез.

Перечень используемого оборудования: режущие инструменты: фреза цилиндрическая, торцовая, концевая, дисковая, шпоночная, фасонная. Измерительные инструменты и приборы: штангенциркуль, угломер 2УРИ для измерения углов заточки многолезвийных инструментов.

Основные положения

Фреза – многолезвийный инструмент, на образующей поверхности которого или на торце и образующей имеются режущие зубья. Главное движение при фрезеровании – вращательное, осуществляется фрезой, движение подачи может иметь как заготовка, так и инструмент. К конструктивным элементам относятся: наружный диаметр фрезы, посадочные размеры, число зубьев, форма зубьев, стружколоматели и т. д. С увеличением диаметра фрезы уменьшаются толщина среза и нагрузка на каждое режущее лезвие, улучшается отвод тепла, а следовательно, увеличивается стойкость.

Крепление фрез. Крепление осуществляется различными способами в зависимости от конструкции выходной части шпинделя, конструкции фрезы, а также технологических требований. Цилиндрические, дисковые, торцовые насадные, угловые и фасонные фрезы закрепляются на фрезерных оправках (рисунок 5.1).

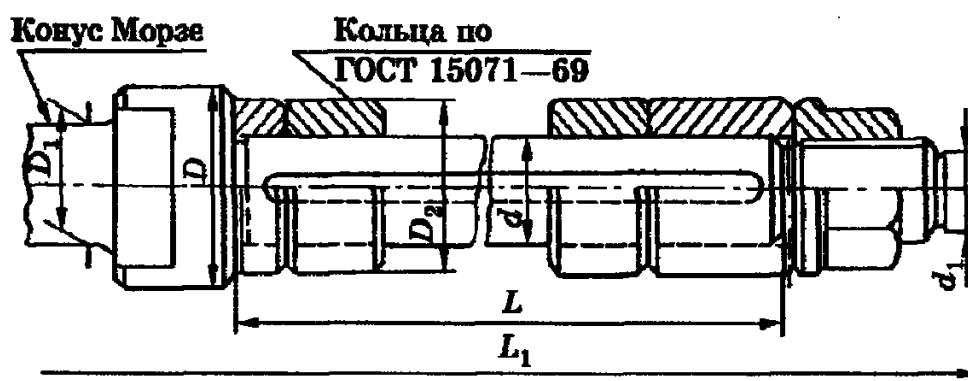


Рисунок 5.1 – Оправка для крепления дисковых и цилиндрических фрез с передачей крутящего момента при помощи продольной шпонки

У прорезных фрез в некоторых случаях шпоночный паз отсутствует, и передача крутящего момента осуществляется силами трения. Торцовые фрезы могут крепиться непосредственно на шпинделе четырьмя винтами. Крутящий момент на фрезу передается с помощью двух диаметрально расположенных шпонок. Концевые, торцовые и шпоночные фрезы диаметром свыше 20 мм, у которых базой крепления является конический хвостовик, устанавливаются в шпинделе

с помощью переходных конусных втулок (рисунок 5.2). Затяжка конического хвостовика в коническое гнездо шпинделя проводится шомполом.

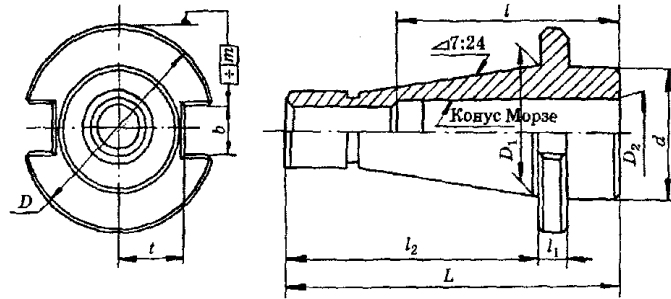


Рисунок 5.2 – Переходная втулка с конусностью 7:24 для концевых фрез с коническим хвостовиком

Порядок выполнения работы

Изучить инструкции по технике безопасности и выполнению работы. Получить у лаборанта или преподавателя методические материалы и инструменты. Ознакомиться с назначением, технологическими возможностями, конструкцией и геометрией фрез. Измерить линейные и угловые параметры инструментов. Результаты измерений занести в таблицы 5.2 и 5.3.

Содержание отчета

Цель работы. Таблицы 5.1, 5.2. Выводы.

Таблица 5.1 – Конструктивные параметры фрезы (указать какой)

Диаметр D , мм	Длина или ширина B , мм	Диаметр посадочного отверстия (номер конуса Морзе) d , мм	Длина хвостовика (для хвостовых фрез) l_{XB} , мм	Число зубьев Z

Таблица 5.2 – Геометрические параметры фрезы (указать какой)

Перед- ний угол γ , град	Задний угол α , град (K , мм)	Вспомогательный задний угол α_1 , град	Главный угол в плане φ , град	Вспомога- тельный угол в плане φ_1 , град	Угол наклона стружеч- ной канав- ки ω , град	Угол наклона главной режущей кромки λ , град

Контрольные вопросы

- 1 Области использования фрез.
- 2 Конструктивные и геометрические параметры фрез.
- 3 Назовите способы закрепления фрез.

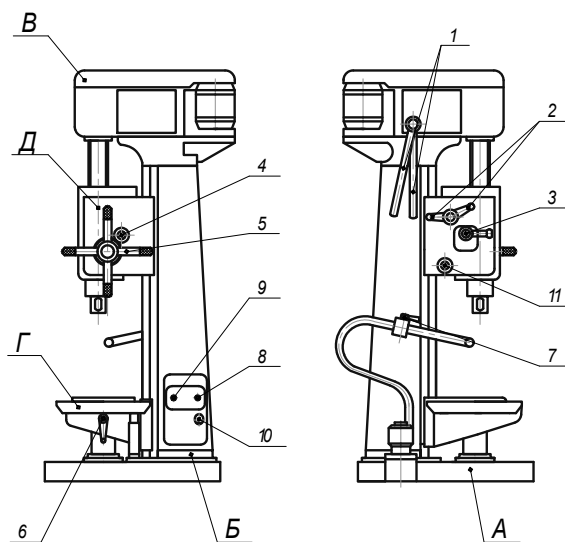
6 Изучение конструкции и технологических возможностей сверлильного оборудования

Цель работы: изучение конструкции, технологических возможностей 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	Глубина сверления, мм
8	T15K6	Сталь жаропрочная	160 НВ	15
12	P6M5	Сталь конструкционная	180 НВ	24
14	BK8	Чугун серый	140 НВ	35
16	P6M5	Чугун ковкий	200 НВ	48
18	P6M5	Сталь жаропрочная	260 НВ	49
10	BK8	Сталь конструкционная	310 НВ	70
18	P6M5	Чугун серый	150 НВ	75
16	P6M5	Чугун ковкий	180 НВ	75
14	T5K10	Сталь жаропрочная	170 НВ	65
12	P6M5	Сталь конструкционная	220 НВ	54
10	BK8	Чугун серый	165 НВ	45

Порядок выполнения работы

Изучение назначения и конструкции основных узлов сверлильного станка 2А135. 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 конструктивных и геометрических параметров инструментов для обработки отверстий

Цель работы: изучение конструктивных элементов и геометрических параметров различных видов сверл, зенкеров, разверток; составление эскизов сверл, зенкеров, разверток.

