

Л. И. ВЕРЕИНА

ВЫПОЛНЕНИЕ РАБОТ ПО ПРОФЕССИИ «ФРЕЗЕРОВЩИК»

ПОСОБИЕ ПО УЧЕБНОЙ ПРАКТИКЕ

Рекомендовано

*Федеральным государственным автономным учреждением
«Федеральный институт развития образования»
в качестве учебного пособия для использования
в учебном процессе образовательных учреждений,
реализующих программы НПО*

*Регистрационный номер рецензии 283
от 08 июля 2013 г. ФГАУ «ФИРО»*

2-е издание, стереотипное



Москва
Издательский центр «Академия»
2016

УДК 621.914(075.32)
ББК 34.634я722
В313

Рецензент —
мастер производственного обучения высшей квалификационной категории
ГАОУ СПО «Политехнический колледж № 8 имени дважды Героя Советского
Союза И. Ф. Павлова», г. Москва *В. Н. Поликарпов*

Вереина Л. И.
В313 Выполнение работ по профессии «Фрезеровщик» : По-
собие по учебной практике : учеб пособие для студ. учреж-
дений сред. проф. образования / Л. И. Вереина. — 2-е изд.,
стер. — М. : Издательский центр «Академия», 2016. — 160 с.
ISBN 978-5-4468-4153-0

Приведены основы теории резания металлов и общие сведения о фре-
зерной обработке. Рассмотрены устройство фрезерных станков с ручным
управлением, типы фрез, способы установки и закрепления фрез в шпин-
деле станка, а также типовые операции и технологические приспособле-
ния для закрепления заготовок при фрезеровании, наладка фрезерных
станков и сведения о безопасной работе фрезеровщика.

Учебное пособие может быть использовано при освоении профессио-
нального модуля ПМ.02 «Обработка деталей на металлорежущих станках
различного вида и типа (сверлильных, токарных, фрезерных, копироваль-
ных, шпоночных и шлифовальных)» по профессии «Станочник».

Для студентов учреждений среднего профессионального образования.
Может быть использовано при других формах обучения.

УДК 621.914(075.32)
ББК 34.634я722

*Оригинал-макет данного издания является собственностью
Издательского центра «Академия», и его воспроизведение любым способом
без согласия правообладателя запрещается*

© Вереина Л. И., 2013
© Образовательно-издательский центр «Академия», 2013
© Оформление. Издательский центр «Академия», 2013

ISBN 978-5-4468-4153-0

Уважаемый читатель!

Данное учебное пособие является частью учебно-методического комплекта по профессии «Станочник (металлообработка)».

Учебно-методические комплекты нового поколения включают в себя традиционные и инновационные учебные материалы, позволяющие обеспечить изучение общеобразовательных и общепрофессиональных дисциплин и профессиональных модулей. Каждый комплект содержит учебники и учебные пособия, средства обучения и контроля, необходимые для освоения общих и профессиональных компетенций, в том числе и с учетом требований работодателя.

Учебные издания дополняются электронными образовательными ресурсами. Электронные ресурсы содержат теоретические и практические модули с интерактивными упражнениями и тренажерами, мультимедийные объекты, ссылки на дополнительные материалы и ресурсы в Интернете. В них включены терминологический словарь и электронный журнал, в котором фиксируются основные параметры учебного процесса: время работы, результат выполнения контрольных и практических заданий. Электронные ресурсы легко встраиваются в учебный процесс и могут быть адаптированы к различным учебным программам.

Квалифицированный фрезеровщик необходим на любом машиностроительном предприятии. Он должен уметь грамотно выбирать оптимальные режимы резания, правильно использовать различные фрезы и приспособления для конкретных видов обработки, производить точные измерения обрабатываемых поверхностей. При выполнении фрезерных операций станочник самостоятельно устанавливает в шпиндель и закрепляет фрезы, выверяет их установку, а также закрепляет заготовки и приспособления для их установки на столе станка. От его умения зависит не только точность получаемых при работе сложных поверхностей, но и производительность труда.

Выпускник, освоивший профессиональную учебную программу, должен обладать не только профессиональными знаниями, но и общими компетенциями: понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес. Тогда он сможет оценивать свою собственную работу и нести ответственность за ее результаты. Для эффективного выполнения профессиональных задач квалифицированный фрезеровщик должен уметь осуществлять поиск информации для внедрения в производство новейших технологий.

Обучающийся должен научиться общаться с коллегами по работе, руководством и заказчиками, тогда, получив профессиональные знания, он сможет организовать и собственную деятельность, и работать в команде.

Добиться успеха на профессиональном поприще вам поможет данное учебное пособие, изучив которое, вы научитесь:

- правильно выбирать элементы лезвия фрезы в зависимости от материала заготовки;
- правильно выбирать требуемые режимы фрезерования;
- устанавливать последовательность обработки и режимы резания по технологической карте;
- использовать различные установочные элементы для придания заготовке определенного положения относительно режущего инструмента;

- применять прихваты, ступенчатые опоры, угловые плиты, призмы, машинные тиски для закрепления заготовок;
- фрезеровать плоские поверхности и скосы;
- фрезеровать пазы, уступы и разрезать заготовки;
- фрезеровать фасонные поверхности;
- пользоваться приспособлениями, расширяющими технологические возможности фрезерных станков, т. е. делительными (лимбовыми, безлимбовыми и оптическими), долбежными, сверлильными и шлифовальными головками;
- фрезеровать спирали, а также зубья колес и реек;
- осуществлять безопасную работу на горизонтально-фрезерных, вертикально-фрезерных и продольно-фрезерных станках;
- выполнять подналадку горизонтальных, вертикальных, копировальных и шпоночных фрезерных станков.

ОСНОВЫ ТЕОРИИ РЕЗАНИЯ МЕТАЛЛОВ

1.1. ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И КИНЕМАТИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ РЕЗАНИЯ

Обработка, заключающаяся в получении новых поверхностей посредством отделения поверхностных слоев материала заготовки с образованием стружки, называется **резанием металлов**.

Снятие стружки с заготовки при выполнении обработки происходит в результате сочетания главного движения резания и движения подачи.

Главное движение резания D_r при фрезеровании (рис. 1.1) является вращательным.

Скорость главного движения v , м/мин, направлена по касательной к траектории движения точки режущей кромки.

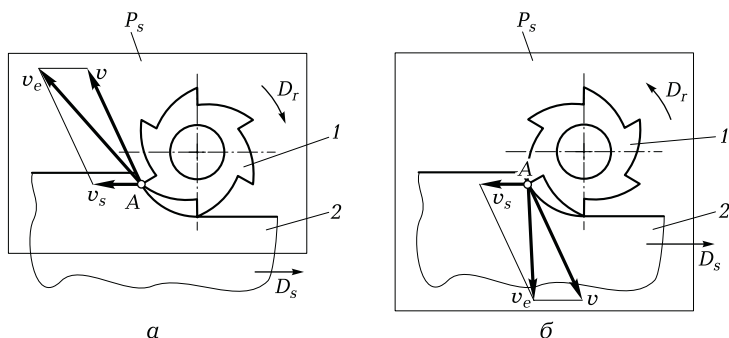


Рис. 1.1. Элементы движений при встречном (а) и попутном (б) фрезеровании цилиндрической фрезой:

1 — фреза; 2 — заготовка; D_r — главное движение резания; D_s — движение подачи; v — скорость главного движения резания; v_s — скорость движения подачи; v_e — скорость результирующего движения резания; P_s — рабочая плоскость; А — рассматриваемая точка режущей кромки

Движение подачи D_s при фрезеровании является поступательным или на некоторых типах станков вращательным.

В зависимости от направления различают движение подачи продольное, поперечное и др. Движение подачи позволяет подводить под режущую кромку инструмента новые участки заготовки, обеспечивая тем самым снятие стружки со всей обрабатываемой поверхности.

Скорость движения подачи v_s , мм/мин, всегда меньше скорости главного движения.

Скорость результирующего движения v_e является результатом сложения двух скоростей v и v_s рассматриваемой точки режущей кромки.

Рабочая плоскость P_s — это плоскость, в которой расположены векторы скоростей главного движения резания и движения подачи.

Основная плоскость P_v (рис. 1.2) — это координатная плоскость, проведенная через рассматриваемую точку режущей кромки перпендикулярно направлению скорости главного движения резания в этой точке.

Плоскость резания P_n — это координатная плоскость, касательная к режущей кромке в рассматриваемой точке и перпендикулярная основной плоскости.

Главная секущая плоскость P_r — это координатная плоскость, перпендикулярная линии пересечения основной плоскости и плоскости резания.

Нормальная секущая плоскость P_n — это плоскость, перпендикулярная режущей кромке в рассматриваемой точке.

На обрабатываемой заготовке различают обрабатываемую 1

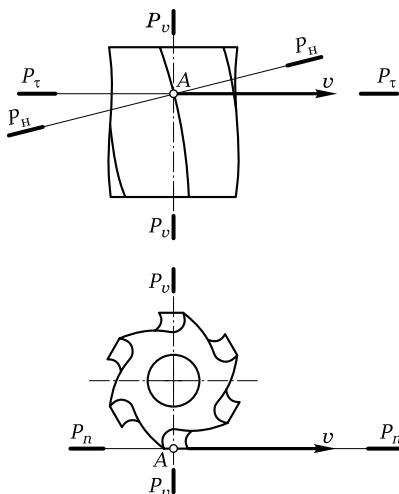


Рис. 1.2. Координатные плоскости при фрезеровании цилиндрической фрезой в статической системе координат:

P_v — основная плоскость; P_n — плоскость резания; P_r — главная секущая плоскость; P_n — нормальная секущая плоскость; v — скорость главного движения резания; A — рассматриваемая точка режущей кромки

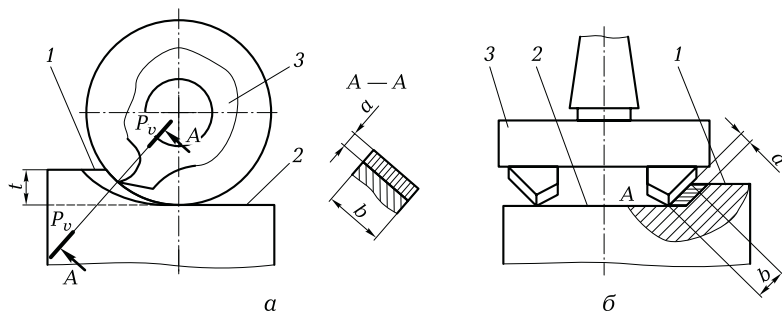


Рис. 1.3. Сечения срезаемых слоев при фрезеровании цилиндрической (а) и торцевой фрезой (б) с вставными ножами:

1 — обрабатываемая поверхность; 2 — обработанная поверхность; 3 — фреза; а — толщина срезаемого слоя; b — ширина срезаемого слоя; t — глубина резания; P_v — основная плоскость

(рис. 1.3) и обработанную 2 поверхности, расстояние между которыми называется глубиной резания t .

Площадь сечения f слоя, срезаемого одним зубом, определяется в зависимости от толщины a и ширины b этого слоя: $f = ab$.

1.2. ЭЛЕМЕНТЫ ЛЕЗВИЯ ФРЕЗЫ

В соответствии с ГОСТ 25762—83 режущее лезвие фрезы 1 (рис. 1.4) имеет следующие геометрические элементы: переднюю поверхность A_r , заднюю поверхность A_a , вспомогательную заднюю поверхность A'_a , главную K и вспомогательную K' режущие кромки, вершину лезвия 2.

Передняя поверхность лезвия A_r — это поверхность лезвия фрезы, контактирующая в процессе резания с срезаемым слоем и стружкой.

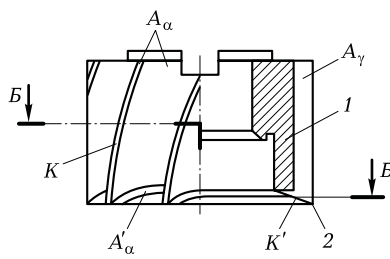
Главная задняя поверхность лезвия A_a — это поверхность лезвия фрезы, примыкающая к главной режущей кромке и контактирующая в процессе резания с поверхностями заготовки.

Вспомогательная задняя поверхность лезвия A'_a — это задняя поверхность лезвия, примыкающая к вспомогательной режущей кромке.

Режущая кромка лезвия фрезы образуется пересечением передней и задней его поверхностей. Часть режущей кромки K , формирующая большую сторону сечения срезаемого слоя, называется

Рис. 1.4. Элементы цилиндрической фрезы:

1 — фреза; 2 — вершина лезвия; A_γ — передняя поверхность лезвия; A_α — задняя поверхность лезвия; A'_α — вспомогательная задняя поверхность лезвия; K и K' — соответственно главная и вспомогательная режущая кромка



главной режущей кромкой, а ее часть K' , формирующая меньшую сторону сечения срезаемого слоя, — вспомогательной.

Вершина лезвия представляет собой участок режущей кромки в месте пересечения двух задних поверхностей.

На процесс резания, качество обработки, производительность и экономичность существенное влияние оказывают элементы лезвия фрезы: передний и задний углы, главный и вспомогательный углы в плане, угол наклона режущей кромки.

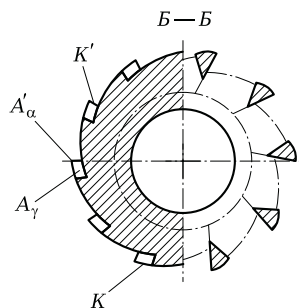
Главный передний угол γ — это угол в главной секущей плоскости между передней поверхностью лезвия и основной плоскостью (рис. 1.5, сечение $B—B$).

Нормальный передний угол γ_n — это передний угол в нормальной секущей плоскости (сечение $B—B$).

От переднего угла лезвия зависит сход стружки: при увеличении γ сход стружки облегчается, однако «ослабляется» режущая кромка. Если в секущей плоскости поверхность лезвия ниже основной плоскости, передний угол считается положительным, если выше — отрицательным. Фрезы с отрицательными передними углами применяются при черновой обработке заготовок из стали, при наличии ударной нагрузки и неравномерном припуске.

При назначении переднего угла учитывают тип фрезы, форму передней поверхности лезвия, материалы заготовки и режущей части инструмента.

Главный задний угол α — это угол в главной секущей плоскости между задней поверхностью лезвия и плоскостью резания (сечение $B—B$).



Нормальный задний угол α_n — это задний угол в нормальной секущей плоскости (сечение $B-B$).

Задний угол в основном предусмотрен для обеспечения свободного перемещения лезвия фрезы по обрабатываемой поверхности и уменьшения его износа по задней поверхности. Увеличение зад-

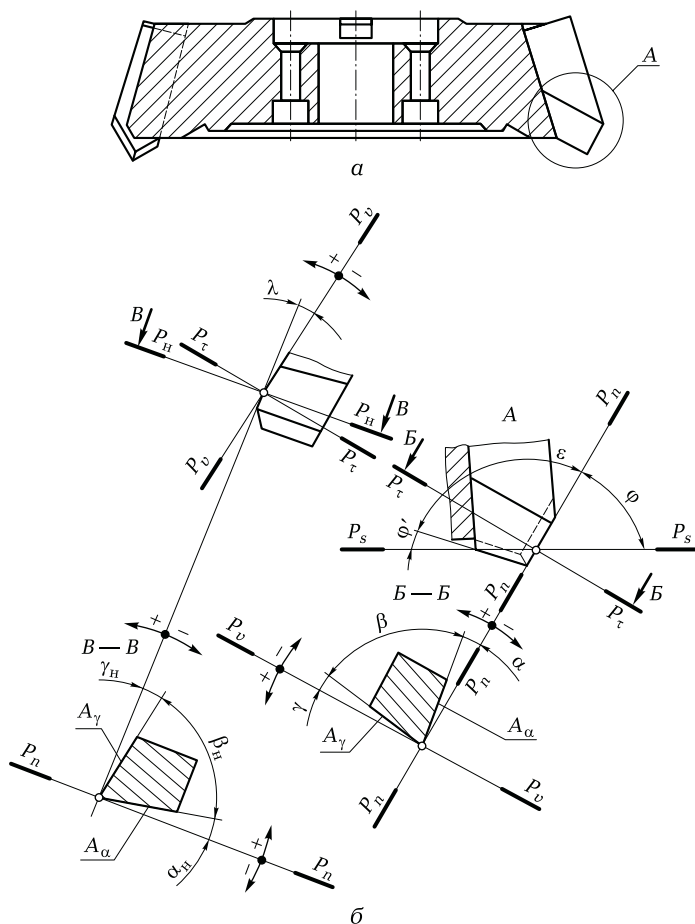


Рис. 1.5. Торцовая фреза с вставными ножами (а) и углы лезвия в статической системе координат (б):

A_γ — передняя поверхность лезвия; A_α — главная задняя поверхность лезвия; P_v — основная плоскость; P_n — плоскость резания; P_t — главная секущая плоскость; P_n — нормальная секущая плоскость; P_s — рабочая плоскость; γ, γ_n — главный и нормальный передние углы; α, α_n — главный и нормальный задние углы; β — угол заострения; β_n — нормальный угол заострения; ϕ — главный угол в плане; ϕ' — вспомогательный угол в плане; λ — угол наклона главной режущей кромки; ϵ — угол при вершине в плане

него угла приводит к уменьшению угла заострения β , а следовательно, к ослаблению режущей кромки и ее выкрашиванию.

Угол заострения β — это угол в секущей плоскости между передней и задней поверхностями лезвия. Угол заострения в главной секущей плоскости называется **главным углом заострения**, а в нормальной секущей плоскости — **нормальным углом заострения β_n** .

Для формирования направления сбегания стружки особое значение имеет **угол наклона главной режущей кромки λ** — это угол в плоскости резания между главной режущей кромкой и основной плоскостью. Угол λ считается положительным, если вершина лезвия является самой низкой точкой режущей кромки. Угол λ равен нулю, если режущая кромка параллельна основной плоскости. При положительных значениях λ место первоначального контакта лезвия с заготовкой удаляется от вершины, что повышает период его стойкости, особенно при обработке заготовок с прерывистой поверхностью или неравномерным припуском.

Важным элементом лезвия является **главный угол в плане φ** — это угол в основной плоскости между плоскостью резания и рабочей плоскостью (вид А), т. е. между проекцией главной режущей кромки лезвия на основную плоскость и направлением скорости подачи. **Вспомогательный угол в плане φ'** — это угол между проекцией вспомогательной режущей кромки лезвия на основную плоскость и направлением, противоположным направлению скорости подачи. При малом угле φ в резании участвует большая часть режущей кромки, что ускоряет отвод теплоты, повышает период стойкости и снижает износ режущего инструмента. Угол φ' влияет на шероховатость обрабатываемой поверхности: с его увеличением возрастает высота остаточных сечений срезаемого слоя, что особенно заметно при больших подачах.

Угол при вершине в плане ε — это угол между проекциями режущих кромок на основную плоскость. Значение ε не зависит от правильности установки фрезы, а зависит только от заточки лезвия.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Почему задний угол α лезвия не должен быть отрицательным?
2. На какие параметры механической обработки влияет выбор вспомогательного угла в плане φ' ?
3. Какие углы лезвия γ и λ предпочтительны для обработки заготовки с прерывистой поверхностью резания — положительные или отрицательные — и почему?

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ФРЕЗЕРНОЙ ОБРАБОТКЕ

2.1. ТИПЫ ФРЕЗ И СПОСОБЫ ФРЕЗЕРОВАНИЯ

Режущий инструмент фрезерных станков — фрезы: цилиндрические с прямыми (рис. 2.1, а) и винтовыми (рис. 2.1, б) зубьями, торцовые насадные цельные (рис. 2.1, в) и с вставными ножами (рис. 2.1, г), червячные (рис. 2.1, д), угловые (рис. 2.1, е), модульные концевые (рис. 2.1, ж), концевые модульные (рис. 2.1, з)

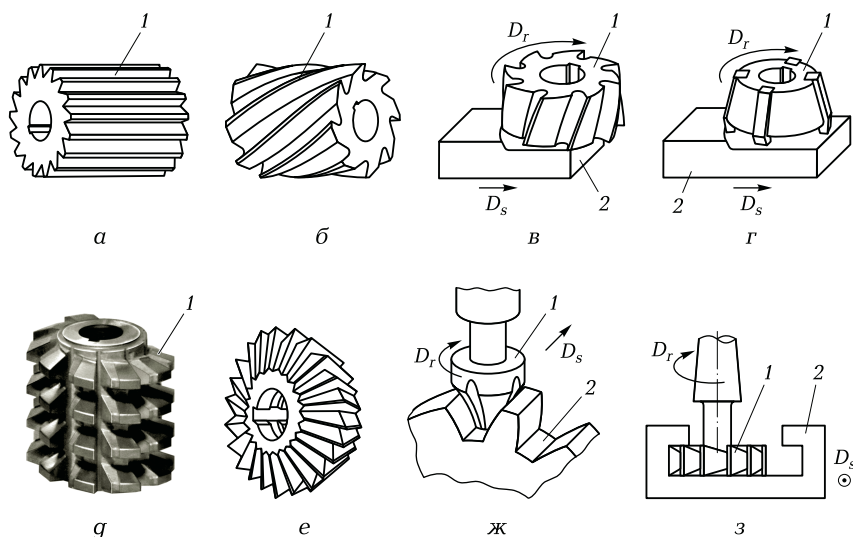


Рис. 2.1. Типы фрез:

а, б — цилиндрические соответственно с прямыми и винтовыми зубьями; в, г — торцовые насадные соответственно цельная и с вставными ножами; д — червячная; е — угловая; ж — модульная концевая; з — для обработки Т-образных пазов; 1 — фреза; 2 — заготовка; D_r — главное движение резания; D_s — движение подачи

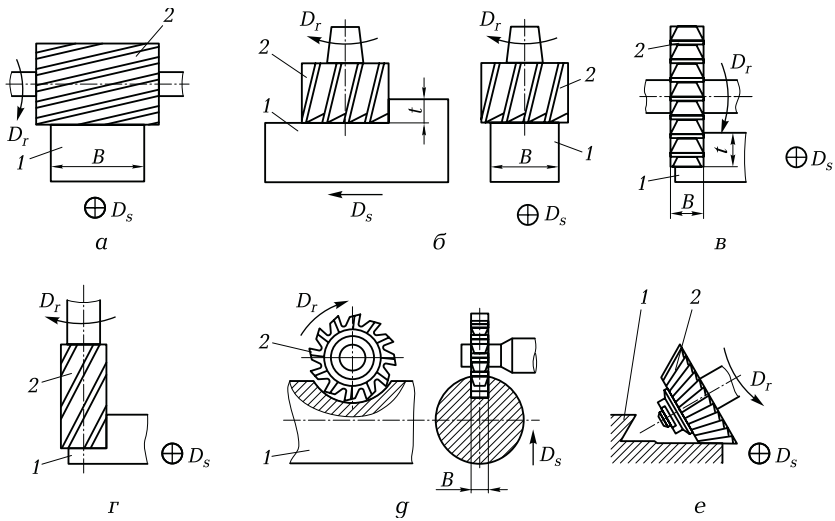


Рис. 2.2. Схемы обработки фрезами:

a — цилиндрической; *б* — торцевой; *в* — дискowej; *г* — концевой; *г* — шпоночной (сегментной); *е* — угловой; 1 — заготовка; 2 — фреза; D_r — главное движение резания; D_s — движение подачи; B — ширина фрезерования; t — глубина резания

и для обработки Т-образных пазов, шпоночные, фасонные и др. Фрезы изготавливают как праворежущими, так и леворежущими.

Схемы фрезерования показаны на рис. 2.2. При обработке плоских поверхностей **цилиндрическими фрезами** возможны два способа фрезерования: встречное и попутное (см. рис. 1.1).

При встречном фрезеровании в начальный момент резания каждый зуб фрезы, имея радиус скругления 40...120 мкм, не режет, а давит на обрабатываемую поверхность. В результате происходит нагартовка обрабатываемой поверхности, а под воздействием трения — интенсивные изнашивание фрезы и выделение теплоты. При попутном фрезеровании этого не происходит, поэтому стойкость фрез увеличивается. Однако попутное фрезерование можно применять только в станках с безлюфтовыми механизмами в приводе.

Встречное фрезерование применяется для черновой обработки заготовок при наличии корки и окалины, а попутное фрезерование, при котором вращение фрезы и направление движения подачи совпадают, рекомендуется для чистовой обработки, т. е. когда требуется высокая точность обработки, и для обработки тонких заготовок.

Большие открытые плоскости обрабатывают **торцовыми фрезами**.

Для фрезерования пазов и уступов применяют **концевые** и **дисковые фрезы**.

Сложнопрофильные поверхности обрабатывают **фасонными фрезами**.

2.2. ВЫБОР МАТЕРИАЛА И ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЛЕЗВИЯ ФРЕЗЫ

Рекомендации по выбору материала для режущей части фрезы приведены в табл. 2.1...2.3, а по выбору геометрических параметров лезвия — в табл. 2.4.

Таблица 2.1. Рекомендуемые марки быстрорежущих сталей для лезвий фрез в зависимости от материалов обрабатываемых заготовок

Материалы заготовок	Марки быстрорежущих сталей
Стали: углеродистые конструкционные конструкционные легированные коррозионно-стойкие, жаростойкие жаропрочные	P6M5; 10P6M5; P6M3; P18; P9; P12 10P6M5; P6M5K5 P6M5K5; P9Ф2K10 P9M4K8; P18Ф2K5; P10Ф5K5
Чугуны	P6M5
Цветные сплавы алюминиевые, медные, магниевые	P6M5; 10P6M5

Таблица 2.2. Рекомендуемые марки твердых сплавов для лезвий фрез в зависимости от материалов обрабатываемых заготовок и характера обработки

Материалы заготовок	Марки твердых сплавов	
	для черновой обработки	для получистовой и чистовой обработки
Углеродистые и легированные стали	T15K6, TT7K12, T14K8, TT20K9, T5K10, T5K12B	T30K4, T15K6, T14K8, TT8K6
Жаропрочные и жаростойкие стали и сплавы	T5K10, BK4, BK8, BK10-M	T15K6, T14K8, T5K10

Материалы заготовок	Марки твердых сплавов	
	для черновой обработки	для получистовой и чистовой обработки
Коррозионно-стойкие стали аустенитного класса	T5K12B, T5K10, T14K8, TT10KB-B	T15K6, T14K8
Титан и сплавы на его основе	BK4, BK8	BK8B
Чугуны твердостью: 240 HB 400 HB	BK4, BK6, BK8 BK10-OM	BK4, BK6 BK6M
Цветные металлы и их сплавы	BK4, BK6, BK5M, BK8	BK2, BK3M, BK6, BK4, BK6M
Неметаллические материалы	BK2, BK6, BK4, BK8	BK2, BK4, BK3M, BK6M

Таблица 2.3. Область применения фрез, оснащенных пластинами из сверхтвердых материалов (СТМ)

Марки СТМ	Область применения
Композиты 01 и 02	Торцовое фрезерование заготовок и закаленных сталей и чугунов любой твердости с глубиной резания 0,05... 1 мм
Композит 05	Торцовое фрезерование заготовок из чугунов любой твердости (в том числе по корке) с глубиной резания 0,05... 6 мм
Композиты 10 и 10Д	Торцовое фрезерование заготовок из сталей и чугунов любой твердости с глубиной резания 0,05... 3 мм, а также обработка прерывистых поверхностей

Таблица 2.4. Рекомендуемые значения геометрических параметров для лезвий фрез в зависимости от материалов обрабатываемых заготовок

<i>Передние углы γ, ... °, для лезвий различных фрез (кроме концевых)</i>									
Материалы заготовок	Из быстрорежущих сталей					Из твердых сплавов		Оснащенных пластинами из СТМ, торцовых	
	торцовых	цилиндрических	дисковых	пазовых и отрезных	фасонных	торцовых	дисковых		
Конструкционные углеродистые и легированные стали при $\sigma_{в,р}$, МПа:	600	20	20	10	5	15	10	-5	-6...-10
	600... 1 000	15	12	10	5	15	5...-5	-10	-6...-10
	1 000	10	8	10	5	10	10	-10	-6...-10
Жаропрочные стали и сплавы	12	15	12	5	5	8	-5	-6...-10	
Чугуны твердостью:	150 НВ	15	15	10	15	15	5	5	-6...-10
	150... 200 НВ	10	10	10	15	10	0	5	-6...-10
	200 НВ	5	5	10	15	10	-5	5	-6...-10
Медные сплавы	10	10	10	15	10	—	—	—	
Алюминиевые сплавы	25	25	25	25	—	—	—	—	
Пластмассы	8	8	10	8	—	—	—	—	

Задние углы α, \dots°, для лезвий различных фрез (кроме концевых)					
Материалы заготовок	Из твердых сплавов			дисктовых	Оснащенных пластинами из СТМ, торцовых
	торцовых при подаче S_{z1} , мм/зуб				
	до 0,25	свыше 0,25			
Конструкционные углеродистые и легированные стали	12...15	6...8		5	6...12
Чугуны	12...15	6...8		4	6...12
Жаропрочные стали и сплавы	10	10		5	6...12
Углы в плане φ, \dots°, для лезвий различных торцовых фрез					
Материалы заготовок	Из твердых сплавов			Оснащенных пластинами из СТМ	
	φ	φ_0	φ'	φ	φ'
Конструкционные углеродистые и легированные стали	45...75	0,5	5	30...75	10...15
Жаропрочные стали и сплавы	30...60	—	10	30...75	10...15
Чугуны	75...90	0,5	5	30...75	10...15

Параметры лезвий концевых фрез								
Материалы заготовок	Материалы лезвий фрез	Твердость НВ	Передний угол γ, \dots°	Диаметр фрезы $d_{ф}, \text{мм}$	Задний угол α, \dots°	Углы на торцевых зубьях, \dots°		
						γ_1	α_1	ϕ_1
Углеродистые и легированные стали	Быстрорежущие стали	До 179	20	До 10	25	0	6	3
		179...285	15	10...20	20	0	6	3
		Свыше 285	10	Свыше 20	16	0	6	3
	Твердые сплавы	Свыше 285	-5	10...50	20	0	6	6
Чугуны	Быстрорежущие стали	До 150	15	8...63	14	5	6	3
		Свыше 150	10	8...63	14	5	6	3
	Твердые сплавы	Свыше 150	-5	10...50	12	0	4	3
Алюминиевые сплавы	Быстрорежущие стали	—	15	8...63	20	6	15	4

2.3. ПЕРИОД СТОЙКОСТИ ФРЕЗ

Стойкость фрез определяется допустимым износом h_3 зубьев по задней грани. Промежуток времени, в течение которого износ зубьев фрезы находится в допустимых пределах, называется **периодом стойкости T** .

Средние значения периода стойкости фрез приведены в табл. 2.5, а допустимые значения износа — в табл. 2.6.

Таблица 2.5. Средние значения периода стойкости T фрез

Типы фрез	Диаметр фрезы d_f , мм	Значения T , мин, фрез			
		из твердых сплавов для обработки		из быстрорежущих сталей для обработки	
		сталей	чугуна	сталей (с охлаждением)	чугуна
Торцовые	40...63	—	—	120	—
	80...100	120	180	—	—
	125...150	150	180	—	—
	200...250	240	240	—	—
Цилиндрические с мелкими зубьями	40...63	—	—	120	120
	80...100	—	—	180	180
Цилиндрические с вставными ножами	80...100	120	120	180	180
	105...125	180	180	—	—
Концевые	3...12	—	—	45	45
	14...20	90	90	60	60
	25...40	120	120	90	90
	50...63	180	120	120	120
	70...80	240	180	180	180
Дисковые	50...63	—	—	120	120
	80...100	—	—	120	150
	125...150	180	180	150	180
	200...250	240	180	180	240

Типы фрез	Диаметр фрезы $d_{\text{ф}}$, мм	Значения T , мин, фрез			
		из твердых сплавов для обработки		из быстрорежущих сталей для обработки	
		сталей	чугуна	сталей (с охлаждением)	чугуна
Прорезные и отрезные	63... 100	—	—	60	90
	125... 150	—	—	90	120
	200... 250	—	—	120	180
	315	—	—	180	240

Таблица 2.6. Допустимые значения износа h_3 зуба фрезы по задней поверхности

Типы фрез	Материал заготовок	Материал лезвия фрезы	Обработка	h_3 , мм
Торцовые	Сталь	Твердый сплав	Черновая	1... 1,2
			Чистовая	0,8... 1
		Эльбор, белбор, гексанит	Черновая и чистовая	0,4... 0,5
			Композит	Чистовая
	Получистовая	0,8		
Чугун	Твердый сплав	Черновая и чистовая	1,5... 2	
Дисковые	Сталь	То же	Черновая	1... 1,2
			Чистовая	0,8... 1
		Быстрорежущая сталь	Черновая	0,4... 0,6
			Чистовая	0,15... 0,25
	Чугун	Быстрорежущая сталь	Черновая	0,4... 0,6
Чистовая			0,15... 0,25	

Окончание табл. 2.6

Типы фрез	Материал заготовок	Материал лезвия фрезы	Обработка	h_3 , мм
Цилиндрические	Сталь	Твердый сплав	Черновая и чистовая	0,5...0,6
			Быстрорежущая сталь	Черновая
		Чистовая		0,15...0,25
	Чугун	Твердый сплав	Черновая и чистовая	0,7...0,8
			Быстрорежущая сталь	Черновая
		Чистовая		0,2...0,3
Концевые	Сталь	Твердый сплав	Черновая	0,3...0,5
			Чистовая	0,2...0,3
		Быстрорежущая сталь	Черновая	0,3...0,5
			Чистовая	0,1...0,2
	Чугун	Твердый сплав	Черновая	0,7...0,8
			Чистовая	0,3...0,5
		Быстрорежущая сталь	Черновая	0,5...0,8
			Чистовая	0,2...0,3
Прорезные и отрезные	Сталь	То же	Черновая	0,2...0,3
Фасонные незатылованные	То же	»	Черновая	0,3...0,4
			Чистовая	0,2...0,3
Фасонные и пазовые затылованные	Сталь	Быстрорежущая	Черновая	0,3...0,4
			Чистовая	0,2

Таблица 2.7. Допустимые значения радиального и торцового биений зубьев фрез

Диаметр фрезы D , мм	Фрезы											
	цилиндрические		дисковые		торцовые		концевые		прорезные и отрезные		фасонные	
	$\delta_{см}$	$\delta_{пр}$	$\delta_{см}$	$\delta_{пр}$	$\delta_{см}$	$\delta_{пр}$	$\delta_{см}$	$\delta_{пр}$	$\delta_{см}$	$\delta_{пр}$	$\delta_{см}$	$\delta_{пр}$
<i>Радиальные биения, мм</i>												
До 100	0,03	0,06	0,05	0,10	0,05	0,04	0,03	0,06	0,06	0,10	0,03	0,06
100... 125	—	—	0,06	0,12	0,06	0,05	—	—	0,06	0,10	0,03	0,06
125... 160	—	—	0,06	0,12	0,06	0,05	—	—	0,08	0,12	—	—
160... 200	—	—	0,06	0,12	0,06	0,05	—	—	0,08	0,12	—	—
250... 315	—	—	0,08	0,15	0,06	0,06	—	—	0,10	0,16	—	—
<i>Торцовые биения, мм</i>												
100... 125	0,02*				0,04		0,03		0,05...0,10		0,02*	
100... 200					0,05		0,04		0,10... 0,20			
200 и выше					0,06		0,05		0,25... 0,28			

Пр и м е ч а н и я: 1. При использовании прорезных и отрезных фрез меньшие значения торцового биения соответствуют фрезам с меньшим диаметром (в пределах рассматриваемого диапазона).

2. Биение двух смежных зубьев обозначено $\delta_{см}$, а противоположных — $\delta_{пр}$.

* Биение опорных торцов.

Затупившиеся зубья фрезы необходимо предварительно шлифовать до полного удаления следов износа, а затем заточить по передней и задней граням (затылованные — по передней грани). Общий износ фрезы определяют по среднему значению износа всех ее зубьев, если в процессе эксплуатации эта фреза имела биение. После заточки осуществляют доводку фрезы. Наилучшие результаты обеспечивает доводка алмазными и эльборовыми кругами.

Допустимые параметры шероховатости поверхностей зубьев фрез после доводки следующие:

- $Ra \leq 0,63$ мкм — для передних и задних поверхностей режущей части фрез из быстрорежущей стали и $Ra \leq 2,5$ мкм — для поверхностей спинок зубьев и винтовых стружечных канавок;
- $Ra \leq 0,32$ мкм — для передних и задних поверхностей режущей части твердосплавных фрез (на расстоянии 2...3 мм от режущей кромки).

Шероховатость и точность обрабатываемых поверхностей, а также работоспособность многолезвийного режущего инструмента зависят от точности взаимного расположения зубьев.

У стандартных фрез регламентируются радиальные биения двух смежных ($\delta_{см}$) и двух противоположных ($\delta_{пр}$) зубьев, а также торцовое биение. Допустимые значения радиального и торцового биений зубьев фрез приведены в табл. 2.7 (для фрез, не имеющих торцовых зубьев, указано допустимое биение опорных торцов).

2.4. СИЛА РЕЗАНИЯ ПРИ ФРЕЗЕРОВАНИИ

На каждый зуб фрезы действует сила резания, которую можно разложить на две составляющие: $P_{окр}$ — силу, действующую по касательной к траектории вращения зуба фрезы (рис. 2.3), и $P_{рад}$ — силу, направленную по радиусу фрезы. Равнодействующую R этих сил можно разложить и по другим направлениям, т. е. на горизонтальную силу $P_{гор}$ и вертикальную силу $P_{верт}$. Основную работу резания выполняет окружная сила $P_{окр}$, по значению которой определяют эффективную мощность резания, а затем и мощность электродвигателя главного движения.

Горизонтальная сила $P_{гор}$ — это сила, которую необходимо приложить к столу станка для осуществления движения подачи. При встречном фрезеровании направление силы $P_{гор}$ противоположно направлению движения стола станка (рис. 2.3, а). При попутном

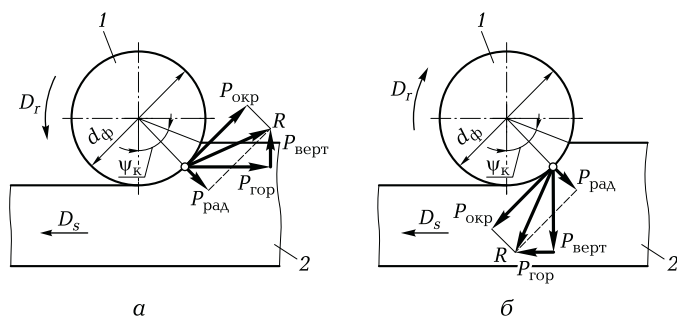


Рис. 2.3. Силы, действующие на заготовку при встречном (а) и попутном (б) фрезеровании:

1 — фреза; 2 — заготовка; $P_{окр}$ — окружная сила; $P_{рад}$ — радиальная составляющая; $P_{верт}$ — вертикальная составляющая; $P_{гор}$ — горизонтальная составляющая; R — равнодействующая сила; D_r — главное движение резания; D_s — движение подачи; $d_{ф}$ — диаметр фрезы; ψ_k — угол контакта фрезы с заготовкой

фрезеровании сила $P_{гор}$ направлена в сторону движения стола (рис. 2.3, б).

