

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
Белорусский национальный технический университет

Инженерно-педагогический факультет
Кафедра «Профессиональное обучение и педагогика»

Е. П. Дирвук

Фрезерные работы

Пособие к лабораторным работам для студентов
специальности 1-08 01 01-01 «Профессиональное
обучение (по направлениям)», направления специальности
1-08 01 01-01 «Профессиональное обучение (машиностроение)»

*Рекомендовано учебно-методическим объединением
по профессионально-техническому обучению*

Минск
БНТУ
2018

УДК 621.914
ББК 34.634
Д47

Рецензенты:

директор учреждения образования «Минский профессионально-технический колледж строительства и коммунального хозяйства», кандидат педагогических наук *А. В. Лукьянович*;
преподаватель высшей категории учреждения образования «Минский государственный лицей № 3 машиностроения» *В. С. Мычко*;
кафедра технологии и дизайна изделий из древесины учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет»
(зав. кафедрой – кандидат технических наук, доцент *С. В. Шетько*)

Дирвук, Е. П.

Д47 Фрезерные работы : пособие к лабораторным работам для студентов специальности 1-08 01 01-01 «Профессиональное обучение (по направлениям)», направления специальности 1-08 01 01-01 «Профессиональное обучение (машиностроение)» / Е. П. Дирвук. – Минск: БНТУ, 2018. – 105 с.
ISBN 978-985-550-670-7.

Пособие предназначено для оказания помощи студентам специальности 1-08 01 01-01 «Профессиональное обучение (машиностроение)» в выполнении лабораторных работ по дисциплине «Производственное обучение» (профессиональный модуль «Фрезеровщик»).

В пособии представлены основные теоретические положения и инструментально-практические сведения к данным лабораторным работам, а также описание особенностей выполнения фрезерных работ сложностью 2–3 разряда.

**УДК 621.914
ББК 34.634**

ISBN 978-985-550-670-7

© Дирвук Е. П., 2018
© Белорусский национальный
технический университет, 2018

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1. ПРОПЕДЕВТИКА. ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ	6
1.1. Общие сведения о процессе фрезерования металла. Номенклатура фрезерных работ. Организация рабочего места фрезеровщика	6
1.2. Общие правила охраны труда и пожарной безопасности во фрезерной мастерской (лаборатории)	10
1.3. Разновидности, маркировка и общее устройство фрезерных станков	12
1.4. Краткие сведения о классификации, конструкции и геометрии фрез	17
1.5. Режимы резания и охлаждения при фрезеровании	22
1.6. Технологическая оснастка, применяемая при фрезеровании	25
1.7. Контрольно-измерительный инструмент	34
2. ТЕХНОЛОГИЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ТИПОВЫХ ФРЕЗЕРНЫХ ОПЕРАЦИЙ СЛОЖНОСТЬЮ 2–3 РАЗРЯДА	41
2.1. Технология фрезерования плоских поверхностей	41
2.2. Технология фрезерования уступов, прямоугольных пазов, канавок	51
2.3. Технология разрезания металла и прорезания шлиц	61
2.4. Технология фрезерования профильных пазов и канавок	62
2.5. Технология фрезерования фасонных поверхностей	67
3. КОМПЛЕКСНЫЕ ВИДЫ ФРЕЗЕРОВАНИЯ	73
3.1. Общее представление о производственном и технологическом процессе. Обобщенный алгоритм умственных действий фрезеровщика	73
3.2. Оформление технологического маршрута фрезерования деталей машин	74

4. ФРЕЗЕРОВАНИЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ УНИВЕРСАЛЬНЫХ ДЕЛИТЕЛЬНЫХ ГОЛОВОК (УДГ)	78
4.1. Общее устройство и принадлежности УДГ. Способы деления УДГ	78
4.2. Фрезерование многогранников	85
4.3. Фрезерование прямозубых цилиндрических колес.....	87
4.4. Фрезерование угловых канавок и шлицев на цилиндрических поверхностях.....	96
4.5. Фрезерование кулачковых муфт с четным и нечетным числом зубьев.....	99
 ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ.....	 103
 СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	 105

ВВЕДЕНИЕ

Цель пособия заключается в формировании у студентов специальности 1-08 01 01 направления 01 «Машиностроение» основ рабочей квалификации фрезеровщика 2–4 разряда, необходимых для успешной работы по окончании вуза в качестве мастеров производственного обучения в учреждениях профессионально-технического и среднего специального образования Республики Беларусь.

Одними из основных задач преподавания профессионального модуля «Фрезеровщик» учебной дисциплины «Производственное обучение» являются:

1. Изучение и освоение специфических особенностей основных трудовых приемов и операций в профессиональной деятельности фрезеровщика 2–4 разряда.

2. Разработка технологических маршрутов фрезерования деталей машин сложностью 2–4 разряда.

3. Воспитание ответственности, самостоятельности, аккуратности, дисциплинированности, трудолюбия, самообладания, уравновешенности студентов.

4. Развитие устойчивости внимания, зрительной и моторной памяти, точности и скоординированности движений рук студентов, способности их к анализу учебно-производственных ситуаций, четкого различия звуковых раздражителей по громкости, тону и скорости для контроля за правильностью выполнения отдельных операций или их комплексов, за ритмом работы фрезерного станка.

В целях закрепления и совершенствования профессиональных знаний и умений студентов, сформированных в результате изучения данного профессионального модуля, учебным планом предусмотрена учебная (станочная) практика на штатных рабочих местах производственных предприятий или организаций Республики Беларусь с последующим присвоением квалификации «Фрезеровщик» 2–4 разряда.

При написании данного пособия были использованы классические материалы подобных произведений в данной области (Барбашов Ф. А., Бергер И. И., Мычко В. С. и др.).

Автор выражает особую признательность оператору ЭВМ Гапановичу Дмитрию Сергеевичу и студентке группы 109319 Кулак Елизавете Анатольевне за помощь в подготовке к изданию данного пособия.

1. ПРОПЕДЕВТИКА. ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Общие сведения о процессе фрезерования металла. Номенклатура фрезерных работ. Организация рабочего места фрезеровщика

1.1.1. Общие сведения о процессе фрезерования металла

Фрезерование является распространенным видом механической обработки. Фрезерование ведется многолезвийными инструментами – фрезами. *Фреза* представляет собой тело вращения, у которого режущие зубья расположены на цилиндрической или на торцевой поверхности. В зависимости от этого некоторые фрезы соответственно называются цилиндрическими или торцовыми, а само выполняемое ими фрезерование – *цилиндрическим* или *торцовым*.

Главное движение придается фрезе, *движение подачи* обычно придается обрабатываемой детали, но может придаваться и инструменту – фрезе. Чаще всего оно является поступательным, но может быть вращательным или сложным. Процесс фрезерования отличается от других процессов резания тем, что каждый зуб фрезы за один ее оборот находится в работе относительно малый промежуток времени. Большую часть оборота зуб фрезы проходит, не производя резания. Это благоприятно сказывается на стойкости фрез. Другой отличительной особенностью процесса фрезерования является то, что каждый зуб фрезы срезает стружку переменной толщины (рис. 1.1).

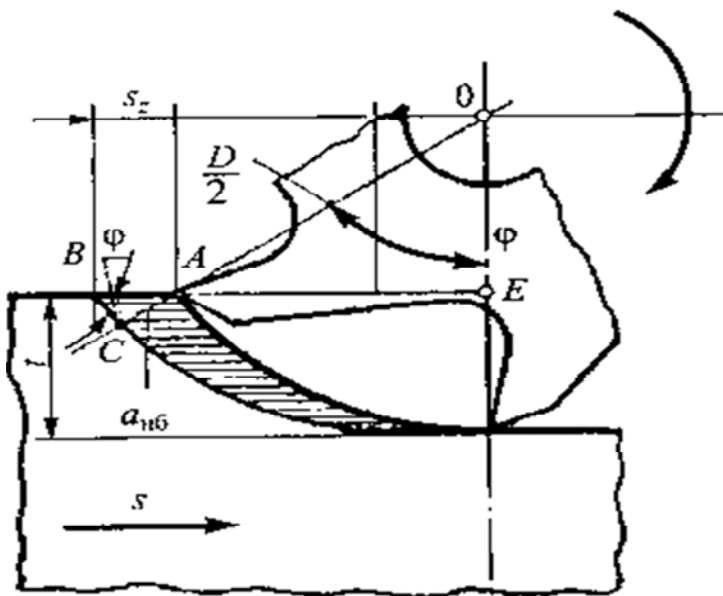


Рис. 1.1.1. Схема изменения толщины стружки при фрезеровании

1.1.2. Номенклатура фрезерных работ

Типовые работы, выполняемые на фрезерных станках можно разделить на несколько видов:

1. Фрезерование простых горизонтальных, вертикальных и наклонных поверхностей и скосов на горизонтально-фрезерных и вертикально-фрезерных станках.
2. Фрезерование прямоугольных уступов с одной и двух сторон, пазов и канавок различной формы (включая шпоночные пазы), отрезание металла и прорезание шлиц.
3. Фрезерование специальных пазов (Т-образных пазов и пазов типа «ласточкин хвост») с использованием одноугловых или Т-образных фрез.
4. Фрезерование фасонных поверхностей различными способами.
5. Фрезерование деталей с применением универсально-делительной головки (УДГ): многогранников, кулачковых полумуфт, прямозубых и косозубых цилиндрических зубчатых колес, пазов и канавок на цилиндре, конусе и торце.

6. Фрезерование деталей со сложной установкой (окон, проемов и отверстий корпусных деталей, вилок, рычагов, винтовых каналов и др.).

7. Фрезерование резьб гребенчато-резьбовыми или дисковыми резьбовыми фрезами на специализированном оборудовании.

По размеру обрабатываемые заготовки подразделяются на: мелкие (до 200 мм), средние (200–500 мм) и крупные (свыше 500 мм); *по точности*: точные (выполняются по 8–11 качеству точности с шероховатостью $R_a = 6,3$ мкм и детали невысокой точности (к которым предъявляются менее жесткие технические требования).

1.1.3. Организация рабочего места фрезеровщика

Участок площади цеха, оснащенный всем необходимым в соответствии с характером выполняемых работ и закрепленный за рабочим, называется рабочим местом. На рабочем месте расположены: устройства для хранения заготовок 1 и обработанных деталей 2, станок 3, инструкция по технике безопасности 5, защитный экран подъемного типа 6, пюпитр для чертежей и технической документации 7, инструментальная тумбочка 8, деревянная решетка (трап) 9, тележка 10 (рис. 1.2). На рабочем месте фрезеровщика следует предусмотреть наиболее удобное для работы размещение напильника, щетки-сметки, молотка, обеспечить безопасность работы, нормальные условия труда и условия для поддержания необходимой чистоты.

Фрезеровщик должен быть внимательным и следить за порядком на своем рабочем месте, т. к. фрезерный станок является зоной повышенной опасности. Бракованные заготовки, стружку и отходы производства необходимо своевременно убирать.

Кроме того, образцовое содержание рабочего места – залог повышения производительности труда и качества обрабатываемых деталей.

Рациональная организация рабочего места фрезеровщика должна обеспечить полную безопасность работы, рациональное освещение, нормальную температуру, влажность, чистоту воздуха.

Пол вокруг станка не должен иметь выбоин и неровностей, из-за которых рабочий мог бы споткнуться и упасть.

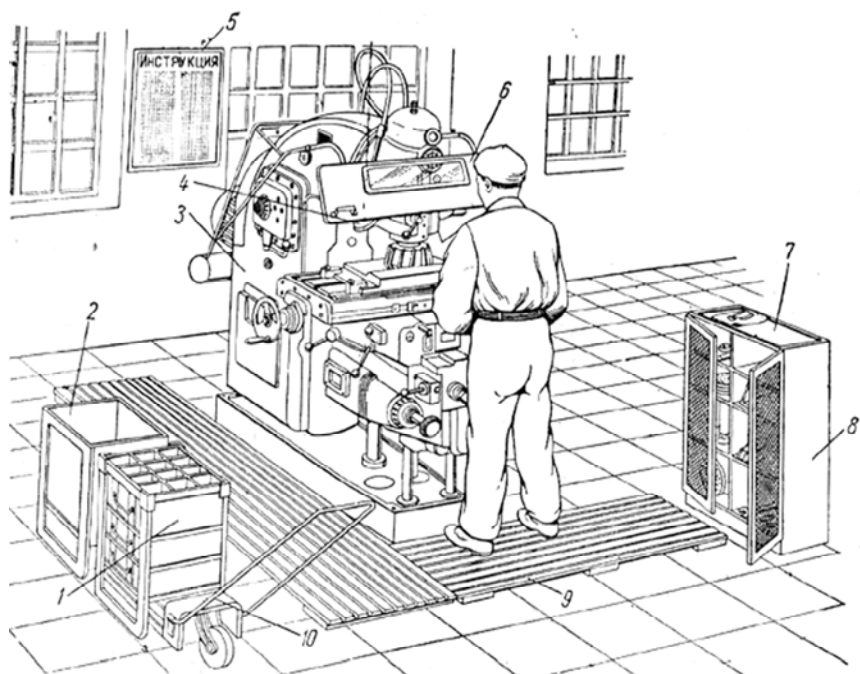


Рис. 1.2. Организация рабочего места фрезеровщика

Эффективная эксплуатация фрезерного станка обеспечивается постоянным уходом за рабочим местом: смазкой узлов станка в соответствии с требованиями, изложенными в руководстве по его эксплуатации; периодической проверкой точности перемещения узлов станка (стола и др.) и при необходимости соответствующей регулировкой. В обязанности фрезеровщика входит также уборка стружки, смазывающих и охлаждающих технологических сред (СОТС), а также контроль исправности электрооборудования и электропроводки.

При смазке станка надо следить, чтобы масло не вытекало из масленок и не разливалось по полу вокруг станка, чтобы охлаждающая жидкость не вытекала через неплотности в трубопроводах и не выплескивалась из корыта в основании станка, поскольку пол от масла и охлаждающей жидкости становится скользким, рабочий может поскользнуться, упасть и получить травму.

Несвоевременная уборка стружки также может привести к антисанитарии, мелким порезам рук, ног и даже к несчастным случаям.

Проходы между станками не должны загромождаться деталями, шкафчиками, тумбочками, приспособлениями. Узкий или загроможденный проход также может быть причиной несчастного случая.

1.2. Общие правила охраны труда и пожарной безопасности во фрезерной мастерской (лаборатории)

Охрана труда и пожарная безопасность – система сохранения жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности, включающая в себя правовые, социально-экономические, организационно-технические, санитарно-гигиенические, лечебно-профилактические, противопожарные, реабилитационные и иные мероприятия.

К важнейшим элементам правил охраны труда относятся правила техники безопасности во фрезерной мастерской (лаборатории), которые должны неукоснительно соблюдаться студентами до начала работы, в течение работы и по окончании работы.

Правила техники безопасности до начала работы:

– привести в порядок рабочую одежду (застегнуть обшлага рукавов, заправить одежду так, чтобы не было свисающих концов, убрать волосы под головной убор);

– подготовить рабочее место (убрать все лишнее, подготовить и аккуратно разложить инструменты и приспособления, сложить заготовки в предназначенную для них тару);

– проверить состояние станка и убедиться в исправности ограждений, заземляющего провода, пусковых и тормозных устройств, рукояток и маховичков управления станком;

– проверить наличие и состояние деревянной подножной решетки. Она должна быть прочно собранной, сухой и не иметь сквозных металлических креплений.

Во избежание поражения электрическим током станок должен быть заземлен. В случае неисправности изоляции в электродвигателе, пусковой аппаратуре или проводке происходит замыкание на корпус, но при наличии заземления электрический ток пойдет в землю и фрезеровщик не будет поражен электрическим током.

Правила техники безопасности в течение работы:

- надежно закреплять инструменты, приспособления и заготовки (при установке фрез на станок надевать брезентовые рукавицы);
- не пользоваться неисправными или значительно изношенными приспособлениями, ключами и оправками;
- устанавливая на станок тяжести массой более 16 кг (для девушек свыше 10 кг), применять подъемные устройства или прибегать к помощи подсобного рабочего;
- во время работы станка не производить установку и снятие заготовок, измерение, регулировку, чистку и смазку станка;
- не облокачиваться на станок и не прижиматься к нему во время работы;
- для защиты себя и окружающих от стружки при работе твердосплавными фрезами пользоваться защитным экраном и очками;
- во избежание порезов рук или попадания стружки в глаза, не удалять ее со станка голыми руками или сжатым воздухом, а пользоваться для этого щеткой или специальным скребком;
- соблюдать порядок на рабочем месте: правильно укладывать заготовки и детали, не загромождать проходы, своевременно убирать стружку, следить, чтобы пол не заливался охлаждающей жидкостью и маслом, под ногами иметь сухую деревянную решетку;
- не открывать дверцы электрошкафов и не производить какую-либо регулировку электроаппаратуры;
- при появлении искр на деталях станка или ощущении действия тока при соприкосновении с ними работу следует немедленно прекратить и принять меры по исправлению электропроводки электриком;
- в темное время светильник местного освещения отрегулировать так, чтобы свет не слепил глаза;
- станок во время работы нельзя оставлять без надзора, а при любом даже кратковременном уходе с рабочего места электродвигатель следует выключать.

Правила техники безопасности по окончании работы.

- отключить станок от электросети, очистить и смазать тонким слоем индустриального масла его направляющие и рабочую поверхность стола станка;
- убрать и привести в порядок рабочее место;
- обо всех недостатках в работе фрезерного станка сообщить сменщику, лаборанту или мастеру производственного обучения.

1.3. Разновидности, маркировка и общее устройство фрезерных станков

1.3.1. Разновидности и маркировка фрезерных станков

Фрезерные станки – это металлорежущее оборудование, обрабатывающее металлические поверхности с помощью фрез.

В зависимости от назначения фрезерные станки подразделяются на *станки общего назначения* (консольно-, бесконсольно- и продольно-фрезерные станки), *специальные* (копировально-фрезерные, зубофрезерные, шпоночно-фрезерные, резьбо-фрезерные и др.) и *специализированные* (для выполнения строго определенной операции).

В соответствии с принятой системой условных обозначений, каждой модели фрезерного станка присваивается определенное цифровое и буквенное обозначение в виде маркировки или шифра, состоящего из трех или четырех цифр и букв.

Первая цифра *б* показывает принадлежность станка к фрезерной группе.

Вторая цифра обозначает тип станка в группе. Фрезерные станки, составляющие 6-ю группу, делятся на девять типов: *1* – консольные вертикально-фрезерные; *2* – карусельно-фрезерные; *3* – свободная группа; *4* – копировально-фрезерные; *5* – вертикальные бесконсольные; *6* – продольно-фрезерные; *7* – консольно-фрезерные операционные; *8* – консольно-фрезерные горизонтальные; *9* – разные.

Третья цифра (*0, 1, 2, 3, 4*) условно обозначает основные размеры станка, к которым относится размер рабочей поверхности стола и его размерная гамма. По каждому типоразмеру выпускается полная гамма станков.

Кроме цифр в шифр станка часто включаются также различные буквы.

Если буква стоит между первой и второй цифрами, это означает, что конструкция станка подверглась усовершенствованию по сравнению с прежней моделью. Буква, стоящая в конце номера станка, показывает изменение основной, или, как принято говорить, «базовой» его модели и означает: *Г* – станок горизонтально-фрезерный, не имеющий поворотного стола, *П* – вертикально-фрезерный, оснащенный поворотной шпиндельной головкой, *Ш* – широкоуниверсальный.

Например, шифром 6P11 обозначается вертикально-фрезерный станок с 1-м типоразмером рабочего пространства стола; 6P82Г – горизонтально-фрезерный станок 2-го типоразмера, не оснащенный поворотным элементом стола; 6M82Ш – широкоуниверсальный (Ш) консольно-фрезерный станок 2-го типоразмера, отличающийся наличием двух шпинделей: вертикального и горизонтального.

1.3.2. Общее устройство вертикально-фрезерных станков

Основное предназначение этих станков – это механическая обработка заготовок из черных и цветных металлов и сплавов. В станине 2 размещена коробка скоростей 1. Шпиндельная головка 3 смонтирована в верхней части станины и может поворачиваться в вертикальной плоскости, при этом ось шпинделя 4 можно поворачивать под углом к плоскости рабочего стола 5. Главным движением является вращение шпинделя. Стол, на котором закрепляют заготовку, имеет продольное перемещение по направляющим салазок 6. Салазки 7 имеют поперечное перемещение по направляющим консоли, которая перемещается по вертикальным направляющим станины, т. е. заготовка, установленная на столе 5, может получать подачу в трех направлениях. В консоли смонтирована коробка подач 8 (рис. 1.3).

В качестве режущего инструмента на вертикально-фрезерных станках применяются различные типы фрез (торцевые, концевые, шпоночные, угловые, фасонные и др.) Вертикально-фрезерные станки предназначены для обработки вертикальных и горизонтальных плоских поверхностей. Однако при использовании специализированной технологической оснастки (делительные головки и круглые поворотные столы) появляется возможность механической обработки более сложных поверхностей деталей машин.

Консольные вертикально-фрезерные станки получили наибольшее применение в единичном мелкосерийном и серийном производстве. Они заняли достойное место на фрезерных участках механообрабатывающих, инструментальных, ремонтных цехов и небольших мастерских.

Конструкция вертикально-фрезерного станка такова, что имеется возможность поворота на определенный угол и изменения наклона оси шпинделя по отношению к рабочей поверхности стола. Основным движением резания является вращение режущего инструмента.

Крутящий момент шпинделю передается от главного электродвигателя 9 через коробку скоростей 1 (рис. 1.3).

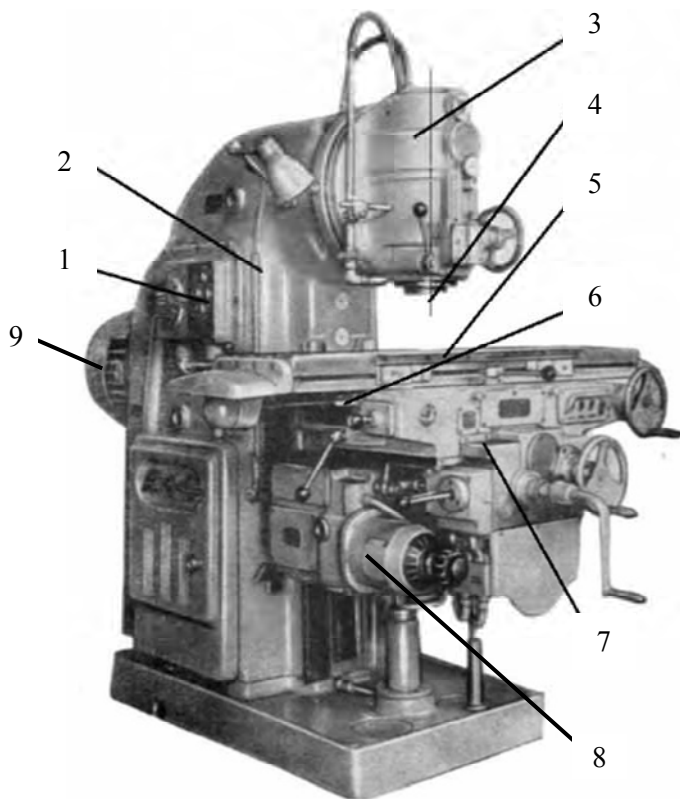


Рис. 1.3. Общий вид вертикально-фрезерного станка модели 6M12П

Обрабатываемая деталь устанавливается на столе, который может перемещаться в продольном и поперечном направлении по направляющим суппорта. Суппорт вертикально-фрезерного станка крепится к направляющим станины и может совершать перемещения в вертикальной плоскости. Во время механической обработки заготовки, расположенной на рабочем столе, возможно одновременное ее перемещение по трем направлениям. Рабочая подача передается от главного привода через коробку подач, размещенную в левой части консоли станка.

Для надежной фиксации заготовки на рабочем столе используются различные приспособления (универсальные и специализированные). К первой группе приспособлений можно отнести станочные тиски, прихваты, призмы, подкладки, универсальные сборные приспособления (УСП) и пр. При обработке больших партий заготовок возможно применение специализированной оснастки с пневмо- и гидроприводом. Применение данного типа приспособлений дает возможность увеличения производительности труда за счет сокращения времени на установку, закрепление и снятие детали.

1.3.3. Общее устройство горизонтально-фрезерных станков

Принцип работы горизонтально-фрезерного станка основан на передвижении движущегося стола с заготовкой под вращающейся неподвижной фрезой. Такие станки могут быть как консольными, так и бесконсольными. На горизонтально-фрезерных станках производится обработка заготовок и деталей сравнительно небольшого размера и веса. Стол имеет два направления движения в одной плоскости. Возможно использование любых видов фрез: цилиндрических, торцовых, дисковых, концевых, пальцевых, фасонных и т. д. С помощью этих станков можно обрабатывать не только горизонтальные, но и вертикально расположенные плоские поверхности, а также уступы, пазы, скосы и др. При помощи делительных устройств возможна очень высокая точность обработки сложных заготовок (зубчатых колес, муфт, канавок на цилиндре, конусе и торце).

Все основные узлы горизонтально-фрезерного станка закреплены на станине, внутри нее расположены механизмы управления скоростями и прочая механика. Часть моделей этих станков являются широкоуниверсальными, благодаря большой площади стола и поворотным головкам фрезы. Управление станком осуществляется с приборной панели, которая может быть сдублирована для удобства управления в левой части станины.

Горизонтальные консольно-фрезерные станки (рис. 1.4) имеют горизонтально расположенный, не меняющий своего места шпиндель 1. Стол 2 может перемещаться перпендикулярно к оси шпинделя 3 в горизонтальном и вертикальном направлениях и вдоль оси, параллельной ей.

Горизонтально-фрезерные станки используются не только в маленьких цехах, но и на очень больших машиностроительных предприятиях.