Перечень используемого оборудования: комплекты сверл, зенкеров, разверток. Угломеры: 2УРИ, универсальный, транспортир для контроля геометрических параметров сверла, зенкера и развертки. Линейка, штангенциркуль, микрометр для контроля конструктивных параметров сверла, зенкера и развертки.

Основные положения

Технологические возможности инструментов.

Сверление – способ получения глухих и сквозных отверстий в сплошном материале по качеству точности 11...14 и с шероховатостью обработанной поверхности $Ra = 12,5 \dots 6,3$ мкм.

Зенкерование – получистовая обработка, предназначенная для повышения точности формы отверстия, полученного после сверления, отливки,ковки, штамповки, а также для обработки торцовых поверхностей бобышек, выступов, углублений под головки винтов и другие по качествам точности 11...9 и с шероховатостью обработанной поверхности $Ra = 6,3 \dots 3,2$ мкм.

Развертывание – чистовая операция, предназначенная для повышения точности формы и размеров отверстия с полями допуска по качествам точности 8...6 с шероховатостью обработанной поверхности $Ra = 1,6 \dots 0,4$ мкм.

Схемы процессов при указанных видах обработки представлены на рисунке 7.1. Геометрия сверла характеризуется углом наклона винтовых стружечных

канавок, углом 2φ при вершине, углом обратного конуса, образуемого за счет уменьшения диаметра сверла по направлению к хвостовику, углом ψ наклона поперечной режущей кромки, передним и задним углами, переменными вдоль главных режущих кромок.

Сверла. Конструктивные и геометрические параметры спиральных сверл показаны на рисунке 7.2. Угол обратного конуса определяется уменьшением диаметра сверла на 100 мм длины рабочей части. Угол ω – это угол между осью сверла и касательной к винтовой линии канавки сверла.

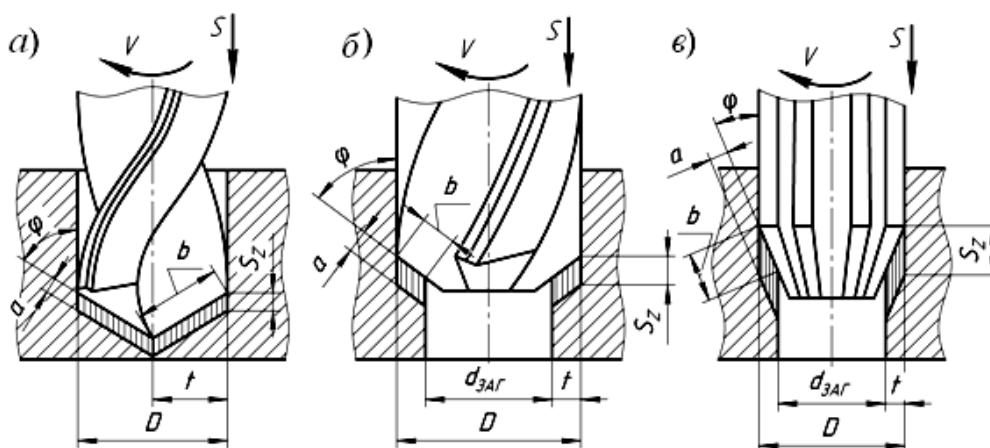


Рисунок 7.1 – Схемы процессов сверления (а), зенкования (б) и развертывания (в)

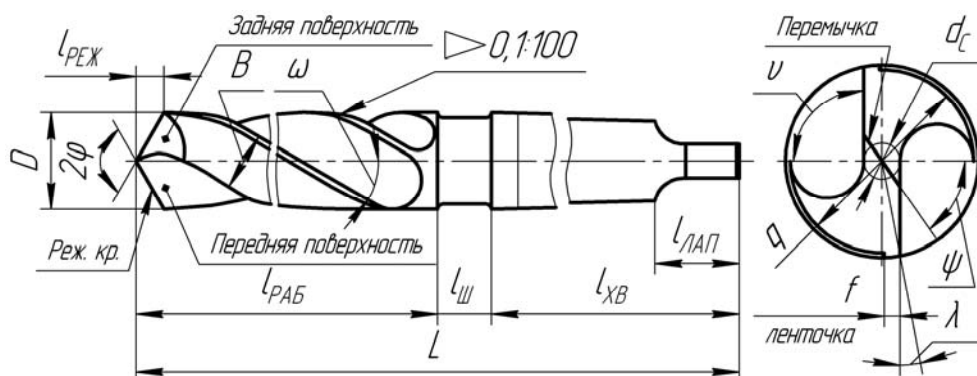


Рисунок 7.2 – Конструктивные и геометрические параметры спирального сверла

$$\operatorname{tg} \omega_x = \frac{\pi \cdot D_x}{H}, \quad (7.1)$$

где D_x – диаметр сверла, на котором определяется ω_x ;

H – шаг винтовых канавок.

Передний угол γ измеряется в главной секущей плоскости $N-N$, перпендикулярной проекции главной режущей кромки на основную (диаметральную) плоскость, проходящую через рассматриваемую точку режущей кромки и ось сверла (рисунок 7.3). Угол γ образуется передней поверхностью и основной плоскостью. Этот угол связан с углом ω и изменяется вдоль кромки сверла (от периферии к оси сверла уменьшается, т. к. уменьшается ω):

$$\operatorname{tg} \gamma_x = \frac{D_x}{D} \cdot \operatorname{tg} \omega \cdot \sin \varphi. \quad (7.2)$$

Задний угол – угол между задней поверхностью и плоскостью резания, измеряемый в рабочей плоскости. От периферии к оси сверла он увеличивается для винтовых или конических задних поверхностей.