Вертикальная сила $P_{верт}$ — это сила, которая при встречном фрезеровании стремится поднять заготовку вместе со столом и консолью, вызывая вибрации станка. При попутном фрезеровании сила $P_{верт}$ прижимает обрабатываемую заготовку к столу, улучшая условия обработки.

Радиальная сила $P_{рад}$ изгибает оправку, на которой установлен инструмент.

При обработке заготовки фрезами с винтовыми зубьями возникает осевая составляющая силы резания, направленная вдоль оси фрезы; ее направление зависит от направления винтовой нарезки зубьев.

Определение силы $P_{окр}$ по удельной силе резания. Под удельной силой резания $P_{уд}$, Н/мм², понимают силу резания $P_{окр}$, приходящуюся на единицу общей площади срезаемых слоев $F_{ср}$:

$$P_{уд} = P_{окр} / F_{ср}.$$

Для определения площади сечения срезаемого слоя f необходимо знать угол ψ_k контакта фрезы с заготовкой (рис. 2.4), значение которого можно определить по следующим формулам:

- при фрезеровании цилиндрической фрезой

$$\cos \psi_k = 1 - (2t/d_{ф});$$

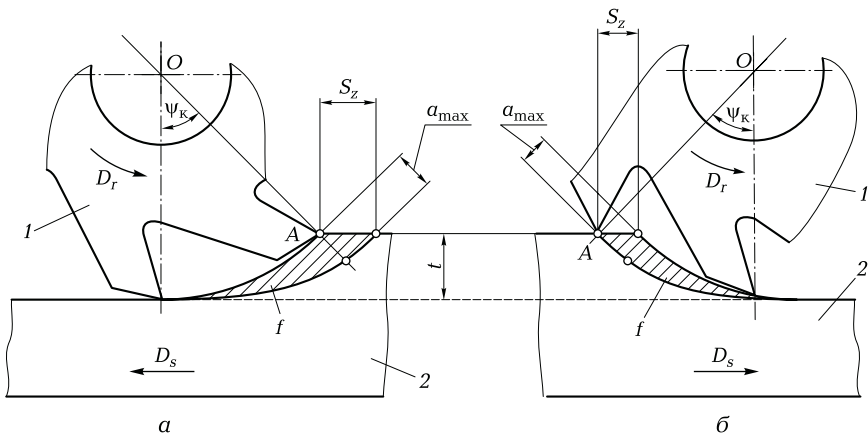


Рис. 2.4. Сечения срезаемого слоя при встречном (а) и попутном (б) фрезеровании:

1 — фреза; 2 — заготовка; D_r — главное движение резания

■ при фрезеровании торцовой фрезой

$$\sin(\psi_k/2) = B/d_\phi.$$

Максимальную толщину a_{max} , мм, срезаемого слоя определяют по формуле

$$a_{max} = S_z \sin \psi_k.$$

где S_z — подача на зуб.

Следовательно, максимальная площадь сечения срезаемого слоя для одного зуба

$$f_{max} = b S_z \sin \psi_k.$$

Среднее значение общей площади срезаемого слоя зависит от числа зубьев, одновременно участвующих в резании:

$$F_{cp} = B t S_z / (\pi d_\phi).$$

В табл. 2.8 приведены значения удельной силы резания для заготовок из различных материалов в зависимости от наибольшей толщины срезаемого слоя.

Определив по табл. 2.8 удельную силу резания, можно примерно рассчитать окружную силу резания:

$$P_{окр} = P_{уд} F_{cp}.$$

Таблица 2.8. Удельные силы резания $P_{уд}$, Н/мм², при фрезеровании

Максимальная толщина a_{max} срезаемого слоя, мм	Материал заготовки					
	Сталь с $\sigma_{в.р}$, МПа			Чугун с НВ		
	до 600	600... 1 000	свыше 1 000	до 180	180... 200	свыше 200
0,02	3 160... 4 200	5 250... 6 350	7 400... 8 500	2 100	3 050	4 200
0,03	2 850... 3 800	4 750... 5 700	6 700... 7 600	1 840	2 640	3 670
0,04	2 670... 3 560	4 550... 5 350	6 200... 7 100	1 630	2 350	3 260
0,05	2 560... 3 400	4 250... 5 100	5 960... 6 800	5 140	2 220	3 080
0,06	2 400... 3 200	4 000... 4 800	5 600... 6 400	1 420	2 050	2 850
0,07	2 350... 3 140	3 920... 4 700	5 990... 6 270	1 350	1 950	2 710
0,08	2 260... 3 020	3 760... 4 520	5 300... 6 040	1 290	1 860	2 590
0,09	2 180... 2 920	3 640... 4 320	5 100... 5 840	1 260	1 820	2 530
0,1	2 140... 2 860	3 580... 4 280	5 000... 5 420	1 220	1 750	2 440

Другие составляющие силы резания определяются в зависимости от окружной силы:

- при встречном фрезеровании цилиндрическими, дисковыми, фасонными и работающими периферией концевыми фрезами

$$P_{гор} = (1 \dots 1,2)P_{окр}; P_{верт} = (0,2 \dots 0,3)P_{окр}; P_{рад} = (0,35 \dots 0,40)P_{окр};$$

- при попутном фрезеровании

$$P_{гор} = (0,8 \dots 0,9)P_{окр}; P_{верт} = (0,75 \dots 0,80)P_{окр}; P_{рад} = (0,50 \dots 0,55)P_{окр};$$

- при фрезеровании торцовыми и работающими торцом концевыми фрезами

$$P_{гор} = (0,4 \dots 0,5)P_{окр}; P_{верт} = (0,85 \dots 0,95)P_{окр}; P_{рад} = (0,50 \dots 0,55)P_{окр}.$$

Осевая составляющая силы резания для всех фрез с винтовыми зубьями определяется из соотношения

$$P_{ос} = 0,28P_{окр} \operatorname{tg} \omega,$$

где ω — угол наклона винтовой канавки.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие типы фрез вы знаете и для каких видов работ они предназначены?
2. Какие инструментальные материалы используются для режущих частей фрез?
3. Что такое период стойкости фрезы и каковы единицы его измерения?
4. Как оценивается износ фрезы?
5. Каким образом составляющие силы резания воздействуют на заготовку в процессе встречного и попутного фрезерования?

ФРЕЗЕРНЫЕ СТАНКИ

3.1. ОСНОВНЫЕ ТИПЫ ФРЕЗЕРНЫХ СТАНКОВ

Металлорежущий станок — это технологическая машина, предназначенная для обработки материалов резанием в целях получения деталей заданных формы и размеров (с требуемыми точностью и качеством обработанной поверхности). На станках обрабатывают заготовки не только из металла, но и из других материалов, поэтому определение «металлорежущий» является условным.

Область применения фрезерных станков достаточно обширна: обработка плоских и фасонных поверхностей, прямых и винтовых канавок, резьб и зубчатых колес цилиндрическими, концевыми, торцовыми, шпоночными, фасонными, модульными (концевыми и дисковыми) фрезами.

По степени универсальности фрезерные станки подразделяют на универсальные, специализированные и специальные. К **универсальным фрезерным станкам** относятся вертикально-фрезерные (консольные и бесконсольные), горизонтально-фрезерные консольные, продольно-фрезерные (одностоечные и двухстоечные), непрерывного действия (карусельные и барабанные) и широкоуниверсальные. К **специализированным фрезерным станкам** относятся копировально-фрезерные, шпоночно-фрезерные и шлицефрезерные стенки. **Специальные фрезерные станки** предназначены для обработки заготовок одного типоразмера, которые и используются в крупносерийном и массовом производстве.

Фрезерные станки также классифицируют по типам, объединенным общими технологическими признаками и конструктивными особенностями. Основные из них представлены на рис. 3.1. По классификации Экспериментального научно-исследовательского института металлорежущих станков (ЭНИМС) фрезерные станки

относят к 6-й группе, по общим технологическим признакам и конструктивным особенностям их подразделяют на девять типов:

- 1 — вертикально-фрезерные консольные;
- 2 — непрерывного действия;
- 3 — продольно-фрезерные одностоечные;
- 4 — копировальные и гравировальные;
- 5 — вертикально-фрезерные бесконсольные;
- 6 — продольно-фрезерные двухстоечные;
- 7 — широкоуниверсальные инструментальные;
- 8 — горизонтально-фрезерные консольные;
- 9 — разные.

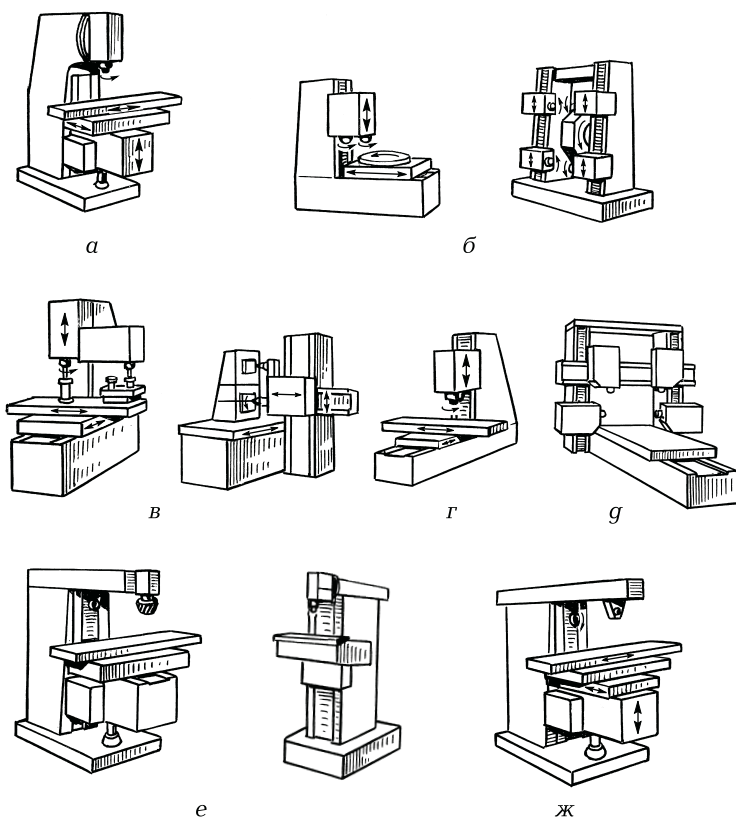


Рис. 3.1. Фрезерные станки основных типов:

a — вертикально-фрезерный консольный; *б* — непрерывного действия; *в* — копировальные; *г* — вертикально-фрезерный бесконсольный с крестовым столом; *г* — продольно-фрезерный двухстоечный; *е* — широкоуниверсальные; *ж* — горизонтально-фрезерный консольный

В обозначениях моделей фрезерных станков, выпускаемых серийно, первая цифра (6) обозначает номер группы, вторая цифра — тип станка, остальные (одна или две) цифры — основной параметр станка или обрабатываемых заготовок. После номера группы или цифры, указывающей тип станка, в обозначении модели может стоять буква, которая свидетельствует о модернизации базовой модели станка. Если буква стоит после обозначения модели, то она имеет другое значение, например может быть указан класс точности станка: П (повышенный), В (высокий), А (особо высокий) и С (сверхвысокий). Класс точности Н (нормальный) в обозначении модели станка не указывается.

В конце обозначения моделей станков с программным управлением добавляют следующие буквенно-цифровые индексы:

Ц — цикловое программное управление;

Т — оперативная система управления;

Ф1 — цифровая индикация;

Ф2 — позиционная система ЧПУ;

Ф3 — контурная система ЧПУ;

Ф4, Ф5 — комбинированные системы ЧПУ (обычно применяются для многоцелевых станков).

Например, станок модели 67К32ВФ3 — это широкоуниверсальный фрезерный станок с ЧПУ, высокого класса точности, с шириной стола 320 мм.

В зависимости от площади рабочей поверхности стола различают пять типоразмеров фрезерных станков:

Типоразмер	Площадь поверхности стола, мм
0	200×800
1	250×1 000
2	320×1 250
3	400×1 600
4	500×2 000

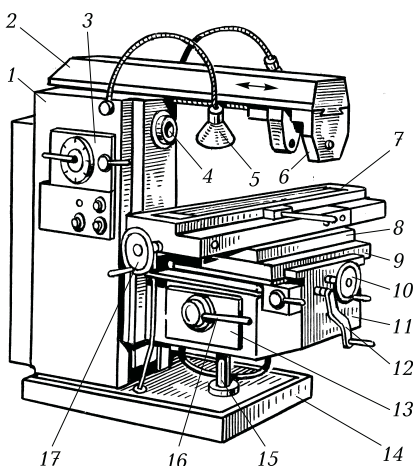
3.2. ГОРИЗОНТАЛЬНО-ФРЕЗЕРНЫЕ КОНСОЛЬНЫЕ СТАНКИ

Горизонтально-фрезерные консольные станки предназначены для фрезерования заготовок из чугунов, сталей и цветных металлов твердосплавным инструментом в условиях мелко- и крупносерийного производства.

В горизонтально-фрезерных консольных станках шпиндель расположен горизонтально, и стол перемещается в трех взаимно-

Рис. 3.2. Горизонтально-фрезерный консольный станок:

1 — станина; 2 — хобот; 3 — коробка скоростей; 4 — шпиндель; 5 — лампа местного освещения; 6 — серьга; 7 — стол; 8 — поворотная плита; 9 — салазки; 10 — маховик ручного перемещения стола в поперечном направлении; 11 — консоль; 12 — рукоятка вертикального перемещения консоли; 13 — коробка подач; 14 — фундаментная плита; 15 — колонна; 16 — рукоятка коробки подач; 17 — маховик ручного продольного перемещения стола



перпендикулярных направлениях. Возможность поворота стола вокруг вертикальной оси обеспечивает фрезерование винтовых канавок сверл, червяков и других аналогичных изделий при одновременном использовании делительной головки.

Горизонтально-фрезерный консольный станок состоит (рис. 3.2) из станины 1, установленной на фундаментной плите 14. На вертикальных направляющих станины расположена консоль 11 с горизонтальными поперечными направляющими, на которых перемещаются салазки 9; на них размещена поворотная плита 8 с горизонтальными продольными направляющими. Поворотная плита (при необходимости) может быть повернута относительно салазок на 45°. На ее продольных направляющих смонтирован стол 7. Такая компоновка узлов обеспечивает столу перемещение в трех направлениях: продольном, поперечном и вертикальном. В станине расположены коробка скоростей 3 с рукоятками управления и привод с электродвигателем, обеспечивающим главное вращательное движение шпинделя 4. На направляющих выдвигного хобота 2 закреплена серьга 6, служащая опорой для фрезерной оправки (при необходимости можно установить две серьги).

В консоли 11 размещена коробка подач 13. С помощью рукоятки 16 этой коробки изменяют скорость движения подачи стола в горизонтальном и поперечном направлениях. Привод подач имеет отдельный электродвигатель. Стол можно перемещать вручную маховиками 17 — в продольном направлении и 10 — в поперечном.

Установочное перемещение стола в вертикальном направлении осуществляют вручную с помощью рукоятки 12 ходового

винта, расположенного в колонне 15, закрепленной в фундаментной плите 14.

Все работы на станке следует выполнять при включенной лампе 5 местного освещения.

3.3. ВЕРТИКАЛЬНО-ФРЕЗЕРНЫЕ СТАНКИ

Вертикально-фрезерные станки отличаются от горизонтально-фрезерных вертикальным расположением шпинделя и отсутствием хобота. Эти станки предназначены для выполнения разнообразных фрезерных работ твердосплавным и быстрорежущим инструментом в условиях мелко- и крупносерийного производства.

По конструкции различают вертикально-фрезерные станки бывают двух типов: консольные и бесконсольные.

На рис. 3.3 показан **консольный вертикально-фрезерный станок**, состоящий из станины 1, установленной на фундаментной плите 12. По вертикальным направляющим 13 станины от ходового винта, расположенного в колонне 10, может перемещаться консоль 9, имеющая горизонтальные поперечные направляющие 7, на которых размещены салазки 8. На продольных направляющих салазок укреплен стол 4; его продольное перемещение

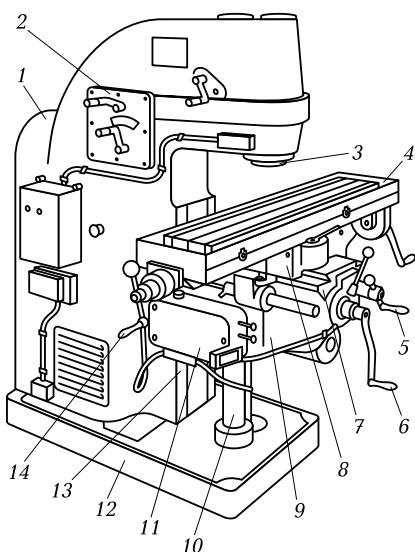
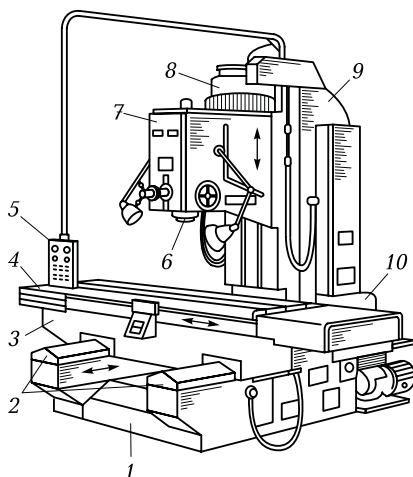


Рис. 3.3. Консольный вертикально-фрезерный станок:

1 — станина; 2 — коробка скоростей; 3 — шпиндель; 4 — стол; 5, 6, 14 — рукоятки; 7 — поперечные направляющие; 8 — салазки; 9 — консоль; 10 — колонна; 11 — коробка подач; 12 — фундаментная плита; 13 — вертикальные направляющие

Рис. 3.4. Бесконсольный вертикально-фрезерный станок:

1 — станина; 2 — направляющие; 3 — салазки; 4 — стол; 5 — пульт управления; 6 — шпиндель; 7 — шпиндельная бабка; 8 — электродвигатель; 9 — стойка; 10 — коробка подач



осуществляют вручную рукояткой 14, а поперечное — рукояткой 5. Вертикальное перемещение стола (вместе с консолью) осуществляют вручную рукояткой 6.

Частота вращения шпинделя 3 изменяется ступенчато с помощью рукояток, расположенных на коробке скоростей 2.

Коробка подач 11 размещена в консоли. С помощью рукояток скорость движения подачи стола в горизонтальном и поперечном направлениях изменяется ступенчато. Привод подач имеет отдельный электродвигатель.

На рис. 3.4 показан **бесконсольный вертикально-фрезерный станок** с крестовым столом, особенностью конструкции которого являются более жесткие, чем у консольного станка, станина и стойка, отсутствие консоли, червячно-реечный привод. Эти особенности позволяют обрабатывать на данном станке крупные заготовки с большими припусками на высоких режимах резания.

Фрезерование осуществляется в основном торцовыми головками, в том числе оснащенными твердосплавными пластинами.

На неподвижной станине 1 размещается крестовый стол 4, который может перемещаться по направляющим салазок 3 и по направляющим 2 станины соответственно в продольном и поперечном направлениях. Шпиндельная бабка 7 с коробкой скоростей монтируется на вертикальных направляющих стойки 9 станка. Главное вращательное движение шпинделю 6 сообщается от электродвигателя 8. Продольное и поперечное движения подачи стола осуществляются от коробки подач 10, находящейся в станине. Управление станком обычно выполняют с помощью подвесного

пульта 5. В некоторых моделях станков шпиндельная бабка имеет возможность поворота в вертикальной плоскости.

3.4. ФРЕЗЕРНО-ЦЕНТРОВАЛЬНЫЕ СТАНКИ

Фрезерно-центровальные станки предназначены для двухстороннего фрезерования и зацентровки торцов деталей типа валов. Оба торца фрезеруют одновременно, а затем одновременно зацентровывают. Такая технология позволяет обеспечить параллельность торцов валов между собой и перпендикулярность осей центровых отверстий этим торцам.

На рис. 3.5 показан фрезерно-центровальный станок со шкафом 10 для электрооборудования. На станине 7 этого станка по направляющим 8 кареток 6 могут перемещаться в продольном направлении фрезерно-сверильные бабки 1 и 5. Каретки 6 имеют также возможность установочных перемещений по поперечным направляющим 9. Заготовку устанавливают в тиски 2 с гидравлическим приводом и закрепляют. В каждой бабке имеются фрезерная 3 и сверильная 4 головки. При перемещении головок 3 (вместе с бабками) по направляющим 8 кареток 6 фрезеруются торцы заготовок. При достижении каретками упоров заготовка зацентровывается с двух сторон за счет осевого перемещения сверл вместе с пинолями шпинделей сверильных головок 4. Фрезерный и сверильный шпиндели приводятся во вращение от отдельных электродвигателей.

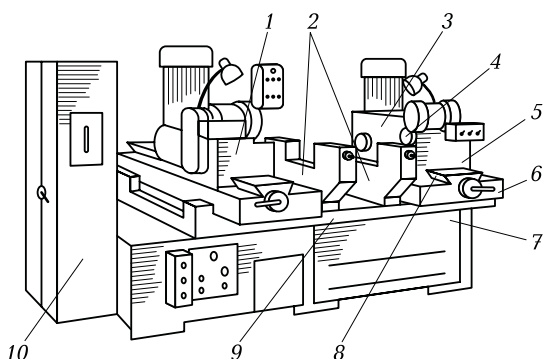


Рис. 3.5. Фрезерно-центровальный станок:

1, 5 — фрезерно-сверильные бабки; 2 — тиски; 3 — фрезерная головка; 4 — сверильная головка; 6 — каретка; 7 — станина; 8, 9 — направляющие; 10 — шкаф с электрооборудованием

3.5. ПРОДОЛЬНО-ФРЕЗЕРНЫЕ СТАНКИ

Продольно-фрезерные станки предназначены для обработки одновременно горизонтальных, вертикальных, наклонных и фасонных поверхностей заготовок корпусных и других крупных деталей фрезами, установленными на вертикальных и боковых суппортах. Режущим инструментом в них являются насадные и концевые фрезы: торцовые, угловые, для обработки Т-образных пазов, типа «ласточкин хвост» и др. Применяются такие станки в средне-серийном и крупносерийном производстве.

Продольно-фрезерные станки высокопроизводительные, поскольку имеют высокие частоты вращения шпинделей и большие подачи при обработке заготовок твердосплавным инструментом. Это достигается за счет достаточной мощности шпиндельных бабок и большой силы, осуществляющей продольное движение подачи.

Продольно-фрезерные станки изготавливают одностоечными и двухстоечными, однако последние нашли более широкое применение, так как имеют бóльшие жесткость, точность и производительность.

В двухстоечном продольно-фрезерном станке (рис. 3.6) на станине 16 смонтированы две вертикальные стойки 14 (левая и правая), скрепленные в некоторых моделях балкой 10. По направляющим каждой стойки при наладке станка траверсу 4 можно перемещать в вертикальном направлении. В таких станках предусмотрены три или четыре шпиндельные бабки. Обычно две бабки 3 и 15 монтируют на боковых суппортах стоек (на каждой стойке по одному суппорту), они перемещаются в вертикальном направлении по направляющим этих стоек, а их шпиндели 8 имеют горизонтальную ось вращения. Одна (или две) бабка 5 располагается на траверсе 4, т. е. на верхнем суппорте, и приводится в движение по горизонтальным направляющим от коробки подач 11, имеющей отдельный электродвигатель. Шпиндель 7 бабки верхнего суппорта имеет вертикальную ось вращения. Шпиндели в бабках приводятся во вращение от отдельных электродвигателей 2, 6 и 12 через коробки скоростей.

У ряда модификаций станков шпиндельные бабки можно поворачивать в вертикальной плоскости для обработки наклонных поверхностей.

Столу 9, смонтированному на направляющих станины, защищенных от попадания стружки щитками 1, продольное перемеще-

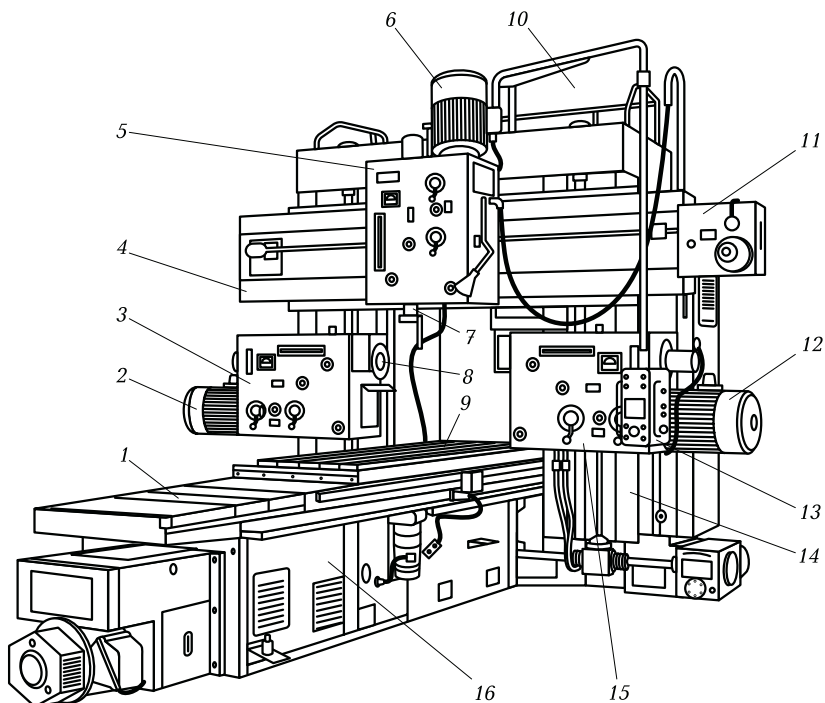


Рис. 3.6. Двухстоечный продольно-фрезерный станок:

1 — щитки; 2, 6, 12 — электродвигатели; 3, 5, 15 — шпиндельные бабки; 4 — траверса; 7, 8 — шпиндели; 9 — стол; 10 — балка; 11 — коробка подачи; 13 — пульт управления; 14 — стойка; 16 — станина

ние с бесступенчатым регулированием значения подачи сообщается от отдельного электродвигателя постоянного тока.

Главным движением в станке является вращение шпинделей. Продольное движение подачи имеет стол, поперечное движение подачи получает шпиндельная бабка 5, а вертикальное — шпиндельные бабки 3 и 15.

Траверсу устанавливают на требуемой высоте и зажимают, в процессе обработки она остается неподвижной.

В станках предусмотрены различные автоматические циклы работы стола: ускоренный подвод, рабочее движение подачи, ускоренный перебег, быстрый отвод и останов.

Управление металлорежущим станком осуществляется от подвесного пульта 13.

Копировально-фрезерные станки предназначены для обработки плоских и объемных фасонных поверхностей (кулачков, шаблонов, штампов, пресс-форм и т. п.) в условиях мелко- и среднесерийного производства. Их широко используют в инструментальных цехах и реже — в механических.

По принципу работы различают станки прямого и следящего действия. В таких станках перемещение режущего инструмента (концевой фрезы) в горизонтальной и вертикальной плоскостях связано с аналогичным перемещением копировального пальца (щупа) относительно задающего устройства (шаблона, копира).

Способ копирования **прямого действия** предусматривает непосредственное воздействие изменения формы задающего устройства на копировальный палец, жестко связанный с фрезой рычажной системой (например, пантографом). Способ копирования **следящего действия** предопределяет наличие в станке специального устройства, которое с помощью копировального пальца (или ролика) воспринимает изменение формы задающего устройства и через усилительную систему передает это изменение фрезе.

При обработке по круговому копиру выполняется фрезерование по замкнутому контуру с использованием кругового движения подачи. При этом скрепленные заготовка и копир вращаются вокруг общей оси. Расстояние между заготовкой и осью фрезы изменяется в соответствии с профилем копира, что обеспечивает получение требуемого профиля детали. При обработке, если диаметры копировального ролика 3 (рис. 3.7, а) и фрезы 4 равны, то профиль копира 2 идентичен профилю заготовки 1. Если диаметр ролика 3 не равен диаметру фрезы (рис. 3.7, б), то профиль копира представляет собой эквидистанту профиля детали. При несовпадении осей ролика и фрезы профиль копира отличается от профиля детали (рис. 3.7, в).

Копировально-фрезерные станки изготавливают с вертикальным расположением шпинделя и горизонтальной поверхностью стола либо с горизонтальным расположением шпинделя и вертикальной поверхностью для закрепления заготовки. Также различают копировально-фрезерные станки одношпиндельные и многошпиндельные, работающими от одного копировального устройства.

Рассмотрим работу **копировально-фрезерного станка с вертикальным расположением шпинделя и горизонтальной поверхностью стола** (рис. 3.8). Процесс обработки осуществляют

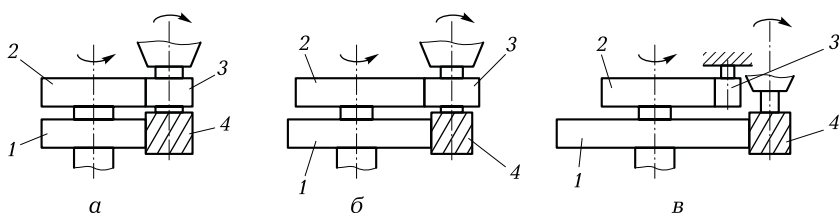


Рис. 3.7. Схемы копирования по замкнутому контуру:

а — диаметр ролика равен диаметру фрезы; *б* — диаметр ролика не равен диаметру фрезы; *в* — оси ролика и фрезы не совпадают; 1 — заготовка; 2 — копир; 3 — копировальный ролик; 4 — фреза

по копиру 6, который, воздействуя на копировальное устройство 5, вызывает соответствующее перемещение шпинделя 2 вместе с режущим инструментом относительно заготовки 1, при этом фреза и заготовка в относительном движении воссоздают поверхность, задаваемую копиром.

Копиром может служить шаблон, эталонная деталь, модель или чертеж, а в качестве копировального устройства использоваться щуп, копировальный палец или ролик, фотоэлемент.

Копир через копировальное устройство воздействует на исполнительные органы станка (стол 10, салазки 9, шпиндельную головку 3).

На станине 8 установлены поперечные салазки 9, по направляющим которых перемещается стол 10 с приспособлением 7 для закрепления копиров. Шпиндельная головка 3 с копировальным устройством 5 смонтирована на стойке 4.

Копирующими движениями в данном станке являются продольное движение стола и поперечное перемещение салазок, а в некоторых моделях и вертикальное перемещение шпиндельной головки.

На рис. 3.9 показан **копировально-фрезерный станок с горизонтальным расположением шпинделя и электрической следящей системой**. Станок состоит из станины 1, служащей опорой для неподвижной колонны 11 и имеющей направляющие (показаны штрихами) для перемещения стола 2 с нижней 3 и верхней 6 стойками для крепления на них соответственно заготовки 4 и копира 7. В конце каждого рабочего хода движение стола автоматически реверсируется. Внутри станины предусмотрены механизмы подачи стола 2.

На направляющих колонны расположена поперечина 14, имеющая вертикальное перемещение от ходового винта 12. На направляющих поперечины смонтирована шпиндельная бабка 13,

получающая поперечное перемещение от ходового винта 16, приводимого во вращение приводом 15.

В шпиндельной бабке 13 размещены гильза шпинделя 5 и привод главного движения. В верхней части шпиндельной бабки в корпусе 10 смонтировано копировальное устройство 9 с копировальным пальцем 8.

Копировальное устройство (рис. 3.10, а) представляет собой гильзу 22, в которой шарнирно закреплен шпиндель 3 с пальцем 2. Шаровая опора шпинделя копировального устройства состоит из шарика 4, находящегося в гнезде шпинделя 3 на сферических торцах трех винтов 14, ввернутых в гильзу 22. Правый конец шпинделя 3 имеет выточку, в которой находится шарик 6, соприкасающийся с коническим углублением в торце втулки 9.

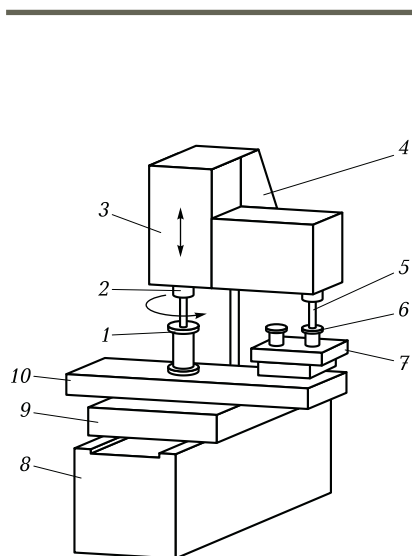


Рис. 3.8. Копировально-фрезерный станок с вертикальным расположением шпинделя и горизонтальной поверхностью стола:

1 — заготовка; 2 — шпиндель; 3 — шпиндельная головка; 4 — стойка; 5 — копировальное устройство; 6 — копир; 7 — приспособление для закрепления копиров; 8 — станина; 9 — поперечные салазки; 10 — стол

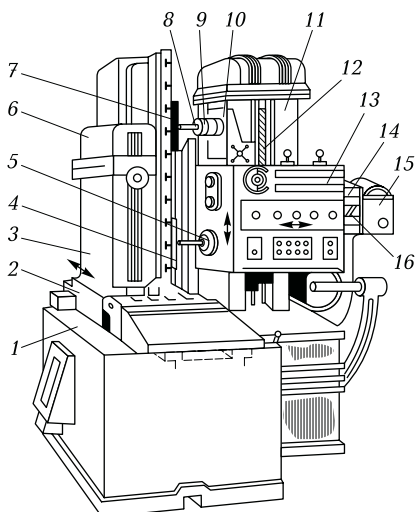


Рис. 3.9. Копировально-фрезерный станок с горизонтальным расположением шпинделя и электрической следящей системой:

1 — станина; 2 — стол; 3, 6 — стойки; 4 — заготовка; 5 — шпиндель; 7 — копир; 8 — копировальный палец; 9 — копировальное устройство; 10 — корпус; 11 — колонна; 12, 16 — ходовые винты; 13 — шпиндельная бабка; 14 — поперечина; 15 — привод поперечного ходового винта

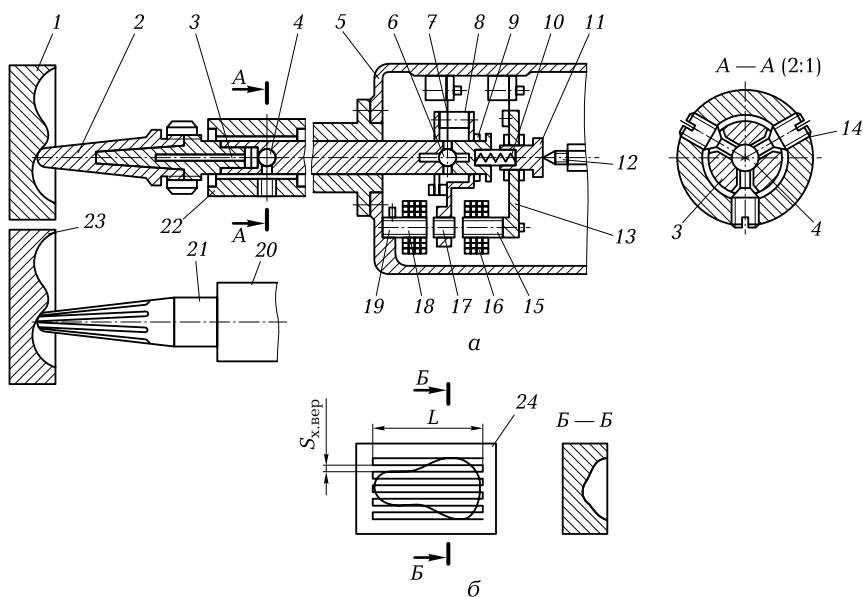


Рис. 3.10. Копировальное устройство (а) и траектория перемещения копирующего пальца (б):

1, 24 — копиры; 2 — палец; 3, 20 — шпиндели; 4, 6 — шарики; 5 — корпус; 7 — плоская пружина; 8, 13 — подвески; 9, 11 — втулки; 10 — пружина; 12, 14 — винты; 15, 19 — сердечники; 16, 18 — обмотки; 17 — якорь; 21 — фреза; 22 — гильза; 23 — заготовка; L — длина хода стола станка; $S_{x, \text{вер}}$ — вертикальная подача фрезы на один ход стола

Втулка 9 помещена с зазором в отверстие подвески 8, которая крепится на плоской пружине 7. Внизу подвески 8 имеется якорь 17, расположенный между подвижным 15 и неподвижным 19 сердечниками, регулирование зазора между которыми осуществляется вращением винта 12, изменяющего положение гибкой подвески 13.

Во втулке 11 находится пружина 10, под действием которой втулка, соприкасаясь с шариком 6, смещает якорь 17 и шпindel 3 копирующего устройства влево. Это приводит к уменьшению зазора между якорем 17 и сердечником 19 и увеличению зазора между якорем 17 и сердечником 15, в результате чего в вторичных обмотках 16 и 18 дифференциального трансформатора изменяется сила тока. После усиления ток подается на электродвигатель 6; под действием сигнала с электродвигателя шпиндельная бабка 13 (см. рис. 3.9) передвигается по направлению «на копир». При перемещении шпиндельной бабки палец 2 (см. рис. 3.10, а) упрется в

поверхность копира *1*, а подпружиненный якорь *17* займет среднее положение между сердечниками *15* и *19*. Движение шпиндельной бабки прекращается.

Если палец попадает в углубление копира *1*, то якорь *17* под действием пружины *10* перемещается влево, и тогда на следящий привод поступает команда переместить шпиндельную бабку также влево, в результате чего фреза *21* врезается в заготовку *23* на такую же глубину, что и палец, якорь *17* снова перемещается в среднее положение между сердечниками *15* и *19* и движение бабки прекращается.

Аналогичные перемещения пальца *2* и шпиндельной бабки с фрезой *21* происходят при попадании пальца на выступ копира *1*, при этом палец, бабка и фреза перемещаются вправо.