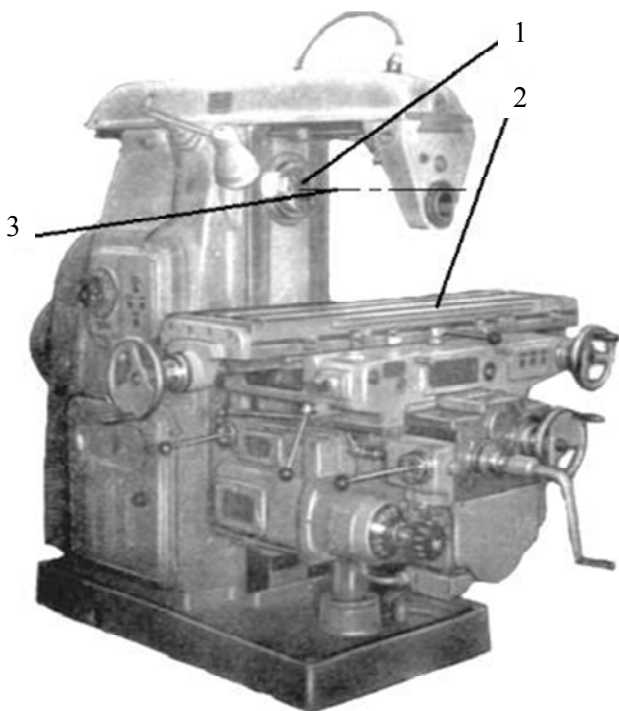


Рис. 1.4. Общий вид горизонтально-фрезерного станка модели 6M82Г

1.3.4. Отличительные особенности универсальных и широкоуниверсальных фрезерных станков

Универсально-фрезерные станки имеют горизонтально расположенный шпиндель и поворотное устройство стола под углом 45° в обе стороны. Они предназначены для фрезерования разнообразных поверхностей на небольших деталях цилиндрическими, дисковыми, угловыми, концевыми, фасонными, торцовыми фрезами. На этих станках можно обрабатывать вертикальные и горизонтальные фасонные и винтовые поверхности, пазы, наклонные поверхности и скосы в условиях единичного и серийного производства.

Фрезерование деталей, требующих периодического деления или винтового движения, выполняют с использованием специальных делительных приспособлений.

Широкоуниверсальные фрезерные станки (рис. 1.5) отличаются наличием двух шпинделей: горизонтального 5 и вертикального поворотного 4. Последний смонтирован при помощи поворотной шпиндельной головки 3 на выдвижном хоботе 2, внутри которого встроена автономная коробка скоростей с электродвигателем 1. Конструкция шпиндельной головки позволяет устанавливать шпиндель под разными углами наклона в двух взаимно перпендикулярных плоскостях, что значительно расширяет технологические возможности станка при обработке деталей сложной формы.

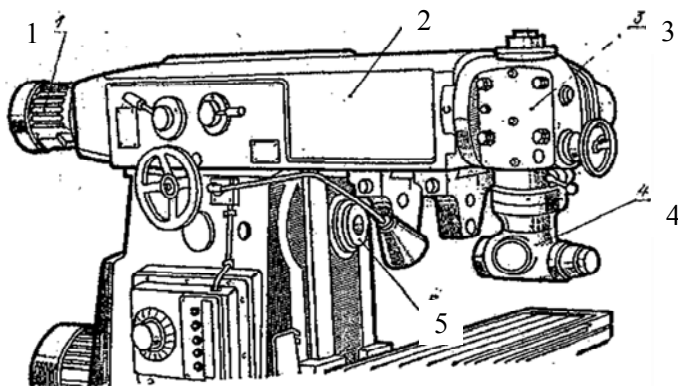


Рис. 1.5. Общий вид широкоуниверсального консольно-фрезерного станка модели 6P82M

1.4. Краткие сведения о классификации, конструкции и геометрии фрез

1.4.1. Классификация и конструктивные особенности фрез

Фреза – многолезвийный режущий инструмент.

Применяемые в производстве фрезы можно классифицировать по ряду признаков:

– *по назначению* на фрезы общего назначения (цилиндрические, торцовые, концевые, отрезные, пазовые, дисковые двух- и трехсторонние, угловые) и специализированные (резьбовые, зуборезные, фасонные, Т-образные и др.) – для определенных видов работ (рис. 1.6);

- по направлению зубьев – на прямозубые и косозубые (винтовые);
- по форме зубьев – на остроконечные и затылованные;
- по направлению резания – на праворежущие и леворежущие;
- по конструкции – на цельные, сварные и сборные (с клиновым креплением режущих ножей, с механическим креплением непертачиваемых пластин);
- по способу установки на станке – на насадные и хвостовые;
- по величине зубьев – на мелкозубые и крупнозубые;
- по материалу режущей части – на быстрорежущие (P6M5 – 6 % W + 5 % Mo + 89 % Fe); оснащенные твердым титанокобальтовым: T5K10 (5 % TiC + 10 % Co + 85 % WC), вольфрамокобальтовым: BK8 (8 % Co + 92 % WC), титано-танталокобальтовым TT12K7 (6 % TiC + 6 % Ta + 7 % Co + 81 % WC) сплавами или керметами; сверхтвердыми материалами на основе плотных форм нитрида бора (эльбор-Р, гексанит-Р, исмит, композит, белбор) или синтетическими поликристаллическим алмазами (баллас-АСБ, карбонадо-АСПК, дисмит, АСПВ, СВС, СВАБ) и др.

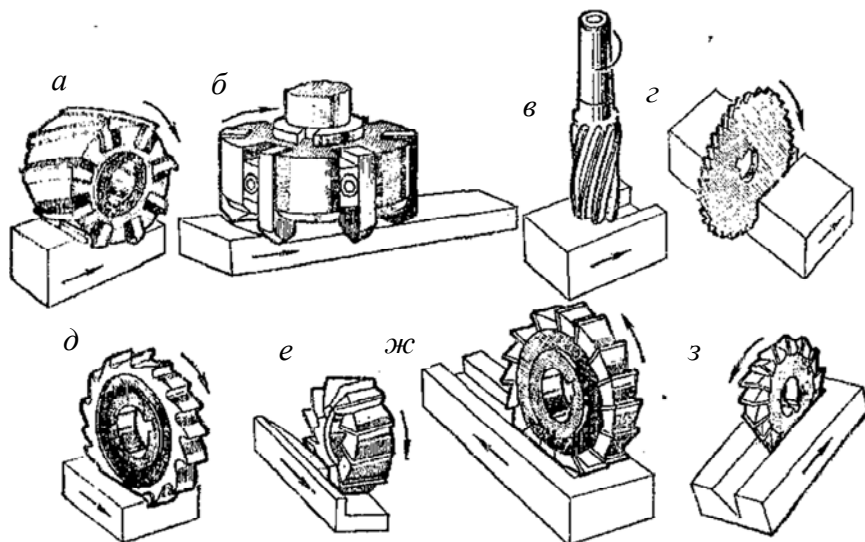


Рис. 1.6. Фрезы общего назначения:

а – цилиндрические, *б* – торцовые, *в* – концевые, *г* – отрезные, *д* – пазовые, *е, ж, з* – дисковые двух- и трехсторонние

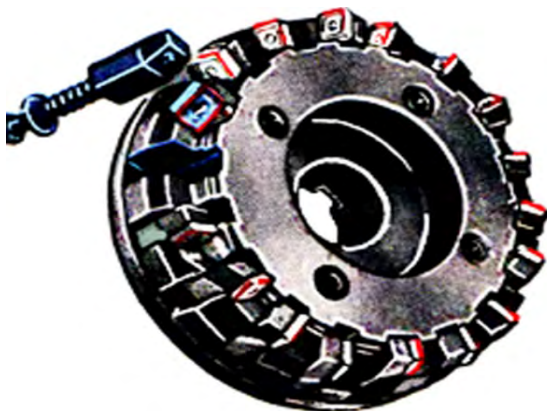


Рис. 1.7. Торцовая фреза с механическим креплением твердосплавных пластин

Отдельно выделяют механические *фрезерные головки* – фрезы со сменными пластинами из твердого сплава и быстрорежущей стали. На рис. 1.7 представлена торцовая фреза с механическим креплением твердосплавных пластин.

Геометрические параметры фрезы составляют взаимное положение рабочих поверхностей зубьев и их форма. Основные элементы фрезы – лезвия, поверхности зубьев и углы между ними.

Фреза является режущим многозубым (многолезвийным) инструментом, причем каждый зуб представляет собой простейший резец.

1.4.2. Главные углы фрезы

На рис. 1.8 показаны элементы зуба дисковой фрезы и ее главные углы.

Передняя поверхность зуба фрезы образует с вертикальной плоскостью передний угол γ ; *задняя поверхность* зуба образует с обработанной поверхностью заготовки задний угол α ; передняя поверхность зуба образует с задней поверхностью зуба угол заострения β . Угол резания δ образован передней поверхностью зуба с обработанной поверхностью заготовки:

$$\alpha + \beta + \gamma = 90^\circ.$$

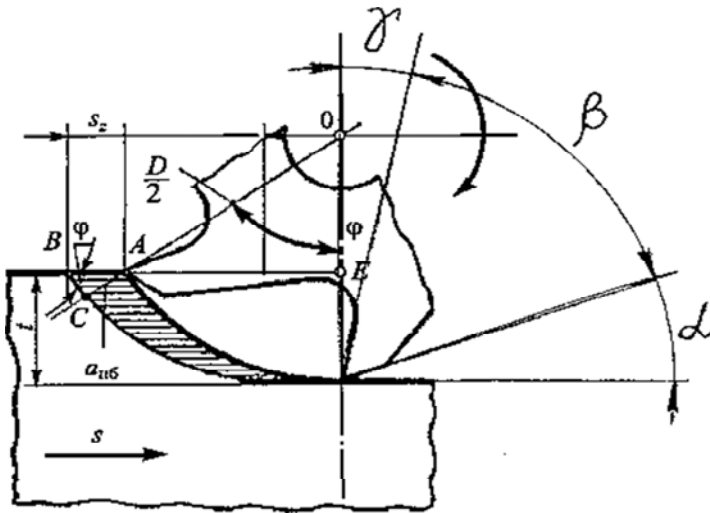


Рис. 1.8. Главные углы дисковой фрезы

Режущая кромка образована пересечением передней и задней поверхностей. Непосредственно к режущей кромке зуба фрезы примыкает узкая полоска-ленточка, так называемая фаска, шириной около 0,1 мм. *Ленточка*, или фаска, обеспечивает правильную заточку фрезы.

Наружный диаметр фрезы, размеры и форма впадины зуба для размещения и выхода стружки, высота и профиль зуба, количество зубьев или их шаг также являются *элементами фрезы*.

Выбор правильной величины режущих элементов фрезы является решающим средством для получения наилучших результатов при фрезеровании. Совокупность геометрических размеров режущих углов, размеров и формы зубьев фрезы называют геометрией фрезы.

1.4.3. Углы в плане и углы наклона главной режущей кромки

Положение режущих кромок относительно рабочего торца фрезы определяется углами в плане (рис. 1.9, а): главным φ , вспомогательным φ_1 и углом при вершине ε , сумма которых равна 180° .

$$\varphi + \varphi_1 + \varepsilon = 180^\circ.$$

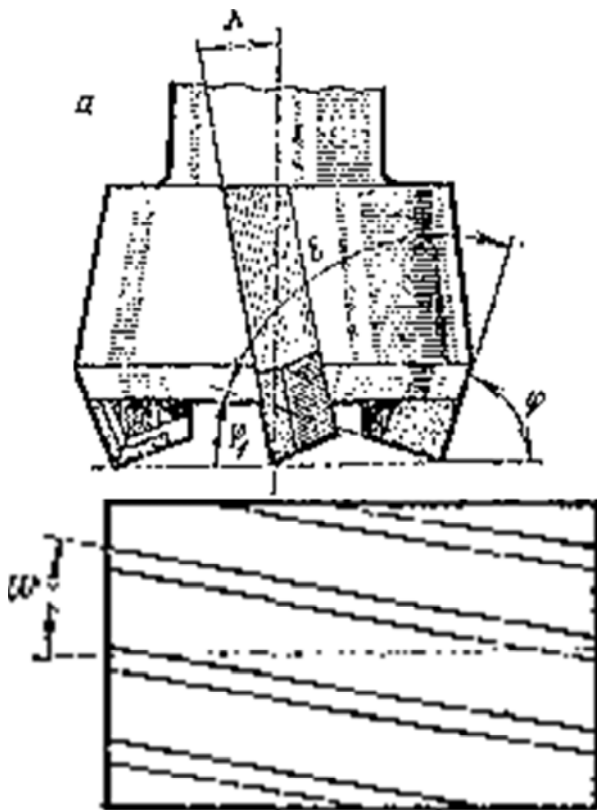


Рис. 1.9. Углы в плане и углы наклона главных режущих кромок зубьев фрез

В торцовых фрезах обычно главная режущая кромка обработана под углом ϕ , называемым главным углом в плане (в общем случае принимают равным $45-60^\circ$).

Для уменьшения трения зуба по обработанной поверхности вспомогательная режущая кромка ошлифована на угол ϕ_1 называемый вспомогательным углом в плане.

Для создания благоприятных условий врезания зубьев в обрабатываемый материал, их главные режущие кромки располагают под углом наклона к осевой плоскости фрезы. Для торцовых фрез этот угол обозначают буквой λ , для цилиндрических ω (рис. 1.9, б).

1.5. Режимы резания и охлаждения при фрезеровании

1.5.1. Режимы резания при фрезеровании

Для обработки деталей фрезерный станок настраивают на определенные режимы резания, которые состоят из четырех элементов (рис. 1.10): ширины фрезерования B , глубины резания t , подачи s и скорости резания v .

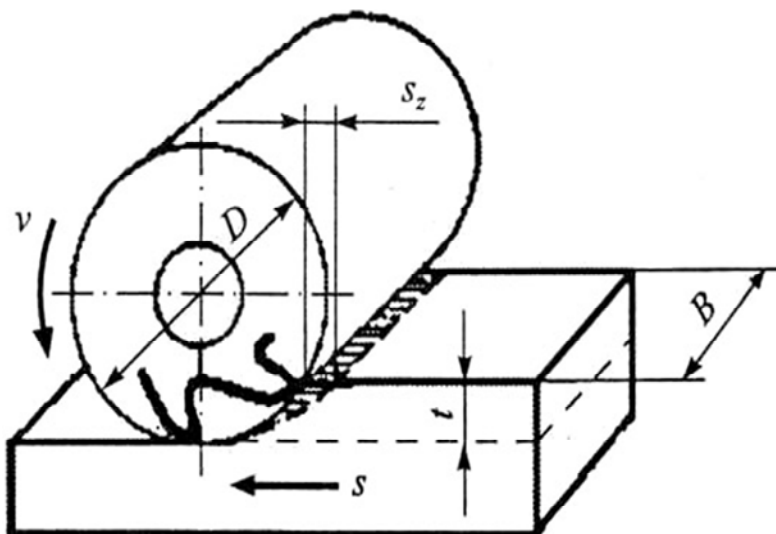


Рис. 1.10. Элементы режима резания при фрезеровании

Шириной фрезерования B считается ширина поверхности, обрабатываемой за один проход заготовки относительно фрезы (мм).

Глубиной резания t называется толщина слоя металла, срезаемого за один проход заготовки относительно фрезы (мм).

Для всех видов фрезерных работ ширина фрезерования измеряется вдоль оси фрезы, а глубина резания – в радиальном направлении (рис. 1.11, *а, б, в, г, з, к, л*), за исключением обработки плоскостей торцовыми и концевыми фрезами, когда их ось перпендикулярна обрабатываемой поверхности (см. рис. 1.11, *д, е, ж, и*).

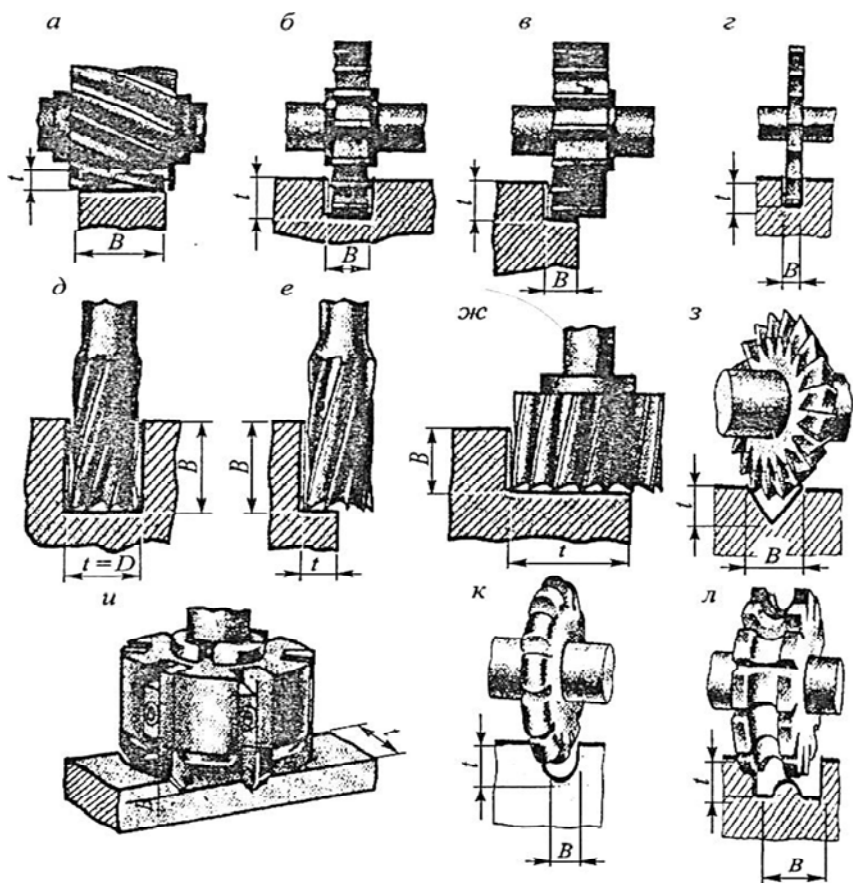


Рис. 1.11. Ширина фрезерования B и глубина резания t при обработке деталей машин на фрезерных станках

Подачей S называется путь, проходимый заготовкой относительно фрезы в единицу времени. Различают три вида подачи: на зуб, на оборот и минутную.

Подача на зуб S_z – это путь перемещения заготовки за время поворота фрезы на один зуб (мм/зуб).

Подачей на оборот S_0 является путь перемещения заготовки за время поворота фрезы на один оборот (мм/об).

Минутной подачей S_m называют путь перемещения заготовки за одну минуту (мм/мин).

Зависимости указанных подач выражаются формулами:

$$S_o = S_z \cdot z,$$
$$S_M = S_o \cdot n = S_z \cdot z \cdot n,$$

где z – число зубьев фрезы;

n – частота вращения фрезы, мин^{-1} .

Скоростью резания v называется путь, проходимый наиболее удаленной от оси вращения точкой режущей кромки фрезы в минуту (м/мин).

Формула для расчета скорости резания в данных условиях работы фрезы может быть выведена из следующих рассуждений.

За каждый оборот точка режущей кромки фрезы диаметром D (мм) совершит путь, равный длине окружности πD (мм). За n оборотов в минуту этот путь будет равен $\pi D n$ (мм/мин). Для перевода размерности скорости резания на метры в минуту полученное выражение делится на 1000. Таким образом, формула скорости резания примет окончательный вид:

$$v = \frac{\pi D n}{1000},$$

где π – число, равное 3,1416.

Сокращая постоянные числа π и 1000, можно получить упрощенную формулу, вполне достаточную для практических целей:

$$v = \frac{D n}{320}.$$

Таким образом:

$$n = 320 \frac{v}{D}.$$

1.5.2. Охлаждение и смазка при фрезеровании

Смазочно-охлаждающие технологические средства (СОТС), уменьшая трение, снижают нагрев и износ фрезы, улучшают качество обработанной поверхности, предохраняют детали от коррозии при межоперационном хранении.

В зону резания они подводятся поливом (свободно падающей струей при среднем ее расходе 10–20 л/мин), подачей под давлением со стороны задней поверхности инструмента, распылением (аэрозолью, туманом) и другими способами.

Современные СОТС для обработки металлов – это сложные многокомпонентные системы органических и неорганических веществ. В качестве СОТС для быстрорежущих фрез рекомендуется применять 1,5 % эмульсию, для твердосплавных материалов – индустриальное масло И-20А, для дюралюминиевых сплавов – керосин (тонкой пленкой кисточкой наносят на обрабатываемую заготовку) и т. д. При обработке серого чугуна СОТС стараются не применять, так как мелкая чугунная стружка, смешиваясь с жидкостью, образует густую смесь, значительно повышающую износ направляющих станка и затрудняющую дыхание фрезеровщика.

1.6. Технологическая оснастка, применяемая при фрезеровании

Технологическая оснастка, применяемая при фрезеровании, подразделяется в основном на вспомогательный инструмент и приспособления.

1.6.1. Вспомогательный инструмент

Основная задача *вспомогательного инструмента* – надежная фиксация режущего инструмента в шпинделе и передача ему крутящего момента от станка. В качестве вспомогательного инструмента на операциях фрезерования используют как правило *переходные втулки, различные патроны и оправки.*

Оправки главным образом предназначены для операций с большими усилиями резания, таких как торцовое фрезерование, фрезерование пазов дисковыми фрезами, растачивание отверстий большого диаметра. Элементом, передающим крутящий момент у оправок, является шпонка, которая предотвращает проворачивание фрезы на оправке. Этим обеспечивается надежное ее закрепление и передача ей крутящего момента. Однако оправки не способны обеспечить хорошее центрирование инструмента, поэтому основное их применение – черновые операции с удалением основного объема материала.

На рис. 1.12 показана установка цилиндрической насадной фрезы на длинной оправке. Положение фрезы 6 на оправке 3 регулируется установочными кольцами 5. Вращение фрезе от оправки передается через шпонку 7. Конический хвостовик оправки, имеющий внутреннюю резьбу, вставляют в отверстие шпинделя 2 станка и затягивают шомполом 1. Для предотвращения проворачивания оправки в шпиндель устанавливают сухари 4, которые входят в пазы шпинделя и фланца оправки. Свободный конец длинной оправки поддерживает серьга 8, установленная на хоботе горизонтально-фрезерного станка.

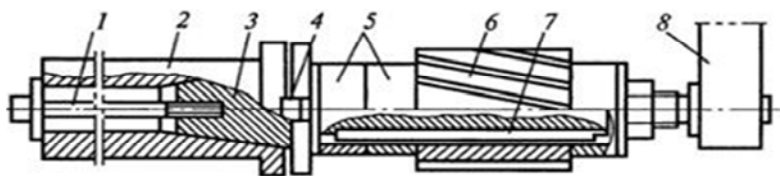


Рис. 1.12. Установка цилиндрической фрезы на центральной оправке:
 1 – шомпол; 2 – шпиндель; 3 – оправка; 4 – сухарь;
 5 – установочные кольца; 6 – фреза; 7 – шпонка; 8 – серьга

На шейках центровых оправок с коническим хвостовиком Морзе предусмотрены фланцы с прямоугольными пазами или две лыски, предназначенные для восприятия крутящего момента непосредственно от поводковых шпонок шпинделя станка или от торцевого паза переходной втулки (рис. 1.13, размер S).

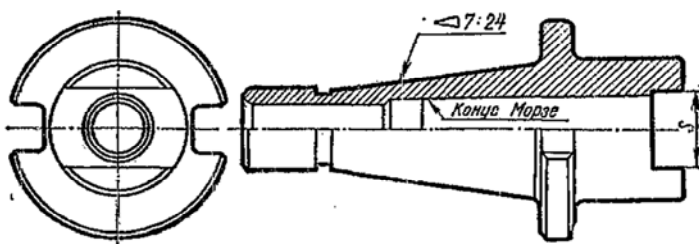


Рис. 1.13. Переходная втулка для оправок с коническим хвостовиком «Морзе»

Торцевые насадные фрезы можно устанавливать на оправках или непосредственно на шпинделе станка (рис. 1.14). Фрезу 1 цилиндрическим пояском надевают на шпиндель 4 станка и соединяют винтами 3. Крутящий момент от шпинделя к фрезе передается торцевой шпонкой 2.

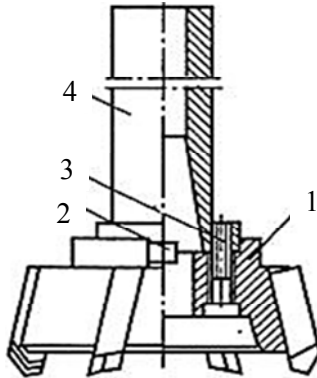


Рис. 1.14. Установка торцовых насадных фрез и головок на шпиндель станка: 1 – фреза; 2 – шпонка; 3 – винт; 4 – шпиндель

Концевые фрезы выпускают с коническим и цилиндрическим хвостовиками. Фрезы с коническим хвостовиком устанавливают в шпиндель станка, используя *переходные втулки*. Концевые фрезы с цилиндрическим хвостовиком закрепляют в *цанговом патроне* (рис. 1.15), который вставляют коническим хвостовиком в шпиндель станка. Фрезу 1 устанавливают в цангу 2 и вращением гайки 3 по часовой стрелке закрепляют в корпусе патрона 4.

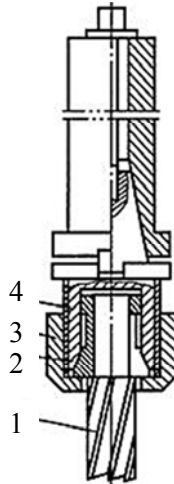


Рис. 1.15. Установка концевых фрез с цилиндрическим хвостовиком в цанговом патроне: 1 – фреза; 2 – цанга; 3 – гайка; 4 – патрон

Цанговые патроны обеспечивают лучшее центрирование и обычно используются для закрепления концевых фрез с хвостовиком небольшого диаметра (диаметр хвостовика режущего инструмента должен соответствовать посадочному отверстию сменной цанги).

В процессе работы на фрезерных станках много времени занимает затяжка шомпола при креплении инструмента. Для сокращения этих непроизводительных затрат на современных станках применяют быстродействующие зажимные устройства.

1.6.2. Приспособления для установки и закрепления заготовок на фрезерных станках

Приспособления для установки и закрепления заготовок на фрезерных станках – это различные прихваты, подставки, угловые плиты, призмы, машинные тиски, столы и вспомогательные инструменты, механизмирующие и автоматизирующие закрепление заготовок и тем самым сокращающие вспомогательное время.

Прихваты (рис. 1.16, а) используют для закрепления заготовок или каких-либо приспособлений непосредственно на столе станка с помощью болтов. Один из концов прихвата, зачастую 2, опирается на подставку 1 (рис. 1.16, б).