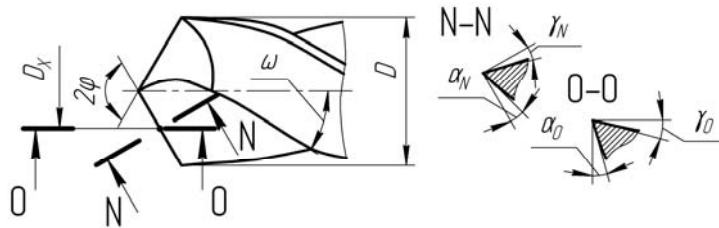


Рисунок 7.3 – Геометрические параметры спирального сверла

Зенкеры. Зенкеры используются на сверлильном, токарном, револьверном, расточном оборудовании, токарных автоматах и полуавтоматах. Есть различные классификации этих инструментов, где учтены способ крепления (хвостовые, насадные); конструктивные особенности (цельные, сборные, с напайными или вставными ножами); инструментальные материалы (легированные, быстрорежущие, твердосплавные); характер работы (для снятия припусков различной величины, комбинированные, ступенчатые и др.). Зенкеры подразделяются и по назначению, например, цилиндрические зенкеры (рисунок 7.4, а, б) – для обработки цилиндрических отверстий, зенковки (рисунок 7.4, в) – для обработки конических отверстий, цековки (рисунок 7.4, г) – для обработки плоских поверхностей бобышек и др.

Зенкеры служат для увеличения диаметра предварительно подготовленного отверстия, повышения его точности и уменьшения шероховатости поверхности. На рисунке 7.5 представлен концевой зенкер. В отличие от сверла, зенкер не имеет поперечной режущей кромки и число зубьев у него 3...4. Насадные цельные зенкеры (рисунок 7.6) проектируются с винтовыми канавками, имеющими угол наклона $\omega = 15...20^\circ$, профиль которых криволинейный. Число зубьев у таких зенкеров 4, их диаметр $D = 32...80$ мм.

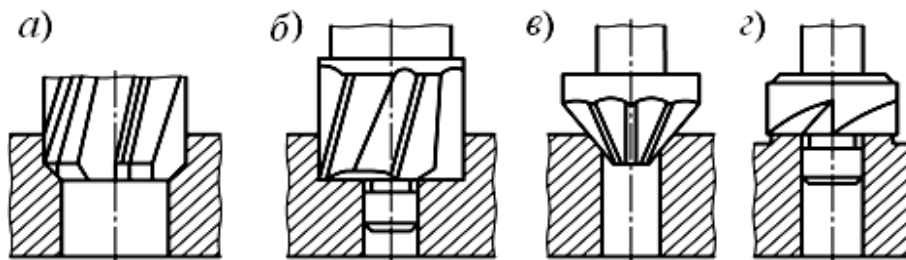


Рисунок 7.4 – Типы зенкеров

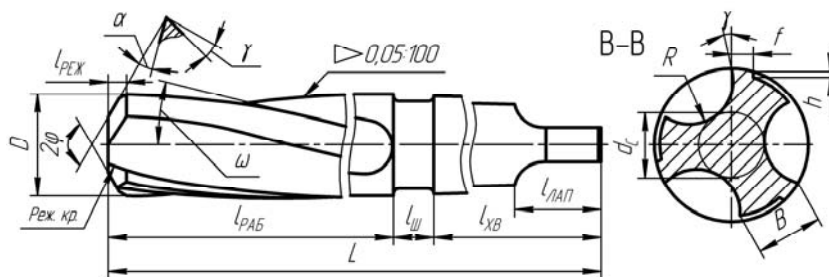


Рисунок 7.5 – Концевой цилиндрический зенкер

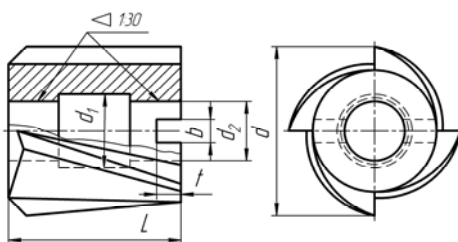


Рисунок 7.6 – Насадной цельный зенкер

На рисунке 7.7 представлен насадной зенкер сборной конструкции диаметром 40...120 мм. Зубья крепятся с помощью рифлений (рисунок 7.8, а), клина (рисунок 7.8, б) или без клина (рисунок 7.8, в). Зубья могут быть из быстрорежущей стали или с напаянными твердосплавными пластинками. Передняя поверхность плоская; зубья имеют наклон вдоль оси под углом $\omega = 10...15^\circ$. Для образования переднего угла зубья в торцовой плоскости устанавливают в корпусе зенкера под соответствующим углом. Число зубьев у зенкеров $Z = 4...6$.

На рисунке 7.9 показан насадной зенкер, у которого пластинки из твердого сплава непосредственно припаяны к корпусу. Обычно их делают диаметром 34...80 мм с числом зубьев 2...4.

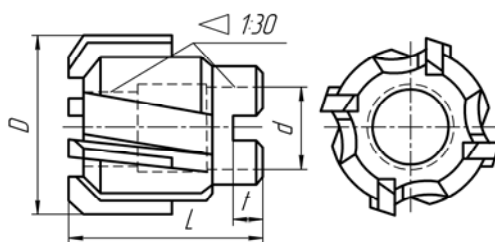


Рисунок 7.7 – Насадной зенкер сборной конструкции

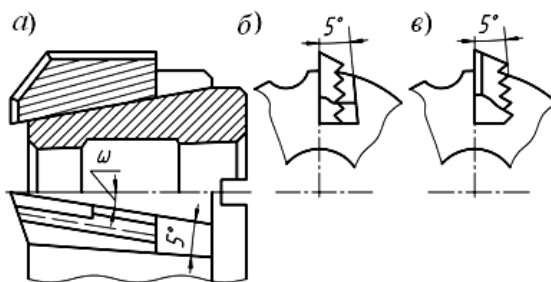


Рисунок 7.8 – Крепление ножей сборных зенкеров рифлениями

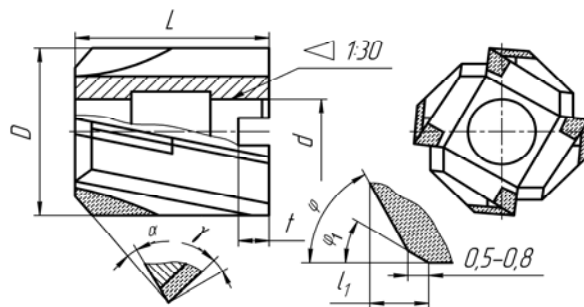


Рисунок 7.9 – Насадной зенкер с напайными пластинками твердого сплава

Для обработки стальных деталей главный угол в плане двойной $\varphi = 60^\circ$ и $\varphi_1 = 30^\circ$. Это упрочняет режущую часть, повышает массивность периферийных участков режущей части и стойкость инструмента. Угол наклона зубьев у них $10 \dots 15^\circ$.