Если палец *2* при перемещении по копиру *1* попадает на его наклонный участок, то шпиндель *3* поворачивается в шаровой опоре, состоящей из шарика *4* и винтов *14*. В этом случае правая часть шпинделя *3* будет сдвигать шарик *6*, втулку *9*, якорь *17* и шпиндельную бабку станка вправо до тех пор, пока не закончится наклонный участок профиля копира *1*.

Чувствительность копирующего устройства регулируется винтом *12*, а его расположение на шпиндельной бабке станка из-

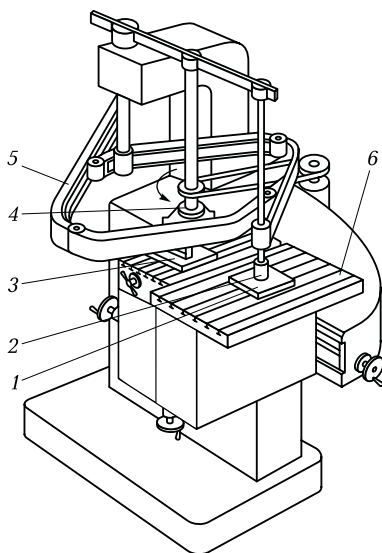


Рис. 3.11. Копировально-фрезерный станок с пантографом:

1 — копира; *2* — щуп; *3* — заготовка; *4* — шпиндель; *5* — пантограф; *6* — стол

меняется в трех направлениях с помощью регулировочных винтов, имеющих в корпусе 5.

Обычно станок выполняет обработку заготовок способом горизонтальных (см. рис. 3.10, б) или вертикальных строчек. Обработка заготовки методом строчек выполняется за несколько рабочих ходов. Если обработка заготовки ведется способом горизонтальных строчек, то перед каждым следующим рабочим ходом стола палец 2 и фреза 21 (вместе с шпиндельной бабкой) получают вертикальную подачу $S_{x, \text{вер}}$. Если же копирование профиля происходит с использованием способа вертикальных строчек, то после каждого вертикального хода шпиндельной бабки столу станка сообщается продольное перемещение, равное подаче на ход фрезы.

В **копировально-фрезерных станках прямого действия** (рис. 3.11) шуп 2 передает движение фрезе через пантограф 5. Такие станки применяют в основном для легких фрезерных и гравировальных работ. Использование пантографа позволяет не только копировать, но и уменьшать масштаб заготовки по сравнению с копиром.

Перемещение шупа по копиру 1, установленному на столе 6 станка, передается шпинделю 4, который при обработке заготовки 3 описывает контур, геометрически подобный копиру. При этом стол станка с заготовкой можно перемещать вручную в трех взаимно-перпендикулярных направлениях.

3.7. ШПОНОЧНО-ФРЕЗЕРНЫЕ СТАНКИ

Шпоночно-фрезерные станки предназначены для фрезерования шпоночных пазов. Схема обработки паза представлена на рис. 3.12. Диаметр d_f пальцевой фрезы подбирается по ширине B шпоночного паза, фрезеруемого в заготовке 2. Фрезе 1 сообщается главное вращательное движение резания D_r , продольное движение подачи $D_{спр}$ вдоль оси паза и вертикальное движение подачи $D_{свер}$ в конце хода.

На рис. 3.13 показан **шпоночно-фрезерный консольный станок вертикальной компоновки**. На основании 1 размещены станина 12, фрезерная головка 11 и колонна 2. В колонне установлен ходовой винт, с помощью которого вручную можно перемещать стол 5 на различную высоту. На плоских направляющих 7 фрезерной головки 11 смонтирована каретка 8, получающая от гидропривода продольное перемещение. На вертикальных направляющих 6 станины 12 закреплена консоль 3 со столом 5. Стол, на кото-

Рис. 3.12. Схема обработки паза:

1 — фреза; 2 — заготовка; d_{ϕ} — диаметр фрезы; D_r — главное движение резания; D_s — вертикальное движение подачи; $D_{сп}$ — продольное движение подачи; B — ширина паза

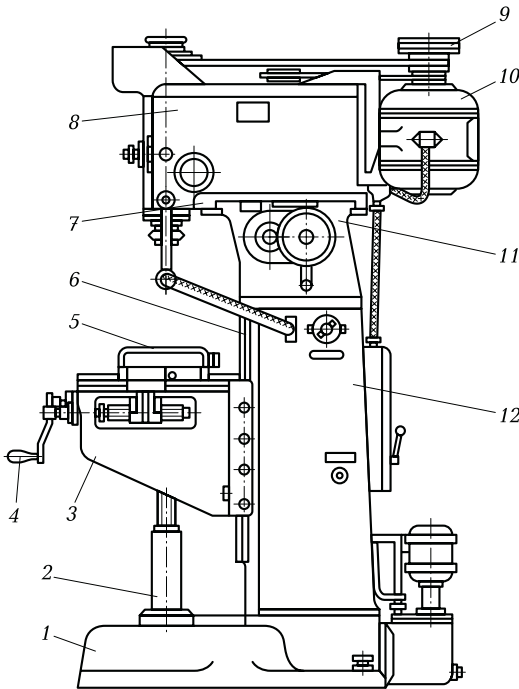
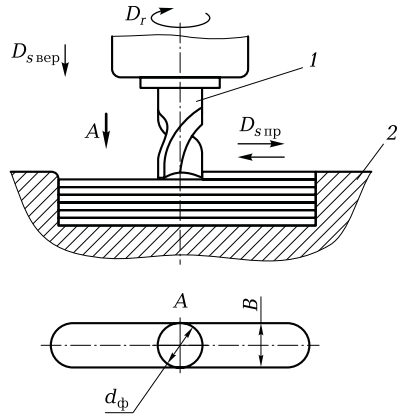


Рис. 3.13. Шпоночно-фрезерный консольный станок вертикальной компоновки:

1 — основание; 2 — колонна; 3 — консоль; 4 — рукоятка; 5 — стол; 6, 7 — направляющие; 8 — каретка; 9 — клиноременная передача; 10 — электродвигатель главного движения; 11 — фрезерная головка; 12 — станина

ром закрепляется заготовка, имеет возможность установочных вертикальных перемещений, а также может перемещаться в поперечном направлении с помощью рукоятки 4. В конце каждого продольного хода каретки 8 шпиндель фрезерной головки автоматически вертикально перемещается вниз на глубину слоя, снимаемого за один рабочий ход. Станок работает в полуавтоматическом цикле.

Шпиндель фрезерной головки получает вращение от двухскоростного электродвигателя 10 через трехступенчатую клиноременную передачу 9. Наличие трехступенчатой клинременной передачи позволяет получить различные скорости вращения шпинделя.

Гидропривод станка расположен в каретке 8. Перемещение каретки 8 обеспечивается с помощью силового цилиндра продольной подачи, шток которого закрепляется во фланце фрезерной головки 11. Подачу фрезерной головки на глубину фрезерования в конце каждого рабочего хода осуществляет силовой цилиндр вертикального движения подачи.

3.8. ФРЕЗЕРНЫЕ СТАНКИ НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ

Отличительной особенностью фрезерных станков непрерывного действия является непрерывное движение обрабатываемых заготовок со столом или барабаном в процессе фрезерования. На таких станках заготовки устанавливают и закрепляют (а готовые детали открепляют и снимают) без останова, что обеспечивает их значительную производительность.

Фрезерные станки непрерывного действия, легко встраиваемые в автоматические линии, нашли широкое применение в крупносерийном и массовом производстве.

Фрезерные станки непрерывного действия подразделяют на карусельно-фрезерные и барабанно-фрезерные.

Карусельно-фрезерные станки предназначены для обработки плоскостей литых, кованных и штампованных заготовок методом непрерывного торцового фрезерования.

Карусельно-фрезерный станок, показанный на рис. 3.14, а, состоит из станины 1 со стойкой 8, в вертикальных направляющих которой смонтирована шпиндельная бабка 6. В бабку 6 вмонтированы два шпинделя 10 с приводом от электродвигателя 7. Наличие двух шпинделей позволяет совместить в одной операции черновое

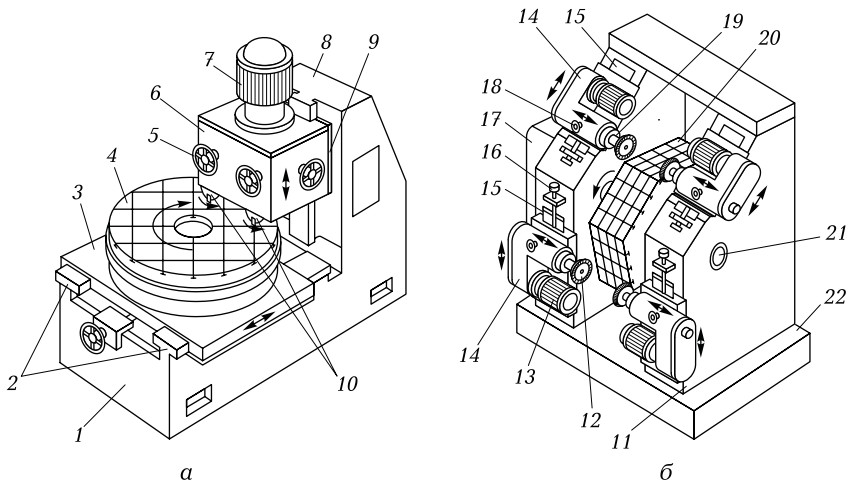


Рис. 3.14. Фрезерные станки непрерывного действия:

а — карусельно-фрезерный; *б* — барабанно-фрезерный; 1 — станина; 2, 15 — направляющие; 3 — салазки; 4 — поворотный стол; 5, 9, 16, 18 — маховики; 6, 14 — шпиндельные бабки; 7, 13 — электродвигатели; 8, 11 — стойки; 10, 19 — шпиндели; 12 — фреза; 17 — коробка передач; 20 — барабан; 21 — приводной вал барабана; 22 — основание

и чистовое фрезерование. Установочное вертикальное перемещение шпиндельной бабки *б* осуществляют вручную маховиком *9*, а установочные перемещения шпинделя — маховиком *5*.

По горизонтальным направляющим *2* можно перемещать салазки *3*, на которых смонтирован поворотный стол *4* для установки и закрепления обрабатываемых заготовок. Поворотный стол в процессе работы медленно вращается от отдельного привода. Такая компоновка узлов станка позволяет выполнять фрезерование непрерывно. Готовые детали при этом транспортируют из зоны резания, а на их местах закрепляют очередные заготовки.

Барабанно-фрезерный станок, показанный на рис. 3.14, *б*, состоит из основания *22* с двумя стойками *11*, между которыми на приводном валу *21* установлен барабан *20* с приспособлениями для закрепления обрабатываемых заготовок. На направляющих *15* стоек *11* смонтированы четыре шпиндельные бабки *14* со шпинделями *19*, приводимыми во вращение от отдельных электродвигателей *13*. Пинолям шпинделей сообщают установочное перемещение от маховиков *18*, а шпиндельным бабкам *14* — от маховиков *16*.

Приводной вал 21 барабана получает вращение от коробки передач 17 и отдельного электродвигателя. На шпиндели 19 устанавливают торцовые фрезы 12 с твердосплавными пластинами.

Обработка заготовок на этих станках происходит одновременно с двух сторон.

3.9. КИНЕМАТИЧЕСКИЕ СХЕМЫ СТАНКОВ

Кинематическая схема станка — это условное изображение в одной плоскости совокупности кинематических цепей, состоящих из ременных, зубчатых, винтовых и других передач.


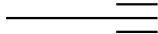
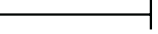
Кинематическая цепь станка — это условное изображение взаимосвязей различных его звеньев, например электродвигателя и шпинделя, т. е. это средство согласования перемещения режущего инструмента и заготовки для формообразования.

Кинематическая схема характеризует принцип работы станка и взаимодействие его механизмов. На кинематической схеме обязательно приводят следующие данные: мощность и частоту вращения электродвигателя, диаметры шкивов, число зубьев колес, шаги ходовых винтов, модули реечных передач, число заходов червяков и т. п.

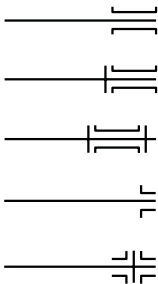
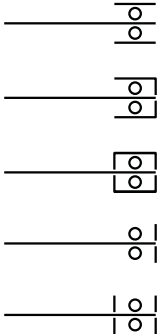

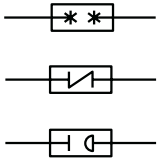
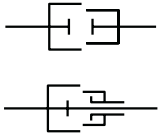
В кинематической схеме станка каждая кинематическая цепь определенного назначения имеет соответствующее название, например цепь главного движения, цепь движения подачи, цепь деления и т. д.

Основные условные обозначения элементов кинематических схем в соответствии с ГОСТ 2.770—68*, 2.721—74* и 2.782—68* приведены в табл. 3.1.

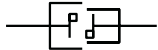
Таблица 3.1. Основные условные обозначения элементов кинематических схем

Наименования элементов	Условные обозначения
Вал, ось, стержень	
Подшипники скольжения и качения на валу без уточнения типа:	
радиальные	
упорные	

Продолжение табл. 3.1

Наименования элементов	Условные обозначения
Подшипники скольжения: радиальные радиально-упорные односторонние радиально-упорные двухсторонние упорные односторонние упорные двухсторонние	
Подшипники качения: радиальные радиально-упорные односторонние радиально-упорные двухсторонние упорные односторонние упорные двухсторонние	
Муфта (без уточнения типа)	
Муфта нерасцепляемая (неуправляемая): глухая упругая компенсирующая	
Муфта сцепляемая (управляемая): общего назначения односторонняя	

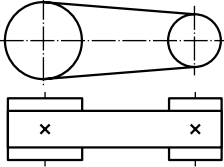
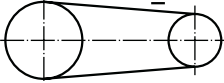
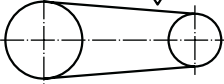
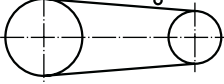
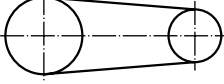
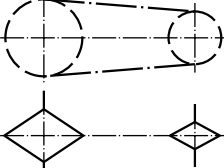
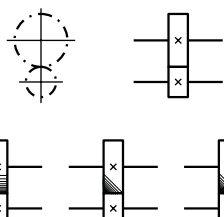
Продолжение табл. 3.1

Наименования элементов	Условные обозначения
двухсторонняя	
Муфта сцепляемая механическая: синхронная (например, зубчатая) асинхронная (например, фрикционная)	 
Муфта сцепляемая электрическая	
Муфта сцепляемая гидравлическая или пневматическая	
Муфта автоматическая (самодействующая): общего назначения обгонная (свободного хода) центробежная фрикционная предохранительная с разрушающим элементом предохранительная с неразрушающим элементом	    
Тормоз (без уточнения типа)	
Храповые зубчатые механизмы: с наружным зацеплением (односторонние)	

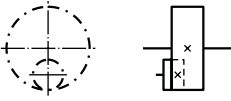
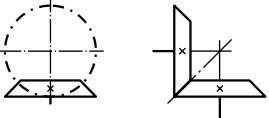
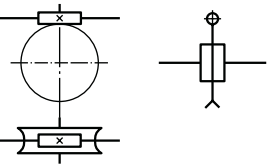
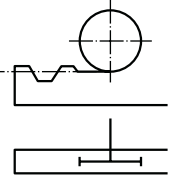





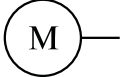
Продолжение табл. 3.1

Наименования элементов	Условные обозначения
с внутренним зацеплением (односторонние)	
Шкив ступенчатый, закрепленный на валу	
<p>Соединения детали с валом:</p> <p>при свободном вращении</p> <p>подвижное без вращения</p> <p>с помощью вытяжной шпонки</p> <p>глухое</p>	
<p>Передачи фрикционные:</p> <p>с цилиндрическими роликами</p> <p>с коническими роликами</p> <p>с коническими регулируемыми роликами</p>	

Продолжение табл. 3.1

Наименования элементов	Условные обозначения
Передача ремнем (без уточнения типа ремня)	
Передача плоским ремнем	
Передача клиновидным ремнем	
Передача круглым ремнем	
Передача зубчатым ремнем	
Передача цепью (без уточнения типа цепи)	
<p>Передачи зубчатые цилиндрические с внешним зацеплением:</p> <p>общее обозначение без уточнения типа зубьев</p> <p>с прямыми, косыми и шевронными зубьями</p>	

Продолжение табл. 3.1

Наименования элементов	Условные обозначения
Передачи зубчатые цилиндрические с внутренним зацеплением (без уточнения типа зубьев)	
Передачи зубчатые конические (без уточнения типа зубьев)	
Передачи зубчатые со скрещающимися валами (червячные с цилиндрическим червяком)	
Передачи зубчатые реечные (без уточнения типа зубьев)	
Передачи зубчатым сектором (без уточнения типа зубьев)	
Винт, передающий движение	
Винт — гайка качения	
Винт — гайка скольжения неразъемная	
Винт — гайка скольжения разъемная	
Электродвигатель	

Наименования элементов	Условные обозначения
Насос (без уточнения типа)	

Рассмотрим кинематическую схему горизонтально-фрезерного консольного станка, приведенную на рис. 3.15. Основными движениями в этом станке являются главное движение резания, продольное и поперечное движения подачи.

Главное движение резания — это вращение фрезы, закрепленной в шпинделе (вал IV), которое передается от электродвигателя М1 (мощность $N_1 = 3$ кВт, частота вращения $n_1 = 1450$ мин⁻¹) через клиноременную передачу со шкивами $\varnothing 100$ и $\varnothing 180$ мм. Шкив $\varnothing 180$ мм жестко закреплен на входном валу II коробки скоростей, на котором находятся три двойных блока зубчатых колес. При перемещении этих блоков можно передать на вал III шесть различных частот вращения через следующие зубчатые кинематические пары: 51/51, или 60/42, или 42/60, или 34/68, или 21/81, или 27/75. От вала III на шпиндель (вал IV) вращение передается зубчатой передачей 75/41 или 24/96. Таким образом, шпиндель получает 12 различных частот вращения.

Составим уравнение баланса кинематической цепи главного движения:

$$n_1 \frac{100}{180} i_{к.с} = n_{шп},$$

где n_1 — частота вращения электродвигателя М1; $i_{к.с}$ — передаточное отношение коробки скоростей; $n_{шп}$ — частота вращения шпинделя.

Определим минимальную частоту вращения шпинделя станка:

$$n_{\min шп} = 1450 \frac{100}{180} \frac{21}{81} \frac{24}{96} = 52,2 \text{ мин}^{-1}.$$

Изменение направления вращения шпинделя осуществляют реверсированием вращения электродвигателя М1.

Движение подачи осуществляется от электродвигателя М2 ($N_2 = 0,8$ кВт, $n_2 = 1450$ мин⁻¹) через коробку подач.

Продольное движение подачи стола передается от вала VIII электродвигателя через цилиндрические зубчатые колеса 26/67 и 36/60 (вал X) и далее через тройной блок, вал XI и передачу 24/66 валу XII, от которого через перебор (18/72)·(30/60) вращение с помощью цилиндрической пары зубчатых колес 60/60 передается обгонной муфте Мф6. Можно, переместив двойной блок влево, передать вращение обгонной муфте Мф6 через зубчатые передачи (45/45)·(30/60).

Далее от вала XIII через зубчатую пару 37/44 вращение передается валу XIV.

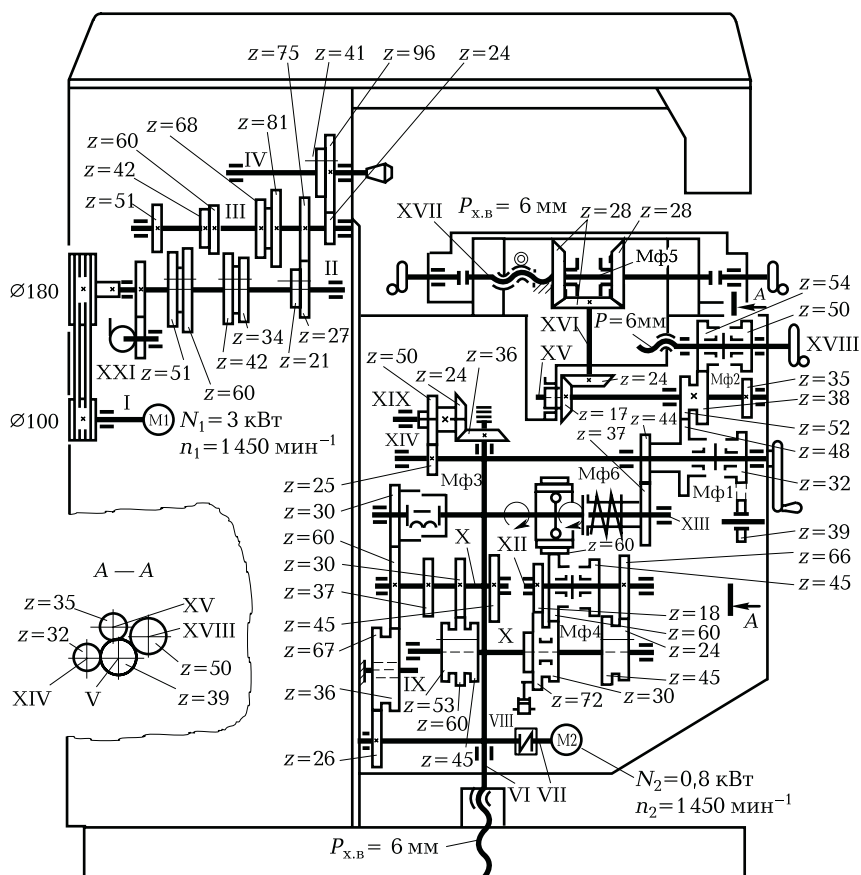


Рис. 3.15. Кинематическая схема горизонтально-фрезерного консольного станка:

I...XVIII — номера валов; Мф1...Мф6 — муфты

С вала XIV кроме продольного движения подачи можно передать вращение ходовому винту VI для осуществления вертикального движения подачи или винту XVIII для перемещения салазок в направлении поперечного движения подачи.

Рассмотрим далее кинематическую цепь продольного движения подачи. От вала XIV через цилиндрические зубчатые колеса 48/52 и конические зубчатые колеса 17/24 и 28/28 вращение передается ходовому винту XVII (условно повернут на 90°), обеспечивающему продольное движение подачи.

Изменение направления перемещения стола осуществляют переключением влево двухсторонней муфты Мф5.

Составим уравнение кинематического баланса продольного движения подачи стола:

$$n_2 \frac{26}{67} \frac{36}{60} i_1 i_{\text{пер}} \frac{60}{60} \frac{37}{44} \frac{48}{52} \frac{17}{24} \frac{28}{28} P_{\text{х.в}} = v_{\text{спр}},$$

где n_2 — частота вращения вала электродвигателя М2; i_1 — передаточное отношение тройного блока зубчатых колес 37/53, 30/60 и 45/45; $i_{\text{пер}}$ — передаточное отношение перебора; $P_{\text{х.в}}$ — шаг ходового винта, равный 6 мм; $v_{\text{спр}}$ — скорость продольного движения подачи.

Перебор включает в себя два двойных блока с зубчатыми колесами $z = 72$, $z = 30$ и $z = 45$, $z = 24$ (вал XI), причем первый блок на валу XI не закреплен и может изменять вращение вала XII, когда зубчатое колесо $z = 24$ находится в зацеплении с $z = 66$ (как показано на схеме).

Для примера определим минимальную скорость продольного движения подачи:

$$1450 \frac{26}{67} \frac{36}{60} \frac{30}{60} \frac{24}{66} \frac{18}{72} \frac{30}{60} \frac{60}{60} \frac{37}{44} \frac{48}{52} \frac{17}{24} \frac{28}{28} 6 = 22,5 \text{ мм/мин.}$$

Поперечное движение подачи получают салазки от ходового винта XVIII, которому вращение от вала XV передает кинематическая пара 38/54. Реверсирование поперечного движения подачи происходит при перемещении муфт Мф1 и Мф2 вправо, и от вала XIV оно передается на ходовой винт XVIII цилиндрическими передачами 32/39 и 39/50 (см. сечение А—А). Ускоренный ход осуществляется от электродвигателя М2 посредством цилиндрических передач 26/67, 36/60, 60/30 через включенные электромагнитную Мф3 и обгонную Мф6 муфты и далее через передачи рабочего хода.

Вертикальное движение подачи стола осуществляется от ходового винта VI, которому вращение от вала XIV передается цилиндрическими 25/50 и коническими 24/36 зубчатыми колесами.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. В чем состоит отличие консольных фрезерных станков от бесконсольных?
2. Какие виды обработки выполняются на фрезерно-центровальных станках?
3. Расскажите о назначении продольно-фрезерных станков и приведите несколько примеров типовых деталей, изготовленных на них.
4. Как формируется обозначение модели фрезерного станка?
5. Чем отличается обозначение модели станка с ручным управлением от обозначения модели станка с ЧПУ?
6. Что такое кинематическая схема станка и из каких кинематических пар она состоит?
7. Определите максимальную частоту вращения шпинделя горизонтально-фрезерного консольного станка.

УСТАНОВКА И ЗАКРЕПЛЕНИЕ ИНСТРУМЕНТОВ НА ФРЕЗЕРНЫХ СТАНКАХ

4.1. УСТАНОВКА И ЗАКРЕПЛЕНИЕ ФРЕЗ НА ГОРИЗОНТАЛЬНО-ФРЕЗЕРНЫХ СТАНКАХ

Цилиндрические, дисковые, угловые и другие фрезы устанавливают на горизонтально-фрезерных станках с помощью оправок, диаметры которых должны соответствовать диаметрам посадочных отверстий фрез. Конусный хвостовик оправки должен соответствовать коническому отверстию переднего конца шпинделя станка.

На рис. 4.1, а...ж показана последовательность установки цилиндрической фрезы на горизонтально-фрезерном станке. Отвернув гайку 3, хобот 2 перемещают с помощью штурвала 1 на необходимое расстояние, поле чего вновь жестко закрепляют на станине, снимают серьгу 4, протирают ветошью 5 конусный хвостовик фрезерной оправки 6 и конусную расточку шпинделя 7, а затем оправку 6 конусным хвостовиком устанавливают в шпиндель. При установке оправки необходимо следить за тем, чтобы ее пазы были совмещены с выступами или шпонками 10 на торце шпинделя 7 станка, т. е. с элементами, обеспечивающими передачу крутящего момента от шпинделя на оправку.

В резьбовое отверстие оправки вворачивают до упора шомпол 8 и закрепляют его гайкой 9.

Затем с двух сторон фрезы 12 устанавливают на цилиндрическую часть оправки 6 кольца 11, диаметры отверстий которых должны соответствовать диаметру оправки. Фрезу 12 размещают как можно ближе к шпинделю станка, чтобы уменьшить прогиб оправки в процессе фрезерования. Контактные поверхности оправки, колец и фрезы предварительно тщательно протирают чистой ветошью.

Если на поверхностях элементов имеются повреждения (царапины, задиры, забоины и др.), их устраняют с помощью мелкого абразивного бруска или заменяют поврежденный элемент.

После установки фрезы серьгу 4 надвигают на оправку и в этом положении закрепляют гайкой 13 на хоботе, а затем с помощью гайки 9 оправку закрепляют в опоре серьги, после чего проверяют радиальное биение режущих кромок фрезы. Например, радиальное биение цилиндрических фрез диаметром до 100 мм

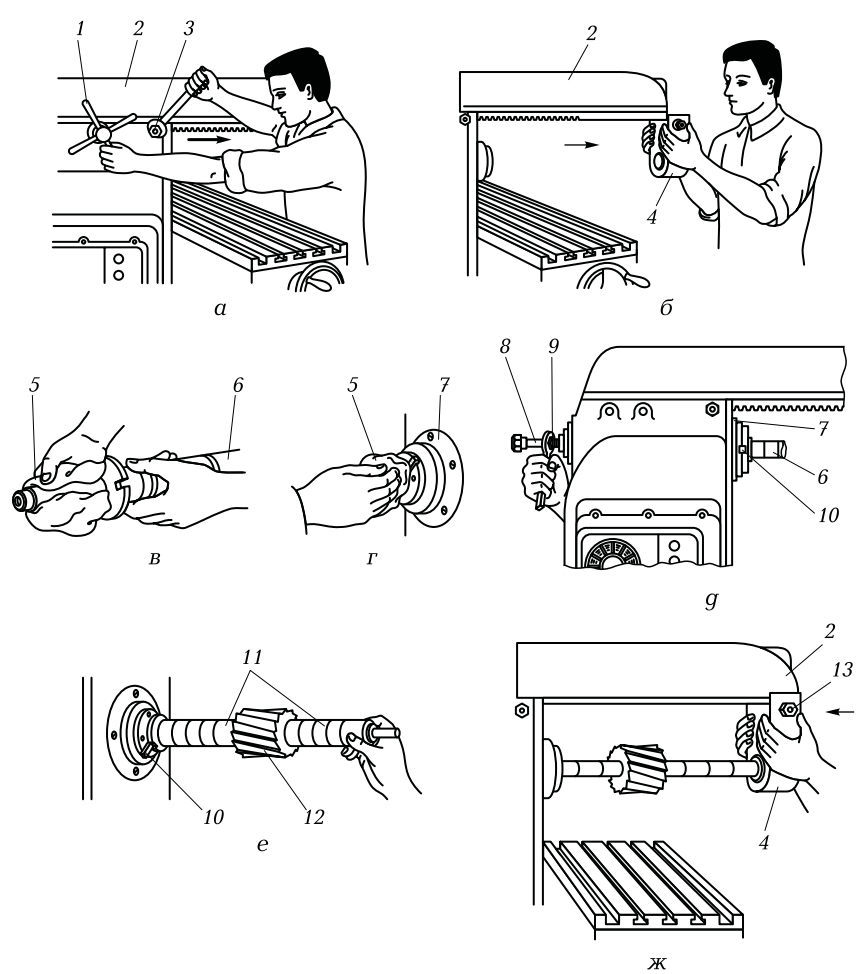


Рис. 4.1. Последовательность установки и закрепления цилиндрической фрезы на горизонтально-фрезерном станке:

а — установка необходимого вылета хобота; б — демонтаж серьги; в — очистка конуса фрезерной оправки ветошью; г — протирание конусного отверстия шпинделя; г — установка оправки; е — установка фрезы; ж — установка серьги; 1 — штурвал; 2 — хобот; 3, 9, 13 — гайки; 4 — серьга; 5 — ветошь; 6 — оправка; 7 — шпиндель; 8 — шомпол; 10 — шпонка; 11 — кольца; 12 — фреза

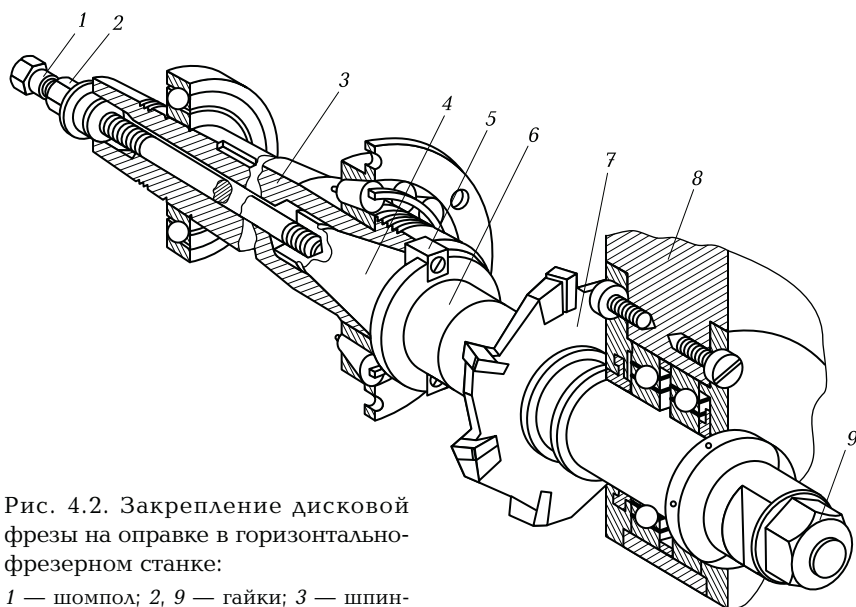


Рис. 4.2. Закрепление дисковой фрезы на оправке в горизонтально-фрезерном станке:

1 — шомпол; 2, 9 — гайки; 3 — шпиндель; 4 — оправка; 5 — шпонка; 6 — кольцо; 7 — фреза; 8 — серьга

не должно превышать 0,04 мм, диаметром до 125 мм — 0,05 мм, а диаметром более 125 мм — 0,08 мм.

Последовательность установки и крепления дисковой фрезы на оправке в горизонтально-фрезерном станке (см. рис. 4.2) аналогична последовательности установки и крепления цилиндрической фрезы.

4.2. УСТАНОВКА И ЗАКРЕПЛЕНИЕ ФРЕЗ НА ВЕРТИКАЛЬНО-ФРЕЗЕРНЫХ СТАНКАХ

На вертикально-фрезерных станках используются концевые и насадные фрезы, которые устанавливают в шпиндель станка с помощью оправки.

Способ закрепления концевых фрез зависит от формы их хвостовой части. Концевые фрезы с коническим хвостовиком крепят в коническом отверстии шпинделя непосредственно или через переходные втулки, используя шомпол.

Закрепление концевых фрез. Концевые фрезы с коническим хвостовиком, размер конуса которого совпадает с размерами ко-

нуса расточки шпинделя, базируют на хвостовик и скрепляют шомполом. Это самый простой способ закрепления концевой фрезы на вертикально-фрезерном станке.

Если размер конуса хвостовика фрезы меньше размера конуса гнезда шпинделя, для крепления используют переходную втулку 2 (рис. 4.3, *a*), размер внутреннего конуса которой совпадает с размером конуса хвостовика концевой фрезы 1, а размер наружного конуса — с размером конуса гнезда шпинделя 4. Фреза базируется на коническом хвостовике и затягивается шомполом 5, для чего в торце хвостовика имеется резьбовое отверстие.

Передача крутящего момента осуществляется через торцовую шпонку 3, которая закреплена на торце шпинделя; паз переходной втулки совмещают с выступом шпонки.

Трудоемкую работу по закреплению с помощью шомпола крупных торцовых фрез на вертикально-фрезерных станках (консольных и бесконсольных) можно механизировать.

На рис. 4.4 представлено устройство, позволяющее механизировать крепление фрез на вертикально-фрезерном станке модели 6Н12. При использовании этого устройства фрезеровщик закрепляет и освобождает фрезу поворотом рукоятки пневмокрana. Закрепляется фреза пружиной с силой $P = 90$ кН, а освобождаетс — с помощью сжатого воздуха.

Данное устройство работает следующим образом. В конусный хвостовик 13 фрезы ввернут переходник 12, который, в свою очередь, завинчивают в втулку 11 таким образом, чтобы паз во фланце

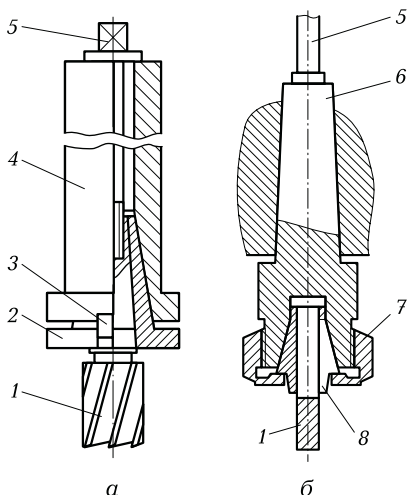


Рис. 4.3. Схемы установки и закрепления на вертикально-фрезерном станке концевых фрез:

a — с коническим хвостовиком; *б* — с цилиндрическим хвостовиком; 1 — фреза; 2, 6 — переходные втулки; 3 — торцовая шпонка; 4 — шпиндель; 5 — шомпол; 7 — гайка; 8 — цанга

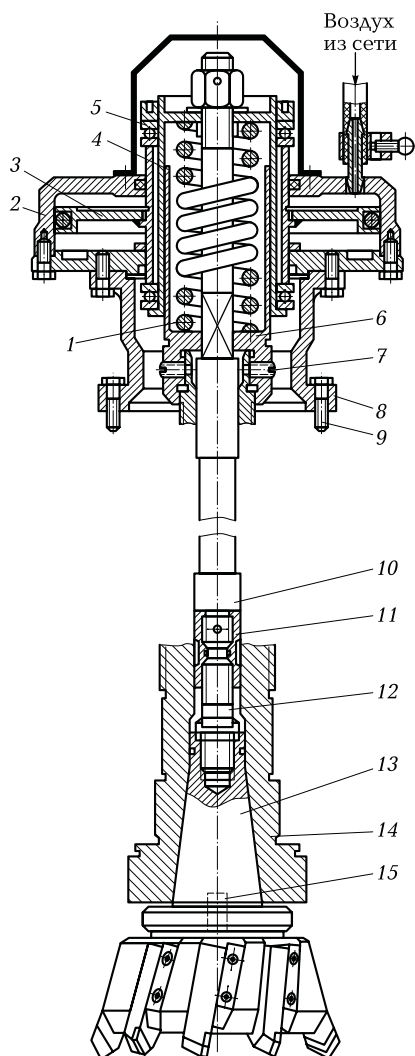


Рис. 4.4. Устройство для механизированного крепления фрез:

1 — пружина; 2 — пневмоцилиндр; 3 — поршень; 4 — подвижная втулка; 5 — упорный шарикоподшипник; 6 — стакан; 7 — винт; 8 — корпус; 9 — крепежный винт; 10 — тяга; 11 — втулка; 12 — переходник; 13 — хвостовик фрезы; 14 — шпindelь станка; 15 — шип

хвостовика фрезы располагался напротив шипа 15 на торце шпинделя. Поворотом рукоятки пневмокрana (на рис. 4.4 не показан) воздух выпускают из пневмоцилиндра 2, и освобожденная пружина 1 с помощью тяги 10 через втулку 11 затягивает хвостовик фрезы в гнездо шпинделя.

Чтобы освободить фрезу, рукоятку пневмокрana следует перевести в положение пуска воздуха. При этом поршень 3 под давлением сжатого воздуха опустится вниз, сожмет пружину, и тяга 10, перемещаясь вниз, выведет хвостовик фрезы из гнезда шпинделя.

Такое устройство устанавливают на верхнем торце шпиндельной бабки станка. Пневмоцилиндр 2 (вместе с корпусом 8) крепят винтами 9. Стакан 6 наворачивают на верхний конец шпинделя станка и конtringают двумя винтами 7.

Фрезу с цилиндрическим хвостовиком (см. рис. 4.3, б) обычно закрепляют цангой 8 в переходной втулке 6 (или патроне), которую затем хвостовиком устанавливают в коническом отверстии шпинделя станка и закрепляют шомполом 5. Крепление фрезы в цанге 8 осуществляют заворачиванием гайки 7.