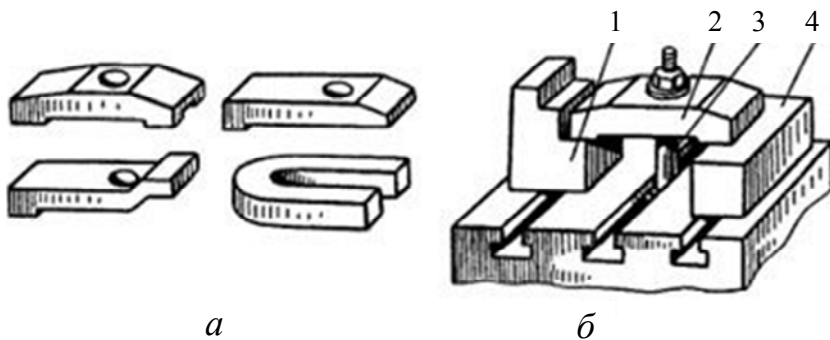


Рис. 1.16. Прихваты и подставка: а – прихваты для крепления детали непосредственно на столе станка; б – прихват, опирающийся на подставку: 1 – подставка; 2 – прихват; 3 – болт; 4 – заготовка

Если при обработке заготовок необходимо получить плоскости, расположенные под углом одна к другой, то применяют *угловые плиты*: *обычные* (рис. 1.17, *а*) и *универсальные, допускающие поворот вокруг одной* (рис. 1.17, *б*) или *двух осей* (рис. 1.17, *в*).

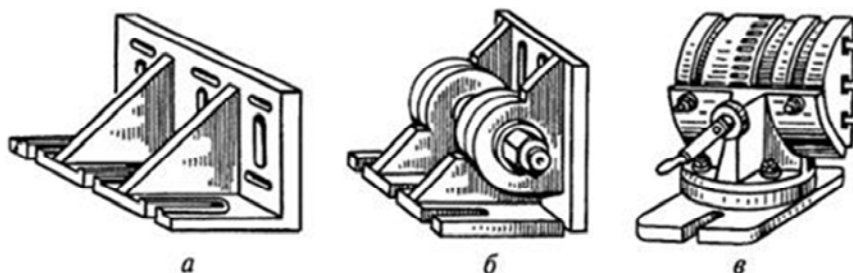


Рис. 1.17. Угловые плиты: *а* – обычные; *б* – универсальные, допускающие поворот вокруг одной оси; *в* – универсальные, допускающие поворот вокруг двух осей

Машинные тиски могут быть простыми *неповоротными* (рис. 1.18, *а*), *поворотными* (поворот вокруг вертикальной оси, рис. 1.18, *б*), *универсальными* (поворот вокруг двух осей, рис. 1.18, *в*) и *специальными* (например, для закрепления валов, рис. 1.18, *г*): с ручным, пневматическим, гидравлическим или пневмогидравлическим приводом.

Поворотные тиски (рис. 1.18, *б*) отличаются от неповоротных (рис. 1.18, *а*) наличием основания с градусной шкалой. Благодаря этому корпус таких тисков может быть повернут на требуемый угол и закреплен болтами и гайками.

Универсальные тиски (рис. 1.18, *в*) характеризуются возможностью поворота корпуса в двух плоскостях – горизонтальной и вертикальной. Поэтому их применяют при фрезеровании на деталях наклонных плоскостей и скосов, расположенных в различных направлениях.

Столы для установки и закрепления заготовок бывают *неповоротными* (рис. 1.19, *а*) и *поворотными* (рис. 1.19, *б*) с ручным, пневматическим, гидравлическим или электрическим приводом. Поворотные столы позволяют обрабатывать на станке фасонные поверхности заготовки, а также применять метод непрерывного фрезерования, когда во время обработки одной заготовки уже готовые детали снимают

и на их место устанавливают новые заготовки. Непрерывное вращение стола обеспечивает отдельный привод или привод станка.

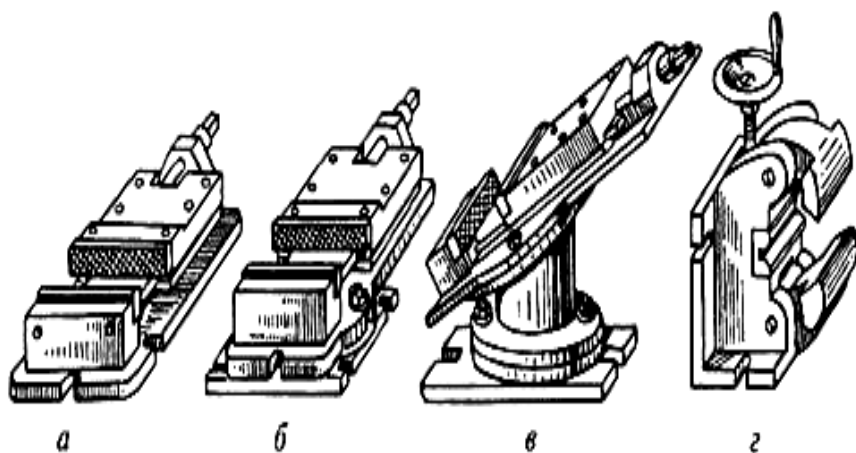


Рис. 1.18. Машинные тиски: *а* – неповоротные; *б* – поворотные; *в* – универсальные; *г* – специальные

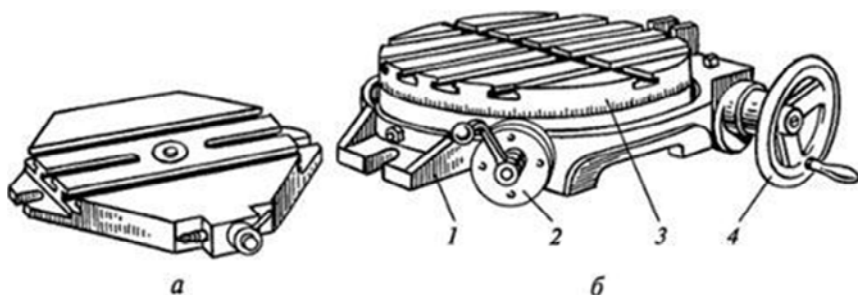


Рис. 1.19. Столы: *а* – неповоротный; *б* – поворотный: *1* – кронштейн для крепления стола на станке; *2* – стопор; *3* – шкала отсчета угла поворота; *4* – рукоятка ручного поворота

Значительного сокращения вспомогательного времени и повышения производительности труда при фрезеровании достигают благодаря применению механизированных и автоматизированных зажимных приспособлений, которые в условиях крупносерийного производства нередко используют вместе с загрузочными устройствами.

При работе на фрезерных станках для закрепления заготовок широко применяют *универсально-сборные приспособления (УСП)*, которые собирают из готовых нормализованных взаимозаменяемых деталей (рис. 1.20). После обработки на станке партии заготовок такое приспособление разбирают и из его деталей конструируют новые приспособления. Универсально-сборные приспособления позволяют значительно сократить сроки на проектирование и изготовление устройств, необходимых для закрепления заготовок, что особенно важно в условиях единичного и мелкосерийного производства.

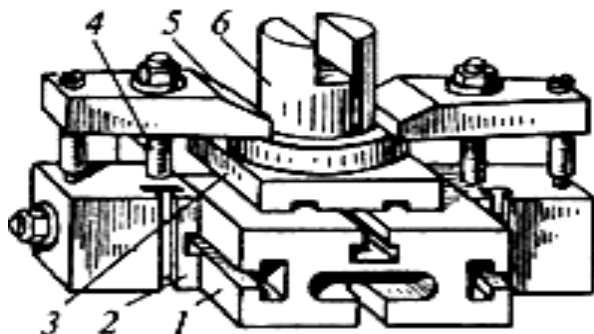


Рис. 1.20. Универсально-сборное приспособление (УСП):
 1 – базовая плита; 2 – опора; 3 – установочная планка; 4 – крепежный болт;
 5 – прихват; 6 – обрабатываемая заготовка

К приспособлениям, значительно расширяющим возможности фрезерных станков, относятся универсальные делительные головки и круглые поворотные столы.

Делительные головки (ДГ) используют в основном на консольных и широкоуниверсальных станках для закрепления заготовки и поворота ее на различные углы путем непрерывного или прерывистого вращения. В зависимости от конструкции головки окружность заготовки может быть разделена на равные или неравные части. При нарезании винтовых канавок заготовке сообщаются одновременно непрерывное вращательное и поступательное движения, как, например, при обработке стружечных канавок у сверл, фрез, метчиков, разверток и зенкеров. Такие головки также применяют при изготовлении многогранников, нарезании зубчатых колес и звездочек, прорезании пазов, шлиц и т. п.

По принципу действия делительные головки подразделяют на *лимбовые* (простые и универсальные), *оптические*, *безлимбовые* и с *диском для непосредственного деления*. Лимбовые УДГ применяют для выполнения всех видов работ (рис. 1.21).

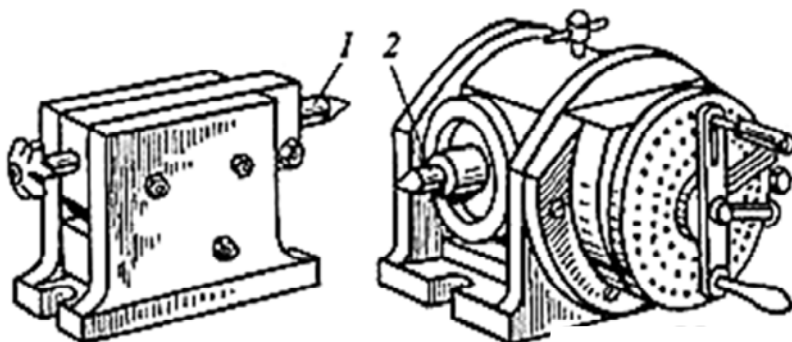


Рис. 1.21. Лимбовая УДГ:
1 – задний центр; 2 – передний центр для крепления детали

Фасонные поверхности, т. е. криволинейные контуры, имеющие форму дуги окружности в сочетании с отрезками прямых или без них, обрабатывают на *круглом поворотном* вращающемся *столе*, который может находиться в комплекте принадлежностей вертикально-фрезерного станка.

Круглые поворотные столы выпускают с ручным приводом (рис. 1.22), с ручным и механическим приводом от станка, с приводом от индивидуального электродвигателя. Поворотные столы с ручным приводом нормализованы, имеют общую конструкцию. Диаметры стола 160, 200, 250 и 320 мм.

Каждый стол состоит из основания (плиты) и поворотной части (планшайбы). Плиту поворотного стола крепят к столу станка с помощью болтов, вставляемых в Т-образные пазы стола. При вращении рукоятки 1 через червячную пару (передаточное отношение червячной пары 1:90) поворачивается поворотная часть стола. После поворота планшайбу жестко закрепляют на плите рукояткой 5. Центральное коническое отверстие с конусом Морзе № 3 или № 4 на планшайбе служит для центрирования поворотного стола, а Т-образные пазы – для закрепления приспособлений или заготовок.

На боковой поверхности стола нанесены градусные деления для отсчета поворота стола на требуемый угол. Винт 2 служит для фиксации указателя на круговой шкале стола, а винт 8 – для фиксации лимба на рукоятке 1. Эксцентриковая гильза 7 предназначена для регулировки зазора червячной пары, а также для вывода ее из зацепления в случае, когда нужно быстро повернуть стол на требуемый угол. Стопорят гильзу 7 рукояткой 6. Ограничение угла поворота стола производится передвижным регулируемым ограничителем 4 поворота стола, а освобождают ограничитель поворота стола рукояткой 3.

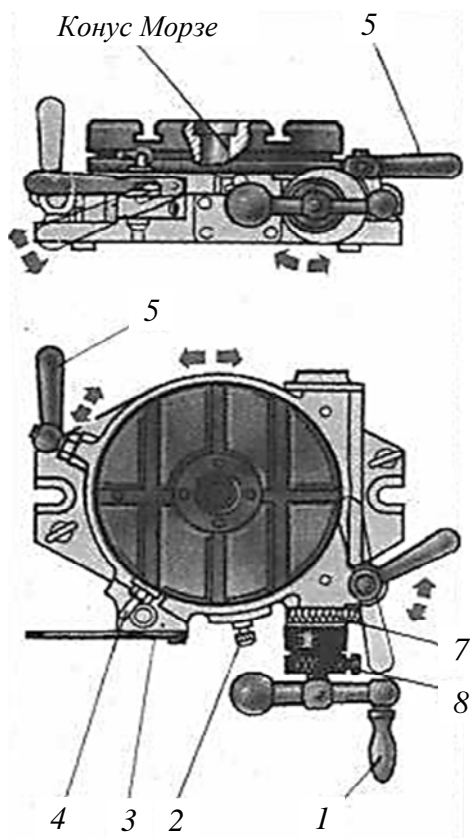


Рис. 1.22. Круглый поворотный стол с ручным приводом

На круглом поворотном столе заготовки обрабатываются, как правило, вручную.

1.7. Контрольно-измерительный инструмент

1.7.1. Средства измерения и контроля плоскостей

Штангенинструменты предназначены для измерения линейных размеров наружных, внутренних поверхностей и глубины отверстий, пазов, высоты уступов и т. д. К ним относятся *штангенциркули*, *штангенглубиномеры*, *штангенрейсмусы*, *штангензубомеры*.

Штангенциркули. Основной частью всех штангенциркулей является штанга со шкалой 5, рамкой 3, нониусом 7, зажимом 2 с пружиной 4 (рис. 1.23).

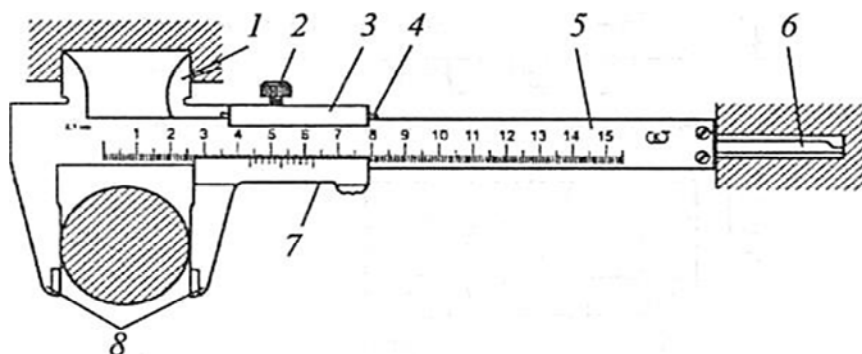


Рис. 1.23. Штангенциркуль ШЦ-1:

- 1 – губка для внутренних измерений; 2 – зажим; 3 – рамка;
- 4 – плоская пружина; 5 – штанга; 6 – линейка глубиномера;
- 7 – нониус; 8 – губки для наружных измерений

Наибольшее распространение в машиностроении получили штангенциркули: ШЦ-I, ШЦ-1Э, ШЦ-II, ШЦ-Ш. Каждый из них имеет свои особенности:

- ШЦ-1 (рис. 1.24) – губки для наружных измерений 8, губки для внутренних измерений 1 и линейку глубиномера 6;
- ШЦ-1Э (рис. 1.24) – с электронным табло 10;
- в ШЦ-II (рис. 1.25) отсутствует линейка глубиномера, имеются верхние острые губки 14 для выполнения плоскостной разметки. Нижние губки 11 предназначены для наружных и внутренних измерений. При определении внутренних размеров к показанию штан-

генциркуля прибавляют 10 мм (толщину обеих губок по 5 мм) или поправку на толщину губок. ШЦ-II имеет микроподачу, состоящую из рамки 10, винта 13 и гайки 12. Микроподача предназначена для плавного продвижения губок к измеряемой поверхности;

– ШЦ-III (рис. 1.26) не имеет верхних губок, а только губки 11 для измерения наружных и внутренних поверхностей.

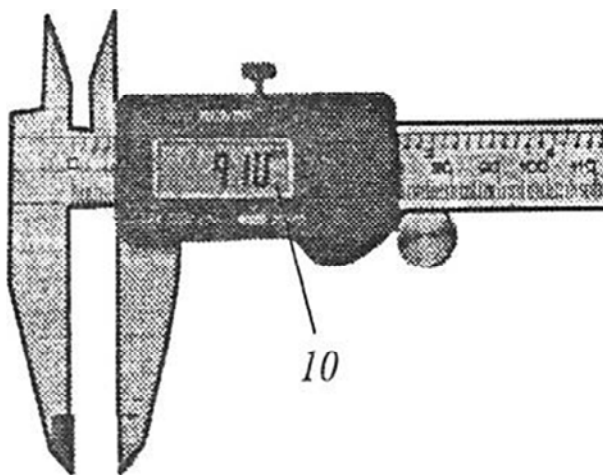


Рис. 1.24. Штангенциркуль ШЦ-1Э (модель с электронным цифровым отсчетом)

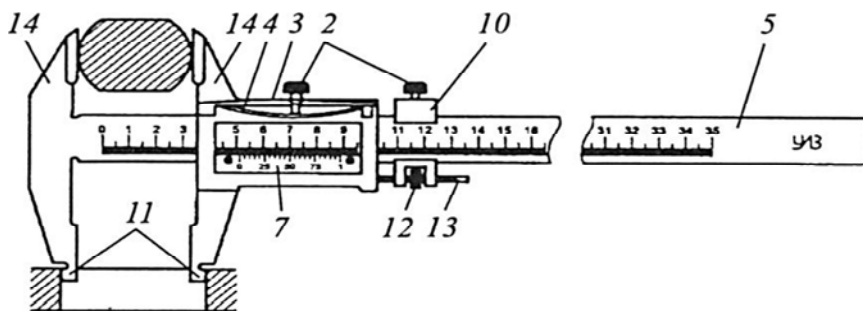


Рис. 1.25. Штангенциркуль ШЦ-II:

- 2 – зажим; 3 – рамка; 4 – плоская пружина; 5 – штанга; 7 – нониус;
- 10 – рамка микроподачи; 11 – губки для наружных и внутренних измерений;
- 12 – гайка микроподачи; 13 – винт микроподачи; 14 – губки для плоскостной разметки и наружных измерений

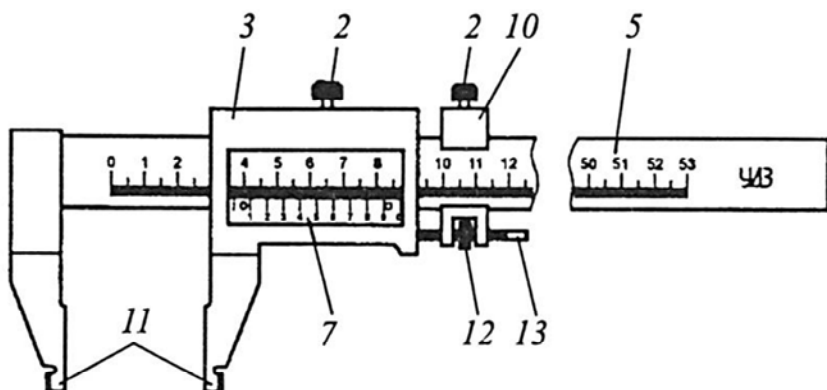


Рис. 1.26. Штангенциркуль ШЦ-III:

- 2 – зажимы; 3 – рамка; 4 – плоская пружина; 5 – штанга; 7 – нониус;
 10 – рамка микроподачи; 11 – губки для наружных и внутренних измерений;
 12 – гайка микроподачи; 13 – винт микроподачи; 14 – губки для плоскостной разметки и наружных измерений

Метрологические показатели ШЦ – цена деления по нониусу: 0,1; 0,01 и 0,05 мм; пределы измерения: ШЦ-1, ШЦ-1Э – 0–120, 0–125; ШЦ-II – 0–200, 0–250; ШЦ-III – 0–160, 0–400, 0–100 мм.

Штангенглубиномеры предназначены для измерения глубины отверстий, пазов, высоты уступов, расстояний до буртиков или выступов.

Штангенглубиномер (рис. 1.27) состоит из штанги с основной шкалой 1, по которой перемещается рамка 4, с опорой 6. Параллельно шкале штанги на рамке закреплен нониус на отдельной пластине 5. Рамка закрепляется зажимом 3. Микроподача, состоящая из рамки 2 и зажима 3, имеет такое же назначение, как и у ШЦ-II.

Метрологические показатели штангенглубиномеров: цена деления по нониусу – 0,05 мм; пределы измерения – 0–160, 0–250, 0–400 мм; погрешность измерений – 0,1–0,15 мм.

Штангенрейсмасы применяются для пространственной разметки и прямых измерений на точной плите расстояний от базовых поверхностей деталей до выемок, выступов и осей отверстий.

На опоре 6 (рис. 1.28) крепится вертикальная штанга 1 с основной шкалой. По штанге перемещается подвижная рамка 4 с нониусом 5. Зажимы 3 фиксируют положение рамки, микроподачи 2 и державки 7. На выступе рамки с помощью державки крепятся губки: измерительная 8 и разметочная 9.

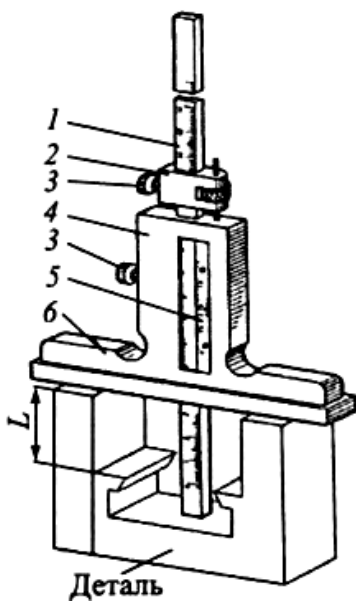


Рис. 1.27. Штангенглубиномер: L – измеряемая глубина

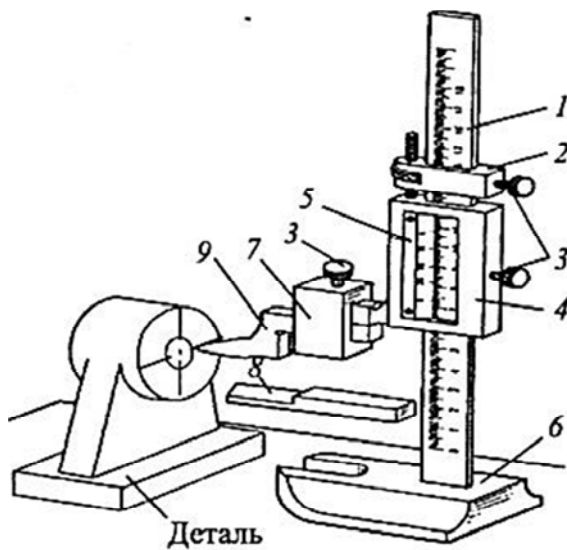


Рис. 1.28. Штангенрейсмас

Метрологические показатели штангенрейсмасов: цена деления по нониусу – 0,1; 0,01; 0,05 мм; пределы измерения – 0–250, 40–400, 40–1000 мм и более.

При разметке штангенрейсмас устанавливают на заданный размер и, перемещая по плите вдоль размечаемой заготовки, наносят горизонтальную линию. Для измерения высотных размеров вместо разметочной губки устанавливают измерительную губку 8, имеющую нижнюю плоскую и верхнюю с острым ребром измерительные поверхности. При ее использовании к величине отчета прибавляют размер губки.

Индикаторы часового типа относятся к многооборотным индикаторным головкам и бывают двух типов: *ИЧ* – с перемещением измерительного стержня параллельно шкале (рис. 1.29) и *ИТ* – индикатор торцовый с перемещением измерительного стержня перпендикулярно шкале.

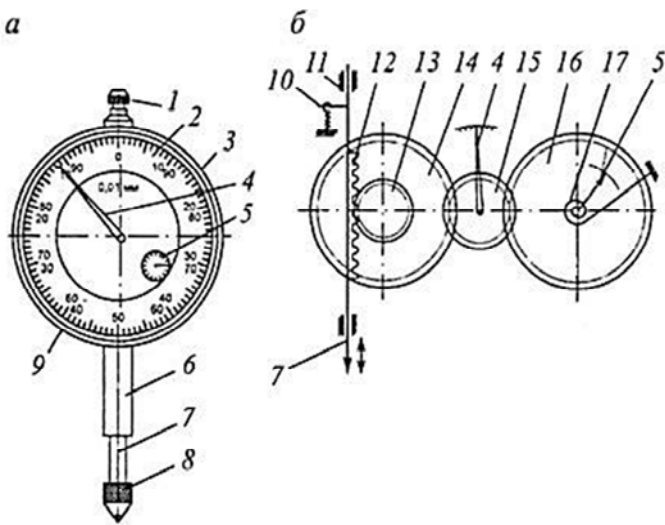


Рис. 1.29. Индикатор часового типа ИЧ:
а – внешний вид; *б* – принципиальная схема

Метрологические показатели индикаторов: цена деления на большом циферблате – 0,01 мм; пределы измерения индикатором ИЧ – 0–2, 0–5, 0–10 мм, ИТ – 0–2, 0–3 мм; диаметр корпуса ИЧ – 0–5 мм.

1.7.2. Средства контроля и измерения углов. Угловые меры и шаблоны

Для измерения и контроля углов в машиностроении используют три метода: *метод сравнения с жесткими угловыми мерами*; *абсолютный метод*, основанный на использовании шкальных инструментов; *косвенный метод*, т. е. метод расчета искомых величин тригонометрическим способом.

Угловые меры – это меры, воспроизводящие единицу измерения угла в градусах. Для контроля углов 90° применяют плитки шестигранные и многогранные. Для контроля наружных и внутренних углов больше 90° применяют угольники, которые бывают следующих типов (рис. 1.30): *УП* – угольник плоский; *УШ* – угольник с широким основанием; *УЛШ* – угольник с широким основанием и лекальными вертикальными ребрами; *УЛП* – угловая лекальная плитка; *УЦ* – угольник цилиндрический; *УЛ* – угольник лекальный.