Порядок выполнения работы

Получить у преподавателя методические материалы и инструменты. Изучить инструкции по охране труда. Ознакомиться с конструкцией и геометрией сверл, зенкеров, разверток разного назначения. Составить эскизы выданных инструментов и нанести обозначения параметров, элементов конструкции и геометрии (длина, диаметр, углы и т. д. (таблица 7.1)). На эскизах показать: контур обрабатываемой поверхности детали; направление векторов скорости главного движения и подачи; поверхности, по которым выполняют переточку зубьев инструмента. Измерить линейные размеры и геометрические параметры инструментов. Результаты измерений занести в таблицу 7.1.

Таблица 7.1 – Результаты измерения параметров инструментов

Параметры инструмента	Вид инструмента		
	Сверло	Зенкер	Развертка
Диаметр d , мм			
Общая длина инструмента L , мм			
Длина рабочей части $l_{РАБ}$, мм			
Длина режущей части $l_{РЕЖ}$, мм			
Длина хвостовика $l_{ХВ}$, мм			
Толщина (диаметр) сердцевины d_c , мм			
Ширина ленточки f , мм			
Главный угол в плане φ , град			
Угол наклона стружечной канавки ω , град			
Передний угол γ , град			
Задний угол α , град			

Содержание отчета

Цель работы. Эскиз осевого инструмента. Таблица 7.1. Выводы.

Контрольные вопросы

- 1 Назначение сверл, зенкеров, разверток и обеспечиваемые ими параметры точности и качества обработанных поверхностей.
- 2 Основные части сверл, зенкеров, разверток; элементы их конструкции и угловые параметры.
- 3 Приборы и способы измерения угловых и линейных параметров инструментов.

8 Изучение конструкции и технологических возможностей оборудования с ЧПУ

Цель работы: ознакомление 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 имеет 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, опоры 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 базирующих 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 горизонталь-

ным 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.

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

Цель работы: ознакомление с назначением, конструкцией и технологическими возможностями зубофрезерного, зубострогального и зубодолбежного оборудования.

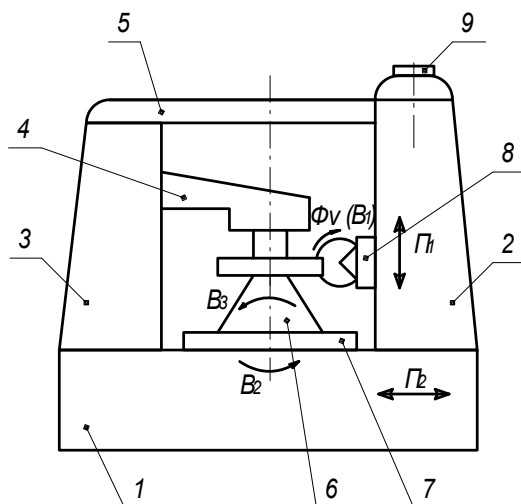
Перечень используемого оборудования: станки модели 5E32, 5B12.

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 9.1.

Кинематическая схема зубофрезерного оборудования 5Е32 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.



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

Рисунок 9.1 – Общий вид зубофрезерного оборудования 5Е32

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 червячной 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 $V_p(II_3)$. 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 $n_{э.д.} \rightarrow n_{фр}, \text{ мин}^{-1}$.

Уравнение кинематического баланса

$$n_{э.д.} \cdot i_{номст} \cdot i_v = n_{фр}. \quad (9.1)$$

Формула настройки гитары

$$i_v = \frac{A}{B}; \quad i_v = \frac{n_{фр}}{n_{э.д.} \cdot i_{номст}}, \quad (9.2)$$

где $i_{номст}$ – 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

$$I_{об.фр.} \cdot i_{номст} \cdot i_{диф} \cdot \frac{e}{f} \cdot i_x = \frac{k}{z_{об.заг.}}, \quad (9.3)$$

где $i_{номст}$ – 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

$$i_x = (a \cdot c) / (b \cdot d) = k / i_{номст} \cdot i_{диф} \cdot z \cdot (e/f). \quad (9.4)$$

Цепь радиальной подачи. Для осуществления процесса врезания фрезы на высоту зуба фрезе сообщается движение $V_p(II_3)$. 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

$$I_{об.заг.} \cdot i_{номст} \cdot i_s \cdot t_{x.v.} = S, \quad (9.5)$$

где $i_{номст}$ – передаточное отношение цепи, связывающей вращение заготовки и ходового винта поперечной подачи;

$t_{x.в.}$ – 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

$$i_s = \frac{a_1 \cdot c_1}{b_1 \cdot d_1} = \frac{S}{i_{ном}} \cdot i_s \cdot t_{x.в.} \quad (9.6)$$

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.

В таблице 9.1 представлен набор сменных шестерен гитары обката.

Таблица 9.1 – 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

$$h = 2,2 \cdot m, \quad (9.7)$$

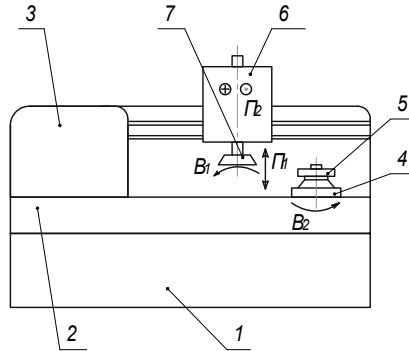
где h – высота зуба;

m – модуль нарезаемого колеса.

На зубодолбежном оборудовании нарезание зубьев проводят методом обката круглыми долбяками и зубчатыми гребенками, а также методом копирования специальными многолезцовыми головками. Нарезание зубьев круглыми долбяками 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. Долбяками класса *АА* достигается 6-я степень точности колеса, *А* – 7-я и класса *В* – 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 – долбяк, а функцию другого колеса – нарезаемая шестерня. Общий вид станка представлен на рисунке 9.2, а кинематическая схема предоставляется преподавателем.



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

Рисунок 9.2 – 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 (B_P, Π_4), которое настраивается сменными кулачками.

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

В процессе обработки зубьев на станке совершаются следующие движения: *главное движение* – возвратно-поступательное движение долбяка. Кинематическая 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 царапанья 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

$$L = 5/4 B, \quad (9.8)$$

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

$$n = \frac{1000V}{2L}. \quad (9.9)$$

Скорость резания принимается по таблице 9.2. 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 9.2 – 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:

$$A + B \leq C + (15...20); \quad (9.10)$$

$$C + D \geq B + (15...20). \quad (9.11)$$

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.).

$$A + B = 120. \quad (9.12)$$

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.

$$A_1 + B_1 = 110. \quad (9.13)$$

Для настройки гитары подач имеется комплект сменных шестерен: 35, 40, 46, 52, 58, 60, 64, 70, 75. Величина подачи выбирается по таблице 9.3.