Фрезу с цилиндрическим хвостовиком (см. рис. 4.3, б) обычно закрепляют цангой 8 в переходной втулке 6 (или патроне), которую затем хвостовиком устанавливают в коническом отверстии шпинделя станка и закрепляют шомполом 5. Крепление фрезы в цанге 8 осуществляют заворачиванием гайки 7.

Закрепление насадных фрез. В зависимости от конструкции насадной торцевой фрезы ее установка может быть выполнена на продольной или торцевой шпонке.

На рис. 4.5, *а* показана концевая оправка с цилиндрической посадочной поверхностью 4 для установки на продольной шпонке 5 торцевой насадной фрезы (рис. 4.5, *б*).

В этом случае конический хвостовик 2 (см. рис. 4.5, *а*) оправки устанавливаются в коническое гнездо шпинделя станка. Фрезу надевают на цилиндрическую часть оправки и затягивают крепежным винтом (рис. 4.5, *в*).

Крутящий момент от шпинделя на оправку передается через торцевую шпонку, в которую оправка вставляется пазом 3 (см. рис. 4.5, *а*).

При выборе оправки необходимо учитывать, что для праворежущих фрез крепежный винт должен иметь правую резьбу, а для леворежущих — левую.

Поскольку конический хвостовик концевых оправок центрируется в гнезде шпинделя крутым конусом (с конусностью 7:24), хвостовик оправки затягивают в гнезде шпинделя шомполом, для чего в торце хвостовика оправки имеется резьбовое отверстие 1.

Для установки насадных фрез большого диаметра применяют оправки другой конструкции, которые крепят несколькими винтами по торцу шпинделя. Фреза в этом случае надевается на оправку конусным посадочным отверстием и крепится винтами к торцу оправки.

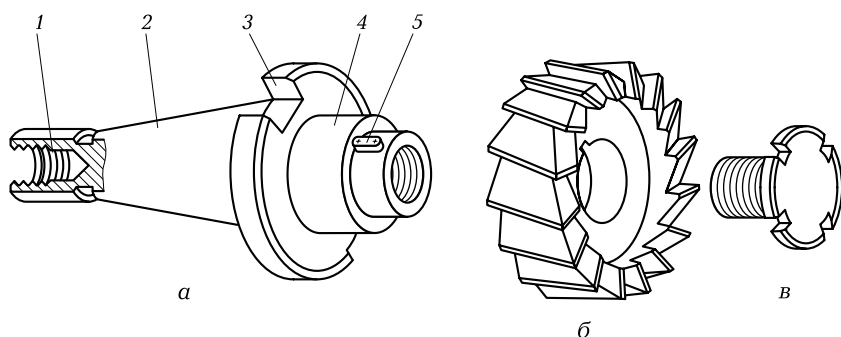


Рис. 4.5. Концевая оправка (*а*), торцевая насадная фреза (*б*) и крепежный винт (*в*):

1 — резьбовое отверстие; 2 — конический хвостовик; 3 — паз; 4 — цилиндрическая посадочная поверхность; 5 — шпонка

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какова последовательность установки и закрепления цилиндрической фрезы на горизонтально-фрезерном станке?
2. Для чего применяют шомпол при закреплении дисковой фрезы в шпинделе горизонтально-фрезерного станка?
3. Можно ли механизировать закрепление фрез на вертикально-фрезерных станках?
4. Применяются ли насадные фрезы при работе на вертикально-фрезерных станках?
5. Как осуществляют установку и закрепление концевых фрез на вертикально-фрезерных станках?
6. Для чего на фланце концевых оправок выполняют пазы?

ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ УСТАНОВКИ И ЗАКРЕПЛЕНИЯ ЗАГОТОВОК

5.1. УСТАНОВОЧНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

Для придания заготовке определенного положения относительно режущего инструмента в рассматриваемых приспособлениях используют установочные элементы. Приведение базовых поверхностей заготовки в соприкосновение с установочными элементами выполняется вручную, под действием веса заготовки или посредством использования вспомогательных зажимных устройств.

Установочные элементы, позволяющие получить полное или частично ориентированное положение заготовки в приспособлении, называются **основными**.

Установочные элементы, используемые для сообщения заготовке дополнительной устойчивости или повышения жесткости ее крепления, называются **вспомогательными**. Различают регулируемые и самоустанавливающиеся вспомогательные установочные элементы.

Рабочие поверхности установочных элементов должны обладать высокой износостойкостью. Это достигается их закалкой до твердости 58...60 HRC. Целесообразно установочные элементы выполнять сменными. Поверхности сопряжения установочных элементов шлифуют.

Для установки заготовок с плоскими базовыми поверхностями используются **постоянные опоры** и **опорные пластинки** из стали 20 после термообработки (цементации) на глубину 0,8...1,2 мм — для штифтов и на глубину до 1,5 мм — для пластинок с последующей закалкой.

Для установки заготовок на необработанные базовые поверхности применяют **жесткие опоры** с рифлеными (рис. 5.1, а) и сферическими (рис. 5.1, б) головками. Для установки заготовок с

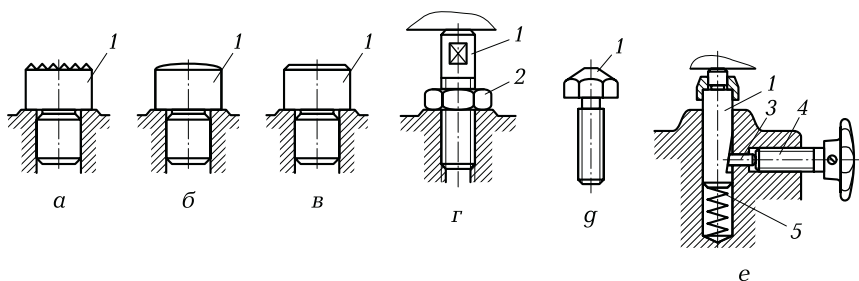


Рис. 5.1. Жесткие опоры с рифлеными (а), сферическими (б) и плоскими (в) головками и регулируемые по высоте (г...е):

1 — палец; 2 — гайка; 3 — фиксатор; 4 — винт; 5 — пружина

обработанными базовыми поверхностями применяют опоры с плоскими головками (рис. 5.1, в).

При использовании приспособлений для закрепления различных по высоте заготовок применяют регулируемые опоры (рис. 5.1, г...е). Опора, показанная на рис. 5.1, г, ввинчивается в основание приспособления, после чего ее положение фиксируется гайкой 2. В конструкции, показанной на рис. 5.1, е, высота опоры, поджатой пружиной 5, регулируется винтом 4 и фиксатором 3.

Заготовки цилиндрической формы устанавливаются в **призмы** или непосредственно на столе.

Для установки заготовок корпусных деталей по цилиндрическим отверстиям используют **пальцы**, показанные на рис. 5.1, а...в. Погрешности установки заготовок на пальцы определяют посадочными зазорами. Если обрабатываемую заготовку устанавливают на два пальца, один из них должен иметь ромбическую форму.

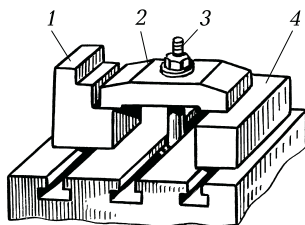
При обработке заготовок деталей типа валов и других деталей, имеющих центровые отверстия, в качестве установочных элементов применяют **центры**.

5.2. УНИВЕРСАЛЬНЫЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ ЗАКРЕПЛЕНИЯ ЗАГОТОВОК

Для закрепления заготовок при обработке их на станках используют различные прихваты, ступенчатые опоры, угловые плиты, призмы, машинные тиски, накладные столы, патроны и некоторые вспомогательные инструменты, механизмирующие и автома-

Рис. 5.2. Крепление прихватом:

1 — опора; 2 — прихват; 3 — болт; 4 — заготовка



тизирующие процесс закрепления заготовок и тем самым сокращающие вспомогательное время обработки.

Прихваты (рис. 5.2) используют для закрепления заготовок 4 или каких-либо приспособлений непосредственно на столе станка с помощью болтов 3. Один из концов прихвата может опираться на ступенчатую опору 1.

Если при обработке заготовок необходимо получить плоскости, расположенные под углом одна к другой, то для закрепления заготовок применяют **угловые плиты**: простые (рис. 5.3, а); поворотные, допускающие поворот вокруг горизонтальной оси (рис. 5.3, б); универсальные (рис. 5.3, в), обеспечивающие поворот вокруг двух осей.

Машинные тиски различают неповоротные (рис. 5.4, а), поворотные вокруг вертикальной оси (рис. 5.4, б), универсальные с поворотом вокруг двух осей (рис. 5.4, в) и специальные (рис. 5.4, г), например для закрепления валов. Машинные тиски могут иметь ручной пневматический, гидравлический или пневмогидравлический привод.

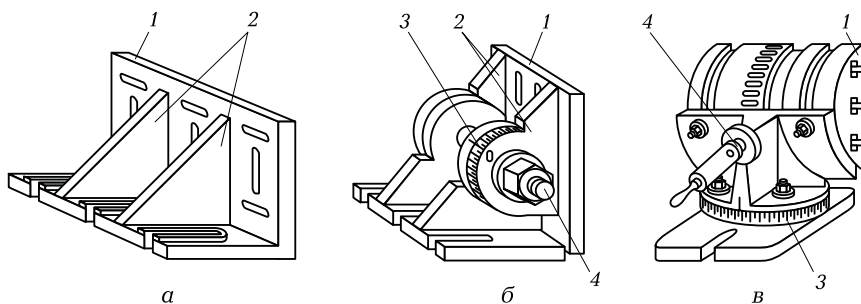


Рис. 5.3. Угловые плиты:

а — простые; б — поворотные; в — универсальные; 1 — плита; 2 — ребра жесткости; 3 — шкала; 4 — горизонтальная ось вращения

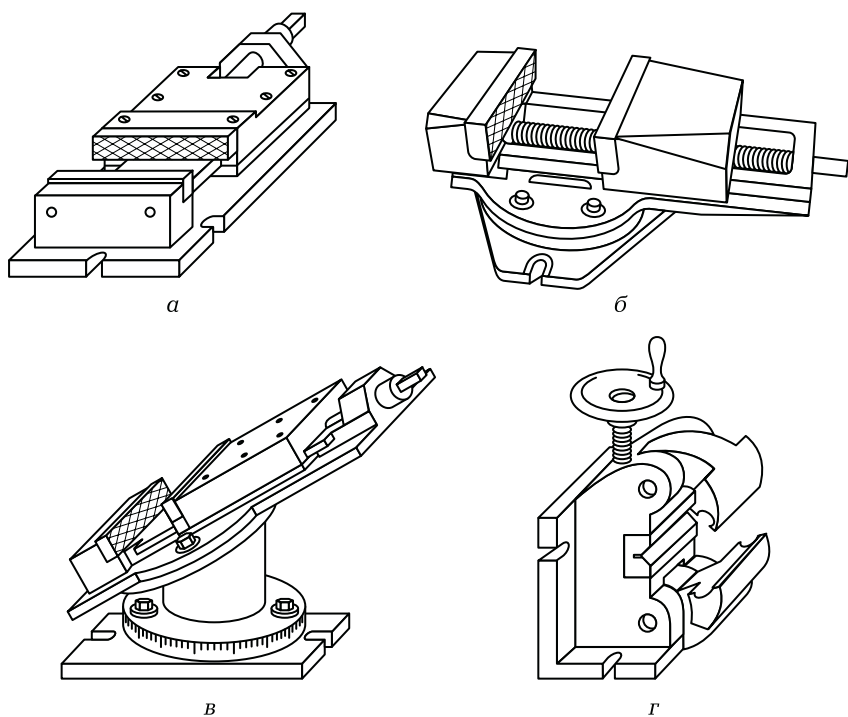


Рис. 5.4. Машинные тиски:

а — неповоротные; *б* — поворотные вокруг вертикальной оси; *в* — универсальные; *г* — специальные

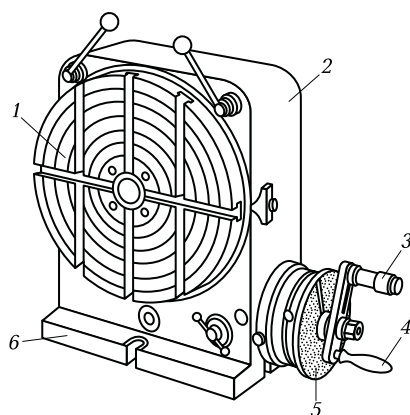


Рис. 5.5. Вертикальный накладной стол:

1 — планшайба; *2* — корпус; *3* — фиксатор; *4* — рукоятка; *5* — лимб; *6* — основание

Накладные столы для установки и закрепления заготовок различают горизонтальные и вертикальные (рис. 5.5). В свою очередь, горизонтальные столы имеют несколько исполнений: неповоротные (рис. 5.6, *а*); поворотные с отсчетом по шкале (рис. 5.6, *б*) и лимбу; универсальные с отсчетом по шкале (рис. 5.7, *а*) и лимбу (рис. 5.7, *б*). Накладные столы приводятся в действие вручную, а также с помощью пневматического, гидравлического или электрического привода (рис. 5.8).

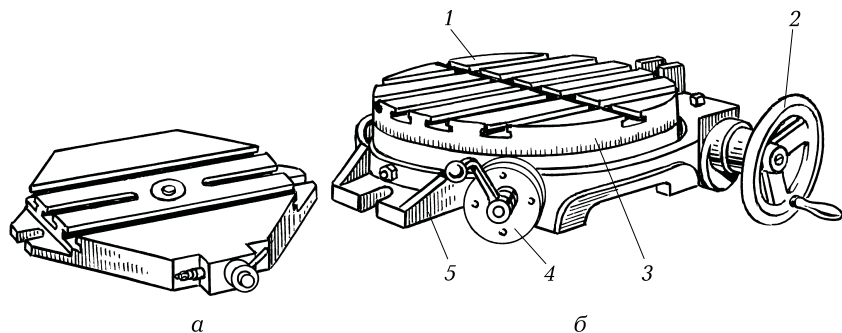


Рис. 5.6. Горизонтальные накладные столы:

а — неповоротный; *б* — поворотный с отсчетом по шкале; 1 — планшайба; 2 — маховик для ручного поворота; 3 — шкала для отсчета угла поворота; 4 — стопор; 5 — основание

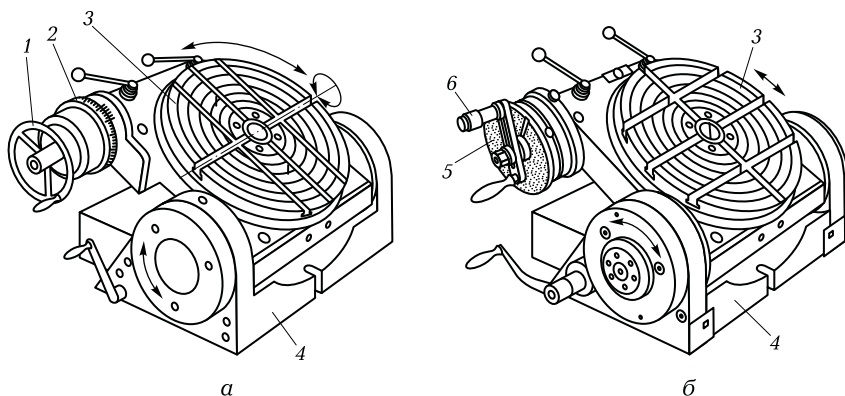


Рис. 5.7. Универсальные накладные горизонтальные столы с отсчетом по шкале (*а*) и лимбу (*б*):

1 — маховик ручного поворота; 2 — шкала отсчета угла поворота планшайбы; 3 — планшайба; 4 — основание; 5 — лимб; 6 — фиксатор

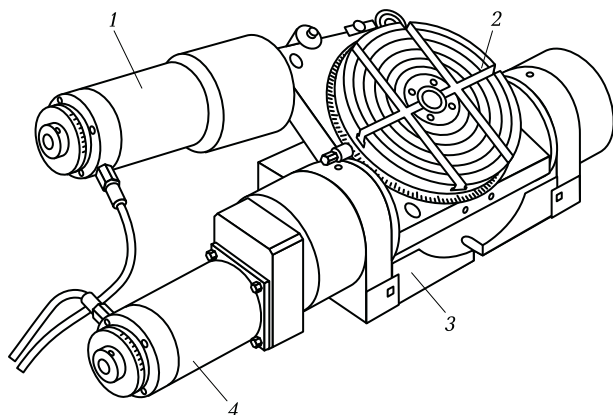


Рис. 5.8. Универсальный накладной стол с приводом от индивидуальных шаговых электродвигателей (ШЭД):

1, 4 — ШЭД; 2 — планшайба; 3 — основание

Поворотные столы позволяют обрабатывать на станке фасонные поверхности заготовки, а также применять непрерывное фрезерование, когда во время обработки одной заготовки готовые детали снимают и на их место устанавливают новые заготовки.

Нередко на фрезерных станках для закрепления заготовок, имеющих цилиндрические поверхности, используют кулачковые и поводковые **патроны** (рис. 5.9).

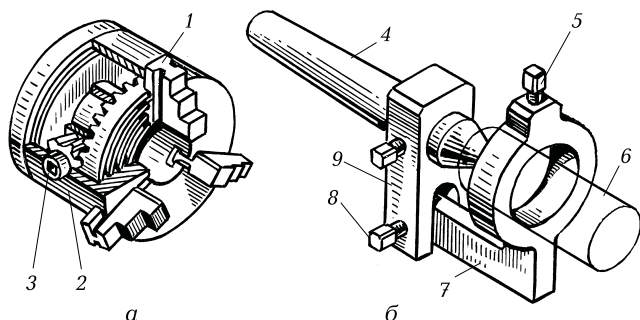
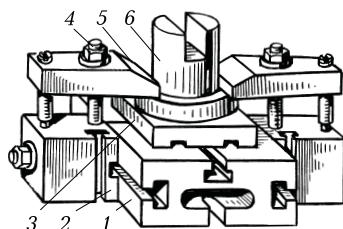


Рис. 5.9. Трехкулачковый (а) и поводковый (б) патроны:

1 — кулачок; 2 — корпус; 3 — коническое зубчатое колесо с гнездом под торцовый ключ; 4 — передний центр; 5 — винт крепления заготовки; 6 — заготовка; 7 — поводок; 8 — винт для крепления поводка; 9 — скоба для крепления поводка

Рис. 5.10. Универсально-сборное приспособление:

1 — базовая плита; 2 — опора; 3 — установочная планка; 4 — крепежный болт; 5 — прихват; 6 — заготовка



Значительного сокращения вспомогательного времени обработки и повышения производительности труда при фрезеровании в условиях крупносерийного производства достигают применением различных механизированных и автоматизированных зажимных приспособлений.

При работе на фрезерных станках для закрепления заготовок широко применяют **универсально-сборные приспособления (УСП)**, которые собирают из готовых нормализованных взаимозаменяемых деталей (рис. 5.10). После обработки на станке партии заготовок такое приспособление разбирают и из его деталей конструируют новые приспособления. Применение УСП позволяет сократить время, необходимое для проектирования и изготовления устройств для закрепления заготовок, что важно в условиях единичного и мелкосерийного производства.

5.3. ПРИСПОСОБЛЕНИЯ, РАСШИРЯЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ФРЕЗЕРНЫХ СТАНКОВ

Делительные головки. Головки служат для периодического поворота обрабатываемой заготовки вокруг ее оси (при изготовлении многогранников, обработке зубьев, шлицов, пазов) на равные или неравные углы, а также для непрерывного вращения заготовки, согласованного с продольным движением подачи стола станка (при нарезании винтовых стружечных канавок у сверл, фрез, метчиков, зенкеров и разверток).

По принципу деления различают головки лимбовые и безлимбовые (простые и дифференциальные), оптические и с диском для непосредственного деления. При делении длинных заготовок используют поддерживающую заднюю бабку (рис. 5.11, а), в корпусе 1 которой установлен центр 2.

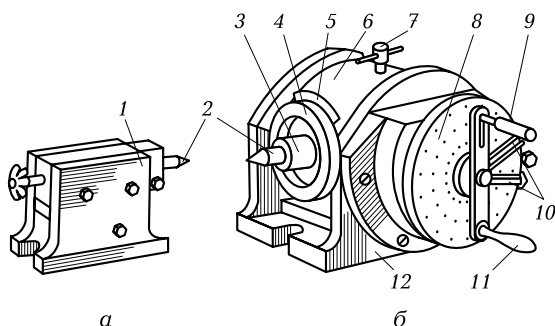


Рис. 5.11. Задняя бабка (а) и лимбовая делительная головка (б):

1 — корпус задней бабки; 2 — центр; 3 — шпиндельный узел; 4 — делительный диск; 5 — нониус; 6 — корпус делительной головки; 7 — стопор; 8 — лимб; 9 — фиксатор; 10 — линейка раздвижного сектора; 11 — рукоятка для вращения шпинделя; 12 — основание

Лимбовые делительные головки. Устройство типовой лимбовой делительной головки показано на рис. 5.11, б. В корпусе 6 на подшипниках смонтирован шпиндельный узел 3, в котором устанавливаются центр 2, патрон (кулачковый или поводковый) и делительный диск 4, применяемый в основном для деления на неравные части. Для деления на равные части используются лимб 8, линейки 10 раздвижного сектора, фиксаторы 9 и рукоятка 11 для вращения шпинделя. На корпусе 6 имеются нониус 5 и стопор 7, фиксирующий положение заготовки. Все узлы головки размещены на основании 12.

Различают простые и дифференциальные лимбовые головки. Дифференциальная лимбовая головка снабжается комплектом сменных зубчатых колес для настройки сложного (дифференциального) деления.

Рассмотрим **настройку простой лимбовой головки**, кинематическая схема которой показана на рис. 5.12, а. Шпиндель 4 головки расположен горизонтально, и делительный процесс производится относительно неподвижного лимба 3. На простых делительных головках предусмотрены три съемных лимба, на торцах которых на каждой из шести концентрических окружностей выполнено a_i отверстий. Характеристикой N делительной головки называется отношение числа зубьев червячного колеса z_0 к числу заходов червяка z : $N = z_0/z$.

Выведем формулу настройки делительной цепи простой лимбовой головки. Пусть необходимо разделить заготовку на несколько частей, т. е. на $z_{\text{зар}}$. Для поворота заготовки на $1/z_{\text{зар}}$ нужно повер-

нуть рукоятку 2 на некоторый угол, который требуется определить. Обозначим угол поворота рукоятки через b/a , где b — неизвестное число отверстий, которое следует отсчитать на выбранной окружности с числом отверстий a .

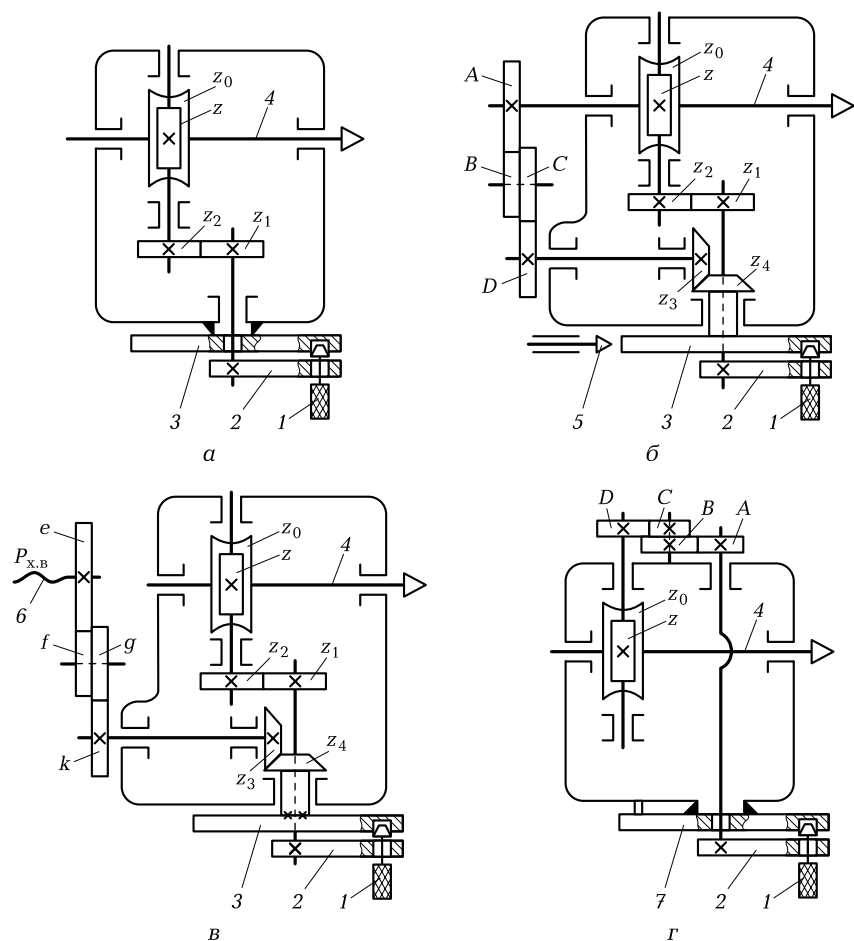


Рис. 5.12. Кинематические схемы делительных головок:

а — простой лимбовой; *б* — дифференциальной лимбовой; *в* — дифференциальной лимбовой для фрезерования винтовых канавок; *г* — простой безлимовой; 1, 5 — фиксаторы; 2 — рукоятка поворота заготовки; 3 — лимб; 4 — шпиндель; б — ходовой винт станка; 7 — одногнездный диск; z — число заходов червяка; z_0 — число зубьев червячного колеса; z_1, z_2 — числа зубьев цилиндрических колес; z_3, z_4 — числа зубьев конических колес; A, B, C, D, e, f, g, k — сменные зубчатые колеса двухпарных гитар; $P_{х.в}$ — шаг ходового винта станка

Запишем уравнение баланса делительной цепи головки:

$$\frac{b z_1 z}{a z_2 z_0} = \frac{1}{z_{\text{зар}}},$$

где z_1, z_2 — числа зубьев цилиндрических колес.

Тогда формула настройки (с учетом того, что отношение $\frac{z_1}{z_2} = 1$) будет иметь вид

$$\frac{b}{a} = \frac{z_0}{z z_{\text{зар}}}.$$

Пример 5.1. Необходимо разделить заготовку на 64 части ($z_{\text{зар}} = 64$) с помощью простой лимбовой делительной головки, у которой $z_0 = 80$ и $z = 1$. У первого лимба $a = 15; 16; 17; 19; 20$. У второго лимба $a = 21; 23; 27; 29; 31; 33$. У третьего лимба $a = 37; 39; 41; 43; 47; 49$.

Решение. Подставив исходные данные в формулу настройки делительной цепи, получим $\frac{b}{a} = \frac{z_0}{z z_{\text{зар}}} = \frac{80}{1 \cdot 64} = 1\frac{1}{4} = 1 + \frac{1}{4} = \left(1 + \frac{5}{20}\right)$ оборотов рукоятки 2.

Следовательно, чтобы заготовку повернуть на $1/64$ часть, необходимо переместить фиксатор 1 (см. рис. 5.12, а) радиально до достижения им окружности с числом отверстий $a = 20$, повернуть рукоятку 2 на полный оборот и отсчитать еще пять отверстий на этой окружности, после этого ввести фиксатор 1 в отверстие. Это означает, что число отверстий $b = 25$ и $a = 20$.

Однако это не единственное решение. Можно разделить заготовку на 64 части на другой окружности, у которой число отверстий a будет кратным знаменателю, и тогда получим $\frac{b}{a} = 1 + \frac{1}{4} = \left(1 + \frac{4}{16}\right)$ оборотов рукоятки. Но первое решение предпочтительнее, так как окружность с числом отверстий $a = 20$ находится дальше от центра лимба, и поэтому точность делительного процесса будет выше.

Рассмотрим **настройку универсальной дифференциальной лимбовой головки**, кинематическая схема которой представлена на рис. 5.12, б. Шпиндель 4 универсальной головки может быть повернут в вертикальной плоскости, поэтому на ней можно осуществлять делительный процесс при изготовлении конических зубчатых колес.

На дифференциальной лимбовой головке выполняют простое и сложное (дифференциальное) деление. При простом делении в

либм вводится фиксатор 5 и сменные колеса гитары выводятся из зацепления. При дифференциальном делении сменные зубчатые колеса устанавливаются в гитару, и поэтому делительный процесс выполняется относительно подвижного лимба 3.

Составим уравнение баланса делительной цепи головки:

$$\frac{b}{a} \frac{z_1}{z_2} \frac{z}{z_0} + \frac{1}{z_{\text{зар}}} i_x \frac{z_3}{z_4} \frac{z_1}{z_2} \frac{z}{z_0} = \frac{1}{z_{\text{зар}}},$$

где z_3, z_4 — числа зубьев конических колес; i_x — передаточное отношение гитары.

В полученном уравнении неизвестными являются угол поворота рукоятки $\frac{b}{a}$ и передаточное отношение гитары i_x . Добавим к правой части этого уравнения величину, равную нулю: $\frac{1}{z^*} - \frac{1}{z^*}$. При этом число z^* выбираем произвольно ($z^* > z_{\text{зар}}$ или $z^* < z_{\text{зар}}$), но желательно, чтобы оно было близким к $z_{\text{зар}}$.

С учетом того, что $\frac{z_1}{z_2} = 1$ и $\frac{z_3}{z_4} = 1$, уравнение баланса делительной цепи можно записать в виде

$$\frac{b}{a} \frac{z}{z_0} + \frac{1}{z_{\text{зар}}} i_x \frac{z}{z_0} = \frac{1}{z_{\text{зар}}} - \frac{1}{z^*} + \frac{1}{z^*}.$$

Приравняв по частям $\frac{b}{a} \frac{z}{z_0} = \frac{1}{z^*}$ и $\frac{1}{z_{\text{зар}}} i_x \frac{z}{z_0} = \frac{1}{z_{\text{зар}}} - \frac{1}{z^*}$, получим две формулы настройки:

$$\frac{b}{a} = \frac{z_0}{z} \frac{1}{z^*}; \quad i_x = \frac{z_0}{z} \frac{z^* - z_{\text{зар}}}{z^*}.$$

Из первой формулы определяют угол поворота рукоятки (число отверстий b , на которое необходимо повернуть рукоятку на выбранной окружности с числом отверстий a). По второй формуле вычисляют передаточное отношение двухпарной гитары, после чего выбирают сменные колеса.

На горизонтально-фрезерных и вертикально-фрезерных станках в единичном производстве изготавливают зубчатые колеса. Режущим инструментом в этом случае являются соответственно модульные дисковые и концевые фрезы, которые поставляют в комплекте. Каждый комплект фрез изготавливают для отдельного модуля. Существуют три типа комплектов фрез: грубый — из 8 фрез, средний — из 15 фрез и точный — из 26 фрез. Любой из этих комплектов используют для изготовления нескольких зубчатых ко-

лес с разным числом зубьев. Например, на горизонтально-фрезерном консольном станке используют дисковые модульные фрезы в соответствии с ГОСТ 13838—68 (табл. 5.1).

Значения допустимых биений дисковых модульных фрез приведены в табл. 5.2.

На каждой фрезе комплекта маркируют ее номер и модуль.

Таблица 5.1. Числа зубьев колес, нарезаемых дисковыми модульными фрезами

Номер фрезы	Комплект		
	из 8 фрез	из 15 фрез	из 26 фрез
	Число нарезаемых зубьев		
1	12 и 13	12	12
1 ¹ / ₂	—	13	13
2	14 ... 16	14	14
2 ¹ / ₄	—	—	15
2 ¹ / ₂		15 и 16	16
3	17 ... 20	17 и 18	17
3 ¹ / ₄	—	—	18
3 ¹ / ₂	—	19 и 20	19
3 ³ / ₄		—	20
4	21 ... 25	21 и 22	21
4 ¹ / ₄	—	—	22
4 ¹ / ₂		23 ... 25	23
4 ³ / ₄		—	24 и 25
5	26 ... 34	26 ... 29	26 и 27
5 ¹ / ₄	—	—	28 и 29
5 ¹ / ₂		30 ... 34	30 и 31
5 ³ / ₄		—	32 ... 34
6	35 ... 54	35 ... 41	35 ... 37

Номер фрезы	Комплект		
	из 8 фрез	из 15 фрез	из 26 фрез
	Число нарезаемых зубьев		
$6\frac{1}{4}$	—	—	38... 41
$6\frac{1}{2}$		42... 54	42... 46
$6\frac{3}{4}$		—	47... 54
7	55... 134	55... 79	55... 65
$7\frac{1}{4}$	—	—	66... 79
$7\frac{1}{2}$		80... 134	80... 102
$7\frac{3}{4}$		—	103... 134
8	135... рейка	135... рейка	135... рейка

Таблица 5.2. Допустимые биения дисковых модульных фрез

Модуль, мм	Допустимое биение, мм	
	Радиальное	Торцовое
До 2,25	0,06	0,06
2,5... 4,0	0,08	
4,5... 6,0	0,09	0,08
6,5... 8,0	0,1	

Пример 5.2. Для нарезания цилиндрического зубчатого колеса необходимо разделить заготовку на 97 частей ($z_{\text{заг}} = 97$) на дифференциальной лимбовой делительной головке, у которой $z_0 = 40$ и $z = 1$. Головка имеет лимб, у которого:

на первой стороне число отверстий $a = 24; 25; 28; 30; 34; 37; 38; 39; 41; 42; 43$;

на второй стороне число отверстий $a = 46; 47; 49; 51; 53; 54; 57; 58; 59; 62; 66$.

Прилагается набор сменных колес гитары: 25 (2 шт.); 30; 35; 40; 50; 55; 60; 70; 80; 90; 100.

Решение. 1. Так как число $z_{\text{заг}} = 97$ не раскладывается на множители и на лимбе нет окружности с соответствующим числом отверстий, нельзя осуществить простое деление, поэтому следует настро-

ить дифференциальную делительную головку на сложное деление. В этом случае заготовку можно разделить на любое число.

Подставим в формулы настройки этой головки значения $z_{\text{зар}} = 97$, $z_0 = 40$, $z = 1$, приняв $z^* = 96$:

$$\frac{b}{a} = \frac{z_0}{z} \frac{1}{z^*} = \frac{40}{96} = \frac{10}{24};$$

$$i_x = \frac{z_0}{z} \frac{z^* - z_{\text{зар}}}{z^*} = 40 \frac{(96 - 97)}{96} = -\frac{5}{12} = -\frac{25}{30} \frac{40}{20} = \frac{A C}{B D}.$$

2. Деление заготовки будем осуществлять следующим образом. В гитару установим сменные зубчатые колеса следующим образом: сзади на шпиндель — первое ведущее колесо *A* с числом зубьев 25, с ним соединим другое сменное колесо *B* с числом зубьев 30. Затем установим вторую пару сменных зубчатых колес *C* с числом зубьев 40 и *D* с числом зубьев 20 (см. рис. 5.12, б).

Далее фиксатор 1 переместим на окружность с числом отверстий $a = 24$ и закрепим, фиксатор 5 выведем из лимба и повернем рукоятку 2 на 10 отверстий. Лимб 3 в это время будет вращаться в сторону, противоположную направлению вращения рукоятки (так как при расчете передаточного отношения i_x оно получилось отрицательным), а заготовка повернется на $1/97$ часть окружности.

Рассмотрим **настройку станка на фрезерование винтовых канавок**. Для фрезерования винтовых канавок, расположенных равномерно по окружности, заготовку 2 (рис. 5.13) устанавливают

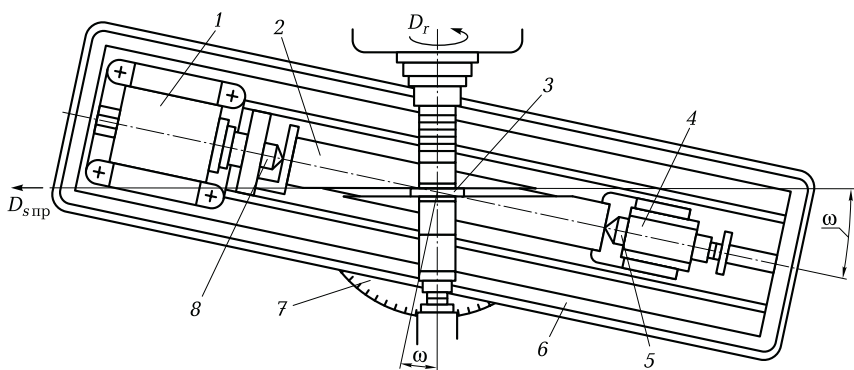


Рис. 5.13. Схема фрезерования винтовых канавок:

1 — делительная головка; 2 — заготовка; 3 — фреза; 4 — задняя бабка; 5, 8 — центры; 6 — стол; 7 — поворотная плита; ω — угол поворота стола

в делительной головке 1 и задней бабке 4 (в центрах 5 и 8). Стол 6 с помощью поворотной плиты 7 поворачивают на угол ω наклона винтовой линии канавки так, чтобы дисковая фреза 3 совмести-лась с направлением канавки. Заготовка 2 получает непрерывное вращение от ходового винта станка, фреза — главное вращательное движение D_n , а стол — продольное движение подачи $D_{спр}$ (по направлению канавки).

Схема соединения лимбовой делительной головки с ходовым винтом станка показана на рис. 5.12, в. Вращение ходового винта 6 станка с шагом $P_{х.в}$ используется для вращения шпинделя головки. За один оборот шпинделя (1 об. шп.) делительной головки стол станка относительно фрезы должен переместиться на шаг $P_{в.к}$ винтовой канавки. Поэтому ходовой винт станка за это время сделает $\frac{P_{в.к}}{P_{х.в}}$ оборотов.

Запишем уравнение баланса кинематической цепи от ходового винта продольного движения стола станка до шпинделя делительной головки:

$$\frac{P_{в.к}}{P_{х.в}} i_x \frac{z_3}{z_4} \frac{z_1}{z_2} \frac{z}{z_0} = 1 \text{ об. шп.},$$

из которого при $\frac{z_1}{z_2} = 1$ и $\frac{z_3}{z_4} = 1$ получим формулу настройки гитары делительной головки:

$$i_x = \frac{e}{f} \frac{g}{k} = \frac{z_0}{z} \frac{P_{х.в}}{P_{в.к}}.$$

Следует обратить внимание на то, что ведущее колесо e (см. рис. 5.12, в) гитары устанавливают на ходовом винте станка.

Безлиimbовые делительные головки. Деление с помощью безлиimbовых головок (см. рис. 5.12, г) осуществляют за один оборот рукоятки 2 (1 об. рук.) с последующей ее фиксацией в единственном отверстии диска 7. Это исключает ошибки рабочего при осуществлении делительного процесса.

Настройку цепи деления простой безлиimbовой делительной головки производят подбором сменных колес гитары, а в дифференциальных головках — подбором двух гитар.