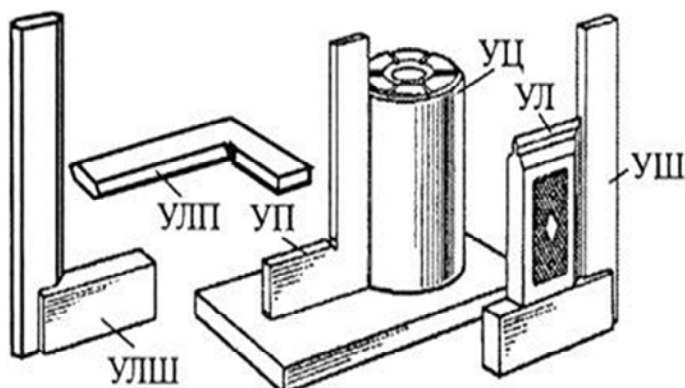


Рис. 1.30. Угольники

Угловые шаблоны предназначены для контроля одного определенного угла методом «световой щели» или по контрольным рискам (рис. 1.31).

Для количественной оценки размеров углов применяют угломеры с нониусом типа *УМ*, типа *УН* и оптический угломер.

Угломер с нониусом типа УМ состоит из основания 2 с основной шкалой и закрепленной на нем линейкой 1 (рис. 1.32). Подвиж-

ная линейка 8 вместе с сектором 6 и нониусом 4 может поворачиваться вокруг оси 7. Линейка стопорится винтом 5. Угломер имеет винт микроподачи 3. На подвижной линейке с помощью державки 9 крепится угольник 10.

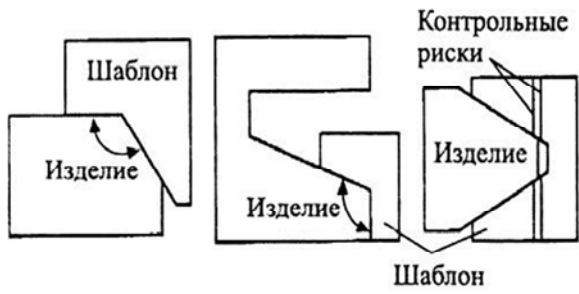


Рис. 1.31. Угловые шаблоны

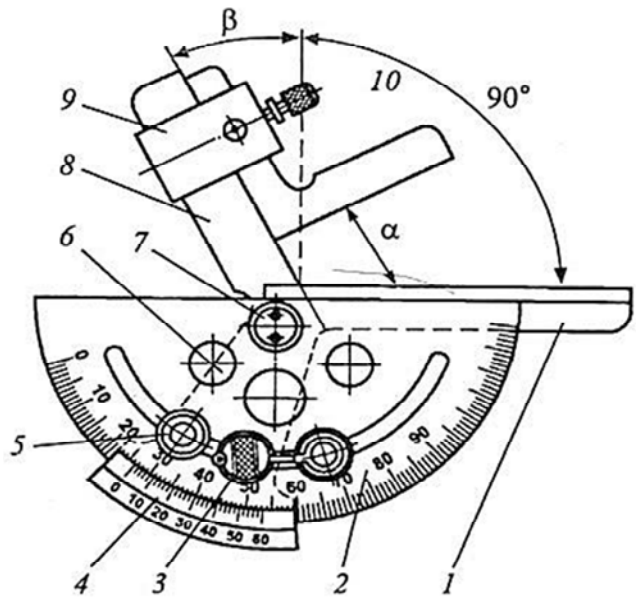


Рис. 1.32. Угломер с конусом типа УМ

Угломер предназначен для измерения наружных углов от 0 до 180° с ценой деления на нониусе 2', 5' и 15'.

2. ТЕХНОЛОГИЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ТИПОВЫХ ФРЕЗЕРНЫХ ОПЕРАЦИЙ СЛОЖНОСТЬЮ 2–3 РАЗРЯДА

2.1. Технология фрезерования плоских поверхностей

2.1.1. Виды плоскостей

Поверхности детали, обладающие прямолинейностью в любом сечении, называются *плоскостями*.

По расположению относительно горизонтали различают: *горизонтальные, вертикальные и наклонные плоскости*. Кроме того, поверхности детали, пересекающиеся между собой под некоторым углом, принято называть *сопряженными*.

К обработке плоскостей предъявляют определенные технические требования, вытекающие из характера и условий работы данной детали в узле машины. Эти требования, объединяемые в обобщенное понятие «*точность обработки*», включают: точность выполнения размеров, точность геометрической формы поверхностей (*отклонения от прямолинейности, отклонения от плоскостности*), точность их взаимного расположения (*отклонения от перпендикулярности, отклонения от параллельности*) и шероховатость поверхностей (*величина микронеровностей* по шкале R_a).

В деталях машин, станков и механизмов многие поверхности имеют форму плоскости, например, рабочая поверхность стола фрезерного станка, поверхности направляющих станины, поверхность основания тисков, поверхность подошвы угольника и т. д., в связи с этим фрезерование плоскостей является наиболее распространенным видом фрезерной обработки.

Фрезерование плоскостей можно производить на горизонтально- и на вертикально-фрезерных станках.

Фрезерование плоскостей на горизонтально-фрезерных станках производится главным образом цилиндрическими фрезами, а фрезерование плоскостей на вертикально-фрезерных станках – торцовыми фрезами или фрезерными головками.

Торцовые фрезы по сравнению с цилиндрическими обладают рядом преимуществ: большей жесткостью крепления на станке, участием в резании двух режущих кромок – главной и вспомогатель-

ной – и сравнительно более доступными способами оснащения их пластинками твердого сплава.

Благодаря этому использование торцовых фрез способствует повышению производительности фрезерования плоскостей, уменьшению шероховатости обработанной поверхности и их применение, как правило, является более предпочтительным.

Вместе с тем для работы на горизонтально-фрезерных станках цилиндрические фрезы более удобны и особенно незаменимы, когда обработка нескольких поверхностей ведется набором фрез, одновременно закрепляемых на центровых оправках.

Размеры фрез характеризуются диаметром, а для цилиндрических фрез и длиной образующей.

Диаметр торцовой фрезы D_T принимают таким, чтобы обработка поверхности заготовки производилась за один проход. Практикой установлено следующее соотношение:

$$D_T = (1,4 \dots 1,7)B,$$

где B – ширина фрезеруемой поверхности, мм.

Диаметр цилиндрических фрез $D_{ц}$ целесообразно принимать возможно меньшим, но не менее десятикратной глубины резания t .

Это объясняется тем, что при работе цилиндрическими фрезами меньшего диаметра соответственно уменьшается крутящий момент силы сопротивления резанию, что в свою очередь уменьшает расход мощности на резание.

Длину цилиндрических фрез обычно принимают примерно на 10 мм больше ширины фрезеруемой поверхности.

2.1.2. Встречное и попутное фрезерование

При *попутном фрезеровании* (рис. 2.1) направление движения подачи совпадает с вращением инструмента. Такое движение также называют фрезерование «по подаче».

Толщина среза имеет максимальную величину в момент входа в заготовку (точка 2) и изменяется до нулевого значения при выходе из нее (точка 1).

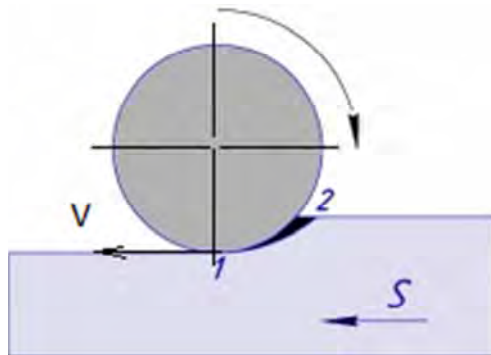


Рис. 2.1. Схема попутного фрезерования

Достоинства попутного фрезерования:

- сила резания прижимает заготовку к столу, отсюда более упрощенное использование зажимных приспособлений;
- износ инструмента (задней поверхности зуба) происходит менее интенсивно, что позволяет вести фрезерование с большими скоростями резания, стойкость инструмента больше, чем при встречном фрезеровании;
- стружка легко удаляется, т. к. остается позади фрезы, обработанная поверхность имеет лучшую шероховатость.

Недостатки попутного фрезерования:

- не может применяться при обработке заготовок с коркой (литье, поковка, горячекатаный прокат), твердая корка с различными включениями может привести к повышенному износу и повреждению инструмента;
- из-за высокой ударной нагрузки, при врезании режущих зубьев в заготовку, станок и приспособления должны обладать достаточной жесткостью;
- люфт (зазор) в механизме перемещения стола должен отсутствовать.

При *встречном фрезеровании* (рис. 2.2) направление движения подачи противоположно вращению инструмента. Такое движение еще называют фрезерованием «против подачи».

Толщина среза изменяется от нулевого значения при входе в заготовку (точка 1) до максимального в момент выхода из нее (точка 2).

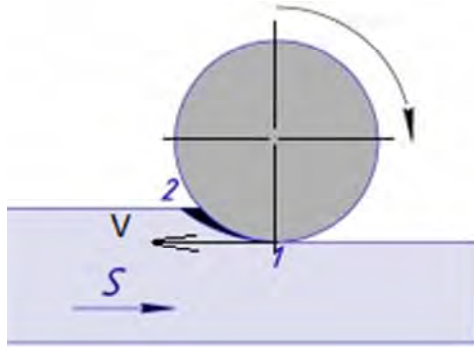


Рис. 2.2. Схема встречного фрезерования

Достоинством встречного фрезерования является плавный и мягкий процесс резания, нагрузка на станок нарастает постепенно и не зависит от рельефа поверхности заготовки.

Недостатки встречного фрезерования:

- необходимость надежного закрепления заготовки, т. к. фреза стремится вырвать ее из приспособления;
- более быстрый износ инструмента (задней поверхности зуба фрезы) из-за высокого трения при снятии стружки минимальной толщины в начале резания;
- затруднено удаление стружки, т. к. она падает перед фрезой. При этом некоторая ее часть увлекается режущими зубьями за собой, что может привести к ухудшению шероховатости обработанной поверхности.

2.1.3. Симметричное и несимметричное фрезерование

На рис. 2.3 показана торцовая фреза в процессе резания.

При работе торцовыми или концевыми фрезами различают симметричное и несимметричное резание. При симметричном резании ось фрезы совпадает с плоскостью симметрии обрабатываемой поверхности, а при несимметричном – не совпадает.

В отличие от цилиндрической торцовая фреза снимает каждым зубом стружку, которая имеет почти постоянную толщину при прямоугольной форме сечения. Благодаря этому усилие при торцовом фрезеровании остается более постоянным, чем при цилиндрическом, где оно меняется вместе с изменением толщины стружки.

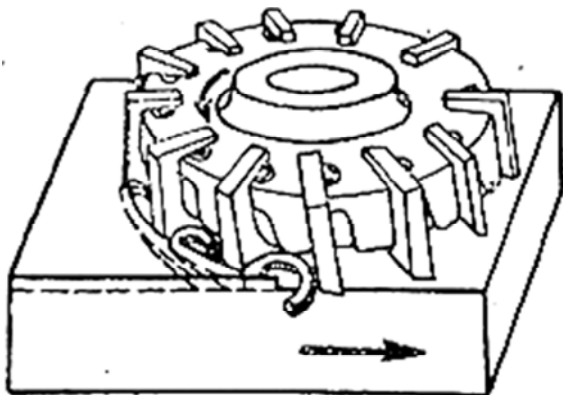


Рис. 2.3. Торцовая фреза в процессе резания

При фрезеровании торцовой фрезой в резании одновременно находится большее количество зубьев, чем при фрезеровании цилиндрической фрезой. Это создает более постоянное усилие на шпинделе станка. Поэтому работа при торцовом фрезеровании происходит спокойнее, чем при цилиндрическом, т. е. с меньшими вибрациями и почти без ударов, что является преимуществом торцового фрезерования перед цилиндрическим.

Если учесть, что для фрезерования плоскостей обычно применяют фрезы со вставными ножами, снабженными пластинками твердого сплава, который очень чувствителен к вибрациям и ударам, то преимущества торцового фрезерования станут более очевидными.

При фрезеровании торцовой фрезой резание производят зубья, расположенные на цилиндрической поверхности фрезы, торцовые же зубья только заглаживают обработанную поверхность. Поэтому шероховатость поверхности, обработанной торцовой фрезой, получается более высокого качества, чем у поверхностей, обработанных цилиндрической фрезой.

Преимущества торцового фрезерования определяют предпочтительность этого вида обработки плоскостей во всех случаях, когда ширина фрезеруемой поверхности превышает 100–125 мм.

Ввиду преимущества торцовой фрезы необходимо в каждом отдельном случае фрезерования плоскостей, прежде всего, убедиться, нельзя ли произвести эту обработку методом торцового фрезерования.

2.1.4. Фрезерование плоских поверхностей, сопряженных под углом 90°

Поверхности одной детали, расположенные в разных плоскостях, параллельных или пересекающихся друг с другом, называют *сопряженными поверхностями* или *плоскостями*. Плоскости или грани таких деталей могут быть параллельны или перпендикулярны друг другу или образовывать любые двухгранные углы. Сопряженными поверхностями в деталях являются смежные грани куба, параллелепипеда, всякого рода призм, пирамид и других подобных геометрических тел.

При фрезеровании сопряженных поверхностей одну из них считают основной или *базовой*. В качестве такой *базы* целесообразно выбрать наибольшую по площади поверхность детали, которая при последующих установках обеспечит надежное и устойчивое положение обрабатываемой заготовки на станке. От базовой поверхности производят все измерения и по ней обычно выполняют установку.

Основная, или *установочная*, поверхность является установочной базой при установке и закреплении заготовки на столе станка или в приспособлении и имеет большое значение для получения заданных чертежом размеров и формы детали.

Рассмотрим на примере обработки граней прямоугольного бруска (рис. 2.4) технологическую последовательность фрезерования параллельных и перпендикулярных сопряженных поверхностей.

Вначале обрабатывают одну из больших по площади поверхностей *1* (рис. 2.4, *а*). Затем, прижимая полученную базовую поверхность к неподвижной губке тисков, за две установки фрезеруют боковые стороны *2* и *3* (рис. 2.4, *б* и *в*). При этом для обеспечения плотного касания базовой поверхности с неподвижной губкой на подвижную губку тисков накладывают два угольника *5*. В заключение, обрабатывают вторую широкую сторону *4* бруска, устанавливая заготовку базовой поверхностью на параллельную подкладку (рис. 2.4, *г*). Параллельность базовой поверхности к рабочей плоскости стола выверяют рейсмасом *б*.

При изготовлении деталей относительно крупными партиями указанную последовательность фрезерования граней бруска целесообразно несколько изменить, а именно после обработки базовой поверхности *1* фрезеровать противоположную ей широкую сторону

4, затем выполнять обработку поверхностей 2 и 3. Благодаря этому создается возможность фрезерования узких боковых сторон бруска при одновременном закреплении в тисках нескольких заготовок, что способствует повышению производительности труда.

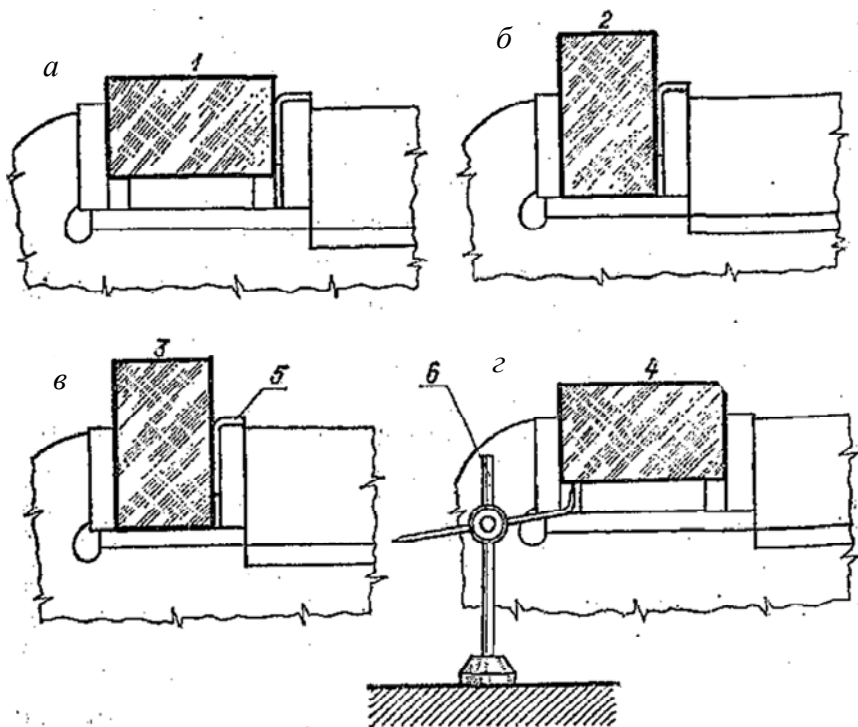


Рис. 2.4. Технологическая последовательность фрезерования четырех сопряженных под углом 90° плоскостей прямоугольного бруска

Торцы прямоугольного бруска обычно обрабатываются торцовыми фрезами на горизонтально-фрезерных станках.

У заготовок небольшой длины обработку торцов можно выполнить при их горизонтальном положении (рис. 2.5). В этом случае выверяемую заготовку слегка закрепляют в тисках и к ее боковой стороне 3 прижимают плоскопараллельную прокладку 2. На очищенную поверхность стола устанавливают широким основанием угольник 1, подводят его вертикальную полку к прокладке и по

равномерности просвета между ними определяют правильность положения заготовки. Если просвет неодинаков, положение корректируют легкими постукиваниями молотка с мягким бойком. После выверки заготовку окончательно закрепляют.

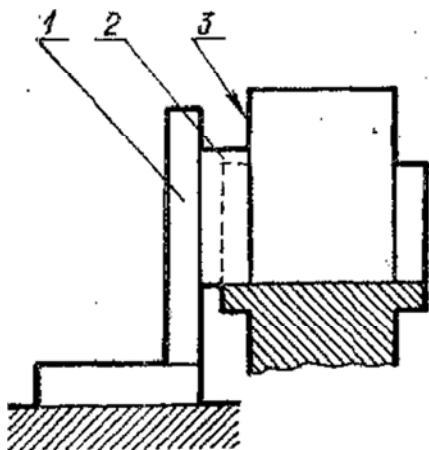


Рис. 2.5. Выверка заготовки в тисках при фрезеровании горизонтально расположенных торцов прямоугольного бруска

2.1.5. Фрезерование плоских поверхностей, сопряженных под тупыми и острыми углами

Плоскости, расположенные под острым или тупым углом к горизонтальной либо вертикальной поверхностям детали, называются *наклонными*.

Скосами принято называть узкие наклонные плоскости.

Фрезерование наклонных плоскостей и скосов можно производить:

- а) поворотом заготовки на требуемый угол;*
- б) поворотом шпинделя станка на требуемый угол;*
- в) применением угловой фрезы.*

Заготовку при фрезеровании наклонных поверхностей и скосов поворотом заготовки можно повернуть на угол: по разметке, при помощи специальных накладных губок к тискам, установкой заготовки в тисках посредством угловой подкладки, при помощи поворотных или универсальных тисков и угловых плит, в специальных приспособлениях.

Поворот заготовки на угол *по разметке* обычно используется при изготовлении единичных деталей, так как сам процесс разметки и последующая выверка по ней нуждаются в дополнительных затратах времени.

Разметочная линия наносится на боковой поверхности заготовки соответственно положению обрабатываемой наклонной плоскости и для лучшей видимости закрепляется небольшими керновыми углублениями в виде точек с интервалом 10...15 мм.

Размеченную заготовку (рис. 2.6, а) вначале слабо закрепляют в тисках так, чтобы линия разметки расположилась примерно параллельно губкам тисков. Затем ее положение контролируют линейкой 1 или рейсмасом 2 и, если необходимо, корректируют легкими ударами молотка. После выверки заготовку прочно закрепляют.

Если изготавливают партию деталей, поворот заготовки на требуемый угол в тисках можно осуществлять без разметки и выверки при помощи *специальной угловой подкладки 1* (рис. 2.6, б). Прямоугольным пазом подкладку устанавливают на направляющие тисков 3, а в ее угловой паз укладывают обрабатываемую заготовку 2.

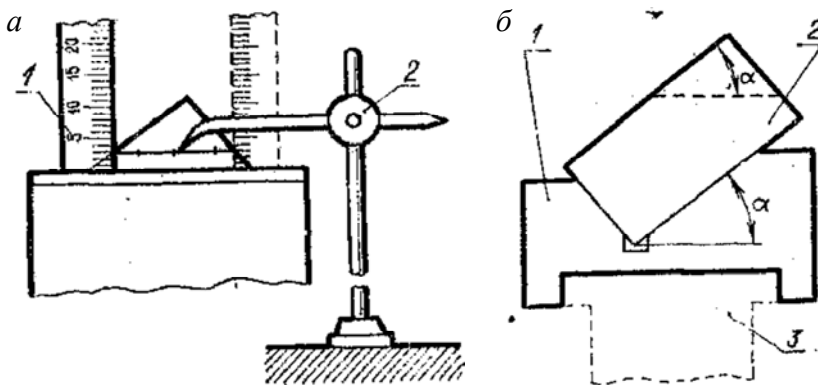


Рис. 2.6. Поворот заготовки при фрезеровании наклонных поверхностей:
а – по разметке; б – при помощи угловой подкладки

Примеры применения *универсальных тисков* и *угловых плит* для обработки наклонных плоскостей приведены на рис. 2.7.

При изготовлении деталей с наклонными плоскостями крупными партиями обычно пользуются специальными многоместными при-

способлениями, установка заготовок в которых не нуждается в выверке.

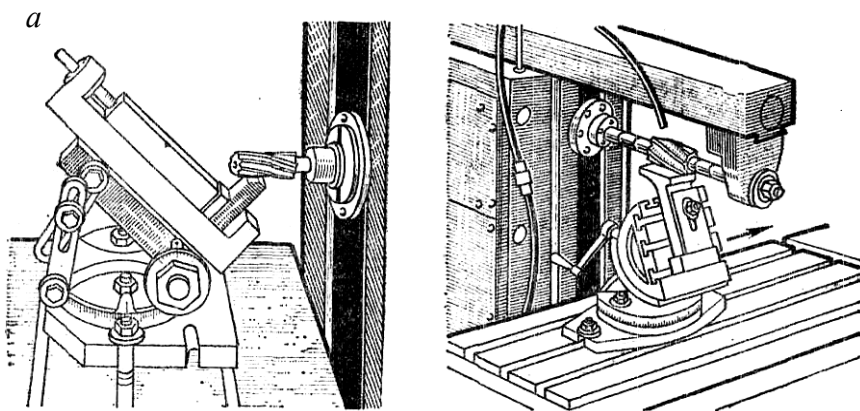


Рис. 2.7. Фрезерование наклонных плоскостей при помощи универсальных тисков (а) и угловой плиты (б)

Фрезерование наклонных поверхностей и скосов поворотом шпинделя станка применяется при наличии на производственном участке вертикально-фрезерных станков с поворотной шпиндельной головкой или широкоуниверсальных станков, шпиндель которых совместно с фрезой может быть повернут на требуемый угол в вертикальной плоскости.

Кроме ранее рассмотренных способов обработки, для выполнения скосов предусмотрены *угловые фрезы* (рис. 2.8), выпускаемые инструментальной промышленностью в трех исполнениях: одноугловые, двухугловые симметричные и двухугловые несимметричные. На торце таких фрез маркируется угол профиля зубьев Θ , а на двухугловых несимметричных фрезах угол δ (рис. 2.8, б). Например, $55 \times 15^\circ$, где первая цифра соответствует углу профиля зубьев, вторая – углу наклона боковых режущих кромок.

При выборе угловых фрез следует учитывать, что их углы профиля заданы от вертикали. Поэтому, если наклон скоса детали указывается от горизонтальной поверхности, например 40° , то подбор фрезы необходимо производить по углу, дополнительному к 90° , то есть в данном случае 50° .

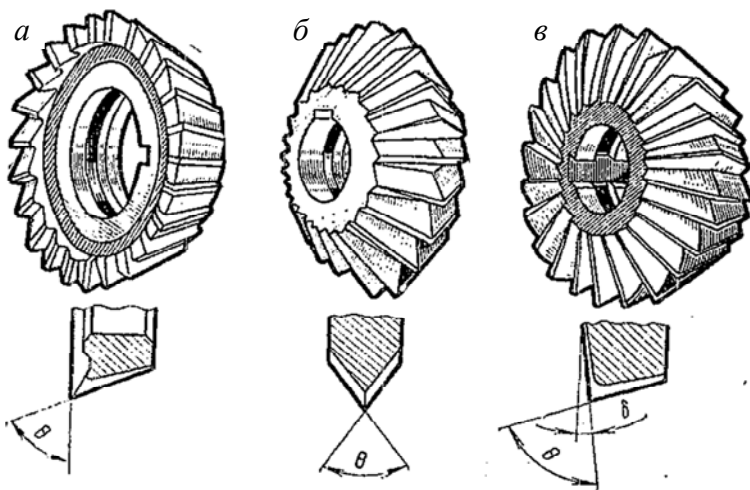


Рис. 2.8. Угловые фрезы:
a – одноугловая; *б* – двухугловая симметричная;
в – двухугловая несимметричная

2.2. Технология фрезерования уступов, прямоугольных пазов, канавок

2.2.1. Фрезерование уступов

Уступом называется углубление с края детали, открытое в поперечном сечении с двух сторон. *Паз* – углубление на поверхности детали, открытое в поперечном сечении с одной стороны. Пазы небольших размеров принято называть *канавками*.

В продольном направлении уступы, пазы и канавки бывают: *открытые* (рис. 2.9, *a* и *б*), *закрытые* (рис. 2.9, *в* и *г*) и *полуоткрытые* (рис. 2.9, *д* и *е*). Кроме того, пазы и канавки в поперечном сечении делятся на *глухие* (рис. 2.9, *е*) и *сквозные* (рис. 2.9, *ж*). У первых имеется дно, у вторых его нет.

Точность обработки уступов, пазов и канавок в общем случае определяется: точностью выполнения размеров, правильной геометрической формой, точностью расположения относительно других поверхностей детали и шероховатостью сторон. Возможные погрешности не должны превышать допустимых отклонений, обусловленных техническими требованиями чертежа.