Таблица 9.3 – Выбор подачи при зубодолблении

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

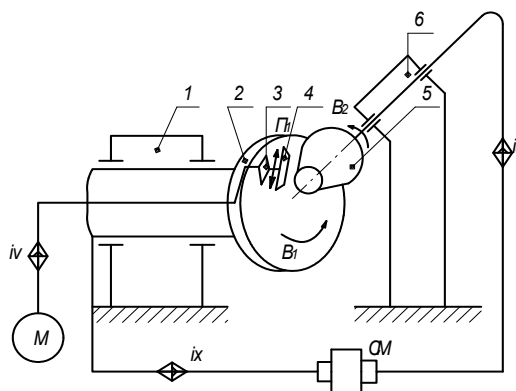
Настройка подач на глубину врезания. Настройка подач на глубину врезания производится сменными кулачками. Станок комплектуется тремя сменными кулачками: однопроходным, двухпроходным и трехпроходным. Двух-трехпроходные кулачки применяются при обработке колес наибольшего модуля для увеличения точности обработки.

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 заготовка. 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 9.3 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.



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 9.3 – Общий вид зубострогального станка

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 люль-

ка 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 8 с кулачком 7, с помощью которого отводится узел станка 6 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*.

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, b_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 I 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-b_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 – b , 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:

$$n_{\text{эл.д.}} \rightarrow n_{\text{дв.х./мин. резцов}} \quad (9.14)$$

Уравнение кинематического баланса

$$930 \cdot \frac{21}{25} \cdot \frac{35}{65} \cdot \frac{65}{30} \cdot \frac{23}{52} \cdot \frac{52}{36} \cdot i_V \cdot \frac{37}{44} \cdot \frac{44}{44} \cdot \frac{44}{62} = n_{\text{дв. х./мин.}} \quad (9.15)$$

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

Число двойных ходов определяется в зависимости от скорости резания по формуле

$$n = \frac{1000 \cdot V}{2(1 + c)}, \quad (9.16)$$

где V – скорость резания;

l – длина зуба;

c – перебег 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 Q

$$L = \frac{\pi \cdot m \cdot Z_c \cdot Q^\circ}{360^\circ}. \quad (9.17)$$

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

$$T = \frac{L}{S_p} + \frac{L}{S_k}. \quad (9.18)$$

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

$$n_{эл.дв.} \rightarrow n \cdot 0,581 \frac{1}{T} \text{ раб. обороту распред. вала.} \quad (9.19)$$

Уравнение кинематического баланса

$$\frac{930}{60} \cdot \frac{21}{25} \cdot i_s \cdot \frac{35}{65} \cdot \frac{31}{71} \cdot \frac{71}{61} \cdot \frac{19}{19} \cdot \frac{1}{40} = 0,581 \frac{1}{T}. \quad (9.20)$$

Откуда формула настройки

$$i_s = \frac{Q_2 \cdot G_2}{B_2 \cdot d_2} = \frac{6,6}{T}. \quad (9.21)$$

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:

$$1 \text{ об. распр. вала} \rightarrow \frac{Z_i}{Z} \text{ заготовки.} \quad (9.22)$$

Уравнение кинематического баланса

$$1 \cdot \frac{40}{1} \cdot \frac{19}{19} \cdot \frac{19}{19} \cdot \frac{19}{19} \cdot \frac{20}{20} \cdot i_g \cdot \frac{1}{120} = \frac{Z_i}{Z}. \quad (9.23)$$

Формула настройки

$$i_g = \frac{A_1}{B_1} = \frac{C_i}{d_1} = \frac{3Z_i}{Z}. \quad (9.24)$$

Цель 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

$$\frac{1}{B_c} \rightarrow \frac{1}{Z}. \quad (9.25)$$

Уравнение кинематического баланса

$$\frac{1}{Z_c} \cdot \frac{72}{2} \cdot \frac{34}{110} \cdot \frac{110}{315} \cdot \frac{210}{34} \cdot \frac{32}{16} \cdot \frac{60}{24} \cdot \frac{19}{19} \cdot \frac{19}{19} \cdot \frac{20}{20} \cdot i_g \cdot \frac{1}{120} = \frac{1}{Z}. \quad (9.26)$$

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

$$i_0 = \frac{a}{b} = \frac{c}{d} = \frac{3Z_i}{Z_c}. \quad (9.27)$$

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?

10 Изучение конструктивных и геометрических параметров зубообразующих инструментов

Цель работы: закрепление теоретических знаний о назначении, применении и конструкции резьбообразующих инструментов, а также приобретение навыков их эскизирования и измерения.

Перечень используемого оборудования: режущие инструменты: резьбовые резцы, метчики, плашки, резьбовые фрезы, резьбонарезные и резьбонакатные головки.

Измерительные инструменты и приборы: маятниковый угломер, штангенрейсмас или угломер 2УРИ, универсальный угломер УМ, штангенциркуль, масштабная линейка, микрометр, контрольная плита, центра с индикатором и делительной головкой для измерения затылования; резьбомер.

Основные положения

В зависимости от типа производства, вида резьбы, ее размера, точности, качества обработанных поверхностей, а также методов получения все используемые резьбообразующие инструменты можно разделить на следующие группы: резьбонарезные инструменты: резьбовые односточные и гребенчатые резцы, фрезы, метчики, резьбонарезные плашки и головки, вихревые скоростные головки и т. д.; инструменты для получения резьбы методом пластической деформации: резьбонакатные головки, ролики, плашки и др.; резьбошлифовальные круги: односточные и многосточные. ***Резьбовые резцы.*** Предназначены для нарезания наружной и внутренней резьбы различных профилей: трапециевидального, круглого, треугольного и т. д. По конструкции они разделяются на стержневые (рисунок 10.1, *а, з*), призматические (рисунок 10.1, *б, д*) и круглые (рисунок 10.1, *в, е*). Они могут быть односточными (см. рисунок 10.1, *а–в*) и многосточными (см. рисунок 10.1, *з–е*).

Передние углы у черновых резьбовых резцов принимаются в зависимости от свойств обрабатываемого материала. У чистовых резцов для меньшего искажения профиля резьбы передняя поверхность часто выполняется с $\gamma = 0^\circ$.