Запишем уравнение баланса кинематической цепи деления простой безлиimbовой головки:

$$1 \text{ об. рук.} = i_x \frac{z}{z_0} = \frac{1}{z_{заг}},$$

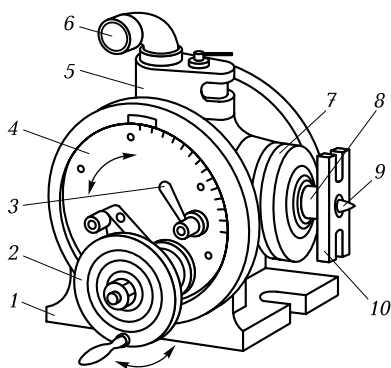


Рис. 5.14. Оптическая делительная головка:

- 1 — основание; 2 — маховик; 3 — рукоятка; 4 — корпус, 5 — микроскоп; 6 — окуляр; 7 — диск; 8 — шпиндель; 9 — центр; 10 — поводок

откуда получим формулу настройки гитары:

$$i_x = \frac{A C}{C D} = \frac{z_0}{z} \frac{1}{z_{\text{зар}}}.$$

Оптические делительные головки. Эти головки применяют для особо точных работ и контроля выполнения делений при нанесении шкал с ценой деления $2 \dots 10''$. Оптическая головка состоит из основания 1 (рис. 5.14) с поворотным корпусом 4, в котором на подшипниках установлен шпиндель 8, несущий центр 9 и поводок 10. На шпинделе закреплено червячное колесо, и от червяка, связанного с маховиком 2, осуществляется медленный (точный) поворот шпинделя. На основании 1 закреплена оптическая система с микроскопом 5 и окуляром 6. На правом конце шпинделя 8 имеется диск 7 с делениями через 1° на его цилиндрической поверхности для грубого отсчета угла поворота шпинделя. Фиксацию шпинделя в требуемом положении выполняют рукояткой 3.

Специальные приспособления. Данные приспособления, расширяющие технологические возможности фрезерных станков, подразделяют на две группы: не изменяющие основного назначения фрезерного станка и изменяющие характер выполняемых работ (долбежные, сверлильные и шлифовальные головки).

Дополнительная вертикально-фрезерная головка (рис. 5.15, а), устанавливаемая на горизонтально-фрезерном станке с торца хобота 1, делает станок более универсальным. Инструментальную головку 2 крепят на переходной плите 6, установленной на вертикальных направляющих 5 станины. Шпиндель 3 с концевой фрезой 4 приводят во вращение от шпинделя станка через зубчатые колеса.

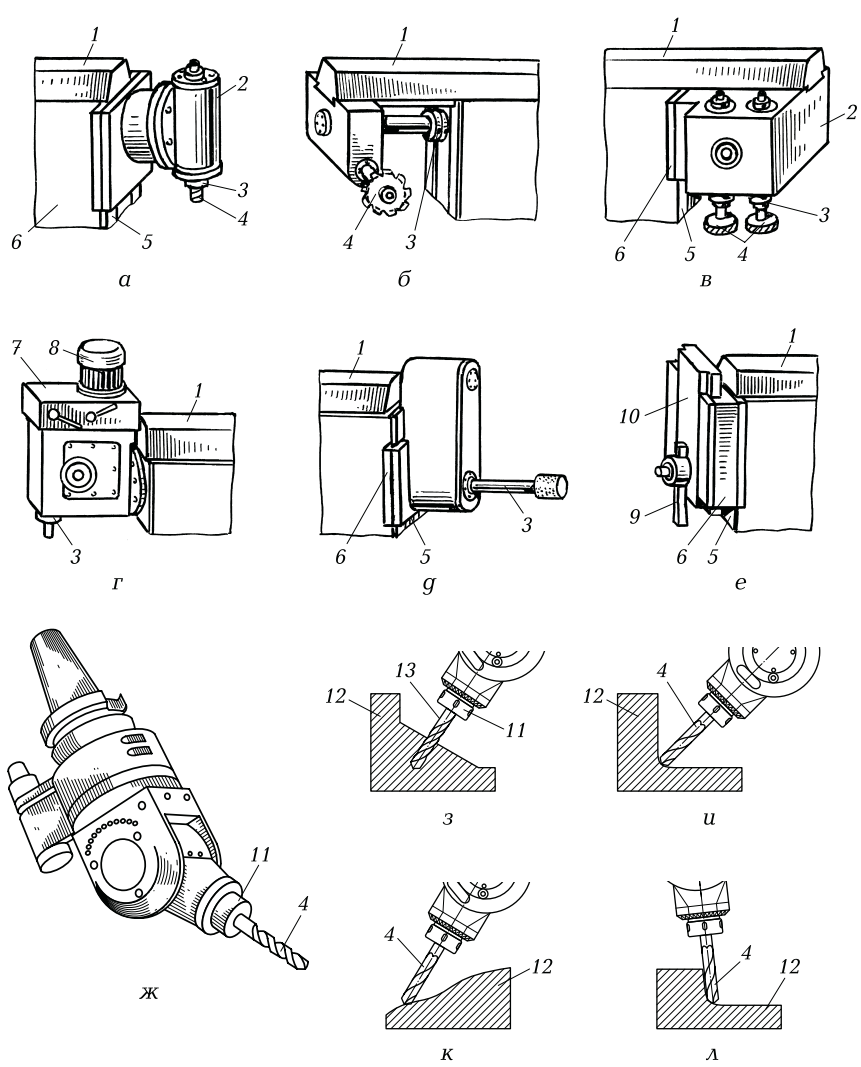


Рис. 5.15. Специальные приспособления, расширяющие технологические возможности фрезерных станков (а...ж), и схемы обработки заготовок с помощью ускорительной головки (з...л):

а — вертикально-фрезерная головка; б — приспособление для фрезерования реек; в — двухшпиндельная фрезерная головка; г — сверлильная головка; д — шлифовальная головка; е — долбежная головка; ж — ускорительная головка; з — сверление; и — фрезерование углового закругления; к — фрезерование профиля; л — фрезерование литьевого уклона; 1 — хобот станка; 2 — инструментальная головка; 3 — шпиндель; 4 — фреза; 5 — направляющие; 6 — переходная плита; 7 — коробка скоростей; 8 — электродвигатель; 9 — резец; 10 — ползун; 11 — патрон; 12 — заготовка; 13 — сверло

Приспособление для фрезерования реек (рис. 5.15, б), закрепляемое на хоботе 1 горизонтально-фрезерного станка, приводится в действие от шпинделя 3 станка. Впадины рейки прорезают дисковой фрезой 4 при поперечном движении подачи стола станка, а смещение рейки на один шаг выполняют вместе со столом в продольном направлении.

Двухшпindelная фрезерная головка (рис. 5.15, в) может использоваться для фрезерования ступенчатых поверхностей. Один из ее шпинделей 3 имеет осевое установочное перемещение.

Сверильная головка (рис. 5.15, г), установленная на станке, имеет привод шпинделя 3 от отдельного электродвигателя 8 через коробку скоростей 7. Сверильную головку на фрезерном станке используют для сверления малых отверстий, когда необходима большая частота вращения инструмента.

Шлифовальную головку (рис. 5.15, г) устанавливают на переходной плите 6, которую крепят к вертикальным направляющим 5 станка. Шпиндель 3 с шлифовальным кругом приводятся во вращение от шпинделя станка через две ременные передачи, что повышает частоту его вращения.

Долбежную головку (рис. 5.15, е) используют на фрезерном станке при отсутствии в цехе долбежного станка. Головку устанавливают на вертикальных направляющих 5 станины станка с помощью переходной плиты 6. Ползун 10 с резцом 9 получают возвратно-поступательное движение от шпинделя станка через кривошипно-шатунный механизм.

Ускорительная головка планетарного типа (рис. 5.15, ж) позволяет вести высокоскоростную обработку на фрезерных станках, шпиндели которых имеют низкую частоту вращения. С ее помощью в заготовках 12 сверлят отверстия малого диаметра (рис. 5.15, з), фрезеруют угловые закругления (рис. 5.15, и), фасонные профили штампов и пресс-форм (рис. 5.15, к), а также литьевые уклоны (рис. 5.15, л). Ускорительную головку устанавливают в шпиндель станка с одновременным контактом по конусу и торцу, что обеспечивает дополнительную жесткость системы шпиндель станка — ускоритель. Максимальная частота вращения фрез 4 и сверл 13, устанавливаемых в патроне 11, может составлять $8\,000 \dots 20\,000 \text{ мин}^{-1}$, обеспечивая скорость резания при работе концевым монокристаллическим инструментом (диаметром $2 \dots 6 \text{ мм}$) примерно $80 \dots 120 \text{ м/мин}$.

Из перечисленных специальных приспособлений только ускорительная головка планетарного типа является покупным изделием, а другие изготавливают по индивидуальным цеховым заказам.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие опоры следует использовать при установке корпусной заготовки на необработанные базы?
2. Для чего в заготовках типа валов выполняются центровые отверстия?
3. Когда при фрезеровании поверхностей заготовок следует использовать угловые плиты?
4. Что применяют для закрепления машинных тисков на столе фрезерного станка?
5. Для чего служат накладные столы разнообразных конструкций и какие поворотные столы позволяют механизировать и автоматизировать фрезерование поверхностей заготовок?
6. Применяют ли при выполнении фрезерных работ трехкулачковые и поводковые патроны?
7. Каковы достоинства универсально-сборных приспособлений?
8. Как настроить двухпарную гитару простой безлиम्бовой делительной головки для нарезания 45 зубьев ($z_{\text{нар}} = 45$), если число заходов червяка этой головки $z = 1$, число зубьев червячного колеса $z_0 = 80$, а набор сменных колес двухпарной гитары такой же, как и у дифференциальной лимбовой головки?
9. Какие специальные приспособления позволяют выполнять работы, изменяющие основное назначение фрезерных станков?

ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ

6.1. ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ И ЛЕКАЛЬНЫЕ
ЛИНЕЙКИ. ЩУПЫ

Измерение наружных и внутренних размеров деталей, к точности которых не предъявляется высоких требований, производят **измерительными линейками** с точностью измерения $\pm 0,5$ мм (рис. 6.1). Иногда для измерения удобнее использовать **кронциркуль** или **простой нутромер** (рис. 6.2, а), а затем определить размер с помощью линейки (рис. 6.2, б). При использовании для измерения, например ширины B паза, простого нутромера его следует ввести правой рукой в измеряемый паз и указательным пальцем прижать губку одной из ножек к стенке паза. Другой рукой, слегка покачивая нутромер, определяют наименьший раствор его ножек, при котором губка второй ножки касается другой стенки паза. Установив раствор ножек нутромера, определяют расстояние между губками по измерительной линейке. Точность измерения нутромером, учитывая ошибки определения раствора его ножек по линейке, находится в пределах от $\pm 0,2$ до $\pm 0,5$ мм.

Для точного измерения наружных и внутренних размеров деталей в условиях единичного и мелкосерийного производства используют штангенциркули, микрометры, микрометрические нутромеры (штихмасы), штангенглубиномеры и штангенрейсмусы, индикаторы, измерительные приборы, а в условиях серийного и массового производства — предельные калибры.



Рис. 6.1. Измерительная линейка

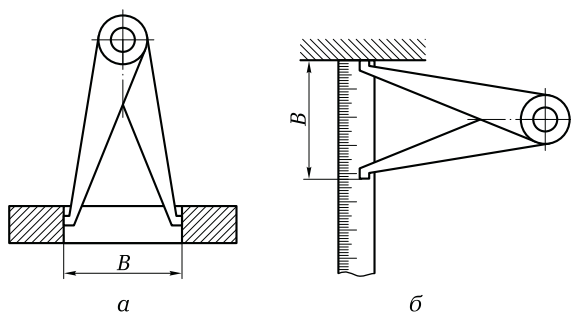


Рис. 6.2. Измерение ширины паза простым нутромером (а) и линейкой (б)

Лекальные линейки (рис. 6.3) являются поверочными и применяются для измерения отклонений от плоскостности и прямолинейности обработанных поверхностей.

Лекальные линейки имеют длину 75; 125; 175; 225; 300 мм и резе 400; 500 мм. Отклонения от плоскостности и прямолинейности определяют с помощью щупов.

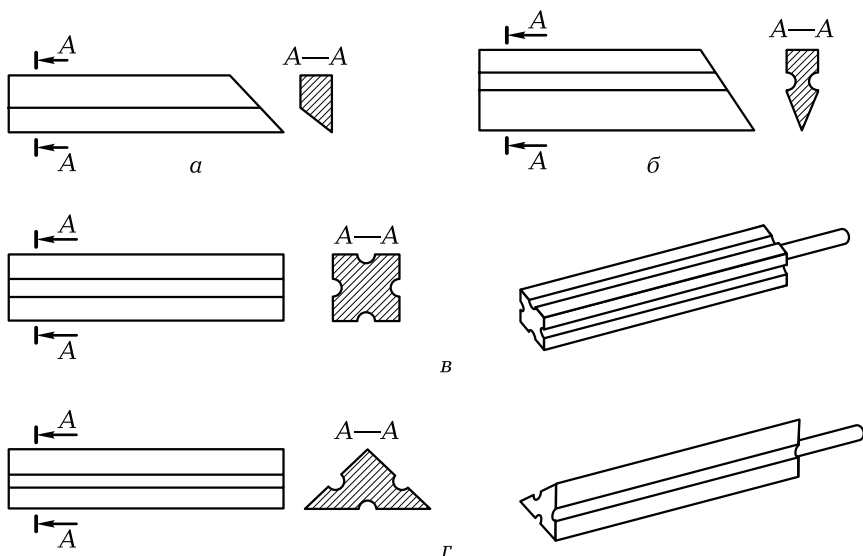


Рис. 6.3. Лекальные линейки: а — с односторонним скосом (ЛО); б — с двухсторонним скосом (ЛД); в — четырехгранные (ЛЧ); г — трехгранные (ЛТ)

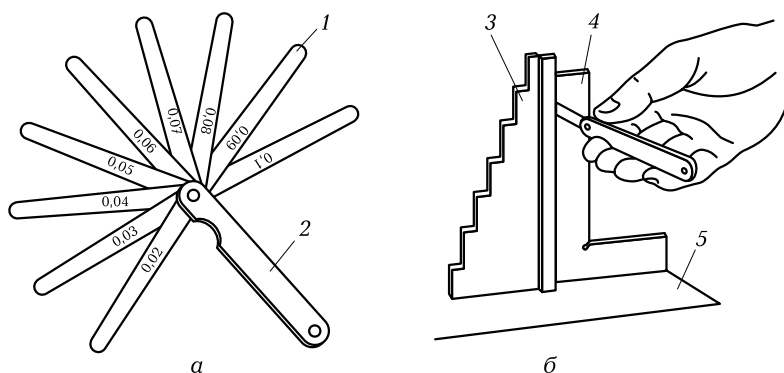


Рис. 6.4. Набор щупов в обойме (а) и проверка перпендикулярности (б) с помощью щупа:

1 — щуп; 2 — обойма; 3 — проверяемая деталь; 4 — угольник; 5 — поверочная плита

На рис. 6.4, а показаны **щупы** 1, различающиеся по толщине на 0,01 мм и скомплектованные в обойму 2. На рис. 6.4, б показана проверка с помощью щупа перпендикулярности вертикальной поверхности детали 3 по отношению к ее основанию. Для проверки на поверочную плиту 5 вплотную к проверяемой поверхности детали 3 устанавливают угольник 4, после чего щупом проверяют нет ли между ними щели и, если есть, определяют значение отклонения. Так же проверяют отклонение поверхности от плоскостности.

6.2. СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ УГЛОВ

Для измерения углов используются жесткие и универсальные измерительные средства.

Угольники (рис. 6.5, а, б) и **шаблоны** (рис. 6.5, в) являются жесткими измерительными средствами, с помощью которых можно только проверить определенные углы: с помощью угольников проверяют только прямые углы, а с помощью шаблонов только те углы, которые на них выполнены. Изготавливают угольники цельными и составными. На рис. 6.5, г, д показаны проверки соответственно наружного и внутреннего прямых углов деталей. Жесткими измерительными средствами невозможно измерить фактическое значение угла.

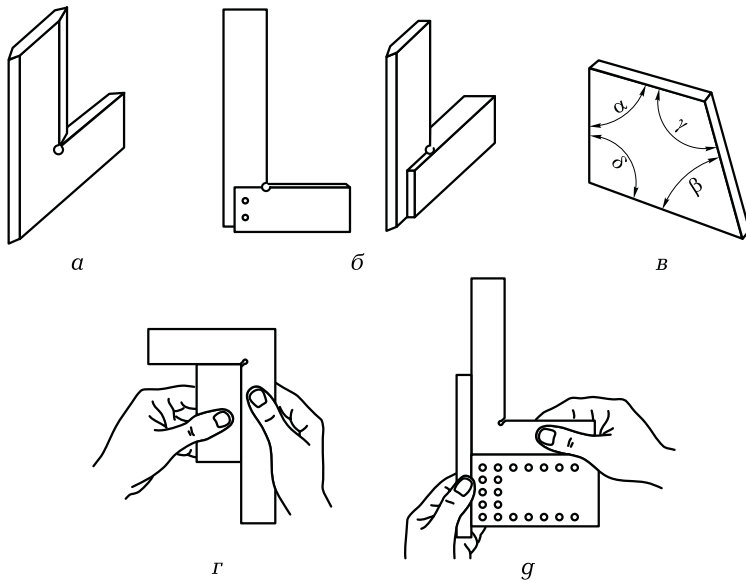


Рис. 6.5. Жесткие измерительные средства для контроля углов:
a — цельный угольник; *б* — составные угольники; *в* — шаблон; *г*, *г* — проверки соответственно наружного и внутреннего прямых углов деталей; α , γ , β , δ — углы шаблона

Нониусный угломер является универсальным средством измерения любых углов. На рис. 6.6 показано измерение угла готовой детали *3* с помощью универсального нониусного угломера, имеющего лимб *1* с основной шкалой и нониус *2* с начением отсчета *2'*.

Кроме нониусных угломеров на практике используют оптические и индикаторные угломеры с значением отсчета *5'*. В последние годы начали выпускать угломеры с цифровой индикацией.

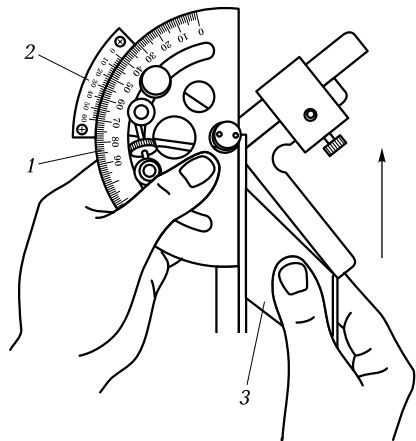


Рис. 6.6. Измерение угла универсальным угломером:

1 — лимб; *2* — нониус; *3* — проверяемая деталь

6.3. ШТАНГЕНИНСТРУМЕНТЫ

К штангенинструментам относят измерительные инструменты, имеющие в конструкции штангу с нанесенными на ней делениями: штангенциркуль, штангенглубиномер, штангенрейсмус.

Штангенциркули используют для измерения наружных и внутренних размеров деталей с оценкой полученного результата по шкале и нониусу или с применением цифрового отсчетного устройства.

ГОСТ 166—89* устанавливает следующие условные обозначения штангенциркулей: ШЦ — с отсчетом по нониусу, ШЦТ — с отсчетом по нониусу и измерительными поверхностями из твердого сплава, ШЦК — с отсчетом по круговой шкале, ШЦЦ — с цифровым отсчетным устройством. Этот же стандарт определяет четыре типа штангенциркулей: I — двухсторонние с глубиномером; T-I — односторонние с глубиномером; II — двухсторонние; III — односторонние.

Приведем примеры обозначений штангенциркулей в технологической документации:

- штангенциркуль типа II с диапазоном измерения 0...250 мм и значением отсчета по нониусу 0,05 мм:
Штангенциркуль ШЦ-II—250—0,05 ГОСТ 166—89;
- штангенциркуль типа II с диапазоном измерения 250...630 мм и значением отсчета по нониусу 0,1 мм, класса точности 1:
Штангенциркуль ШЦ-II—250—630—0,1—1 ГОСТ 166—89;
- штангенциркуль типа I с диапазоном измерения 0...150 мм с ценой деления круговой шкалы 0,02 мм:
Штангенциркуль ШЦК-I—150—0,02 ГОСТ 166—89;
- штангенциркуль типа I с диапазоном измерения 0...125 мм и шагом дискретности цифрового отсчетного устройства 0,01 мм:
Штангенциркуль ШЦЦ-I—125—0,01 ГОСТ 166—89.

На рис. 6.7, а показан штангенциркуль ШЦ-I с двухсторонним расположением губок: для измерения наружных поверхностей используются губки 9 и 10, а для измерения внутренних — губки 1 и 2. По шкале 7, нанесенной на штанге 5, отсчитывают миллиметры, а по нониусу 8 — доли миллиметров. По окончании измерения рамку 4 закрепляют винтом 3.

Штангенциркуль ШЦ-III (рис. 6.7, б) имеет устройство 12 для тонкой установки рамки 4. Микрометрическую подачу осуществляют вращением гайки 14 по винту 13, при этом рамка устройства 12 должна быть закреплена винтом 11. По окончании измерения рамку 4 закрепляют винтом 3. Мертвый ход микрометриче-

ской пары устройства для тонкой установки рамки не должен превышать $1/3$ оборота. В отличие от ШЦ-I штангенциркуль ШЦ-III не имеет глубиномера 6 (см. рис. 6.7, а).

На рис. 6.7, в изображен штангенциркуль ШЦЦ-II с электронным цифровым отсчетным устройством, выводящим результат измерения на панель цифровой индикации 15.

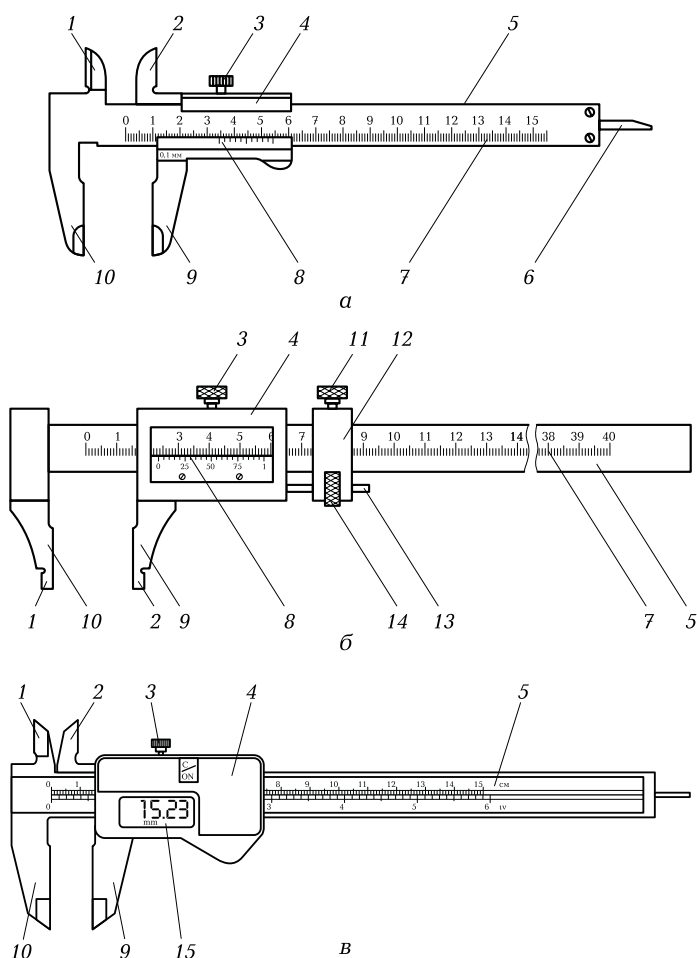


Рис. 6.7. Штангенциркули ШЦ-I (а), ШЦ-III (б) и ШЦЦ-II (в):

1, 2 — губки для внутренних измерений; 3, 11 — винты; 4 — рамка; 5 — штанга; 6 — глубиномер; 7 — шкала штанги; 8 — нониус; 9, 10 — губки для наружных измерений; 12 — устройство для тонкой установки рамки; 13 — винт микрометрической подачи; 14 — гайка; 15 — панель цифровой индикации

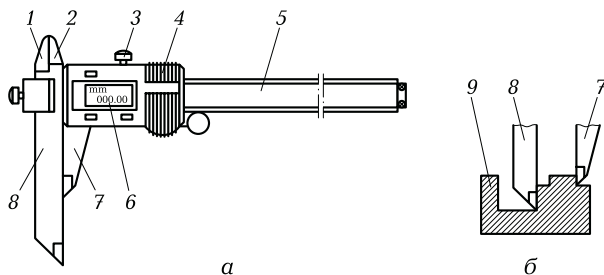


Рис. 6.8. Специальный штангенциркуль с цифровой индикацией для измерения размеров между поверхностями, расположенными на разной высоте (а), и схема измерения (б):

1, 2, 7, 8 — губки для наружных измерений; 3 — винт; 4 — рамка; 5 — штанга; 6 — панель цифровой индикации; 9 — измеряемая деталь

У штангенциркулей всех типов при их вертикальном расположении рамка 4 не должна перемещаться по штанге под действием собственного веса. Кроме того, штангенциркули должны быть размагничены.

Измерение внутренних размеров выполняют губками 1 и 2. Губки вводят в паз так, чтобы их измерительные поверхности соприкасались не только с кромкой отверстия, но и с ее внутренней поверхностью. Для определения результата измерения к показанию штангенциркуля следует прибавить длину его плотно сдвинутых губок, обычно равную 10 мм. Следует иметь в виду, что ширину паза можно измерить только в его части, расположенной у торца детали, и нельзя проверить отклонение от прямолинейности или перпендикулярности стенок паза по отношению к основанию детали.

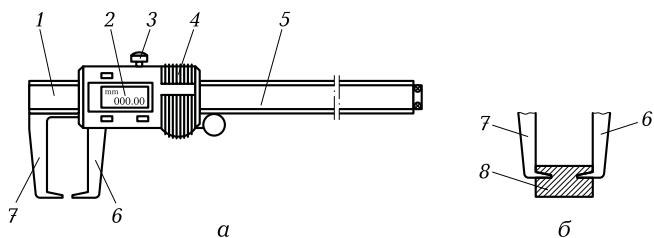


Рис. 6.9. Специальный штангенциркуль с цифровой индикацией для измерения размеров между канавками на наружных поверхностях заготовки (а) и схема измерения (б):

1 — штанга; 2 — панель цифровой индикации; 3 — винт; 4 — рамка; 5 — штанга; 6, 7 — губки для измерения размеров между канавками; 8 — измеряемая деталь

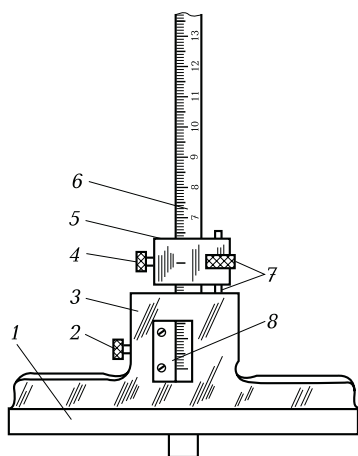


Рис. 6.10. Штангенглубиномер:

1 — основание; 2 — зажим рамки; 3 — рамка; 4 — зажим рамки микрометрической подачи; 5 — рамка микрометрической подачи; 6 — штанга; 7 — гайка и винт микрометрической подачи; 8 — нониус

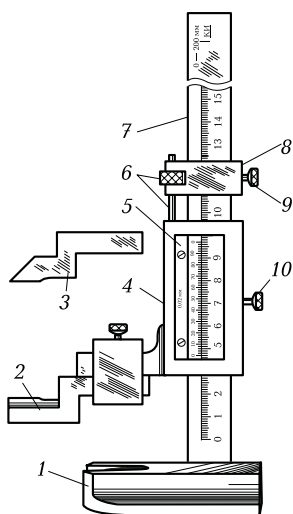


Рис. 6.11. Штангенрейсмус:

1 — основание; 2 — измерительная ножка; 3 — разметочная ножка; 4 — рамка; 5 — нониус; 6 — винт и гайка микрометрической подачи; 7 — штанга; 8 — рамка микрометрической подачи; 9 — зажим рамки; 10 — зажим рамки 4

Для измерения размеров между поверхностями, расположенными на разных высотах (рис. 6.8), и размеров между канавками на наружных поверхностях (рис. 6.9) выпускают специальные штангенциркули. Их отличие от штангенциркулей, рассмотренных ранее, заключается в конструкции губок.

Область применения специальных штангенциркулей новых видов значительно шире и с их помощью легче выполнять измерения.

Штангенглубиномеры (рис. 6.10) позволяют измерять глубину глухих отверстий. Условные обозначения штангенглубиномеров следующие: нормальные — ШГ, с острием — 2ШГ; с уступом — 3ШГ. Штангенглубиномеры типа ШГ выпускаются с пределами измерений 0... 250 и 0... 400 мм при значении отсчета по нониусу 0,05 мм.

Штангенрейсмусы (рис. 6.11) предназначены для измерения высоты выступов и глубины отверстий больших диаметров (до 2,5 м); с их помощью можно производить разметку. У штангенрейсмусов типа ШР с пределами измерений 0... 250, 40... 400 и 60... 630 мм значение отсчета по нониусу составляет 0,05 мм, а с пределами измерений 100... 1 000, 60... 1 600 и 1 500... 2 500 мм — 0,10 мм.

6.4. МИКРОМЕТРИЧЕСКИЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ

К микрометрическим измерительным инструментам относятся различные микрометры, микрометрические глубиномеры и нутромеры.

Микрометр (рис. 6.12) предназначен для измерения наружных размеров деталей до 600 мм. Характеристики микрометров отечественного производства приведены в табл. 6.1.

Рычажные микрометры (рис. 6.13) предназначены как для абсолютных измерений длин, так и для их относительного определения по концевым мерам. Рычажные микрометры с ценой деления

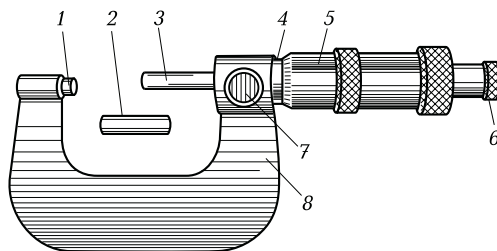


Рис. 6.12. Микрометр:

1 — пятка; 2 — установочная мера; 3 — микрометрический винт; 4 — стержень; 5 — барабан; 6 — трещотка; 7 — стопор; 8 — скоба

Таблица 6.1. Характеристики микрометров типа МК с ценой деления 0,01 мм

Наименование	Диапазон измерений, мм	Допустимая погрешность измерения, мм
Микрометр: нулевого класса точности	0 ... 25	$\pm 0,003$
1-го класса точности	0 ... 25	$\pm 0,004$
Микрометр 1-го класса точности с интервалом измерения 25 мм	25 ... 300 100 ... 300	$\pm 0,005$ $\pm 0,006$
Микрометр с интервалом измерения 100 мм	300 ... 600	$\pm 0,008$

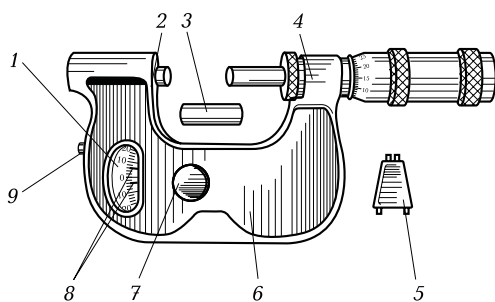


Рис. 6.13. Рычажный микрометр МР:

1 — шкала; 2 — подвижная пятка; 3 — установочная мера; 4 — микрометрическая головка; 5 — ключ для установки поля допуска на шкале; 6 — скоба; 7 — защитный колпачок; 8 — указатели пределов поля допуска; 9 — кнопка отвода подвижной пятки

0,01 мм кроме микрометрической пары (винт — гайка) имеют еще шкальное устройство.

Микрометры типов МР (нормального исполнения) и МРК (повышенного качества) имеют встроенное в корпус отсчетное устройство с ценой деления 0,002 мм и два исполнения: с пределами измерений 0... 25 и 25... 50 мм. Погрешность измерений микрометров типа МР $\pm 0,003$ мм, а микрометров типа МРК $\pm 0,002$ мм.

Микрометры с пределами измерений от 50 до 400 мм типов МРИ (нормальные) и МРИК (повышенного качества) имеют измерительную головку 2ИГ с ценой деления 0,002 мм.

Микрометры с пределами измерений от 400 до 1 000 мм выпускают с индикатором часового типа ИЧ10 с ценой деления 0,01 мм и повышенного качества с измерительной головкой 2ИГ с ценой деления 0,002 мм.

Диапазоны измерений и допустимые погрешности рычажных микрометров приведены в табл. 6.2.

Таблица 6.2. Диапазоны измерений и допустимые погрешности рычажных микрометров

Диапазон измерений, мм	Погрешность измерения, мм		Диапазон измерений, мм	Погрешность измерения, мм	
	МРИ	МРИК		МРИ	МРИК
50... 75	$\pm 0,004$	$\pm 0,003$	125... 150	$\pm 0,005$	$\pm 0,003$
75... 100	$\pm 0,004$	$\pm 0,003$	150... 200	$\pm 0,005$	$\pm 0,003$
100..125	$\pm 0,005$	$\pm 0,003$	200... 250	$\pm 0,006$	$\pm 0,004$

Диапазон измерений, мм	Погрешность измерения, мм		Диапазон измерений, мм	Погрешность измерения, мм	
	МРИ	МРИК		МРИ	МРИК
250...300	$\pm 0,006$	$\pm 0,004$	600...700	$\pm 0,012$	$\pm 0,010$
300...400	$\pm 0,007$	$\pm 0,005$	700...800	$\pm 0,014$	$\pm 0,012$
400...500	$\pm 0,008$	$\pm 0,006$	800...900	$\pm 0,016$	$\pm 0,014$
500...600	$\pm 0,010$	$\pm 0,008$	900...1 000	$\pm 0,018$	$\pm 0,016$

Таблица 6.3. Рекомендуемые измерительные инструменты в зависимости от допуска на контролируемый размер

Допуск на контролируемый размер, мм	Измерительный инструмент
0,5 и более	Штангенциркуль с отсчетом по нониусу 0,1 мм
0,25...0,50	Штангенциркуль с отсчетом по нониусу 0,05 мм
0,05...0,25	Микрометр с ценой деления 0,01 мм
0,01...0,05	Рычажный микрометр с ценой деления 0,002 мм

Рычажные микрометры с диапазоном от 1 до 2 м и интервалом измерений 200 мм выпускаются по особым заказам.

Измерительный инструмент выбирают в зависимости от допуска на контролируемый размер (табл. 6.3).

Микрометрические глубиномеры и нутромеры, применяемые для прямых измерений размеров отверстий, по устройству аналогичны микрометрам.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Для чего предназначены лекальные линейки?
2. Как щупом измеряют отклонение поверхности от плоскостности?
3. Какие вы знаете средства измерения углов?
4. Какие типы штангенциркулей вы знаете и каковы их назначение и достоинства?
5. Чем различаются микрометры типов МК и МР?
6. Можно ли производить разметку заготовок с помощью штангенрейсмуса?
7. Какие вы знаете измерительные инструменты с панелью цифровой индикации?

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ПРОЦЕССЕ

7.1. ВИДЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ДОКУМЕНТОВ

ГОСТ 3.1102—2011 «ЕСТД. Стадии разработки и виды документов. Общие положения» устанавливает следующие основные технологические документы: маршрутная карта, карта технологического процесса и ведомость деталей (сборочных единиц) к типовому технологическому процессу.

Маршрутная карта (МК) — технологический документ, содержащий описание технологического процесса изготовления или ремонта изделия (включая контроль и перемещения) по всем операциям различных видов работ в заданной технологической последовательности с указанием данных об оборудовании, оснастке, о материальных и трудовых нормативах в соответствии с установленными нормами.

Карта эскизов (КЭ) — графический документ, содержащий эскизы, схемы и таблицы, необходимые для выполнения технологического процесса, операции, или перехода изготовления или ремонта изделия, включая контроль и перемещения.

Технологическая инструкция (ТИ) — технологический документ, содержащий описание приемов работы, или технологических процессов изготовления, или ремонта изделия (включая его контроль и перемещения), правил эксплуатации средств технологического оснащения, физических и химических явлений, возникающих на отдельных операциях.

Карта технологического процесса (КТП) — технологический документ, содержащий описание технологического процесса изготовления или ремонта изделия в заданной технологической последовательности с указанием данных о средствах технического оснащения, материальных и трудовых нормативах. Для отдельных видов

работ (например, обработки резанием, холодной штамповки), связанных технологическим маршрутом изготовления изделия с другими видами работ (термообработкой, обезжириванием) допускается соответствующую карту технологического процесса разрабатывать с указанием всех видов работ, выполняемых в разных цехах.

Операционная карта — технологический документ, содержащий описание отдельной технологической операции с указанием необходимых переходов, режимов обработки и данных о средствах технологического оснащения.

К технологическим документам также относятся технологическая ведомость (ТВ), ведомость оснастки (ВО), ведомость материалов (ВМ), карта типового (группового) технологического процесса (КТТП), карта типовой операции (КТО), ведомость деталей (сборочных единиц) к типовому технологическому процессу (операции) (ВТП или ВТО), комплектовочная карта (КК), ведомость технологических документов на изготовление данного изделия (ВТД), ведомость операций (ВОП), ведомость сборки изделия (ВСИ) и др.

7.2. ОСНОВНЫЕ ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Термины и определения, установленные ГОСТ 3.1109—82 «ЕСТД. Термины и определения основных понятий», обязательны к применению в научно-технической, учебной и справочной литературе в области технологических процессов изготовления и ремонта изделий машиностроения и приборостроения.

Производственный процесс — это совокупность всех действий людей и орудий производства, необходимых для изготовления и ремонта изделий. Производственный процесс включает в себя подготовку и обслуживание средств производства; получение материалов, полуфабрикатов, заготовок (если на предприятии отсутствует заготовительное производство) и их хранение; изготовление заготовок, различные методы их обработки (механические, термические и др.); сборку и испытание изделий; контроль качества на всех стадиях производства; отделку, окраску, упаковывание, транспортирование и хранение готовой продукции.

Организацию производства и характер технологического процесса изменяют в соответствии с количеством выпускаемых изделий, их сложностью и трудоемкостью.

Производство различают единичное, серийное и массовое.

Единичное производство — это выпуск изделий широкой номенклатуры в малом количестве, повторное изготовление которых,

как правило, не предусматривается (например, изготовление экспериментальных образцов машин, уникального оборудования и т.п.).