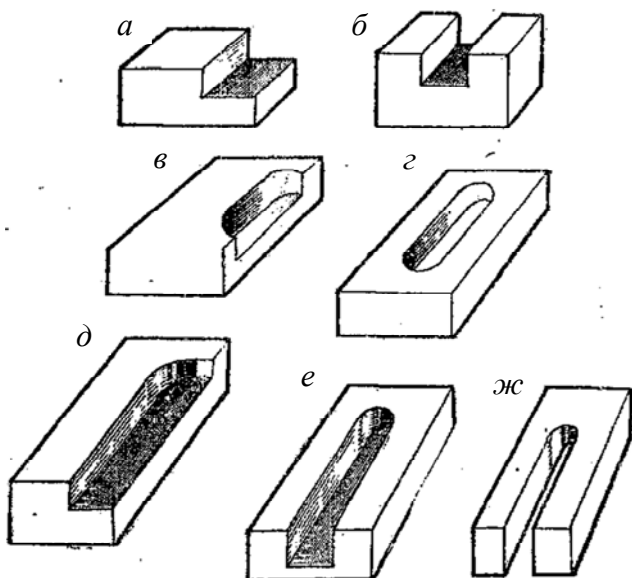


Рис. 2.9 Разновидности уступов, пазов и канавок

Фрезерование уступов производят как на горизонтально-фрезерных, так и на вертикально-фрезерных станках.

При обработке одного уступа (рис. 2.10) на горизонтально-фрезерном станке фрезерование уступов ведут дисковой двусторонней фрезой. Настройка станка на заданный размер осуществляется либо по разметке, либо по лимбу вертикальной подачи, либо по специальным установам, предусмотренным на приспособлении. Контроль правильности обработки осуществляется штангенциркулем, штангенглубиномером или специальными шаблонами, измеряющими ширину и глубину уступа.

В случае необходимости обработки двух уступов (рис. 2.11) фрезерование ведется в два перехода. Вначале обрабатывают правый уступ, а затем передвигают стол в поперечном направлении на расстояние, равное ширине выступа между двумя уступами, и фрезеруют левый уступ. После этого проверяют три размера: ширину и глубину каждого уступа, а также расстояние между ними. В приведенном случае, поскольку одной фрезой приходится фрезеровать правый и левый уступы, используют не двустороннюю, а дисковую трехстороннюю фрезу.

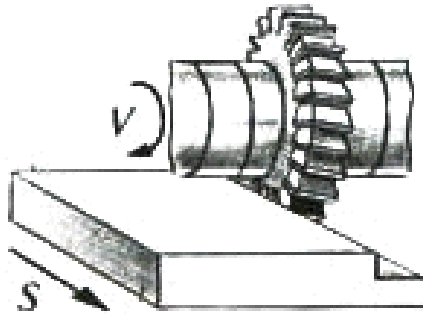


Рис. 2.10. Фрезерование уступов дисковой двусторонней фрезой

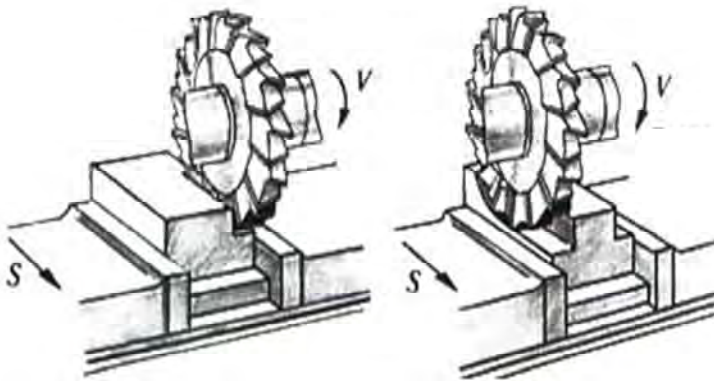


Рис. 2.11. Фрезерование 2-х уступов трехсторонней дисковой фрезой

Более производительной оказывается схема фрезерования (рис. 2.12) набором из двух дисковых двусторонних фрез с разным направлением наклона зубьев.

Расстояние между фрезами набора заранее установлено с помощью подобранных установочных колец. Глубина обоих уступов получается равной благодаря тому, что обе фрезы в наборе прошлифовываются на один размер. Таким образом удается добиться повышения производительности фрезерования за счет снижения как вспомогательного, так и основного времени. Этот метод применяют при серийной обработке партий одинаковых деталей.

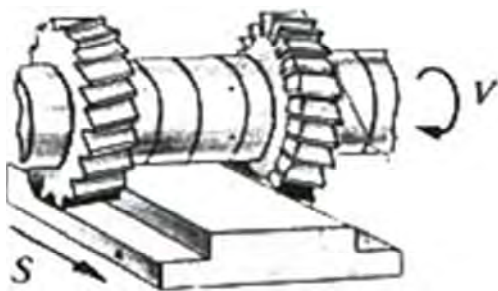


Рис. 2.12. Фрезерование 2-х уступов набором дисковых двухсторонних фрез

Диаметр дисковых фрез следует выбирать как можно меньшим, так как в этом случае уменьшается момент силы сопротивления резанию, фреза приобретает большую жесткость и виброустойчивость. Минимально возможный диаметр D дисковой фрезы можно определить из равенства

$$(D - d_1)/2 = t + (6 \dots 8),$$

где t – глубина паза (уступа), мм;

d_1 – диаметр установочного кольца, мм;

6...8 – гарантированный зазор между установочным кольцом и заготовкой, мм.

При обработке деталей на вертикально-фрезерных станках для фрезерования уступов используют также концевые фрезы (рис. 2.13). Наилучшие результаты в этих случаях, особенно при обработке вязких сталей, могут дать фрезы с малым числом зубьев.

Качество поверхности уступа, обработанной концевыми фрезами, оказывается более высоким, чем поверхности, обработанной дисковыми фрезами.

Диаметр концевой фрезы можно определить в зависимости от ширины уступа B по формуле

$$D = (1,4 \dots 1,7)B.$$

По производительности процесс фрезерования концевыми фрезами также не уступает фрезерованию дисковыми фрезами (кроме случая применения набора дисковых фрез). При выборе концевой

фрезы следует иметь в виду, что стружка должна, отделяясь от заготовки, направляться вверх по винтовым канавкам фрезы. Поэтому направление винтовых канавок должно совпадать с направлением вращения шпинделя, т. е. при правом вращении следует брать и фрезу с правым направлением винтовых канавок.

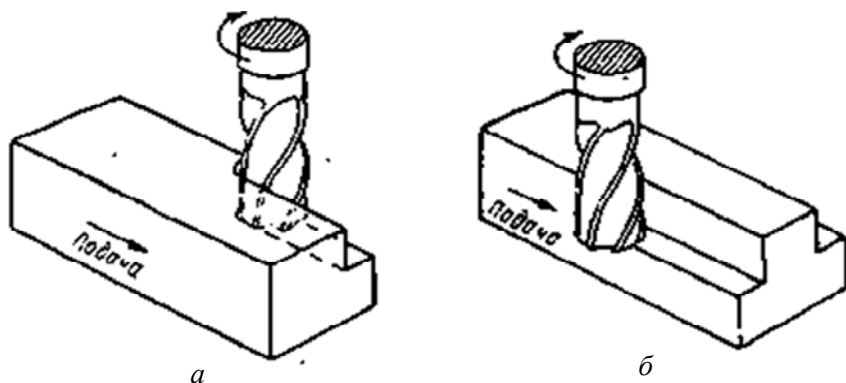


Рис. 2.13. Фрезерование 2-х уступов концевой фрезой: *а* – правого; *б* – левого

2.2.2. Фрезерование прямоугольных пазов

Приемы фрезерования прямоугольных пазов существенно не отличаются от практических действий, выполняемых фрезеровщиком при обработке уступов. Поэтому ниже будут рассмотрены только некоторые вопросы, свойственные данному виду работ.

При фрезеровании прямоугольных пазов ширина дисковой или диаметр концевой фрезы должны быть равны ширине фрезеруемого паза, если биение режущих кромок фрез не превышает допуска на его ширину. В противном случае ширина паза получится больше размера фрезы. Поэтому при обработке точных пазов следует уделять особое внимание устранению или сведению до минимума биения фрез. Если по каким-либо причинам это выполнить не представляется возможным, такие пазы обрабатывают фрезой несколько меньшего размера за два прохода по ширине паза.

Расстояние паза от боковой стороны детали может быть задано на чертеже (рис. 2.14): от левой стороны паза размером l , от его оси – l_1 или от правой стороны – l_2 . В таких случаях после соприкоснове-

ния фрезы с боковой стороной заготовки, от которой задан размер, последнюю смещают по лимбу поперечной подачи стола.

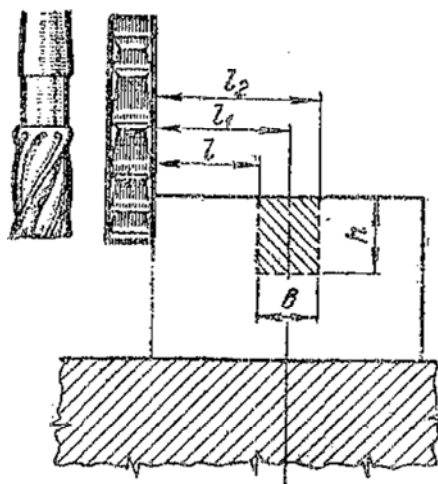


Рис. 2.14. Схема наладки станка на размеры паза

Установка фрезы на глубину паза h выполняется так же, как и при фрезеровании уступов (от положения заготовки, соответствующего касанию ее верхней стороны с фрезой).

При фрезеровании открытых прямоугольных пазов применяют трехсторонние дисковые фрезы или концевые фрезы, размеры которых (ширина дисковой фрезы или диаметр концевой фрезы) должны соответствовать чертежному размеру фрезеруемого паза с допускаемыми отклонениями. Это справедливо в тех случаях, когда дисковая фреза не имеет торцового биения, а концевая фреза – радиального биения. В противном случае ширина отфрезерованного паза окажется больше ширины фрезы, или, как говорят, фреза «разобьет» паз, что может привести к браку. Поэтому трехстороннюю фрезу зачастую выбирают по ширине несколько меньше ширины фрезеруемого паза.

Так как трехсторонние дисковые фрезы изготавливают с остроконечными зубьями, то после последующей переточки торцовых зубьев ширина фрезы уменьшится. Следовательно, данная фреза после заточки уже будет непригодной для фрезерования прямоугольного паза в следующей партии деталей. Для сохранения необходимой ширины

трехсторонних дисковых фрез после переточки их изготавливают составными с перекрывающимися друг друга зубьями, что позволяет регулировать их размер. Для этой цели в разъем такой составной фрезы вставляют прокладки из стальной или медной фольги.

Концевые фрезы не позволяют регулировать их диаметр, поэтому обработка точных пазов возможна только новой фрезой. В последнее время появились патроны для закрепления концевых фрез, позволяющие устанавливать фрезу с регулируемым эксцентриситетом по отношению к шпинделю, т. е. с некоторым регулируемым биением, что позволяет фрезеровать точные пазы концевой фрезой, потерявшей размер после переточки.

Процесс фрезерования прямоугольных пазов, т. е. установка фрезы, закрепление заготовки, а также приемы фрезерования принципиально не отличаются от описанных выше приемов фрезерования уступа.

2.2.3. Фрезерование шпоночных канавок

Шпоночная канавка бывает открытой, или сквозной, когда она проходит вдоль всего вала, закрытой, или замкнутой, когда она отфрезерована на части вала и не выходит ни к одному из его торцов, и полузакрытой, или полузамкнутой, когда она отфрезерована на одном конце вала и выходит к торцу.

Открытые шпоночные канавки фрезеруют дисковыми фрезами на горизонтально-фрезерных станках; закрытые и полузакрытые шпоночные канавки фрезеруют специальными концевыми (шпоночными) фрезами на горизонтально- и вертикально-фрезерных станках или на специальных шпоночных станках.

На рис. 2.15 показана установка заготовки и фрезы для фрезерования открытой шпоночной канавки с закреплением вала в параллельных машинных тисках.

При правильно установленных тисках точность установки закрепленного в них вала можно не проверять. В таких случаях обычно важнее бывает проверить правильность установки фрезы в диаметральной плоскости заготовки (рис. 2.16). Основным условием для получения качественной шпоночной канавки является параллельность ее оси вала. Для получения этого необходимо, чтобы фреза проходила точно по осевой линии вала.

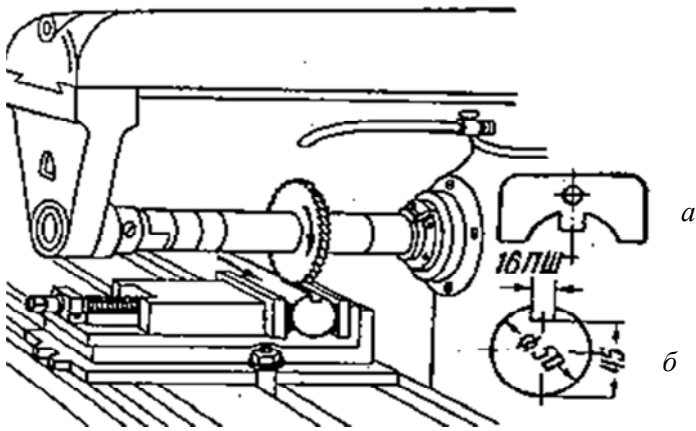


Рис. 2.15. Фрезерование дисковой фрезой открытой шпоночной канавки на валу

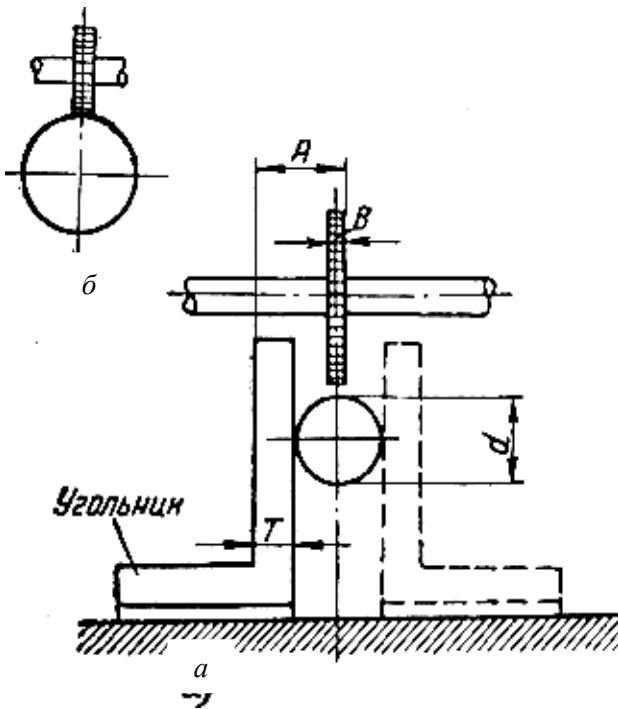


Рис. 2.16. Проверка установки дисковой фрезы в диаметральной плоскости вала

При подводе фрезы к валу вручную надо остерегаться поломки зуба фрезы, поэтому нужно медленно подводить фрезу. По окончании прохода отводят ручную стол станка, выключают вращение шпинделя и проверяют шпоночную канавку, сняв предварительно напильником заусенцы.

Для фрезерования шпоночных канавок можно применять также трехсторонние дисковые фрезы, но при этом следует иметь в виду, что дисковая трехсторонняя фреза при каждой переточке несколько уменьшается в размере по ширине. Поэтому необходимо до установки фрезы проверить ширину режущей кромки зуба микрометром, чтобы убедиться в пригодности фрезы для данной обработки.

Один из наиболее простых приемов заключается в следующем. После закрепления фрезы и проверки ее индикатором на биение, подводят вал под фрезу и устанавливают ее грубо по центру над свешивающимся концом вала. Дальнейшую точную установку производят при помощи угольника и штангенциркуля. На рис. 2.16 сплошной линией показано, как измеряется расстояние A , которое равно ширине T полки угольника плюс половина диаметра вала $d/2$ и плюс половина ширины фрезы $B/2$.

Подсчитав размер, проверяем его штангенциркулем. Поставив угольник с другой стороны вала, как это показано пунктиром, проверяем таким же образом правильность размера A . Если оба отсчета размера штангенциркуля сойдутся, то фреза установлена точно.

Фрезерование *закрытых шпоночных канавок* можно производить на горизонтально-фрезерных, на вертикально-фрезерных и на специальных шпоночно-фрезерных станках. На рис. 2.17, *а* показана установка фрезы в диаметральной плоскости для фрезерования закрытой канавки на горизонтально-фрезерном станке, а на рис. 2.17, *б* – на вертикально-фрезерном станке.

Для закрепления вала часто пользуются специальными тисками (рис. 2.17). Установку фрезы в диаметральной плоскости осуществляют по формуле

$$A = d/2 + D/2$$

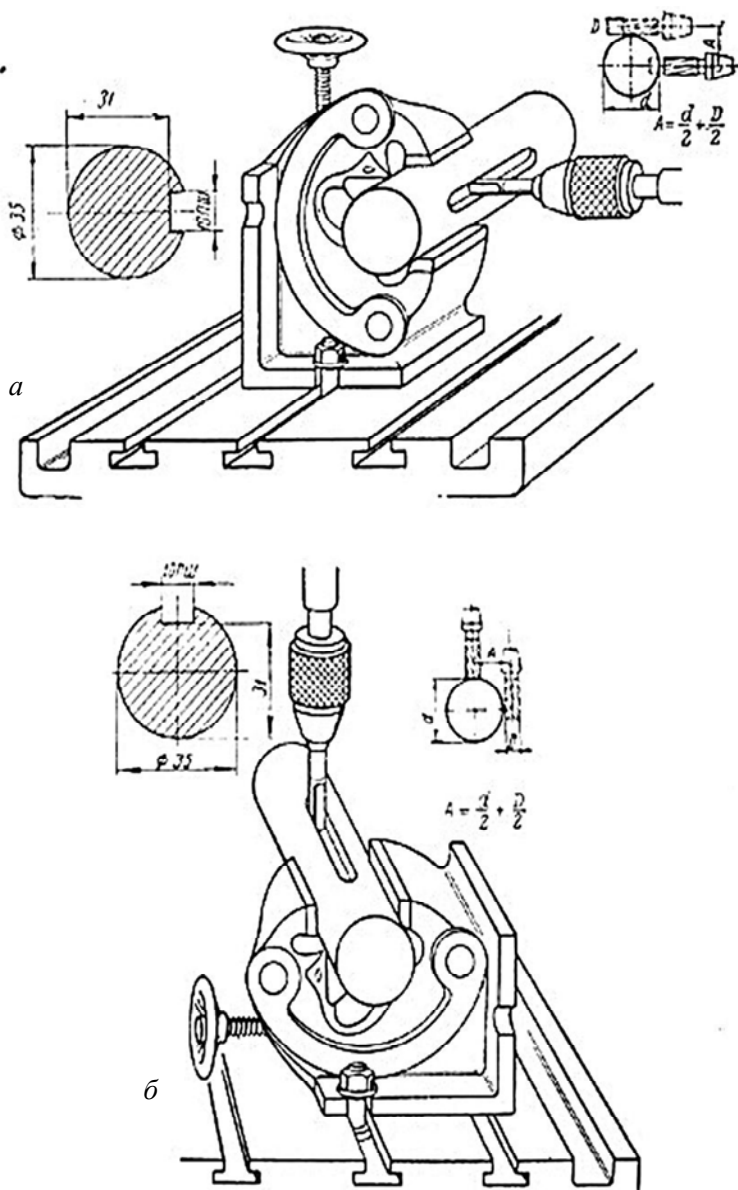


Рис. 2.17. Фрезерование закрытой шпоночной канавки в валу:
a – на горизонтально-фрезерном станке; *б* – на вертикально-фрезерном станке

2.3. Технология разрезания металла и прорезания шлиц

Разрезание (отрезка, отрезание) металла – процесс полного отделения одной части материала от целого (прутка, бруска, уголка и т. д.) с помощью режущего инструмента на металлорежущих станках.

Прорезание (прорезка) – процесс образования одного или нескольких мерных узких пазов (прорезей, шлицев) в заготовке с помощью режущего инструмента на металлорежущих станках.

Для отрезных работ применяют тонкие дисковые фрезы – отрезные. Очень тонкие дисковые фрезы малого диаметра для фрезерования прорезей (шлицев) в головках винтов и в гайках называют прорезными (шлицевыми). Отрезные и прорезные фрезы изготавливают из быстрорежущей стали P18, P6M5 с мелкими, средними (нормальными) и крупными зубьями. Фрезы со средними и мелкими зубьями применяют для разрезания тонких заготовок, тонкостенных труб, для прорезания неглубоких шлицев в головках винтов, а с крупными зубьями – для прорезания глубоких и узких пазов и для отрезных работ.

Отрезные фрезы обычно держатся на оправке за счет трения при затяжке колец гайкой. При тяжелых работах (разрезка брусков, толстых прутков, разрезка толстого листового металла) фрезу надевают на шпонку.

Разрезание бруска на части. Для получения готовой детали (шпонки) длиной 27 мм из фрезерованного бруска согласно рис. 2.18 с двумя уступами надо его разрезать на три части длиной по 27–0,5 мм каждая. Необходимо сделать два пропила шириной не более 2 мм каждый, чтобы длина бруска, равная 85 мм, была достаточной.

Заготовку закрепляют в тисках параллельно фрезерной оправке, как показано на рис. 2.18, в.

Чтобы фреза не вырвала заготовку из тисков, как это бывает при встречном фрезеровании (рис. 2.18, а), при разрезании металла также применяют попутное фрезерование (рис. 2.18, б). В этом случае сила фрезерования прижимает заготовку к параллельным подкладкам тисков. Данный способ фрезерования может быть рекомендован при разрезании листового и полосового материала с целью более надежного и устойчивого положения разрезаемых заготовок. Однако при этом методе фрезерования во избежание явления подрыва заготовки под фрезу необходимо, чтобы механизм подачи стола горизонтально-фрезерного станка фактически не имел люфта (зазора).

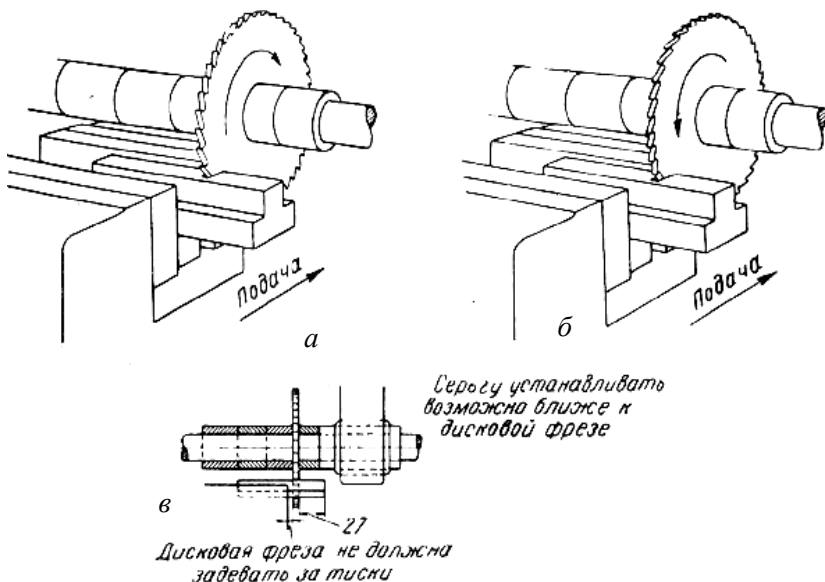


Рис. 2.18. Разрезание ступенчатой шпонки:

а – встречное фрезерование; *б* – попутное фрезерование; *в* – установка фрезы

2.4. Технология фрезерования профильных пазов и канавок

2.4.1. Фрезерование Т-образных пазов

В машиностроении широко применяют детали со *специальными* (Т-образными и типа «ласточкин хвост») *пазами*.

Т-образные пазы (рис. 2.19) в столах фрезерных, сверлильных и других станках имеют двойное назначение. Они служат для размещения в них головок крепежных болтов, а также для выверки приспособлений на столе станка.

Такие пазы характеризуются шириной *A* (узкой верхней части) и *B* (нижней части), общей глубиной *H*, высотой *B* и размерами фасок *a*.

Внутреннюю часть шириной *B* и высотой *B* (рис. 2.20, *б*) обрабатывают специальной концевой фрезой для Т-образных пазов (рис. 2.20). Такая фреза состоит из рабочей части *1* с элементами и геометрией дисковых пазовых фрез с разнонаправленными зубьями, конического хвостовика *3* с конусом Морзе и гладкой шлифованной цилиндрической шейки *2*, диаметр которой равен ширине узкой части паза.

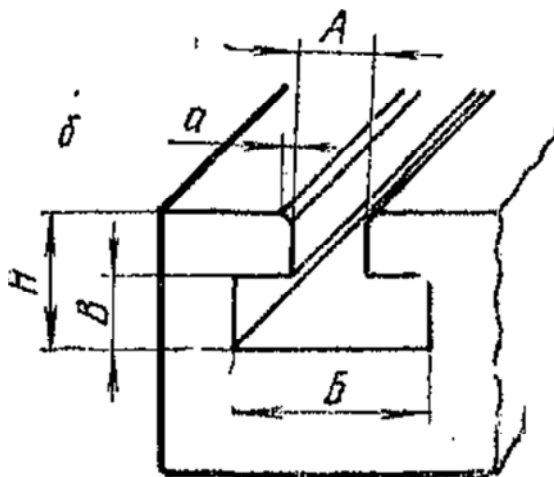


Рис. 2.19. Т-образный паз

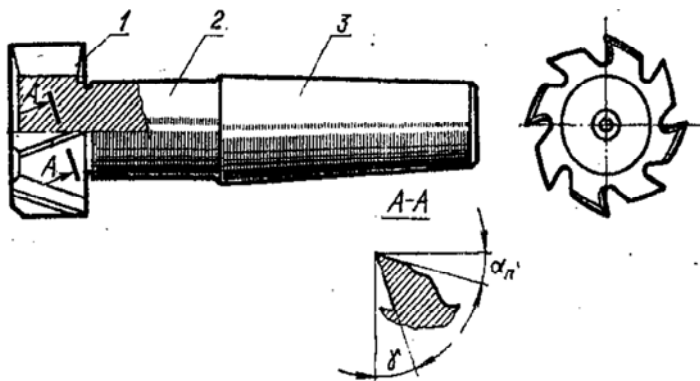


Рис. 2.20. Фреза для обработки Т-образных пазов

Т-образные пазы должны удовлетворять следующим характерным требованиям: иметь достаточно высокую точность ширины узкой части паза на всей длине и перпендикулярность ее боковых сторон к верхней базовой поверхности детали. Это обеспечивается правильной наладкой станка и соблюдением надлежащих приемов работы.