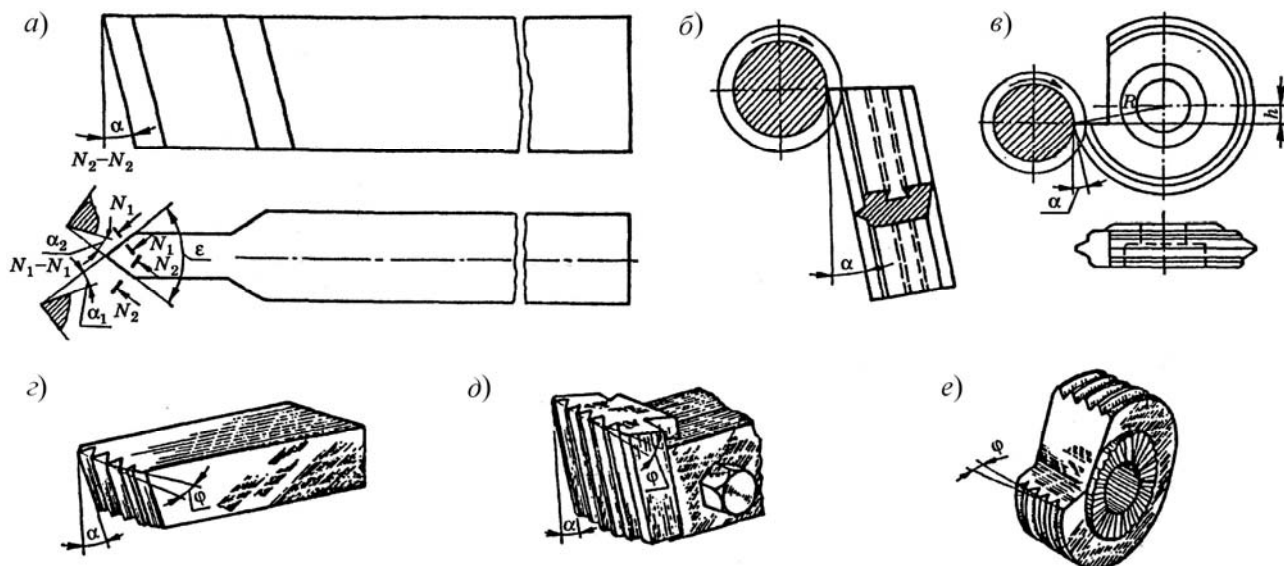


Рисунок 10.1 – Резцы резьбовые

Задние углы назначаются в зависимости от типа резца и толщины среза: для стержневых $\alpha = 15...20^\circ$, для призматических $\alpha = 15^\circ$ и круглых $\alpha = 10...20^\circ$.

Метчики. Предназначены для образования резьбы в отверстиях. По принципу работы их подразделяют на режущие (просто метчики), образующие профиль резьбы путем снятия стружки, и деформирующие (бесстружечные), образующие профиль резьбы без снятия стружки, а также метчики с режущими и выглаживающими зубьями, образующие резьбу комбинированным способом (резанием и пластическим деформированием).

Плашки. Предназначаются для нарезания или калибрования наружной резьбы. По типу нарезаемой резьбы их подразделяют на плашки для метрической, конической и специальных резьбы. По конструкции и применению плашки различают круглые (рисунок 10.2, а) и их разновидности; квадратные (рисунок 10.2, в) и шестигранные (рисунок 10.2, г); трубчатые (рисунок 10.2, д); призматические к слесарным клуппам (вороткам). Основными конструктивными элементами круглых плашек (см. рисунок 10.2, а) являются режущая часть с каждого торца длиной, калибрующая часть, число, диаметр и расположение стружечных отверстий, наружный диаметр, ширина плашки, элементы крепления.

Резьбовые фрезы. Относятся к многозубым инструментам, благодаря чему фрезерование резьбы более производительное, чем нарезание резцами.

По конструкции резьбовые фрезы подразделяют на следующие типы: гребенчатые цилиндрические для нарезания резьбы неглубокого профиля с шагом $0,5...6$ мм сразу на всей длине (рисунок 10.3, а, г); дисковые для нарезания резьбы крупного профиля (рисунок 10.3, б, д); дисковые сборные охватывающие головки для скоростного фрезерования резьбы с крупным шагом (рисунок 10.3, в, е). Основными конструктивными элементами фрез являются диаметр фрезы, диаметр посадочного отверстия, длина фрезы, число зубьев, форма зуба и впадины, направление стружечных канавок, размеры профиля резьбы.

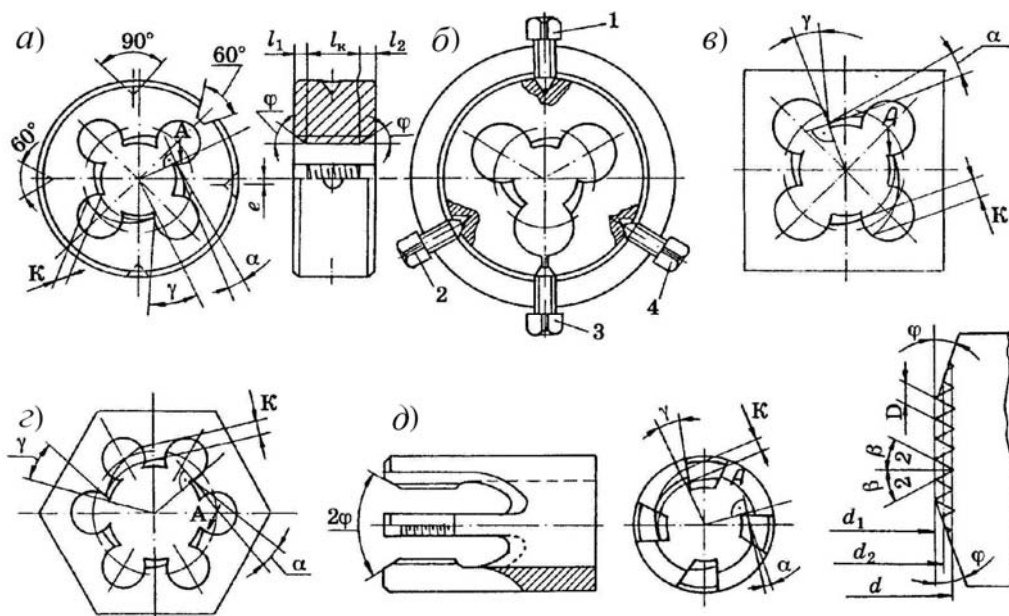


Рисунок 10.2 – Резьбонарезные плашки (а, в, г, д) и их крепление в плашкодержателе (б)