Серийное производство — это изготовление изделий партиями или сериями, периодически повторяющимися через определенные промежутки времени. В зависимости от числа изделий в серии различают мелко-, средне- и крупносерийное производство. Серийно выпускают станки, редукторы, компрессоры и т.п. В серийном производстве используют универсальное, специализированное и специальное оборудование, в том числе станки с ЧПУ, многоцелевые станки, гибкие производственные системы (ГПС). На большинстве рабочих мест выполняют периодически повторяющиеся операции.

Массовое производство характеризуется выпуском большого количества изделий одного и того же типа в течение длительного времени. Изделиями массового производства являются автомобили, шариковые и роликовые подшипники и т.п. В массовом производстве широко используют специальное высокопроизводительное оборудование, автоматические линии, специальные инструменты и приспособления, средства автоматизации при транспортировании и контроле. Оборудование располагают в соответствии с последовательностью технологических операций. На большинстве рабочих мест выполняется одна, постоянно закрепленная за ними, технологическая операция.

Наиболее совершенной формой массового производства является поточное производство.

Поточное производство — это производство, характеризующееся расстановкой оборудования в полном соответствии с технологическим процессом и определенным тактом выпуска.

Для организации непрерывного потока производства необходимо, чтобы время выполнения операций было равно или кратное такту.

Такт — равномерно повторяющийся промежуток времени, затрачиваемый на выпуск единицы продукции в процессе производства. Такт выпуска, мин/шт., не зависит от трудоемкости изготовления изделия, а определяется программой его выпуска и фондом времени для выполнения этой программы.

При поточном производстве сокращаются цикл изготовления продукции и межоперационные заделы, снижается трудоемкость и повышается производительность изготовления изделия. Поэтому при серийном изготовлении изделий, близких по служебному назначению, сходных по размерам, конфигурации и технологическому процессу, предпочтительно использование переменного-поточного и

группового поточного производства. В первом случае при переходе на обработку (или сборку) нового изделия поточную линию перенастраивают, а во втором — оснащают приспособлениями и инструментами, позволяющими обрабатывать (или собирать) всю группу изделий без переналадки линии.

Технологический процесс — это часть производственного процесса, характеризующаяся целенаправленными действиями по изменению и (или) определению состояния предмета труда. Технологический процесс, состоящий из технологических операций, может относиться к изделию, его составной части или к методам обработки, формообразования и сборки.

Типовой технологический процесс — технологический процесс изготовления группы изделий с общими конструктивными и технологическими признаками.

Групповой технологический процесс — технологический процесс изготовления группы изделий с разными конструктивными, но общими технологическими признаками.

Технологическая операция — это законченная часть технологического процесса, выполняемая на одном рабочем месте.

Рабочее место — это элементарная единица структуры предприятия, где размещаются исполнители работы, обслуживаемое ими технологическое оборудование и предметы производства.

Технологическая операция является основным элементом производственного планирования и учета. От числа операций и времени их выполнения зависят трудоемкость технологического процесса, число рабочих, занятых в нем, применяемое оборудование, инструмент и оснастка. Технологическая операция состоит из технологических и вспомогательных переходов.

Технологический переход — законченная часть технологической операции, характеризующаяся постоянством обрабатываемой (или сопрягаемой) поверхности, применяемого инструмента и режимов обработки (сборки). К режиму обработки относят глубину резания t , подачу S (или скорость подачи v_s) и скорость резания v . Если один из этих показателей изменяется, начинается выполнение нового перехода. Так, фрезерование горизонтальной плоскости заготовки корпусной детали одной и той же фрезой включает в себя два перехода: черновое и чистовое фрезерование, отличающиеся режимами обработки.

Вспомогательный переход — законченная часть технологической операции, состоящая из действий рабочего и (или) оборудования, не связанных с изменением размеров, формы и качества поверхностей заготовки, но необходимых для выполнения этой технологической операции. К вспомогательным переходам отно-

сят установку и закрепление заготовки на станке, включение и выключение станка, подвод и отвод режущего инструмента, смену инструмента, перемещение заготовки на другую позицию, измерение размеров в процессе обработки заготовки.

При большой глубине резания технологический переход выполняется за несколько рабочих ходов.

Рабочий ход — законченная часть технологического перехода, состоящая из однократного перемещения инструмента относительно заготовки, при котором с ее поверхности снимается один слой материала.

Вспомогательный ход необходим для подготовки рабочего хода.

Установ — часть технологической операции, выполняемая при неизменном закреплении обрабатываемой заготовки или собираемой сборочной единицы.

При ручной сборке трудно различить технологические и вспомогательные переходы, поэтому сборочную операцию подразделяют на ряд приемов, выполняемых рабочим.

Прием — законченная совокупность движений рабочего в процессе выполнения операции.

Позиция — фиксированное положение, занимаемое неизменно закрепленной обрабатываемой заготовкой или собираемой сборочной единицей совместно с приспособлением относительно инструмента или неподвижной части оборудования при выполнении части операции.

Наладка — подготовка технологического оборудования и технологической оснастки к выполнению технологической операции. К наладке относят установку приспособления, а также переключение скорости или подачи при обработке.

Подналадка — дополнительная регулировка технологического оборудования и технологической оснастки при выполнении операции для восстановления достигнутых при наладке параметров.

Припуск — слой металла, удаляемый с поверхности заготовки в целях достижения заданных свойств обрабатываемой поверхности. Различают операционный припуск, удаляемый при выполнении технологической операции, и промежуточный — удаляемый при выполнении одного технологического перехода. К свойствам обрабатываемого предмета труда или его поверхности относят размеры, форму, шероховатость, твердость.

Допуск припуска — это разность между наибольшим и наименьшим значениями припуска.

Существуют понятия заготовки и исходной заготовки.

Заготовка — предмет труда, из которого посредством изменения его формы, размеров, а также свойств поверхности и материала изготавливают деталь.

Исходная заготовка — это заготовка перед первой технологической операцией.

Технологическая база — это поверхность, сочетание поверхностей, ось или точка, используемые для определения положения предмета труда в процессе его изготовления.

Технологический документ — это графический или текстовый документ, определяющий (отдельно или в совокупности с другими документами) технологический процесс или операцию изготовления изделия.

Приведенные термины наиболее часто употребляют применительно к фрезерной обработке.

ГОСТ 3.1109—82* определяет также средства технологического оснащения, технологическое оборудование, технологическую оснастку, приспособление, нормы штучного и вспомогательного времени, расценки и т. д.

Приведем термины, относящиеся к методам обработки.

Формообразование — изготовление заготовки (изделия) из жидких, порошковых или волокнистых материалов.

Литье — изготовление заготовки (изделия) из жидкого материала посредством заполнения им полости заданных размеров и формы с последующим затвердеванием.

Обработка давлением — пластическое деформирование или разделение материала (без образования стружки).

Формование — формообразование из порошкового или волокнистого материала посредством заполнения им полости заданных размеров и формы с последующим сжатием.

Механическая обработка — обработка давлением или резанием.

Обработка резанием — это обработка, заключающаяся в образовании новых поверхностей отделением поверхностных слоев материала с образованием стружки.

Слесарная обработка — это обработка, выполняемая ручным инструментом или машиной, приводимой в действие ручную.

Сборка — образование соединений составных частей изделия. Соединения могут быть разъемными или неразъемными. К неразъемным относятся, например, соединения, осуществляемые клепкой, сваркой, склеиванием заготовок, а к разъемным — резьбовые, клиновые, шлицевые и болтовые.

7.3. ГРАФИЧЕСКИЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ ОПОР, ЗАЖИМОВ И УСТАНОВОЧНЫХ УСТРОЙСТВ

ГОСТ 3.1107—81 «ЕСКД. Зажимы и установочные графические устройства» устанавливает графические обозначения опор, зажимов и установочных устройств, применяемых в технологической документации.

Обозначения опор приведены в табл. 7.1, зажимов — в табл. 7.2, установочных устройств — в табл. 7.3.

Таблица 7.1. Обозначения опор













Опора	Вид спереди, сзади	Вид сверху	Вид снизу
Неподвижная			
Подвижная			
Плавающая			
Регулируемая			

Таблица 7.2. Обозначения зажимов

Зажим	Вид спереди, сзади	Вид сверху	Вид снизу
Одиночный			
Двойной			

Таблица 7.3. Обозначения установочных устройств

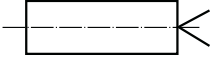
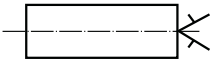
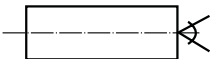
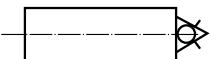

Установочное устройство	Вид спереди, сзади, сверху, снизу	Вид слева	Вид справа
Центр неподвижный		Без обозначения	
Центр вращающийся		Без обозначения	
Оправка цилиндрическая			

Установочное устройство	Вид спереди, сзади, сверху, снизу	Вид слева	Вид справа
Оправка шариковая (роликовая)			
Патрон поводковый			
Цанговая оправка			
Оправка гидропластовая			

Немеханические зажимы условно обозначаются латинскими буквами: Р — пневматический; Н — гидравлический; Е — электрический; М — магнитный; ЕМ — электромагнитный.

В табл. 7.4 приведены примеры изображений опор, зажимов и установочных устройств в технологических документах.

Таблица 7.4. Примеры изображений опор, зажимов и установочных устройств в технологических документах

Установочное устройство и способы установки заготовок	Условное изображение на схемах
Центр неподвижный гладкий	
Центр рифленый	
Центр плавающий	
Центр обратный вращающийся с рифленой поверхностью	
Патрон поводковый	
Люнет подвижный	

Установочное устройство и способы установки заготовок	Условное изображение на схемах
Оправка цилиндрическая	
Оправка шлицевая	
Зажим пневматический с рифленой рабочей поверхностью	
Оправка цанговая	
Установка в тисках с призматическими губками и пневматическим зажимом	
Установка в трехлапчатом патроне с механическим устройством зажима, с упором в торец, с креплением в подвижном люнете и с помощью гладкого неподвижного центра задней бабки	

7.4. ТОЧНОСТЬ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ И ВЫБОР УСТАНОВОЧНЫХ БАЗ

Под **точностью обработки** понимают степень соответствия готовой детали техническим требованиям чертежа — по точности размеров, формы и расположения поверхностей. Если все параметры детали находятся в пределах указанных на чертеже допусков, деталь считается пригодной к дальнейшему использованию.

Существуют два метода обеспечения заданной точности обработки — индивидуальное и автоматическое получение требуемых размеров.

Точность обработки при использовании метода индивидуально получения требуемых размеров детали обеспечивают выверкой положения заготовки на станке и настройкой инструмента на заданный размер. Инструмент настраивают по рискам, нанесенным на заготовке при разметке, или по лимбу при выполнении пробных рабочих ходов с соответствующими измерениями. Этот метод применяют в мелкосерийном и единичном производстве.

Метод автоматического получения требуемых размеров применяется, если заготовки обрабатываются на станке в приспособлениях. При этом вся партия заготовок обрабатывается инструментом, предварительно настроенным на заданный размер. Этот метод используют в серийном и массовом производстве.

На точность обработки влияют многие факторы:

- погрешность установки заготовки на станке;
- погрешности, обусловленные упругими отжатыми узлов технологической системы станок — приспособление — инструмент — заготовка (СПИЗ) под действием сил резания;
- погрешности, вызванные неточностью изготовления и износом режущего инструмента;
- погрешности, вызываемые установкой инструмента на заданный размер;
- погрешности станка и износ его элементов;
- погрешности, вызванные температурными деформациями узлов технологической системы под воздействием теплоты, выделяемой при обработке;
- деформации заготовки вследствие перераспределения внутренних напряжений.

Погрешность установки заготовки на станке при обработке в приспособлениях зависит от выбора установочных технологических баз (поверхностей, линий, точек), обеспечивающих определенное положение заготовки на станке, сохраняемое в процессе обработки.

Каждая из установочных баз (рис. 7.1) контактирует с установочными элементами, рассматриваемыми как жесткие опорные точки, лишаящие заготовку соответствующего числа степеней свободы. Для повышения точности обработки детали следует требуемые на чертеже размеры проставлять от установочных баз.

Точность обработки зависит и от точности изготовления и установки приспособления на станке, причем со временем она снижа-

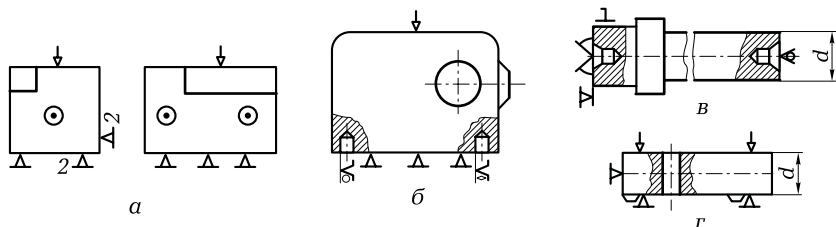


Рис. 7.1. Примеры установочных баз заготовок:

a — по трем взаимно-перпендикулярным плоскостям; *б* — по плоскости и двум перпендикулярным к ней отверстиям; *в* — по двум центровым отверстиям и торцу; *г* — по торцу, перпендикулярному наружной поверхности, и призмам; *d* — диаметр заготовки

ется из-за износа элементов приспособления. При обработке заготовок без приспособлений точность их установки зависит от точности выверки положения заготовки на станке, которая обусловлена методами и средствами контроля этого положения и квалификацией рабочего.

Стабильное положение заготовки в процессе обработки достигается приложением к ней силы зажима. Под действием силы зажима происходит деформирование заготовки, вносящее дополнительную погрешность в точность обработки.

Технологическая система станок—приспособление—инструмент—заготовка представляет собой упругую систему, в которой жесткость узлов станка может отличаться в 1,5—2 раза (например, жесткость передней и задней бабок) Сама заготовка также может иметь различную жесткость в разных сечениях. Под действием силы резания элементы технологической системы меняют свое первоначальное положение в пространстве, что и вызывает погрешности размеров и формы обрабатываемых поверхностей.

Неточность изготовления и износ режущего инструмента также отрицательно влияют на точность механической обработки. Влияние размерного износа режущего инструмента можно уменьшить с помощью устройств активного контроля, которые, измерив заготовку в процессе обработки и обнаружив отклонения размеров, передают сигнал на подналадку. С этой же целью станки оснащают системами адаптивного управления процессом обработки.

Интенсивное выделение теплоты при обработке резанием вызывает дополнительные линейные и объемные деформации заготовки, инструментов и узлов станка.





7.5. УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ ДОПУСКОВ ФОРМЫ И РАСПОЛОЖЕНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ ОБРАБАТЫВАЕМОГО ИЗДЕЛИЯ

Условные обозначения допусков формы и расположения поверхностей деталей на чертежах устанавливает ГОСТ 2.308—2011. Для каждого вида допуска формы и расположения поверхностей определен соответствующий знак (табл. 7.5).

Условное обозначение допуска содержит знак, числовое значение и буквенное обозначение базы измерения (А, В и т.д.), которые указывают в рамке, разделенной на две или три части.

Таблица 7.5. Условные обозначения допусков формы и расположения поверхностей обрабатываемой заготовки

Группа допусков	Допуск	Условное обозначение
Допуски формы	Прямолинейности	—
	Плоскостности	
	Круглости	○
	Цилиндричности	
	Профиля продольного сечения	≡
Допуски расположения поверхностей	Параллельности	
	Перпендикулярности	⊥
	Наклона	
	Соосности	◎
	Симметричности	
	Позиционный	⊕
	Пересечения осей	×

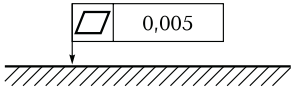
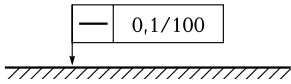
Группа допусков	Допуск	Условное обозначение
Суммарные допуски формы и расположения поверхностей	Радиального и торцового биений; биения в заданном направлении	
	Полного радиального и торцового биений	
	Формы заданного профиля	
	Формы заданной поверхности	

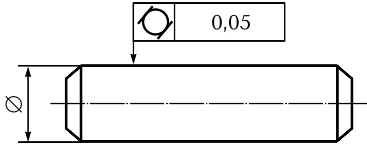
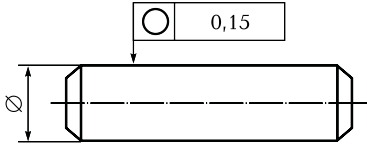
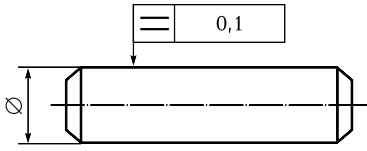
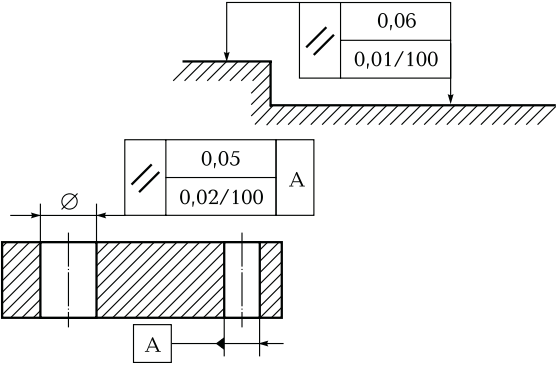
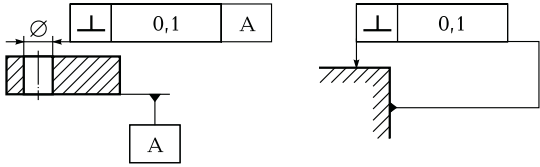
Примеры простановки условных обозначений допусков на чертежах приведены в табл. 7.6. В примерах 1...5 рамка соединена стрелкой с контурной линией заготовки. Можно соединять рамку и с выносной линией, как показано в примерах 6...8 и 11...13. Допуски могут быть заданы на ограниченной длине (0,1 мм на 100 мм длины, пример 2) или на всей длине и ограниченном участке (см. пример 6).

Зависимые допуски расположения и формы обозначают буквой М в кружке, которую помещают в рамку вместе с допуском или базой (пример 13).

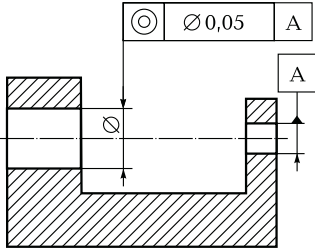
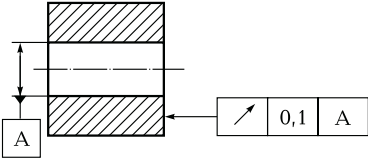
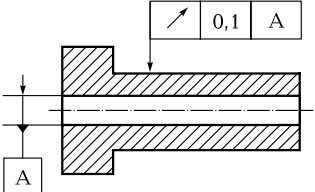
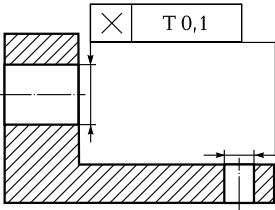
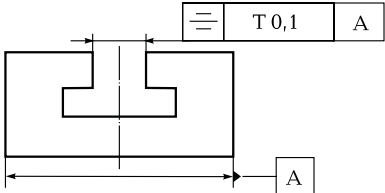
При необходимости у рамок можно размещать надписи с дополнительными данными (см. пример 2).

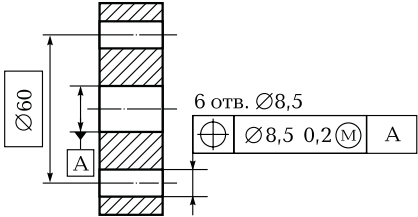
Таблица 7.6. Примеры допусков формы и расположения поверхностей на чертежах

№ п/п	Допуск	Обозначение на чертеже
1	Плоскостности	
2	Прямолинейности	Вогнутость не допускается 

№ п/п	Допуск	Обозначение на чертеже
3	Цилиндричности	
4	Круглости	
5	Профиля продольного сечения цилиндрической поверхности	
6	Параллельности	
7	Перпендикулярности	

Продолжение табл. 7.6

№ п/п	Допуск	Обозначение на чертеже
8	Соосности	
9	Торцового биения	
10	Радиального биения	
11	Пересечения осей	
12	Симметричности	

№ п/п	Допуск	Обозначение на чертеже
13	Позиционный	

Допуски формы и расположения поверхностей не должны превышать допуска размеров Т.

Базы изображают затемненным треугольником и соединяют с рамкой, в которой указывают буквенное обозначение этой базы (примеры 6... 10) или численное значение допуска (пример 7).

ГОСТ 24643—81 устанавливает 16 степеней точности формы и расположения поверхностей. В практике установления требований к точности формы и расположения поверхностей используются такие понятия, как овальность, огранка, бочкообразность, конусообразность, седлообразность, вогнутость, выпуклость и др.

Отклонение формы измеряется с помощью как специальных измерительных приборов, так и приспособлений с использованием универсальных средств измерений. Специальные средства измерения, как правило, обеспечивают высокую точность. К ним, например, относятся кругломеры. Радиальная погрешность кругломера 1-го класса равна 0,05 мкм, а 5-го класса — 0,8 мкм. Кругломеры некоторых типов позволяют измерять отклонение от прямолинейности образующей. Отклонение от круглости внутренних цилиндрических поверхностей контролируют пневматическими пробками. Существуют также приборы для контроля отклонений от прямолинейности плоских поверхностей.

Для контроля овальности, огранки, конусообразности, бочкообразности, седлообразности, выпуклости и вогнутости можно применять универсальные средства измерений, в частности с использованием показывающих приборов с двумя индуктивными преобразователями, позволяющими автоматически определять разность диаметров или разность отклонений от установленной плоскостности в двух точках.

7.6.

ОБОЗНАЧЕНИЕ ШЕРОХОВАТОСТИ НА РАБОЧЕМ ЧЕРТЕЖЕ

Под **шероховатость** понимают совокупность неровностей поверхности с относительно малыми шагами, измеренных в пределах базовой длины l (рис. 7.2, а).

В отличие от отклонений формы поверхности и волнистости к шероховатости относят отклонения поверхности от прямолинейности, для которых выполняется условие

$$S/R \leq 50,$$

где S — средний шаг местных выступов профиля; R — высота профиля.

Параметры и характеристики шероховатости устанавливает ГОСТ 2789—73*, а ее условное изображение на чертеже (рис. 7.2, б... г) — ГОСТ 2.309—73*.

На рис. 7.2, б... г: 3 — вид обработки (полировать, шабрить) и (или) другие дополнительные указания; 4 — условное обозначение

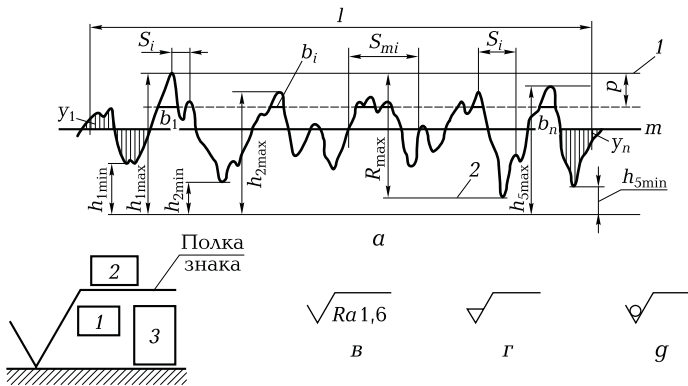


Рис. 7.2. Профиль шероховатости (а) и обозначение ее на чертеже (б... г):

1, 2 — линии соответственно выступов и впадин; 3 — место указания способа обработки поверхности; 4 — место обозначения направления микронеровностей; 5 — место указания характеристик шероховатости (базовой длины, параметра Ra или Rz , относительной опорной длины); $y_1 \dots y_n$ — расстояния любой точки профиля до средней линии m профиля; $h_{1max} \dots h_{5max}$ — высоты пяти выступов; $h_{1min} \dots h_{5min}$ — глубины пяти впадин; S_{mi} — шаг микронеровностей по средней линии; S_i — шаг микронеровностей от линии l до линии 2; $b_1 \dots b_n$ — длина отрезка, отсекаемого на микровыступе профиля на уровне p ; l — базовая длина

Таблица 7.7. Базовая длина в зависимости от параметров шероховатости

Параметр шероховатости, мкм		Базовая длина l , мкм
Ra	Rz	
От 0,008 до 0,025	От 0,025 до 0,100	0,08
Свыше 0,025 до 0,400	Свыше 0,1 до 1,6	0,25
Свыше 0,4 до 3,2	Свыше 1,6 до 12,5	0,80
Свыше 3,2 до 12,5	Свыше 12,5 до 50,0	2,50
Свыше 12,5 до 100,0	Свыше 50 до 400	8,00

направления микронеровностей; 5 — базовая длина, отличающаяся от стандартной.

Из всех характеристик параметры шероховатости поверхностей Ra или Rz должны быть проставлены обязательно (табл. 7.7). Символы Ra и Rz в обозначении шероховатости указывают под полкой знака (см. рис. 7.2, *в*). Остальные сведения могут отсутствовать по усмотрению конструктора.

В зависимости от вида обработки поверхностей заготовок применяют один из знаков, показанных на рис. 7.2, *в...г*:

- для поверхностей, на которые не устанавливают вид обработки, — знак, показанный на рис. 7.2, *в*;
- для поверхностей, образованных удалением слоя материала, — знак, показанный на рис. 7.2, *г*;
- для поверхностей, не обрабатываемых по данному чертежу и полученных без удаления слоя материала (литьем, ковкой, прокатом и т. д.), — знак, показанный на рис. 7.2, *г*.

Параметр Ra — среднее арифметическое отклонение профиля микронеровностей в пределах базовой длины l — определяют так:

$$Ra = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i|,$$

где n — число измеренных точек профиля микронеровностей на базовой длине; $|y_i|$ — абсолютное (без учета алгебраического знака) расстояние любой точки профиля до средней линии.

Параметр Rz — высота микронеровностей по десяти точкам — представляет собой разность средних расстояний пяти наибольших высот $h_{i_{\max}}$ выступов и пяти наибольших глубин $h_{i_{\min}}$ впадин профиля микронеровностей в пределах базовой длины:

$$Rz = \frac{1}{5} \left(\sum_1^5 |h_i|_{\max} - \sum_1^5 |h_i|_{\min} \right).$$

Средняя линия профиля m делит измеряемый профиль в пределах базовой длины таким образом, чтобы сумма квадратов расстояний y_i точек профиля до этой линии была минимальной.

Параметры шероховатости поверхности в соответствии с ГОСТ 2789—73* устанавливают в следующих пределах:

- Ra 100 ... 0,008 мкм;
- R_{\max} 1 600 ... 0,025 мкм;
- Rz 1 600 ... 0,025 мкм;
- $S_m = 12,5 ... 0,002$ мкм;
- $p = 5 ... 90$ % от R_{\max} ;
- l — из ряда 0,01; 0,03; 0,08; 0,25; 0,8; 2,5; 8; 25 мкм.

Промежуточное положение между шероховатостью поверхности и отклонением ее формы занимает **волнистость**, которая характеризуется периодически повторяющимися неровностями с шагом, превышающим базовую длину.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие виды технологических документов вы знаете?
2. Назовите характерные признаки основных типов производства.
3. Дайте определения понятий «технологический процесс», «технологическая операция» и «технологический переход».
4. Что понимается под точностью механической обработки заготовки?
5. Почему размеры на чертеже детали желательно проставлять от установочных баз?
6. Как обозначают шероховатость поверхности на чертеже?
7. Чем отличается волнистость от шероховатости?

ТИПОВЫЕ ОПЕРАЦИИ ПРИ ФРЕЗЕРОВАНИИ

8.1. ФРЕЗЕРОВАНИЕ ПЛОСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ И СКОСОВ

Плоскости обычно фрезеруют торцовыми и цилиндрическими фрезами. Диаметр торцовой фрезы $d_{\text{фр}}$, мм, выбирают в зависимости от ширины B , мм, фрезерования, т.е. $d_{\text{фр}} = (1,3 \dots 1,8)B$. При фрезеровании торцовыми фрезами предпочтение отдают несимметричной схеме резания. Смещение k центра фрезы относительно оси симметрии заготовки составляет $(0,03 \dots 0,06)B$ (рис. 8.1).

Длина цилиндрической фрезы должна на 10...15 мм перекрывать требуемую ширину обработки. Диаметр фрезы выбирают в зависимости от ширины фрезерования и глубины резания.

Для выполнения фрезерования плоскостей следует:

- подвести заготовку под вращающуюся фрезу до легкого касания с обрабатываемой поверхностью;
- отвести стол и выключить вращение шпинделя станка;
- установить заданную глубину фрезерования;
- включить вращение шпинделя;
- переместить вручную стол с заготовкой до касания с фрезой.

После этого можно включить автоматическую продольную подачу стола.

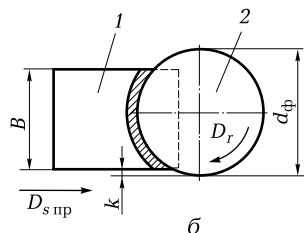


Рис. 8.1. Схема торцевого фрезерования:
1 — заготовка; 2 — фреза; k — смещение центра фрезы относительно оси симметрии заготовки

При черновом фрезеровании обычно достигается точность размеров, соответствующая 11-му и 12-му квалитетам, при чистовом — 8-му и 9-му. В отдельных случаях при тонком фрезеровании можно получить точность размеров, соответствующую 6-му и 7-му квалитетам. Параметр шероховатости обработанной поверхности колеблется от Rz 80 мкм до Ra 0,63 мкм.

Применение фрез с вставными ножами, в корпусах которых закреплены черновые и чистовые резцы, позволяет получить шероховатость поверхности Rz 5...2,5 мкм (при подаче $S_z = 1,5...2,5$ мм/зуб и скорости резания $v = 240...250$ м/мин). В этом случае чистовые резцы устанавливаются ниже черновых на расстояние, равное глубине чистового фрезерования. В корпусе фрезы можно устанавливать один или несколько чистовых резцов.

Концевыми фрезами можно фрезеровать вертикальные и небольшие горизонтальные плоскости — уступы.

Фрезы с прямыми зубьями используют сравнительно редко вследствие того, что каждый их зуб врезается и выходит из контакта с обрабатываемой заготовкой сразу по всей ширине. Такой характер работы сопровождается ударами, которые могут привести к возникновению вибраций или к выкрашиванию режущих кромок зубьев. Равномерного фрезерования удастся добиться используя фрезы с винтовыми зубьями, у которых режущая кромка каждого зуба постепенно врезается в заготовку и также постепенно выходит из контакта с ней.

Различают фрезы с левыми и правыми винтовыми канавками.

При работе фрезами с винтовыми и наклонными зубьями необходимо обращать особое внимание на соответствие вращения шпинделя направлению винтовых канавок.

На горизонтально-фрезерных станках следует использовать цилиндрические фрезы с левым направлением винтовых канавок при правом вращении фрезы или с правым направлением винтовых канавок при левом вращении фрезы.

В тех случаях, когда направление вращения фрезы и направление винтовой линии одинаковы, возникает осевая сила, которая стремится вытолкнуть оправку из шпинделя. Поскольку осевая сила направлена слева направо на подвесной подшипник в серье хобота, который не рассчитан на эту добавочную силу, то может возникнуть вибрация станка и, как следствие, — поломка фрезы. И наоборот, если направление винтовой линии является обратным направлению вращения фрезы, возникающая осевая сила вталкивает оправку в шпиндель. В этом случае осевая сила направлена на передний подшипник шпинделя, который рассчитан на эту добавочную нагрузку.

При работе торцовыми и концевыми фрезами на вертикально-фрезерных станках необходимо также учитывать направление вращения шпинделя и направление наклона зубьев.

При обработке плоскостей торцовыми фрезами на вертикально-фрезерных станках стружку необходимо отводить вниз, поэтому следует применять фрезы с левым направлением винтовых канавок.

При обработке пазов концевыми фрезами с винтовыми канавками стружку следует отводить вверх по винтовой канавке фрезы, чтобы не вызвать поломки ее зубьев. Это возможно лишь в том случае, если направление винтовой канавки совпадает с направлением вращения фрезы. Однако осевая составляющая силы резания, направленная при этом от шпинделя, будет стремиться вытянуть фрезу из него, поэтому крепление фрезы в этом случае следует выполнять более тщательно.

Во всех остальных случаях направления вращения фрезы и винтовой канавки должны быть разноименными, чтобы осевая составляющая силы резания была направлена в сторону гнезда шпинделя.

Для фрезерования сложных фигурных поверхностей применяют сборный комплект фрез, который представляет собой набор дисковых, двусторонних, трехсторонних и фасонных фрез.

Применение наборов фрез на горизонтально-фрезерных станках при фрезеровании плоскостей позволяет повысить производительность процесса резания.

Набор представляет собой несколько фрез, установленных и закрепленных на одной оправке. Составляют такие наборы из стандартных, специальных фрез или их комбинаций.

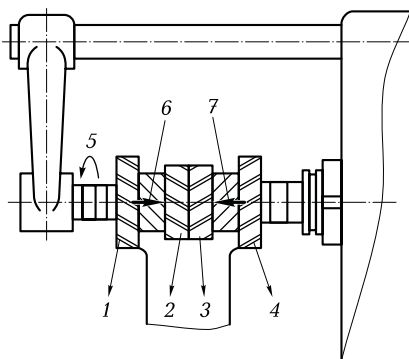
При комплектовании набора фрез и регулировке расстояния между ними на оправке используют жесткие и регулируемые кольца. Фрезы в наборе размещают таким образом, чтобы возникающие в процессе работы осевые составляющие силы резания были направлены навстречу и компенсировали действие друг друга (рис. 8.2).

Для фрезерования **наклонных плоскостей** и **скосов** — наклонных плоскостей небольших размеров — используют следующие инструменты:

- цилиндрические, торцовые и концевые фрезы с поворотом заготовки детали на требуемый угол с помощью универсальной поворотной плиты (рис. 8.3, а);
- торцовые и концевые фрезы с поворотом шпинделя на заданный угол (рис. 8.3, б);

Рис. 8.2. Схема установки набора фрез на горизонтально-фрезерном станке:

1...4 — направления потоков стружки;
5 — направление вращения шпинделя;
6, 7 — направления осевых составляющих силы резания



- цилиндрические и торцовые фрезы для заготовок, крепящихся в специальных приспособлениях (рис. 8.3, в, г);
- угловые фрезы.

При фрезеровании с поворотом заготовки на требуемый угол ее закрепляют в универсальных тисках или на универсальной плите и поворачивают так, чтобы плоскость, подлежащая обработке, располагалась параллельно поверхности стола.

Фрезерование наклонных плоскостей и скосов торцовыми и концевыми фрезами с поворотом шпинделя на заданный угол осуществляют на вертикально-фрезерных станках, у которых фрезерную головку вместе со шпинделем можно повернуть в вертикальной плоскости.

Небольшие наклонные плоскости и скосы обрабатывают угловыми фрезами. В этом случае отпадает необходимость поворота заготовки или фрезы.

Основным дефектом при обработке плоских поверхностей является их отклонение от плоскостности, возникающее, если ось торцевой фрезы не перпендикулярна обрабатываемой поверхности.

При фрезеровании плоской поверхности цилиндрической фрезой или набором фрез отклонение от плоскостности может быть вызвано подрезанием — появлением лунки на обработанной поверхности. Подрезание является результатом временного прекращения движения подачи, вследствие чего фреза некоторое время работает на одном месте поверхности заготовки. Упругие силы, действующие между фрезой и заготовкой, стремятся их сблизить, что и приводит к появлению лунки: чем меньше жесткость технологической системы и чем больше усилие резания и время нахождения фрезы на одном месте, тем больше лунка.

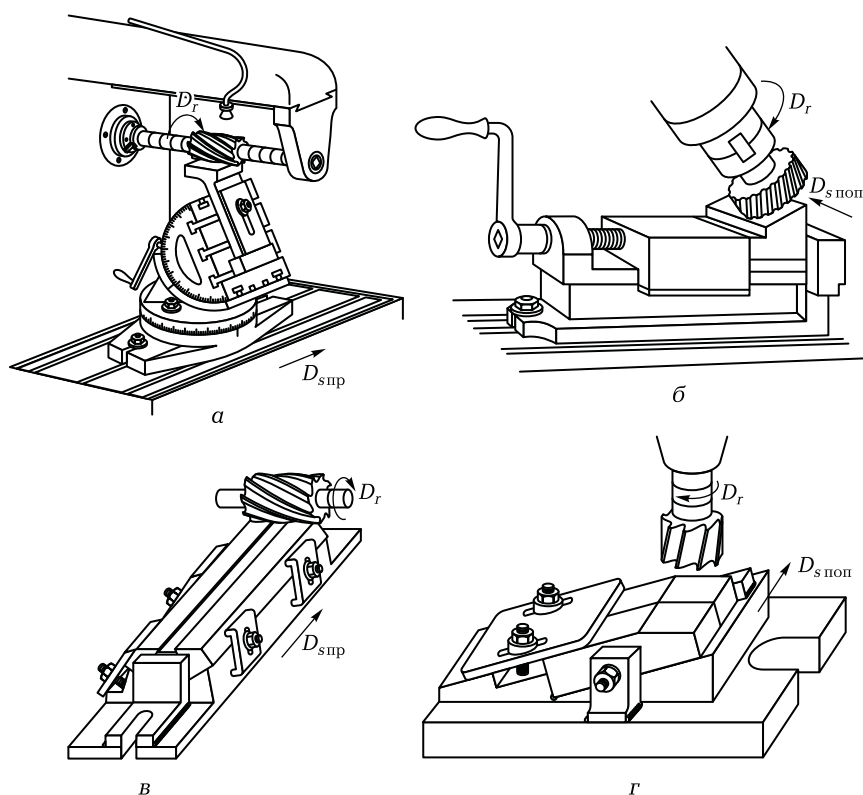


Рис. 8.3. Фрезерование наклонных плоскостей:

а — с использованием универсальной наклонной плиты; *б* — с поворотом шпинделя станка; *в*, *г* — в специальных приспособлениях; D_r — главное движение резания; $D_{спр}$, $D_{споп}$ — соответственно продольное и поперечное движение подачи

Контроль плоскостности обработанной поверхности производят лекальной линейкой и щупом. Более высокую точность контроля дает применение лазерных интерферометров и оптических автоколлиматоров. Наклонные плоскости и скосы контролируют шаблонами.

8.2. ФРЕЗЕРОВАНИЕ ПАЗОВ, УСТУПОВ И РАЗРЕЗАНИЕ ЗАГОТОВОК

Обработка пазов на фрезерных станках различных типов осуществляется концевыми, дисковыми и фасонными фрезами (рис. 8.4).

Пазы различают прямоугольные, Т-образные, типа «ласточкин хвост», фасонные, сквозные, открытые, закрытые и др.