Профиль Т-образного паза образовывается за три перехода, обычно выполняемых на вертикально-фрезерных или продольно-фрезерных станках.

На примере обработки двух смежных пазов (рис. 2.21, а) проследим выполнение этой операции. Первый переход (рис. 2.21, б) заключается в фрезеровании концевой или дисковой трехсторонней фрезой сначала одного, а затем и смежного паза за один рабочий ход на 14 мм по ширине и на 21 мм по глубине. Второй переход (рис. 2.21, в) состоит из последовательного фрезерования за один рабочий ход Т-образной концевой фрезой соответствующего размера симметричных прямоугольных поднутрений в пазах на размер $24^{+1,5}$ мм по ширине и 11 мм по высоте. Третий переход (рис. 2.21, г) используется для фрезерования фасок $1,5 \times 45^\circ$ вдоль кромок каждого паза за один рабочий ход угловой концевой или дисковой угловой фрезой.

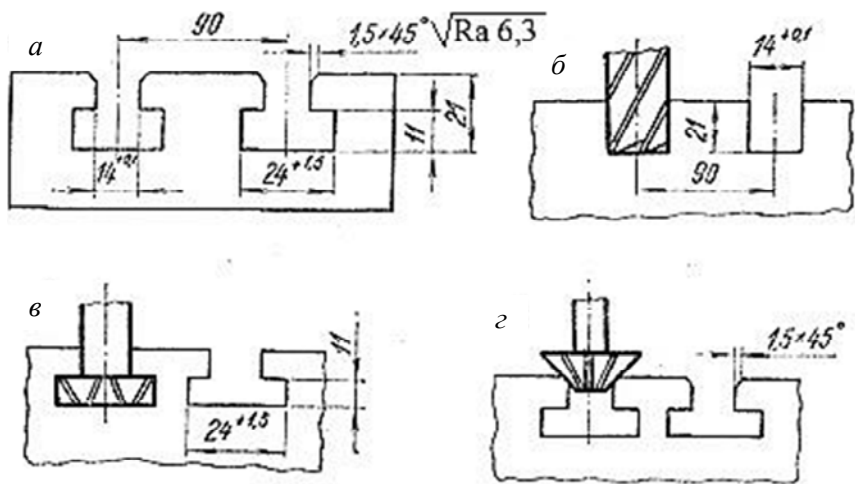


Рис. 2.21. Последовательность обработки двух Т-образных пазов

Перемещение стола станка или фрезы со шпиндельной бабкой на шаг пазов (90 мм) отсчитывается по встроенным в станок измерительным линейкам и лимбам, что обеспечивает выполнение данного размера в допустимых отклонениях.

2.4.2. Фрезерование пазов типа «ласточкин хвост»

Пазы типа «ласточкин хвост» (рис. 2.22) служат, как правило, направляющими элементами подвижных узлов машин. Такие пазы,

в частности, имеют консоли, салазки стола и серьги хоботов фрезерных станков.

Основными размерами их являются: ширина A , глубина H и углы наклона α боковых сторон к базовой поверхности детали.

В зависимости от способа регулирования зазоров в подвижных соединениях пазов типа «ласточкин хвост» их боковые стороны могут располагаться параллельно в продольном направлении либо одна из них с некоторым углом уклона, равным 1:100 (на длине 100 мм ширина паза изменяется на 1 мм), к другой стороне.

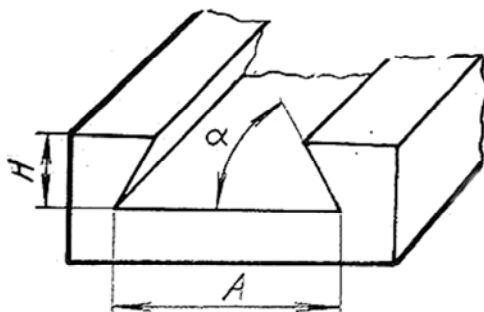


Рис. 2.22. Паз типа «ласточкин хвост»

Особыми требованиями, предъявляемыми к точности обработки пазов типа «ласточкин хвост», являются: обеспечение одинаковых углов α , неизменной глубины паза по всей длине детали и параллельности к боковым сторонам ее согласно техническим условиям рабочего чертежа. Эти требования могут быть выдержаны правильным выбором режима резания, режущих инструментов, выверкой заготовки на станке.

Обычно фрезерование таких пазов является завершающей операцией фрезерной обработки детали. Закрепление заготовки в зависимости от ее размеров и формы производится в станочных тисках, непосредственно на столе фрезерного станка прихватами или прижимами с обязательной выверкой по верхней и боковой сторонам с помощью рейсмаса, угольников или индикатора относительно направления подачи стола.

В качестве режущих инструментов для фрезерования таких пазов служат одноугловые дисковые или концевые фрезы с углом профиля между режущими кромками, равным углу профиля паза α .

Обработка паза типа «ласточкин хвост» на вертикально-фрезерном станке производится в следующей последовательности. Вначале концевой фрезой фрезеруется прямоугольный паз шириной B и глубиной H (рис. 2.23, *a*). Затем концевой одноугловой фрезой поочередно обрабатывают боковые стороны (рис. 2.23, *б, в*), выдерживая размер A .

Учитывая тяжелые условия резания при фрезеровании пазов типа «ласточкин хвост» угловыми фрезами, подачу для них несколько занижают: при обработке стали она не должна превышать 0,05 мм/зуб, при обработке чугуна – 0,15 мм/зуб. Скорость резания принимают в пределах 20...25 м/мин.

Измерение линейных размеров паза выполняют штангенциркулями, угловых – шаблонами от базовой поверхности детали.

Размер ширины паза обычно задается на чертеже расстоянием B (рис. 2.23) между двумя калиброванными цилиндрическими роликами диаметром d . При отсутствии этого размера его можно определить по формуле

$$B = A - 2(r + b),$$

где A – наибольшая ширина паза, мм.

r – радиус роликов, мм;

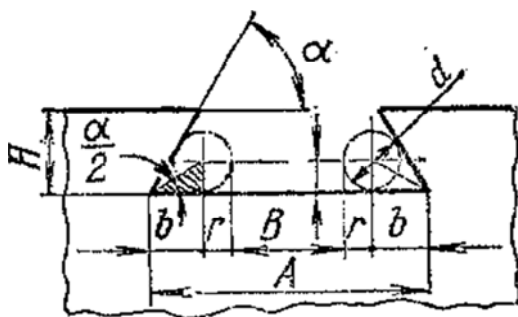


Рис. 2.23. Контроль качества паза типа «ласточкин хвост» с помощью роликов

Выполнив несложные математические преобразования, окончательно получим:

$$B = A - d(1 + (1/\operatorname{tg}\alpha/2)).$$

Располагая ролики в различных местах паза, можно проверить его ширину по всей длине, а также определить величину уклона боковых сторон.

2.5. Технология фрезерования фасонных поверхностей

2.5.1. Разновидности фасонных поверхностей

Фасонными принято называть *поверхности*, имеющие криволинейную образующую. По форме их можно разделить на *простые* и *сложные*. У простых криволинейный профиль выполнен по дуге окружности постоянного радиуса, а у сложных он может состоять из участков различной кривизны, иногда соединенных прямыми линиями.

Различают *контурные* и *объемные фасонные поверхности*. *Контурные поверхности* ограничены двумя плоскими основаниями и имеют криволинейный профиль только в сечении, проведенном параллельно им. Такие поверхности могут быть получены обработкой на консольно-фрезерных станках. На рис. 2.24 показаны контурные фасонные поверхности профильных дисковых кулачков (рис. 2.24, б) и рычага (рис. 2.24, в).

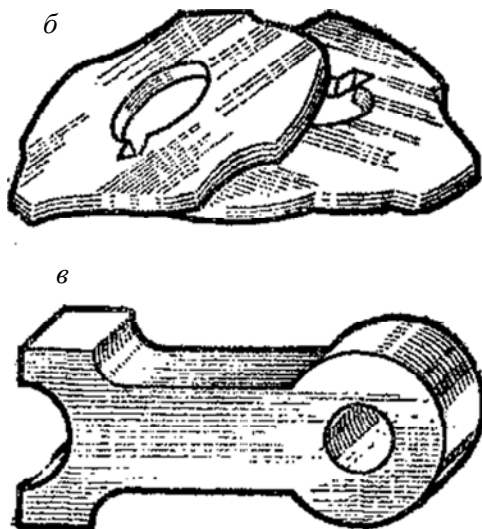


Рис. 2.24. Детали, имеющие фасонные поверхности

Объемная фасонная поверхность в сечениях, проведенных в двух взаимно перпендикулярных направлениях, имеет криволинейную форму, а для ее обработки требуются специальные копировально-фрезерные станки. Такие поверхности имеются в штампах, прессформах и других деталях.

Обработка фасонных поверхностей относится к сложным и трудоемким операциям и требует от фрезеровщика большого внимания и аккуратности.

На консольно-фрезерных станках контурные фасонные поверхности можно обрабатывать одним из следующих способов: комбинированием двух подач, по копиру, на круглом поворотном столе, фасонными фрезами.

2.5.2. Фасонные фрезы

Детали, имеющие фасонные поверхности в одном сечении в виде выступов или впадин, изготавливают, применяя *фасонные фрезы*, придающие требуемую форму заготовке без копира.

Для получения нешироких фасонных поверхностей применяют фасонные фрезы с затылованными зубьями (затачивают только по передней поверхности). На рис. 2.25 показаны выпуклые и вогнутые фасонные фрезы, а также фрезы различных сложных профилей, применяемые в машиностроении.

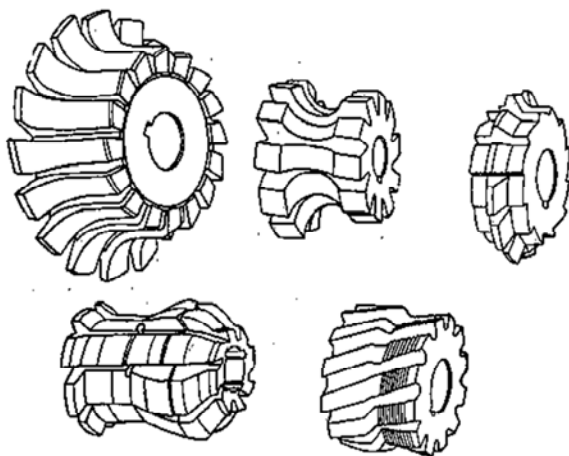


Рис. 2.25. Фасонные фрезы

2.5.3. Способы фрезерования фасонных поверхностей

Фрезерование фасонных поверхностей комбинированием двух подач в основном производят на вертикально-фрезерных станках концевыми фрезами. Диаметр фрезы обычно подбирают по наименьшему радиусу вогнутого участка. Характерной особенностью обработки этим способом является непостоянство глубины фрезерования, которая может изменяться в широких пределах в зависимости от припуска на отдельных участках заготовки и формы поверхности. По этой причине такие поверхности фрезеруют за несколько проходов. При черновых проходах криволинейному участку придают приближенную форму, оставляя припуск до 1 мм на чистовой проход.

На рис. 2.26 показано фрезерование концевой фрезой фасонной поверхности планки комбинированием двух подач. Размеченная заготовка 4 базируется на параллельной подкладке 3 и при помощи прихватов 1 и 2 закрепляется на столе станка. Фрезерование начинают с участка, имеющего наибольший припуск на обработку. За один или несколько черновых проходов поверхности придают приближенную форму относительно линии разметки. При чистовом фрезеровании производят плавные перемещения стола в продольном и поперечном направлениях, непрерывно и внимательно следя, чтобы режущие кромки зубьев фрез проходили по линиям разметки.

Для контроля размеров и формы фасонной поверхности применяют шаблоны с профилем в соответствии с размерами чертежа детали. Поверхность считается обработанной правильно, если при наложении шаблона на фасонную поверхность размер световой щели между ними будет одинаков по всей длине профиля. Обработка пазов этого типа производится при глубине резания не более половины диаметра фрезы, подаче на зуб $S_z = 0,01 \dots 0,03$ мм/зуб и скорости резания $v = 20 \dots 30$ м/мин.

Принцип метода фрезерования по накладным копирам заключается в воспроизведении на обрабатываемой поверхности заготовки криволинейного контура накладного копира. В процессе фрезерования заготовке и копиру комбинированием двух подач сообщается два движения: продольное и поперечное. При этом нужно непрерывно следить за тем, чтобы поверхность копира постоянно соприкасалась с цилиндрической шейкой фрезы. Если на заготовке имеется большой припуск, то предварительно производят черновую

обработку (в этом случае копир не должен соприкасаться с шейкой фрезы) и только после этого фасонную поверхность фрезеруют по копиру окончательно.

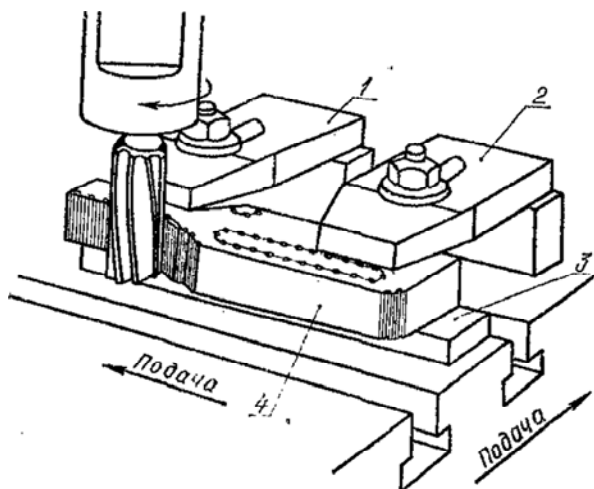


Рис. 2.26. Фрезерование фасонной поверхности планки

При обработке фасонного профиля дискового кулачка по накладному копиру (рис. 2.27) заготовка 1 и накладной копир 2 устанавливаются на цилиндрическую часть оправки 4, вставленную в коническое отверстие круглого поворотного стола б, и закрепляются гайкой 3.

Обработка производится концевой фрезой, у которой диаметр цилиндрической шейки 5 равен диаметру фрезы. Процесс фрезерования ведется двумя подачами: продольной и круговой, которые координируются таким образом, чтобы цилиндрическая шейка фрезы постоянно обкатывалась по контуру копира. При этом фреза воспроизводит на заготовке контур копира.

Фрезерование фасонных поверхностей по накладным копирам производится в случае изготовления относительно крупных партий деталей. При этом способе обработки не требуется размечать криволинейный контур. Точность размеров и формы значительно выше, чем при фрезеровании комбинированием двух подач по разметке, уменьшается время на установку заготовки и увеличивается производительность труда.

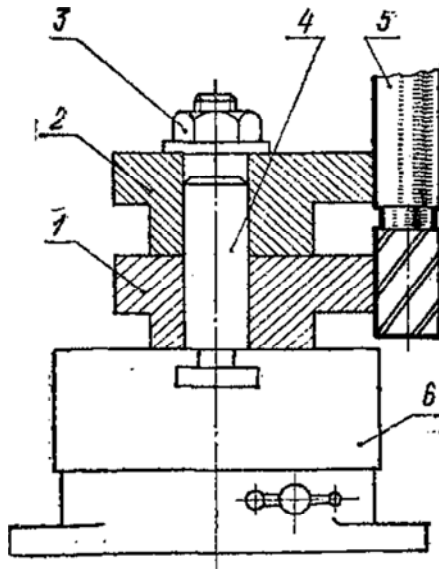


Рис. 2.27. Фрезерование фасонной поверхности дискового кулачка по накладному копиру

Фрезерование набором фрез (рис. 2.28) является способом, значительно сокращающим время на обработку, так как обработка нескольких поверхностей осуществляется одновременно за один проход. Применение такого способа экономически оправдано при изготовлении деталей крупными партиями.

Диаметры фрез в наборе определяются в зависимости от глубины обработки различных участков детали. Ширина установочных колец, расположенных между фрезами, рассчитывается в зависимости от ширины фрез в наборе и расстояния между канавками, а правильность их установки проверяют шаблоном.

Расчет скорости резания при фрезеровании набором фрез производят по фрезе наибольшего диаметра; тогда фреза меньшего диаметра будет работать с меньшими скоростями, т. е. в более благоприятных условиях.

Профиль обработанной поверхности проверяют при помощи *шаблона*. Для проверки фрез служит *контршаблон*, представляющий собой обратное очертание профиля фрезы (рис. 2.29). Во избежание брака необходимо фрезу, шаблон и контршаблон клеить.

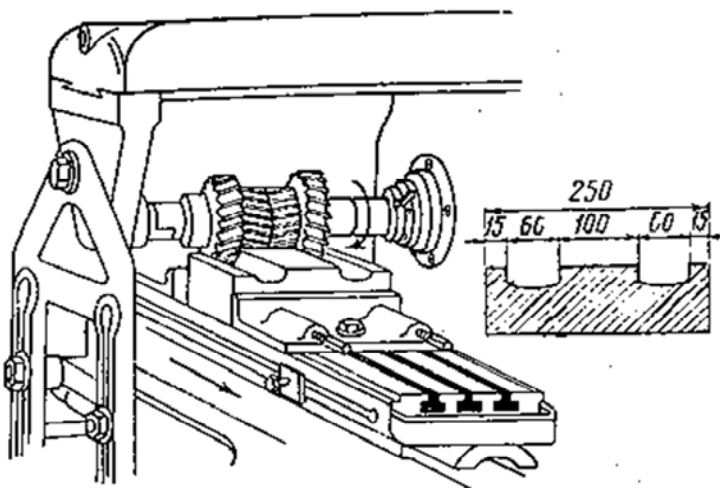


Рис. 2.28. Фрезерование фасонной поверхности набором фрез

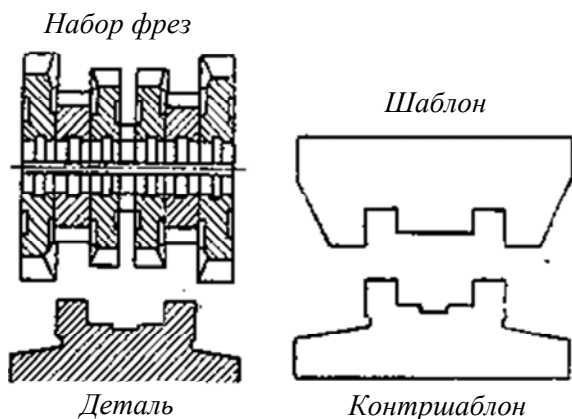


Рис. 2.29. Набор фрез, деталь, шаблон и контршаблон

Фрезерование фасонных поверхностей по разметке является наименее производительным и точным. Оно применяется при изготовлении небольшого количества деталей. Работа производится чаще всего концевой фрезой преимущественно на вертикально-фрезерных станках комбинированием двух одновременно действующих ручных подач (или совмещением ручной и автоматической подачи).

3. КОМПЛЕКСНЫЕ ВИДЫ ФРЕЗЕРОВАНИЯ

3.1. Общее представление о производственном и технологическом процессе. Обобщенный алгоритм умственных действий фрезеровщика

Производственным процессом называется совокупность всех действий людей и орудий производства, необходимых для изготовления выпускаемых изделий на данном предприятии. В производственный процесс входят не только процессы, связанные с изменением форм и свойств исходных заготовок и сборкой узлов, но и процессы, обеспечивающие выпуск готовой продукции, транспортировку и хранение, изготовление инструмента, ремонт, учет и отчетность, входной и выходной контроль и т. д.

Технологический процесс – это часть производственного процесса, непосредственно связанного с изменением формы, размеров, шероховатости поверхности (механическая обработка) и физико-механических свойств обрабатываемой заготовки (термическая или химико-термическая обработка) с целью получения готовой детали. Технологический процесс также учитывает контроль качества, очистку и транспортировку, которые, хотя и не изменяют объект производства, тесно связаны с процессами обработки и сборки или входят в них как составная часть.

Механическая обработка является важнейшей составной частью производственного процесса, связанного с изменением форм, размеров и состояния обрабатываемой заготовки. Осуществляется такая обработка на металлорежущих станках путем срезания с поверхностей заготовки определенного слоя металла – *припуска*. Одним из ее видов является фрезерная обработка.

Перед выполнением учебно-производственного задания фрезеровщик должен продумать свое задание, детально его разобрать, руководствуясь при этом следующим обобщенным алгоритмом умственных действий:

– анализ функционального назначения и геометрических характеристик детали из чертежа (*точность размеров, точность геометрической формы, точность взаимного расположения обрабатываемых поверхностей, шероховатость поверхности*);

- анализ *физико-механических свойств* детали (исходный материал, термическая и химико-термическая обработка, наличие защитных покрытий);
- анализ *количества* деталей в партии;
- анализ *заготовки* (исходный материал, способ получения заготовки, ее форма, габаритные размеры, величина снимаемого припуска);
- анализ/разработка *технологического маршрута* фрезерования детали;
- анализ/выбор оптимального *режущего (фрез), вспомогательного, контрольно-измерительного инструмента, приспособлений*;
- расчет и выбор оптимальных *режимов резания*;
- анализ возможных *видов брака*, его *причин и способов предупреждения*;
- *рациональная организация рабочего места*;
- *безопасные приемы труда*.

Процесс выполнения учебно-производственного задания состоит, как правило, из *наладки станка на обработку*, выполнения той или иной *операции*, входного, *периодического* и *итогового контроля* качества детали.

Наладка станка на обработку детали включает: *установку фрезы* на станок при помощи вспомогательного инструмента, *проверку ее на биение*; *установку, выверку и закрепление приспособления*; *установку, выверку и закрепление заготовки в приспособлении*; *установку режимов резания на станке*.

Технологический процесс существенно влияет на экономические показатели предприятия, поэтому при осуществлении процесса должны обеспечиваться не только необходимые качество изделия и высокая производительность труда, но и наименьшие материальные затраты.

3.2. Оформление технологического маршрута фрезерования детали машин

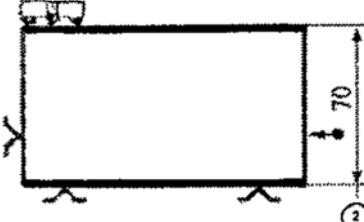
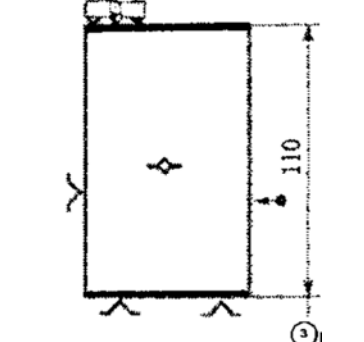
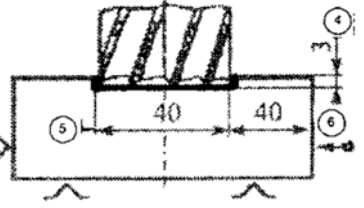
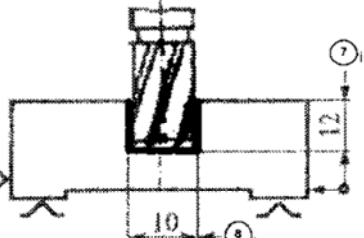
Для производственного предприятия основным технологическим документом служит технологический процесс, предусмотренный Единой системой технологической документации (ЕСТД) по

ГОСТ 3.1105–88. Технологический процесс содержит сведения о последовательности выполнения операций, их привязке к цехам и участкам предприятия, наименование применяемых станков, приспособлений и инструментов и некоторые другие данные. Однако, исходя из особенности разработки технологического процесса, текстовый материал желательнее для большей наглядности сопровождать графическим изображением. Поэтому для учебных целей в начале обучения целесообразно пользоваться несколько упрощенным технологическим маршрутом, расчлняя операции на установки, переходы и сопроводив их схемами технологических установов. При оформлении технологического маршрута рекомендуется руководствоваться следующими правилами: операции (О) следует обозначать арабскими цифрами 005; 010; 015 и т. д.; установки (У) – прописными буквами русского алфавита: А, Б, В и т. д.; переходы (П) и рабочие ходы – арабскими цифрами 1, 2, 3 и т. д.; инструктивные указания в графе «Содержание установов и переходов» при обработке основания выражать глаголом в повелительной форме: установить, закрепить, фрезеровать; в кружке проставляется порядковый номер размера поверхности из схемы технологического установова (табл. 3.1).

Таблица 3.1

Технологический маршрут фрезерования детали «Основание»

О	У	П	Содержание установов и переходов	Схемы установов и переходов
005	А–Б	1–2	Установить и закрепить заготовку в тисках. Фрезеровать плоскость, выдерживая размер 1	

О	У	П	Содержание установов и переходов	Схемы установов и переходов
005	В-Г	3-4	Установить и закрепить заготовку в тисках. Фрезеровать плоскость, выдерживая размер 2	
	Д-Е	5-6	Установить и закрепить заготовку в тисках. Фрезеровать торец, выдерживая размер 3	
	Ж	7	Установить и закрепить заготовку в тисках. Фрезеровать паз, выдерживая размеры 4-6	
3		8	Установить и закрепить заготовку в тисках. Фрезеровать паз, выдерживая размеры 7-8	

О	У	П	Содержание установов и переходов	Схемы установов и переходов
005	И-К	9-10	Установить и закрепить заготовку в тисках. Фрезеровать 2 уступа, выдерживая размеры 9-10	

Обработанные поверхности обводятся сплошными линиями увеличенной толщины (в 2–3 раза толще основной линии чертежа). Кроме того, на схемах указываются размеры, подлежащие выполнению в данной операции (установе). Нумеруются они арабскими цифрами в кружках диаметром 6–8 мм и располагаются вне контура детали.

Способы крепления заготовок указываются на схемах условными обозначениями: – неподвижная опора, вид сбоку (губка тисков, основание или параллельная подкладка тисков); – подвижная губка тисков, вид сбоку и т. д.; – закрепление заготовки, вид спереди.