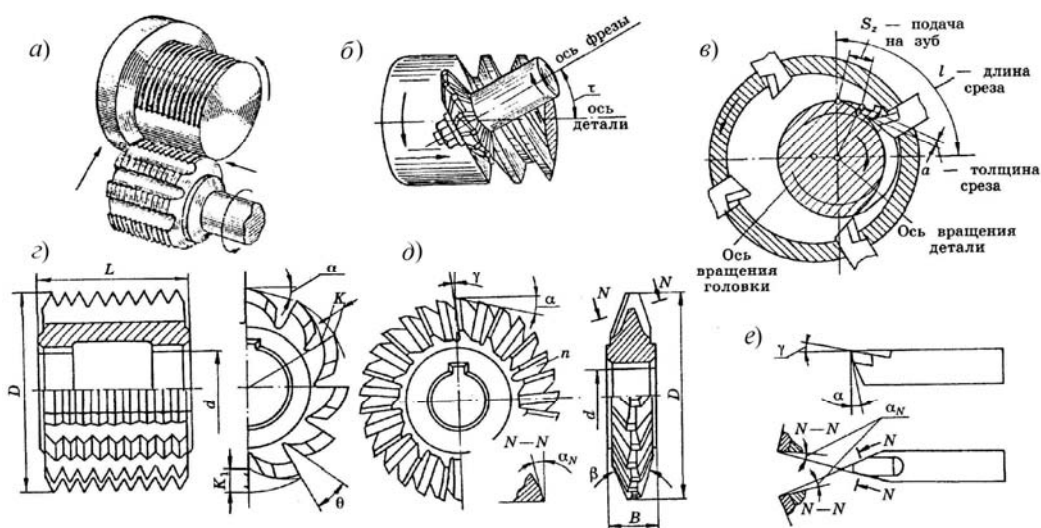


Рисунок 10.3 – Схемы резьбофрезерования и соответствующие им инструменты

Порядок выполнения работы

Ознакомиться с конструкцией и геометрией резьбообразующих инструментов, представленных на планшетах с натурными образцами и плакатах. Составить эскизы выданных инструментов на эскизах показать: контур обрабатываемой поверхности детали; направление векторов скорости главного движения и подачи; поверхности, по которым перетачивают зубья инструментов. Измерить линейные размеры и геометрические параметры инструментов. Результаты измерений свести в прилагаемые таблицы (таблицы 10.1 и 10.2).

Таблица 10.1 – Конструктивные параметры инструмента

Наименование инструмента	Наружный диаметр d , мм	Шаг резьбы S , мм	Число стружечных канавок Z	Общая длина или толщина L , мм	Длина режущей части $l_{РЕЖ.}$, мм	Длина рабочей части $l_{РАБ.}$, мм

Таблица 10.2 – Основные геометрические параметры инструмента

Наименование инструмента	Передний угол γ , град	Задний угол α , град	Угол в плане φ , град	Угол наклона стружечной канавки ω , град

Содержание отчета

Цель работы Эскиз резьбового инструмента. Таблица 10.1 и таблица 10.2.
Выводы.

Контрольные вопросы

- 1 Какие существуют способы образования резьбы?
- 2 Перечислите типы метчиков.
- 3 Перечислите типы плашек.
- 4 Конструктивные элементы метчика.

11 Изучение конструкций и технологических возможностей оборудования, работающего абразивным инструментом

Цель работы: изучение кинематики, технологических возможностей и настройки плоско-шлифовального станка на шлифование плоской поверхности.

Перечень используемого оборудования: станок плоскошлифовальный модели ЗД721-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 вра-

щения 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: алмаза 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 11.1.

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.

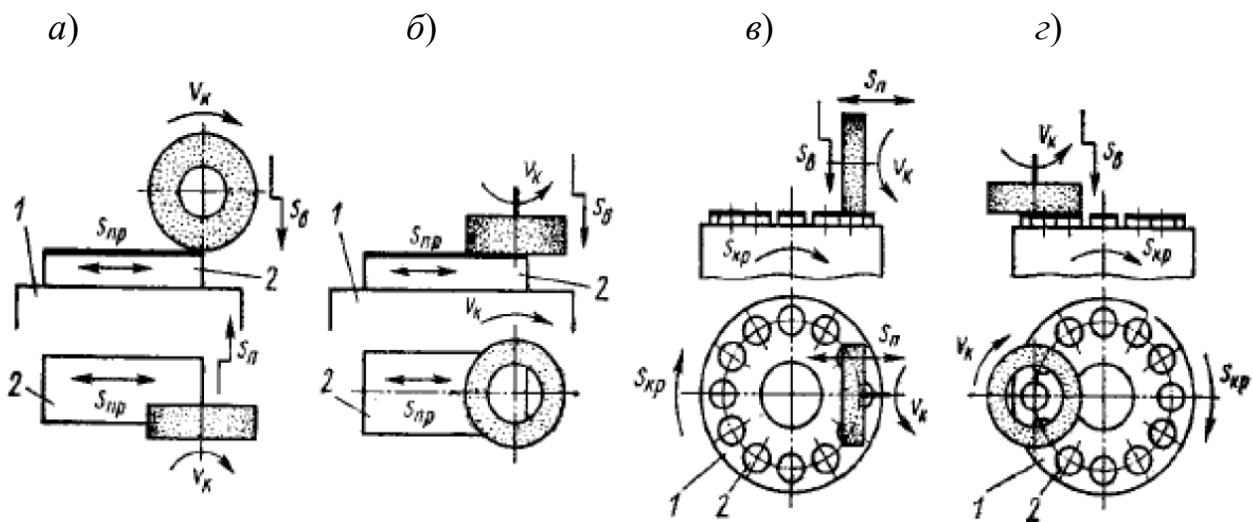


Рисунок 11.1 – Схемы плоского шлифования

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?

12 Изучение параметров абразивного инструмента

Цель работы: ознакомление с различными типами кругов и их характеристиками, изучение способов крепления кругов.

Перечень используемого оборудования: комплекты абразивных инструментов; линейка, штангенциркуль для контроля конструктивных параметров абразивных инструментов.

Основные положения

К основным видам абразивной обработки относятся шлифование, хонингование, суперфиниш, полирование, притирка. Шлифовальные материалы (ГОСТ 3647–80) обозначаются маркой абразивного зерна и зернистостью, указываемой цифрой, в десять раз меньшей размера ячейки нижнего сита, с добавлением буквы, обозначающей содержание основной фракции (*Д* – допустимое, *Н* – нормальное, *П* – повышенное, *В* – высокое). В обозначении микропорошков перед зернистостью указывают букву *М*, а цифра зернистости определяет размер ячейки сита.

Примеры: *шлифпорошок 24А 16-П* – шлифпорошок из белого электрокорунда зернистостью 16 (размер ячейки 160 мкм) с повышенным содержанием основной фракции; *микропорошок 63С М20-Д* – микропорошок карбида кремния зеленого зернистостью 20 (размер ячейки 20 мкм) с допустимым содержанием основной фракции.