Сквозные прямоугольные пазы чаще всего фрезеруют дисковыми трехсторонними или концевыми фрезами (рис. 8.4, а, в). При фрезеровании точного паза диаметр концевой фрезы (или ширина дисковой фрезы) должен быть меньше его ширины, и фрезерование на заданный размер производится за несколько ходов. Обработка пазов концевыми фрезами требует правильного выбора направления вращения шпинделя станка относительно направления винтовых канавок фрез.

Фрезерование замкнутых пазов (например, для врезных призматических шпонок) производят на вертикально-фрезерных станках концевыми фрезами, диаметр которых на 1...2 мм меньше ширины паза.

Криволинейные пазы фрезеруют фасонными фрезами за один рабочий ход на полную их глубину; возможно фрезерование одновременно двух (и более) пазов набором фрез (рис. 8.4, б).

Фрезерование пазов специальных профилей — Т-образных и типа «ласточкин хвост» — производят на вертикально- или продольно-фрезерных станках за три (Т-образные пазы) или два (пазы типа «ласточкин хвост») хода. Учитывая неблагоприятные условия работы Т-образных и одноугловых фрез, используемых при выполнении указанных операций, подача на зуб S_z не должна превышать 0,03 мм, скорость резания 20...25 м/мин.

Шпоночные пазы на валах подразделяют на сквозные, открытые, закрытые и полузакрытые. Они бывают призматическими, сегментными (рис. 8.4, в), клиновыми. Заготовку вала удобно закреплять на столе станка в призме. Призма 2 (рис. 8.5) имеет направляющий шип, который входит в Т-образный паз стола, тем

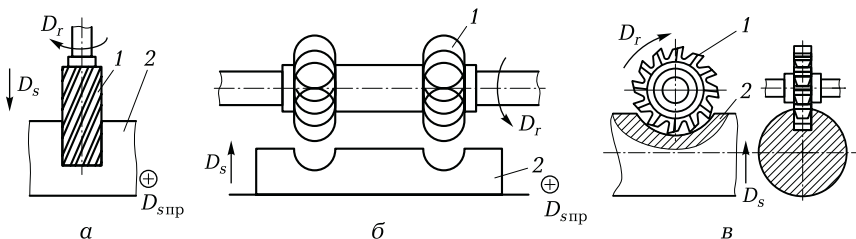


Рис. 8.4. Схемы обработки пазов концевой (а), фасонной (б) и дисковой шпоночной (в) фрезами на фрезерных станках:

1 — фреза; 2 — заготовка

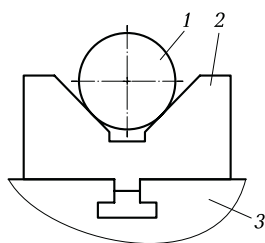


Рис. 8.5. Установка призмы на столе станка:
1 — заготовка; 2 — призма; 3 — стол

самым ориентируя ее правильное положение относительно направления продольного движения подачи стола 3. Для коротких заготовок 1 достаточно одной призмы; при большой длине вала используют две призмы.

Шпоночные пазы фрезеруют пазовыми дисковыми, шпоночными дисковыми или концевыми фрезами. Пазовую и шпоночную фрезы нужно устанавливать в диаметральной плоскости заготовки.

Фрезерование открытых шпоночных пазов с выходом канавки по окружности, радиус которой равен радиусу фрезы, производят дисковыми фрезами. Пазы, в которых не допускается выход канавки по радиусу окружности, фрезеруют концевыми или шпоночными фрезами.

Гнезда под сегментные шпонки фрезеруют концевыми и дисковыми фрезами на горизонтально- и вертикально-фрезерных станках.

Для получения точных по ширине шпоночных пазов обработку ведут на специальных шпоночно-фрезерных станках с маятниковым движением подачи (рис. 8.6). При таком способе обработки фреза врежется в заготовку на глубину $0,2 \dots 0,4$ мм и фрезерует паз по всей его длине, затем снова врежется в заготовку на такую же глубину и снова фрезерует паз по всей его длине, но в другом направлении.

При фрезеровании шпоночных пазов шпоночными концевыми фрезами рекомендуется следующий режим резания: $S_z = 0,02 \dots$

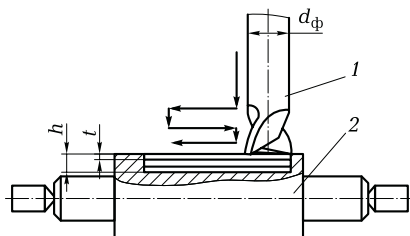


Рис. 8.6. Схема фрезерования шпоночного паза на специальном шпоночно-фрезерном станке:

1 — концевая шпоночная фреза; 2 — заготовка; d_{Φ} — диаметр шпоночной фрезы; h — глубина паза; t — припуск, снимаемый за один рабочий ход

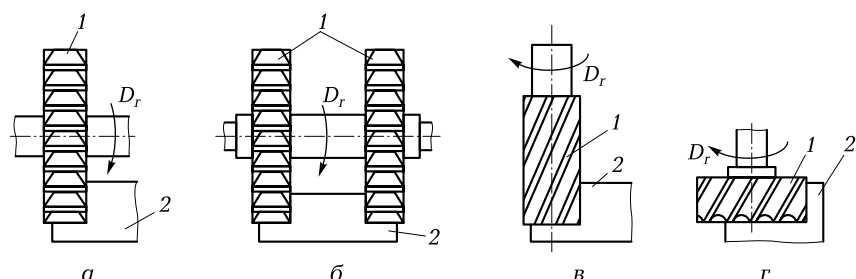


Рис. 8.7. Схемы обработки уступов дисковыми (а, б), концевой (в) и торцовой (г) фрезами:

1 — фреза; 2 — заготовка

0,04 мм/зуб, $v = 15 \dots 20$ м/мин; а при использовании дисковых пазовых фрез — $S_z = 0,03 \dots 0,06$ мм/зуб, $v = 25 \dots 40$ м/мин.

Уступы — две взаимно-перпендикулярные плоскости — фрезеруют на горизонтально-фрезерных (рис. 8.7, а, б) и вертикально-фрезерных (рис. 8.7, в, г) станках дисковыми, концевыми, торцовыми фрезами, а также набором фрез. Уступы больших размеров фрезеруют торцовыми фрезами.

Для заготовок из легкообрабатываемых материалов и из материалов средней трудности обработки с большой глубиной фрезерования применяют дисковые фрезы с нормальными и крупными зубьями.

Фрезерование заготовок из труднообрабатываемых материалов выполняют фрезами с нормальными и мелкими зубьями.

При фрезеровании уступов следует использовать дисковые фрезы, ширина которых на 5...6 мм больше ширины уступа. В этом случае точность ширины уступа не зависит от ширины фрезы.

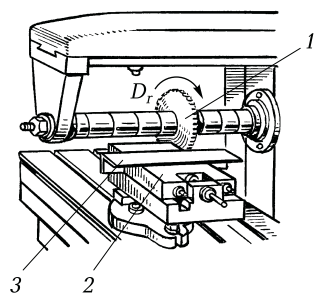


Рис. 8.8. Разрезание заготовки:
1 — отрезная фреза; 2 — тиски; 3 — заготовка

Таблица 8.1. Измерительные инструменты для контроля после фрезерования

Обрабатываемые поверхности	Режущие инструменты	Станок	Приспособление	Измерительные инструменты
Сквозные прямоугольные пазы	Дисковая трехсторонняя фреза	Горизонтально-фрезерный	Тиски	Штангенциркуль, штангенрейсмус, индикатор, измерительная линейка, шаблон
	Концевая фреза	Вертикально-фрезерный		
Шпоночные пазы	Дисковая трехсторонняя фреза	Горизонтально-фрезерный	Специальные тиски, призмы, прихваты	Штангенциркуль, штангенрейсмус, шаблон, угольник
	Шпоночная фреза	Вертикально-и горизонтально-фрезерный		
Уступ с одной или двух сторон	Дисковая одно-и трехсторонняя фреза	Горизонтально-фрезерный	Тиски	Штангенциркуль, штангенрейсмус, измерительная линейка
Разрезание заготовок	Дисковая отрезная фреза	Горизонтально-фрезерный	Тиски	Штангенциркуль, штангенрейсмус, измерительная линейка, угольник

Разрезание заготовок производят отрезными и прорезными фрезами. Диаметр отрезной фрезы 1 (рис. 8.8) следует выбирать минимально возможным; чем меньше диаметр фрезы, тем выше ее жесткость и виброустойчивость.

Заготовку 3 чаще всего устанавливают и закрепляют в тисках 2. Отрезание тонкого листового материала и его разрезание на полосы предпочтительнее производить при попутном фрезеровании и небольших подачах ($S_z = 0,01 \dots 0,03$ мм/зуб). Скорость резания отрезных и прорезных фрез из быстрорежущей стали при обработке заготовок из серого чугуна составляет 12...65 м/мин, из ковкого чугуна — 27...75 м/мин, из стали — 24...60 м/мин.

Измерительные инструменты, рекомендуемые для контроля фрезеруемых пазов, уступов и разрезанных заготовок, приведены в табл. 8.1.

8.3. ФРЕЗЕРОВАНИЕ ФАСОННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Простейшим способом фрезерования фасонных поверхностей является обработка одной фасонной фрезой (рис. 8.9) или набором фасонных фрез.

Приемы фрезерования крупных заготовок с выпуклыми и вогнутыми поверхностями показаны на рис. 8.10. Например, на вертикально-фрезерном станке необходимо обработать выпуклые и вогнутые поверхности заготовки пуансона гибочного штампа. Перед началом работы предварительно устанавливают на поворотном столе 6 (рис. 8.10, а) и слегка закрепляют болтами 8 угловую плиту 7.

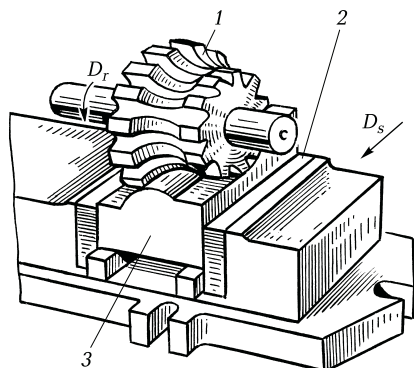


Рис. 8.9. Фрезерование фасонной поверхности:

1 — фасонная фреза; 2 — тиски; 3 — заготовка

Затем к угловой плите прикладывают заготовку 1 пуансона и закрепляют ее с двух сторон струбцинами 2 и 5. В шпиндель 4 станка вставляют концевую фрезу 3, прикладывают к ее периферийной части иглу чертилки 10 (рис. 8.10, в) и приклеивают мастикой 9.

С помощью маховиков продольного и поперечного перемещений стола и маховика вертикальной шпиндельной головки подводят иглу к размеченной дуге окружности на заготовке 1 пуансона, но острие иглы чертилки не доводят до поверхности заготовки на 0,5... 1,0 мм.

Вращением маховика поворотный стол 6 (см. рис. 8.10, а) поворачивают и, слегка передвигая по столу угловую плиту 7 с заготовкой, устанавливают ее таким образом, чтобы риска располагалась под острием иглы (см. рис. 8.10, в). После этого окончательно закрепляют болтами 8 (см. рис. 8.10, а) угловую плиту 7 на столе станка и начинают обработку профиля пуансона, при этом периодически проверяют его радиус по шаблону, а высоту профиля — микрометром.

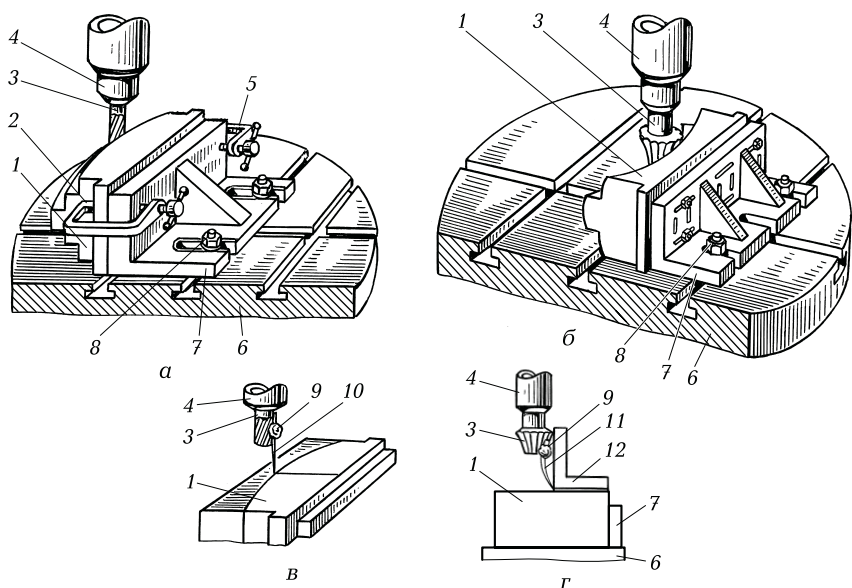


Рис. 8.10. Приемы фрезерования заготовок с выпуклыми (а, в) и вогнутыми (б, г) поверхностями:

1 — заготовка; 2, 5 — струбцины; 3 — концевая фреза; 4 — шпиндель; 6 — стол; 7 — угловая плита; 8 — болт; 9 — мастика; 10 — чертилка; 11 — проволока; 12 — угольник

На рис. 8.10, б, г показаны приемы фрезерования вогнутой поверхности на заготовке вкладыша пресс-формы. В шпиндель 4 (см. рис. 8.10, б) станка вставляют концевую радиусную фрезу 3, прикладывают между ее зубьями изогнутый кусочек латунной проволоки 11 диаметром 1,5 мм с запыленным острым концом (см. рис. 8.10, г) и приклеивают его мастикой 9. На заготовку 1 устанавливают угольник 12 и прикладывают его к режущей части фрезы 3, после чего слегка отгибают проволоку таким образом, чтобы ее острый конец коснулся плоскости угольника.

Убедившись, что конец отогнутой проволоки находится в одной плоскости с осью фрезы, не изменяя положения фрезы с иглой, снимают угольник 12 и с помощью маховиков продольного и поперечного перемещений стола 6 и маховика вертикальной подачи шпинделя подводят острый конец проволоки к заготовке 1. Затем, вращая вручную поворотный стол 6, слегка перемещают по столу угловую плиту 7 до тех пор, пока острый конец проволоки не совместится с размеченной риской на заготовке. После этого окончательно закрепляют болтами 8 (см. рис. 8.10, б) угловую плиту 7 на поворотном столе 6 и начинают обработку вогнутой цилиндрической поверхности вкладыша матрицы пресс-формы.

8.4. ИЗГОТОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ, ИМЕЮЩИХ СОПРЯЖЕННЫЕ ПЛОСКОСТИ

Сопряженные плоскости одной детали могут быть параллельными, перпендикулярными или расположенными под любым углом.

Прямоугольные и квадратные призмы, куб, шестигранник, пирамида являются примерами деталей с сопряженными плоскостями. Изготавливают такие детали на вертикально- и горизонтально-фрезерных станках торцовыми, концевыми и цилиндрическими фрезами, а также наборами фрез. На столе станка заготовки закрепляются в универсальных или в специальных приспособлениях.

Фрезерование прямоугольного бруска. Фрезеровщику в процессе работы часто приходится обрабатывать заготовки в виде прямоугольного бруска (призмы) (рис. 8.11). Для обработки важно правильно выбрать базу и последовательность фрезерования поверхностей.

Сначала заготовку закрепляют в машинных тисках таким образом, чтобы обеспечить обработку поверхности 1, имеющей наибольшую площадь (рис. 8.11, а), т.е. заготовку в первом переходе устанавливают в тисках так, чтобы противоположная ее поверх-



Рис. 8.11. Последовательность обработки параллельных и взаимно-перпендикулярных поверхностей бруса:

а...г — схемы расположения заготовки в зажимном приспособлении; 1...4 — обрабатываемые поверхности; 5 — прокладка

ность 4 опиралась на направляющую поверхность тисков или на две параллельные подкладки равной высоты.

Во втором переходе (рис. 8.11, б) заготовку устанавливают обработанной поверхностью 1 к неподвижной губке тисков и прижимают к ней через прокладку 5 круглого сечения, чтобы исключить перекося заготовки. В такой позиции фрезеруют поверхность 2 бруса, смежную с базовой поверхностью 1.

Второй и третий переходы (рис. 8.11, в) обеспечивают получение прямого угла между поверхностями 1 и 2, 1 и 3.

В последнем, четвертом, переходе (рис. 8.11, г) базой служит поверхность 1. Брусок устанавливают поверхностью 1 на парные равной высоты параллельные подкладки и, проверив параллельность его базовой поверхности 1 и стола, заготовку окончательно закрепляют.

При правильно выполненной обработке поверхности 1 и 4 бруска должны быть параллельны между собой и перпендикулярны поверхностям 2 и 3.

Приведенная последовательность обработки бруска рациональна как при черновом, так и при чистовом фрезеровании.

При чистовой обработке во избежание повреждения обработанных поверхностей в процессе закрепления заготовки на губки тисков обычно надевают прокладки из листовой латуни или меди.

Фрезерование квадратов и шестигранников на цилиндрических хвостовиках. При фрезеровании *квадрата* на цилиндрической заготовке закрепление выполняют в зависимости от ее длины одним из следующих способов:

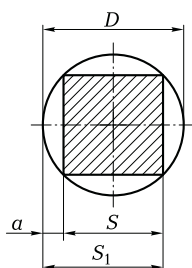
- в трехкулачковом патроне;
- в трехкулачковом патроне и центре задней бабки;

- в поводковом патроне и центрах универсальной делительной головки и задней бабки.

Фрезерование граней квадратов производят на горизонтально- и вертикально-фрезерных станках концевыми, торцовыми, дисковыми фрезами, а также набором дисковых фрез с закреплением заготовки в патроне делительной головки.

Фрезерование на цилиндрическом хвостовике диаметром D первых двух граней квадрата со стороной S выполняют, пользуясь установочным размером $S_1 = 0,854D$, который определяют по табл. 8.2. При фрезеровании третьей и четвертой граней квадрата используют размер S , составляющий $0,707D$. Размер a рассчитывают по формуле $a = 0,146D$ или определяют по табл. 8.2 в зависимости от диаметра хвостовика.

Таблица 8.2. Размеры, мм, для настройки станка при фрезеровании квадратов



D	S	S_1	a
3	2,12	2,56	0,44
4	2,83	3,42	0,59
5	3,54	4,27	0,73
6	4,24	5,12	0,88
7	4,95	5,98	1,03
8	5,66	6,83	1,17
9	6,36	7,69	1,33
10	7,07	8,54	1,47

Продолжение табл. 8.2

D	S	S_i	a
11	7,78	9,39	1,61
12	8,48	10,25	1,77
13	9,19	11,1	1,91
14	9,9	11,96	2,06
15	10,6	12,81	2,21
16	11,31	13,66	2,35
17	12,02	14,52	2,50
18	12,73	15,37	2,64
19	13,43	16,23	2,80
20	14,14	17,08	2,94
21	14,85	17,93	3,08
22	15,55	18,79	3,24
23	16,26	19,64	3,38
24	16,97	20,5	3,53
25	17,68	21,35	3,67
26	18,38	22,2	3,82
27	19,09	23,06	3,97
28	19,8	23,91	4,11
30	21,21	25,62	4,41
32	22,62	27,33	4,71
33	23,33	28,18	4,85
34	24,04	29,04	5,00
35	24,75	29,89	5,14
36	25,45	30,74	5,29
38	26,87	32,45	5,88
40	28,28	34,16	5,88
42	29,69	35,87	6,18

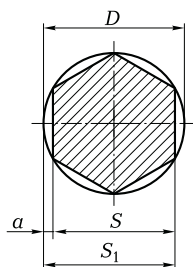
Окончание табл. 8.2

D	S	S_1	a
44	31,11	37,58	6,47
45	31,82	38,43	6,61
46	32,52	39,28	6,76
48	33,94	40,99	7,05
50	35,35	42,70	7,35
55	38,89	46,97	8,08
60	42,42	51,24	8,82
65	45,99	55,51	9,55
70	49,49	59,78	10,29
75	53,03	64,05	11,02
80	56,55	68,32	11,76
85	60,1	72,59	12,49
90	63,63	76,86	13,23
95	67,17	81,13	31,96
100	70,7	85,40	14,70
17	12,00	14,50	2,50
19,8	14,00	16,85	2,85
24	17,00	20,50	3,50
26,4	19,00	22,95	3,95
31,1	22,00	26,55	4,55
33,9	24,00	28,95	4,95
38,2	27,00	32,60	5,60
42,4	30,00	36,20	6,20
45,4	32,00	38,70	6,70
51	36,00	43,50	7,50

Примечание. D — диаметр заготовки; S — размер стороны квадрата; S_1 и a — настроечные размеры.

При фрезеровании первых трех граней **шестигранников** используют установочный размер $S_1 = 0,933D$, определяемый по табл. 8.3; при обработке четвертой, пятой и шестой граней — размер S , составляющий $0,866D$. Размер a определяется соотношением $a = 0,067D$.

Таблица 8.3. Размеры, мм, для настройки станка при фрезеровании шестигранников



D	S	S_1	a
3	2,60	2,80	0,20
4	3,46	3,73	0,27
5	4,34	4,67	0,34
6	5,20	5,60	0,40
7	6,06	6,53	0,47
8	6,93	7,46	0,53
9	7,79	8,40	0,61
10	8,66	9,33	0,67
11	9,53	10,26	0,73
12	10,39	11,20	0,81
13	11,26	12,13	0,87
14	12,12	13,06	0,94
15	12,99	14,00	1,01
16	13,86	14,93	1,07
17	14,12	15,86	1,14
18	15,59	16,79	1,20

Продолжение табл. 8.3

D	S	S_1	a
19	16,45	17,73	1,28
20	17,32	18,66	1,34
21	18,19	19,59	1,40
22	19,05	20,53	1,48
23	19,92	21,45	1,54
24	20,78	22,39	1,61
25	21,65	23,33	1,68
26	22,52	24,26	1,74
27	23,38	25,19	1,81
28	24,25	26,12	1,87
30	25,98	27,99	2,01
32	27,71	29,86	2,15
33	28,58	30,79	2,21
34	29,44	31,72	2,28
35	30,31	32,66	2,35
36	31,18	33,59	2,41
38	32,91	35,45	2,54
40	34,64	37,32	2,68
42	36,37	39,19	2,82
44	38,10	41,05	2,95
45	38,97	41,99	3,02
46	39,84	42,92	3,08
48	41,57	44,78	3,21
50	43,30	46,65	3,35
55	47,63	51,52	3,69
60	51,96	55,98	4,02
65	56,29	60,65	4,36

Окончание табл. 8.3

D	S	S_1	a
70	60,62	65,31	4,69
75	64,95	69,98	5,03
80	69,28	74,64	5,36
85	73,61	79,31	5,70
90	77,94	83,97	6,03
95	82,27	88,64	6,37
100	86,50	93,30	6,70
11,5	10,00	10,75	0,75
13,8	12,00	12,90	0,90
16,2	14,00	15,10	1,10
19,6	17,00	18,30	1,30
21,9	19,00	20,45	1,45
25,4	22,00	23,70	1,70
27,7	24,00	25,85	1,85
31,2	27,00	29,10	2,10
34,6	30,00	32,30	2,30
36,9	32,00	34,45	2,45

Примечание. D — диаметр заготовки; S — размер под гаечный ключ; S_1 и a — настроечные размеры.

При обработке шестигранников более высокая производительность обеспечивается применением набора дисковых фрез.

Взаимное расположение сопряженных плоскостей (параллельных и перпендикулярных), обработанных с переустановкой заготовок в тисках универсального фрезерного станка, контролируют с помощью штангенциркулей, угольников, лекальных линейек, рейсмусов.

Плоскости, расположенные под тупыми и острыми углами, контролируют шаблонами и рейсмусами, независимо от того, какими фрезами производят обработку: цилиндрическими или торцовыми.

8.5. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ЭТАПОВ ВЫБОРА РЕЖИМА РЕЗАНИЯ

Этапы выбора режима резания и режущего инструмента при фрезеровании приведены в табл. 8.4.

Таблица 8.4. Этапы выбора режима резания и инструмента

Этап	Содержание этапа	Исходные данные
1	Выбор глубины резания t , типа и параметров фрезы ($d_{\text{фр}}$, B , z)	<ol style="list-style-type: none"> Чертежи обрабатываемой заготовки и детали. Конфигурация обрабатываемой поверхности (плоскость, уступ, паз). Ширина B и глубина t фрезерования. Характер обработки*
2	Выбор материала фрезы	<ol style="list-style-type: none"> Обрабатываемый материал и его твердость НВ. Характер обработки*. Условия обработки**
3	Назначение геометрических параметров фрезы. Выбор типа-размера фрезы по ГОСТам	<ol style="list-style-type: none"> Инструментальный материал. Диаметр фрезы $d_{\text{фр}}$. Обрабатываемый материал и его твердость НВ. Конструктивные параметры фрезы
4	Назначение подачи на зуб S_z	<ol style="list-style-type: none"> Обрабатываемый материал и его твердость НВ. Тип фрезы и инструментальный материал. Вид фрезеруемой поверхности. Параметр шероховатости обрабатываемой поверхности. Глубина резания t. Характер обработки*. Вылет фрезы
5	Определение периода T стойкости фрезы	<ol style="list-style-type: none"> Диаметр фрезы $d_{\text{фр}}$. Инструментальный материал

Этап	Содержание этапа	Исходные данные
6	Определение скорости резания v	<ol style="list-style-type: none"> 1. Обрабатываемый материал и его твердость НВ. 2. Глубина резания t. 3. Подача на зуб S_z. 4. Период стойкости T фрезы. 5. Условия** и характер* обработки
7	Определение частоты вращения фрезы по формуле $n_{\text{фр}} = \frac{1000}{\pi d_{\text{фр}}}$	<ol style="list-style-type: none"> 1. Скорость резания v. 2. Диаметр фрезы $d_{\text{фр}}$
8	Определение фактической частоты вращения фрезы $n_{\text{факт}}$	Паспорт станка
9	Определение фактической скорости резания по формуле $v_{\text{факт}} = \frac{\pi d_{\text{фр}} n_{\text{факт}}}{1000}$	Фактическая скорость резания не должна превышать рекомендованную справочником (см. этап 6)

* Черновая, получистовая или чистовая.

** С охлаждением или без него.

После определения скорости резания и подачи необходимо скорректировать их значения по паспорту станка. Выбирают ближайшую большую частоту вращения фрезы (шпинделя станка), если она не превышает 10 %, в противном случае — меньшую.

8.6. НАЛАДКА ФРЕЗЕРНЫХ СТАНКОВ

Методы наладки станков. Под *наладкой* металлорежущего станка понимают его подготовку вместе с технологической оснасткой к изготовлению деталей с заданной производительностью в соответствии с установленным технологическим процессом для обеспечения требуемых точности и шероховатости поверхностей.

Комплекс работ по наладке станка включает в себя настройку определенных режимов резания, установку зажимных приспособлений, режущего и вспомогательного инструментов и другие

вспомогательные операции. После наладки обрабатывают две-три заготовки и проверяют их размеры. Если полученные после обработки размеры не соответствуют указанным на чертеже, производят подналадку инструмента на требуемый размер или регулировку установочного приспособления.

Для обеспечения требуемых режимов резания производят настройку станка. **Настройкой станка** называют его кинематическую подготовку к выполнению заданной операции по установленным режимам резания согласно технологическому процессу.

По характеру выполнения различают первоначальную и текущую наладку технологического оборудования. **Первоначальная наладка** производится в два этапа: непосредственно после сборки на заводе — изготовителе оборудования и на заводе — потребителе оборудования (у заказчика) после его монтажа. **Текущая наладка** осуществляется в процессе эксплуатации технологического оборудования.

Если в процессе обработки одной и той же заготовки или при переходе на обработку другой заготовки происходит изменение наладочного размера, выполняют **подналадку** — дополнительную регулировку оборудования и (или) оснастки для восстановления технических параметров, достигнутых при наладке. Необходимость подналадки может быть вызвана износом инструмента, упругими или тепловыми деформациями механизмов станка и т. д.

При переходе на обработку другой заготовки необходимо установить новый режим обработки, сменить или отрегулировать приспособление, заменить или наладить режущий инструмент. По окончании подналадки станок должен обеспечить выполнение заданных функций по изготовлению детали с требуемыми качеством и производительностью.

Существует **бесподналадочная смена режущего инструмента**, которая заключается в том, что новый инструмент, настроенный на заданный размер с помощью специального приспособления вне станка, заменяет изношенный без последующей корректировки его положения на станке. Требуемое положение режущей кромки инструмента относительно его установочной базы достигается точным изготовлением или регулировкой.

Типовыми считаются следующие методы наладки металлорежущих станков: по пробному рабочему ходу, пробным деталям, готовой детали или эталону (шаблону).

Метод наладки по пробному рабочему ходу применяется отдельно для каждой новой детали, т. е. обрабатывают небольшой

участок поверхности заготовки, измеряют полученный размер и корректируют глубину резания с помощью лимбов станка, индикаторных упоров или универсальных измерительных устройств. После достижения расчетного наладочного размера обрабатывают всю поверхность. Достоинством этого метода наладки являются его простота и независимость от способа базирования заготовки, а недостатком — потери рабочего времени.

Метод наладки по пробным деталям заключается в предварительном расчете настроенного размера и последующей проверке его измерением 3...5 обработанных на станке деталей. Наладка станка признается правильной, если среднее арифметическое значение размеров пробных деталей находится в пределах рационального настроенного размера. Достоинством данного метода является наличие информации о действиях рабочего, необходимых для получения заданных размеров деталей, а недостатком — потери времени на расчет настроенного размера, изготовление пробных деталей и расчет среднего арифметического значения размеров пробных деталей.

Методы наладки по первой готовой детали или эталону (шаблону) заключаются в установке на неработающем станке инструмента до касания с деталью (эталон, шаблоном). При таком методе наладки используют ранее изготовленную деталь с размерами, приближающимися к наименьшим предельным размерам ее по чертежу. Этот метод не имеет недостатков ранее описанных методов.

Порядок первоначальной наладки станка на заводе-потребителе. По окончании монтажа, т. е. установки станка на фундаменте и подключения необходимых коммуникаций (смазочно-охлаждающей жидкости, сжатого воздуха и пр.), начинается второй этап первоначальной его наладки, включающий в себя следующие работы:

1) детальное изучение руководства по обслуживанию станка, особенностей его конструкции и работы, принципа действия органов управления и системы блокировок, назначения всех кнопок и сигнальных лампочек, рекомендаций по наладке оборудования, а также общих и специальных правил охраны труда при работе на станках данного типа;

2) подготовку рабочего места около обслуживаемого оборудования, т. е. рациональное расположение инвентаря (стола, шкафа для инструмента и оснастки и пр.), инструмента и других принадлежностей;

3) удаление (при необходимости) со станка антикоррозионного покрытия и проведение смазочных работ в соответствии с инструкцией;

4) подготовку к пуску системы электрооборудования с выполнением всех правил безопасности труда;

5) проверку наличия смазочного материала и, при необходимости, наладку работы предохранительного клапана;

6) подготовку к пуску гидропривода и проверку направления вращения электродвигателей гидростанций, состояния фильтров, заполнения маслом трубопроводов с удалением из гидросистемы воздуха;

7) проверку подачи сжатого воздуха и смазочно-охлаждающей жидкости (СОЖ);

8) визуальную проверку состояния направляющих станин, столов, суппортов и других узлов (отсутствие забоин, ржавчины и других дефектов).

После выполнения указанных работ и устранения всех выявленных недостатков производят первоначальный пуск оборудования; оно должно работать на холостом ходу в течение 2... 4 ч.

В процессе пуска проверяют поступление масла в достаточном количестве во все предусмотренные точки. Смазывание станка осуществляют согласно карте, приведенной в руководстве по его обслуживанию.

Проверяют отсутствие утечек масла в местах присоединений трубопроводов, стыков гидропанелей, крышек и в других местах.

Устанавливают соответствие давления масла в гидросистемах и воздуха в пневмосистемах заданным значениям.

Контролируют срабатывание кнопок «Пуск» и «Стоп», сигнальных лампочек и блокировок отдельных узлов оборудования.

Проверяют плавность перемещений (отсутствие рывков и заклиниваний) стола, салазок и других движущихся узлов, а также отсутствие заеданий и повышенного шума при работе зубчатых, червячных, цепных и других передач.

Текущая наладка. По окончании испытания оборудования на холостом ходу и устранения выявленных недостатков выполняют наладку станка на изготовление конкретной детали, включающую в себя:

- доставку комплектов режущего, измерительного и вспомогательного инструментов по номенклатуре, указанной в технологической операционной карте, и в необходимом количестве;
- получение необходимого числа заготовок и отбраковку негодных;
- установку по операционной карте наладки заданных значений частоты вращения шпинделя и скорости подачи при перемещениях подвижных узлов станка, для этого настраивают коробки скоростей, подачи и гитары.

Затем производят расстановку электрических, гидравлических и пневматических упоров, проверяют работу органов управления перемещениями узлов, установку зажимных патронов и приспособлений и выверяют правильность расположения режущего инструмента (настройку на размер) согласно операционному чертежу.

Для примера рассмотрим более подробно некоторые этапы наладки горизонтально-фрезерного консольного станка.

Прежде чем приступить к наладке фрезерного станка проверяют его готовность к работе, т. е. исправность и готовность к выполнению различных операций фрезерования. На холостом ходу проверяют выполнение станком команд пуска и останова электродвигателя, включения и выключения вращения шпинделя, включения и выключения механических подач стола. Убедившись в исправности станка, приступают к его наладке. Время пуска оборудования в начале каждой смены не должно превышать 0,5 ч.

1. *Выбор метода обработки.* В зависимости от материала заготовки устанавливают метод обработки: встречное или попутное фрезерование. Встречное фрезерование применяют для вязких материалов, а попутное — для хрупких в целях предотвращения выкрашивания кромки заготовки. При попутном фрезеровании, допустимом на станке с соответствующей конструкцией механизма подач, до начала работы необходимо устранить зазор (мертвый ход) в паре винт — гайка механизма перемещения стола.

2. *Настройка режимов резания.* При настройке по карте наладки (или по карте, заданной мастером) частоты вращения шпинделя необходимо в коробке скоростей 3 (см. рис. 3.2) установить рукоятку и лимб в положения, соответствующие совпадению установленной частоты вращения с заданной. При несовпадении на данном станке частоты вращения шпинделя с заданной устанавливают ближайшее ее значение.

Аналогично производят наладку заданной подачи в коробке 13: совмещается положение рукоятки 16 с лимбом.

Движение подачи в горизонтально-фрезерных консольных станках выполняется столом 7, перемещающимся в трех направлениях: продольном, поперечном и вертикальном.

Расчет режима резания производят по кинематической схеме станка (см. рис. 3.15).

Перед началом обработки на станке следует выполнить надежный зажим салазок, по которым перемещается стол, а также консоли на стойке станка. В зависимости от габаритных размеров за-

готовки (зажимного приспособления), установленной на столе, следует определить необходимые значения его ходов (с учетом перебега инструмента) и расставить кулачки, ограничивающие ход и выключающие механическую подачу стола.

3. *Наладка режущего инструмента.* Цилиндрические и дисковые фрезы закрепляют на оправке, конический хвостовик которой затягивают в конусе шпинделя шомполом. Фрезерные оправки могут быть длинными или короткими (концевыми). Свободный конец длинной оправки в горизонтально-фрезерных консольных станках поддерживается кронштейном хобота. Цилиндрические, дисковые, угловые и другие фрезы устанавливаются на горизонтально-фрезерных станках с помощью оправок, диаметры которых должны соответствовать диаметрам посадочных отверстий фрез. Конусный хвостовик оправки должен соответствовать коническому отверстию переднего конца шпинделя станка.

Установку цилиндрической фрезы 8 (рис. 8.12) на длинной оправке 6 шпинделя 10 горизонтально-фрезерного станка производят с помощью промежуточных втулок 9. Фрезу следует располагать как можно ближе к торцу серьги (или к торцу шпинделя). Во избежание вибраций необходимо надежно закрепить фрезу на оправке с помощью шомпола 1 и гайки 5, а также серьгу 7 с помощью гайки 4, а хобот 3 на станине 11 гайкой 2.

После установки фрезы на станке проверяют радиальное биение ее режущих кромок.

4. *Наладка приспособлений для крепления заготовок.* При закреплении заготовки на станке необходимо соблюдать следующие правила: не должно нарушаться положение заготовки, достигну-

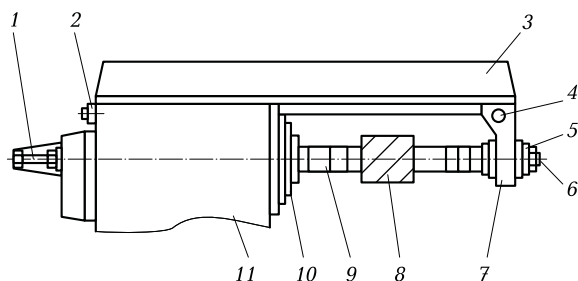


Рис. 8.12. Крепление фрезы на горизонтально-фрезерном консольном станке:

1 — шомпол; 2, 4, 5 — гайки; 3 — хобот; 6 — оправка; 7 — серьга; 8 — фреза; 9 — втулка; 10 — шпиндель; 11 — станина

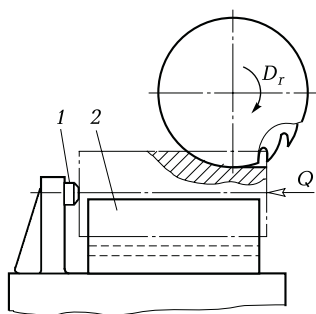


Рис. 8.13. Установка и закрепление валика при фрезеровании:

1 — опорный штырь; 2 — призма; Q — сила зажима; D_r — главное движение резания

тое при ее установке, а возникающие при креплении деформации заготовки должны находиться в допустимых пределах.

Выполнение указанных правил достигается рациональным выбором схемы закрепления заготовки и силы зажима. При выборе схемы закрепления заготовки необходимо учитывать следующие соображения. Для уменьшения силы зажима заготовку необходимо установить так, чтобы сила резания была направлена на установочные элементы приспособлений (опорный штырь, палец и др.), расположенные на линии действия этой силы или вблизи от нее (рис. 8.13). Для устранения деформации заготовки при закреплении силу зажима Q следует направлять перпендикулярно поверхности установочного элемента и так, как показано на рис. 8.14, а.

При закреплении тонкостенной заготовки коробчатой формы для уменьшения прогиба ее стенки вместо силы зажима Q (рис. 8.15, а), действующей посередине заготовки, следует приложить две силы $Q/2$ в точках А и Б (рис. 8.15, б).