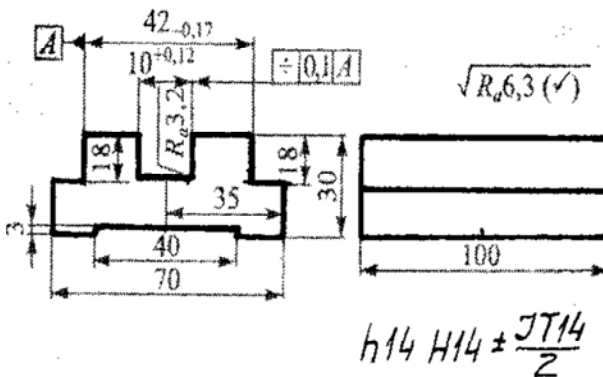


Рис. 3.1. Рабочий чертеж детали «Основание»

4. ФРЕЗЕРОВАНИЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ УНИВЕРСАЛЬНОЙ ДЕЛИТЕЛЬНОЙ ГОЛОВКИ (УДГ)

4.1. Общее устройство и принадлежности УДГ. Способы деления на УДГ

4.1.1. Общее устройство и принадлежности УДГ

Делительные головки являются принадлежностями, значительно расширяющими технологические возможности консольно-фрезерных станков. Их основным назначением является поворот заготовки на заданные равные или неравные углы или на часть оборота.

Различают следующие виды делительных головок: *простые, универсальные и оптические*. По числу шпинделей они могут быть *одношпиндельные* и *многошпиндельные*. Наиболее широкое распространение при изготовлении больших партий одинаковых деталей в условиях крупносерийного и массового производства получили *универсальные делительные головки (УДГ)*.

На рис. 4.1, *а, б* показана УДГ, на рис. 4.1, *з* дана ее кинематическая схема, на рис. 4.1, *в* – делительный диск с сектором. Универсальная делительная головка может служить:

а) для установки оси обрабатываемой заготовки под требуемым углом относительно стола станка (горизонтально, вертикально, наклонно);

б) для периодического поворота заготовки вокруг ее оси на определенные углы (деление на равные и неравные части);

в) для непрерывного вращения заготовки при фрезеровании винтовых канавок (спиралей).

г) производить разметку заготовок.

Все типы универсальных делительных головок независимо от их конструкции имеют червячную передачу, при помощи которой поворачивается шпиндель головки. Внутри чугунного основания 5 со стяжными дугами 9 закреплен поворотный корпус 10 со шпинделем 7, который может быть повернут в основании на любой угол в пределах $0...5^\circ$ вниз и $0...95^\circ$ вверх. Отсчет угла поворота шпинделя производится по шкале и нониусу 12 при ослаблении гайки 17. Концы шпинделя имеют конические отверстия с конусом Морзе. В отверстие со стороны переднего конца шпинделя может быть вставлен упорный центр 6

или концевая оправка, а с противоположной стороны – шпиндельный валик, используемый для дифференциального метода деления.

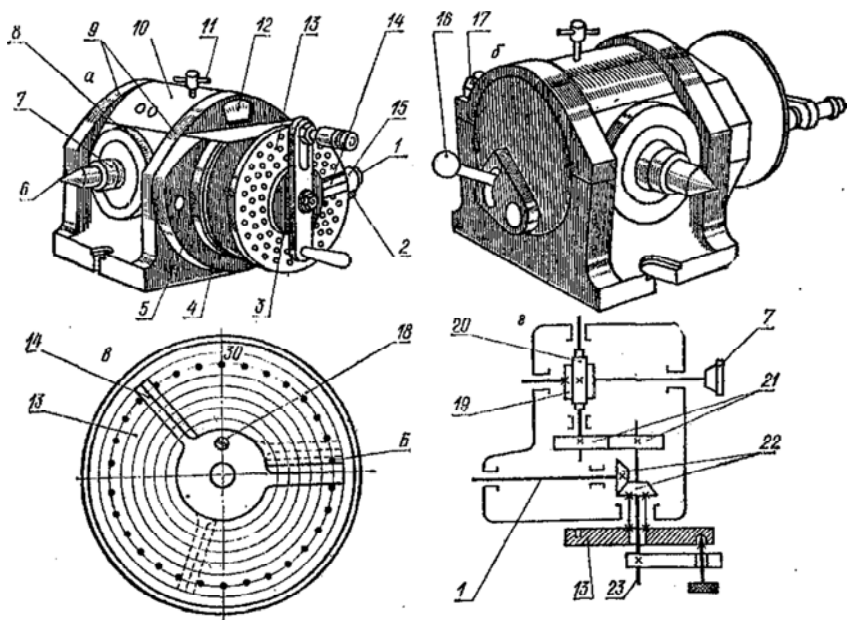


Рис. 4.1. Универсальная делительная головка (УДГ)

Передний конец шпинделя имеет резьбу и центрирующую шейку для установки и закрепления трехкулачкового самоцентрирующегося патрона. На буртике шпинделя также закрепляется лобовой делительный диск 8 с двадцатью четырьмя отверстиями с градусной шкалой, используемый для непосредственного деления. На средней части шпинделя неподвижно закреплено червячное колесо 19 с числом зубьев $Z = 40$, в круговую выточку которого на торце входит конец зажима 11, фиксирующий неподвижное положение шпинделя в процессе фрезерования. Червячное колесо получает вращение от червяка 20, расположенного в эксцентричной втулке, при повороте которой от рукоятки 16 червяк может быть выведен из зацепления с червячным колесом.

Сбоку делительной головки на валу 23, смонтированном в подшипниках скольжения крышки 4, закреплен боковой делительный диск 13, имеющий ряд концентрично расположенных несквозных

отверстий (16, 17, 19, 21, 23, 29, 30, 31 – на одной стороне и 33, 37, 39, 41, 43, 47, 49 и 54 – на другой). Он фиксируется в требуемом положении стопором 2. На валу делительного диска установлены коническое и цилиндрическое колеса 21 и 22, а также приводная планка с рукояткой и фиксатором, входящим в отверстие на боковом делительном диске. Спереди бокового делительного диска расположен раздвижной сектор 3, состоящий из линеек 14 и служащий для облегчения отсчета требуемого числа делений по диску. Линейки сектора закрепляются винтом 18 и могут быть повернуты одна относительно другой на любой угол.

Вал 1 механического привода вращения шпинделя расположен во фланце 15, который крепится к крышке 4. На конце вала 1 установлено коническое колесо 22, находящееся в постоянном зацеплении с другим коническим колесом, закрепленным на валу бокового делительного диска. Передача вращательного движения червяку 20 от рукоятки осуществляется через коническое и цилиндрическое колеса 22 и 21, имеющие передаточное отношение, равное единице.

Точная установка делительной головки на столе станка, при которой ось шпинделя будет строго параллельна продольной подаче стола, достигается за счет двух направляющих шпонок, прикрепленных к нижней части основания и входящих в продольный паз стола.

Число промежутков между отверстиями выбранного делительного круга (так сокращенно будем впредь называть выбранный ряд отверстий на делительном диске), пропускаемых при повороте шпинделя головки, рассчитывается по формуле:

$$n = a/z,$$

где a – число отверстий выбранного круга лобового диска;
 z – заданное число делений.

4.1.2. Способы деления на УДГ

Существуют три способа деления заготовок с помощью универсальных делительных головок: *непосредственный, простой и дифференциальный*.

Способ непосредственного деления применяется в тех случаях, когда требуется большая точность отсчета поворота заготовки. Де-

ление производится поворотом шпинделя делительной головки вместе с лобовым делительным диском, а отсчет угла поворота осуществляется с помощью отверстий на тыльной стороне диска относительно фиксатора или по градусной шкале. Так как лобовой делительный диск имеет 24 отверстия, то заготовку можно разделить на 2, 3, 4, 6, 8, 12, 24 части. При делении по градусной шкале точность отсчета по лимбу несколько ниже (до 5'), так как цена деления нониуса соответствует пяти минутам.

При делении заготовки на z частей угол поворота шпинделя α определяется по формуле:

$$\alpha = 360/z,$$

где z – заданное число делений.

С каждым поворотом шпинделя головки к отсчету, соответствующему положению шпинделя до поворота, следует прибавить величину α .

Перед делением рукояткой 16 необходимо вывести червяк из зацепления с червячным колесом, фиксатор из отверстия лобового делительного диска и повернуть шпиндель вместе с заготовкой от руки на необходимое число делений или заданный угол.

Если на чертеже задан центральный угол между осями обрабатываемых канавок, то угол поворота шпинделя равен этому углу,

В случае, когда задан угол между гранями обрабатываемых поверхностей, угол поворота шпинделя после обработки первой поверхности определяется по формуле:

$$\alpha = 180^\circ - \beta,$$

где β – угол между гранями.

Сущность *простого способа деления* состоит в том, что поворот шпинделя с закрепленной заготовкой осуществляется за счет поворота рукоятки с фиксатором относительно отверстий неподвижного бокового делительного диска через червячную передачу. Так как передаточное отношение зубчатых колес, связывающих вал приводной планки рукоятки с фиксатором и однозаходным червяком, равно единице, а червячное колесо, неподвижно закрепленное на шпинделе, имеет 40 зубьев, то при повороте рукоятки на один пол-

ный оборот червячное колесо повернется на один зуб или на $\frac{1}{40}$ оборота. Следовательно, чтобы шпиндель сделал один полный оборот, необходимо повернуть рукоятку сорок раз.

Число оборотов рукоятки, которые необходимо сделать, чтобы шпиндель делительной головки повернулся на один оборот, называется *характеристикой делительной головки*.

Все УДГ отечественного производства имеют характеристику, равную 40.

При простом методе деления число оборотов рукоятки, выбор ряда отверстий на боковом делительном диске и числа делений между ними определяются по формуле

$$n = N/z, \quad (1)$$

где n – число оборотов рукоятки относительно бокового делительного диска;

N – характеристика делительной головки;

z – число делений, на которое необходимо разделить заготовку.

При *делении заготовки на равные части при заданных центральных углах способом простого деления* необходимо сначала определить число делений по формуле

$$z = 360^\circ/\alpha,$$

где α – центральный угол, заданный чертежом.

Подставив значение z в формулу (1), получим формулу определения числа оборотов рукоятки при заданных значениях угла поворота заготовки способом простого деления, т. е.

$$n = \alpha/9. \quad (2)$$

Из этой формулы видно, что для поворота заготовки на 1° рукоятку относительно бокового делительного диска надо повернуть на $\frac{1}{9}$ часть оборота. Удобнее это делать по окружности диска с числом отверстий 54.

Расчет углов поворота при *делении заготовки на неравные части* также производится способом простого деления по формуле 19, но для удобства отсчета и избегания ошибок предварительно составляют таблицу поворота рукоятки относительно бокового делительного диска после фрезерования каждой канавки.

Способ дифференциального деления применяется, когда удается разделить окружность на заданное число частей рассмотренными выше способами. На рис. 4.2 приведена кинематическая схема универсальной делительной головки, настроенной на дифференциальное деление.

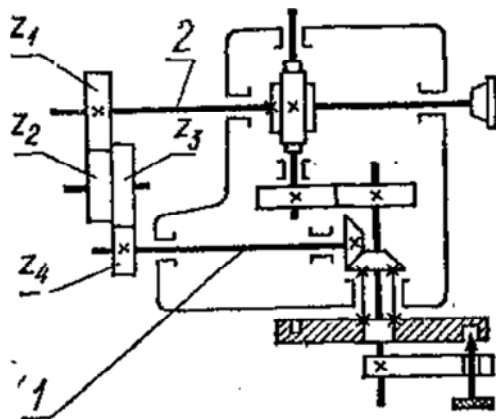


Рис. 4.2. Кинематическая схема УДГ для дифференциального деления

При выполнении дифференциального деления боковой делительный диск следует освободить от фиксатора, а шпиндель установить в строго горизонтальное положение. При этом, необходимо рассчитать число оборотов рукоятки, установить требуемую окружность с определенным числом отверстий делительного диска, число делений, передаточное отношение сменных зубчатых колес, число их зубьев и направление вращения диска.

Число оборотов рукоятки определяется по формуле

$$n = N/x,$$

где N – характеристика делительной головки;

x – условное число, ближайшее к заданному, на которое можно разделить методом простого деления.

Передаточное отношение сменных колес гитары i рассчитывается по формуле

$$I = N(x - z)/x,$$

где z – число, на которое надо разделить заготовку.

По передаточному отношению определяют число зубьев, колес гитары.

К делительным головкам прилагается комплект зубчатых колес с числом зубьев: 25 (2 шт.), 30, 35, 40, 50, 55, 60, 70, 80, 90, 100.

Направление вращения бокового делительного диска зависит от величины принятого условного числа x . При положительном значении передаточного отношения, т. е. когда $x > z$, направление вращения диска и рукоятки должно совпадать. При отрицательном значении передаточного отношения ($x < z$) вращение диска и рукоятки должно иметь встречное направление. В зависимости от этого гитара сменных зубчатых колес (рис. 4.3, *a*) может иметь четыре схемы настройки. При $x > z$ – в одну пару колес с одним промежуточным колесом z_0 (рис. 4.3, *б*) или в две пары без промежуточного колеса (рис. 4.3, *в*). При $x < z$ – в одну пару с двумя промежуточными колесами (рис. 4.3, *г*) или в две пары с одним колесом (рис. 4.3, *д*). Сцепление колес достигается поворотом корпуса гитары вокруг приводного вала и перемещением передвижных пальцев с установленными на них колесами в пазах.

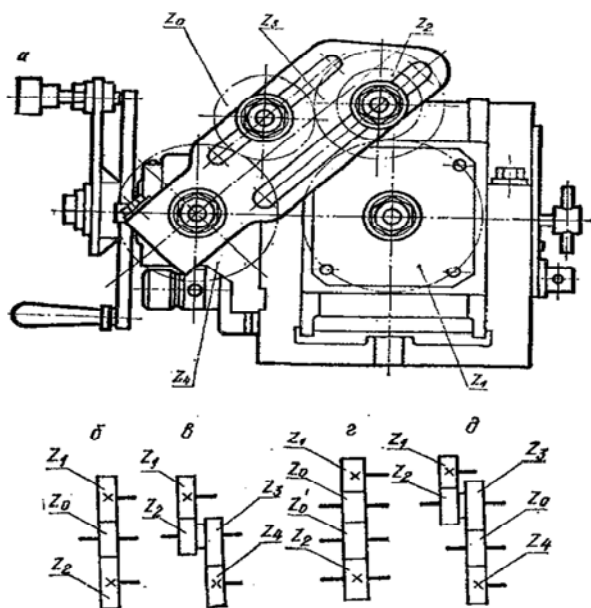


Рис. 4.3. Схема настройки гитары УДГ для дифференциального деления

4.2. Фрезерование многогранников

Фрезерование граней *многогранников* (трехгранников, четырехгранников, пятигранников и т. д.) в зависимости от конфигурации детали и размера партии производят дисковыми, концевыми, цилиндрическими или торцовыми фрезами, а также набором дисковых фрез.

Пусть требуется профрезеровать грани квадрата, например, грани хвостовика метчика или развертки. Фрезерование производим с помощью универсальной делительной головки на горизонтально-фрезерном станке концевой фрезой.

Перед началом работы необходимо:

1. Очистить стол и пазы от стружки, смазать тонким слоем смазки плоскости стола и основания делительной головки. Установить делительную головку и заднюю бабку фиксирующими сухарями в средний паз стола.

2. Ввести в паз стола крепежные болты делительной головки и задней бабки и затянуть их.

3. Проверить совпадение центров передней и задней бабок с помощью контрольного шлифованного валика и индикатора (рис. 4.4). Если при перемещении стойки индикатора параллельно оси валика отклонение стрелки будет не более 0,02 мм, то установка центров произведена правильно. При больших отклонениях следует отрегулировать положение заднего центра при помощи установочного винта в колодке, несущей центр задней бабки. Снять контрольный валик с центров.

4. Освободить болты, крепящие заднюю бабку, отодвинуть ее от делительной головки на требуемое расстояние по длине заготовки и закрепить болтами.

5. Надеть на заготовку хомутик, закрепив его болтом. Установить заготовку в центрах, вставить загнутый конец (рог) хомутика в вырез поводка и закрепить его.

На рис. 4.5, *а* показана установка заготовки для фрезерования квадрата концевой фрезой, а на рис. 4.5, *б* – торцовой фрезой. После того как профрезеровали одну грань, методом непосредственного деления поворачивают шпиндель делительной головки вместе с обрабатываемой заготовкой на требуемый угол и производят фрезерование второй грани и т. д.

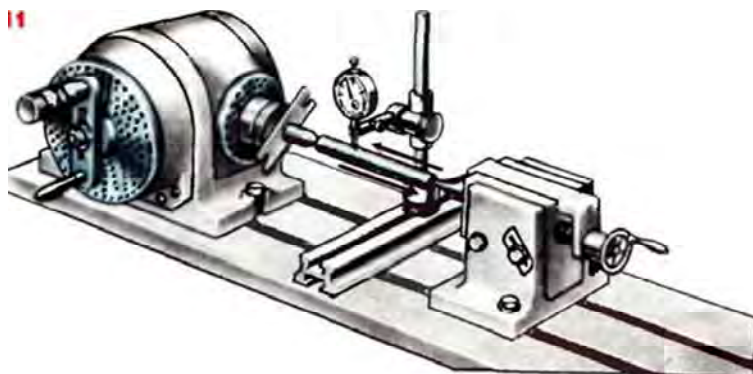


Рис. 4.4. Проверка совпадения центров УДГ и задней бабки

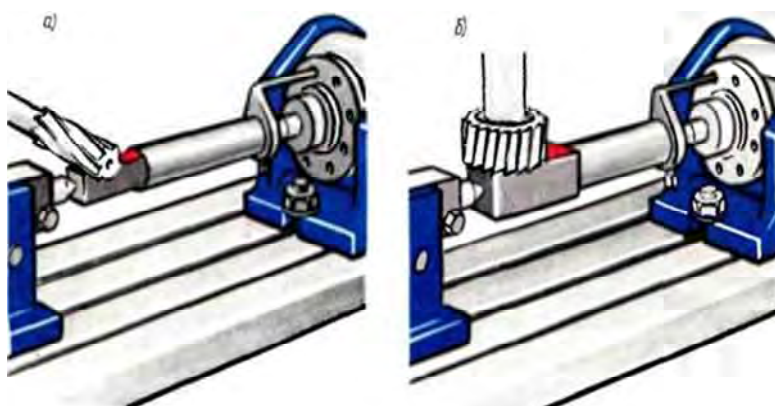


Рис. 4.5. Фрезерование квадрата

Фрезерование граней многогранников можно производить не одной фрезой, а набором дисковых фрез. Этот метод при обработке большой партии заготовок является более производительным и точным, чем фрезерование одной фрезой.

На рис. 4.6 показана схема фрезерования граней головки винта набором из двух дисковых фрез. Расстояние между внутренними боковыми поверхностями фрез должно быть равно расстоянию между противоположными боковыми гранями детали. Оно достигается подбором установочных колец, так же как и при обработке уступов и пазов набором фрез.

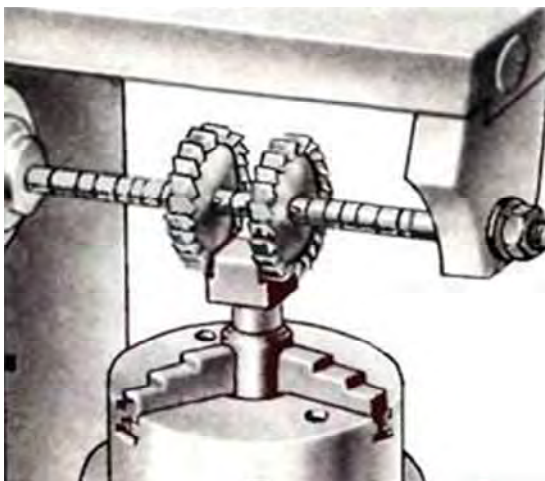


Рис. 4.6. Фрезерование граней головки винта набором фрез

Заготовка должна быть установлена так, чтобы ее ось была перпендикулярна оси оправки фрезы.

4.3. Фрезерование прямозубых цилиндрических колес

4.3.1. Методы фрезерования зубчатых колес

Зубчатые колеса должны работать плавно, бесшумно, равномерно вращаясь и сохраняя постоянство передаточного отношения передачи. Эти требования определяются и устанавливаются в зависимости от условий эксплуатации зубчатых колес. Существуют два метода нарезания зубчатых колес: *обкаткой* и *копированием*.

Методом *обкатки* нарезают колеса на зубофрезерных станках. Он основан на воспроизведении движений червячной передачи, у которой червяк в виде фрезы является режущим инструментом, а сопрягаемое колесо – нарезаемой заготовкой. Для нарезания зубчатых колес методом обкатки служат червячные модульные фрезы.

Сущность метода *копирования* состоит в том, что режущим инструментом – дисковой модульной фрезой последовательно нарезают впадины зубчатого колеса. Профиль впадин зубьев в точности соответствует профилю режущего инструмента.

4.3.2. Режимы резания при фрезеровании зубчатых колес

В зависимости от величины модуля нарезаемого колеса и требуемой шероховатости боковых сторон зубьев фрезеровать каждую впадину можно за один или несколько проходов. Когда модуль колеса не превышает 3 мм, глубину фрезерования устанавливают из расчета $t = 2,25 m$. При фрезеровании каждой впадины за несколько проходов припуск на чистовой проход не должен превышать 0,2 мм на сторону.

Учитывая довольно трудные условия работы дисковых модельных фрез, их высокую стоимость, следует устанавливать подачу на зуб не более 0,05 мм/зуб, а скорость резания – 15...20 м/мин. По принятой скорости резания определяют частоту вращения фрезы в минуту и минутную подачу, на которые настраивают станок.

4.3.3. Приемы и способы фрезерования зубьев

До начала фрезерования необходимо определить число оборотов рукоятки УДГ, выбрать требуемую окружность с отверстиями на боковом делительном диске, настроить его сектор и в отверстие выбранной окружности вставить фиксатор рукоятки. Включив вращение шпинделя, рукояткой продольной и вертикальной подач стола подводят заготовку до легкого соприкосновения ее наивысшей точки с фрезой. После этого продольной подачей отводят стол с заготовкой из-под фрезы, лимбовое кольцо вертикальной подачи устанавливают на нулевое деление и поднимают стол на глубину резания, равную $2,25 m$ (при фрезеровании за один проход). Затем стопорят консоль на станине, перемещают стол с заготовкой до фрезы, производят врезание, включают продольную механическую подачу и фрезеруют первую впадину на необходимую длину. После этого выключают вращение фрезы, возвращают стол в первоначальное положение, освобождают шпиндель делительной головки, вращением рукоятки относительно бокового делительного диска поворачивают заготовку на необходимое число оборотов (или части оборота), снова закрепляют шпиндель и обрабатывают вторую и последующие впадины колеса.

После фрезерования первых двух впадин рекомендуется проверить толщину зуба и при необходимости произвести корректировку размеров.

4.3.4. Выбор фрез для нарезания зубьев зубчатых колес

Дисковые модульные фрезы (рис. 4.7) предназначены для нарезания зубьев зубчатых колес методом копирования. Сущность метода состоит в том, что режущим инструментом последовательно или одновременно нарезают впадины зубчатого колеса, причем профиль инструмента точно должен соответствовать контуру этих впадин.

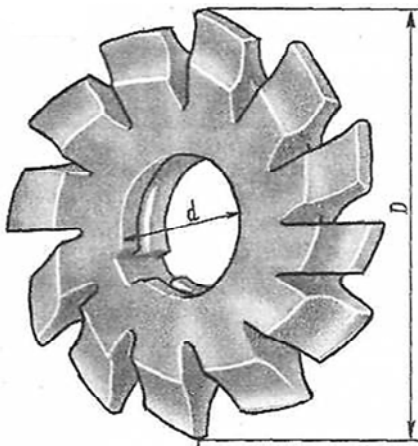


Рис. 4.7. Дисковая модульная фреза

Концевые (пальцевые) модульные фрезы (рис. 4.8) применяются для нарезания прямых, косых и шевронных зубьев на заготовках зубчатых колес больших модулей (больше 8 мм) в условиях единичного и мелкосерийного производства. Черновая пальцевая фреза отличается от чистовой наличием стружколомательных канавок. После чернового фрезерования оставляют припуск на чистовую обработку.

В табл. 4.1 и 4.2 представлены комплекты зубофрезерных дисковых фрез.

В целях сокращения количества размеров зуборезных фрез модули зубчатых колес стандартизованы, т. е. ограничены следующими модулями: 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,75; 0,8; 1,0; 1,25; 1,5; 1,75; 2,0; 2,25; 2,50; 3,0; 3,5; 4,0; 4,5; 5,0; 5,5; 6,0; 6,5; 7,0; 8,0; 9,0; 10,0; 11; 12; 13; 14; 15; 16; 18; 20; 22; 24; 26; 28; 30; 33; 36; 39; 42; 45; 50.

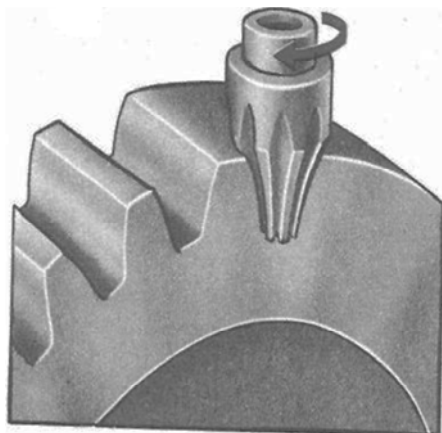


Рис. 4.8. Пальцевая модульная фреза

Таблица 4.1

15-штучный комплект зуборезных дисковых фрез

Номер фрезы	1	1 ^{1/2}	2	2 ^{1/2}	3	3 ^{1/2}	4	4 ^{1/2}
Число зубьев нарезаемого колеса	12	13	14	15–16	17–18	19–20	21–22	23–25
Номер фрезы	5	5 ^{1/2}	6	6 ^{1/2}	7	7 ^{1/2}	8	–
Число зубьев нарезаемого колеса	26–29	30–34	35–41	42–54	55–79	80–134	135, рейка	–

Таблица 4.2

8-штучный комплект зуборезных дисковых фрез

Номер фрезы	1	2	3	4	5	6	7	8
Число зубьев нарезаемого колеса	12–13	14–16	17–20	21–25	26–34	35–54	55–134	135, рейка

4.3.5. Параметры зубчатого колеса

Боковые стороны профиля зубьев изготавливаются по кривой, называемой эвольвентой.