Выбор марки абразивного материала определяется характером обработки, видом инструмента и материалом обрабатываемой заготовки. Зернистость и частично уровень режима резания непосредственно влияют на размеры «царапин» на обработанной поверхности, совокупность которых определяет остаточную шероховатость поверхности. Обозначение инструмента включает обозначение формы инструмента, его основные размеры, так называемую характеристику (первые пять из перечисленных выше параметров) и точность изготовления; для вращающегося инструмента – еще и класс неуравновешенности, а для алмазного и эльборового – концентрацию зерен в рабочем слое. Под твердостью абразивного инструмента понимается способность связки удерживать зерна при резании. Классификация инструмента по этому признаку приведена в таблице 12.1.

Таблица 12.1 – Классификация абразивных инструментов по твердости

Группа твердости	Весьма мягкий	Мягкий	Средне-мягкий	Средний	Средне-твердый	Твердый
ГОСТ 3647–80	<i>BM1, BM2</i>	<i>M1, M2, M3</i>	<i>CM1, CM2</i>	<i>C1, C2</i>	<i>CT1, CT2, CT3</i>	<i>T1, T2</i>
Стандарт ISO	<i>F, G</i>	<i>H, I, J</i>	<i>K, L</i>	<i>M, N</i>	<i>O, P, Q</i>	<i>R, S</i>

Имеются еще две градации твердости для обозначения наиболее твердого инструмента: весьма твердый (*BT* и *TU* по ГОСТ и ISO соответственно) и чрезвычайно твердый (*CT* и *V, W, Y, Z*).

Твердость инструмента определяет самозатачиваемость и сохранение исходной формы. Под самозатачиваемостью понимают способность инструмента обновлять зерна на рабочей поверхности по мере их затупления или засаливания под действием сил резания. Засаливание – это процесс налипания удаляемых частиц обрабатываемого материала на поверхности работающих зерен и заполнение пор шламом.

Структура абразивного инструмента обозначается номером группы (с 1 до 12) и представляет собой объемное соотношение зерен и связки с порами. Чем выше номер, тем меньше доля зерен и больше удельный объем пор и связки. Структуры 1...4 относятся к закрытым, 5...8 – средним, 9...12 – открытым. Для инструмента на керамической связке предусмотрены дополнительные группы 13...18 с размерами пор до 3 мм. На выбор структуры инструмента влияют материал заготовки, требования к качеству поверхности, вид обработки и инструмента.

Абразивные круги выпускают трех классов точности (в порядке снижения требований): *AA*, *A* и *B*. Остальной инструмент – двух классов: *A* и *B*. Связка предназначена для закрепления абразивных зерен в инструменте и придания ему необходимой формы. Основой связки могут быть неорганические или органические материалы. Маркировка шлифовальных кругов рассмотрена на рисунке 12.1.

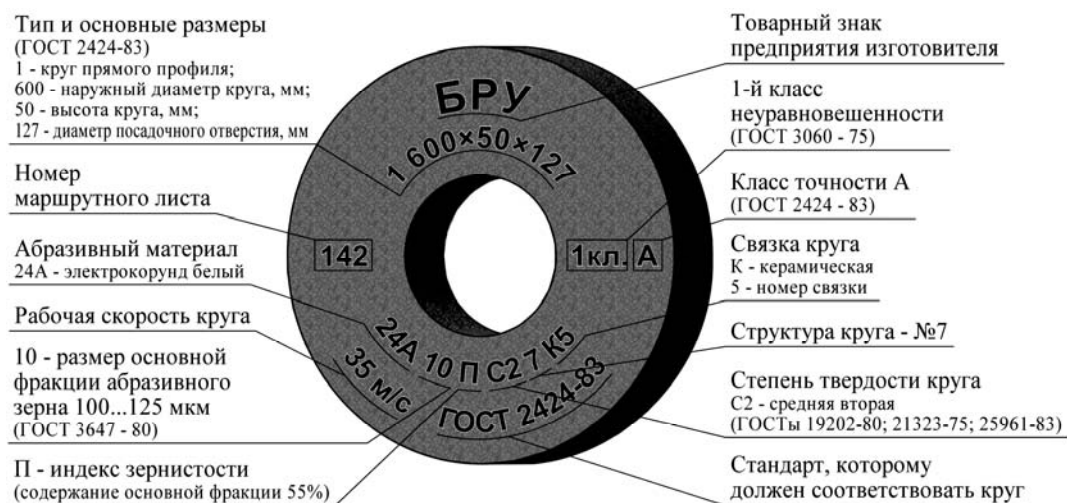


Рисунок 12.1 – Маркировка шлифовальных кругов

Порядок выполнения работы

Получить у лаборанта или преподавателя методические материалы и инструменты. Изучить инструкции по технике безопасности и выполнению работы. По натурным образцам ознакомиться с абразивными инструментами. Составить эскизы выданных инструментов. Провести расшифровку маркировки абразивного инструмента.

Содержание отчета

Цель работы. Эскизы предложенных преподавателем инструментов. Выводы.

Контрольные вопросы

- 1 Какие существуют виды абразивных материалов?
- 2 Что такое твердость круга? Что понимается под структурой круга?

Список литературы

- 1 **Металлорежущие станки: учебник для вузов / В. Д. Ефремов [и др.]; под ред. П. И. Ящерицына.** – Старый Оскол: ТНТ, 2012. – 696 с.
- 2 **Основы технологии механической обработки в машиностроении: учебное пособие для вузов / Под ред. В. К. Шелега, М. Л. Хейфеца.** – Новополоцк: ПГУ, 2008. – 244 с.
- 3 **Ящерицын, П. И.** **Металлорежущие станки: учебник / П. И. Ящерицын, В. Д. Ефремов; под общ. ред. А. И. Кочергина.** – Минск: БГАТУ, 2001. – 446 с.
- 4 **Металлорежущие станки: учебник / Б. И. Черпаков.** – Москва: Академия, 2004. – 368 с.
- 5 **Металлорежущие станки: Лабораторный практикум: в 2 ч.** – Минск: БИТУ, 2006. – Ч. 1. – 74 с.
- 6 **Сибикин, М. Ю.** **Технологическое оборудование: учебник / М. Ю. Сибикин.** – Москва: ФОРУМ; ИНФРА-М, 2005. – 400 с.
- 7 **Мрочек, Ж. А.** **Прогрессивные технологии восстановления и упрочнения деталей машин: учебное пособие / Ж. А. Мрочек, Л. М. Кожуро, И. П. Филонов.** – Минск: Технопринт, 2000. – 268 с.