Для уменьшения смятия поверхностей заготовок при закреплении необходимо применять в зажимных устройствах такие контактные элементы 1, 2, 3 (рис. 8.16), которые позволяют распределить силу зажима между двумя (рис. 8.16, а), тремя (рис. 8.16, б) точками или распределить ее равномерно по кольцевой поверхности (рис. 8.16, в).

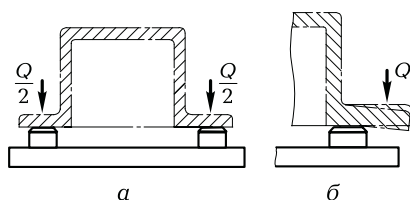
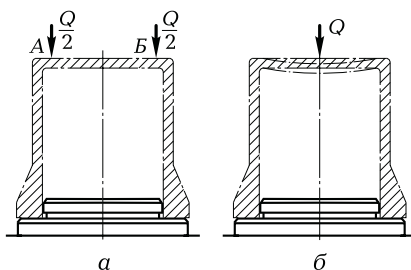


Рис. 8.14. Правильное (а) и неправильное (б) закрепление заготовки:

Q — усилие зажима

Рис. 8.15. Правильное (а) и неправильное (б) закрепление тонкостенной заготовки:

А, Б — точки приложения усилия Q



При работе на фрезерных станках высокие требования предъявляются к зажимному инструменту и резьбовым соединениям, что определяет их долговечность и безопасность работы.

Отвертки применяют для закрепления и отвинчивания винтов, имеющих прорезь (штифт). Основное требование, предъявляемое к отверткам, заключается в том, что лезвие (лопатка) отвертки должно иметь параллельные грани, обеспечивающие ему свободный вход на всю глубину шлица винта с небольшим зазором.

Гаечные ключи необходимы при фрезерных работах для закрепления болтами и гайками приспособлений или заготовок на столе станка. Головки гаечных ключей стандартизованы и имеют определенный размер, который указан на рукоятке ключа. Зазор

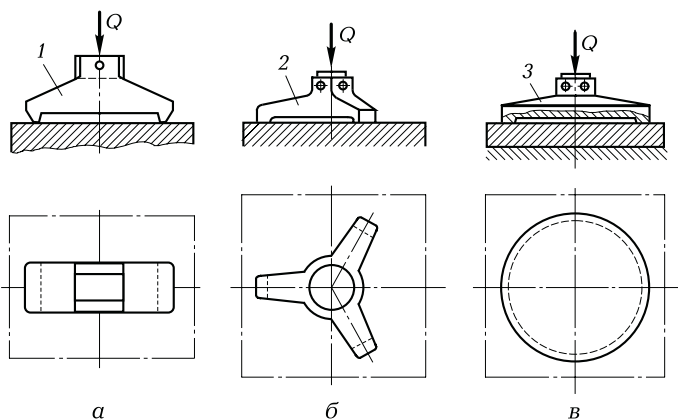


Рис. 8.16. Контактные элементы с двумя (а), тремя контактными поверхностями (б) и с контактной поверхностью кольцевой формы (в):

1, 2, 3 — контактные элементы; Q — усилие зажима

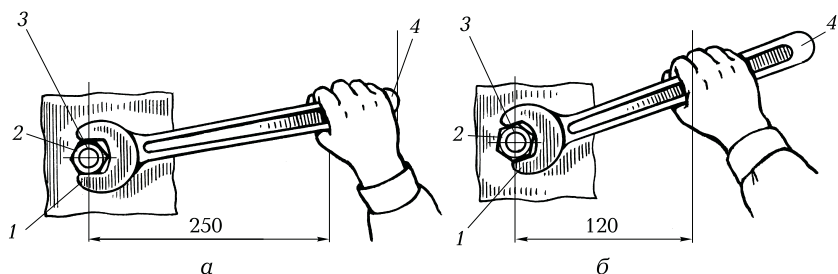


Рис. 8.17. Правильное (а) и неправильное (б) расположение рук при закреплении заготовки гаечным ключом:

1 — зев ключа; 2 — гайка; 3 — болт; 4 — рукоятка ключа

между гранями зева (захвата) гаечного ключа и гранями гайки или головки болта должен составлять 0,1 ... 0,3 мм. При большем зазоре ключ может сорваться с гайки или с головки болта и травмировать руки рабочего.

Гаечные ключи различают простые (одноразмерные), универсальные (раздвижные) и специального назначения.

Простыми ключами при наладке станка можно закручивать гайки одного размера и одной формы (рис. 8.17). Если рабочий правой рукой захватывает рукоятку 4 гаечного ключа на расстоянии 250 мм от его зева 1 и нажимает на нее примерно с силой 10...20 Н, то сила зажима гайки 2 и болта 3 будет составлять примерно 4 000...7 500 Н. Чем больше диаметр резьбы крепежных изделий и длиннее рукоятка используемого гаечного ключа, тем больше сила зажима заготовки.

В процессе наладки и эксплуатации металлорежущих станков периодически осуществляют проверку их геометрической точности (например, биение шпинделя) на соответствие нормам точности, указанным в паспорте оборудования. Проверку кинематической точности для фрезерных станков не выполняют.

8.7. ДЕФЕКТЫ, ВОЗНИКАЮЩИЕ ПРИ ФРЕЗЕРОВАНИИ, И СПОСОБЫ ИХ УСТРАНЕНИЯ

В табл. 8.5 приведены дефекты, возникающие при фрезеровании плоскостей, прямоугольных и фасонных пазов, уступов, а также способы их устранения.

Таблица 8.5. Дефекты, возникающие при фрезеровании, и способы их устранения

Дефект	Причина	Способ устранения
<i>Фрезерование плоскостей</i>		
Следы вибраций на обработанной поверхности	Плохо закреплены консоль, хобот или подвеска	Надежно закрепить консоль, хобот и подвеску
Волнистость поверхности	Большая подача	Уменьшить подачу
<i>Фрезерование прямоугольных и фасонных пазов и канавок</i>		
Ширина паза не соответствует размеру, указанному на чертеже	Неправильная настройка по шкале лимба подач	Внести поправку в настройку, т. е. учесть фактическую погрешность размера
	Неверно подобранный диаметр концевой фрезы или ширина дисковой фрезы	Заменить фрезу
Уступ на поверхности паза	Прекращение движения подачи стола в процессе фрезерования	Не прекращать подачу стола до полного выхода заготовки из-под фрезы
Недопустимое значение параметра шероховатости обработанной поверхности	Большая подача на зуб S_z	Уменьшить S_z
	Малая скорость резания	Увеличить скорость резания
	Плохо закреплены хобот, подвески или консоль	Надежно закрепить консоль, хобот и подвески
	Отсутствие или неправильный выбор смазочно-охлаждающей жидкости	Использовать смазочно-охлаждающую жидкость в соответствии с технологическими рекомендациями
<i>Фрезерование уступов</i>		
Ширины уступа не соответствует размеру, указанному на чертеже	Биение торцов дисковой фрезы или радиальное биение концевой фрезы	Устранить биение посредством переустановки фрезы, замены ее или оснастки

Дефект	Причина	Способ устранения
	Неправильная настройка по шкале лимба подач	Внести поправку в настройку; учесть фактическую погрешность размера
Глубина уступа не соответствует размеру, указанному на чертеже	То же	То же

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какими фрезами выполняют обработку плоскостей и каковы правила выбора и установки фрез с винтовыми канавками?
2. Какую точность размеров и какие параметры шероховатости поверхности обеспечивают фрезерованием?
3. Как осуществляют обработку заготовок с наклонными плоскостями и скосами?
4. С помощью какого измерительного инструмента контролируют обработку плоских и торцовых поверхностей?
5. Каковы особенности фрезерования шпоночных пазов на валах?
6. Каковы особенности фрезерования уступов?
7. Расскажите о технологии разрезания заготовок на фрезерных станках.
8. Каким измерительным инструментом производят контроль пазов, уступов и разрезанных заготовок?
9. Как обрабатывают фасонные поверхности на различных фрезерных станках?
10. В чем заключаются особенности обработки сложных фасонных поверхностей деталей штампов и пресс-форм?
11. Как правильно устанавливать набор фрез на оправку горизонтально-фрезерного станка?
12. Когда следует выполнять подналадку станка?
13. Расскажите об изготовлении бруска на фрезерном станке.
14. Назовите причины получения неудовлетворительной шероховатости обработанной поверхности и способы устранения этого дефекта.
15. Расскажите о порядке первоначальной наладки металлорежущего станка.

16. Как вы представляете деталь, имеющую сопряженные плоскости?
17. Что понимается под наладкой металлорежущего станка?
18. Как после фрезерования осуществляют контроль готовых деталей, имеющих сопряженные плоскости?
19. Каковы типовые методы наладки станка, их достоинства и недостатки?
20. Каковы требования к закреплению заготовки (на столе или в приспособлении) на фрезерном станке?

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ТРУДА ФРЕЗЕРОВЩИКА

9.1. ТРАВМИРУЮЩИЕ ФАКТОРЫ

При работе на фрезерных станках возможно травмирование рабочих, в том числе с тяжелым исходом, обусловленное различными факторами. Потенциально опасными травмирующими факторами являются фрезы, приводные и передаточные механизмы, отлетающая стружка, приспособления, заготовки и готовые изделия, движущиеся узлы станка, электрический ток и различные предметы.

Фрезы (цилиндрические, концевые, дисковые, торцовые), как правило, заводы — изготовители фрезерных станков не ограждают, и в руководствах по эксплуатации станков не дают рекомендаций (решений) по их ограждению. Работа фрез без ограждений приводит иногда к весьма серьезным травмам. Например, травма может произойти в результате захвата одежды станочника шпинделем станка или инструментом.

Приводные и передаточные механизмы могут наносить травмы рабочим в процессе наладки и ремонта станков.

Отлетающая стружка и пыль могут травмировать глаза станочника. Возможен также ожег его лица и рук. При обработке хрупких металлов (бронзы, латуни, чугуна, различных сплавов) и неметаллических материалов воздух рабочей зоны загрязняется пылью, содержащей нередко вредные компоненты (свинец, бериллий, асбест и др.). В этих случаях необходимы защитные очки и экраны на станках, но и они не полностью решают проблему. Из-за несовершенства применяемых средств сбора, удаления элементной стружки и обеспыливания зоны резания даже автоматические линии для обработки заготовок из чугуна приходится останавливать иногда на несколько дней для их очистки от пыли и мелкой стружки.

Повышение скоростей резания и точности обработки заставляет уделять значительное внимание защите ответственных частей станка (особенно направляющих) от загрязнений стружкой и пылью, предупреждая тем самым их износ. Создание средств непрерывного удаления стружки и пыли непосредственно от режущих инструментов позволило бы решить проблему комплексно, т.е. одновременно защитить и человека, и станок.

Приспособления для закрепления заготовки в большинстве случаев имеют оградительные устройства, которые поставяет завод-изготовитель, но в процессе эксплуатации станка их не всегда используют.

Заготовки и готовые изделия могут иногда нанести травмы в процессе обработки вследствие того, что заготовку может вырвать из приспособления, закрепляющего ее; при установке и съеме заготовки со станка вручную возможно ее падение на ноги станочника, а также защемление его рук.

Движущиеся узлы станков (столы вертикально- и горизонтально-фрезерных станков) могут травмировать рабочих только при отсутствии ограждающих барьеров.

Электрический ток как травмирующий фактор при работе на металлорежущих станках — явление довольно редкое, однако это серьезная опасность, поэтому предусматриваемые ограждения, блокировки и заземление станков должны быть всегда в исправном состоянии и соответствовать действующим нормам.

Травмы могут быть нанесены **различными предметами** в связи с падением человека, столкновением людей или наездом на них транспортных средств в механических и сборочных цехах машиностроительных заводов.

9.2.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ТРУДА ПРИ РАБОТЕ НА ФРЕЗЕРНЫХ СТАНКАХ

Основной особенностью любого фрезерования (цилиндрического, торцового) является прерывистое резание, поскольку каждый зуб, вступая в контакт с заготовкой, удаляет с ее поверхности поочередно свою порцию материала. Отлетающая стружка при этом представляет серьезную опасность для фрезеровщика.

При фрезеровании особое внимание следует уделять вибрациям, которые оказывают отрицательное влияние не только на период стойкости фрезы и качество обработанной поверхности, но и на здоровье фрезеровщика.

Вибрации возникают, прежде всего, из-за прерывистости самого процесса фрезерования, поэтому для их уменьшения или устранения необходимо, чтобы число одновременно работающих зубьев фрезы было как можно больше. Снижения интенсивности вибраций можно достичь применением фрез с неравномерным окружным шагом зубьев, а также посредством придания зубьям фрез оптимальных для заданных условий обработки геометрических параметров.

Причинами вибраций, например при работе горизонтально-фрезерных станков, являются ослабление крепления консоли, поперечных салазок, гаек серьги и хобота, неправильная установка фрезы относительно опор.

При появлении вибраций необходимо остановить станок и попытаться выяснить причины их возникновения. В ряде случаев приходится применять специальные устройства для гашения колебаний — виброгасители.

В процессе работы зубья фрезы затупляются; основные признаки затупления — появление вибраций, неровная (рваная) обработанная поверхность, чрезмерный ее нагрев. Дальнейшая эксплуатация затупившейся фрезы может привести к ее поломке, поэтому фрезеровщик обязан снять фрезу и передать ее на переточку.

С позиции обеспечения безопасности труда торцовое фрезерование по сравнению с цилиндрическим имеет следующие преимущества:

- большее число одновременно участвующих в резании зубьев, что повышает равномерность торцового фрезерования;
- более жесткое крепление на станке в связи с их малым вылетом из шпинделя;
- значительно меньшую вероятность выкрашивания режущих кромок, особенно при наличии пластин из твердых сплавов, так как толщина срезаемого ими слоя при врезании в заготовку минимальная.

На горизонтально-фрезерных станках фрезу (при некоторых видах работ) закрывают ограждением (рис. 9.1) или экранами, которые могут полностью ограждать зону резания вокруг фрезы или отдельные ее секторы. Часто в качестве защитного экрана используют отражательный щиток, который закрепляют на столе станка.

На рис. 9.2 показано ограждение всей зоны резания вертикально-фрезерного станка. Ограждение представляет собой устройство в виде четырех складывающихся створок 1, подвешенных на трубе 4 посредством ролика 3. Створки выполнены из двухслойного арми-

Рис. 9.1. Ограждение фрезы на горизонтально-фрезерном станке:
1 — фреза; 2 — ограждение



рованного стекла, что позволяет наблюдать за процессом резания. С помощью такого оградительного устройства можно быстро открыть и закрыть зону резания рукояткой 5. Рассеиванию стружки вдоль стола препятствуют боковые неподвижные щиты 2. Ограждающее устройство снабжено блокировкой, исключающей включение станка при открытом ограждении, и светильниками, обеспечивающими освещенность 150 лк при напряжении 36 В.

Такие ограждения предназначены защитить рабочего от травм отлетающей стружкой, пылевыми частицами и предупредить возможность травмирования его режущим инструментом.

Одним из основных требований, предъявляемых к ограждению зоны резания, является хорошая видимость места обработки. Материал такого ограждения должен обладать следующими свойствами: высокой ударной прочностью, хорошей сопротивляемо-

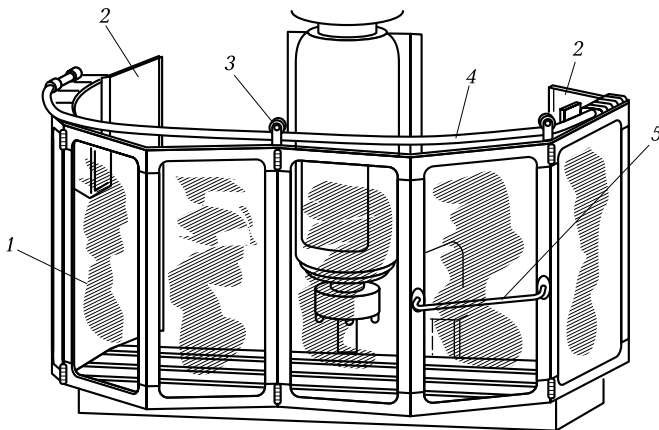


Рис. 9.2. Ограждение зоны резания вертикально-фрезерного станка:
1 — створка; 2 — неподвижный щит; 3 — ролик; 4 — труба; 5 — рукоятка

стью царапающему и истирающему воздействиям отлетающей металлической стружки и устойчивостью к ее высокой температуре. Рекомендуется применять двухслойное армированное стекло, особенно на универсальных станках.

Работа на универсальных станках производится так называемым контактным методом, при котором станочник почти все машинное время должен наблюдать за процессом резания через прозрачное ограждение зоны резания. Следовательно, ограждение должно быть не только прозрачным, но и прочным, а в случае удара по нему не давать острых осколков.

Во избежание получения травм фрезеровщик кроме общих правил безопасной работы на станках должен также соблюдать следующие правила, обусловленные особенностями фрезерных станков:

- надежно и жестко закреплять приспособления, фрезу и заготовки на станке;
- обязательно применять ограждения и приспособления для сбора и отвода стружки, а в случае невозможности их использования — средства индивидуальной защиты (очки или щитки);
- использовать для снятия заусенцев слесарный инструмент либо абразивный брусок для предотвращения ранения рук заусенцами или острыми кромками при снятии готовой детали, а также при ее измерении;
- не измерять заготовку в процессе фрезерования (рис. 9.3);

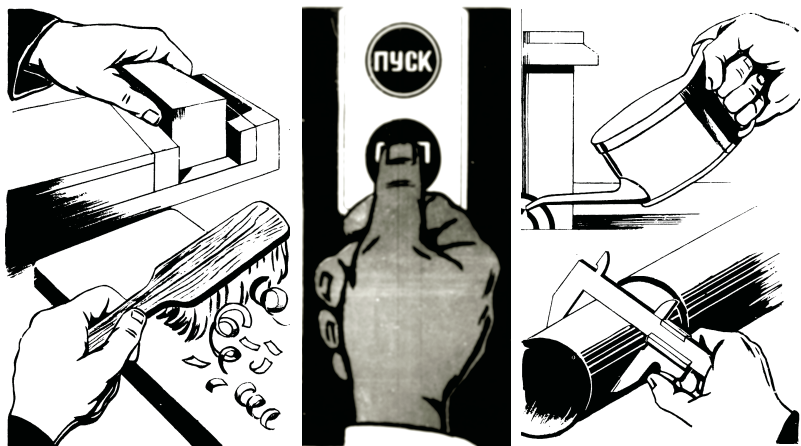


Рис. 9.3. Виды работ, при которых станок требуется выключать

- не обдуть стол сжатым воздухом и не убирать стружку металлической щеткой и крючками на работающем станке;
- удалять стружку в процессе работы только кисточкой с ручкой не менее 250 мм, не разбрасывать стружку по полу;
- удалять стружку с приспособления, стола и станины щеткой (см. рис. 9.3), а очищать от стружки и загрязнений пазы стола и другие труднодоступные места кисточкой или заостренной деревянной палочкой;
- собирать стружку с основания станка и убирать ее в специальный ящик;
- не работать на станке в рукавицах или перчатках, а также с забинтованными пальцами, не защищенными резиновыми напальчниками.

По окончании работы необходимо выключить станок, отключить его от электросети, убрать стружку, смазать направляющие, убрать режущий и измерительный инструменты.

Соблюдение чистоты и порядка на рабочем месте является залогом безопасной работы.

9.3. ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ТРУДА В ЦЕХАХ И НА ТЕРРИТОРИИ ПРЕДПРИЯТИЯ

Цветовое оформление, сигнальные цвета и знаки безопасности. Интерьер механического цеха включает в себя само помещение, технологическое оборудование, внутрицеховой транспорт, коммуникации, организационную оснастку, а также визуальные коммуникации.

Рациональное световое оформление производственного помещения является действенным средством улучшения условий труда, создания благоприятной эстетической обстановки. При оформлении интерьера цвет используют не только как средство, обеспечивающее гармоничность производственного помещения и станочного оборудования, но и как фактор, создающий оптимальные условия для работы и повышающий работоспособность. Кроме того, цветовое оформление является средством информации, ориентации и сигнализации для обеспечения безопасности труда.

Цвет является компонентом архитектурного решения интерьера: если например, стена имеет горизонтальное членение по цвету, то нижнюю ее часть окрашивают в темные тяжелые цвета, а верхнюю — в светлые легкие.

Для обеспечения безопасности труда и повышения работоспособности станочника важным является рациональное распределение цвета в поле его зрения. Существуют два основных варианта цветового оформления интерьера: двухцветное и трехцветное. Первый вариант предусматривает контраст по цвету только между обрабатываемой деталью и рабочей поверхностью станка. При этом цвета станины станка и стен не должны резко отличаться, так как станина и стены считаются общим фоном по отношению к обрабатываемой детали. Во втором варианте рабочее поле делают контрастным по отношению к цвету заготовки, а станок — к цвету стен.

Для безопасности труда важно использовать цвет в качестве носителя информации, т.е. с помощью условных цветовых обозначений можно правильно направить внимание человека. ГОСТ Р 12.4.026—2001 «Цвета сигнальные, знаки безопасности и разметка сигнальная» устанавливает четыре основных сигнальных цвета: красный — запрещение, непосредственная опасность, средства пожаротушения; желтый — предупреждение, возможная опасность; зеленый — безопасность, предписание; синий — указание, информация. Назначение указанных цветов обусловлено особенностями их воздействия на психику человека.

Красный цвет и **красные тона** возбуждающе действуют на людей и вызывают у них условный рефлекс, направленный на самозащиту. В цехах красный сигнальный цвет используют в следующих случаях:

- для обозначения отключающих устройств станков, в том числе аварийных;
- для окраски внутренних поверхностей кожухов и корпусов, ограждающих движение элементов станков, а также внутренних поверхностей дверей шкафов с токоведущими элементами электрооборудования;
- для окраски сигнальных ламп, извещающих о нарушении технологического процесса;
- для обозначения пожарной техники (пожарного оборудования, огнетушителей, пожарного инвентаря).

Красный сигнальный цвет нельзя применять для окраски станков и технологической оснастки, т.е. там, где это не требуется по соображениям безопасности.

Желтый цвет способствует сосредоточению внимания, и поэтому его используют для обозначения:

- строительных конструкций, которые могут стать причиной травм;

- элементов станков, неосторожное обращение с которыми опасно для людей (перемещающиеся части, кромки защитных кожухов и т. п.);
- элементов внутрицехового транспорта и подъемно-транспортного оборудования;
- емкостей, содержащих вещества с опасными и вредными свойствами;
- границ проходов к эвакуационным или запасным выходам;
- сигнальных ламп, предупреждающих о переключении автоматической линии с одного режима работы на другой.

Зеленый сигнальный цвет действует на людей успокаивающе, традиционно ассоциируясь с отсутствием опасности, и поэтому он применяется для окраски средств обеспечения безопасности (дверей аварийных выходов, аптек, мест хранения спасательных средств), сигнальных ламп, извещающих о нормальной работе станка или автоматической линии, для световых табло.

Синий цвет используют для выделения элементов производственно-технической информации.

Кроме того, в цехах для усиления основных сигнальных цветов используют два вспомогательных цвета: белый и черный. Белый цвет применяют для обозначения габаритов внутрицеховых проездов, пешеходных дорожек и рабочих мест.

ГОСТ Р 12.4.026—2001 устанавливает четыре группы знаков безопасности: запрещающие, предупреждающие, предписывающие и указательные.

Запрещающие знаки выполняют в виде круга красного цвета с белым полем внутри и белой каймой по внешнему контуру. Рисунок-символ размещают на внутреннем белом поле такого знака, при этом выполняют его черным цветом. Запрещающие знаки имеют также наклонную красную полосу, которая перечеркивает белое поле. В рассматриваемую группу входят знаки со следующим смысловым значением: запрещение использовать открытый огонь, курить, тушить огонь водой, а также входа или прохода. Такие знаки могут иметь вместо рисунка-символа поясняющую надпись.

Предупреждающие знаки имеют форму равностороннего треугольника с скругленными углами, желтое поле с изображением того или иного символа черного цвета, а также черную кайму по контуру. Смысловое значение знаков этой группы — предупреждение работающих о возможной опасности (взрыва, поражения электрическим током, отравления вредным веществом и др.).

Предписывающий знак имеет форму квадрата зеленого цвета с белой каймой по контуру и белым полем квадратной формы вну-

три него. Рисунок-символ или поясняющая надпись в этих знаках также выполняются черным цветом. Смысловые значения знаков этой группы следующие: работать в каске, в защитных перчатках, очках, предохранительном поясе, а также в защитной одежде или обуви, с применением средств защиты органов дыхания, слуха и т. п.

Указательные знаки имеют форму прямоугольника синего цвета, окантованного белой каймой по контуру. Внутри прямоугольника — белый квадрат с рисунком-символом или надписью черного цвета (за исключением символов и поясняющих надписей пожарной безопасности, выполняемых красным цветом). Смысл знаков этой группы — указать места нахождения различных объектов и устройств, пунктов медицинской помощи и извещения о пожаре, пожарных кранов, огнетушителей, а также мест для курения.

Вывешенные в производственных помещениях знаки безопасности должны быть отчетливо видны с любой точки каждого рабочего места. Знаки безопасности могут быть и переносными, в этом случае их укрепляют на передвижных ограждениях. В уменьшенных размерах знаки безопасности можно наносить на производственном оборудовании.

Безопасность труда в цехах. Станочник, работающий на фрезерных станках, должен строго соблюдать и постоянно выполнять правила техники безопасности в цехах предприятия, что обеспечит безопасные условия работы и позволит с наибольшей эффективностью использовать вверенное ему технологическое оборудование.

В помещении цеха станки должны быть размещены относительно строительных конструкций и оргоснастки так, чтобы при максимальном вылете стола станка оставались свободные проходы для его безопасного обслуживания.

На станках фрезерной группы нередко обрабатывают крупногабаритные заготовки, для установки которых, снятия со станка и транспортирования по цеху используют ручные и электрические тележки, поворотные краны на колоннах, консольные и мостовые краны, подвесные монорельсы с электрическими талями, механические и гидравлические подъемники, электропогрузчики. Грузы массой более 20 кг перемещают только с помощью подъемно-транспортных устройств или средств механизации. На расстояние свыше 25 м любые грузы обязательно транспортируют с помощью механизированных устройств.

Для станочников-мужчин, обслуживающих универсальные станки, масса устанавливаемых вручную заготовок не должна превышать 16 кг.

Для женщин старше 18 лет рекомендованы следующие предельные нормы переноски и передвижения тяжестей: при подъеме и перемещении в случае чередования с другой работой — 15 кг, при подъеме на высоту более 1,5 м — 10 кг, при подъеме и перемещении в течение смены — 10 кг.

Молодых рабочих в возрасте от 16 до 18 лет нельзя назначать на работы, связанные исключительно с переноской тяжестей свыше 4 кг. Переноска и передвижение тяжестей в пределах установленных норм допускается, если это непосредственно связано с выполнением ими постоянной профессиональной работы и занимает не более трети рабочего времени.

В целях безопасности работающих каждое подъемное устройство оснащают тормозом, позволяющим останавливать его в любом положении даже при неожиданном прекращении подачи электроэнергии, масла или воздуха. Для установки на станок заготовок массой более 250 кг используют мостовые краны.

К работе с подъемными устройствами допускаются лица не моложе 18 лет, которые прошли специальное обучение, регулярно инструктируются и имеют удостоверение о допуске к этим работам.

Рабочий может быть допущен к станку, если все оборудование находится в полной исправности и надежно установлено на фундаменте. Необходим постоянный контроль за состоянием основного и вспомогательного оборудования, приспособлений и инструментов. Рабочие места необходимо содержать в чистоте. Работать следует в специальной одежде, исключающей возможность захвата ее движущимися частями станка.

Для создания нормальных условий труда в цехе помимо общего имеется местное освещение рабочих мест. Лампу местного освещения располагают на шарнирной стойке, позволяющей легко изменять ее положение. Все лампы местного освещения имеют арматуру, защищающую глаза рабочего от непосредственного воздействия света. Местное освещение обычно работает от электросети с напряжением не более 36 Вт. Мощность местного освещения должна обеспечивать рабочему возможность без напряжения наблюдать за процессом резания и состоянием режущих инструментов и обрабатываемых поверхностей. При наладке металлорежущих станков наладчик может использовать переносную лампу, подключаемую к пульту управления или шкафу с электрооборудованием.

Серьезное внимание необходимо уделять обеспечению полной электробезопасности металлорежущих станков. Каждый станок, его электродвигатель, пусковые приборы и другие элементы электро-

оборудования должны надежно заземляться. Вся электропроводка должна закрываться и прокладываться в металлических трубках и шлангах. При выходе из строя электрической части станка рабочему категорически запрещается самому исправлять неполадки. Станок необходимо отключить от электросети и поставить в известность о его неисправности мастера или дежурного электрика.

На территории современного машиностроительного предприятия для транспортирования заготовок, деталей и сборочных единиц из одного цеха в другой используют автотранспорт. Для вывоза готовой продукции на заводы-потребители применяют железнодорожный транспорт. Движущийся по территории предприятия автомобильный и железнодорожный транспорт представляет собой опасность для жизни людей, в связи с чем необходимо выполнять следующие правила:

- ходить только по пешеходным дорожкам и тротуарам;
- не перебегать железнодорожные пути перед приближающимся поездом;
- не пролезать под вагонами, не проходить между расцепленными близко стоящими вагонами;
- при переходе проезжей части дороги подчиняться указаниям сигнальных устройств.

В помещении цеха потенциальную опасность представляют собой подъемно-транспортные устройства. К управлению грузоподъемными машинами допускают только специально обученных и проинструктированных лиц, имеющих удостоверение на право выполнения этих работ.

Рабочие места не должны располагаться под подвесными транспортными устройствами (конвейерами, монорельсами и др.). При транспортировании грузов по цеху на подвесных транспортных механизмах людям запрещается находиться под грузом.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие травмирующие факторы имеют место при работе на фрезерном станке?
2. Почему стружка при фрезеровании является травмирующим фактором?
3. Каково отрицательное влияние вибраций при фрезерных работах и каковы причины их появления?
4. Какие вы знаете сигнальные цвета и когда они применяются?
5. Каково назначение устройства ограждения зоны резания на металлорежущем станке?

6. При выполнении каких видов работ необходимо выключить станок?
7. Какие правила безопасности необходимо выполнять, находясь на территории предприятия?
8. Как оформляют запрещающие знаки и каково их смысловое значение?
9. Каковы правила безопасной работы на фрезерном станке?
10. С какого возраста станочник допускается к работе на подъемно-транспортном оборудовании?
11. Каково ограничение по массе заготовок для мужчин, работающих на фрезерных станках?

Список литературы

1. *Багдасарова Т.А.* Фрезерное дело : раб. тетрадь : учеб. пособие для нач. проф. образования / Т.А. Багдасарова. — 2-е изд. стер. — М. : Изд. центр «Академия», 2006. — 96 с.
2. *Вереина Л.И.* Справочник станочника : учеб. пособие для нач. проф. образования / Л.И. Вереина, М.М. Краснов. — 2-е изд., испр. — М. : Изд. центр «Академия», 2008. — 560 с.
3. *Вереина Л.И.* Фрезеровщик : Оборудование и технологическая оснастка : учеб. пособие / Л.И. Вереина. — М. : Изд. центр «Академия», 2008. — 64 с.
4. *Вереина Л.И.* Фрезеровщик : Технология обработки : учеб. пособие для нач. проф. образования / Л.И. Вереина. — 2-е изд., стер. — М. : Изд. центр «Академия», 2008. — 64 с.
5. *Вереина Л.И.* Фрезерные и шлифовальные работы : илл. учеб. пособие / Л.И. Вереина. — 2-е изд., стер. — М. : Изд. центр «Академия», 2008. — 31 пл.
6. *Косовский В.Л.* Справочник молодого фрезеровщика. — 4-е изд., стер. — М. : Высш. шк., 2001. — 400 с.
7. Краткий справочник металлиста / под ред. А.Е. Древалю, Е.А. Скороходова. — 4-е изд., перераб. и доп. — М. : Машиностроение, 2005. — 959 с.
8. *Холодкова А.Г.* Общая технология машиностроения : учеб. пособие для нач. проф. образования / А.Г. Холодкова. — 2-е изд., стер. — М. : Изд. центр «Академия», 2009. — 224 с.
9. *Черпаков Б.И.* Металлорежущие станки : учебник / Б.И. Черпаков, Т.А. Альперович. — 4-е изд, стер. — М. : Изд. центр «Академия», 2010. — 368 с.
10. *Черпаков Б.И.* Технологическая оснастка : учебник / Б.И. Черпаков. — 6-е изд., стер. — М. : Изд. центр «Академия», 2012. — 288 с.

Предисловие.....	4
Глава 1. ОСНОВЫ ТЕОРИИ РЕЗАНИЯ МЕТАЛЛОВ	6
1.1. Основные характеристики и кинематические элементы резания	6
1.2. Элементы лезвия фрезы	8
Глава 2. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ФРЕЗЕРНОЙ ОБРАБОТКЕ	12
2.1. Типы фрез и способы фрезерования	12
2.2. Выбор материала и геометрических параметров лезвия фрезы	14
2.3. Период стойкости фрез	19
2.4. Сила резания при фрезеровании	23
Глава 3. ФРЕЗЕРНЫЕ СТАНКИ	28
3.1. Основные типы фрезерных станков	28
3.2. Горизонтально-фрезерные консольные станки	30
3.3. Вертикально-фрезерные станки	32
3.4. Фрезерно-центровальные станки	34
3.5. Продольно-фрезерные станки.....	35
3.6. Копировально-фрезерные станки.....	37
3.7. Шпоночно-фрезерные станки	42
3.8. Фрезерные станки непрерывного действия	44
3.9. Кинематические схемы станков	46
Глава 4. УСТАНОВКА И ЗАКРЕПЛЕНИЕ ИНСТРУМЕНТОВ НА ФРЕЗЕРНЫХ СТАНКАХ	56
4.1. Установка и закрепление фрез на горизонтально-фрезерных станках	56
4.2. Установка и закрепление фрез на вертикально-фрезерных станках	58
Глава 5. ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ УСТАНОВКИ И ЗАКРЕПЛЕНИЯ ЗАГОТОВОК	63
5.1. Установочные элементы приспособлений.....	63
5.2. Универсальные приспособления для закрепления заготовок	64
5.3. Приспособления, расширяющие технологические возможности фрезерных станков	69
Глава 6. ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ	82
6.1. Измерительные и лекальные линейки. Щупы	82

6.2. Средства измерения углов	84
6.3. Штангенинструменты	86
6.4. Микрометрические измерительные инструменты.....	90
Глава 7. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ПРОЦЕССЕ	93
7.1. Виды технологических документов	93
7.2. Основные термины и определения.....	94
7.3. Графические обозначения опор, зажимов и установочных устройств	99
7.4. Точность механической обработки и выбор установочных баз	101
7.5. Условные обозначения допусков формы и расположения поверхностей обрабатываемого изделия	104
7.6. Обозначение шероховатости на рабочем чертеже	109
Глава 8. ТИПОВЫЕ ОПЕРАЦИИ ПРИ ФРЕЗЕРОВАНИИ.....	112
8.1. Фрезерование плоских поверхностей и скосов	112
8.2. Фрезерование пазов, уступов и разрезание заготовок.....	116
8.3. Фрезерование фасонных поверхностей.....	121
8.4. Изготовление деталей, имеющих сопряженные плоскости	123
8.5. Последовательность этапов выбора режима резания	131
8.6. Наладка фрезерных станков	132
8.7. Дефекты, возникающие при фрезеровании, и способы их устранения	140
Глава 9. ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ТРУДА ФРЕЗЕРОВЩИКА	144
9.1. Травмирующие факторы	144
9.2. Обеспечение безопасности труда при работе на фрезерных станках	145
9.3. Обеспечение безопасности труда в цехах и на территории предприятия	149
Список литературы	156

Учебное издание

Вереина Людмила Ивановна

Выполнение работ по профессии «Фрезеровщик»

Пособие по учебной практике

Учебное пособие

2-е издание, стереотипное

Редакторы *В. Н. Махова, Л. А. Черкасова*
Технический редактор *Е. Ф. Коржуева*
Компьютерная верстка: *С. Ф. Фёдорова*
Корректор *С. Ю. Свиридова*

Изд. № 702216541. Подписано в печать 21.11.2016. Формат 60 × 90/16.
Гарнитура «Ньютон». Усл. печ. л. 10,0.

ООО «Издательский центр «Академия». www.academia-moscow.ru
129085, Москва, пр-т Мира, 101В, стр. 1.

Тел./факс: (495) 648-0507, 616-00-29.

Санитарно-эпидемиологическое заключение № РОСС RU.ПЩ01.Н00695 от 31.05.2016.



Издательский центр «Академия»

*Учебная литература
для профессионального
образования*

Наши книги можно приобрести (оптом и в розницу)

Москва:

129085, Москва, пр-т Мира, д. 101в, стр. 1
(м. Алексеевская)
Тел.: (495) 648-0507, факс: (495) 616-0029
E-mail: sale@academia-moscow.ru

Филиалы:

Северо-Западный

194044, Санкт-Петербург, ул. Чугунная,
д. 14, оф. 319
Тел./факс: (812) 244-9253
E-mail: spboffice@acadizdat.ru

Приволжский

603101, Нижний Новгород, пр. Молодежный,
д. 31, корп. 3
Тел./факс: (831) 259-7431, 259-7432, 259-7433
E-mail: pf-academia@bk.ru

Уральский

620142, Екатеринбург, ул. Чапаева, д. 1а, оф. 12а
Тел.: (343) 257-1006
Факс: (343) 257-3473
E-mail: academia-ural@mail.ru

Сибирский

630007, Новосибирск, ул. Кривошёрковская, д. 15, корп. 3
Тел./факс: (383) 362-2145, 362-2146
E-mail: academia_sibir@mail.ru

Дальневосточный

680038, Хабаровск, ул. Серышева, д. 22, оф. 519, 520, 523
Тел./факс: (4212) 56-8810
E-mail: filialdv-academia@yandex.ru

Южный

344082, Ростов-на-Дону, ул. Пушкинская, д. 10/65
Тел.: (863) 203-5512
Факс: (863) 269-5365
E-mail: academia-UG@mail.ru

Представительства:

в Республике Татарстан

420034, Казань, ул. Горсоветская, д. 17/1, офис 36
Тел./факс: (843) 562-1045
E-mail: academia-kazan@mail.ru

в Республике Казахстан

Алматы, пр-т Абая, д. 26А, оф. 209
Тел.: (727) 250-0316, моб.тел.: (701) 014-3775
E-mail: academia_kazakhstan@mail.ru

в Республике Дагестан

Тел.: 8-928-982-9248

www.academia-moscow.ru