В зубчатом колесе различают *окружности выступов*, *впадин* и *делительную окружность* (рис. 4.9).

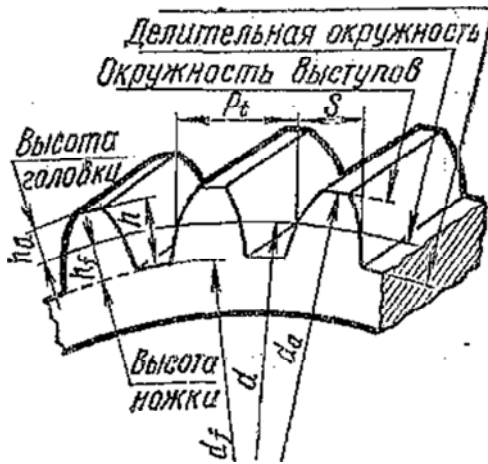


Рис. 4.9. Основные параметры зубчатого колеса

Окружностью выступов d_a называется окружность, описанная из центра колеса и проходящая по выступам зубьев. *Окружность впадин* d_f описывается из центра колеса и проходит по основанию впадин. В *делительной окружности* d элементы зубчатого колеса шаг и угол зацепления зубчатого колеса соответственно равны теоретическому шагу и углу зацепления исходной (зуборезной) рейки. Она делит высоту зуба на две неравные части (головку и ножку).

Расстояние между одноименными (т. е. обращенными в одну сторону, например двумя правыми или двумя левыми) боковыми поверхностями (профилями) двух смежных зубьев колеса, взятое по дуге делительной окружности, называется *шагом* и обозначается P_t . Следовательно, можно записать:

$$P_t = \pi d/z = 3,14 d/z, \text{ мм,}$$

где Pt – шаг в мм;

d – диаметр делительной окружности;

z – число зубьев.

Модулем m называется длина, приходящаяся по диаметру делительной окружности на один зуб колеса; численно модуль равен отношению диаметра делительной окружности к числу зубьев. Следовательно, можно записать:

$$m = d/z = t/\pi = t/3,14, \text{ мм.}$$

Из формулы следует, что шаг

$$Pt = \pi m = 3,14 m, \text{ мм.}$$

Чтобы узнать шаг зубчатого колеса, надо его модуль умножить на π .

В практике нарезания зубчатых колес наиболее важным является модуль, так как все элементы зуба связаны с величиной модуля.

Высота головки зуба h' равна модулю m , т. е.:

$$h' = m.$$

Высота ножки зуба h'' равна 1,2 модуля, или

$$h'' = 1,2 m.$$

Высота зуба, или глубина впадины,

$$h = h' + h'' = m + 1,2 m = 2,2 m.$$

По числу зубьев z зубчатого колеса можно определить диаметр его делительной окружности:

$$d = z \times m.$$

Наружный диаметр зубчатого колеса равен диаметру делительной окружности плюс высота двух головок зуба, т. е.

$$De = d + 2h' = zm + 2m = (z + 2) m.$$

Следовательно, для определения диаметра заготовки зубчатого колеса надо число его зубьев увеличить на два и полученное число умножить на модуль.

В табл. 4.3 даны основные зависимости между элементами зубчатого зацепления для цилиндрического колеса.

4.3.6. Контроль элементов зубчатых колес

Обычно у зубчатых колес, обрабатываемых на универсально-фрезерных станках дисковыми модульными фрезами, достаточно проверить толщину зуба по постоянной хорде и радиальное биение профиля зубьев.

Толщину зуба с точностью измерения 0,02 мм проверяют кро-мочным штангензубомером (рис. 4.10, а). Он состоит из двух взаимно перпендикулярных штанг 1 и 9, на которые нанесены деления в миллиметрах, рамок 3 и 7 с нониусами. Нониус и рамка 7 связаны с губкой 6, а нониус и рамка 3 – с высотной линейкой 5. Точную установку нониуса на размер производят с помощью гаек 2 и 8 микрометрических винтов, связанных с рамками 3, 7.

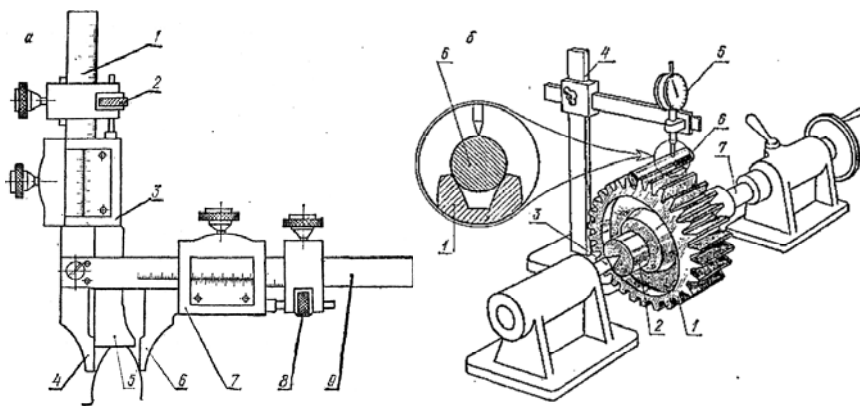


Рис. 4.10. Контроль элементов зубчатых колес

Таблица 4.3

Основные зависимости в параметрах зубчатого колеса

Элементы колеса	Условное обозначение	Расчетная формула
Модуль, мм	m	$m = Pt/\pi = da/(z + 2) = d/z$
Шаг, мм	Pt	$Pt = \pi m = 3,14m = 3,14d/z$
Число зубьев	z	$z = d/m = (da - 2m)/m$
Диаметр окружности выступов, мм	da	$da = m(z + 2) = d + 2m$
Высота, мм	h	$h = 2,25m$
головки зуба	ha	$ha = m$
ножки зуба	hf	$hf = 1,25m$
Толщина зуба	S	$S = Pt/2 = \pi m/2$

Для измерения *толщины зуба* штангензубомером по *постоянной хорде* необходимо рассчитать *высоту* от вершины зуба колеса до постоянной хорды по формуле

$$h_{n.x} = 0,747m.$$

Толщина зуба по постоянной хорде определяется по формуле

$$S_{n.x} = 1,387m.$$

Чтобы измерить толщину зуба, ребро высотной линейки устанавливают на его выступ и при помощи губок 4 и 6 измеряют его толщину. По разности между полученной величиной и расчетной или заданной чертежом (с учетом проставленных отклонений) судят о правильности размера.

Важным показателем годности зубчатого колеса является *радиальное биение профиля зубьев* в пределах допустимой нормы. В условиях единичного производства радиальное биение профиля зубьев на делительной окружности измеряется индикатором с использованием стального шлифованного цилиндрического ролика (рис. 4.10, б).

В этом случае зубчатое колесо 1 закрепляется на оправке 2, в центрах 3 и 7 приспособления или делительной головки и задней бабки.

Ролик 6, диаметр которого принимается равным $1,475m$, размещают во впадине зубьев колеса. Измерительным штифтом индикатора 5, закрепленного на стойке 4 и установленного на столе контрольного приспособления или станка, касаются (с небольшим натягом) ролика. Поворачивают зубчатое колесо с оправкой в центрах и по отклонению стрелки индикатора определяют наивысшую точку ролика, который затем помещают в соседнюю впадину и поворачивают колесо до тех пор, пока стрелка индикатора не покажет его наивысшую точку во второй впадине. Обычно ролик размещают в четырех расположенных в диаметральных плоскостях, впадинах. По разности отклонений стрелки индикатора определяют радиальное биение профиля зубьев на делительной окружности.

Зубчатую рейку можно рассматривать как часть зубчатого колеса с бесконечно большим радиусом. Вследствие этого элементы ее зуба и соотношение между ними выражаются теми же формулами, что и для зубчатого колеса.

Обычно зубчатые рейки фрезеруют на специальных станках. Но рейки малой длины, к которым не предъявляются высокие требования по параметрам зубьев, можно обрабатывать на горизонтально-фрезерных станках.

Заготовку размещают параллельно оси шпинделя и закрепляют в приспособлении или на столе станка с помощью упоров, прижимов и прихватов. Перед окончательным закреплением и после его необходимо вывернуть поверхность заготовки, на которой будут нарезаны зубья, в горизонтальной плоскости. Для этого можно использовать штангенрейсмас или индикатор со стойкой и одну из боковых сторон, чтобы она находилась в плоскости, параллельной поперечной подаче. В качестве режущего инструмента при фрезеровании зубчатых реек применяют *дисковые модульные фрезы № 8* из комплекта для нарезания зубчатых колес.

Фрезерование первой канавки начинают от торца рейки, чтобы толщина первого зуба не превышала толщины остальных зубьев. Перед обработкой первой канавки перемещают стол в продольном и в вертикальном направлениях до соприкосновения заготовки с вращающейся фрезой. Затем отводят заготовку из-под фрезы, поворотом рукоятки вертикальной подачи устанавливают глубину резания ($2,25m$), включают продольную подачу стола и фрезеруют первую канавку. После этого останавливают вращение фрезы, возвращают

стол с заготовкой в исходное положение, по лимбу поперечной подачи перемещают его на величину, равную шагу рейки, и фрезеруют вторую канавку. Следующие зубья фрезеруют в рассмотренной выше последовательности.

4.4. Фрезерование угловых канавок и шлицев на цилиндрических поверхностях

При изготовлении многозубых режущих инструментов (фрез, разверток, метчиков, а также храповых колес) фрезеровщику приходится выполнять угловые канавки. Канавки заданных форм и размеров получаются, если заготовка правильно установлена относительно фрезы. Их фрезеруют одноугловыми или двухугловыми фрезами с углом профиля между режущими кромками, равным углу профиля мшанок на обрабатываемой детали.

Рассмотрим возможные случаи взаимного положения заготовки относительно угловых фрез на примере фрезерования угловых стружечных канавок фрез с прямыми зубьями и с нулевым и положительными значениями переднего угла γ .

Торцовая поверхность одноугловой фрезы при фрезеровании угловых канавок фрез с передним углом $\gamma = 0^\circ$ должна проходить через диаметральную плоскость заготовки.

Это достигается совмещением оси центра I (рис. 4.11, *a*), вставленного в шпиндель делительной головки, с вершиной зуба фрезы 2 или с помощью угольника. В последнем случае (рис. 4.11, *б*) к цилиндрической поверхности заготовки 1 , установленной и закрепленной в делительной головке, прижимают вертикальную полку угольника 2 , помещенного на столе стайка.

Перемещая стол в поперечном направлении, касаются вертикальной полкой угольника торцовой поверхности фрезы 3 . Сняв угольник со стола, установив лимб поперечной подачи на нулевое деление, перемещают стол в противоположном направлении на величину радиуса заготовки, равную $D/2$, устанавливая тем самым торцовую поверхность одноугловой фрезы в диаметральной плоскости заготовки.

В практике быстро и с высокой степенью точности это же делают следующим образом. Штангенрейсмасом измеряют расстояние от верхней образующей заготовки до рабочей поверхности стола фрезерного станка, уменьшают показание шкалы на величину радиуса

заготовки и прочерчивают горизонтальную риску вдоль оси заготовки на небольшую длину. Затем рукояткой делительной головки поворачивают заготовку на угол 90° и, перемещая стол станка в поперечном направлении, совмещают риску с вершиной зубьев фрезы.

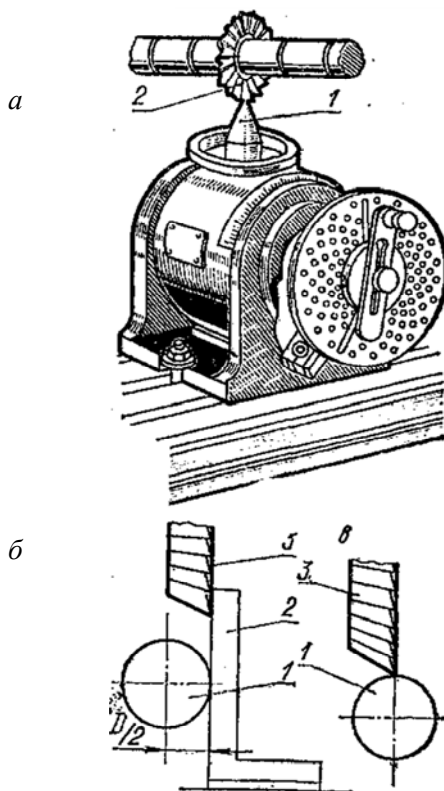


Рис. 4.11. Установка дисковой фрезы в диаметральной плоскости заготовки

При обработке угловых стружечных канавок одноугловой фрезой на заготовке с передним углом γ больше 0° торцовая поверхность фрезы должна находиться от диаметральной плоскости заготовки на некотором расстоянии x (рис. 4.12, а), величина которого определяется по формуле

$$x = D/2 \sin \gamma,$$

где D – диаметр обрабатываемой заготовки;
 γ – заданное значение переднего угла на заготовке.

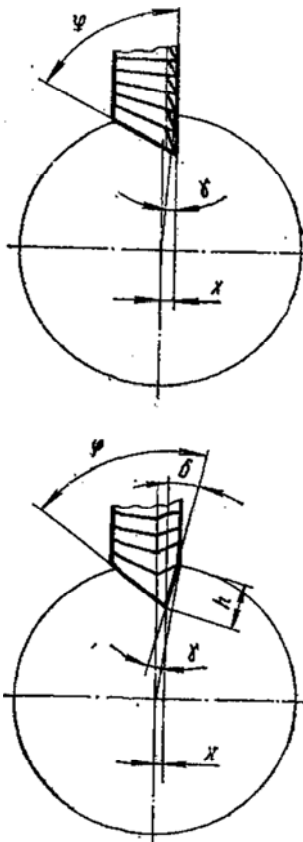


Рис. 4.12. Схема определения величины смещения заготовки с заданным значением переднего угла

Двухугловые фрезы при фрезеровании угловых канавок находят более широкое применение, чем одноугловые. Выбор угла профиля фрезы φ зависит от профиля угловой канавки, причем угол δ между плоскостью, проведенной перпендикулярно к оси, и режущими кромками, образующими переднюю поверхность зуба на заготовке, желательно принимать равным значению заданного переднего угла или близким к нему.

Как и в предыдущих случаях, вершину зубьев фрезы необходимо установить в диаметральной плоскости заготовки, которую затем следует сместить в противоположном направлении на величину x (рис. 4.12, б). Эта величина зависит от диаметра, заданного значения переднего угла γ , высоты профиля канавки h и угла δ заготовки.

Величина смещения x определяется по формуле

$$x = D/2 \sin(\gamma + \delta) - (h \sin\delta/\cos\gamma).$$

В частном случае при $\gamma = 0^\circ$

$$x = (D/2 - h) \sin\delta.$$

4.5. Фрезерование кулачковых муфт с четным и нечетным числом зубьев

Кулачковая муфта, как правило, представляет собой втулку со ступенчатым отверстием, на торце которой имеются выступы и впадины, образующие зубья муфты *прямоугольными* (рис. 4.13, а), *трапецеидальными* (рис. 4.13, б), *острыми равносторонними* (рис. 4.13, в) и *неравносторонними* (пилообразными) (рис. 4.13, г) зубьями.

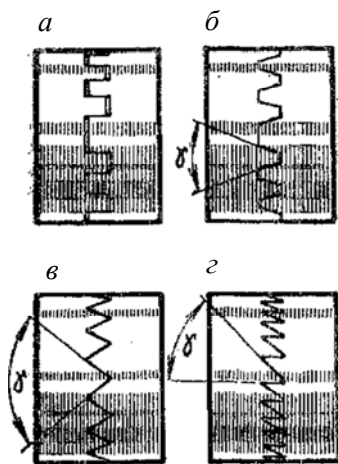


Рис. 4.13. Форма зубьев кулачковых муфт

Обработка впадин, образующих зубья, производится концевыми или дисковыми трехсторонними фрезами с применением УДГ. Заготовки закрепляют в трехкулачковом патроне или на консольных оправках, устанавливаемых в коническом отверстии переднего конца шпинделя делительной головки. При этом ось шпинделя делительной головки должна быть повернута на угол 90° относительно горизонтальной оси.

Диаметр концевой фрезы или ширина дисковой трехсторонней фрезы принимаются равными наименьшей ширине впадины, указанной на чертеже.

Так как боковые поверхности зубьев муфт расположены в диаметральной плоскости, то образующая концевой или одна торцовая поверхность дисковой фрезы должна располагаться строго по центру заготовки. На рис. 4.14, *а* показана установка концевой фрезы 1, а на рис. 4.14, *б* – дисковой фрезы 2 с использованием центра 3, вставленного в коническое отверстие шпинделя делительной головки. При необходимости более точного совмещения торца дисковой или образующей концевой фрезы с осью муфты установку инструмента производят по габариту или установу 1, вставленному в коническое отверстие делительной головки, и шупу 2, располагаемому между габаритом и фрезой 3 (рис. 4.14, *в*). Глубину фрезерования можно установить по этому же габариту с помощью шупа 4. После этого габарит удаляется из шпинделя делительной головки.

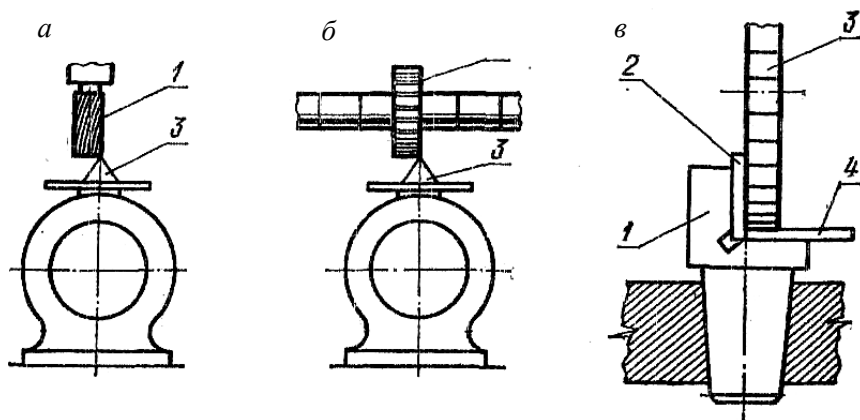


Рис. 4.14. Установка фрез по центру УДГ

Кулачковые муфты с нечетным числом зубьев одинаково успешно можно фрезеровать концевыми или дисковыми трехсторонними фрезами.

Кулачковая муфта с нечетным числом (например, тремя) зубьев фрезеруется в последовательности, изображенной на рис. 4.15, а. При этом за каждый переход, последовательность которых обозначена цифрами 1; 2; 3, обрабатывается окончательно одна сторона двух противоположных впадин. Ширина обрабатываемых поверхностей за каждый переход указана соответствующими параллельными линиями. Из схемы видно, что число переходов и соответственно поворотов заготовки после фрезерования каждой впадины равно числу зубьев или впадины муфты. Следовательно, трехзубую муфту фрезеруют за три, пятизубую – за пять переходов и т. д.

На рис. 4.15, б показана схема последовательности фрезерования кулачковой муфты с четным числом зубьев. Из схемы видно, что сквозной проход фрезы в этом случае невозможен, поэтому за каждый переход обрабатывается только сторона одного зуба. По этой причине при фрезеровании муфт с четным числом зубьев, как правило, применяются концевые фрезы и только при обработке муфт большого диаметра (когда выходу фрезы не мешает противоположный выступ зуба) можно применять дисковые трехсторонние фрезы.

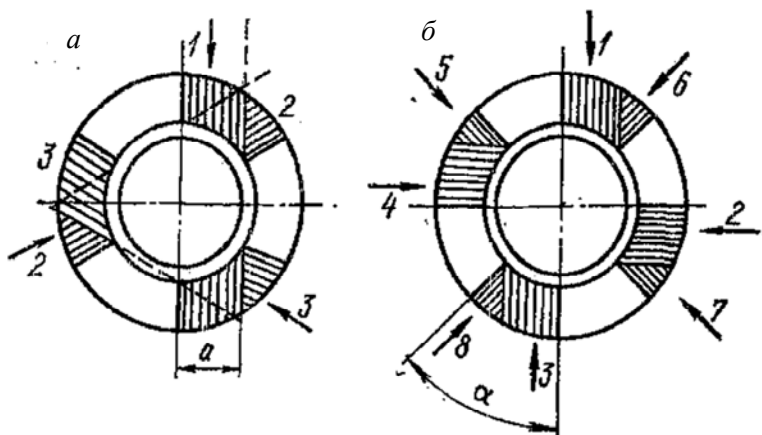


Рис. 4.15. Технологическая последовательность фрезерования кулачковых муфт с прямыми зубьями

Фрезерование кулачковых муфт с четным числом зубьев производится за две установки фрезы относительно диаметральной плоскости заготовки. За первую установку обрабатывают прямоугольные пазы на переходах 1, 2, 3, 4.

После этого, перемещая стол с заготовкой в поперечном направлении, устанавливают фрезу другой стороной относительно диаметральной плоскости, поворачивают заготовку на угол $\alpha = 360^\circ/2z$ в сторону фрезы и последовательно обрабатывают противоположные боковые стороны каждой впадины на переходах 5, 6, 7 и 8.

ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Общие сведения о процессе фрезерования.
2. Номенклатура фрезерных работ.
3. Организация рабочего места фрезеровщика.
4. Общие правила охраны труда и противопожарной безопасности во фрезерной мастерской (лаборатории).
5. Общее устройство, маркировка и принцип работы вертикально-фрезерного станка.
6. Общее устройство, маркировка и принцип работы горизонтально-фрезерного станка.
7. Общее устройство и принцип работы универсального и широкоуниверсального станков.
8. Классификация и конструктивные параметры фрез.
9. Геометрические параметры фрез.
10. Режимы резания и охлаждения при фрезеровании.
11. Приспособления и вспомогательный инструмент, применяемые при фрезеровании деталей машин.
12. Контрольно-измерительный инструмент, применяемый при фрезеровании.
13. Фрезерование плоских параллельных поверхностей.
14. Фрезерование плоских поверхностей, сопряженных под углом 90° .
15. Фрезерование плоских поверхностей, сопряженных под тупыми и острыми углами.
16. Фрезерование уступов, пазов и канавок.
17. Фрезерование шпоночных пазов.
18. Разрезание металла и прорезание шлиц.
19. Фрезерование Т-образных пазов.
20. Фрезерование пазов типа «ласточкин хвост».
21. Фрезерование фасонных поверхностей.
22. Фрезерование набором фрез.
23. Общее устройство и принадлежности УДГ.
24. Методы деления на УДГ.
25. Фрезерование многогранников.
26. Фрезерование зубчатых колес и зубчатых реек.
27. Фрезерование канавок и шлицев на цилиндрических поверхностях.

28. Фрезерование кулачковых муфт с нечетным числом зубьев.
29. Фрезерование кулачковых муфт с четным числом зубьев.
30. Разработка технологического маршрута фрезерной обработки деталей машин сложностью 2–3 разряда.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аврутин, С. В. Фрезерное дело / С. В. Аврутин. – Москва: Высшая школа, 1964. – 538 с.
2. Багдасарова, Т. А. Фрезерное дело : рабочая тетрадь для начального профессионального образования / Т. А. Багдасарова. – Москва: Академия, 2003. – 96 с.
3. Барбашов, Ф. А. Фрезерное дело : учебное пособие для высших учебных заведений / Ф. А. Барбашов. – Москва: Высшая школа, 2012. – 277с.: ил.
4. Барбашов, Ф. Д. Фрезерные и зуборезные работы / Ф. Д. Барбашов, Б. Н. Сильвестров. – Москва: Высшая школа, 1983. – 288 с.
5. Барбашов, Ф. А. Фрезерные работы / Ф. А. Барбашов. – Москва: Высшая школа, 1986. – 207 с.
6. Бергер, И. И. Фрезерное дело / И. И. Бергер. – Минск: Вышэйшая школа, 1982. – 305 с.
7. Механическая обработка металла на станках и линиях. Комплексные работы и средства контроля : учебно-методическое пособие / В. А. Дашкевич [и др.]. – Минск: РИПО, 2014. – 232 с.
8. Косовский, В. Л. Справочник молодого фрезеровщика / В. Л. Косовский. – Москва: Высшая школа, 1992. – 398 с.
9. Косовский, В. Л. Справочник молодого фрезеровщика / В. Л. Косовский – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва: Высшая школа, 2009. – 240 с.: ил.
10. Кувшинский, В. В. Фрезерование / В. В. Кувшинский. – Москва: Машиностроение, 1977. – 239 с.
11. Лернер П. С. Токарное и фрезерное дело / П. С. Лернер, П. М. Лукьянов. – Москва: Просвещение, 1986. – 223 с.
12. Металлорежущие станки : учебник: в 2 т. Т. 2.: Машиностроение / В. В. Бушуев, А. В. Еремин, А. А. Какойло [и др.]; под ред. В. В. Бушуева. 2011. – 584 с.
13. Мычко, В. С. Фрезерное дело / В. С. Мычко. – Минск: Вышэйшая школа, 2009. – 542 с.: ил.
14. Пикус М. Ю. Справочник фрезеровщика / М. Ю. Пикус, И. М. Пикус. – 2-е изд., перераб. и доп. – Минск: Вышэйшая школа, 1986. – 335 с.
15. Френкель, С. Ш. Справочник молодого фрезеровщика / С. Ш. Френкель. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва: Вышэйшая школа, 1978. – 240 с.

Учебное издание

ДИРВУК Евгений Петрович

ФРЕЗЕРНЫЕ РАБОТЫ

Пособие к лабораторным работам для студентов
специальности 1-08 01 01-01 «Профессиональное
обучение (по направлениям)», направления специальности
1-08 01 01-01 «Профессиональное обучение (машиностроение)»

Редактор *Ю. В. Ходочинская*

Компьютерная верстка *Е. А. Беспанской*

Подписано в печать 01.03.2018. Формат 60×84 ¹/₁₆. Бумага офсетная. Ризография.

Усл. печ. л. 6,16. Уч.-изд. л. 4,82. Тираж 100. Заказ 1037.

Издатель и полиграфическое исполнение: Белорусский национальный технический университет.
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя
печатных изданий № 1/173 от 12.02.2014. Пр. Независимости, 65. 220013, г. Минск.

